รหัสโครงการ SUT3-303-48-24-40

รายงานการวิจัย

การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์กากเมล็ดธัญพืชหรือพืชน้ำมัน ในอาหารแพะเนื้อ ต่อการให้ผลผลิต และคุณภาพของเนื้อแพะ

(Enhancing the Efficient Utilization of Grain and Seed Meal or oil Seed in Meat Goat Diets on Production and Meat Quality)

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้างานวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

รหัสโครงการ SUT3-303-48-24-40

รายงานการวิจัย

การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์กากเมล็ดธัญพืชหรือพืชน้ำมันในอาหารแพะเนื้อ ต่อการให้ผลผลิต และคุณภาพของเนื้อแพะ

(Enhancing the Efficient Utilization of Grain and Seed Meal or oil Seed in Meat Goat Diets on Production and Meat Quality)

ผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปราโมทย์ แพงคำ

สาขาวิชา เทคโนโลยีการผลิตสัตว์

สำนักวิชา เทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณประจำปี 2548-2549

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้างานวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

กุมภาพันธ์ 2553

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยในครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ 2548-2549 คณะงานวิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูงยิ่งต่อ รองศาสตราจารย์ ดร. พงษ์ชาญ ณ ลำปาง และ รองศาสตราจารย์ ดร. วิศิษฐิพร สุขสมบัติ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ ตลอดการทำวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (F3) และฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้การสนับสนุนด้านวัสดุ อุปกรณ์ ตลอดจนการอำนวยความสะดวกด้านสถานที่ใช้ในการทดลอง

งานวิจัยในครั้งนี้ได้รับความช่วยเหลือและความร่วมมือจากหลายฝ่าย ทั้งคณาจารย์สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร นักศึกษาผู้ช่วยวิจัย นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ตลอดจนเจ้าหน้าที่ มทส. ทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการวิจัย คณะผู้วิจัยขอขอบคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ ที่ทำให้การวิจัยในครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยดี

……..

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ แพงคำ)

หัวหน้าโครงการ

มกราคม 2553

บทคัดย่อ

ราคาอาหารสัตว์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยเฉพาะ เมื่อใช้ร่วมกับอาหารหยาบคุณภาพต่ำ จึงมีความจำเป็นที่จะลดต้นทุน การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาระดับที่เหมาะสมของระดับโปรตีนและพลังงาน หรือโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยในรูเมน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตแพะเนื้อ

การทดลองที่ 1 เป็นการศึกษาระดับที่เหมาะสมของโปรตีนและพลังงาน ในแพะเนื้อพันธุ์ลูกผสมพื้นเมืองและแองโกล-นูเบียน เพศเมีย จำนวน 12 ตัวมีอายุเริ่มต้น 7-8 เดือน น้ำหนักเฉลี่ย 17.0±5.0 กก. จัดแผนการทดลองแบบ 4x4 ลาตินสแควร์ กลุ่มการทดลองละ 3 ซ้ำ ได้รับการเสริมอาหารข้นจำนวน 300 กรัม/ตัว/วัน อาหารทดลองแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่สูตรที่มีโปรตีนต่ำพลังงานต่ำ โปรตีนต่ำพลังงานสูง โปรตีนสูงพลังงานต่ำ และโปรตีนสูงพลังงานสูง ผลการทดลองพบว่าแพะที่ได้รับอาหารสูตร โปรตีนต่ำพลังงานสูง และโปรตีนสูงพลังงานสูง มีความสามารถในการย่อยได้ของ Neutral Detergent Fiber สูงกว่ากลุ่ม โปรตีนต่ำพลังงานต่ำ และโปรตีนสูงพลังงานต่ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อย่างไรก็ตางความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้ง ความเป็นกรด-ด่างในรูเมน แอมโมเนีย-ในโตรเจน กรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด ของแพะแต่ละกลุ่มการทดลองทั้งหมดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

การทดลองที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มระดับของโปรตันที่ไม่ถูกย่อยในรูเมนของกากปาล์ม โดยใช้เทคนิค In Sacco อาหารทดลองได้แก่ กากปาล์มไม่อบ (กลุ่มควบคุม) กลุ่มที่อบ 60 และ 100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง การศึกษาใช้โคนมเจาะกระเพาะแบบถาวร จำนวน 3 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 350±10.0 กก. ผลการศึกษาพบว่าความสามารถในการย่อยได้วัตถุแห้งของกลุ่มควบคุม มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยในรูเมน (Rumen undegradable protein, RUP) จากการปาล์ม ในแพะเนื้อพันธุ์ลูกผสมพื้นเมืองและแองโกล-นูเบียน เพศเมีย จำนวน 24 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 17.0 ± 3.0 กก. จัดแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design อาหารทดลองเสริม RUP 4 ระดับคือ 0, 10, 20 และ30% ของโปรตีนทั้งหมด ผลการทดลองพบว่าความสามารถในการย่อยได้ ของอินทรียวัตถุของแพะ ที่ได้รับอาหารที่มี RUP 0, 10, และ 20 % มีค่าสูงกว่ากลุ่ม 30% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อย่างไรก็ตาม ปริมาณการกินได้ ความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ Neutral Detergent Fiber และ Acid Detergent Fiber อัตราการเจริญเติบโต รวมทั้งคุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

คำสำคัญ : แพะเนื้อ เมล็ดธัญพืช การย่อยได้ คุณภาพเนื้อ

ABSTRACT

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 or rumen undegradable protein (RUP) to enhance rumen ecology thus improving performance of goats.

The first experiment was carried out to investigate the effect of protein and energy an average body weight of 17±5.0 kg were used in 4x4 Latin square design with 3 replications. Experimental diets of 300 g/h/d composed of 4 dietary treatments: such as low protein+low energy, low protein+high energy, high protein+low energy and high protein+high energy. The results showed that goats fed on low protein+high energy and high protein+high energy had neutral detergent fiber digestibility significantly higher ($p<0.05$) than goats fed on low protein+low energy and high protein+low energy, while goats fed on high protein+high energy had significantly higher ($p<0.05$) nitrogen intake than other goats. However, dry matter digestibility, rumen pH, ammonia nitrogen, total volatile fatty acid were not significantly different among treatments.

The objective of experiment two was to increase RUP levels of oil palm meal by heat treatment at 60 and 100^{o}C for 1 hr. three permanent fistulated cattle with an average body weight of 350±10.0 kg were used in this experiment. The results showed that dry matter digestibility of untreated palm meal was significantly higher ($p<0.05$) than those palm meals.

The third study was to determine the effect of varying levels of RUP form palm meal for growing crossbred Anglo-Nubian and native goats. Twenty-four male goats of aged 7-8 months and an average of 17.0±3.0 kg were measured in randomized complete block design. Four levels of RUP form palm meal were control (0), 10, 20 and 30% RUP of total crude protein. The results showed that dry matter intake, digestibility of dry matter, organic matter, crude protein, neutral detergent fiber and acid detergent fiber, and meat quality parameters were not significantly different among dietary treatments, however, organic matter digestibility of goats fed on 0, 10 and 20% RUP was significantly higher ($p<0.05$) than goats fed on 30% RUP

Keywords: meat goat, grain seed, digestibility, meat quality

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	ก
บทคัดย่อ.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	จ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหาการวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	4
1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น.....	4
1.5 ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย.....	4
บทที่ 2 วิธีดำเนินการวิจัย	
2.1 แหล่งที่มาของข้อมูล.....	5
2.2 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	8
2.3 วิธีวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....	16
บทที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	
ผลการทดลองและอภิปราย.....	17
บทที่ 4 บทสรุป	
4.1 สรุปผลการวิจัย.....	41
4.2 ข้อเสนอแนะ.....	42
บรรณานุกรม.....	43
ประวัติผู้วิจัย.....	47

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบของสูตรอาหารและคุณค่าอาหาร..... 10
ตารางที่ 2.2 แสดงชนิดและปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง..... 15
ตารางที่ 3.1 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารข้น..... 17
ตารางที่ 3.2 องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารและฟางหมักยูเรีย..... 18
ตารางที่ 3.3 ปริมาณการกินได้ของแพะที่ได้รับโปรตีนและพลังงานร่วมกับฟางหมักยูเรีย 19
ตารางที่ 3.4 การย่อยได้ของโภชนะต่างๆ ของแพะที่ได้รับระดับโปรตีนและพลังงานในอาหารข้นร่วมกับฟางหมักยูเรีย..... 20
ตารางที่ 3.5 สมดุลของในโตรเจนของแพะที่ได้รับระดับโปรตีนและพลังงานในอาหารข้นร่วมกับฟางหมักยูเรีย..... 21
ตารางที่ 3.6 ความเป็นกรด-ด่าง ในของเหลวจากกระเพาะหมักของแพะที่ได้รับระดับโปรตีนและพลังงานในอาหารข้นร่วมกับฟางหมักยูเรีย..... 22
ตารางที่ 3.7 ค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของ ของเหลวจากกระเพาะหมักของแพะที่ได้รับระดับโปรตีนและพลังงานในอาหารข้นร่วมกับฟางหมักยูเรีย.. 23
ตารางที่ 3.8 ค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนของ ในกระแสเลือด (mg%) ของแพะที่ได้รับระดับโปรตีนและพลังงานในอาหารข้นร่วมกับฟางหมักยูเรีย..... 23
ตารางที่ 3.9 ปริมาณของกรดไขมันระเหยได้รวม ของแพะที่ได้รับระดับโปรตีนและพลังงานในอาหารข้นร่วมกับฟางหมักยูเรีย..... 24
ตารางที่ 3.10 ปริมาณของกรดไขมันระเหยได้ ของแพะที่ได้รับระดับโปรตีนและพลังงานในอาหารข้นร่วมกับฟางหมักยูเรีย..... 25
ตารางที่ 3.11 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของกากปาล์ม..... 26
ตารางที่ 3.12 การย่อยสลายวัตถุแห้งของกากปาล์มในกระเพาะหมัก..... 28
ตารางที่ 3.13 การย่อยสลายโปรตีนของกากปาล์มในกระเพาะหมัก..... 28
ตารางที่ 3.14 เปอร์เซ็นต์การย่อยสลายของวัตถุแห้งและการย่อยสลายโปรตีนของกากปาล์ม 29
ตารางที่ 3.15 ค่าเฉลี่ยของการย่อยสลายของโปรตีนที่เวลา 16 ชั่วโมง ของกากปาล์ม..... 29
ตารางที่ 3.16 องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารและฟางหมักยูเรีย..... 31
ตารางที่ 3.17 แสดงปริมาณการกินได้น้ำหนักแห้งของแพะที่ได้รับอาหารสูตรทดลองที่มี ruminally undegradable protein (RUP) แตกต่างกัน..... 32

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 3.18 แสดงความสามารถในการย่อยได้ของโภชนะของแพะที่ได้รับอาหารสูตรทดลองที่มี ruminally undegradable protein (RUP) แตกต่างกัน..... 33

ตารางที่ 3.19 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของของเหลวจากกระเพาะหมักของแพะที่ได้รับอาหารสูตรทดลองที่มี ruminally undegradable protein (RUP) แตกต่างกัน..... 34

ตารางที่ 3.20 ค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของ ของเหลวจากกระเพาะหมักของแพะที่ได้รับอาหารสูตรทดลองที่มี ruminally undegradable protein (RUP) แตกต่างกัน..... 34

ตารางที่ 3.21 ค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนของ ในกระแสเลือด (mg%) ที่ได้รับอาหารสูตรทดลองที่มี ruminally undegradable protein (RUP)แตกต่างกัน.. 35

ตารางที่ 3.22 ปริมาณของกรดไขมันระเหยได้รวม ของของเหลวจากกระเพาะหมักของแพะที่ได้รับอาหารสูตรทดลองที่มี ruminally undegradable protein (RUP) 36

ตารางที่ 3.23 ปริมาณของกรดไขมันระเหยได้ ของของเหลวจากกระเพาะหมักของแพะที่ได้รับอาหารสูตรทดลองที่มี ruminally undegradable protein (RUP) 37

ตารางที่ 3.24 ลักษณะคุณภาพซากของแพะที่ได้รับอาหารสูตรทดลองที่มี ruminally undegradable protein (RUP)……. 39

ตารางที่ 3.25 คุณภาพเนื้อของแพะ ที่ได้รับอาหารสูตรทดลองที่มี ruminally undegradable protein (RUP)…… ……. 40

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหาการวิจัย

แพะเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็กที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูง และมีโอกาสส่งเสริมให้เป็นสัตว์เศรษฐกิจในอนาคต โดยแพะมีจุดที่น่าสนใจหลายประการคือ เป็นสัตว์เลี้ยงที่มีระบบการย่อยและการกินอาหารคล้ายกับโค สามารถกินหญ้า ฟาง และเศษเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมการเกษตร แล้วสามารถเปลี่ยนเป็นเนื้อที่มีคุณภาพที่ดีได้ ดังนั้นแพะจึงมีต้นทุนค่าอาหารในการเลี้ยงในราคาถูก สัดส่วนการกินอาหารของแพะเมื่อเทียบกับน้ำหนักตัวก็ใกล้เคียงกับสัดส่วนการกินอาหารของโค แต่เนื่องจากแพะมีขนาดตัวที่เล็กกว่า จึงกินอาหารน้อยกว่าและใช้พื้นที่ในการเลี้ยงน้อยกว่า เหมาะสมอย่างยิ่งกับเกษตรกรรายย่อย ซึ่งอาจเลี้ยงไว้ในคอกเล็กๆ หลังบ้าน หรือจะเลี้ยงในระบบเกษตรผสมผสานและระบบเกษตรแบบยั่งยืน (sustainable agricultural systems) แพะยังมีความสามารถขยายพันธุ์ได้เร็วและมีลูกดก การตั้งท้องครั้งหนึ่งใช้เวลา 5 เดือน ในปีหนึ่งจึงสามารถให้ลูกได้ถึง 2 ครั้ง อาจมีลูกได้ถึง 5 ตัว นอกจากนี้ในบางประเทศ หรือบางท้องถิ่นที่มีข้อกำหนดทางศาสนาเกี่ยวกับการบริโภคเนื้อสัตว์บางชนิด เช่น สุกร หรือ โค จึงมีลู่ทางที่ดีสำหรับตลาดเนื้อแพะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื้อแพะนั้น ชาวจีนจัดว่าเป็นเนื้อแพะคุณภาพในการบริโภคสูง มีความอร่อย นอกจากนี้แล้วแพะยังสามารถเลี้ยงควบคู่ไปกับสัตว์เศรษฐกิจตัวอื่น เช่น โคนม โคเนื้อ เป็นต้น

อย่างไรก็ตามปัญหาหลักของการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องในเขตร้อน คือความสามารถในการย่อยอาหารได้ต่ำ รวมทั้งการกินได้ของอาหารต่ำอันเนื่องมาจากคุณภาพของอาหารหยาบต่ำ ทำให้สัตว์ได้รับโปรตีนหรือไนโตรเจนและพลังงานไม่เพียงพอ กับความต้องการทำให้มีผลกระทบต่อการให้ผลผลิตและคุณภาพของผลผลิต ดังนั้นการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องในเขตร้อนจึงมีความจำเป็นต้องเสริมแหล่งอาหารโปรตีนและพลังงานเพื่อให้จุลินทรีย์ ในรูเมนได้รับสารอาหารเหล่านั้น เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึม และได้ผลผลิตสุดท้าย (end products) ได้แก่กรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acids, VFAs) รวมทั้งตัวจุลินทรีย์เองก็เป็นแหล่งที่ดีของโปรตีน ซึ่งสัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์และสร้างเป็นผลผลิตต่อไป นอกจากนี้การปรับสมดุลของไนโตรเจนและพลังงานยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการให้ผลผลิต (Tamminga, 1996, Moss and Givens, 2002) และลดปัญหาสิ่งแวดล้อมได้ด้วย (Kebreab et al., 2002) ขณะเดียวกันการเสริมอาหารข้นแหล่งโปรตีนและพลังงาน จะต้องคำนึงถึงต้นทุนการผลิตด้วยเช่นกัน การนำวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาใช้ในการประกอบอาหารสัตว์ จึงเป็นทางออกที่ดีที่สุดในการลดต้นทุนค่าอาหาร และในวัตถุดิบอาหารสัตว์บางชนิดยังมีคุณลักษณะอื่นๆ เช่น ในกากธัญพืชจะพบโปรตีนส่วนที่เรียกว่าโปรตีนไหลผ่าน (by-pass protein) คือมีคุณสมบัติในการป้องกันการ

ย่อยได้ของโปรตีนในรูเมน (rumen by-pass protein) และเมื่อสารประกอบดังกล่าวผ่านไปที่กระเพาะส่วน อะโบมาซัม (abomasums) และลำไส้เล็ก โปรตีนดังกล่าวจะถูกย่อยและดูดซึมไปใช้ประโยชน์ การเสริมโปรตีนไหลผ่านสามารถเพิ่มกรดอะมิโนที่สัตว์ได้รับ และยังสามารถลดการขับไนโตรเจนที่ออกมากับมูลและปัสสาวะ ซึ่งสามารถลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมได้ด้วย (Tamminga, 1996, Moss and Givens, 2002, Kebreab et al., 2002) ในการทดสอบโปรตีนไหลผ่านสามารถทดสอบโดยการนำอาหารใส่ในถุงไนลอน (nylon bag technique) เพื่อวัดการย่อยได้ในสัตว์เจาะกระเพาะ ซึ่งเป็นเทคนิคที่ควรจะนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวและยังเป็นวิธีที่สามารถทดสอบโปรตีนชนิดอื่นๆ ในท้องถิ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

แหล่งอาหารที่มีโปรตีนไหลผ่านสูง ส่วนใหญ่ได้มาจากกากเมล็ดธัญพืช หรือเมล็ดพืชน้ำมันที่บีบเอาน้ำมันออก โดยระดับของโปรตีนไหลผ่านจะสูงขึ้นหากผ่านกระบวนการที่ผ่านความร้อน (Schwab, 1995) ส่วน Irshaid et al. (2003) และ Titi (2003) ได้ศึกษาการใช้กากเมล็ดทานตะวันทดแทนแหล่งอาหารคุณภาพดี คือกากถั่วเหลือง ในอาหารแพะเนื้อและแพะนม พบว่าสามารถทดแทนกันได้ทั้งหมด โดยไม่ทำให้ผลผลิตลดลงแต่อย่างใด นอกจากนี้กากเมล็ดทานตะวันยังประกอบไปด้วยกรดอะมิโนเมทไทโอนีนที่สูงกว่ากากถั่วเหลือง (Villamide and San Juan, 1998) โปรตีนไหลผ่านยังได้จากกากเมล็ดฝ้าย ซึ่งใช้ได้ดีในอาหารโคนม (Paengkoum et al., 2002) และในอาหารแพะรุ่น (Soto-Navarro et al., 2003) ส่วนกากเบียร์แห้งก็ใช้ปนแหล่งของโปรตีนไหลผ่านได้ดีในสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Adeneye and Sunmonu, 1994; Chiou et al., 1995) เป็นต้น

การเลี้ยงสัตว์ในปัจจุบัน มีเป้าหมายหลักไม่เพียงเฉพาะผลผลิตเท่านั้น แต่ได้ให้ความสำคัญในเรื่องของคุณภาพของผลิตภัณฑ์มากขึ้น เนื่องจากผู้บริโภคให้ความสนใจกับความสัมพันธ์ระหว่างอาหารและสุขภาพมากขึ้น ดังนั้นการเลี้ยงสัตว์ยุคใหม่จึงมีความจำเป็นต้องปรับตัวตามกระแสนิยมหรือความต้องการของตลาดเป็นหลัก เช่น ในอดีตอาจมองว่าเนื้อสัตว์เป็นเพียงแหล่งของโปรตีนแต่ปัจจุบันต้องมีการศึกษาลึกลงไปถึง กรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบของโปรตีน โดยเฉพาะการค้นพบทางการแพทย์ยืนยันถึงความสำคัญของการบริโภคสารอาหารจำพวกไขมันอิ่มตัวพบว่าทำให้เกิดปัญหาสุขภาพมากมาย เช่นเส้นเลือดหรือหลอดเลือดอุดตัน ดังนั้นการบริโภคอาหารที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวแทนกรดไขมันชนิดอิ่มตัว เพื่อลดความเสียงจากโรคดังกล่าวในการวิจัยทางการผลิตสัตว์พบว่า การเสริมกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวในอาหารสัตว์ทำให้ผลิตภัณฑ์จากสัตว์มีปริมาณของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูงขึ้น เช่นความเข้มข้นของ conjugated linoleic acid (CLA) ในเนื้อและน้ำนมของสัตว์เคี้ยวเอื้องขึ้นอยู่กับชนิดของกรดไขมัน คือกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) ที่เสริมในอาหาร (Griinari et al., 1996) โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัตถุดิบอาหารที่มีกรดไขมันลิโนเลอิค (linoleic acid) เป็นองค์ประกอบ จุลินทรีย์ในรูเมนจะเปลี่ยนกรดไขมันไม่อิ่มตัวไปเป็นกรดไขมันอิ่มตัวซึ่งเรียกว่า biohydrogenation อย่างไรก็ตามกรดไขมันบางส่วนเกิดการเปลี่ยนแปลงไม่สมบูรณ์เกิดเป็น conjugated linoleic acid (CLA) ซึ่งสัตว์สามารถ

นำไปสร้างเป็นองค์ประกอบของน้ำนมและเนื้อเยื่อไขมันอื่นๆ ในร่างกายและในปัจจุบันพบว่า CLA เป็นประโยชน์ต่อมนุษย์ (Belung, 1995) สามารถป้องกันการเกิดออกซิแดนซ์ (antioxidant) และต่อต้านการเกิดมะเร็งในหนู (Pariza and Hargraves, 1985; Ha et al., 1987) ลดการเกาะกันของไขมันตามผนังเส้นเลือดในหนู (Park et al., 1990) เพิ่มประสิทธิภาพการดูดซึมของแร่ธาตุของกระดูก (Li et al., 1999) และเกี่ยวข้องกับการสร้างภูมิคุ้มกันของร่างกายของหนู (Sugano et al., 1998) เป็นต้น ซึ่งอาจมีผลเช่นเดียวกับในมนุษย์

นักวิทยาศาสตร์พบว่าในเนื้อสัตว์และน้ำนมจากสัตว์เคี้ยวเอื้องประกอบด้วย conjugated linoleic acid (CLA) ในปริมาณที่สูง โดยเฉพาะในเนื้อแพะและแกะ จะมี CLA ในปริมาณที่สูงกว่าในเนื้อโค สุกร เนื้อไก่ เนื้อปลาแซลมอน และเนื้อไก่งวง และเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพของมนุษย์และยังช่วยในการป้องกันโรคต่างๆ กรดไขมันอิ่มตัวพบมากในเมล็ดธัญพืช หรือพืชน้ำมันเช่น ลีนซีด (linseed) ซัลฟาวเวอร์ (sunflower) เมล็ดทานตะวัน เมล็ดถั่วเหลือง เมล็ดข้าวโพด และ เมล็ดฝ้าย เป็นต้น ในการศึกษาในครั้งนี้มุ้งเน้นการใช้ประโยชน์จาก วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีในท้องถิ่น เพื่อลดปัญหาการขาดแคลนอาหารและต้นทุนการผลิต รวมทั้งการศึกษาวิจัยเพื่อส่งเสริมการเลี้ยงแพะเนื้อโดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รวมทั้งการจัดโปรแกรมการให้อาหารอย่างเหมาะสม การศึกษาข้อมูลในด้านลึก ซึ่งเป็นการสร้างองค์ความรู้จากการใช้ทรัพยากรธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพ และพัฒนาผลผลิตและคุณภาพ โดยคำนึงถึงโภชนะที่เป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคเป็นหลัก

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาระดับของโปรตีนและพลังงานต่อปริมาณการกินได้ กระบวนการย่อยได้ และการเจริญเติบโตในแพะเนื้อโดยใช้ฟางหมักยูเรียเป็นแหลงอาหารหยาบ

1.2.2 เพื่อศึกษาวิธีการป้องกันการย่อยสลายในกระเพาะหมัก ด้วยวิธีการอบด้วยความร้อน

1.2.3 เพื่อศึกษาการเพิ่มระดับขิงโปรตีน ที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (rumen

1.2.4 undegradable protein, RUP) ในอาหารสูตร 0, 10, 20 และ 30% RUP ต่อความสามารถในการย่อยได้ ปริมาณการกินได้ คุณภาพของเนื้อ และการเจริญเติบโตของแพะเนื้อ โดยใช้ฟางหมักยูเรียเป็นแหล่งอาหารหยาบ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาการตอบสนองของแพะเนื้อพันธุ์ลูกผสม พื้นเมืองและแองโกล-นูเบียน ที่มีระดับสายเลือดแองโกล-นูเบียน 50-75%

1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น

ศึกษาการตอบสนองของแพะเนื้อพันธุ์ลูกผสม พื้นเมืองและแองโกล-นูเบียน ที่เลี้ยงในสภาพคอกขังเดี่ยว ภูมิอากาศภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1.5.1 ทราบระดับของโปรตีนและพลังงานสำหรับแพะเนื้อพันธุ์ลูกผสม พื้นเมืองและแองโกล-นูเบียนที่เลี้ยงในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

1.5.2 สามารถเพิ่มระดับโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะหมักโดยการอบด้วยความร้อนของกากปาล์ม โดยใช้เทคนิค in sacco และ in vitro

15.3 ทราบถึงการตอบสนองของแพะเพศผู้พันธุ์ลูกผสม พื้นเมืองและแองโกล-นูเบียนที่เลี้ยงในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ได้รับอาหารข้นสูตร 0, 10, 20 และ 30%RUP ที่มีผลต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ของโภชนะ คุณภาพของเนื้อและสมรรถภาพในการผลิต

บทที่ 2

วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 แหล่งที่มาของข้อมูล

เกษตรกรเลี้ยงโคเนื้อเพื่อเป็นแหล่งอาหารโปรตีนสำหรับชุมชน และเป็นเสมือนแหล่งเงินเก็บสำหรับครอบครัว เพื่อใช้ในยามจำเป็นหรือฉุกเฉิน และโคพื้นเมืองยังมีความทนทานต่อสภาพภูมิอากาศ โรคและแมลงท้องถิ่นได้ดี อย่างไรก็ตามโคพื้นเมืองมีขนาดตัวเล็ก และมีการเจริญเติบโตที่ต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากการเลี้ยงโคพื้นเมืองส่วนใหญ่เป็นการเลี้ยงแบบปล่อยให้แทะเล็ม ตามแปลงหญ้าธรรมชาติ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูแล้ง โคเนื้อมักจะผอมโซ เนื่องจากได้รับอาหารทั้งคุณภาพและปริมาณไม่เพียงพอ ทำให้มีผลต่อการเจริญเติบโตในช่วงต่อไป ดังนั้นการเสริมอาหารจากแหล่งอื่นโดยเฉพาะแหล่งอาหารโปรตีน ที่สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น จึงควรเป็นทางออกที่ดีสำหรับเกษตรกร

อาหารและการให้อาหารเป็นปัจจัยหลักในการเลี้ยงสัตว์ นอกเหนือจากปัจจัยอื่นเช่น พันธุ์สัตว์และการจัดการ เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการเลี้ยงสัตว์หากคำนวณจากเริ่มต้นจนถึงส่งขายเกินกว่าร้อยละ 60 ของต้นทุนทั้งหมดเป็นค่าอาหาร ดังนั้นการจัดการในด้านอาหารและการให้อาหารจึงเป็นปัจจัยที่บ่งบอกถึงกำไร หรือขาดทุนในการเลี้ยงสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเลี้ยงโคนม การจัดการในเรื่องการให้อาหารนอกจากจะมีผลกระทบต่อการให้ผลผลิตโดยตรงแล้ว ยังมีผลต่อสุขภาพความคงทนในการให้ผลผลิตน้ำนม (milk persistency) การให้ผลผลิตตลอดชีพของแม่โค ความสมบูรณ์พันธุ์ นอกจากนี้หากการจัดการเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพยังสามารถลดค่าใช้จ่ายอื่นๆ เช่น ค่ายารักษาโรค และค่าดูแลสุขภาพอื่น ๆ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม วิธีในการจัดการให้อาหารโคนมในแต่ละฟาร์มมีวิธีการที่แตกต่างกันไปตามสภาพความรู้ ความเข้าใจของเจ้าของฟาร์ม ข้อจำกัดของแต่ละฟาร์ม คุณภาพอาหารที่หาได้ ปัจจัยเหล่านี้มีผลทำให้น้ำนมและคุณภาพของน้ำนม ในแต่ละฟาร์มมีความแตกต่างกันไป ในอดีตอาจมุ่งเน้นเพียงการเพิ่มผลผลิตแต่ปัจจุบันและอนาคต รัฐบาลและหน่วยงานที่เกี่ยงข้องได้ให้ความสำคัญกับนโยบายอาหารปลอดภัย (food safety) ซึ่งรวมถึงคุณภาพของผลผลิตและผลิตภัณฑ์ ที่ต้องได้มาตรฐานโดยมีการกำหนดมาตรฐานฟาร์ม ควบคุมตั้งแต่วิธีการผลิต การจัดการต่างๆ ภายในฟาร์ม เช่น อาหารและการให้อาหาร การจัดการสุขภาพ การจัดการสิ่งแวดล้อม คุณภาพของผลผลิต และการจัดการกับผลผลิต โดยในแต่ละฟาร์มจะต้องผ่านเกณฑ์มาตรฐานจึงจะได้รับอนุญาต หรืออนุญาตให้ผลิตได้

วัตถุดิบอาหารประเภทโปรตีนจากพืช

มีโปรตีนมากกว่า 16% ขึ้นไป มักผสมกับอาหารพลังงานเพื่อยกระดับโปรตีนในอาหารพลังงานให้สูงขึ้น จนเพียงพอกับความต้องการของสัตว์ แบ่งแหล่งที่ผลิตได้ 2 แหล่ง คือ โปรตีนจากสัตว์และโปรตีนจากพืช

กากปาล์มเมล็ดใน เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการสกัดน้ำมันปาล์ม กระบวนการกรผลิตเริ่มแรกรับผลปาล์มมาผ่านกระบวนการนึ่ง (sterilization) การนึ่งผลปาล์มสดในหม้อนึ่งความดันโดยการนึ่งจะใช้ไอน้ำโดยมีสภาวะอุณหภูมิ 130-150^{0}C ความดัน 3 บาร์ ระยะเวลาทั้งหมดในการนึ่งต่อรอบ 2 ชั่วโมง ระยะเวลาที่ใช้นึ่ง 65-75 นาที (โครงการพัฒนาสิ่งแวดล้อมเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันอุตสาหกรรมไทย, 2549) การนึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อยับยั้งเอนไซม์ที่จะหยุดปฏิกิริยาการแตกตัวเป็นกรดไขมันอิสระอันเป็นผลให้เกิดการสูญเสียน้ำมัน นอกจากนี้ยังทำให้ขั้วปาล์มนิ่มผลปาล์มร่วงจากทลายง่าย ทำให้เนื้อเยื่อของผลปาล์มยุ่ย ง่ายต่อการหีบอัดน้ำมัน ผลปาล์มที่นึ่งเสร็จแล้วจะถูกนำเข้าเครื่องแยกผลปาล์มและทลายปาล์มแยกออกจากกันโดยใช้เครื่อง rotar drum thresher ผลปาล์มที่ได้จะถูกส่งไปยังเครื่องย่อยหรือหมอกวน (digesters) ใช้อุณหภูมิ 80-90^{0}C ประมาณ 15 นาที ส่งต่อไปยังขั้นตอนการสกัดน้ำมันและการจัดการวัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็ง ทำการสกัดด้วยเครื่องสกัดเกลียวอัด (screw press) ส่วนที่เป็นของแข็ง pressed cake ซึ่งประกอบไปด้วยเมล็ดและเยื่อใย จะถูกแยกออก โดยระบบไซโคลนซึ่งประกอบไปด้วยลมหลังจากนั้นนำเมล็ดปาล์ม และกะลาไปเข้าระบบแยกด้วยลมและความถ่วงจำเพาะ (clay bath) เพื่อแยกกะลาและเมล็ดในออกจากกันโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มจะขายเมล็ดในให้กับโรงงานสกัดน้ำมันเมล็ดใน (crude palm kernel oil, CPKO) แล้วนำเส้นใยไปเป็นเชื้อเพลิง การบีบน้ำมันเมล็ดในเป็นการนำเมล็ดในที่ได้จากการกะเทาะมาก็นำเข้าเครื่องบีบน้ำมัน ซึ่งมีความดันสูงเป็นตัวบีบ บีบเซลล์ให้แตกจนมีน้ำมันไหลออกมา เมื่อน้ำมันหมดจึงแยกส่วนที่เป็นกากเมล็ดในเกิดขึ้น ซึ่งสามารถนำมาขายเป็นอาหารสัตว์

การย่อยและการดูดซึมโปรตีนและคาร์โบไฮเดรทในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

พลังงานที่สัตว์เคี้ยวเอื้องนำไปใช้ประโยชน์มาจากคาร์โบไฮเดรท ประกอบด้วยธาตุ คาร์บอน (carbon) ไฮโดรเจน (hydrogen) และ ออกซิเจน (oxygen) ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มตามโครงสร้างได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ คือคาร์โบไฮเดรทที่เป็นโครงสร้าง (structural carbohydrate) เช่นพืชอาหารสัตว์ cellulose, hemicellulose และคาร์โบไฮเดรทที่ไม่เป็นโครงสร้าง (non-structural carbohydrate) เช่น แป้งและน้ำตาล

การย่อย soluble sugars, แป้ง และ sucrose คาร์โบไฮเดรทส่วนใหญ่จะถูกย่อยได้ simple sugars (hexoses) โดยเอนไซม์ที่ผลิตโดยจุลินทรีย์ (microbial enzymes) โดยเฉพาะ cellulose simple sugars ที่ได้จะถูกจุลินทรีย์ใช้ประโยชน์ โดยผ่านกระบวนการเมแทบอลิซึม ภายในเซลล์จุลินทรีย์เองได้ผลิตผลของ pyruvate, lactate และ CO_2, VFAs (acetic, propionic และ butyric acids), methane และพลังงานในรูป adenosinetriphosphate (ATP)

กระบวนการย่อยและ เมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรท

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

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

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

Pyruvate ----------> 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 จะมีค่าสูงตามลำดับ คือ C4 > C3 > C2 ในสารละลายที่เป็นกรดที่ pH ระหว่าง 5.0-5.5 อัตราการดูดซึมจะเร็วกว่าที่ pH 7.5-8.0 (เมธา, 2533)

การย่อยและการดูดซึมอาหารโปรตีน

โปรตีนจัดเป็นโภชนะที่มีความสำคัญต่อร่างกายสัตว์ โปรตีนประกอบไปด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และไนโตรเจน โปรตีนประกอบไปด้วยกรดอะมิโนเชื่อมต่อกันเป็นลูกโซ่ยาวด้วยพันธะเป็บไทป์ อาหารโปรตีนที่สัตว์เคี้ยวเอื้องกินเข้าไปจะถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักเป็นสารประกอบอย่างง่ายเช่น แอมโมเนีย, VFAs และคาร์บอนไดออกไซด์ สารประกอบเหล่านี้รวมทั้งแอมโมเนียที่ได้จาก non-protein nitrogen (NPN) และ free amino acids จะถูกใช้ประโยชน์โดยจุลินทรีย์เพื่อการเจริญเติบโต ซึ่งแบคทีเรียจะใช้ประโยชน์จากกรดอะมิโนนำมาผลิตเป็นจุลินทรีย์โปรตีน ซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนหลักในสัตว์เคี้ยวเอื้อง ในส่วนของโปรตีนจากอาหารที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะหมัก (escaped protein, undegraded protein, undegradable protein, by-pass protein) โปรตีนก็จะถูกไหลผ่านไปถูกย่อยต่อด้วย proteolytic enzymes ได้กรดอะมิโนแล้วซึมผ่านผนังลำไส้ และกระแสเลือด โปรตีนที่ไม่ถูกย่อยก็จะถูกขับออกในรูปของมูล (เมธา, 2533)

การป้องกันการย่อยสลายโปรตีนโดยการใช้ความร้อน

การให้ความร้อนนั้นมีหลายวิธี เช่น การอัดเม็ด การสกัดน้ำมัน การคั่ว การอบ การนึ่ง การต้ม และการตากแดด เป็นต้น วิธีการป้องกันโดยใช้ความร้อนนี้เป็นที่นิยมทำกันในปัจจุบันวิธีการหนึ่ง โดยที่กลไกของความร้อนจะทำให้เกิดปฏิกิริยาเกิดเป็นสีน้ำตาล (non-enzymatic browning reaction) ชนิดปฏิกิริยา maillard reaction คือปฏิกิริยาที่เกิดในหมู่ carbonyl group (ของ aldehyde, ketones และ reducing sugar เช่น กลูโคส ฟรุคโตส เพนโทส) กับ amino group (ของ กรดอมิโน, amines, peptide และ protein) ได้เป็นสารประกอบในรูป amino sugar complex (Van Soest, 1994) เกิดพันธะที่ต่อต้าน enzymatic hydrolysis โดยจับกันที่หมู่ amines และ carbonyl group เพื่อหลบเลี่ยงการย่อยสลายในกระเพาะหมัก จากการศึกษาของเมธา (2533) พบว่าการใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้น จะทำให้มีค่า RUP ที่สูงขึ้น ถ้าใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงเกินไป จะทำให้การใช้ประโยชน์ได้ลดลง เกิดการทำลายกรดอะมิโน เช่น lysine นอกจากนั้น Faldet and Satter (1991) ทดลองใช้ความร้อน กับถั่วเหลืองพบว่าปริมาณของ available lysine ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่อุณหภูมิที่สูงขึ้น ก็จะทำให้โปรตีนที่ไหลผ่านสูงขึ้น

2.2 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

การทดลองที่ 1 การศึกษาระดับของอาหารโปรตีนและพลังงานที่เหมาะสมโดยใช้ฟางหมักยูเรียเป็นแหล่งอาหารหยาบในแพะเนื้อ

ใช้แพะเนื้อเพศเมีย พันธุ์ลูกผสมพื้นเมืองและแองโกล-นูเบียน 50-75% อายุเริ่มต้น 7-8 เดือน น้ำหนักเฉลีย 17.0±5.0 กิโลกรัม

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 Tretment

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

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

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

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

ใช้แพะเนื้อกลุ่มละ 3 ตัว ทั้งหมดจำนวน 12 ตัว จัดแพะให้อยู่ในคอกขังเดี่ยวโดยมีรางอาหารและถังใส่น้ำสำหรับแพะทุกตัว จัดสัตว์เข้าทดลองตามแผนการทดลอง แล้วให้อาหารตามกลุ่มทดลองที่กำหนดไว้โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ช่วงการทดลองโดยแต่ละช่วงการทดลองใช้เวลา 21 วัน ใช้เวลาการปรับตัวก่อนเปลี่ยนช่วงการทดลอง 14 วัน

อาหารที่ใช้ในการทดลอง

การให้อาหารแก่สัตว์ทดลองได้จากตารางที่ 3.2 โดยสัตว์ทุกตัวจะได้รับอาหารตามสูตรอาหารดังภาพที่ 3.1 แพะแต่ละกลุ่มจะได้รับอาหารข้นปริมาณ 300 กรัม/ตัว/วัน ตามสูตรอาหาร แพะได้รับอาหารหยาบและอาหารข้นในช่วงเช้าเวลา 08.00 น.และช่วงบ่ายเวลา 16.30 น. ทุกวันตลอดการทดลอง ให้ฟางหมักยูเรียเป็นแหล่งอาหารหยาบ ให้กินแบบเต็มที่ (ab libitum)

	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

P = period, T = treatment

ภาพที่ 3.1 แผนผังงานทดลอง

ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง

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

ตารางที่ 2.1 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
คุณค่าอาหารจากการคำนวณ				
โปรตีน (%)	13.5	13.1	15.0	15.0
โภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (TDN, %)	69.9	75.3	70.3	75.4

LP= low protein(13%CP), HP =high protein(15%CP), LE =low energy(70%TDN), HE=high energy(75 %TDN) ,TDN = total digestible nutrients ในสูตรอาหารนี้คำนวณมาจากตารางที่ 3.2 กากถั่วเหลือง = 76%, กากมันสำปะหลัง = 79.0% (Kearl, 1982)

การวัดน้ำหนัก

ได้ทำการชั่งและวัดน้ำหนักแพะก่อนการทดลอง และหลังเสร็จการทดลอง ทุกช่วงเวลาในการทดลอง และคำนวณอัตราการเจริญเติบโต และใช้ประกอบการคำนวณการกินได้ (%BW และ $g/kgBW^{0.75}$)

การสุ่มเก็บของเหลวในกระเพาะหมัก (rumen fluid)

ทำการสุ่มของเหลวในกระเพาะหมักที่ช่วงระยะเวลาต่างๆ คือก่อนให้อาหาร และ เวลาที่ 3 และ 6 ชั่วโมง หลังการให้อาหาร โดยใช้เครื่อง suction ต่อสายยางสอดเข้าไปผ่านปากและหลอดอาหารไปยังกระเพาะหมักเก็บของเหลวในกระเพาะหมักประมาณ 40-60 มิลลิลิตร และวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH) ทันทีด้วยเครื่อง pH meter แบบสนาม (Mini Lab TSFET Model 101120)

สุ่มเก็บของเหลวในกระเพาะหมักเก็บมาประมาณ 25 มิลิลิตร เติมกรดไฮโดรคลอริค (6N) ประมาณ 2.5 มิลิลิตร (ในอัตราส่วน rumen fluid 10 ส่วน ต่อ 6N HCl 1 ส่วน) เพื่อเก็บรักษาและหยุดชะงักกิจกรรมและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ก่อนนำไปปั่นเหวี่ยง (centrifuge) จนใสด้วยความเร็ว 3,000 รอบ/นาที นาน 15 นาที เก็บเอาส่วนใส (supernatant) ไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20^{0}C เพื่อเตรียมไว้สำหรับวิเคราะห์หากรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acid; VFAs) โดยใช้เครื่อง gas chromatography (GC) รุ่น (HP 6890 GC METHOD) column Supelco wax ^{TM} 10 Fused silica capillary Column 30 n, 32 mm ID, 25 μm film thickness Mfg. under HP U.S. patent 4, 293, 415 และ วิเคราะห์หาแอมโมเนียไนโตรเจน (ammonia-nitrogen, NH_3-N) ของของเหลวจากกระเพาะหมัก โดยวิธีการกลั่นด้วยเครื่อง Distillation Unit ยี่ห้อ Gerhardt รุ่น Vapodest 30 ตามวิธีการของ Bromner and Keeney (1965)

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

ในระหว่างการทดลองจะมีการเก็บตัวอย่างเลือดเพื่อนำมาวิเคราะห์ยูเรียในเลือด โดยทำการเก็บตัวอย่างเลือดแพะทั้งหมด 12 ตัว ทำการเจาะเลือดก่อนให้อาหารที่เวลา 3 และ 6 ชั่วโมง หลังการให้อาหาร บริเวณเส้นเลือดดำที่บริเวณคอ (jugular vein) ปริมาตร 3 มิลิลิตร ต่อวัน โดยใช้เข็มเบอร์ 18 ความยาว 1.5 นิ้ว โดยเก็บตัวอย่างเลือดในหลอดที่มีสารป้องกันการแข็งตัวของเลือดสำเร็จรูป เก็บใส่กระติกน้ำแข็ง จากนั้นนำเลือดมาปั่นเหวียงด้วยเครื่อง centrifuge ที่ความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที เก็บตัวอย่างด้านบนที่ใสลงใน micro tube แล้วนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20^{0}C เพื่อทำการวิเคราะห์ blood urea nitrogen (BUN) ตามวิธีการของ Helmut and Lapointe (1959)

การเก็บรวบรวมตัวอย่างปัสสาวะ (collection of urine)

ทำการเก็บในช่วงที่แพะอยู่บนกรงเมแทบอลิซึม โดยการเก็บและวัดปริมาณทั้งหมดที่ได้ติดต่อกัน 5 วัน ในช่วงสุดท้ายของการเก็บตัวอย่าง ทำการเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 10% (10% H_2SO_4) ประมาณ 80-100 มิลลิลิตร เพื่อปรับ pH ของปัสสาวะที่มีค่าอยู่ระหว่าง 2-3 ทั้งนี้เพื่อหยุดกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่จะเข้าไปย่อยสลายไนโตรเจนในปัสสาวะ สุมเก็บไว้ประมาณ 10% ของปัสสาวะทั้งหมด เพื่อนำไปรวมกับวันที่ 2, 3, 4 และ 5 แล้วทำการสุมอีกครั้งประมาณ 5% แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 3,000 รอบต่อ 15 นาที เก็บเฉพาะส่วนใส เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในปัสสาวะตามวิธีการของ (AOAC, 1990) วิเคราะห์หาความสมดุลไนโตรเจน (nitrogen balance)

การเก็บรวบรวมมูล (collection of feces)

ชั่งและบันทึกข้อมูลจากมูลที่เก็บได้ในแต่ละวัน แบ่งมูลออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกนำมาอบที่อุณหภูมิ 60^0C นาน 24-48 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่ สุ่มตัวอย่างประมาณ 5% ไปบด เพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ของอาหารและมูลตามวัตถุประสงค์ของการทดลองได้แก่ วัตถุแห้งเถ้า และโปรตีน (AOAC, 1970) ส่วน NDF และ ADF วิเคราะห์ตามวิธีของ Goering and Van Soest (1970)

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการทดลองถูกนำเข้าประมวลผล และวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) ตามแผนการทดลอง แบบ 4x4 Latin square with 3 replication design) โดยใช้ Proc GLM (SAS, 1998) และใช้วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี F-test เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ตามวิธีของ Steel and Torrie (1980)

การทดลองที่2 การป้องกันการย่อยได้ของโปรตีนจากกากปาล์มโดยการอบด้วยความร้อน ศึกษาการย่อยได้ในกระเพาะหมักโดยใช้เทคนิค in sacco

ใช้โคนมพันธุ์ Holstein-Friesian จำนวน 3 ตัว น้ำหนักเฉลีย 350$\pm$10.0 กก. โคนมเจาะกระเพาะสมบูรณ์ ผ่านการฉีดวัคซีนป้องกันโรคที่สำคัญ ผ่านการถ่ายพยาธิภายนอกและภายใน

การทดลองที่ 2 จัดการทดลองแบบสุมอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD)

การจัดกลุ่มทดลองของวัตถุดิบ (กากปาล์ม) แบ่งเป็น 3 กลุ่มทดลอง

กลุ่มควบคุม (กากปาล์มไม่อบ)

กลุ่มที่ 2 กากปาล์มอบ 60^0C นาน 60 นาที

กลุ่มที่ 3 กากปาล์มอบ 100^0C นาน 60 นาที

โคทุกตัวถูกขังเข้าแยกคอกเดี่ยว มีรางอาหารและภาชนะสำหรับใสน้ำให้กินตลอดเวลา ทำการปรับสัตว์ให้คุ้นเคยกับสภาพคอกขังเดี่ยวและอาหารนาน 14 วัน จัดสัตว์เข้าทดลองตามแผนการทดลองและให้อาหารตามกลุ่มการทดลอง

ทำการบดตัวอย่าง (กากปาล์มที่ไม่ได้อบ กากปาล์ม อบที่อุณหภูมิ 60 และ 100^0C เป็นเวลา 60 นาที) บดด้วยเครื่องบดอาหารผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร

ใช้ถุงไนล่อน จำนวน 36 ถุง ต่อ โค 1 ตัวโดยใช้ถุงในล่อนขนาด 6X12 cm มีขนาดรู 47 μm ทำการอบแห้งถุงไนล่อน ทำการชั่งน้ำหนักถุงและตัวอย่างประมาณ 5 กรัม ลงในถุง จดบันทึก เมื่อชั่งเสร็จแล้วมัดปากถุงด้วยยางให้เรียบร้อย โดยใช้วิธีผูกแบบมาตรฐานรวมถุงให้เป็นพวง ส่วนวิเคราะห์ที่เวลา 0 ชั่วโมง นำถุงล้างน้ำ เพื่อวิเคราะห์หาความสามารถในการย่อยสลายของอาหาร การนำอาหารเข้าบ่มก่อนให้อาหารเช้า ในระหว่างการนำถุงในล่อนเข้าบ่มในรูเมน ตำแหน่งถุงอยู่ในชั้นที่เป็นของเหลว (liquid)

นำถุงใส่ไนล่อนที่เตรียมไว้ใส่ไปในกระเพาะหมัก การบ่มหมักในกระเพาะหมักใช้เวลานาน 48 ชั่วโมง การนำถุงออกจากการบ่มที่เวลา 0, 2, 4, 6, 12, 16, 24 และ 48 ชั่วโมง โดยจะนำถุงออกเมื่อครบเวลาในแต่ละช่วง หลังจากที่นำถุงออกจากกระเพาะหมักแล้ว นำไปล้างเอาเศษอาหารที่ติดมากับถุงออกให้หมดล้างถุงให้สะอาด (จนกระทั้งน้ำมีลักษณะใส) นำถุงไปอบที่ตู้อบ (incubator) โดยใช้อุณหภูมิที่ 60^0C จนกระทั้งน้ำหนักคงที่ บันทึกน้ำหนักรวมของอาหารที่เหลือและถุงไนล่อน นำตัวอย่างหาค่าการย่อยสลายของโปรตีน (AOAC, 1990)

การคำนวณความสามารถในการย่อยสลาย (degradability) นำตัวอย่างไปวิเคราะห์หาโปรตีนจากการคำนวณปริมาณน้ำหนักหรือโภชนะที่สูญหาย (degradability หรือ loss) จากสมการ Degradability, % = 100 – (ปริมาณโภชนะที่เหลือในถุงหลังบ่ม) / (ปริมาณโภชนะทั้งหมดก่อนบ่ม) ตัวอย่างเช่น

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

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

เมื่อได้ค่าความสามารถในการย่อยสลายแล้ว ก็สามารถนำผลไปแปลความหมายหรืออธิบายผลที่ได้จากการศึกษาโดยใช้เทคนิคใช้ถุงไนล่อนต่อไปได้จากสมการของ 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 แล้วสามารถนำไปประมาณค่าโปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (undegradable protein, RDP) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (undegradable protein, UDP) เพื่อนำไปใช้คำนวณความต้องการโปรตีนต่อไป

การทดลองที่ 3 ผลของระดับโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยในกระเพาะหมักต่อความสามารถในการย่อยได้ในกระเพาะหมัก, ปริมาณการกินได้ และการเจริญเติบโตของแพะเนื้อโดยใช้ฟางหมักยูเรียเป็นแหล่งอาหารหยาบ

ใช้แพะเนื้อพันธุ์ลูกผสม พื้นเมืองและแองโกล-นูเบียนที่ระดับ 50-75% เพศผู้ อายุเริ่มต้น 7-8 เดือน จำนวน 24 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 17$\pm$3.0 กิโลกรัม

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

แบ่งแพะออกเป็น 4 กลุ่ม ตาม Treatment

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

กลุ่มที่ 2 ได้รับอาหาร 10% RUP

กลุ่มที่ 3 ได้รับอาหาร 20% RUP

กลุ่มที่ 4 ได้รับอาหาร 30% RUP

แพะทุกตัวถูกขังแยกคอกเดี่ยว มีรางอาหารและภาชนะสำหรับใส่น้ำให้กินตลอดเวลา ทำการปรับสัตว์ให้คุ้นเคยกับสภาพคอกขังเดี่ยวและอาหารนาน 14 วัน ทำการถ่ายพยาธิภายนอกและภายในด้วยยาถ่ายพยาธิ ไอโวเม็กซ์ (ivomex) อัตราการใช้ยา 1 ml ต่อน้ำหนักสัตว์ 20 กิโลกรัม และทำเครื่องหมายหน้าคอกแพะทุกตัว จัดสัตว์เข้าทดลองตามแผนการทดลอง แล้วให้อาหารตามกลุ่มการทดลองที่กำหนดไว้ ปรับระดับปริมาณอาหารทุก 1 เดือน โดยมีการบันทึกข้อมูล ตลอดระยะการทดลอง 90 วัน

การให้อาหารข้นแก่สัตว์ทดลองตามตารางที่ 5.1 โดยมีอาหาร 4 สูตร โดยแยกเป็นอาหารข้นและอาหารหยาบ โดยแพะทุกตัวจะได้รับฟางข้าวหมักยูเรีย (5% ยูเรีย) เป็นแหล่งของอาหารหยาบให้แบบเต็มที่ *(ad libitum)* ให้อาหารในช่วงเช้าเวลา 09.00 น.และช่วงบ่ายเวลา 16.30 น. ทุกวันตลอดการทดลอง โดยอาหารข้นในแต่ละกลุ่มการทดลองจะให้ปริมาณ 1.0% ของน้ำหนักตัว

ตารางที่ 2.2 แสดงชนิดและปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

วัตถุดิบ (น้ำหนักแห้ง)	อาหารทดลอง (%RUP)			
	0	**10**	**20**	**30**
กากปาล์มอบ 100^0C	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

ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง, การชั่งน้ำหนักตัว, การสุ่มของเหลวจากกระเพาะหมัก (rumen fluid), การเก็บตัวอย่างเลือดวิเคราะห์ ยูเรีย-ไนโตรเจน ในกระแสเลือด (blood urea nitrogen, BUN) วิธีการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

การเก็บข้อมูล

ก่อนสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์สุดท้าย ได้ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างมูลโดยทำการเก็บในช่วงเช้าหลังทำความสะอาดคอกเวลา 11.00 น. และ 13.00 น. ติดต่อกันเป็นเวลา 5 วัน จากนั้นนำมาเก็บรักษาไว้ที่ -16^0C เมื่อวันสิ้นสุดการทดลองนำมูลที่เก็บได้มาผสมกัน ทำการสุ่มอีกครั้งและนำไปอบที่ 60^0C เป็นเวลา 48-72 ชั่วโมง จากนั้นนำไปบดที่ตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ในมูลเช่นเดียวกับอาหารทดลอง ได้แก่ วัตถุแห้ง, เถ้า และโปรตีน ตามวิธีการของ AOAC (1990) วิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีเยื่อใย ได้แก่ NDF และ ADF ตามวิธีการของ Goering and Van Soest (1970) วิเคราะห์หาเท่าที่ไม่ละลายในกรด (acid insoluble ash, AIA) ตามวิธีการของ Van Keulen and Young (1977) เพื่อนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอาหารตามวิธีการของ Schneider and Flatt (1975)

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่สุ่มเก็บได้จากการทดลอง ข้อมูลที่ได้ทั้งหมดจากการทดลองถูกนำเข้าประมวลผลและวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) โดนใช้ Proc. GLM (SAS, 1998) และใช้วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธี F-test เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ตามวิธีการของ Steel and Torrie (1980)

บทที่ 3

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ผลการทดลองและอภิปราย

การทดลองที่ 1 การศึกษาระดับของอาหารโปรตีน และพลังงานที่เหมาะสมโดยการใช้ฟางหมักยูเรียเป็นแหล่งอาหารหยาบในแพะเนื้อ

องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารข้น

จากตารางที่ 3.1 แสดงองประกอบทางเคมี ของวัตถุดิบอาหารข้น คือ กากถั่วเหลือง มีวัตถุแห้ง 95.35%, 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 ส่วนกากมันสำปะหลัง มีวัตถุแห้ง 91.9%, โปรตีน 2.0%, เยื่อใยหยาบ 2.3%, NDF 10.4%, ADF 12.2%, ADL 0.6%, เถ้า 5.9 % และ NFE 89.6% มี TDN (%) เท่ากับ 79.0

ตารางที่ 3.1 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/] การคำนวณโภชนะย่อยได้ทั้งหมดของวัตถุดิบ (ภาคผนวก ก.)

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

องค์ประกอบทางเคมีของฟางหมักยูเรียและสูตรอาหารทดลอง

จากตารางที่ 3.2 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารทดลอง และฟางหมักยูเรีย พบว่าฟางหมักยูเรีย 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 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.

ปริมาณการกินได้และอัตราการเจริญเติบโต

ปริมาณการกินได้ของแพะในตารางที่ 3.3 พบว่า แพะกลุ่ม LPLE มีปริมาณการกินได้ของอาหารข้น (กรัม/วัน) สูงกว่าแพะกลุ่ม LPHE, HPLE และ HPHE อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ระดับของโปรตีนในอาหารข้นมีผลต่อการกินได้ของอาหารข้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) ของแพะทุกกลุ่ม อย่างไรก็ตาม เมื่อคิดเป็น กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักเมแทบอลิก กลับพบว่า แพะกลุ่ม HPLE และ HPHE มีค่าสูงกว่า ($p<0.01$) แพะกลุ่ม LPLE และ LPHE ระดับของโปรตีนและพลังงานที่เพิ่มขึ้นของ กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักเมแทบอลิกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) และ ($p<0.02$) ส่วนไม่มี interaction ระหว่างโปรตีนและพลังงาน ($p=0.75$)

ในการทดลองในครั้งนี้ แพะทุกกลุ่มการทดลองได้รับอาหารหยาบแบบเต็มที่ ปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบพบว่า แพะกลุ่ม LPHE และ HPHE มีปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบสูงกว่า ($p<0.01$) แพะกลุ่ม HPLE แต่ไม่แตกต่างกับแพะกลุ่ม LPLE เมื่อคิดเป็น เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัวพบว่า แพะกลุ่ม LPHE และ HPHE มีปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบสูงกว่า ($p<0.01$) แพะกลุ่ม HPLE และ LPLE ระดับของพลังงานในอาหารข้นมีผลต่อการกินได้ของอาหารหยาบ เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) เมื่อคิดเป็น กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักเมแทบอลิก พบว่าแพะกลุ่ม HPHE มีค่าสูงที่สุด ($p<0.01$) เมื่อเทียบกับทุกกลุ่มการทดลอง มี interaction ระหว่างโปรตีนและพลังงานในอาหารข้น ต่อปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบ กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนัก เมแทบอลิก อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ระดับของโปรตีนและพลังงานในอาหารข้นมีผลต่อการกินได้ของอาหารหยาบ กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักเมแทบอลิกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)

ตารางที่ 3.3 ปริมาณการกินได้ของแพะที่ได้รับโปรตีนและพลังงานร่วมกับฟางหมักยูเรีย

	LP		HP		SEM	P-value	Effect[1/]		
	LE	HE	LE	HE			P	E	P*E
ปริมาณการกินได้อาหารข้นต่อวัน									
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
ปริมาณการกินได้อาหารหยาบต่อวัน									
กรัม/วัน	347[ab]	383[a]	314[b]	369[a]	20.42	0.01	0.56	0.25	0.82
%BW[2/]	1.4[b]	2.1[a]	1.4[b]	2.1[a]	0.07	0.01	0.56	0.25	0.82
g/kg $BW^{0.75}$	42.4[c]	49.0[b]	47.3[bc]	76[a]	3.73	0.01	0.01	0.01	0.01
ปริมาณการกินได้รวมต่อวัน									
กรัม/วัน	613[ab]	647[a]	578[b]	630[a]	26.06	0.01	0.51	0.28	0.83
%BW[2/]	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	171	64.94	0.14	0.16	0.16	0.16	0.66

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

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

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

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

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 กรัมต่อตัวอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) เมื่อคิดเป็นกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักเมแทบอลิก พบว่ากลุ่ม HPHE มีค่าสูงกว่าแพะกลุ่มการทดลอง ($p<0.01$) มี interaction ระหว่างโปรตีนและพลังงานในอาหารข้นต่อปริมาณการกินได้ทั้งหมดกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักเมแทบอลิก อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ระดับของโปรตีนและพลังงานในอาหารข้นมีผลต่อปริมาณการกินได้ทั้งหมด กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักเมแทบอลิก อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)

การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว (กรัม/วัน) ในตารางที่ 3.3 พบว่าระดับโปรตีนและพลังงานไม่มีผลต่อ การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวแพะทั้ง 4 กลุ่มการทดลอง

ตารางที่ 3.4 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
เถ้า	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] ค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยในบรรทัดเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรแตกต่างกัน ($p<0.05$)

LP = 13%CP, HP = 15%CP, LE = 70%TDN, HE = 75 %TDN, [1/] P = อิทธิพลของโปรตีน, E = อิทธิพลของพลังงาน, P*E = interaction ของโปรตีนและพลังงาน NDF = = neutral detergent fiber, ADF = acid detergent fiber.

ปริมาณการย่อยได้ของโภชนะ

จากตารางที่ 3.4 แสดงปริมาณการย่อยได้ ของแพะที่ได้รับอาหารทดลอง ปริมาณการย่อยได้ของวัตถุแห้ง พบว่าทั้ง 4 กลุ่มการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่แพะกลุ่ม HPHE มีปริมาณการย่อยได้ของโปรตีน และ ADF สูงกว่า ($p<0.05$) ทุกกลุ่มการทดลอง ปริมาณการย่อยได้ของ ADF สูงกว่า ($p<0.05$) ทุกกลุ่มการทดลอง ปริมาณการย่อยได้ของ ADF พบว่าแพะกลุ่ม LPHE และ HPHE สูงกว่าแพะกลุ่ม LPLE แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่ม HPLE ปริมาณการย่อยได้ของ ADF ของแพะกลุ่ม HPHE มีค่าสูงที่สุด นอกจากนั้นแล้ว มี interaction ระหว่างโปรตีนและอาหารข้น ต่อปริมาณการกินได้ของ NDF และ ADF อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ระดับโปรตีนและพลังงานในอาหารข้นมีผลต่อปริมาณการย่อยได้ของโปรตีน และ NDF อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)

ความสมดุลของไนโตรเจน (nitrogen balance)

สมดุลของไนโตรเจน ดังแสดงในตารางที่ 3.5 ค่าของไนโตรเจนที่ขับออกมากับมูล, ปัสสาวะ และไนโตรเจนที่ขับออกมาทั้งหมด ของแพะทั้ง 4 กลุ่ม พบว่าไม่มีค่าที่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่แพะกลุ่ม HPHE มีปริมาณการกินได้ของไนโตรเจน ค่าการดูดซึมของไนโตรเจน และค่าไนโตรเจนที่กักเก็บในร่างกาย สูงกว่า ($p<0.05$) แพะกลุ่มอื่นๆ

ตารางที่ 3.5 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

$^{a, b, c}$ ค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยในบรรทัดเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรแตกต่างกัน ($p<0.05$)

LP = 13%CP, HP = 15%CP, LE = 70%TDN, HE = 75 %TDN, [1/] P = อิทธิพลของโปรตีน, E=อิทธิพลของพลังงาน, P*E = interaction ของโปรตีนและพลังงาน (การคำนวณค่าสมดุลของไนโตรเจนของแพะดังภาคผนวก ก. หน้า 82)

ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในของเหลวจากกระเพาะหมักของแพะ

จากตารางที่ 3.6 แสดงความเป็นกรด-ด่าง (pH) จากของเหลวในกระเพาะหมักของแพะ พบว่าก่อนการให้อาหารและหลังการให้อาหาร 3 และ 6 ชั่วโมง ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง ของของเหลวจากกระเพาะหมัก เท่ากับ 7.2, 7.1, 7.0 และ 7.1 ของแพะกลุ่ม LPLE, LPHE, HPLE และ HPHE ตามลำดับ

ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะหมักของแพะ

จากตารางที่ 3.8 แสดงความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวจากในกระเพาะหมักของแพะ พบว่าก่อนให้อาหาร หลังการให้อาหาร 3 และ 6 ชั่วโมง และค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของแพะที่ได้รับอาหารทั้ง 4 กลุ่ม ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวจากในกระเพาะหมักของแพะ มีค่าเท่ากับ 11.8, 11.8, 11.8 และ 11.5 mg%

ตารางที่ 3.6 ความเป็นกรด-ด่าง ในของเหลวจากในกระเพาะหมักของแพะที่ได้รับระดับโปรตีนและพลังงานในอาหารข้นร่วมกับฟางหมักยูเรีย

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 ของโปรตีนและพลังงาน

ตารางที่ 3.7 ค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของ ของเหลวจากในกระเพาะหมักของแพะที่ได้รับระดับโปรตีนและพลังงานในอาหารข้นร่วมกับฟางหมักยูเรีย

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 ของโปรตีนและพลังงาน

[2/] NH_3-N= แอมโมเนีย-ไนโตรเจน

ความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด (blood urea nitrogen, BUN)

จากตารางที่ 3.8 แสดงความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจน ในกระแสเลือดวัดก่อนให้อาหารและหลังให้อาหาร 3 และ 6 ชั่วโมง พบว่าความเข้มข้นของยูเรียในกระแสเลือด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนมีค่าเท่ากับ 7.6, 7.0, 8.7 และ 7.9 mg%

ตารางที่ 3.8 ค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจน ในกระแสเลือด (mg %) ของแพะที่ได้รับระดับโปรตีนและพลังงานในอาหารข้นร่วมกับฟางหมักยูเรีย

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 ของโปรตีนและพลังงาน

[2/] BUN= blood urea nitrogen

ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ของ ของเหลวจากกระเพาะหมัก

จากตารางที่ 3.9 แสดงค่าความเข้มข้นรวมของกรดไขมันระเหยได้รวม ก่อนการให้อาหารและหลังการให้อาหาร 3 และ 6 ชั่วโมง และค่าเฉลี่ยของแพะทั้ง 4 กลุ่ม พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งค่าเฉลี่ยของกรดไขมันระเหยได้รวมมีค่าเท่ากับ 40.6, 38.0, 40.8 และ 42.2 m mol/l

แสดงปริมาณของกรดไขมันระเหยได้ (ตารางที่ 3.10) ของแพะที่ได้รับระดับโปรตีนและพลังงานในอาหารข้นร่วมกับฟางหมักยูเรีย ค่าความเข้มข้นของกรดอะซิติค (acetic acid, C_2) ก่อนให้อาหารที่เวลา 3 ชั่วโมง หลังให้อาหาร และค่าเฉลี่ยพบว่า มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) ของแพะทั้ง 4 กลุ่ม แต่ที่เวลา 6 ชั่วโมง หลังการให้อาหาร ของแพะกลุ่ม LPLE, 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) ก่อนการให้อาหารและหลังการให้อาหาร 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

ค่าความเข้มข้นของกรดบิวทีริค (butyric acid, C_4) ก่อนการให้อาหาร แพะกลุ่ม LPHE มีค่าสูงกว่าแพะกลุ่ม HPLE แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่ม LPLE และ HPHE จากนั้น ที่เวลา 3 และ 6 ชั่วโมง หลังให้อาหาร และค่าเฉลี่ย ของแพะทั้ง 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 หลักการให้อาหาร 3 และ 6 ชั่วโมง และค่าเฉลี่ยของแพะทั้ง 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 3.9 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	49.4	2.57	0.83	0.84	0.86	0.40
เฉลี่ย	40.6	38.0	40.8	40.8	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 ของโปรตีนและพลังงาน

[2/] TVFA= total volatile fatty

ตารางที่ 3.10 ปริมาณของกรดไขมันระเหยได้ ของแพะที่ได้รับระดับโปรตีนและพลังงานในอาหารข้นร่วมกับฟางหมักยูเรีย

VFA[2/]	LP		HP		SEM	P-value	Effect[1/]		
(mol/100 ml)	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	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] ค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยในบรรทัดเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรแตกต่างกัน ($p<0.05$)

LP = 13%CP, HP = 15%CP, LE = 70%TDN, HE = 75 %TDN, [1/] P = อิทธิพลของโปรตีน,

E = อิทธิพลของพลังงาน, P*E = interaction ของโปรตีนและพลังงาน

[2/] VFA= volatile fatty

การทดลองที่ 2 การป้องกันการย่อยได้ของโปรตีนจากกากปาล์มโดยการอบด้วยความร้อน ศึกษาการย่อยได้ในกระเพาะหมักโดยใช้เทคนิค *in sacco*

จากการศึกษาองค์ประกอบของกากปาล์ม จากตารางที่ 3.11 พบว่า กากปาล์มมีวัตถุแห้ง 93.5%, อินทรียวัตถุ 98.4%, โปรตีน 15.2%, NDF 75.8% และ ADF 42.3% กากปาล์มอบที่อุณหภูมิ 60 และ 100^{0}C เป็นเวลา 60 นาที พบว่ามีวัตถุแห้ง, โปรตีน, NDF และ ADF ใกล้เคียงกันกับกากปาล์มที่ยังไม่ได้อบ

ตารางที่ 3.11 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

การย่อยสลายวัตถุแห้งของกากปาล์ม

ผลการทดลองจากตารางที่ 3.12 พบว่าการย่อยสลายของวัตถุแห้งของกากปาล์ม กากปาล์มอบ 60 และ 100°C ที่เวลา 12 ชั่วโมง (63.2, 63.2, 58.8) อัตราการย่อยสลายของกากปาล์ม (0.01, 0.09, 0.11) มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ที่เวลา 48 ชั่วโมง กากปาล์ม (79.1) และกากปาล์มอบ 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) และ 100°C (29.5, 37.9 และ 66.8) และที่เวลา 2 ชั่วโมง ค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้ง กากปาล์ม (21.6) มากกว่ากากปาล์มอบ 60°C (20.3) และ 100°C (19.0) นอกจากนั้นอัตราการย่อยสลายมีค่าไม่แตกต่างกัน ($p<0.05$) แต่ปริมาณอาหารที่ละลายในน้ำของกากปาล์มและกากปาล์มอบ 60°C (8.7 และ 8.8) มากกว่า ($p<0.05$) กากปาล์มอบ 100°C (5.9) และปริมาณอาหารส่วนที่ไม่ละลายในน้ำ แต่สามารถย่อยสลายได้ในช่วงเวลา และปริมาณอาหารส่วนที่ไม่ละลายในน้ำ แต่สามารถย่อยสลายได้ในช่วงเวลา และผลรวมของปริมาณอาหารที่ละลายในน้ำ กับปริมาณอาหารส่วนที่ไม่ละลายน้ำ แต่สามารถถูกย่อยสลายได้ในช่วงเวลาพบว่ากากปาล์ม (71.0 และ 79.8) มีค่ามากกว่ากากปาล์มอบ 100°C (65.4 และ71.4) แต่ไม่แตกต่างกับกากปาล์มอบ 60°C (67.0 และ 75.9) ค่าประสิทธิภาพการย่อยได้ของวัตถุแห้ง พบว่ากากปาล์ม (46.0) ไม่อบมีค่ามากกว่ากากปาล์มอบ 60°C (34.5) และ 100°C (39.9)

การย่อยสลายโปรตีนของกากปาล์ม

ผลการทดลองจากตารางที่ 3.13 หลังการบ่มที่กระเพาะหมักที่เวลา 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) ต่างที่เวลา 6, 12 และ 24 ชั่วโมง พบว่ากากปาล์ม (30.7, 46.9 และ 64.4) และกากปาล์มอบ 60°C (30.0, 45.4 และ 62.6) มีค่าการย่อยสลายของโปรตีนในกระเพาะหมักมากกว่ากากปาล์มอบ 100°C (27.3, 41.7 และ 59.3) ค่าประสิทธิภาพการย่อยได้ของโปรตีน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) การย่อยสลายโปรตีน ปริมาณอาหารที่ละลายน้ำ (6.9, 7.1 และ 5.9) ปริมาณอาหารส่วนที่ไม่ละลายในน้ำ แต่สามารถถูกย่อยสลายได้ในช่วงเวลา (72.5, 69.7 และ71.5) อัตราการย่อยสลาย (0.06, 0.07 และ 0.07) และผลรวมของปริมาณอาหารที่ละลายในน้ำกับปริมาณอาหารส่วนที่ไม่ละลายในน้ำ แต่สามารถถูกย่อยสลายได้ในช่วงเวลา (79.5, 76.9 และ 77.5) ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) เช่นเดียวกันกับค่าประสิทธิภาพการย่อยได้โปรตีน พบว่ามีค่าเท่ากับ 91.3, 86.7 และ 86.9 ของกากปาล์ม กากปาล์มอบ 60 °C และ 100 °C

การย่อยสลายของโปรตีนในลำไส้เล็กของกากปาล์ม

จากการทดลอง (ตารางที่ 3.14) พบว่าเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายของโปรตีนในกระเพาะหมักหลังบ่มที่เวลา 16 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 60.4, 57.0 และ 55.8% ตามลำดับ การย่อยสลายในกระเพาะหมักของกากปาล์มและกากปาล์มอบที่ 60°C มีค่าการย่อยสลายโปรตีนมากกว่ากากปาล์มอบ 100 °C ค่าการย่อยสลายโปรตีนในลำไส้เล็ก เท่ากับ 23.6, 25.3 และ 26.0% ตามลำดับ ซึ่งกากปาล์มที่ผ่านการอบด้วยความร้อนที่ระดับ 100°C มีค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายในลำไส้เล็กสูงที่สุด นอกจากนั้นโปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก และลำไส้เล็กมีค่าเท่ากับ 84.0, 82.3 และ 81.8% ซึ่งมีค่าไม่ต่างกัน ส่วนของโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมักของกากปาล์มอบ 60 และ 100°C มีค่ามากกว่ากากปาล์มที่ไม่อบ

ตารางที่ 3.12 การย่อยสลายของวัตถุแห้งของกากปาล์มในกระเพาะหมัก

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] ค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยในบรรทัดเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรแตกต่างกัน ($p<0.05$)

ตารางที่ 3.13 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, c] ค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยในบรรทัดเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรแตกต่างกัน ($p<0.05$)

ตารางที่ 3.14 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 (flaction/h) = 0.05

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

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

ตารางที่ 3.15 ค่าเฉลี่ยการย่อยสลายของโปรตีนที่เวลา 16 ชั่วโมง ของกากปาล์ม

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

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

[1/] เปอร์เซ็นต์การย่อยสลายของโปรตีนในกระเพาะหมัก (%RDP) ที่เวลา 16 ชั่วโมง จากตารางที่ 4,

[2/] intestine คำนวณตามภาคผนวก ก., [3/] Total tract = ผลรวมของ Rumen + (Duodenum+intestine)

พบว่าเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายของ การย่อยสลายในกระเพาะหมัก ของกากปาล์มและกากปาล์มอบที่ 60°C มีค่าการย่อยสลายโปรตีนมากกว่ากากปาล์มอบ 100°C เนื่องจากปริมาณโปรตีนที่ถูกย่อยสลายในกระเพาะหมักมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการละลายได้ในกระเพาะหมักของโปรตีนนั้นๆ ความสามารถในการละลายนี้มีความสัมพันธ์กับปริมาณที่จะ by-pass จากกระเพาะหมักไปสู่กระเพาะจริงและลำไส้ดังนี้ การใช้ความร้อนเป็นวิธีหนึ่งที่ทำให้โปรตีน เป็นโปรตีนไหลผ่าน by-pass protein (Faldet et al., 1991) ส่วนค่าการย่อยสลายได้ของโปรตีนในลำไส้เล็กนั้น กากปาล์มที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 100°C มีค่าการย่อยสลายในลำไส้เล็กสูงที่สุด เนื่องจากในกระเพาะหมักย่อยได้น้อยเป็นโปรตีนไหลผ่าน เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์ได้ของกากปาล์มโดยใช้ความร้อน ซึ่งการเพิ่มระดับโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก จะทำให้เกิดการเกิดการย่อยและดูดซึมกรดอะมิโนที่ลำไส้เล็กมากยิ่งขึ้น (Izumi et al., 2000) นอกจากนั้นโปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก และลำไส้เล็กมีค่าระหว่าง 84.0-81.8% ซึ่งมีค่าไม่ต่างกัน

การทดลองที่ 3 ผลของระดับโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยในกระเพาะหมักต่อความสามารถการย่อยได้ในกระเพาะหมัก, ปริมาณการกินได้ และการเจริญเติบโตของแพะเนื้อโดยใช้ฟางหมักยูเรียเป็นแหล่งอาหารหยาบ

องค์ประกอบทางสูตรเคมีของอาหาร

จากการวิเคราะห์ พบว่าส่วนประกอบทางโภชนะของ ฟางหมักยูเรีย (5%) มีค่าวัตถุแห้ง, โปรตีน , NDF, ADF มีค่าเท่ากับ 66.4, 8.0, 7.1, 75.4 และ 52.8% กลุ่มอาหารข้น 4 สูตร มีโปรตีนอยู่ระหว่าง 14.1-14.5% วัตถุแห้งอาหารข้นสูตรที่ 20 และ 30 %RUP มีค่าใกล้เคียงกัน (90.3 และ 90.2%) มากกว่าอาหารข้นสูตรควบคุม และ 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 3.16 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

ปริมาณการกินได้ของแพะ

ผลการทดลอง พบว่าแพะที่ได้รับอาหารสูตรทดลอง 0, 10, 20 และ 30%RUP มีปริมารการกินได้วัตถุแห้งของอาหารหยาบ 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 ($p>0.05$) การตอบสนองในด้านปริมาณการกินได้รวมอาหารหยาบ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว และกิโลกรัมเมแทบอลิกต่อการเพิ่มระดับโปรตีนไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะหมัก ลดลงแบบเส้นโค้งกำลังสองอย่างมีนัยสำคัญ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวของแพะมีค่าเท่ากับ 100, 92, 117 และ 133 กรัม/วัน ตามลำดับพบว่า มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 3.17 แสดงปริมารการกินได้น้ำหนักแห้งของแพะที่ได้รับอาหารสูตรทดลองที่มี ruminally undegradable protein (RUP) แตกต่างกัน

	สูตรอาหารทดลอง				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 = เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว, [2/]g/kg BW = กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว$^{0.75}$

ปริมาณการย่อยได้ของโภชนะ

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 ที่เพิ่มขึ้นแบบเป็นเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 3.18 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, c] ค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยในบรรทัดเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรแตกต่างกัน ($p<0.05$)

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

NDF = neutral detergent fiber, ADF = acid detergent fiber

ค่าความเป้นกรด-ด่างในของเหลวจากกระเพาะหมัก

ผลการทดลองพบว่าก่อนให้อาหารแพะกลุ่มควบคุมมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่าทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญสถิติ ($p<0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับแพะกลุ่ม 10% RUP ที่เวลา 3 และ 6 ชั่วโมง หลังให้อาหารแพะค่าความเป็นกรด-ด่างไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่าทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N) ในของเหลวจากกระเพาะหมัก

ผลการทดลองพบว่าก่อนให้อาหารแพะกลุ่ม 10 และ 20% RUP ค่าความเข้มข้น (NH_3-N) ของของเหลวจากกระเพาะหมักที่สูงกว่า ($p<0.05$) แพะกลุ่มควบคุม และ 30% RUP ส่วนที่เวลา 3 และ 6 ชั่วโมง หลังให้อาหารพบว่า 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 3.19 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	6.6a	6.3ab	6.2b	6.2b	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	6.4a	6.2b	6.3b	6.1b	0.06	0.05	0.06	1.00

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

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

ตารางที่ 3.20 ค่าความเข้มข้นแอมโมเนีย-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	2.9b	5.8a	4.8a	3.2b	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

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

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

[1/] NH_3-N = แอมโมเนีย-ไนโตรเจน

ค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด (blood urea nitrogen, BUN)

ผลการทดลอง พบว่าก่อนให้อาหารหลังให้อาหาร 3 และ 6 ชั่วโมง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดมีค่าเท่ากับ 9.8, 9.3, 9.1 และ 10.4 mg% ของแพะที่ได้รับอาหาร 0, 10, 20 และ 30% RUP ตามลำดับ ความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจน ในกระแสเลือดที่เวลา 3 ชั่วโมงมีค่าลดลงตามลำดับ RUP ที่เพิ่มขึ้นแบบเป็นเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 3.21 ค่าความเข้มข้นแอมโมเนีย-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

ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ ของของเหลวจากกระเพาะหมัก

ผลการทดลองกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด ก่อนการให้อาหารพบว่า แพะกลุ่ม 10% RUP มีค่าสูงกว่า ($p<0.05$) แพะกลุ่ม 20 และ 30% RUP อย่างแต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับกลุ่มควบคุมที่เวลา 3 และ 6 ชั่วโมง หลังให้อาหารพบว่ามีค่าความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ง่ายไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ของแพะทั้ง 4 กลุ่ม

ปริมาณของกรดอะซิติก (acetic acid,C_2) ก่อนให้อาหาร แพะกลุ่มควบคุม, 10 และ 30% RUP มีค่ามากกว่า ($p<0.05$) แพะกลุ่ม 20% RUP ที่เวลา 3 ชั่วโมง หลังให้อาหารพบว่า แพะกลุ่ม 30% RUP มีค่าความเข้มข้นของกรดอะซิติคสูงกว่าแพะกลุ่มควบคุม และ20% RUP แต่ไม่แตกกต่างกับกลุ่มแพะกลุ่ม 20%RUP ค่าความเข้มข้นของกรดอะซิตคที่เวลา 3 ชั่วโมงหลังให้อาหารเพิ่มขึ้นตามระดับของ RUP ที่เพิ่มขึ้นแบบเป็นเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญที่เวลา 6 ชั่วโมงหลังให้อาหารของแพะกลุ่มควบคุมมีค่าความเข้มข้นของกรดอะซิติคสูงกว่า 10 และ 20% RUP แต่ไม่แตกต่างกับแพะกลุ่ม 30%RUP การเพิ่มระดับ

ของ RUP ส่งผลต่อค่าความเข้มข้นของกรดอะซิติคที่เวลา 6 ชั่วโมงหลังให้อาหาร ลดลงแบบเส้นโค้งกำลังสอง อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของกรดอะซิติคพบว่าไม่มีความแตกต่างกับทางสถิติ (57.1, 59.5, 47.2 และ 56.8 mmol/100ml)

ตารางที่ 3.22 ปริมาณของกรดไขมันระเหยได้รวม ของของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับอาหารสูตรทดลองที่มี ruminally undegradable protein (RUP)

TVFA[1/]	อาหารทดลอง (%RUP)				SEM	P-value	Contrast*	
(mmol/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] ค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยในบรรทัดเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรแตกต่างกัน ($p<0.05$)

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

[1/] TVFA = total volatile fatty acid

ปริมาณกรดโพรพิโอนิก (propionic acid, C_3) ก่อนให้อาหาร พบว่าแพะกลุ่ม 20%RUP มีปริมาณกรดโพรพิโอนิกสูงที่สุดเมื่อเทียบกับทุกกลุ่ม หลังให้อาหาร 3 และ 6 ชั่วโมง พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) การเพิ่มระดับของ RUP มีผลต่อค่าความเข้มข้นของโพรพิโอนิกที่เวลา 6 ชั่วโมง หลังให้อาหารเพิ่มขึ้นแบบเส้นโค้งกำลังสอง อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นกรดโพรพิโอนิคมีค่าเท่ากับ 21.1, 22.7, 24.2 และ 21.3 mol/100ml ของแพะกลุ่มควบคุม 10, 20 และ 30% RUP ตามลำดับ

ปริมาณกรดบิวทีริค (butyric acid, C_4) ก่อนให้อาหาร พบว่า กลุ่มทดลองได้รับ 20% RUP มีค่าสูงที่สุด ($p<0.05$) ค่าความเข้มข้นของกรดบิวทีริคก่อนให้อาหารเพิ่มขึ้นแบบเส้นโค้งกำลังสอง ($p<0.05$) ที่เวลา 3 ชั่วโมง หลังการให้อาหาร แพะกลุ่มควบคุม, 10 และ 20% RUP มีค่ามากกว่า ($p<0.05$) แพะกลุ่ม 30% RUP การเพิ่มระดับของ RUP มีผลต่อค่าความเข้มข้นของกรดบิวทีริคที่เวลา 3 และ 6 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร ลดลงแบบเส้นตรงและเส้นโค้งกำลังสองอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ การเพิ่มระดับของ RUP มีผลต่อค่าความเข้มข้นของกรดบิวทีริคที่เวลา 3 และ 6 ชั่วโมง หลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยพบว่ามีค่าความเข้มข้นกรดบิวทีริคพบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 20.4, 21.3, 23.7 และ 19.3 mol/100 ml

ตารางที่ 3.23 ปริมาณของกรดไขมันระเหยได้รวม ของของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับอาหารสูตรทดลองที่มี ruminally undegradable protein (RUP)

VFA[1/]	อาหารทดลอง (%RUP)				SEM	P-value	Contrast*	
(mol/100ml)	0	10	20	30			L	Q
Acetic acid, C_2								
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, C_3								
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, C_4								
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]	1.36	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
C_2:C_3								
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] ค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยในบรรทัดเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรแตกต่างกัน ($p<0.05$)

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

[1/] VFA = volatile fatty acid

สัดส่วนของ กรดอะซิติคต่อกรดโพรพิโอนิค (propionic acid : acetic acid, C_2:C_3) ก่อนให้อาหาร และที่เวลา 3 ชั่วโมง หลักการให้อาหาร พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ที่เวลา 6 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร พบว่าแพะกลุ่มควบคุม มีค่าสัดส่วนของ กรดอะซิติคต่อกรดโพรพิโอนิค สูงกว่า ($p<0.05$) แพะกลุ่ม 10 และ20% RUP แต่ไม่แตกต่างกับ แพะกลุ่ม 30 %RUP การเพิ่มระดับของ RUP มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของกรดบิวทีริค ที่เวลา 6 ชั่วโมง หลังอาหารลดแบบเส้นโค้งกำลังสอง ($p<0.05$) อย่างไรก็ตาม พบว่าค่าเฉลี่ยสัดส่วนของกรดอะซิติคและกรดโพรพิโอนิค ค่าเท่ากับ 2.9, 2.6, 2.2 และ 2.9 mol/100 ml ตามลำดับ

ลักษณะคุณภาพซาก

จากการศึกษาผลของ ruminally ต่อลักษณะคุณภาพซากของแพะเนื้อเพศผู้ พบว่าแพะเนื้อเพศผู้ในแต่ละกลุ่มเมื่อสิ้นสุดการทดลอง น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยของแพะแต่ละกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันซึ่งมีค่าเท่ากับ 18.54, 17.21, 19.08, 18.75 กิโลกรัม ตามลำดับ โดยพบว่าแพะเนื้อทุกกลุ่ม มีน้ำหนักมีชีวิตไม่แตกต่างกันทางสถิติเช่นกัน ($p>0.05$) ซึ่งทีค่าเท่ากับ 18.63, 16.63, 18.44 และ 18.13 กิโลกรัม ตามลำดับ เมื่อพิจารณาถึงลักษณะซากของแพะแต่ละกลุ่มพบว่า มีน้ำหนักซากเท่ากับ 6.80, 7.08, 7.60 และ 7.15 กิโลกรัม ตามลำดับเปอร์เซ็นต์ซากอุ่น 36.83, 42.39, 41.36 และ39.45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์ซากเย็น 35.65, 39.01, 38.82 และ 34.52 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ความหนาไขมันสันหลัง 1.40, 1.86 และ 0.78 มิลลิเมตร ตามลำดับ และพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน 2.77, 2.34, 2.94 และ 1.77 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 3.24

ตารางที่ 3.24 ลักษณะคุณภาพซากของแพะที่ได้รับสูตรอาหารทดลองที่มี ruminally undegradable protein (RUP)

Item	Treatment*				
	0RUP	10RUP	20RUP	30RUP	SEM
Initial weight, kg	17.04	16.50	17.88	17.21	0.46
Final weight, kg	18.54	17.21	19.08	18.75	0.43
Live weight, kg	18.63	16.63	18.44	18.13	0.54
Carcass length, cm	55.25	55.75	57.25	57.25	0.44
Carcass weight, kg	6.80	7.08	7.60	7.15	0.24
Hot dressing percentage, %	36.83	42.39	41.36	39.45	0.92
Cold dressing percentage, %	35.65	39.01	38.82	34.52	0.98
Fat thickness, mm	2.77	2.34	2.94	1.77	0.27
Loin eye area, cm^2	8.48	8.01	9.16	8.49	0.38

คุณภาพเนื้อแพะ

จากการศึกษาผลของ ruminally undegradable protein (RUP) ต่อลักษณะและคุณภาพซากของแพะเนื้อเพศผู้ พบว่าระดับการเป็นกรด-ด่าง ของเนื้อแพะในแพะแต่ละกลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกัน โดยพบว่าความเป็นกรด-ด่าง (pH_1) มีค่าเท่ากับ 6.83, 6.88, 6.83 และ 6.87 ตามลำดับ และความเป็นกรด-ด่าง (pH_{24}) ของแพะที่ได้รับการเสริม ruminally undegradable protein (RUP) ในแต่ละกลุ่มพบความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) มีค่าเท่ากับ 5.72, 5.83, 5.87 และ 5.85 ตามลำดับ ส่วนในด้านของการสูญเสียน้ำออกจากเนื้อของแพะแต่ละกลุ่มพบว่า อัตราการสูญเสียน้ำในส่วนของขาหลังและขาหน้าของแพะแต่ละกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่พบว่าการสูญเสียน้ำในส่วนของเนื้อสันหลังของแพะมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยค่าการสูญเสียน้ำในแพะกลุ่มต่างๆ ในส่วนเนื้อสันเท่ากับ 2.45, 2.12, 1.86 และ 1.74 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในส่วนของเนื้อขาหน้ามีการสูญเสียน้ำ เท่ากับ 1.91, 1.77, 1.66 และ 2.24 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในส่วนเนื้อขาหลังมีอัตราการสูญเสียน้ำเท่ากับ 2.58, 2.06, 2.43 และ 2.37 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3.25

ตารางที่ 3.25 คุณภาพเนื้อของแพะที่ได้รับอาหารสูตรทดลองที่มี ruminally undegradable protein (RUP)

Item	Treatment*				
	0RUP	10RUP	20RUP	30RUP	SEM
pH_1	6.83	6.88	6.83	6.87	0.02
pH_{24}	5.72	5.83	5.87	5.85	0.02
Drip loss, %					
Longisimus dosi	2.45	2.12	1.86	1.74	0.10
Fore leg	1.91	1.77	1.66	2.24	0.10
Hind leg	2.58	2.06	2.43	2.37	0.16
Color of Longissimus dosi					
L^*	53.56	54.52	50.23	53.00	0.85
a^*	13.26	12.73	13.44	13.22	0.32
b*	4.86	4.94	4.78	5.06	0.27
Color of Fore leg					
L^*	53.40	52.56	51.59	50.62	0.73
a^*	10.52	10.80	10.86	10.59	0.27
b*	3.21	2.57	2.39	2.03	0.24
Color of Hind leg					
L^*	48.85	51.02	47.75	49.91	0.72
a^*	12.17	11.30	11.91	10.85	0.32
b*	4.72	3.27	4.08	4.05	0.29

$^{a, b}$ means within the row with different superscripts are significantly different ($p<0.05$)

บทที่ 4

บทสรุป

4.1 สรุปผลการวิจัย

ในการผลิตสัตว์ อัตราการเจริญเติบโต และการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวสัตว์ จะใช้เป็นหลักในการพิจารณาสิ่งที่จะนำมาใช้ศึกษาเกี่ยวกับการผลิตสัตว์ ซึ่งในการทดลองในครั้งนี้ พบว่าระดับโปรตีนและพลังงาน ที่ระดับต่างๆ ไม่ทำให้การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวของแพะแตกต่างกันทางสถิติ แต่ในการผลิตสัตว์นั้นต้นทุนส่วนใหญ่มาจากค่าอาหารซึ่งอาหารที่มีโปรตีนสูงพลังงานสูง ย่อมมีราคาสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งในการประกอบสูตรอาหารแพะเนื้อ เพศเมีย พันธุ์พื้นเมืองแองโกล-นูเบียน ควรใช้อาหารที่มีระดับโปรตีน 13%CP และพลังงาน 70 %TDN ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตที่ดี

วัตถุดิบอาหารโปรตีนที่นำมาใช้ประกอบสูตรอาหารของการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องนั้นมีราคาแพง แต่เมื่อสัตว์กินเข้าไปก็จะถูกย่อยสลายได้อย่างรวดเร็ว โดยจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก ทำให้สัตว์ได้รับประโยชน์จากอาหารโปรตีนโดยตรงลดลง เพื่อเป็นการป้องกันอาหารโปรตีนคุณภาพดีถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายมากเกินไปโดยพยายามให้อาหารโปรตีนเหล่านี้ถูกดูดซึมในลำไส้เล็ก จึงได้มีการศึกษาวิธีป้องกันการย่อยได้ของโปรตีน โดยการอบด้วยความร้อน ของวัตถุดิบอาหารโปรตีนโดยกากปาล์มที่อบที่ 100^{0}C นาน 1 ชั่วโมง ที่มีการย่อยได้ของโปรตีนในกระเพาะหมักต่ำ แต่ย่อยได้สูงในลำไส้เล็ก ทำให้สัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์จากอาหารโปรตีนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การเสริมระดับ RUP ในสูตรอาหารแพะ โดยใช้กากปาล์มอบที่ 100^{0}C นาน 1 ชั่วโมง เป็นแหล่งอาหารโปรตีนหลัก ที่ระดับ 0, 10, 20 และ 30%RUP ซึ่งการเสริมโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายของแพะและดีที่สุดเมื่อเสริมในระดับ 10%RUP ทั้งนี้สามารถที่จะใช้ By-pass protein เป็นแหล่งโปรตีนสำหรับสัตว์โดยตรงร่วมกับแหล่งไนโตรเจนราคาถูกเช่น ยูเรีย ในระดับที่เหมาะสมสำหรับการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ เพื่อเป็นการลดต้นทุนด้านอาหารโปรตีนได้อีกทางหนึ่ง การที่จะใช้ยูเรียให้มีประสิทธิภาพ คือ การใช้ร่วมกับอาหารฟางหมักยูเรีย เพราะยูเรียจะเป็นตัวทำให้ ความเป็นกรด-ด่างของอาหารมากขึ้น ซึ่งเป็นปฏิกิริยาตรงข้ามกับการหมัก ผลประโยชน์ที่ได้เพราะฟางหมักจะมีโปรตีนสูง และกากปาล์มเป็นแหล่งของคาโบไฮเดรตอยู่มาก ทำให้อัตราการหมักและการใช้ยูเรียเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

ระดับที่แตกต่างกันของ RUP ไม่มีผลต่อคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อแพะพันธุ์ลูกผสมพื้นเมืองแองโกล-นูเบียน

4.2 ข้อเสนอแนะ

1.ควรทำการศึกษาระดับโปรตีนและพลังงานที่สูงขึ้นอาจส่งผลดีต่อแพะที่ให้ผลผลิตสูง เช่น พันธุ์บอร์ ซึ่งอาจให้ผลตอบแทนที่ดีขึ้นได้

2.การนำวัตถุดิบมาใช้เป็นแหล่งอาหารโปรตีนนั้น ควรทราบถึงการได้มาของวัตถุดิบว่าผ่านกระบวนการซึ่งได้รับระดับความร้อนที่ระดับใดบ้าง เพราะถ้าวัตถุดิบที่อบผ่านความร้อนสูงมาก่อนแล้ว การนำมาอบอีกครั้งก็จะเป็นการสิ้นเปลืองเวลา, แรงงาน, และ ต้นทุนเพิ่มขึ้น

3.อาจทำการเพิ่มปริมาณวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเป็น by-pass protein เช่น กากถั่วเหลือง ซึ่งโปรตีนในกากถั่วเหลือง มีคุณสมบัติในการย่อยสลายในกระเพาะหมักสูง นอกจากนี้การแก้ไขความต้องการ RUP ให้เพียงพอต่อความต้องการโดยการใช้วัตถุดิบประเภทโปรตีน ที่มีค่าการย่อยสลายต่ำ อาทิ กากเมล็ดฝ้าย กากถั่วเขียว หรือเมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านความร้อน ทั้งนี้ควรคำนึงถึงต้นทุนค่าอาหารด้วย

บรรณานุกรม

เมธา วรรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ฟันนี่พับบลิชชิ่ง. กรุงเทพฯ. 473 น.

AOAC. 1985. Officials Methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C.

Bauman, D.E., L.H. Baumgard, B.A. Corl and J.M. Griinari. 2000. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. Prod. Of the American Soc. of Anim. Sci. 1-15. Available at:http://www.asas.org/jas/symposia/proceedings/0937.pdf.

Belury, M.A. 1995. Conjugated dienoic linoleate: a polyunsaturated fatty acids with unique chemical properties. Nutr. Rev. 53: 83-89.

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.

Calsamiglia, S. and M.D.Stern. 1995. A three-step in vitro procedure for estimating intestinal digestion of protein in ruminants. J. Anim. Sci. 73: 1459-1465.

Chen, X.B. 1996. An Application Programe for Processing Feed Degradability Data. User Manual. Rowett Research Institute, Bucksburn, Aberdeen, UK.

Czerkawski, J. W., and K.-J. Cheng. 1988. Compartmentation in the rumen. Pages 361-385 in The Rumen Microbial Ecosystem. P. N. Hobson ed. Elsevier Science Publishing, New York.

Devendra, C. 1992. Non-conventional feed resources in Asia and the Pacific: strategies for expanding utilization at the small farm level. FAO/APHCA, Bangkok. FAO Publication. No. 14.

Devendra, C. 2001. Smallholder dairy production systems in developing Countries characteristics, potential and opportunities for improvement-review. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 14:104-113.

Erdman, R.A., G. H. Proctor and J. H. Vandersall. 1986. Effect of rumen ammonia concentration on in situ rate and extent of digestion of feedstuffs. J. Dairy Sci. 69: 2312-2320.

Faldet, M.A., L.D. Satter and G.A. Broderick. 1992. Determining optimal heat treatment of soybeans by measuring available lysine chemically and biologically with rats to maximize protein utilization by ruminants. J. Nutr. 122: 151-160.

Goering, H.K. and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis(apparatus, Reagent, Procedures and some Application). Agric. Handbook. N. 397. ARS, USDA, Washington, D.C.

Griinari, J.M., D.A. Dwyer, M.A. McGuire and D.E. Bauman. 1996. Partially hydrogenated fatty acids and milk fat depression. J. Dairy Sci. 79 (Suppl.1) 177 (abs.).

Ha, Y.L., N.K. Grimm and M.W. Pariza. 1987. Anticarcinogens from fried ground beef: heat-altered derivatives of linoleic acid. Carcinogenesis. 8: 1881-1887.

Hart, F.J. and M. Wanapat. 1992. Physiology of digestion of urea-treated rice straw in swamp buffalo. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 5:617-622.

Henderson, C. 1973. The effect of fatty acids on pure cultures of rumen bacteria. J. Agric. Sci. 81: 107-112.

Kelly, M.L., J.R. Berry, D.A. Dwyer, J.M. Griinari, P.Y. Chouinard, M.E. Van Amburgh and D.E. Beaman. 1998. Dietary fatty acid sources affect conjugated linoleic acid concentrations in milk from lactating dairy cows. The J. of Nutr. 128 (5): 881-885.

Kepler, C.R., K.P. Harons, J.J. McNeill and S.B. Tove. 1966. Intermediates and products of the biohydrogenation of linoleic acid by Butyrivibrio fibrisovens. J. Biol. Chem. 241: 1350-1354.

Kim, Y.J., and R.H. Liu. 1999. Selective increase in conjugated linoleic acid in milk fat by crystallization. J. Food Sci. 64: 792-795.

Lana, P., J.B. Russell and M. E. V. Amburgh. 1998. The role of pH in regulation ruminal methane and ammonia production. J. Anim. Sci. 76:2190-2196.

Leng, R.A. 1990. Factors affecting the utilization of poor-quality forages by ruminants particularly under tropical conditions. Nutri. Res. Rev. pp. 3-5.

Leng, R.A. 1993. Quantitative ruminant nutrition – a green science. Aust. J. Agic. Res. 44: 363-380.

Li, Y., M.F. Seifert, D.M. Ney, M. Grahn, A.L. Grant, K.G.D. Allen and B.A. Watkins. 1999. Dietary conjugated linoleic acid alters serum IGF-1 and IGF-1 binding protein concentrations and reduces bone formation in rats fed (n-6) or (n-3) fatty acids. J. Bone Miner. Res. 14: 1153-1162.

Nguyen Van Thu and T.R. Preston. 1999. Rumen environment and feed degradability in swamp buffaloes fed different supplements. Livestock Res. for Rural Dev. 11(3): http: // www. Cipav. Org. co/lrrd/ lrrd 11/3/ thu 113. htm.

National Research Council. 1985. Nutrient Requirements of Sheep. 6th ed. Washington, DC. National Academic Press.

Odle, J. and D. M. Schaefer. 1987. Influence of rumen ammonia concentration on the rumen degradation rates of barley and maize. Br. J. Nutr. 57:127-138.

∅rskov, E.R. and I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed to rate of passage. J. Agri. Sci., Camb. 92:499.

Pariza, M.W. and W.A. Hargraves. 1985. A beef-derived mutagenesis modulator inhibits initiation of mouse epidermal tumors by 7,12-dimethylbenz[a]anthracene. Carcinogenesis. 6: 591-593.

Parsons, C.M., K. Hashimoto, K.J. Wedekind, Y. Han and D.H. Baker. 1992. Effect of ovenprocessing on availability of amino acids and energy in soybean meal. Poultry Sci. 71: 133-140.

Perdok, H.B. and L.A. Leng. 1989. Effect of supplementation with protein meal on the growth of cattle given a basal diet of untreated ammoniated rice straw. Asian-Aus. J. Anim. Sci. 3:269-279.

Preston, T.R. and R.A. Leng. 1987. Matching Ruminant Production Systems with Available Resoures in the Tropics and Subtropics. Armidale, Auastralia, Penambul Books.

Rihani, N., W.N. Garrett and R.A. Zinn. 1993. Influence of level of urea and method of supplementation on characteristics of digestion of high-fiber diets by sheep. J. Anim. Sci. 71:1657-1665.

Robinson, P.H., R.E. McQueen and P.L. Buress. 1991. Influence of rumen on increasing animal undegradable protein levels on feed intake and milk production of dairy cows J. Dairy Sci. 74:1623-1631.

Russell, J.B. and H. J. Strobe. 1987. Concentration of ammonia across cell membrane of mixed rumen bacteria. J. Dairy Sci. 70: 970-976.

Russell, J. B., J. D. O'Connor, D. G. Fox, P. J. Van Soest, and C. J. Sniffen. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. J. Anim. Sci. 70:3551-3561.

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.

Sehat, N., M.P. Yurawecz, J.A.G. Roach, M.M. Mossoba, J.K.G. Kramer and Y. Ku. 1998. Silverion high-performance liquid chromatographic separation and identification of conjugated linoleic acid isomers. Lipids. 33 : 217-222.

Schwab, C.G. 1995. Protected proteins and amino acids for ruminants. In: Biotechnology in Animal Feeds and Animal Feeding, R.J. Wallace and A. Chesson, Eds. VCH Verlagsgesellschaft MBH, D-Weinheim. pp. 116-141.

Slyter, L.L. 1976. Influence of acidosis on rumen function. J. Anim. Sci. 43:910-929.

Slyter, L.L, L.D. Satter and D.A. Dinius. 1979. Effect of ruminal ammonia concentration on nitrogen utilization by steers. J. of Anim. Sci. 48:906-912.

Song, M. K. and J. J. Kennelly. 1990. Ruminal fermentation pattern, bacterial population and rumen degradation of feed ingredients as influenced by ruminal ammonia concentration. J. Anim. Sci. 68:1110-1120.

Sugano, M., A. Tsujita, M. Yamashi, M. Noguchi and K. Yamada. 1998. Conjugated linoleic acid modulates tissue levels of chemical mediators and immunologlobulins in rats. Lipids. 33: 521-527.

Wallace, R.J. 1979. Effect of ammonia concentration on the composition, hydrolytic activity and nitrogen metabolism of the microbial flora of the rumen. J. Appl. Bacteriol. 47:433-455.

Wallace, R. J. 1996. Ruminal microbial metabolism of peptides and amino acids. J. Nutr. 126:1326S-1334S.

Wanapat, M. 1985. Improving rice straw quality as ruminant feed by urea-treated in Thailand. In. :Proc. of Relevance of crop residues as animal feeds in developing countries. (M. Wanapat and C.Devendra, eds) Funny Press, Bangkok, Thailand.

Wanapat, M. 1999. Feeding of ruminants in the tropics based on local feed resources. Khon Kaen Publishing Company Ltd., Khon Kaen, Thailand. 236 p.

Wanapat, M., and O. Pimpa. 1999. Effect of ruminal NH_3-N levels on ruminal fermentation, purine derivatives, digestibility and rice straw intake in swamp buffaloes. Asian-Aus. J. Anim. Sci. 12:904-907.

Williams, A.G. and G.S. Coleman. 1992. The rumen protozoa. A.G. Williams and G.S. Coleman Eds, Springer-Verlag, London, 441 page.

ประวัติผู้วิจัย

1. ข้อมูลส่วนตัว

ชื่อ - นามสกุล ดร. ปราโมทย์ แพงคำ (Dr. Pramote Paengkoum)

วันเกิด 29 กุมภาพันธ์ 2515 **ตำแหน่งปัจจุบัน** : ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ที่อยู่ : สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000 โทรศัพท์/โทรสาร (044) 224575/ 224151, E-mail: pramote@sut.ac.th

2. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบ	ปริญญา	อักษรย่อปริญญา	สาขาวิชา	วิชาเอก	สถาบันการศึกษา	ประเทศ
2536	ปริญญาตรี	วท.บ. วิทยาศาสตรบัณฑิต	*เกษตรศาสตร์*	สัตวศาสตร์	ม.ขอนแก่น	ไทย
2541	ปริญญาโท	วท.ม. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต	Ruminant Nutrition	สัตวศาสตร์	ม.ขอนแก่น	ไทย
2546	ปริญญาเอก	Ph.D. Doctor of Philosophy	Animal Nutrition	สัตวศาสตร์	Universiti Putra Malaysia	Malaysia

3. สิ่งตีพิมพ์ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

Han Yong, **Pramote Paengkoum**, Xia Xian-ling and Wang De-feng. 2008. Effect of probiotics and by-pass fat on rumen metabolism and average daily gain of growing goats fed whole plant corn silage during dry season. Chinese Journal of Animal Nutrition. 20 (3): 330-337. (**IF= 0.717**)

Kanin Bunnakit, **Pramote Paengkoum**, Wisitiporn Suksombat and Opart Pimpa. 2008. Effect of Caspurea as a protein source replacement for sotbean meal in diets on performance of Thai native x Brahman beef cattle. Suranaree Journal of Science and Technology, 15 (1): 57-68. (**IF= 0.028**)

Pramote Paengkoum and S. Paengkoum. 2007. Effects of cassava chips used as non-structural carbohydrate source for lactation dairy cows fed urea-treated rice straw. KMUTT Research and Development J. 30(3):435-448. (**IF= 0.031**)

Pramote Paengkoum. 2007. Sunflower seed meal as rumen-undegradable protein sources for lactating dairy cows fed urea-treated rice straw. Chiang Mai J. Sci. 34(1): 119-125. (**IF= 0.113**)

Pramote Paengkoum. 2006. Using rumen degradation model to evaluate microbial protein yield

and intestinal digestion of grains in cattle. In: Nutrient Digestion and Utilization in Farm Animals. E. Kebread, J. Dijkstra, A. Bannink, W.J.J. Gerrits and J. France, eds. **CABI Publishing, CAB International**, Wallingford, UK. p 28-32.