รหัสโครงการ SUT3-305-50-12-08

รายงานการวิจัย

การศึกษาผลของโปรตีน และโปรตีนไหลผ่าน ในอาหารแพะนม ต่อผลผลิตและองค์ประกอบของน้ำนม

(A Study Effects of Protein and By-pass Protein in Dairy Goat Diets on Milk Yield and Milk Compositions)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

รหัสโครงการ SUT3-305-50-12-08

รายงานการวิจัย

การศึกษาผลของโปรตีน และโปรตีนไหลผ่าน ในอาหารแพะนม ต่อผลผลิตและองค์ประกอบของน้ำนม

(A Study Effects of Protein and By-pass Protein in Dairy Goat Diets on Milk Yield and Milk Compositions)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปราโมทย์ แพงคำ

สาขาวิชา เทคโนโลยีการผลิตสัตว์

สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมวิจัย

ดร. ศิวพร แพงคำ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณประจำปี 2550

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

กุมภาพันธ์ 2553

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยในครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ 2550 คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูงยิ่งต่อ รองศาสตราจารย์ ดร. พงษ์ชาญ ณ ลำปางและ รองศาสตราจารย์ ดร. วิศิษฐิพร สุขสมบัติ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ ตลอดการทำวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (F3) และฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้การสนับสนุนในด้านวัสดุ อุปกรณ์ ตลอดจนอำนวยความสะดวกด้านสถานที่ที่ใช้ในการทดลอง

งานวิจัยในครั้งนี้ได้รับความช่วยเหลือและความร่วมมือจากหลายฝ่าย ทั้งคณาจารย์สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร นักศึกษาผู้ช่วยวิจัย นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ตลอดจนเจ้าหน้าที่ มทส. ทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการวิจัย คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูง ณ โอกาสนี้ ที่ทำให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยดี

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปราโมทย์ แพงคำ)

หัวหน้าโครงการ

กุมภาพันธ์ 2553

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการการใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งอาหารหยาบ และแหล่งโปรตีนไหลผ่านในรูเมนโดยใช้ nylon bag technique และการย่อยได้ในลำไส้เล็กโดยใช้ three step technique ในแพะเจาะกระเพาะแบบถาวร (permanent rumen fistulae) จำนวน 3 ตัว เลี้ยงในคอกขังเดี่ยว ปรับอาหารด้วยพื้นฐานอาหารหยาบด้วยฟางข้าว

ผลการศึกษาความสามารถในการย่อยได้ของแหล่งอาหารหยาบ พบว่าค่าศักยภาพในการย่อยได้ (A+B) วัตถุแห้งของหญ้ากินนีสดและหญ้ากินนีหมัก มีค่าสูงกว่าหญ้ากินนีแห้งและฟางหมักยูเรียอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ค่า Effective degradability ของวัตถุแห้งของหญ้ากินนีสดมีค่าสูงกว่า ($p<0.05$) หญ้ากินนีหมัก, หญ้ากินนีหมักมีค่าสูงกว่า ($p<0.05$) หญ้ากินนีแห้ง, และหญ้ากินนีแห้งมีค่าสูงกว่าฟางหมักยูเรีย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ตามลำดับ ค่าคงที่ B และค่า A+B ของการย่อยได้ neutral detergent fiber ของหญ้ากินนีสดและหญ้ากินนีหมัก มีค่าสูงกว่าหญ้ากินนีแห้งและฟางหมักยูเรีย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนค่าคงที่ c ของแต่ละชนิดพบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ค่า Effective degradability ของ neutral detergent fiber ของหญ้ากินนีสดและหญ้ากินนีหมัก มีค่าสูงกว่าหญ้ากินนีแห้งและฟางหมักยูเรีย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ความสามารถในการย่อยได้วัตถุแห้งของแหล่งโปรตีนไหลผ่าน ได้แก่ กากถั่วเหลือง กากมะพร้าว กากปาล์ม และกากทานตะวัน พบว่าในชั่วโมงที่ 0, 8, 12 และ 72 หลังการบ่มของ กากถั่วเหลือง มีค่าสูงกว่ากากมะพร้าว กากปาล์ม และกากทานตะวัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ค่าคงที่ A, B, A+B และค่าศักยภาพการย่อยได้ของวัตถุแห้งของกากถั่วเหลือง มีค่าสูงกว่า กากมะพร้าว กากปาล์ม และกากทานตะวัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) การย่อยได้ของโปรตีนในรูเมนของแหล่งโปรตีน พบว่ากากถั่วเหลือง มีค่าสูงกว่า กากมะพร้าว กากปาล์ม และกากทานตะวัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) การย่อยได้ของโปรตีนในลำไส้เล็กของแหล่งโปรตีน พบว่ากากถั่วเหลือง และกากปาล์ม มีค่าสูงกว่า กากทานตะวัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และการย่อยได้ของโปรตีนทั้งหมด (รูเมน+ในลำไส้เล็ก) ของแหล่งโปรตีน พบว่ากากถั่วเหลือง กากมะพร้าวและกากทานตะวัน มีค่าสูงกว่า กากปาล์ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

คำสำคัญ: แหล่งอาหารหยาบ แหล่งโปรตีนไหลผ่าน ค่าศักยภาพการย่อยได้ three step technique

ABSTRACT

The aim of this study was to examine the effects of utilization of roughage sources and by-pass protein sources using nylon bag and three step techniques in 3 permanent rumen fistulae goats fed with rice straw as roughage.

Effect of study of ruminal degradability of roughage sources, the results showed that potential dry matter degradability (A+B) of fresh guinea grass and silage guinea grass were significantly higher ($p<0.05$) than those of hay guinea and urea treated rice straw. Dry matter effective degradability of fresh grass was higher ($p<0.05$) than that of silage grass, silage grass was higher ($p<0.05$) than that of hay grass and hay grass was higher ($p<0.05$) than that of urea treated rice straw. Constants neutral detergent fiber (NDF) values of B and A+B of fresh and silage grasses were significantly higher ($p<0.05$) than those of hay grass and urea treated rice straw. However, degradability rates (c) were not different among treatments. NDF effective degradability of fresh and silage grasses were significantly higher ($p<0.05$) than those of hay grass and urea treated rice straw.

Dry matter degradability of by-pass protein sources such as soybean meal, coconut meal, palm meal and sunflower seed meal were used in this study. Dry matter degradability at 0, 8, 12 and 72 hr incubation time of soybean meal was significantly higher ($p<0.05$) than those of coconut meal, palm meal and sunflower seed meal. Constants dry matter values of A, B and A+B of soybean meal was significantly higher ($p<0.05$) than those of coconut meal, palm meal and sunflower seed meal. Moreover, overall protein degradability in rumen of soybean meal was significantly higher ($p<0.05$) than those of coconut meal, palm meal and sunflower seed meal. Intestinal protein digestibility of soybean meal and palm meal were significantly higher ($p<0.05$) than that of sunflower seed meal. Total protein digestibility (rumen + intestinal) of soybean meal, coconut meal and sunflower seed meal.

Keywords: Roughage source, by-pass source, potential degradability, three step technique

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ……..	ก
บทคัดย่อ……..…….…..	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ……..…….….	ค
สารบัญ ……..…….…..….	ง
สารบัญตาราง…….……..……	จ
สารบัญภาพ…….……..…….……	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหาการวิจัย……..……	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย……..……	11
1.3 ขอบเขตการวิจัย……..……..	12
1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น……..……	12
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย ……..……	12
บทที่ 2 วิธีดำเนินการวิจัย	
2.1 แหล่งที่มาของข้อมูล.....	13
2.2 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	13
2.3 วิธีวิเคราะห์ข้อมูล.....	19
บทที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	
ผลการทดลองและอภิปรายผล.....	20
บทที่ 4 บทสรุป	
4.1 สรุปผลการวิจัย.....	29
4.2 ข้อเสนอแนะ.....	30
บรรณานุกรม.....	31
ประวัติผู้วิจัย.....	37

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารหยาบที่ใช้ในการทดลอง …… 20
ตารางที่ 3.2 องค์ประกอบทางเคมีของแหล่งโปรตีนไหลผ่านที่ใช้ในการทดลอง..... 21
ตารางที่ 3.3 ความสามารถในการย่อยได้วัตถุแห้งของแหล่งอาหารหยาบ..... 22
ตารางที่ 3.4 ความสามารถในการย่อยได้ neutral detergent fiber ของแหล่งอาหารหยาบ..... 24
ตารางที่ 3.5 ความสามารถในการย่อยได้วัตถุแห้งของแหล่งโปรตีนไหลผ่าน …… 25
ตารางที่ 3.6 ความสามารถในการย่อยได้โปรตีนของแหล่งโปรตีนไหลผ่าน …… 26
ตารางที่ 3.7 การย่อยได้โปรตีน (%) ของแหล่งโปรตีนไหลผ่านในรูเมนและลำไส้เล็ก..... 27

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 เมแทบอลิซึมของโปรตีนและไนโตรเจนในรูเมน..... 10
ภาพที่ 3.1 ความสามารถในการย่อยได้โปรตีนในรูเมน ลำไส้เล็กและ
ส่วนที่ย่อยไม่ได้ของแหล่งโปรตีนไหลผ่าน..... 27

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหาการวิจัย

1. 1.1 ที่มาของปัญหา

ปัญหาหลักของการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องในเขตร้อนที่สำคัญอีกอย่าง ได้แก่ความสามารถในการย่อยอาหารได้ต่ำ รวมทั้งปริมาณการกินได้ของอาหารต่ำอันเนื่องมาจากคุณภาพของอาหารหยาบต่ำ ทำให้สัตว์ได้รับโปรตีนหรือไนโตรเจนและพลังงานไม่เพียงพอกับความต้องการ ทำให้มีผลกระทบต่อการให้ผลผลิตและคุณภาพของผลผลิต ดังนั้นในการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องในเขตร้อนจึงมีความจำเป็นต้องมีการเสริมแหล่งอาหารโปรตีนและพลังงานเพื่อให้จุลินทรีย์ ในรูเมนได้รับสารอาหารเหล่านี้ เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการเมทธาโบลิซึม และได้ผลผลิตสุดท้าย (end-products) ได้แก่ กรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acids, VFAs) รวมทั้งตัวของจุลินทรีย์เองก็เป็นแหล่งที่ดีของโปรตีน ซึ่งตัวสัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ และสร้างเป็นผลผลิตต่อไป แนวทางการแก้ปัญหาการขาดแคลนอาหารหยาบในฤดูแล้ง ซึ่งไม่สามารถหาหญ้าสดได้ หากเกษตรกรมีพื้นที่ปลูกหญ้าขนาดใหญ่สามารถถนอมอาหาร โดยการทำเป็นหญ้าหมักและเก็บไว้ใช้ในฤดูแล้งได้ นอกจากนี้ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปลูกข้าวเป็นจำนวนมาก จึงสามารถหาฟางข้าวได้ง่าย อย่างไรก็ตามฟางข้าวประกอบด้วยโปรตีนเพียง 1-2 % เท่านั้น และมีความน่ากินต่ำ มีความฟ่ามสูง ดังนั้นในการใช้ฟางข้าวในการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องจึงควรจะเพิ่มคุณค่าโดยการหมักด้วยยูเรียก่อน ซึ่งสามารถเพิ่มการกินได้ การย่อยได้ และการให้ผลผลิต (Wanapat et al., 2000) นอกจากนี้การปรับสมดุลของไนโตรเจนและพลังงานยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการให้ผลผลิต (Tamminga, 1996; Moss and Givens, 2002) และลดปัญหาสิ่งแวดล้อมได้ด้วย (Kebreab et al., 2002)

แหล่งของอาหารที่มีโปรตีนไหลผ่านสูง ส่วนใหญ่ได้มาจากกากเมล็ดธัญพืช หรือเมล็ดพืชน้ำมันที่บีบเอาน้ำมันออก โดยระดับของโปรตีนไหลผ่านจะสูงขึ้นหากผ่านกระบวนการที่ผ่านความร้อน (Schwab, 1995) ส่วน Irshaid et al. (2003) และ Titi (2003) ได้ศึกษาการใช้กากเมล็ดทานตะวันทดแทนแหล่งอาหารคุณภาพดีคือกากถั่วเหลือง ในอาหารแพะเนื้อและแพะนม พบว่าสามารถทดแทนกันได้ทั้งหมด โดยไม่ทำให้ผลผลิตลดลงแต่อย่างใด นอกจากนี้กากเมล็ดทานตะวันยังประกอบด้วยกรดอะมิโนเมทไธโอนีนที่สูงกว่ากากถั่วเหลือง (Villamide and San Juan, 1998) โปรตีนไหลผ่านยังได้จากกากเมล็ดฝ้าย ซึ่งใช้ได้ผลดีในอาหารโคนม (Paengkoum et al., 2002) และในอาหารแพะรุ่น (Soto-Navarro et al., 2003) ส่วนกากเบียร์แห้งก็สามารถใช้เป็นแหล่งของโปรตีนไหลผ่านได้ดีในสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Adeneye and Sunmonu, 1994; Chiou et al., 1995) เป็นต้น

เป้าหมายของการเลี้ยงสัตว์ในปัจจุบันไม่เพียงเฉพาะผลผลิตเท่านั้น แต่ได้ให้ความสำคัญในเรื่องของคุณภาพของผลิตภัณฑ์มากขึ้น เนื่องจากผู้บริโภคให้ความสนใจกับความสัมพันธ์ระหว่างอาหารและสุขภาพมากขึ้น ดังนั้นการเลี้ยงสัตว์ยุคใหม่จึงมีความจำเป็นต้องปรับตัวตามกระแสนิยมหรือความต้องการของตลาดเป็นหลัก เช่น ในอดีตอาจจะมองเพียงว่าเนื้อสัตว์เป็นแหล่งของโปรตีน แต่ปัจจุบันต้องศึกษาลึกลงไปถึง กรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบของโปรตีน โดยเฉพาะอย่ายิ่งผลการค้นพบทางการแพทย์ ยืนยันถึงความสำคัญของการบริโภคสารอาหารจำพวกไขมันชนิดอิ่มตัวพบว่าทำให้เกิดปัญหาสุขภาพมากมาย เช่น เส้นเลือดหรือหลอดเลือดอุดตัน ดังนั้นการบริโภคอาหารที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวแทนกรดไขมันชนิดอิ่มตัง เพื่อลดความเสี่ยงจากโรคดังกล่าว ในการวิจัยทางการผลิตสัตว์พบว่า การเสริมกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวในอาหารสัตว์ทำให้ผลิตภัณฑ์จากสัตว์มีปริมาณของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูงขึ้น เช่น ความเข้มข้นของ conjugated linoleic acid (CLA) ในเนื้อและน้ำนมของสัตว์เคี้ยวเอื้องขึ้นอยู่กับชนิดของกรดไขมัน คือกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) ที่เสริมในอาหาร (Griinari et al., 1996) โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัตถุดิบอาหารที่มีกรดไขมันลิโนเลอิค (linoleic acid) เป็นองค์ประกอบ จุลินทรีย์ในรูเมนจะเปลี่ยนกรดไขมันไม่อิ่มตัวไปเป็นกรดไขมันอิ่มตัวซึ่งเรียก biohydrogenation อย่างไรก็ตาม กรดไขมันบางส่วนเกิดการเปลี่ยนแปลงไม่สมบูรณ์เกิดเป็น conjugated linoleic acid (CLA) ซึ่งสัตว์สามารถนำไปสร้างเป็นองค์ประกอบของน้ำนมและเนื้อเยื่อไขมันอื่นๆ ในร่างกาย และในปัจจุบันพบว่า CLA เป็นประโยชน์ต่อมนุษย์ (Belurg, 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 ซึ่งอาจจะมีผลเช่นเดียวกับในมนุษย์

นักวิทยาศาสตร์ได้พบว่าในเนื้อสัตว์และน้ำนมจากสัตว์เคี้ยวเอื้องประกอบด้วย conjugated linoleic acid (CLA) ในปริมาณที่สูง โดยเฉพาะในเนื้อแพะ-แกะ จะมี CLA ในปริมาณที่สูงกว่าในเนื้อวัว เนื้อสุกร เนื้อไก่ เนื้อปลาเซลมอน และเนื้อไก่งวงอย่างชัดเจน และเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพของมนุษย์และยังช่วยในการป้องกันโรคต่างๆ กรดไขมันไม่อิ่มตัวพบมากในธัญพืชหรือพืชน้ำมัน เช่น ลินซีด (linseed) ซัฟฟลาวเวอร์ (safflower) เมล็ดทานตะวัน เมล็ดถั่วเหลือง เมล็ดข้าวโพด และเมล็ดฝ้าย เป็นต้น ในการศึกษาในครั้งนี้มุ่งเน้นการใช้ประโยชน์จาก วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีอยู่ในท้องถิ่น เพื่อลดปัญหาการขาดแคลนอาหารและต้นทุนการผลิต รวมทั้งการศึกษาวิจัยเพื่อส่งเสริมการเลี้ยงแพะเนื้อ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รวมถึงการจัดโปรแกรมการให้อาหารอย่างเหมาะสม การศึกษาข้อมูลในด้านลึกซึ่งเป็นการสร้างองค์ความรู้จากการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ

ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และพัฒนาผลผลิตและคุณภาพ โดยคำนึงถึงโภชนะที่เป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคเป็นหลัก

เมื่อแพะนมกินอาหารที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว จุลินทรีย์ในรูเมนจะเปลี่ยนกรดไขมันไม่อิ่มตัวไปเป็นกรดไขมันอิ่มตัวเรียกว่า biohydrogenation ซึ่งแพะนมสามารถนำไปสร้างเป็นองค์ประกอบน้ำนมและเนื้อเยื่อไขมันอื่นๆในร่างกาย (Bauman et al., 2000) นอกจากนี้แพะนมต้องการไขมันเพื่อให้ต่อมน้ำนม (mammary gland) สังเคราะห์กรดไขมัน (fatty acid) อย่างไรก็ตามการให้อาหารแพะนมไม่ควรให้อาหารที่มีไขมันอิ่มตัวเกิน 5 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร เพราะจะมีผลต่อการย่อยได้ของเซลลูโลส ดังนั้นถ้าทำการเสริมน้ำมันที่มีกรดไขมันอิ่มตัว (short chain fatty acid) ซึ่งพบมากในน้ำมันมะพร้าวในอาหารของแพะนมสามารถเพิ่มปริมาณของไขมันในน้ำนมแพะโดยเฉพาะช่วยเพิ่มปริมาณกรดไขมันสายสั้นได้ ปริมาณไขมันและกรดไขมันในนมแพะในนมแพะจะมีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว โดยเฉพาะ Monounsaturated Fat เป็นส่วนใหญ่ และกรดไขมันสายสั้น เช่น caproic, carpylic และ capric ซึ่งเชื่อว่าสามารถ ลดการสะสมของคอเลสเตอรอลในเส้นเลือดแดง ไม่ก่อให้เกิดหลอดเลือดแดงหัวใจตีบ หรือเส้นเลือดในสมองตีบด้วย

1.1.2 แหล่งโปรตีนสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง

พืชโปรตีนอาหารสัตว์ (protein foliage) หลายชนิดเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อน และสามารถนำมาใช้ในการเลี้ยงแพะ โดยพืชเหล่านี้อาจจะเป็นพืชเศรษฐกิจหรือพืชที่ขึ้นตามธรรมชาติ ได้แก่พืชยืนต้น ไม้พุ่ม พืชล้มลุก พืชเลื้อย รวมไปถึงถั่วต่างๆ หลายชนิดของพืชเหล่านี้ประกอบด้วยโปรตีนในระดับสูงและสามารถนำมาเสริมในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง และพืชหลายชนิดประกอบด้วยโปรตีนที่มีคุณภาพสูงสามารถไหลผ่านรูเมนได้ (rumen by-pass protein) ทั้งนี้เพราะมีสารประกอบแทนนิน-โปรตีน (tannin-protein complex) ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อสัตว์เคี้ยวเอื้อง นอกจากนั้นยังมีแร่ธาตุที่สำคัญอยู่สูงด้วย เช่น Ca, P, Mg, K และ ไวตามินต่างๆ เป็นต้น Reed (1995) และ Makkar (2000) รายงานว่าถ้ามี tannin ในพืชอาหารสัตว์ต่ำกว่า 2-4% จะเป็นประโยชน์ต่อสัตว์เคี้ยวเอื้อง ซึ่งมีพืชอาหารสัตว์หลายชนิดที่มี tannins อยู่ในระดับดังกล่าวหากมีการจัดการที่ดี เช่น จากมันเฮย์ (Wanapat, 2001, 2002) หรือจากพืชอาหารสัตว์อื่นๆ เช่น กระถิน ปอ (Paengkoum et al., 2003) อย่างไรก็ตามการใช้ประโยชน์ของพืชโปรตีนอาหารสัตว์จะถูกจำกัดโดยการที่มีระดับคอนเดนส์แทนนินส์ (condensed tannins) สูงเกินไป (>6% DM) (Reed et al., 1982; Barry and Manley 1984) นอกจากนี้ Wanapat et al. (2001) และ Makkar et al. (1995) พบว่า condensed tannins สามารถเพิ่มการผลิตจุลินทรีย์โปรตีนได้สูงขึ้น แต่กลไกที่เกิดขึ้นยังไม่ทราบเป็นที่แน่นอน ดังนั้นการนำพืชเหล่านี้มาใช้จึงต้องมีการศึกษาอย่างละเอียด ในพืชแต่ละชนิดไป

ในทางโภชนศาสตร์สัตว์ ก็ได้มีการพัฒนาอาหารสัตว์เพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของผลผลิต ขณะเดียวกันก็ต้องคำนึงถึงต้นทุนการผลิตเช่นเดียวกัน การนำวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีอยู่ใน

ท้องถิ่นมาใช้ในการประกอบอาหารสัตว์จึงเป็นทางออกที่ดีในการลดต้นทุนค่าอาหาร และในวัตถุดิบอาหารสัตว์บางชนิดยังมีคุณลักษณะพิเศษอื่นๆ เช่น สารประกอบปลีกย่อย (secondary compounds) เช่น แทนนิน ซึ่งสารประกอบเหล่านี้ส่วนใหญ่จะมีผลเชิงลบต่อสัตว์กระเพาะเดี่ยว คือต่อต้านการย่อยได้หรือการดูดซึมโภชนะไปใช้ประโยชน์ของสัตว์ แต่ในสัตว์เคี้ยวเอื้องกลับพบว่ามีผลในเชิงบวก คือสามารถป้องกันการย่อยได้ของโปรตีนในรูเมน (rumen by-pass protein) และเมื่อสารประกอบดังกล่าวผ่านไปที่กระเพาะส่วนอะโบมาซัม (abomasums) และลำไส้เล็ก สารประกอบแทนนิน-โปรตีน จะแตกตัวส่วนที่เป็นโปรตีนถูกย่อยและดูดซึมไปใช้ประโยชน์ส่วนแทนนินจะถูกขับถ่ายออกนอกร่างกาย (Jones and Morgan, 1977)

เทคโนโลยีชีวภาพรูเมน หมายถึง การประยุกต์ใช้ประโยชน์ (application) ขององค์ความรู้ของกระบวนการหมักในรูเมน โดยการปรับเปลี่ยนนิเวศวิทยารูเมนให้เหมาะสม สามารถจำแนกชนิดของจุลินทรีย์ (แบคทีเรีย) โดยหลักการจุลินทรีย์วิทยาโมเลกุลรูเมน (rumen microbial molecular) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการหมักของอาหารหยาบใน รูเมนและผลผลิตในสัตว์เคี้ยวเอื้องต่อไป ซึ่งแหล่งอาหารหยาบมีอยู่จำนวนมากในระบบการเกษตรในประเทศที่กำลังพัฒนาหรืออยู่ในเขตร้อน และจากรายงานของ Devendra (2001) ได้เน้นย้ำถึงความจำเป็นและความสำคัญในการใช้ประโยชน์ของเทคโนโลยีชีวภาพในการผลิตสัตว์ เพื่อเพิ่มปริมาณอาหารโดยเฉพาะอาหารโปรตีนเพื่อเลี้ยงประชากรโลกซึ่งอาศัยอยู่ในประเทศที่กำลังพัฒนาไม่ใช่ในประเทศที่พัฒนาแล้ว ดังนั้นมีความจำเป็นและท้าทายในการศึกษาวิจัยถึงแนวทางการใช้เทคโนโลยีชีวภาพในรูเมน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการหมักและความสามารถในการลดสารพิษในพืชอาหารสัตว์ ในการผลิตอาหารโปรตีนจากสัตว์ทั้งในรูปเนื้อและน้ำนมที่มีคุณภาพต่อไป

นิเวศวิทยาจุลินทรีย์รูเมน ประกอบไปด้วยชนิดของแบคทีเรียที่สำคัญหลักอย่างน้อย 30 ชนิด (species) และมีความเข้มข้น 10^{10}-10^{12} เซล/มล ของของเหลวในรูเมน มีโปรโตซัว 40 ชนิด (species) มีความเข้มข้น 10^{5}-10^{7} เซล/มล ของของเหลวรูเมน และมีเชื้อรา 5 ชนิด (sapecies) และมีเชื้อรา 5 ชนิด (species) และมีความเข้มข้นน้อยกว่า 10^{5} เซล/มล ของของเหลวในรูเมน ชื่อแบคทีเรียนับว่ามีบทบาทและความสำคัญมากกว่าโปรโตซัวและเชื้อราต่ออัตราและขอบเขตของการย่อยสลายของอาหาร การผลิตกรด VFAs และจุลินทรีย์โปรตีน กรด VFAs จะถูกดูดซึมผ่านพนังของรูเมนเป็นส่วนใหญ่ (~85%) เพื่อใช้เป็นแหล่งหลักของ พลังงาน ส่วนจุลินทรีย์โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรทของจุลินทรีย์ตลอดจนส่วนของโภชนะของอาหารที่เหลือ จะไหลผ่านออกจากรูเมนเข้าสู่กระเพาะอาหารส่วนล่าง โดยเฉพาะที่ลำไส้เล็กเพื่อการย่อยสลายและการดูดซึมใช้ในตัวสัตว์ต่อไป (Czerkawski and Cheng, 1988)

1.1.3 การทำงานของจุลินทรีย์ในรูเมน

รูเมนมีบทบาทและหน้าที่ที่สำคัญในการเกิดกระบวนการหมักอาหารเพื่อสังเคราะห์ผลผลิตสุดท้ายให้กับสัตว์เคี้ยวเอื้อง เพื่อใช้ประโยชน์ในกระบวนการเมทธาโบลิซึมในร่างกายและการให้ผลผลิตต่างๆ ดังนั้นรูเมนจะต้องมีสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมไม่ว่าจะเป็นค่าความเป็นกรด-ด่างในรูเมน (rumen pH) และความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N) จะส่งผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ต่างๆ เช่น แบคทีเรีย, โปรโตซัว และเชื้อรา โดยผลผลิตสุดท้ายที่สำคัญที่ได้จากกระบวนการหมักโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนได้แก่ กรดไขมันที่ระเหยได้ (VFAs) , แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N), จุลินทรีย์โปรตีน กรดไขมันที่ระเหยได้ที่สำคัญได้แก่ อะซิเตรท (C_2), โพรพิออเนท (C_3), และบิวทีเรท (C_4) เป็นแหล่งของสารตั้งต้นที่สำคัญที่ร่างกายสัตว์จะนำไปใช้ประโยชน์เพื่อสังเคราะห์พลังงานในรูปกลูโคสโดยอาศัยกระบวนการกลูโคนีโอจีนีซีส และกระบวนการสังเคราะห์ไขมันในสัตว์เคี้ยวเอื้องต่อไป ในขณะที่ NH3-N นับได้ว่าเป็นแหล่งของไนโตรเจนที่สำคัญสำหรับจุลินทรีย์ในกระบวนการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนเพื่อเป็นแหล่งของโปรตีนที่สำคัญสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกระบวนการสังเคราะห์และกระบวนการดูดซึมสารประกอบเหล่านี้จากรูเมนเพื่อไปใช้ประโยชน์ ได้แก่ ชนิดของอาหาร ตลอดจนสัดส่วนระหว่างอาหารหยาบต่ออาหารข้นที่สัตว์ได้รับ พบว่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของประชากรจุลินทรีย์และรูปแบบของกระบวนการหมักในรูเมน โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ในเขตร้อนและเขตอบอุ่น จะมีความแตกต่างกันมากในเรื่องของคุณภาพส่งผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน และกระบวนการหมักโภชนะต่าง ๆ ด้วย มากไปกว่านั้นระบบการจัดการในด้านการให้อาหารสัตว์ที่แตกต่างกันยังมีผลต่อการพัฒนาการของนิเวศวิทยารูเมนด้วย ในเขตอบอุ่นนั้นส่วนใหญ่สัตว์เคี้ยวเอื้องได้รับอาหารข้นในระดับสูงซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสภาวะ rumen pH เป็นกรดมากยิ่งขึ้น และอาจส่งผลให้เกิดภาวะอะซิ-โดซีสได้ (Slyter, 1976) ซึ่งกรดไขมันที่ระเหยได้ก็มีส่วนในการทำให้ rumen pH ลดลง แต่กรดแลคติกจะมีผลต่อความเป็นกรดในรูเมนมากกว่า ซึ่งปัจจัยจากชนิดอาหารที่สัตว์ได้รับนั้นจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ rumen pH มาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งสัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้นที่สัตว์ได้รับอันจะส่งผลต่อปริมาณการหลั่งน้ำลายและการเคี้ยวเอื้องของสัตว์ รวมทั้งการสังเคราะห์ TVFAs และจำนวนประชากรจุลินทรีย์ด้วย นอกจากนี้ Wallace (1996) และ Lana et al. (1998) รายงานว่าในแกะที่ได้รับ Timothy hay ในระดับต่ำมีผลทำให้ความเป็นกรด-ด่าง (rumen pH) ลดลงจากระดับ 6.5 เป็น 5.7 และการสังเคราะห์ TVFAs, C_2, C_3, C_4 และการสังเคราะห์เมทเธน (CH_4) รวมทั้งประสิทธิภาพการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนก็แตกต่างกันไปด้วย สำหรับแกะที่ได้รับเฮย์เป็นอาหารเพียงอย่างเดียว พบว่า มีความเข้มข้นของ TVFAs เท่ากับ 78 mM และสัดส่วน C_2, C_3 และ C_4 มีค่าเท่ากับ 59, 13, 6 mM ตามลำดับ สภาวะ rumen pH เท่ากับ 6.5

และความเข้มข้นของ NH_3-N เท่ากับ 8 μM ซึ่งสัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้นที่เหมาะสมคือ 60: 40

สำหรับค่าสหสัมพันธ์ (correlation coefficients, r^2) ระหว่างสภาวะ rumen pH และ TVFAs, สัดส่วนระหว่าง C_2:C_3 และ NH_3-N เท่ากับ 0.73, 0.82 และ 0.65 ตามลำดับ นอกจากนี้ พบว่าเมื่อสภาวะ rumen pH ลดต่ำลงอันเนื่องมาจากการเพิ่มระดับอาหารข้น ส่งผลต่อการสังเคราะห์ CH4 ลดลง แต่ในขณะเดียวกันพบว่า ประสิทธิภาพย่อยได้ของเยื่อใยอยู่ในระดับต่ำ จะเห็นได้ว่าสภาวะ rumen pH มีผลกระทบโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงชนิดของจุลินทรีย์ที่อยู่ในรูเมน การศึกษาถึงบทบาทการทำงานของจุลินทรีย์เหล่านี้สามารถทำได้หลายวิธี เช่น pure culture หรือ mixed culture เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์จากสารอาหารต่าง ๆ (Wallace , 1979; 1996)

นอกจากนี้แล้วระดับของ NH_3-N ก็มีความสำคัญต่อจุลินทรีย์เช่นเดียวกัน โดย Satter and Slyter (1974) ได้ทำการศึกษาโดยในระบบปิดโดย In vitro technique พบว่าจุลินทรีย์มีความต้องการ NH_3-N เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตที่ระดับ 4-5 mg/dl ในขณะที่ Wallace (1979) รายงานว่า pectinolytic bacteria มีจำนวนเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเสริมยูเรีย โดยแบคทีเรียเหล่านี้สามารถนำแอมโมเนียเข้าสู่เซลล์เพื่อใช้ประโยชน์โดยอาศัยกระบวนการ NAD-linked glutamate dehydrogenase ซึ่งถือได้ว่ากระบวนการหลักสำหรับจุลินทรีย์ทุกชนิดในการนำแอมโมเนียไปใช้ในการสังเคราะห์เซลล์ อย่างไรก็ตาม Erdman et al. (1986) และ Odle and Schaefer (1987) พบว่าระดับความเข้มข้นของ NH_3-N ที่เหมาะสมนั้นจะมีผลต่อประสิทธิ-ภาพการย่อยอาหารหยาบมากกว่าการย่อยสลายอาหารพวกธัญพืช โดยความเข้มข้นของ HN_3-N ภายในเซลล์จุลินทรีย์จะมีความสัมพันธ์กับระดับความเข้มข้นของ NH_3-N ภายในกระเพาะหมัก และส่งผลถึงประสิทธิภาพการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนที่ลดลงถ้าหาก NH_3-N ในรูเมนต่ำกว่า 5 mg/dl และคาร์โบไฮเดรทที่ย่อยสลายได้ในรูเมนลดต่ำลง และพบว่าระดับของ NH_3-N ภายในเซลล์จะสูงกว่าภายนอกเซลล์อย่างน้อย 1.6 mg/dl (Russell and Strobe, 1987)

Song and Kennelly (1990) รายงานว่าโคนมแห้งที่ได้รับอาหารหยาบหมักมีผลทำให้ระดับของ NH3-N ในของเหลวรูเมนเพิ่มขึ้น 15.7 mg/dl ส่งผลถึงจำนวนประชากรแบคทีเรียทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นและประสิทธิภาพของกระบวนการหมักด้วย นอกจากนี้ในแกะที่ได้รับ Citrus Pulp และ Italian ryegrass hay ที่มีระดับเยื่อใย neutral-detergent fiber (NDF) ประมาณ 33 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ระดับของ NH_3-N ในรูเมนเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลทำให้ความสามารถในการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ ความเข้มข้นของ VFAs และประสิทธิภาพการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนเพิ่มขึ้น (Rihani et al ., 1993) ส่วนโคนมที่อยู่ในช่วงการให้ผลผลิต และได้รับถั่วอัลฟัลฟ่าหมัก พบว่าระดับของ NH_3-N อยู่ในช่วง 18.7-22.9 mg/dl และยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือด (BUN) อยู่ในช่วง 15.0-20.4 mg/dl ส่วนปริมาณผลผลิตน้ำนมอยู่ในช่วง 31.1 - 32.7 kg/hd/d (Robinson et al., 1991)

1.1.4 นิเวศวิทยารูเมนและกระบวนการหมักในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

สัตว์เคี้ยวเอื้องโดยทั่วไปในเขตร้อนได้รับอาหารหยาบที่มีคุณภาพต่ำ และผลพลอยได้ทางการเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งฟางข้าว (Wanapat, 1985; Devendra, 1992; Wanapat, 1999) โดย Preston and Leng (1987) พยายามที่จะนำแหล่งวัตถุดิบเหล่านี้มาใช้ในระบบการผลิตสัตว์เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการผลิต Leng (1990) กล่าวว่ากลยุทธ์ที่จะเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำนมขึ้นอยู่กับการนำใช้วัตถุดิบที่มีอยู่ภายในท้องถิ่น และเกษตรกรรายย่อยสามารถนำมาใช้ได้ ดังนั้นกลยุทธ์ในการปรับเปลี่ยนนิเวศวิทยารูเมนจึงเป็นเรื่องที่สำคัญมาก เช่น การนำใช้ non-protein nitrogen (NPN) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในรูเมน (rumen by-pass protein) ตลอดจนการสังเคราะห์ VFAs เพื่อเป็นการเพิ่มสัดส่วน P/E ในระดับที่เหมาะสม

ในสภาวะที่โคและกระบือที่ได้รับฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบอย่างเต็มที่ พบว่าปริมาณการกินได้เฉลี่ยประมาณ 1.5–2.5 %BW (Wanapat, 1985) ในฟางข้าวมีคาร์โบไฮเดรทชนิดที่เป็นโครงสร้างเป็นองค์ประกอบหลัก โดยมีเยื่อใย NDF, ADF, ADL ประมาณ 70-75, 50-55 และ 5-10 ตามลำดับ ส่วนโปรตีนหยาบ (CP) จะมีอยู่ในระดับต่ำประมาณ 2-4 เปอร์เซ็นต์และมีอัตราการย่อยสลายในรูเมนได้ต่ำทำให้ retention time ในรูเมนนานขึ้น (Wanapat, 1985; Wanapat, 1999; Hart and Wanapat, 1992) ส่งผลถึงปริมาณการกินได้ทั้งหมด มากไปกว่านั้นประสิทธิภาพการสังเคราะห์ C2, C3 และ C4 ก็มีแนวโน้มต่ำเช่นเดียวกันมีค่าประมาณ 50, 12, และ 4 mole/100 mole ตามลำดับ ในขณะที่ระดับของ NH_3-N ใน รูเมนมีค่าต่ำกว่า 3 mg/dl และ rumen pH เท่ากับ 6.5 (Hart and Wanapat, 1992)

1.1.5 บทบาทของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

ในสัตว์เคี้ยวเอื้องที่ได้รับอาหารหยาบคุณภาพต่ำมีระดับ NH_3-N อยู่ในช่วง 5-20 mg% (Boniface et al., 1986; Perdok and Leng, 1990) ในขณะที่ Chanthai et al. (1989) รายงานว่าในโคเนื้อและกระบือปลักที่ได้รับฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลักมีระดับ NH_3-N เท่ากับ 2 mg% แต่จะเพิ่มสูงขึ้นถึง 9 mg% เมื่อได้รับฟางข้าวหมักยูเรียเป็นอาหารหยาบหลัก นอกจากนี้แล้วได้มีการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนต่อ ประสิทธิภาพของกระบวนการหมักในสัตว์เคี้ยวเอื้อง พบว่า จะมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของประชากรจุลินทรีย์ ตลอดจนปริมาณการกินได้ ประสิทธิภาพการย่อยได้ และประสิทธิภาพการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน โดย Perdok and Leng (1990) พบว่า เมื่อระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเพิ่มขึ้น 15-30 mg% ทำให้ปริมาณการกินได้และประสิทธิภาพการย่อยได้ของอาหารเพิ่มขึ้น และหากมีการเพิ่มขึ้นของระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนสูงถึง 30 mg% มีผลต่อการลดลงของสัดส่วนระหว่าง C_2+C_4/C_3 จำนวนประชากรซูโอสปอร์เพิ่มขึ้น และยังมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน จาก 17 เป็น 47 เปอร์เซ็นต์ (Kanjanapruthipong and Leng, 1998) นอกจากนี้ Wanapat and Pimpa (1999)

รายงานว่า เมื่อระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระบือปลักที่ได้รับฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลัก พบว่า เมื่อระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นในช่วง 13.6-33.4 mg/dl มีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของนิเวศน์วิทยาของกระเพาะหมัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเพิ่มขึ้นของจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด ประชากรโปรโตซัว และปริมาณของอนุพันธ์พิวรีนที่ขับออกมากับปัสสาวะ ตลอดจนปริมาณการกินได้ทั้งหมด และประสิทธิภาพการย่อยได้ แสดงให้เห็นว่าระดับ NH_3-N ที่เหมาะสมนั้นควรมีค่าตั้งแต่ 15 mg/dl ขึ้นไป

นอกจากนี้แล้ว Nguyen and Preston (1999) พบว่า ในกระบือปลักที่ได้รับฟางข้าว และหญ้าสดเป็นอาหารหยาบมีค่า NH_3-N ประมาณ 5-6 mg/dl และเพิ่มขึ้นประมาณ 8-18 mg/dl เมื่อมีการเสริมด้วย ฟางหมักยูเรีย, urea-molasses cake และ Sesbania leaf และส่งผลต่อจำนวนประชากรแบคทีเรียโปรโตซัว และ ปริมาณการกินได้ที่เพิ่มขึ้นด้วย

1.1.6 การปรับเปลี่ยนนิเวศวิทยารูเมนโดยกลยุทธ์การเสริมอาหาร

โคที่ได้รับฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลักมีผลทำให้สัดส่วนโปรตีนและพลังงาน (P/E) มีค่าต่ำ การเสริมด้วยวัตถุดิบอาหารที่มีในท้องถิ่น เช่น มันเส้น และกากเมล็ดฝ้ายร่วมกับการให้ฟางข้าว พบว่าสามารถทำให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน และสัดส่วนโปรตีนต่อพลังงาน (P/E) เพิ่มขึ้น และเมื่อทำการเสริมอาหารก้อนที่มีองค์ประกอบของกากน้ำตาลและยูเรียก็เป็นอีกกลยุทธ์หนึ่งที่มีการนำใช้ในเขตร้อน Leng (1993) รายงานว่า การเสริม urea-molasses block สามารถเพิ่มประสิทธิภาพรูเมน และผลผลิตน้ำนมในกระบือพันธุ์ Murrah ที่ได้รับผลพลอยได้ทางการเกษตรมากไปกว่านั้นสามารถลดปริมาณการใช้อาหารข้นเสริมได้

นอกจากนี้ได้มีการปรับปรุงอาหารที่มีคุณภาพสูงที่เรียกว่าอาหารก้อนและ/หรืออัดเม็ดคุณภาพสูง (HQFB/ P) โดยมีส่วนประกอบที่เป็นวัตถุดิบที่มีในท้องถิ่น แหล่งพลังงานที่สำคัญได้แก่ กากน้ำตาล, รำอ่อน, มันเส้น แหล่งของ NPN ได้แก่ ยูเรีย แหล่งของ rumen-by pass protein ได้แก่ กากเมล็ดฝ้าย, กากเบียร์, มันเฮย์สับ และแหล่งแร่ธาตุที่สำคัญต่างๆ ได้แก่ กำมะถัน โซเดียม และฟอสฟอรัส การให้เสริมสามารถทำได้หลายลักษณะเช่น การให้เสริมตามปริมาณที่จะจัดหาได้ และอาจจะให้ในลักษณะเลียกิน ที่เรียกว่า on-top supplementation นอกจากนี้ ยัง พบว่าเมื่อเสริม HQFB/P ร่วมกับฟางหมักยูเรียในโครีดนมทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารได้ดีขึ้นส่งผลให้ปริมาณน้ำนมเพิ่มขึ้นด้วย และสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตค่าอาหารข้นได้ลดลง

1.1.7 เทคโนโลยีการปรับเปลี่ยนการใช้ประโยชน์ของอาหารโดยจุลินทรีย์ในรูเมน

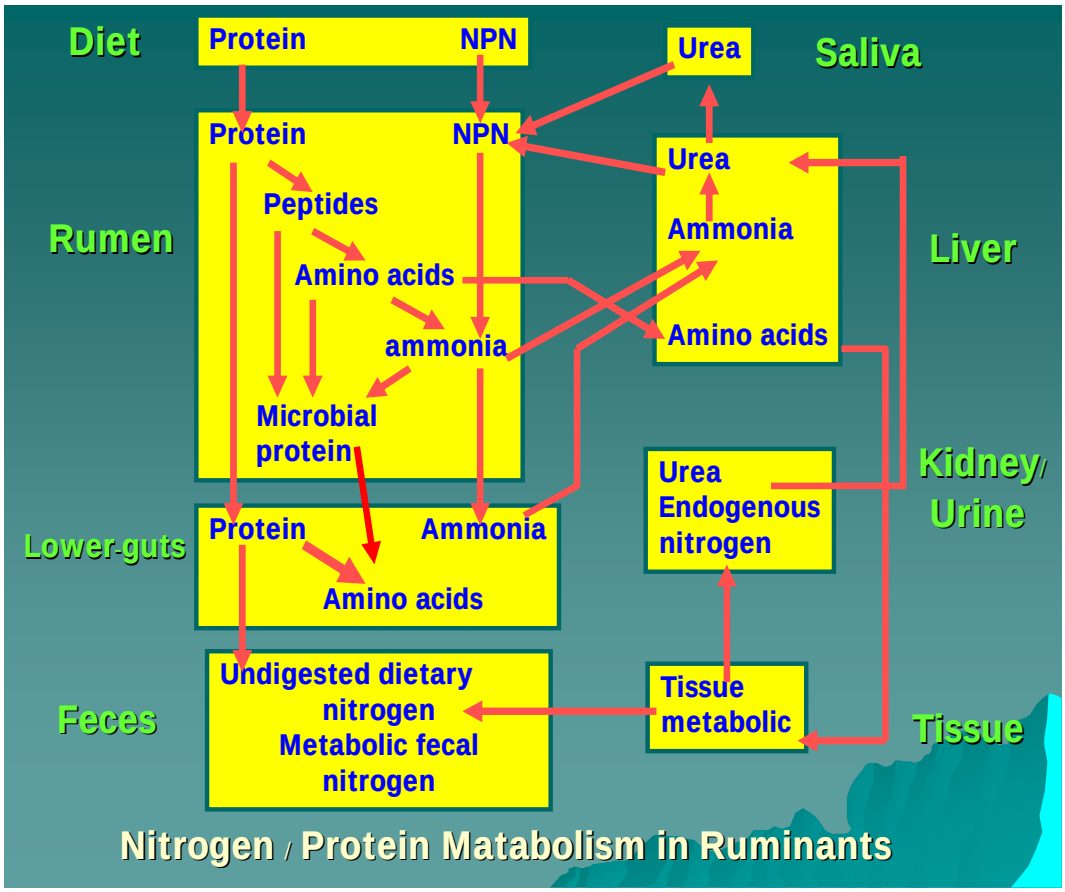
สัตว์เคี้ยวเอื้องที่มีวิวัฒนาการและพัฒนาการที่มีความเฉพาะตัว ในการที่มีระบบการหมักของพืชอาหารสัตว์ในกระเพาะหมัก หรือรูเมน โดยอาศัยการทำงานร่วมกันของจุลินทรีย์ได้แก่ แบคทีเรีย โปรโตซัวและเชื้อรา ภายใต้สภาพไร้ออกซิเจน อุณหภูมิและ pH ที่เหมาะสม ซึ่งจะผลิตผลผลิตสุดท้ายที่สำคัญให้กับสัตว์คือ กรดไขมันที่ระเหยได้ (volatile fatty acids, VFAs) จุลินทรีย์โปรตีน

และไวตามินรวม โดยปกติแล้วจุลินทรีย์ในรูเมนมีความสามารถในการใช้อาหารหยาบคุณภาพต่ำได้ดี ซึ่งอาหารเหล่านี้สัตว์กระเพาะเดี่ยวไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ นอกจากนั้นแล้วสัตว์เคี้ยวเอื้องยังสามารถลดพิษจากสารพิษในอาหาร โดยอาศัยกลไกการทำงานของจุลินทรีย์ในรูเมน กระบวนการโบลิซึมในร่างกายและการให้ผลผลิตต่างๆ ดังนั้นรูเมนจะต้องมีสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมไม่ว่าจะเป็นค่าความเป็นกรด-ด่างในรูเมน และความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N) จะส่งผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์โดยผลผลิตสุดท้ายที่สำคัญที่ได้จากกระบวนการหมักโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนได้แก่ กรดไขมันที่ระเหยได้ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน จุลินทรีย์โปรตีน กรดไขมันที่ระเหยได้ที่สำคัญได้แก่ อะซิเตรท โพรพิออเนท และบิวทีเรท เป็นแหล่งของสารตั้งต้นที่สำคัญที่ร่างกายสัตว์จะนำไปใช้ประโยชน์เพื่อสังเคราะห์พลังงานในรูปกลูโคสโดยอาศัยกระบวนการกลูโคนีโอจีนีซีสและกระบวนการสังเคราะห์ไขมันในสัตว์เคี้ยวเอื้องต่อไป นอกจากนี้กรดไขมันเหล่านี้ยังเป็นสารตั้งต้นที่สำคัญในการนำไปสังเคราะห์เป็นน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนม เช่น ไขมัน น้ำตาลแลคโตส เป็นต้น ในขณะที่ NH_3-N นับได้ว่าเป็นแหล่งของไนโตรเจนที่สำคัญสำหรับจุลินทรีย์ในกระบวนการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนเพื่อเป็นแหล่งของโปรตีนหลักที่สำคัญสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง (ดังแสดงในรูปที่ 1) โดยปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกระบวนการสังเคราะห์และกระบวนการดูดซึมสารประกอบเหล่านี้จากรูเมนเพื่อไปใช้ประโยชน์ ได้แก่ ชนิดของอาหาร คุณภาพของอาหาร ตลอดจนสัดส่วนระหว่างอาหารหยาบต่ออาหารข้นที่สัตว์ได้รับ พบว่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของประชากรจุลินทรีย์และรูปแบบของกระบวนการหมักในรูเมน โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ในเขตร้อน จะมีความแตกต่างกันมากในเรื่องของคุณภาพส่งผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน และกระบวนการหมักโภชนะต่าง ๆ ด้วย และส่งผลถึงปริมาณและคุณภาพของผลผลิตในที่สุด

1.1.8 แนวทางในการจัดการอาหารโปรตีนและโปรตีนไหลผ่านในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

ปัญหาหลักของการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องในเขตร้อน คือความสามารถในการย่อยอาหารได้ต่ำ รวมทั้งปริมาณการกินได้ของอาหารต่ำอันเนื่องมาจากคุณภาพของอาหารหยาบต่ำ ทำให้สัตว์ได้รับโปรตีนหรือไนโตรเจนและพลังงานไม่เพียงพอกับความต้องการทำให้มีผลกระทบต่อการให้ผลผลิตและคุณภาพของผลผลิต ดังนั้นในการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องในเขตร้อนจึงมีความจำเป็นต้องมีการเสริมแหล่งอาหารโปรตีนและพลังงานเพื่อให้จุลินทรีย์ ในรูเมนได้รับสารอาหารเหล่านี้ เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการเมทธาโบลิซึม และได้ผลผลิตสุดท้าย (end-products) ได้แก่ กรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acids, VFAs) รวมทั้งตัวของจุลินทรีย์เองก็เป็นแหล่งที่ดีของโปรตีน ซึ่งตัวสัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์และสร้างเป็นผลผลิตต่อไป นอกจากนี้การปรับสมดุลของไนโตรเจนและพลังงานยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการให้ผลผลิต (Tamminga, 1996, Moss and Givens, 2002) และลดปัญหาสิ่งแวดล้อมได้ด้วย (Kebreab et al., 2002) ขณะเดียวกันการเสริมอาหารข้นแหล่ง

โปรตีนและพลังงาน จะต้องคำนึงถึงต้นทุนการผลิตด้วยเช่นกัน การนำวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีอยู่ในท้องถิ่น มาใช้ในการประกอบอาหารสัตว์ จึงเป็นทางออกที่ดีในการลดต้นทุนค่าอาหาร และในวัตถุดิบอาหาร



รูปที่ 2 เมทธาโบลิซึมของโปรตีนและไนโตรเจนในรูเมน (Russell et al., 1992)

สัตว์บางชนิดยังมีคุณลักษณะพิเศษอื่นๆ เช่น ในกากธัญพืชจะพบโปรตีนส่วนที่เรียกว่า โปรตีนไหลผ่าน (by-pass protein) คือมีคุณสมบัติในการป้องกันการย่อยได้ของโปรตีนในรูเมน (rumen by-pass protein) และเมื่อสารประกอบดังกล่าวผ่านไปที่กระเพาะส่วนอะโบมาซัม (abomasums) และลำไส้เล็ก โปรตีนดังกล่าวจะถูกย่อยและดูดซึมไปใช้ประโยชน์ การเสริมโปรตีนไหลผ่านสามารถเพิ่มกรดอะมิโนที่สัตว์ได้รับ และยังสามารถ ลดการขับไนโตรเจนที่ออกมากับมูลและปัสสาวะ ซึ่งสามารถลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมได้ด้วย (Tamminga, 1996, Moss and Givens, 2002, Kebreab et al., 2002) ในการทดสอบโปรตีนไหลผ่านสามารถทดสอบโดยการนำอาหารใส่ในถุงไนลอน (nylon bag technique) เพื่อวัดการย่อยได้ในสัตว์เจาะกระเพาะ ซึ่งเป็นเทคนิคที่ควรจะนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวและยังเป็นวิธีที่สามารถทดสอบโปรตีนชนิดอื่นๆ ในท้องถิ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

แหล่งของอาหารที่มีโปรตีนไหลผ่านสูง ส่วนใหญ่ได้มาจากกากเมล็ดธัญพืช หรือเมล็ดพืชน้ำมันที่บีบเอาน้ำมันออก โดยระดับของโปรตีนไหลผ่านจะสูงขึ้นหากผ่านกระบวนการที่ผ่านความร้อน (Schwab, 1995) ส่วน Irshaid et al. (2003) และ Titi (2003) ได้ศึกษาการใช้กากเมล็ดทานตะวันทดแทนแหล่งอาหารคุณภาพดีคือกากถั่วเหลือง ในอาหารแพะเนื้อและแพะนม พบว่าสามารถทดแทนกันได้ทั้งหมด โดยไม่ทำให้ผลผลิตลดลงแต่อย่างใด นอกจากนี้กากเมล็ดทานตะวันยังประกอบด้วยกรดอมิโนเมทไธโอนีนที่สูงกว่ากากถั่วเหลือง (Villamide and San Juan, 1998) โปรตีนไหลผ่านยังได้จากกากเมล็ดฝ้าย ซึ่งใช้ได้ผลดีในอาหารโคนม (Paengkoum et al., 2002) และในอาหารแพะรุ่น (Soto-Navarro et al., 2003) ส่วนกากเบียร์แห้งก็สามารถใช้เป็นแหล่งของโปรตีนไหลผ่านได้ดีในสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Adeneye and Sunmonu, 1994; Chiou et al., 1995) เป็นต้น

แพะเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก เป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย การเลี้ยงแพะเพื่อให้ได้ผลผลิตสำหรับการบริโภคซึ่งได้แก่เนื้อและนมเป็นหลัก ในแถบประเทศอบอุ่นการเลี้ยงแพะเพื่อต้องการน้ำนมเป็นหลัก (Gall, 1981) ในปัจจุบันมีผู้นิยมดื่มนมแพะเพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะผู้ป่วยและผู้สูงอายุที่ไม่สามารถรับประทานอาหารตามปกติได้ดีกว่าถึงแม้ว่าผู้บริโภคจะไม่เคยดื่มนมแพะมาก่อนก็ไม่ทำให้ท้องเสีย (สมเกียรติ และ วินัย, 2539) ในการผลิตน้ำนมแพะมีปัจจัยหลายอย่างที่มีอิทธิพลต่อการผลิตน้ำนมได้แก่ พันธุ์ (Saithanoo et al., 1993) อายุและน้ำหนักแม่แพะ (Beicher, 1987) ขนาดครอก (Pralomkarn et al., 1991) อาหารและสภาพแวดล้อมเป็นต้น แต่อาหารเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการผลิตน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนม ดังนั้นในแพะนมได้รับอาหารไม่เพียงพอจะมีผลต่อผลผลิตน้ำนมและระดับกลูโคสในเลือด (Gall, 1981) จากข้อมูลดังกล่าวอาหารพลังงานในระยะให้นมแรกๆ มีความสำคัญมาก (Norton et al., 1984) ระดับของพลังงานที่แพะได้รับเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อผลผลิตน้ำนม ในระยะกลางของการให้นม (mid lactation) ปริมาณพลังงานที่แพะได้รับมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับผลผลิตน้ำนม (0.83) แตกต่าง สหสัมพันธ์ของสองลักษณะดังกล่าวในระยะแรกของการให้นมมีค่าเพียง 0.73 (Sauvant et al., 1997) ไขมันเป็นแหล่งของพลังงานที่มีความจำเป็นต่อการดำรงชีพของแพะนม

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาลักษณะทางโภชนะของอาหารที่มีมากในท้องถิ่น เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการประยุกต์ นำไปคำนวณและใช้เป็นอาหารสำหรับการเลี้ยงแพะนม เช่น การศึกษาความสามารถในการย่อยได้ในรูเมน

1.2.2 เพื่อพัฒนาสูตรอาหารแพะนมให้มีราคาถูกและมีโภชนะครบถ้วน โดยเกษตรกรสามารถผสมใช้เองได้ ซึ่งจะเน้นการใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบอาหารสัตว์ในท้องถิ่น เพื่อลดต้นทุนการผลิต

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ใช้แพะเจาะกระเพาะแบบถาวร (permanent rumen fistulae) จำนวน 4 ตัว เลี้ยงในคอกขังเดี่ยว ปรับอาหารด้วยพื้นฐานอาหารหยาบด้วยฟางข้าว เป็นเวลา 2 สัปดาห์ วัดความสามารถในการย่อยได้ในรูเมน โดยใช้เทคนิคการย่อยได้ในถุงในล่อน (nylon bag technique)

1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น

ศึกษาการย่อยได้ของวัตถุดิบอาหารสัตว์ โดยใช้แพะเจาะกระเพาะจำนวน 3 ตัว และศึกษาการย่อยได้ในลำไส้เล็กโดยใช้เทคนิคการย่อยได้จำลองในห้องปฏิบัติการ (in vitro technique)

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

ผลการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ คาดว่าจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้ประโยชน์ คือทราบลักษณะทางโภชนะของอาหารที่มีมากในท้องถิ่น เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการประยุกต์ นำไปคำนวณและใช้เป็นอาหารสำหรับการเลี้ยงแพะนม เช่น การศึกษาความสามารถในการย่อยได้ในรูเมน

บทที่ 2
วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 แหล่งที่มาของข้อมูล

แหล่งของอาหารที่มีโปรตีนไหลผ่านสูง ส่วนใหญ่ได้มาจากกากเมล็ดธัญพืช หรือเมล็ดพืชน้ำมันที่บีบเอาน้ำมันออก โดยระดับของโปรตีนไหลผ่านจะสูงขึ้นหากผ่านกระบวนการที่ผ่านความร้อน (Schwab, 1995) ส่วน Irshaid et al. (2003) และ Titi (2003) ได้ศึกษาการใช้กากเมล็ดทานตะวันทดแทนแหล่งอาหารคุณภาพดีคือกากถั่วเหลือง ในอาหารแพะเนื้อและแพะนม พบว่าสามารถทดแทนกันได้ทั้งหมด โดยไม่ทำให้ผลผลิตลดลงแต่อย่างใด นอกจากนี้กากเมล็ดทานตะวันยังประกอบด้วยกรดอมิโนเมทไธโอนีนที่สูงกว่ากากถั่วเหลือง (Villamide and San Juan, 1998) โปรตีนไหลผ่านยังได้จากกากเมล็ดฝ้าย ซึ่งใช้ได้ผลดีในอาหารโคนม (Paengkoum et al., 2002) และในอาหารแพะรุ่น (Soto-Navarro et al., 2003) ส่วนกากเบียร์แห้งก็สามารถใช้เป็นแหล่งของโปรตีนไหลผ่านได้ดีในสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Adeneye and Sunmonu, 1994; Chiou et al., 1995) เป็นต้น

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากลุ่มอาหารหยาบและแหล่งวัตถุดิบอาหารโปรตีนไหลผ่าน และวัดหาค่าการย่อยได้ในรูเมน ของวัตถุแห้ง โปรตีน และผลของการทรีทต์ต่อการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมัน เปรียบเทียบก่อนและหลังการทรีทต์ เพื่อจะได้นำข้อมูลดังกล่าว ไปประยุกต์ใช้ในการเลี้ยงสัตว์ต่อไป

2.2 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.2.1 อาหารทดลอง

การวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของกลุ่มอาหารหยาบและแหล่งวัตถุดิบอาหารโปรตีนไหลผ่าน ได้แก่ วัตถุแห้ง (dry matter, DM), เถ้า (ash), โปรตีนหยาบ (crude protein, CP) โดยวิธีการของ AOAC (1985), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) ตามวิธีการของ (Goering and Van Soest ,1970)

กลุ่มที่ 1 อาหารหยาบ ได้แก่

- หญ้าสด
- หญ้าหมัก
- หญ้าแห้ง
- ฟางหมักยูเรีย

กลุ่มที่ 2 อาหารเสริม

- กากถั่วเหลือง

- กากมะพร้าว
- กากปาล์ม
- เมล็ดและกากเมล็ดทานตะวัน

2.2.2 สัตว์ทดลอง

ลักษณะทางโภชนาการ ความสามารถในการย่อยได้ในรูเมน ของกลุ่มอาหารหยาบและแหล่งวัตถุดิบอาหารโปรตีนไหลผ่านใช้แพะเจาะกระเพาะแบบถาวร (permanent rumen fistulae) จำนวน 4 ตัว ชั่งน้ำหนักสัตว์ทุกตัวก่อนเข้างานทดลอง เลี้ยงในคอกขังเดี่ยว ปรับอาหารด้วยพื้นฐานอาหารหยาบด้วยหญ้าสดและเสริมอาหารข้น เป็นเวลา 2 สัปดาห์ และวัดความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุดิบอาหารที่จะทดสอบ

2.2.3 อาหารและการให้อาหารสัตว์ทดลอง

แพะทุกตัวได้รับอาหารในระดับเพื่อการดำรงชีพ (maintenance) โดยให้อาหารหยาบ ได้แก่ ฟางข้าว 70 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้น 30% โดยให้อาหารวันละ 2 เวลา (8.00 และ 16.00 น.) มีน้ำสะอาดให้ดื่มตลอดเวลา ปรับสัตว์ด้วยอาหารสัดส่วนดังข้างบนใช้เวลา 14 วัน ก่อนการนำถุง nylon และ mobile bag ลงบ่ม

2.2.4 เทคนิค nylon bag

ถุงที่ใช้ในการทดลองทำจาก polyester cloth โดยมีรูขนาด 45 ไมครอน และมีขนาด 6 x 12 cm ชั่งน้ำหนักอาหารตัวอย่างใส่ถุง ๆ ละประมาณ 5 กรัม ช่วงเวลาละ 2 ซ้ำต่อสัตว์ 1 ตัว มัดปากถุงให้แน่น และผูกถุงใส่เชือก นำลงบ่มในกระเพาะรูเมนพร้อมๆ กัน และทำการเก็บออก หลังการบ่มที่เวลา 2, 4, 8, 12, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ยกเว้นถุงที่เวลา 0 ไม่ต้องบ่มในรูเมน แต่ทำการล้างเหมือนกับกลุ่มอื่น ถุงที่นำออก จากกระเพาะรูเมนทำการล้างด้วยเครื่องซักผ้าที่ความเร็วในการปั่นในระดับปกติ เป็นเวลา 15 นาที ต่อจากนั้นอบที่อุณหภูมิ 60 ºC เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และ คำนวณตามสมการของ Ørskov and McDonald (1979) และนำมาคำนวณโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป (Chen, 1996);

$$P = A + B\,(1-e^{-ct})$$

เมื่อ, P = degradation rate an time t (%),

A = the intercept of the degradation curve at time zero (%),

B = the fraction of DM and CP which will be degraded when given sufficient time for digestion in the rumen (%),

c = a rate constant of disappearance of fraction B (h^{-1}), and

t = time of incubation (h).

ประสิทธิภาพในการย่อยได้ (the effective degradability, E) ของ DM, OM และ CP คำนวณได้จากสมการข้างล่าง ดังนี้

E = A + (B) (c) / (c + k)

เมื่อ k = the solid outflow rate from the rumen obtained from the previous experiment

2.2.5 เทคนิค mobile bag

ถุงทำจาก polyester cloth โดยมีรูขนาด 45 ไมครอน โดยมีขนาด 3.5 x 5 cm นำตัวอย่างที่ผ่านการย่อยใน กระเพาะรูเมน ที่มีการย่อยได้สูงสุด ซึ่งจากการทดลองในครั้งนี้อยู่ระหว่างชั่วโมงที่ 12 ถึง 24 จากการทดลอง จึงใช้ทั้ง 2 เวลาดังกล่าว โดยตัวอย่างจากดังกล่าวทำการบดผ่านตะแกรงขนาด 2 mm ชั่งน้ำหนัก ประมาณ 0.5 กรัม และนำลงบ่มในลำไส้เล็ก ต่อจากนั้นรอเก็บ mobile bag ที่ขับถ่ายออกมากับมูล ทำการล้างและอบ เพื่อการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี เช่นเดียวกับตัวอย่างอาหารจากรูเมนอาหารที่ผ่านการย่อยในรูเมน (residues) นำมาศึกษาต่อเพื่อวัดการย่อยได้ในลำไส้เล็กโดยใช้เทคนิคการย่อยได้ในห้องปฏิบัติการ (in vitro) ตามวิธีการของ Calsamiglia and Stern (1995)

2.2.6 Three-step in vitro procedure (Calsamiglia and Stern, 1995)

<u>สารเคมี:</u>

1. 0.1 N HCl containing : 1 g/l of pepsin (Sigma p-7012, Sigma)
2. 1 N NaOH
3. pancreatin solution containing:
   - 0.5 M KH_2PO_4 buffer standardized at pH 7.8
   - 50 ppm Thymol
   - 3 g/l pancreatin (Sigma p-7545, Sigma)
4. 100 % (wt/vol) trichloroacetic acid

<u>วิธีการเตรียมสารละลาย:</u>

ยกตัวอย่างเช่น จำนวนตัวอย่าง 4 ตัวอย่าง

1. 0.1 N HCl 1 g/l of pepsin (Sigma p-7012, Sigma) pH 1.9 ปริมาตร 40 ml

ปริมาณที่ใช้ 10 ml/sample ใช้ทั้งหมด 40 ml

จาก N1V1 = N2V2

N1 = 12 N HCl

V1 = Volume 12 N HCl

N2 = 0.1 N HCl

V2 = 40 ml of 0.1 N HCl

แทนค่า

$12 \times V1 = 0.1 \times 40$

$V1 = (0.1 \times 40)/12$

$= 0.33$ ml

เพราะฉะนั้น ใช้ 12 N HCl = 0.4 ml น้ำกลั่น = 39.6 ml

เนื่องจากมี 1 g/l pepsin เป็นองค์ประกอบ

นั่นคือ สารละลาย 1000 ml ที่ pepsin 1 g

ดังนั้น สารละลาย 40 ml มี pepsin $= (1 \times 40)/1000$ g

$= 0.04$ g

2. 1 N NaOH ปริมาตร 2 ml

กรัมสมมูลย์ของ NaOH = 40 g

1 N NaOH ใช้ NaOH 40 g ในน้ำกลั่น 1 ลิตร

ดังนั้น ใช้ NaOH 0.08 g ในน้ำกลั่น 2 ml

3. pancreatin solution (0.5 M KH_2PO_4 buffer standardized at pH 7.8 + 50 ppm thymol + 3 g/l of pancreatin) (Sigma p-7545, Sigma)

น้ำหนักอะตอม K = 39 H = 1 P = 31 O = 16

มวลโมเลกุล ของ KH_2PO_4 $= 1(39) + 2(1) + 1(31) + 4(16)$

$= 136$

นั่นคือ 1 M KH_2PO_4 ใช้ KH_2PO_4 = 136 g ในน้ำกลั่น 1000 ml

0.5 M KH_2PO_4 ใช้ $KH_2PO_4 = 136 \times 0.5$

= 68 g ในน้ำกลั่น 1000 ml

เพราะฉะนั้น ใช้ 0.5 M KH_2PO_4 ปริมาตร 54 ml ใช้ $KH_2PO_4 = (68 \times 54)/1000$

= 3.7 g ในสารละลาย 54 ml

และประกอบด้วย 50 ppm thymol

เตรียม stock 0.1 g/ 10 ml

<u>เตรียม stock solutions:</u>

1 g ในน้ำกลั่น 10 ml (0.1%)

เช่น 50 ppm:

สารละลาย 1×10^6 ml มีเนื้อสาร 50 g

สารละลาย 54 ml มีเนื้อสาร $= (50 \times 54)/1 \times 10^6$

$= 2.7 \times 10^{-3}$ $(5 \times 10^{-3}\%)$

จาก N1V1 = N2V2

แทนค่า

$(10\%)\ V1 = (5 \times 10^{-3}\%)\ (54)$

$V1 = \dfrac{(5 \times 10^{-3}\%)(54)}{10}$

$= 270 \times 10^{-4}$

$= 2.7 \times 10^{-2}$ = 0.027 ml

Pancreatin 3 g/l:

1000 ml ของสารละลาย มี pancreatin 3 g

54 ml ของสารละลายมี pancreatin = (3 x 54)/1000

= 0.162 g

ดังนั้น pancreatin solution มีส่วนประกอบดังนี้ คือ

KH_2PO_4= 3.7 g

Thymol (solution) = 0.027 ml

Pancreatin = 0.162 g

น้ำกลั่น = 53.973 ml

4. 100% (Wt/Vol) trichloroacetic (TCA) solution ปริมาตร 12 ml

thymol 12 g ในน้ำกลั่น 12 ml

<u>ขั้นตอนในการวิเคราะห์:</u>

Three step พัฒนามาจากการหมักในกระเพาะหมัก การย่อยของเปปซิน และการย่อยในลำไส้เล็ก มาประยุกต์เป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

step 1 ruminal incubation

step 2 pepsin - HCl

step 3 intestinal digestion by pancreatin

มีวิธีการดังนี้คือ

ชั่งอาหาร 1.5 กรัม (กรองผ่านตะแกรงขนาด 2 มม.)

⬇

นำมาใส่ใน 6 ซม. X 10 ซม. Dacron polyester bag

⬇

นำไปบ่มที่กระเพาะหมัก 12 - 16 ชั่วโมง

↓

เมื่อครบเวลาให้นำถุงมาล้างโดยเปิดให้น้ำไหลผ่านจนกระทั่งน้ำใส

↓

นำไปอบแห้งที่ 55˚ c เป็นเวลา 48 ชั่วโมง(ใช้ force-air oven)

↓

นำอาหารที่เหลือจากการบ่มมารวมกันโดยให้มีไม่ต่ำกว่า 60 mg of residual N/อาหาร

↓

ชั่งอาหารมา 15 มก. ใส่ใน 50 มล. Centrifugation tube

↓

เติม 10 มล. ของสารละลาย pH 1.9 ของ 0.1 N HCl ซึ่งประกอบด้วย 1 g/L of pepsin (Sigma p-7012,Sigma)

↓

เขย่าด้วย vortex

↓

incubate ที่ 38˚C 1 ชั่วโมง ใน shaker waterbath

↓

เติม 0.5 ml ของ 1 N NaOH solution และ 13.5 mj ของ pancreatin solution(ประกอบด้วย 0.5M KH2PO4 buffer stardized at pH 7.8 ซึ่งมี 50 ppm ของ thymol (ป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์) และ 3 g/L ของ pancreatin(Sigma p-7545,Sigma))

↓

เขย่าด้วย vortex

incubate ที่ 38˚C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ใน shaker waterbath และนำไปเขย่าด้วย vortex ทุก 8 ชั่วโมง

↓

เติม 3 ml ของ 100% (wt./vol) ของ trichloroacetic acid (TCA) solution เพื่อหยุดการทำงานของเอนไซม์และแยกส่วนของโปรตีนที่ไม่ถูกย่อย

↓

เขย่าด้วย vortex

↓

ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที

↓

centrifuge ที่ 10,000g 15นาที

นำ supernatant ไปวิเคราะห์ โดยวิธี Kjeldahl method (AOAC,1980)

การคำนวณการย่อยได้ของโปรตีนโดย pepsin-pancreatin จาก TCA soluble - N/N ทั้งหมดของตัวอย่างที่ใช้ (dacron bag residue)

2.2.7 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ตัวอย่างอาหารก่อนการบ่ม และตัวอย่างอาหารที่ผ่านการย่อยในกระเพาะรูเมนและในลำไส้เล็ก วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ วัตถุแห้ง (dry matter, DM), เถ้า (ash) และ โปรตีน (Kjeldahl-N) ตามวิธีการของ AOAC (1985)

2.3 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการทดลองที่ได้ทั้งหมดทำการเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (Steel and Tories, 1980)

บทที่ 3
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ผลการทดลอง และอภิปรายผล

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารหยาบ

องค์ประกอบทางเคมี ของแหล่งอาหารหยาบที่ใช้ในการทดลอง แสดงในตารางที่ 3.1 โดยวัตถุแห้งของหญ้ากินนีสด กินนีหมักและฟางหมักยูเรียมีค่าใกล้เคียงกันคืออยู่ในช่วงประมาณ 40-46 % ส่วนหญ้ากินนีแห้งมีค่าวัตถุแห้งที่ 88.7 % อินทรียวัตถของอาหารหยาบที่ใช้อยู่ในระดับใกล้เคียงกันคืออยู่ในช่วงประมาณ 88-92 % เช่นเดียวกับองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ มีค่าไม่แตกต่างกันมาก ได้แก่ โปรตีนหยาบ (5.9, 5.6, 5.7 และ 6.9), neutral detergent fiber (77.5, 76.4, 75.2 และ 73.7%) และ acid detergent fiber (48.8, 47.3, 49.1 และ 49.8 %) ของหญ้ากินนีสด หญ้ากินนีหมัก หญ้ากินนีแห้ง และฟางหมักยูเรีย ตามลำดับ

ตารางที่ 3.1 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารหยาบที่ใช้ในการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมี	หญ้ากีนนีสด	หญ้ากีนนีหมัก	หญ้ากินนีแห้ง	ฟางหมักยูเรีย
วัตถุแห้ง	41.6	40.2	88.7	45.6
	.....%วัตถุแห้ง.....			
อินทรีย์วัตถุ	89.6	91.4	88.9	87.6
โปรตีนหยาบ	5.9	5.6	5.7	6.9
Neutral detergent fiber	77.5	76.4	75.2	73.7
Acid detergent fiber	48.8	47.3	49.1	49.8

องค์ประกอบทางเคมีของแหล่งโปรตีนที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้แสดงในตารางที่ 3.2 พบว่าวัตถุแห้งมีค่าใกล้เคียงกันคืออยู่ในช่วง 89-92 % อย่างไรก็ตามในส่วนของอินทรีย์วัตถุของกากถั่วเหลือง (98.3%) มีค่าสูงกว่ากากมะพร้าว (92.4%) กากปาล์ม (90.3) และกากเมล็ดทานตะวัน (91.1%) เช่นเดียวกับโปรตีนของกากถั่วเหลืองมีค่าสูงกว่าวัตถุดิบโปรตีนชนิดอื่น (44.6, 19.6, 22.7 และ 21.8 % ของกากถั่วเหลือง กากมะพร้าว กากปาล์ม และกากทานตะวัน ตามลำดับ

อย่างไรก็ตาม neutral detergent fiber (14.3, 39.7, 48.2 และ 47.8%) และ acid detergent fiber (9.6, 22.7, 24.8 และ 29.3%) ของกากถั่วเหลืองมีค่าต่ำกว่า กากมะพร้าว กากปาล์ม และกากทานตะวัน ตามลำดับ

องค์ประกอบทางเคมีของแหล่งโปรตีนไหลผ่าน

ตารางที่ 3.2 องค์ประกอบทางเคมีของแหล่งโปรตีนไหลผ่านที่ใช้ในการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมี	กากถั่วเหลือง	กากมะพร้าว	กากปาล์ม	กากทานตะวัน
วัตถุแห้ง	89.8	89.8	90.4	92.3
	.....%วัตถุแห้ง.....			
อินทรีย์วัตถุ	98.3	92.4	90.3	91.1
โปรตีนหยาบ	44.6	19.6	22.7	21.8
Nuetral detergent fiber	14.3	39.7	48.2	47.8
Acid detergent fiber	9.6	22.7	24.8	28.3

ความสามารถในการย่อยได้วัตถุแห้ง

ความสามารถในการย่อยได้วัตถุแห้ง (dry matter degradability) ของแหล่งอาหารหยาบที่ใช้ในการทดลองแสดงในตารางที่ 3.3 ความสามารถในการย่อยได้วัตถุแห้งของอาหารหยาบทั้ง 4 ชนิดมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการบ่ม (0, 4, 8, 16, 24, 48, 72 และ 96) ในรูเมนในการศึกษาโดยใช้ nylon bag technique พบว่าค่าการละลายได้วัตถุแห้งของหญ้ากินนีสด มีค่าสูงกว่าหญ้ากินนีแห้ง และฟางหมักยูเรีย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) กับหญ้ากินนีหมัก ซึ่งค่าดังกล่าวเป็นค่าที่บ่งบอกถึงค่าที่ละลายในน้ำ ซึ่งยังไม่มีการทำงานของจุลินทรีย์ในรูเมน

ความสามารถในการย่อยได้วัตถุแห้งในชั่วโมงที่ 4 หลังการบ่มพบว่า หญ้ากินนีสด และหญ้ากินนีหมัก มีค่าสูงกว่าหญ้ากินนีแห้ง และฟางหมักยูเรีย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ความสามารถในการย่อยได้วัตถุแห้งในชั่วโมงที่ 8, 16, 72 และ 96 หลังการบ่มพบว่า หญ้ากินนีสดมีค่าสูงกว่า ($p<0.05$) หญ้ากินนีหมัก, หญ้ากินนีหมักมีค่าสูงกว่า ($p<0.05$) หญ้ากินนีแห้ง, และหญ้ากินนีแห้งมีค่าสูงกว่าฟางหมักยูเรีย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ความสามารถในการย่อยได้วัตถุแห้งในชั่วโมงที่ 24 และ 48 หลังการบ่มพบว่า หญ้ากินนีสด มีค่าสูงกว่า หญ้ากินนีหมัก และหญ้ากินนีแห้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และหญ้ากินนีหมัก และหญ้ากินนีแห้งมีค่าสูงกว่าฟางหมักยูเรีย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 3.3 ความสามารถในการย่อยได้วัตถุแห้งของแหล่งอาหารหยาบ

	หญ้ากินนีสด	หญ้ากินนีหมัก	หญ้ากินนีแห้ง	ฟางหมักยูเรีย	SEM
DM degradability (%) at hr					
0	27.0a	22.5ab	18.0b	16.6b	1.64
4	31.3a	27.1a	20.7b	18.9b	1.93
8	37.7a	32.5b	27.4c	23.0d	2.13
16	48.0a	41.4b	37.8c	30.0d	2.50
24	55.6a	48.3b	45.3b	35.7c	2.76
48	68.3a	61.0b	57.4b	47.2c	2.96
72	73.4a	66.9b	61.8c	53.3d	2.86
96	75.5a	69.6b	63.4c	56.6d	2.73
ค่าคงที่					
A	23.7a	20.9ab	12.8c	14.3bc	1.81
B	53.2	51.2	51.6	46.1	1.21
c	0.038ab	0.032ab	0.041a	0.026b	0.002
A+B	76.9a	72.1a	64.3b	60.4b	2.51
Effective degradability at flow rate					
0.02	58.7a	52.4b	47.1c	40.4d	2.58
0.05	46.9a	40.9b	36.3c	30.2d	2.34
0.08	41.1a	35.6b	30.9c	27.8d	2.18

ค่าคงที่ A เป็นค่าการละลายก่อนการบ่มในรูเมน ค่าคงที่ B เป็นค่าที่เกิดจากการทำงานของจุลินทรีย์ในรูเมนในการย่อยอาหารทดลอง ส่วนค่าคงที่ c เป็นค่าของอัตราการย่อยได้และค่า A+B เป็นค่าศักยภาพของการย่อยได้ (potential degradability)

ค่าคงที่ A ของการย่อยได้วัตถุแห้งของหญ้ากินนีสดมีค่าสูงกว่าหญ้ากินนีแห้งและฟางหมักยูเรีย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับหญ้ากินนีหมัก ในขณะที่ค่า B ของอาหารแต่ละชนิดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ค่าศักยภาพในการย่อยได้ (A+B) วัตถุแห้งของหญ้ากินนีสดและหญ้ากินนีหมัก มีค่าสูงกว่าหญ้ากินนีแห้งและฟางหมักยูเรีย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ค่า Effective degradability ที่ flow rate 0.02, 0.05 และ 0.08 fraction/ชั่วโมง ของวัตถุแห้งของหญ้ากินนีสดมีค่าสูงกว่า ($p<0.05$) หญ้ากินนีหมัก, หญ้ากินนีหมักมีค่าสูงกว่า ($p<0.05$) หญ้ากินนีแห้ง, และหญ้ากินนีแห้งมีค่าสูงกว่าฟางหมักยูเรีย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ตามลำดับ

ความสามารถในการย่อยได้ neutral detergent fiber

ความสามารถในการย่อยได้ neutral detergent fiber ในชั่วโมงที่ 0 ถึง 72 หลังการบ่มพบว่าหญ้ากินนีสด และหญ้ากินนีหมักมีค่าสูงกว่า หญ้ากินนีแห้งมีค่าสูงกว่าฟางหมักยูเรีย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ค่าคงที่ A ของการย่อยได้ neutral detergent fiber ของหญ้ากินนีสดมีค่าสูงกว่า หญ้ากินนีหมัก หญ้ากินนีแห้งและฟางหมักยูเรีย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในขณะที่ หญ้ากินนีหมัก หญ้ากินนีแห้งและฟางหมักยูเรีย มีค่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ค่าคงที่ B และค่า A+B ของการย่อยได้ neutral detergent fiber ของหญ้ากินนีสดและหญ้ากินนีหมัก มีค่าสูงกว่าหญ้ากินนีแห้งและฟางหมักยูเรีย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนค่าคงที่ c ของแต่ละชนิดพบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ค่า Effective degradability ที่ flow rate 0.02, 0.05 และ 0.08 fraction/ชั่วโมง ของ neutral detergent fiber ของหญ้ากินนีสดและหญ้ากินนีหมัก มีค่าสูงกว่าหญ้ากินนีแห้งและฟางหมักยูเรีย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 3.4 ความสามารถในการย่อยได้ neutral detergent fiber ของแหล่งอาหารหยาบ

	หญ้ากินนีสด	หญ้ากินนีหมัก	หญ้ากินนีแห้ง	ฟางหมักยูเรีย	SEM
NDF degradability (%) at hr					
0	20.0a	16.5b	17.0b	16.4b	1.43
2	24.7a	24.1a	18.7b	18.5b	1.64
4	32.7a	30.7a	25.1b	26.7b	2.02
8	39.5a	40.3a	34.9b	35.2b	2.12
12	49.6a	48.7a	41.1b	41.7b	2.36
24	55.8a	56.0a	52.2b	53.1b	2.55
48	63.3a	62.7a	58.6b	59.1b	2.63
72	71.3a	69.9b	61.2b	60.8b	2.72
ค่าคงที่					
A	19.8a	18.5b	18.2b	17.9b	1.21
B	48.8a	47.1a	44.2b	44.6b	1.44
c	0.035	0.034	0.030	0.029	0.002
A+B	68.6a	65.6a	62.4b	62.5b	2.33
Effective degradability at flow rate					
0.02	47.6a	46.3a	42.6b	43.0b	2.34
0.05	38.8a	37.2a	31.7b	32.2b	2.22
0.08	31.1a	31.0a	27.4b	27.1b	2.12

ความสามารถในการย่อยได้วัตถุแห้งของแหล่งโปรตีนไหลผ่าน

ตารางที่ 3.5 ความสามารถในการย่อยได้วัตถุแห้งของแหล่งโปรตีนไหลผ่าน

	กากถั่วเหลือง	กากมะพร้าว	กากปาล์ม	กากทานตะวัน	SEM
DM degradability (%) at hr					
0	22.5a	18.2b	18.0b	18.6b	1.61
2	38.7a	36.9ab	32.7b	31.9b	2.18
4	48.7a	46.4ab	37.2b	36.8b	2.53
8	60.3a	54.9b	53.7b	52.8b	2.71
12	68.7a	61.5b	59.4b	57.2b	2.77
24	73.9a	70.8ab	67.8b	68.8b	2.64
48	77.5a	75.9a	71.5b	72.0b	2.81
72	81.2a	78.3b	77.8b	78.1b	2.96
ค่าคงที่					
A	21.3a	16.9b	17.8b	17.3b	1.65
B	67.4a	58.2b	57.9b	56.8b	2.87
c	0.041	0.038	0.038	0.038	0.002
A+B	88.7a	75.1b	75.7b	74.1b	2.79
Effective degradability at flow rate, fraction/hr					
0.05	56.8a	50.2b	49.8b	48.6b	2.42

ความสามารถในการย่อยได้วัตถุแห้งของแหล่งโปรตีนไหลผ่าน (ตารางที่ 3.5) ได้แก่ กากถั่วเหลือง กากมะพร้าว กากปาล์ม และกากทานตะวัน พบว่าในชั่วโมงที่ 0, 8, 12 และ 72 หลังการบ่ม ของ กากถั่วเหลือง มีค่าสูงกว่ากากมะพร้าว กากปาล์ม และกากทานตะวัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และในส่วนของ กากมะพร้าว กากปาล์ม และกากทานตะวัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ในชั่วโมงที่ 2, 4 และ 24 หลังการบ่ม พบว่า กากถั่วเหลือง มีค่าสูงกว่า กากปาล์ม และกากทานตะวัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับกากมะพร้าว

ค่าคงที่ A, B, A+B และค่าศักยภาพการย่อยได้ของวัตถุแห้งของกากถั่วเหลือง มีค่าสูงกว่ากากมะพร้าว กากปาล์ม และกากทานตะวัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ความสามารถในการย่อยได้โปรตีนของแหล่งโปรตีนไหลผ่าน

ตารางที่ 3.6 ความสามารถในการย่อยได้โปรตีนของแหล่งโปรตีนไหลผ่าน

	กากถั่วเหลือง	กากมะพร้าว	กากปาล์ม	กากทานตะวัน	SEM
CP degradability (%) at hr					
0	24.5a	22.6ab	18.8b	18.3b	1.64
2	35.3a	33.6ab	29.7b	29.3b	2.11
4	45.2a	42.7ab	34.4b	33.8b	2.51
8	57.7a	51.4b	50.7b	50.8b	2.66
12	65.5a	58.9b	57.4b	57.7c	2.72
24	70.3a	67.3b	67.1b	66.8b	2.75
48	74.2a	71.9b	70.5b	71.4b	2.83
72	76.3a	72.1b	71.4b	70.9b	2.86
ค่าคงที่					
A	23.5a	22.1ab	18.9b	18.1b	1.67
B	64.6a	56.4b	55.9b	55.2b	2.73
c	0.037	0.035	0.035	0.034	0.002
A+B	88.1a	78.5ab	74.8b	73.3b	2.68
Effective degradability at flow rate					
0.05	52.7a	47.2b	46.8b	46.2b	2.25

ความสามารถในการย่อยได้โปรตีนของแหล่งโปรตีนไหลผ่าน (ตารางที่ 3.6) ได้แก่ กากถั่วเหลือง กากมะพร้าว กากปาล์ม และกากทานตะวัน พบว่าในชั่วโมงที่ 0, 2 และ 4 หลังการบ่มของกากถั่วเหลืองมีค่าสูงกว่ากากปาล์ม และกากทานตะวัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) กับกากมะพร้าว

ในชั่วโมงที่ 8, 12, 24, 48 และ 72 หลังการบ่ม พบว่า กากถั่วเหลืองมีค่าสูงกว่า กากมะพร้าว กากปาล์ม และกากทานตะวัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ค่าคงที่ A และ A+B ของกากถั่วเหลือง มีค่าสูงกว่า กากปาล์ม และกากทานตะวัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) กับกากมะพร้าว

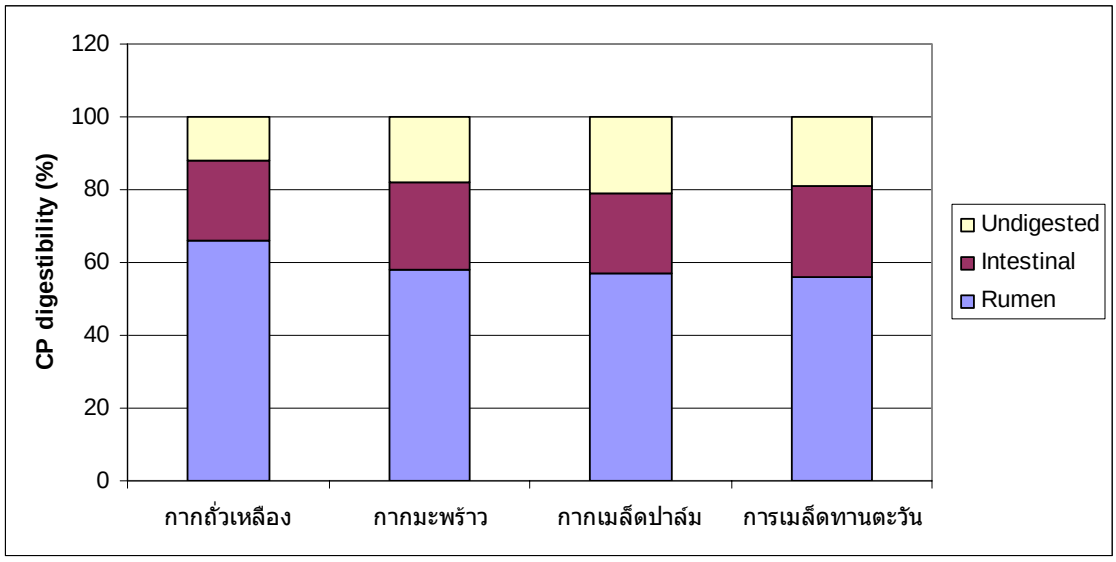
ค่าคงที่ B และค่าศักยภาพการย่อยได้ของโปรตีนของกากถั่วเหลือง มีค่าสูงกว่า กากมะพร้าว กากปาล์ม และกากทานตะวัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การย่อยได้โปรตีน (%) ของแหล่งโปรตีนไหลผ่านในรูเมนและลำไส้เล็ก

การย่อยได้โปรตีนของแหล่งโปรตีนไหลผ่าน (ตารางที่ 3.7 และ ภาพที่ 3.1) ในรูเมนและลำไส้เล็กของ กากถั่วเหลือง กากมะพร้าว กากปาล์ม และกากทานตะวัน ในรูเมนเป็นการบ่มในสัตว์เจาะกระเพาะที่เวลา 16 ชั่วโมง ส่วนการย่อยได้ของโปรตีนในลำไส้เล็กใช้เทคนิค three step ซึ่งเป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการ (*in vitro*)

ตารางที่ 3.7 การย่อยได้โปรตีน (%) ของแหล่งโปรตีนไหลผ่านในรูเมนและลำไส้เล็ก

	กากถั่วเหลือง	กากมะพร้าว	กากปาล์ม	กากเมล็ดทานตะวัน	SEM
การย่อยได้ของโปรตีน (%)					
ในรูเมน	66.2a	58.3b	57.1b	57.4b	2.29
ในลำไส้เล็ก	22.4b	24.1ab	22.5b	25.3a	0.75
ในรูเมน+ลำไส้เล็ก	88.6a	82.4ab	79.6b	82.7ab	1.94



ภาพที่ 3.1 ความสามารถในการย่อยได้โปรตีนในรูเมน ลำไส้เล็กและส่วนที่ย่อยไม่ได้ของแหล่งโปรตีนไหลผ่าน

การย่อยได้ของโปรตีนในรูเมนของแหล่งโปรตีน พบว่ากากถั่วเหลือง มีค่าสูงกว่า กากมะพร้าว กากปาล์ม และกากทานตะวัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การย่อยได้ของโปรตีนในลำไส้เล็กของแหล่งโปรตีน พบว่ากากถั่วเหลือง และกากปาล์ม มีค่าสูงกว่า กากทานตะวัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับกากมะพร้าว

การย่อยได้ของโปรตีนทั้งหมด (รูเมน+ในลำไส้เล็ก) ของแหล่งโปรตีน พบว่ากากถั่วเหลือง กากมะพร้าวและกากทานตะวัน มีค่าสูงกว่า กากปาล์ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ กากถั่วเหลือง กากมะพร้าวและกากทานตะวัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

บทที่ 4
บทสรุป

4.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาความสามารถในการย่อยได้ของโภชนะต่างๆ ในรูเมน ในแพะเจาะกระเพาะ ของแหล่งอาหารหยาบได้แก่ หญ้ากินนีสด หญ้ากินนีหมัก หญ้ากินนีแห้ง และฟางหมักยูเรียเพื่อให้สามารถคัดเลือกชนิดที่เหมาะสมในการนำไปใช้เลี้ยงแพะต่อไป ผลการวิจัยพบว่า ค่าศักยภาพในการย่อยได้ (A+B) วัตถุแห้งของหญ้ากินนีสดและหญ้ากินนีหมัก มีค่าสูงกว่าหญ้ากินนีแห้งและฟางหมักยูเรีย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ค่า Effective degradability ที่ flow rate 0.02, 0.05 และ 0.08 fraction/ชั่วโมง ของวัตถุแห้งของหญ้ากินนีสดมีค่าสูงกว่า ($p<0.05$) หญ้ากินนีหมัก, หญ้ากินนีหมักมีค่าสูงกว่า ($p<0.05$) หญ้ากินนีแห้ง, และหญ้ากินนีแห้งมีค่าสูงกว่าฟางหมักยูเรีย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ตามลำดับ ค่าคงที่ B และค่า A+B ของการย่อยได้ neutral detergent fiber ของหญ้ากินนีสดและหญ้ากินนีหมัก มีค่าสูงกว่าหญ้ากินนีแห้งและฟางหมักยูเรีย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนค่าคงที่ c ของแต่ละชนิดพบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ค่า Effective degradability ที่ flow rate 0.02, 0.05 และ 0.08 fraction/ชั่วโมง ของ neutral detergent fiber ของหญ้ากินนีสดและหญ้ากินนีหมัก มีค่าสูงกว่าหญ้ากินนีแห้งและฟางหมักยูเรีย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ความสามารถในการย่อยได้วัตถุแห้งของแหล่งโปรตีนไหลผ่าน ได้แก่ กากถั่วเหลือง กากมะพร้าว กากปาล์ม และกากทานตะวัน พบว่าในชั่วโมงที่ 0, 8, 12 และ 72 หลังการบ่มของ กากถั่วเหลือง มีค่าสูงกว่ากากมะพร้าว กากปาล์ม และกากทานตะวัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และในส่วนของ กากมะพร้าว กากปาล์ม และกากทานตะวัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ในชั่วโมงที่ 2, 4 และ 24 หลังการบ่ม พบว่า กากถั่วเหลือง มีค่าสูงกว่า กากปาล์ม และกากทานตะวัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับกากมะพร้าว ค่าคงที่ A, B, A+B และค่าศักยภาพการย่อยได้ของวัตถุแห้งของกากถั่วเหลือง มีค่าสูงกว่า กากมะพร้าว กากปาล์ม และกากทานตะวัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) การย่อยได้ของโปรตีนในรูเมนของแหล่งโปรตีน พบว่ากากถั่วเหลือง มีค่าสูงกว่า กากมะพร้าว กากปาล์ม และกากทานตะวัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) การย่อยได้ของโปรตีนในลำไส้เล็กของแหล่งโปรตีน พบว่ากากถั่วเหลือง และกากปาล์ม มีค่าสูงกว่า กากทานตะวัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับ กากมะพร้าว การย่อยได้ของโปรตีนทั้งหมด (รูเมน+ในลำไส้เล็ก) ของแหล่งโปรตีน พบว่ากากถั่วเหลือง กากมะพร้าวและกากทานตะวัน มีค่าสูงกว่า กากปาล์ม

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ กากถั่วเหลือง กากมะพร้าวและกากทานตะวัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

4.2 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาข้อมูลเบื้องต้น เพื่อตัดสินใจคัดเลือกวัตถุดิบอาหารสัตว์ได้แก่แหล่งอาหารหยาบที่มีศักยภาพสูงในการเลี้ยงแพะนม และกลุ่มโปรตีนไหลผ่านที่จะนำไปใช้เป็นแหล่งโปรตีนในแพะนมต่อไป อย่างไรก็ตามยังมีวัตถุดิบอาหารสัตว์อื่นที่น่าจะมีศักยภาพและสามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น วัตถุดิบแหล่งอาหารหยาบอื่น เช่น หญ้าเนเปียร์ หญ้าขน รวมทั้งหญ้าพื้นเมืองต่างๆ ซึ่งไม้ได้นำมาวิจัยในครั้งนี้ และยังมีแหล่งพืชตระกูลถั่วที่มีโปรตีนสูงกว่าตระกูลหญ้าควรจะต้องมีการวิจัยต่อไป และถ้าเป็นพืชที่ปลูกง่ายและเป็นพืชในท้องถิ่นจะสามารถลดต้นทุนค่าอาหารสัตว์ ซึ่งถือว่าเป็นต้นทุนที่แพงที่สุดในการเลี้ยงสัตว์

บรรณานุกรม

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.

Chanthai, S., M. Wanapat and C. Wachirapakorn. 1989. Rumen ammonia-N and volatile fatty acid concentrations in cattle and buffalo given rice straw-based diets. In:Proc. 7th AFAR Int. Workshop. (Ed. R.M. Dixon), IDP Canberra, Australia. 191-195.

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.

Kanjanapruthipong, J. and R.A. Leng. 1998. The effects of dietary urea on microbial populations in the rumen of sheep. Asian-Aus. J. Anim. Sci. 11:661-672.

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.

Ørskov, 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.

ภาคผนวก ก

<u>การเผยแพร่ผลงานวิจัยในระดับชาติ และนานาชาติ</u>

1. Paengkoum, P., S. Sornnok and W. Suksombat. 2004. Effect of high temperature treated of sunflower seeds on intertinal digetibiligy using *in vitro* technique. In : Proc 11th The Asian-sustralasian Association of Animal Production (AAAP) Congress, 5-9th September 2004. Kuala Lumpur, Malaysia.
2. Paengkoum, P. 2004. Using rumen degradation model to evaluate microbial protein yield and intestinal digestion of grains in cattle. In : Proc 6th International Workshop Modelling Nutrient Utilisation in Farm Animals, 6-8th September 2004. Wageningen, the Netherlands.
3. Pramote Paengkoum and Somnuk Sornnok. Various time and temperature treatments of full-fat soybeans on intestinal digestibility in iuminants. International Symposium on Animal and Plant Production for Food and Environmental Security. 9-11 Aug 2004, Bangkok, Thailand. 2004: p 65-67.

ประวัติผู้วิจัย

1. ข้อมูลส่วนตัว

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

วันเกิด 29 กุมภาพันธ์ 2515 **ตำแหน่งปัจจุบัน** : อาจารย์

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

2. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบันการศึกษา	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

Wanapat, M., S. Chumpawadee and **P. Paengkoum**. 2000. Utilization of urea-treated rice straw and whole sugar cane crop as roughage sources for dairy cattle during the dry season. AJAS. 13 (4): 474-477.

Paengkoum, P., J.B. Liang, M. Basery and Z.A. Jelan. 2001. Ruminal and intestinal digestibilities of oil palm (Elaeis guineesis) fronds in cattle. Songklanakarin J. Sci. Technol. 23 (2): 343-350.

Paengkoum, P., J.B. Liang, M. Basery and Z.A. Jelan. 2001. Ruminal and intestinal digestibilities of protein foliages in crossbred cattle. Chiang Mai J. Sci. 28: 45-49.

Paengkoum, P., J.B. Liang, M. Basery and Z.A. Jelan. 2001. Ruminal and intestinal digestibility of Leucaena foliage (Leucaena leucocephala) and kenaf foliage (Habiscus cannabinas) in cattle. Suranaree J. Sci. Technol. 8: 154-159.

4. รางวัลที่เคยได้รับ (ด้านวิชาการโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่เกี่ยวกับงานวิจัย):

1. รางวัลชนะเลิศ การนำเสนอผลงานวิชาการนานาชาติ เรื่อง

"Pramote Paengkoum and Somnuk Sornnok. Various Time and Temperature Treatments of full-fat soybeans on Intestinal digestibility in Ruminants. *International Symposium on Animal and Plant Production for Food and Environmental Security*. 9-11 Aug 2004, Bangkok, Thailand. 2004: p 65-67."

2. รางวัลรองชนะเลิศอันดับที่สอง การนำเสนอผลงานวิชาการระดับชาติ เรื่อง "Effect of high temperature treated of cassarea on ruminal degradability of dairy cattle" ณ สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรสกลนคร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ระหว่างวันที่ 17-19 ก.พ.2548.