การศึกษาคุณค่าทางอาหารและการย่อยได้ของเปลือกกล้วยน้ำว้า (*Musa sapientum L.*)

สุญาณี แสนเศษ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์

ชื่อเรื่อง

การศึกษาคุณค่าทางอาหารและการย่อยได้ของเปลือกกล้วยน้ำว้า (*Musa sapientum L.*)

โดย

สุญาณี แสนเศษ

พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการที่ปรึกษา .....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ)

วันที่ 29 เดือน มี.ค. พ.ศ. 55

กรรมการที่ปรึกษา .....

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมปอง สรวมศิริ)

วันที่ 29 เดือน มี.ค. พ.ศ. 55

กรรมการที่ปรึกษา .....

(รองศาสตราจารย์ ดร.สกล ไข่คำ)

วันที่ 29 เดือน มี.ค. พ.ศ. 55

ประธานกรรมการประจำหลักสูตร .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรินทร์ ทองวิทยา)

วันที่ 29 เดือน มี.ค. พ.ศ. 55

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จำเนียร ยศราช)

ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา

วันที่ 30 เดือน มี.ค. พ.ศ. 2555

ชื่อเรื่อง	การศึกษาคุณค่าทางอาหารและการย่อยได้ของเปลือกกล้วยน้ำว้า (*Musa sapientum L.*)
ชื่อผู้เขียน	นางสาวสุญาณี แสนเศษ
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์
ประธานกรรมการที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงคุณค่าทางอาหารและการย่อยได้ของเปลือกกล้วยน้ำว้าเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง แบ่งออกเป็น 2 การทดลองดังนี้คือ การทดลองที่ 1 การปรับปรุงคุณภาพเปลือกกล้วยน้ำว้าสุกหมักด้วยยูเรียและกากน้ำตาล โดยศึกษาหาระดับความเข้มข้นของยูเรีย, กากน้ำตาล และระยะเวลาที่เหมาะสมในการหมักเปลือกกล้วยน้ำว้าสุกรวมขั้วด้วย 3 X 3 X 4 แฟคเทอร์เรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ คือ ปัจจัยที่ 1) กากน้ำตาล 3 ระดับ คือ 0, 2.5, 5 % (ของน้ำหนักสด) ปัจจัยที่ 2) ยูเรีย 3 ระดับ คือ 0, 3, 6 % (ของน้ำหนักสด) ปัจจัยที่ 3) ระยะเวลาการหมัก 4 ระยะ คือ 7, 14, 21, 28 วัน โดยประเมินคุณภาพพืชหมักและทดสอบการย่อยได้ด้วยวิธี *In vitro* DM digestibility ผลการทดลองพบว่า เกิดการเน่าเสียของเปลือกกล้วยหมักที่ไม่เสริมหรือเสริมด้วยกากน้ำตาลเพียงอย่างเดียว และระยะเวลาหมัก 28 วัน มีคะแนนประเมินคุณภาพสูงสุดคือ 11.56 จัดอยู่ในระดับปานกลาง เปลือกกล้วยหมักด้วยยูเรีย 3% ร่วมกับกากน้ำตาล 2.5 หรือ 5% และหมักด้วยยูเรีย 6% ร่วมกับกากน้ำตาล 5% นาน 28 วันมีค่าการย่อยได้สูงที่สุด (72.51, 70.58 และ 70.30% ตามลำดับ) ($P<0.05$)

การทดลองที่ 2 ศึกษาการใช้เปลือกกล้วยหมักเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยใช้แพะลูกผสมพันธุ์ซาแนน เพศเมีย อายุ 3-8 เดือน จำนวน 12 ตัว แบ่งเป็น 4 กลุ่มการทดลอง ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) คือ ฟางหมักยูเรีย 6% นาน 21 วัน (T1) และเปลือกกล้วยหมักยูเรีย 3% กับกากน้ำตาล 2.5% (T2) หรือหมักยูเรีย 3% กับกากน้ำตาล 5% (T3) หรือหมักยูเรีย 6% กับกากน้ำตาล 5% (T4) แพะทดลองถูกเลี้ยงในกรงขังเดี่ยว ซึ่งมีระยะเวลาปรับตัวสำหรับอาหารทดลองเป็นเวลา 14 วัน และเก็บข้อมูลเป็นเวลา 7 วัน โดยวัดปริมาณการกินได้ การย่อยได้ด้วยวิธี Total fecal collection และเก็บตัวอย่างเลือดก่อนการให้อาหาร และหลังให้การอาหาร 4 ชั่วโมงในวันสุดท้ายของการทดลอง เพื่อวิเคราะห์ความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือด ความเข้มข้นของกลูโคสในเลือด และค่าปริมาตรเม็ดโลหิตแดงที่อัดแน่นในเลือด ผลการทดลองพบว่ากลุ่ม T1 มีปริมาณการกินได้ในรูปของวัตถุแห้งและพลังงานย่อยได้สูงกว่า T2, T3 และ T4 อย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่กลุ่ม T4 มีปริมาณการกินอาหารในรูปของโปรตีนย่อยได้และพลังงานย่อยได้ต่ำที่สุด ($P<0.05$) สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ พลังงาน NDF และ ADF ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ยกเว้นกลุ่ม T2 ที่มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนมากกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) คือ 91.01% แพะมีสุขภาพปกติ โดยมีค่าโลหิตวิทยาอยู่ในช่วงปกติยกเว้น T4 ซึ่งเป็นผลจากการได้รับยูเรียสูงเกินไป 6 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสด (20 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) โดยค่าปริมาตรเม็ดโลหิตแดงที่อัดแน่นในกระแสเลือดเฉลี่ย 37.17, 40.34, 38.25 และ 41.00% ค่าความเข้มข้นของยูเรีย - ไนโตรเจน มีค่าเฉลี่ย 21.55, 26.10, 27.77 และ 39.17 mg/dl และค่าความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดเฉลี่ย 47.59, 58.67, 52.67 และ 60.00 mg/dl ในกลุ่ม T1, T2, T3 และ T4 ตามลำดับ

ถึงแม้ว่าแพะจะไม่มีปัญหาสุขภาพก็ตาม แต่พบว่าแพะทดลองมีปริมาณการกินได้ค่อนข้างต่ำกว่า NRC (1981) แนะนำไว้ ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณความชื้นสูงประกอบกับระดับยูเรียที่สูงเกินไปในกลุ่มเปลือกกล้วยหมัก ดังนั้นจึงควรทำการศึกษาหาวิธีลดความชื้นของเปลือกกล้วยก่อนการหมัก หรือใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทฟางข้าวหรือรำข้าวในการดูดซับความชื้นจากเปลือกกล้วย

Title Study on the Nutritive Value and Digestibility of Banana Peels (*Musa sapientum L.*)

Author Miss Suyanee Saensed

Degree of Master of Science in Animal Science

Advisory Committee Chairperson Associate Professor Dr. Yanin Opatpatanakit

ABSTRACT

This study which was conducted to improve the nutritive value and digestibility of banana peels as ruminant feed, was divided into 2 experiments. The first experiment was on the improvement of the nutritive value of banana peels ensiled with urea and molasses and was conducted using different eoncentration levels of urea and molasses, including the appropriate time for ensiling with a 3x3x4 factorial in eompletely randomized design involving factors such as : (1) molasses (0, 2.5, and 5%); (2) urea (0, 3and 6%); and (3) ensiling period (7, 14, 21 and 28 days). The quality of silage and digestibility were examined using the *in vitro* DM digestibility. Results showed that rotting occured among banana peels ensiled with molasses only or with no preservative at all. Evaluation of silage quality showed that banana peels ensiled for 28 days had the highest score (11.56) which was classified as medium level of quality. Based on *in vitro* DM digestibility, 3 from 36 treatments showed highest digestibility: 3% urea plus 2.5% molasses, or 5% and 6% urea plus 5% molasses ensiled for 28 days (72.51, 70.58 and 70.30%, respectively) ($P<0.05$).

The second experiment was conducted to study the use of ensiled banana peel as a ruminant feed. Twelve female crossbred Saanen goats aged 3-8 months, were fed 4 feed treatments in a CRD, as follow: 1) 6% urea treated rice straw (T1); 2) banana peel treated with 3% urea and 2.5% molasses (T2); 3) banana peel treated with 3% urea and 5% molasses (T3); 4) banana peel treated with 6% urea and 5% molasses (T4). Goats were kept individually in metabolic crate on a 14 day adaptation period and 7 days of data collection. Feed intake and apparent digestibility were determined according to method of total fecal collection. Blood samples were collected at 0 and 4 hours after feeding in the last day of experiment for blood urea-nitrogen (BUN), glucose and packed cell volume (PCV). Results showed that T1 goats had

higher DM and DE intakes than in T2, T3 และ T4, whereas, T4 had the lowest DP and DE intakes ($P<0.05$). There was no significant difference in apparent digestibilities of DM, OM, energy, NDF and ADF ($P>0.05$), however, T2 had the highest CP digestibility (91.01%) than the others ($P<0.05$). All goats had good health as shown by blood parameters in the normal ranges except in T4 which received urea at more than 6% of the body weight (20% of dry weight). PCV averaged 37.17, 40.34, 38.25 and 41.00%, BUN averaged 21.55, 26.10, 27.77 and 39.17 mg/dl and blood glucose averaged 47.59, 58.67, 52.67 และ 60.00 mg/dl in T1, T2, T3 and T4, respectively.

Even though goats had no serious health problem, they were found to have lower intake as compared to NRC (1981) recommendation. This was because of high moisture content in banana peel and high level of urea application in ensiled banana peels. Therefore, it is necessary to find how to reduce moisture content of banana peel before ensiling or instead use feedstuffs such as rice straw or rice bran for moisture absorption.

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ซึ่งได้ให้คำแนะนำในการวางแผนการดำเนินงานทดลอง ตลอดจนช่วยสนับสนุนวัสดุอุปกรณ์ รวมทั้งทุนวิจัยในการดำเนินงาน ตรวจสอบแก้ไข จนกระทั่งงานทดลองสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.สมปอง สรวมศิริ และ รศ.ดร.สกล ไข่คำ กรรมการที่ปรึกษา ที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือในงานทดลองจนสำเร็จเป็นวิทยานิพนธ์อย่างสมบูรณ์

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่และครอบครัว ที่คอยเป็นกำลังใจและสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการศึกษาเล่าเรียนมาตลอดและขอบคุณรุ่นน้องทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจและช่วยเหลือตลอดระยะเวลาในการศึกษา ขอบคุณเจ้าหน้าที่ฟาร์มที่คอยช่วยเหลือให้คำแนะนำ

สุญาณี แสนเศษ

พฤษภาคม 2555

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
ABSTRACT	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญ	(8)
สารบัญตาราง	(10)
สารบัญภาพ	(12)
สารบัญตารางผนวก	(13)
สารบัญภาพภาคผนวก	(15)
บทที่ 1 บทนำ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
ขอบเขตของการวิจัย	2
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	3
กล้วย	3
กล้วยน้ำว้า	3
คุณค่าทางอาหารและประโยชน์ของกล้วย	3
การปรับปรุงคุณภาพอาหารหยาบ	19
แนวทางการปรับปรุงคุณภาพอาหารหยาบด้วยยูเรียและกากน้ำตาล	20
พืชหมัก (Silage)	27
การประเมินคุณค่าทางอาหารสัตว์และวิธีหาการย่อยได้ของโภชนะในสัตว์เคี้ยวเอื้อง	29
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	36
ระยะเวลาที่ทำการวิจัย	36

สถานที่ทำการวิจัย 36
การทดลองที่ 1 36
การทดลองที่ 2 41
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง 45
ผลการทดลอง 45
วิจารณ์ผลการทดลอง 59
บทที่ 5 สรุป และข้อเสนอแนะ 67
บรรณานุกรม 69
ภาคผนวก 79
ภาคผนวก ก ตารางภาคผนวก 80
ภาคผนวก ข ภาพภาคผนวก 88
ภาคผนวก ค ประวัติผู้วิจัย 91

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกล้วย (on dry matter basis)	6
2	องค์ประกอบทางเคมีของ ใบ ปลีกล้วย และหยวกกล้วย	7
3	องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกล้วยสด	8
4	ส่วนประกอบของสูตรอาหารทดลอง	11
5	คุณค่าทางโภชนะของเปลือกกล้วยน้ำว้าดิบ เปลือกกล้วยน้ำว่าห่าม และเปลือกกล้วยน้ำว้าสุกในสุกรรุ่น	12
6	การย่อยได้ในกระเพาะรูเมน การย่อยได้ในหลอดทดลอง ปริมาณพลังงาน และปริมาณการกินได้ของกล้วยแต่ละส่วน	13
7	การย่อยได้*(in vitro*, %) ของวัตถุแห้ง และเยื่อใยของหยวกในกระเพาะรูเมนของแพะ	14
8	การเจริญเติบโตของโคสาวที่ได้รับการเสริมเปลือกกล้วยหมักในอัตราส่วนต่างกัน	15
9	ค่าเฉลี่ยของปริมาณการกินได้วัตถุแห้งต่อกิโลกรัม, อัตราการเจริญเติบโต (ADG) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร (feed DM/unit gain) ในระดับต่างๆของการให้หยวกกล้วยแห้งบด (DBS) ในระยะทดลอง 60 วัน	16
10	ส่วนประกอบของอาหารข้น (%) (การทดลองที่ 1)	17
11	ผลของการเสริมด้วยอาหารข้นที่แตกต่างกัน 3 ชนิด ต่อการให้นมและการกินได้ของโคนมที่ปล่อยแทะเล็มในทุ่งหญ้า (หน่วยต่อตัวต่อวัน) (การทดลองที่ 1)	17
12	ผลสรุปของการให้กล้วยบดเป็นอาหารข้น หรือ การให้ข้าวโพดเป็นอาหารข้น ในโคระยะให้นม	18
13	ส่วนประกอบของสารละลายที่ใช้ในการทดลอง	41
14	องค์ประกอบทางโภชนะของ เปลือกกล้วยดิบรวมขั้ว เปลือกกล้วยสุก และขั้วกล้วยสุก (DM basis)	45
15	ผลการประเมินคุณภาพพืชอาหารหมักทางกายภาพ	50

16	ผลการย่อยได้ในรูปวัตถุแห้งของเปลือกกล้วยหมักที่ระยะเวลา 7, 14, 21 และ 28 วัน	51
17	อิทธิพลของยูเรียต่อค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งโดยวิธี *in vitro* DM digestibility	52
18	อิทธิพลของกากน้ำตาลต่อค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งโดยวิธี *in vitro* DM digestibility	52
19	อิทธิพลของระยะเวลาต่อค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งโดยวิธี *in vitro* DM digestibility	52
20	องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง	54
21	ปริมาณการกินได้ในรูปโภชนะต่าง ๆ ในแพะแต่ละกลุ่มทดลอง	55
22	สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะในแต่ละกลุ่มทดลอง	56
23	ปริมาณโภชนะย่อยได้ที่แพะได้รับในแต่ละกลุ่มทดลอง	57
24	ค่าโลหิตวิทยาของแพะที่ได้รับอาหารทดลอง	58

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	เปลือกกล้วยน้ำว้าสุกรวมขั้วจากการแปรรูปที่ใช้ในการทดลอง	37
2	เปลือกกล้วยที่เน่าเสียที่ระยะหมัก 7 วัน	46
3	เปลือกกล้วยที่ไม่เน่าเสียที่ระยะหมัก 7วัน	47
4	เปลือกกล้วยที่เน่าเสียระยะหมัก 14 วัน	47
5	เปลือกกล้วยที่ไม่เน่าเสียที่ระยะหมัก 14 วัน	48
6	เปลือกกล้วยที่เน่าเสียที่ระยะหมัก 21 วัน	48
7	เปลือกกล้วยที่ไม่เน่าเสียที่ระยะหมัก 21 วัน	49
8	เปลือกกล้วยที่เน่าเสียที่ระยะหมัก 28 วัน	49
9	เปลือกกล้วยที่ไม่เน่าเสียที่ระยะหมัก 28 วัน	50

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางผนวก		หน้า
1	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์การย่อยได้วิธี *in vitro* DM digestibility ในรูปวัตถุแห้ง	81
2	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโปรตีน	81
3	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของพลังงาน	81
4	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง	81
5	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของอินทรียวัตถุ	82
6	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของไขมัน	82
7	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของเยื่อใย	82
8	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของ NDF	82
9	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของ ADF	83
10	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณการย่อยได้ของวัตถุแห้ง	83
11	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณการย่อยได้ของอินทรีวัตถุ	83
12	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณการย่อยได้ของโปรตีน	83
13	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณการย่อยได้ของพลังงาน	84
14	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณการย่อยได้ของเยื่อใย	84
15	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณการย่อยได้ของไขมัน	84
16	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณการย่อยได้ของ NDF	84
17	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณการย่อยได้ของ ADF	85
18	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณการกินได้ในรูปของโภชนะที่ย่อยได้ของวัตถุแห้ง	85
19	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณการกินได้คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว	85

20	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณการกินได้ในรูปของโภชนะที่ย่อยได้ของอินทรียวัตถุ	85
21	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณการกินได้ในรูปของโภชนะที่ย่อยได้ของโปรตีน	86
22	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณการกินได้ในรูปของโภชนะที่ย่อยได้ของพลังงาน	86
23	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณการกินได้ในรูปของโภชนะที่ย่อยได้ของไขมัน	86
24	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณการกินได้ในรูปของโภชนะที่ย่อยได้ของเยื่อใย	87
25	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณการกินได้ในรูปของโภชนะที่ย่อยได้ของ NDF	87
26	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณการกินได้ในรูปของโภชนะที่ย่อยได้ของ ADF	87

สารบัญภาพภาคผนวก

ภาพ		หน้า
1	กรงและอุปกรณ์ในการเก็บปัสสาวะและมูล	89
2	ลักษณะของถุงหมัก	89
3	ขั้นตอนการไล่อากาศออกจากถุงหมัก	90

บทที่ 1
บทนำ

อาหารหยาบ ซึ่งแต่เดิมนั้นใช้หญ้าสด จัดว่าเป็นอาหารหลักที่สำคัญอย่างยิ่งที่ใช้ในการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โค กระบือ แพะ และ แกะ เป็นต้น แต่เนื่องจากความผันแปรของฤดูกาลและการเลี้ยงสัตว์ที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้ขาดแคลนหญ้าสดโดยเฉพาะในฤดูแล้ง ดังนั้นจึงมีการใช้วัสดุเศษเหลือจากการเกษตร และอุตสาหกรรมเป็นแหล่งอาหารหยาบ เช่น ฟางข้าว ต้นข้าวโพดฝักอ่อน ข้าวโพด (เปลือก ซัง) เปลือกสัปปะรด อ้อย (ใบ ยอด ชานอ้อย) เป็นต้น ส่วนใหญ่มีคุณค่าทางอาหารค่อนข้างต่ำ จึงต้องนำไปปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีต่าง ๆ เช่น การหมักเสริมด้วยยูเรีย ทำให้เพิ่มโปรตีนหยาบของฟางข้าว จาก 3-4 เปอร์เซ็นต์ เป็น 7-9 เปอร์เซ็นต์ของสิ่งแห้ง รวมทั้งทำให้เพิ่มการย่อยได้ และเพิ่มการกินได้ของสัตว์ (เมธา, 2533)

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2554) รายงานว่าประเทศไทย มีการส่งออกกล้วยในรูปผลสดและกล้วยตากแห้ง 23,873 และ 1,005 ตันในปี 2552 และลดลงเหลือ 22,364 และ 431 ตัน ในปี 2553 ซึ่งจังหวัดที่มีการปลูกกล้วยในเขตภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดกำแพงเพชร พิษณุโลก อุตรดิตถ์ เชียงใหม่ โดยผลผลิตกล้วยที่ได้ใช้ในการบริโภคในรูปผลสด รวมทั้งกล้วยแปรรูปต่างๆ อาทิเช่น กล้วยตาก กล้วยอบแห้ง กล้วยกวน ข้าวเกรียบกล้วย เป็นต้น ซึ่งปัจจุบันอุตสาหกรรมการแปรรูปกล้วยมีอยู่อย่างแพร่หลายโดยใช้กล้วยน้ำว้าเป็นวัตถุดิบ ได้แก่ ในเขตอำเภอบางกระทุ่ม จังหวัดพิษณุโลก มีทั้งอุตสาหกรรมในครัวเรือน อุตสาหกรรมขนาดเล็กและอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรพระพุทธบาทป่ากล้วย อ.สะเมิง จ.เชียงใหม่ อย่างไรก็ตามพบว่า เศษเหลือจากอุตสาหกรรมแปรรูปกล้วยก่อให้เกิดปัญหาทางสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของประชาชนในชุมชน ทั้งนี้เพราะการแปรรูปกล้วยแต่ละครั้งจะมีเศษเหลือทิ้งคือ เปลือกกล้วยซึ่งมีน้ำหนักประมาณร้อยละ 25 ของน้ำหนักสดที่นำมาใช้ผลิต (วรรณภา, 2546) ชาวบ้านนำเปลือกกล้วยที่ถูกทิ้งไปทำเป็นปุ๋ยหมัก หรือใช้เป็นอาหารโค ในกรณีที่ใช้เป็นอาหารโคเนื่องจากโคจะกินเฉพาะเปลือกกล้วยสด หากกินเปลือกกล้วยไม่หมดภายในหนึ่งวันก็เกิดการเน่าเหม็น สัตว์จะไม่ยอมกินอีก เปลือกกล้วยเหล่านี้จึงถูกกองทิ้งไว้ทำให้เกิดปัญหามลภาวะด้านสิ่งแวดล้อม มีกลิ่นเน่าเหม็นและเป็นแหล่งเพาะเชื้อโรค หนอน และแมลงวัน ซึ่งเป็นพาหะของโรคต่างๆ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการใช้เปลือกกล้วยเป็นอาหารสัตว์ โดยศึกษาการหมักเปลือกกล้วยร่วมกับยูเรีย และกากน้ำตาล รวมทั้งวิธีการหมักที่เหมาะสม รวมทั้งความสามารถในการย่อยได้ของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ซึ่งจะเป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์จากเปลือกกล้วยในแง่ของอาหารหมักสำหรับ

ใช้เลี้ยงโคในช่วงที่ขาดแคลนอาหารหยาบ และยังช่วยลดปัญหามลภาวะที่เกิดจากการทิ้งเปลือกกล้วยได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. ศึกษาคุณค่าทางอาหารของเปลือกกล้วย ได้แก่ โปรตีน เยื่อใย ไขมัน เป็นต้น
2. ศึกษาวิธีการหมักที่เหมาะสมในการหมักเปลือกกล้วย
3. ศึกษาการย่อยได้ของเปลือกกล้วยหมักในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงคุณค่าทางอาหารของเปลือกกล้วย
2. ทำให้ทราบกรรมวิธีการหมักที่เหมาะสมสำหรับเปลือกกล้วย
3. ทำให้ทราบการย่อยได้ของเปลือกกล้วยหมักในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

ขอบเขตงานวิจัย

1. ศึกษาถึงคุณค่าทางอาหารและการย่อยได้ของเปลือกกล้วยในห้องปฏิบัติการโดยการเสริมยูเรียและกากน้ำตาลที่เหมาะสมในการหมัก

2. ศึกษาถึงความสามารถในการย่อยได้ของเปลือกกล้วยหมักในแพะ เพื่อเป็นข้อมูลในการนำไปใช้ประโยชน์จากเปลือกกล้วยสำหรับเป็นแหล่งอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

กล้วย (Banana)

กล้วย เป็นพืชล้มลุกขนาดใหญ่ มีอายุหลายปี อยู่ในตระกูล *Musaceae* เมื่อโตเต็มที่อาจมีความสูง 2-9 เมตร ใน Order Seitaminaeae ซึ่งมีอยู่หลาย Genus ด้วยกัน เช่น Musa, Heliconia, Curcuma และ Calathia กล้วยสกุลที่พบในประเทศไทยที่สามารถรับประทานได้มีหลายชนิด ได้แก่ กล้วยป่า กล้วยตานี กล้วยหก กล้วยไข่ กล้วยหอม กล้วยหักมุก และกล้วยน้ำว้า กล้วยเป็นพืชหนึ่งที่มีความสำคัญในชีวิตประจำวันเนื่องจากสามารถใช้ประโยชน์ได้เกือบทุกส่วน ในประเทศไทยนิยมบริโภคกล้วยทุกชนิดโดยเฉพาะกล้วยน้ำว้า นิยมนำมาเป็นอาหารเสริมสำหรับเด็กเนื่องจากมีรสหวาน มีคุณค่าทางอาหารสูงและย่อยง่าย นอกจากนี้ยังมีประโยชน์ในด้านสมุนไพรใช้เป็นยารักษาโรคหลายชนิด เช่นแก้ท้องผูก เป็นยาระบาย แก้เบาหวาน บำรุงน้ำนมมารดา ใช้เปลือกทาแก้มดกัด ยุงกัด และผื่นคัน เป็นต้น (เบญจมาศ, 2545)

กล้วยน้ำว้า (*Musa sapientum L.)*

เป็นพืชล้มลุกในสกุล *Musa* วงศ์ *Musaceae* กล้วยน้ำว้ามีลำต้นเทียมสูงไม่เกิน 3.5 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 15 เซนติเมตร กาบลำต้นด้านนอกสีเขียวอ่อน มีประดำเล็กน้อย ด้านในสีเขียวอ่อน ก้านใบมีร่องค่อนข้างแคบ เส้นกลางใบสีเขียวอมชมพู ก้านช่อดอกไม่มีขน ใบประดับรูปไข่ค่อนข้างป้อม ม้วนงอขึ้นปลายมน ด้านบนสีแดงอมม่วงมีนวล ด้านล่างสีแดงเข้ม เครือห้อยลง เครือหนึ่งมี 7-10 หวี หวีหนึ่งมี 10-16 ผล กล้วยน้ำว้าปลูกทั่วประเทศไทย รับประทานกันมากในทุกๆภาค (เบญจมาศ, 2545)

คุณค่าทางอาหารและประโยชน์ของกล้วย

1. การใช้ประโยชน์จากส่วนต่างๆของกล้วย

กล้วยสามารถใช้ประโยชน์ได้จากทุกส่วนของลำต้น เป็นพืชที่มีความเกี่ยวข้องกับวิถีชีวิตของคนไทยมายาวนาน ทั้งทางด้านความเชื่อ พิธีกรรม ศาสนา ขนบธรรมเนียม ประเพณีอาทิ ในความเชื่อแบบพราหมณ์เชื่อว่ากล้วยเป็นสัญลักษณ์แห่งความอุดมสมบูรณ์ จึงนำกล้วยมาเป็นส่วนประกอบในพิธีมงคลต่างๆ เช่น พิธีสมรส พิธีสืบชะตา (ชาวเหนือ) พิธีพุทธาภิเษกและนำเครือกล้วยสุกมาประดับในพิธีเทศน์มหาชาติหรือนำกล้วยสุกมาทำเป็นข้าวต้มมัดใช้ในพิธีกรรมต่างๆหรือเป็นประเพณีท้องถิ่น เช่น ประเพณีโยนข้าวต้มมัด ใบกล้วยเป็นใบพืชที่มีขนาดใหญ่ที่

เรียกว่า "ใบตอง" มีความเหนียว ทนความร้อนได้ดี และมีความคงทนจึงนิยมนำมาห่ออาหาร เช่น ห่อแหนม ห่อขนมต่างๆ หรืออาจใช้ใบกล้วยทำงานประดิษฐ์ต่างๆเช่น ทำบายศรี ทำกระทง หรือทำกรวยใส่ดอกไม้ถวายพระ (ภาคอีสาน) ใบแห้งนำมามวนบุหรี่สูบ ในสมัยโบราณนิยมนำก้านกล้วยมาทำเป็นของเล่นที่เรียกว่า "ม้าก้านกล้วย" ส่วนของรากและเหง้าตามตำรายาสมุนไพรของไทย จีน และอินเดีย ใช้รักษาโรคเบาหวาน ลำต้นซึ่งเป็นกาบใบมารวมตัวกันนำมาเป็นอาหารสัตว์ และใช้ทำกระทง ในประเทศฟิลิปปินส์นำกาบของต้นกล้วยชนิดหนึ่งมาทำเป็นเชือกที่เรียกว่า "เชือกป่าน" ที่มีความทนทานและสามารถนำมาถักทอเป็นผลิตภัณฑ์ได้อีกมากมาย แกนของลำต้นที่เรียกว่า "หยวกกล้วย" สามารถนำมาปรุงอาหารคาวที่มีรสชาติอร่อย ช่อดอกที่เรียกว่า "ปลีกล้วย" สามารถนำมารับประทานสดเป็นเครื่องเคียง หรือนำมาปรุงเป็นอาหาร เช่น แกงปลีกล้วย ส่วนของผลกล้วยสามารถนำมารับประทานได้ตั้งแต่ผลอ่อนจนถึงผลสุก ผลอ่อนนิยมนำมาเป็นเครื่องเคียง ผลแก่นำมาต้ม ทอด ปิ้ง มีรสชาติอร่อย และนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ อาทิ กล้วยทอดกรอบ กล้วยฉาบ ทำเป็นแป้งกล้วยใช้ทำขนมชนิดต่างๆ ได้ ส่วนผลสุกเป็นผลไม้ที่คนไทยนิยมรับประทานเนื่องจากรสชาติหอม หวาน อร่อย ให้คุณค่าทางโภชนะสูง ย่อยง่ายเหมาะสำหรับทุกวัย โดยเฉพาะในวัยทารกมีการนำกล้วยสุกงอมมาบดป้อนทารก นำมาทำเป็นขนมหวาน เช่น กล้วยบวดชี กล้วยเชื่อม หรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้มากมาย เช่นกล้วยตากแห้ง ส่วนเปลือกกล้วยที่เหลือจากการแปรรูปกล้วยก็นำมาเป็นอาหารสัตว์ (เบญจมาศ, 2545)

2. องค์ประกอบทางโภชนะของเนื้อและเปลือกกล้วย

Suntharalingam and Ravindran (1993) ทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของแป้งกล้วยดิบ 2 ชนิดคือ กล้วยพันธุ์ Alukehel และ พันธุ์ Monthan พบว่ากล้วยมีแป้งประมาณ 25.5 และ 31.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีค่าระหว่าง pH 5.4-5.7 เมื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีพบว่ามีโปรตีน 3.2 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 1.3 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 3.7 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยที่ละลายในด่าง (NDF) 8.9 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยที่ละลายในกรด (ADF) 3.8 เปอร์เซ็นต์ เซลลูโลส (cellulose) 3.1เปอร์เซ็นต์ ลิกนิน (lignin) 1.0 เปอร์เซ็นต์ และเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) 5.5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนประกอบของคาร์โบไฮเดรตประกอบด้วย แป้ง (starch) 70 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาล (soluble sugar) 2.8 เปอร์เซ็นต์ และโพลิแซคคาร์ไรด์ที่เป็นโครงสร้าง (non-starch polysaccharide) 12.0 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังอุดมไปด้วยโปแตสเซียมและวิตามินซี แต่จะสูญเสียไปในกระบวนการผลิตแป้งถึง 65เปอร์เซ็นต์ Bakai *et al.* (1986) รายงานผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนะทางเคมีของกล้วยอัตเม็ด พบว่า มีความชื้น 9-12 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 8-14 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 1.5-2.5 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 17-19เปอร์เซ็นต์ และแคโรทีน 40-53 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ส่วน Rihs and

Isler (1977) รายงานผลวิเคราะห์พลังงานรวม (gross energy) ในกล้วยป่นพบว่ามีค่าเท่ากับ 4,100 kcal/kg ซึ่งมากกว่าผลวิเคราะห์ของ Velasco *et al.* (1983) ที่วิเคราะห์หาค่าพลังงานรวม (gross energy) ในกล้วยป่นพบว่ามีค่าเท่ากับ 3,425 kcal/kg กับ Dividich *et al.* (1976) รายงานว่า ผลกล้วยดิบและผลกล้วยสุกมีส่วนประกอบทางกายภาพแตกต่างกันคือ กล้วยดิบประกอบด้วยเปลือกกล้วย 20 เปอร์เซ็นต์ และ เนื้อกล้วย 80 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง สำหรับกล้วยสุกประกอบด้วยเปลือกกล้วย 18 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง และ เนื้อกล้วย 82 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้งและ Poyyamozhi and Kadirvel (1986) รายงานว่าหยวกกล้วยพันธุ์โรบัสต้ามี โปรตีน ไขมัน และเยื่อใย เท่ากับ 8.3, 4.1 และ 34.5 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง ตามลำดับ

ส่วนเปลือกกล้วยซึ่งเป็นเศษเหลือจากการแปรรูปผลกล้วย เมื่อนำมาทำแห้งแล้วป่นเป็นผงสามารถนำมาเป็นอาหารสัตว์ได้ จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนะในเปลือกกล้วยพบว่าเปลือกกล้วยมีปริมาณเยื่อใยและไขมันค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับเนื้อกล้วย จากการศึกษากล้วยในประเทศไทย พบว่าเปลือกกล้วยน้ำว้า มีโปรตีนประมาณ 5.29-6.20 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน6.66-11.99 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 8.52-12.08 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 9.90-16.30 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนฟรีแอกแทรกซ์ (NFE) 47.89-63.81 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม 0.31-0.60 เปอร์เซ็นต์ และฟอสฟอรัส 0.19-0.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ศิริโชค, 2535; ฉิฐิมา และคณะ, 2539; กุลยา, 2540) Sharma and Katoch (1981) และ Silverio *et al.* (1982) รายงานว่าเปลือกกล้วย และเปลือกกล้วยอบแห้งมี วัตถุแห้ง โปรตีน เยื่อใย และเถ้าน้อยกว่าเปลือกกล้วยที่ตากแห้ง แต่มีไขมัน ไนโตรเจนฟรีแอกแทรกซ์ แคลเซียม และฟอสฟอรัสมากกว่า เนื่องจากการตากแดดทำให้ความชื้นน้อยกว่า Anhwange (2008) ศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกล้วย (*Musa sapientum*) โดยทำการรวบรวมเปลือกกล้วยจากที่ต่าง ๆ ในประเทศไนจีเรีย นำไปทำให้แห้งอบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมงแล้วบด เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (ตาราง 1) พบว่ามีปริมาณของโปรตีนและไขมันต่ำ แต่มีคาร์โบไฮเดรตสูง Pieltain *et al.* (1999) รายงานองค์ประกอบทางเคมีของกล้วย (*Musa acuminate* L.) 3 ส่วน คือ ใบ ปลีกล้วย (raceme stem) และหยวกกล้วย ว่า ใบกล้วยมีปริมาณโปรตีน อินทรียวัตถุ และไขมัน สูงกว่าปลีกล้วยและหยวกกล้วย แต่หยวกกล้วยมี NDF สูงกว่าปลีกล้วยและใบ ในขณะที่ปลีกล้วยมีปริมาณเถ้าสูงกว่า ดังแสดงในตาราง 2

Detering and Cook (1979) ได้รายงานถึงองค์ประกอบของเปลือกกล้วยสดและเปลือกกล้วยอบแห้ง จากประเทศเอกวาดอร์ว่า เปลือกกล้วยสดจะมีความชื้นสูงกว่า ส่วนเปลือกกล้วยอบแห้งมีโปรตีน เยื่อใย ไขมัน เถ้า และ ไนโตรเจนฟรีแอกแทรกซ์ สูงกว่า ดังตาราง 3

ตาราง 1 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกล้วย (on dry matter basis)

ส่วนประกอบ (เปอร์เซ็นต์)	1	2	3	4	5	6
วัตถุแห้ง	84.59	96.14	93.70	91.79	91.62	90.01
โปรตีน	6.55	8.37	0.96	5.29	5.19	6.20
เยื่อใย	10.25	15.99	33.98	12.08	11.58	9.60
เถ้า	11.95	12.05	8.50	11.87	16.30	12.29
ไขมัน	8.50	6.03	1.82	11.99	10.66	10.70
ไนโตรเจนฟรีแอกแทรกซ์	62.65	52.69	54.13	50.54	47.89	50.88
แคลเซียม	0.41	-	-	0.60	0.37	0.35
ฟอสฟอรัส	0.22	-	-	0.23	0.28	0.25
อินทรียวัตถุ	-	-	90.89	-	-	-
แทนนิน	-	-	-	1.67	6.84	0.25
NDF	-	-	-	-	-	34.53
ADF	-	-	-	-	-	32.88
Cellulose	-	-	-	-	-	15.33
Hemicellulose	-	-	-	-	-	1.65
Lignin	-	-	-	-	-	16.65
พลังงานที่ย่อยได้ (cal/g)	-	-	-	-	2,775	-
พลังงานรวม (cal/g)	-	-	-	3,335	4,382	-

ที่มา : ดัดแปลงจาก 1 = Sharma and Katoch (1981), 2 = Silverio *et al.* (1982),
3 = Anhwange (2008), 4 = ศิริโชค (2535), 5 = ณิฐิมา และคณะ (2539), 6 = กุลยา (2540)

ตาราง 2 องค์ประกอบทางเคมีของใบ ปลีกล้วย และหยวกกล้วย

องค์ประกอบ	ใบ		หยวกกล้วย		ปลีกล้วย	
	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD
วัตถุแห้ง (ก./กก.น้ำหนักสด)	177	7.3	60	3.4	74	3.4
อินทรียวัตถุ (ก./กก.วัตถุแห้ง)	862	10.9	815	11.7	708	11.2
โปรตีนหยาบ (ก./กก.วัตถุแห้ง)	125	7.1	70	3.2	104	5.6
ไขมัน (ก./กก.วัตถุแห้ง)	59	2.2	35	1.1	40	1.7
NDF (ก./กก.วัตถุแห้ง)	585	8.7	623	10.3	449	8.0
เถ้าและNDF (ก./กก.วัตถุแห้ง)	505	7.5	560	9.1	425	6.4
ADF (ก./กก.วัตถุแห้ง)	348	6.6	384	7.6	303	6.7
เถ้า และADF(ก./กก.วัตถุแห้ง)	288	6.2	362	7.1	281	5.4
ADL(ก./กก.วัตถุแห้ง)	110	4.7	86	4.1	62	3.6
คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (ก./กก.วัตถุแห้ง)	173	5.3	150	4.9	139	4.1
แคลเซียม (ก./กก.วัตถุแห้ง)	16	1.4	6	0.2	2	0.1
ฟอสฟอรัส (ก./กก.วัตถุแห้ง)	1	0.3	0.5	0.1	5	0.2
แมกนีเซียม (ก./กก.วัตถุแห้ง)	4	0.4	6	0.5	1	0.1
พลังงานสุทธิ (MJ/กก.วัตถุแห้ง)	15.8	0.3	13.5	0.2	11.0	0.2

ที่มา : ดัดแปลงจาก Pieltain *et al.* (1999)

ตาราง 3 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกล้วยสด

องค์ประกอบ	เปอร์เซ็นต์	
	เปลือกสด	เปลือกอบแห้ง
ความชื้น	80.0	12.0
โปรตีน	1.0	4.3
เยื่อใย	1.0	3.0
ไขมัน	0.2	2.8
เถ้า	1.0	4.3
NFE	16.8	74.1

ที่มา : ดัดแปลงจาก Detering and Cook (1979)

3. สารแทนนินในกล้วย

แทนนิน คือ กลุ่มสารที่พบได้โดยทั่วไปในพืชเกือบทุกชนิด เป็นสารประกอบเชิงซ้อนพวกฟีนอลิก (phenolic compound) มีโครงสร้างสลับซับซ้อน แยกให้บริสุทธิ์ได้ยาก เนื่องจากไม่ตกผลึก ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปไกลโคไซด์ (glycoside) พบอยู่กระจายตามส่วนต่างๆของพืช ผักและผลไม้ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ ไฮโดรไลซ์เซเบิลแทนนิน (hydrolyzable tannins) และคอนเดนซ์แทนนิน (condensed tannins) ไฮโดรไลซ์เซเบิลแทนนินเป็นสารอนุพันธ์ (derivatives) ของกรดแกลลิค (gallic acid) มีโมเลกุลขนาดเล็กสามารถถูกสลายด้วยเอนไซม์ และละลายได้ในกรด-ด่าง กลายเป็นหน่วยย่อย 2 ชนิดที่สำคัญคือแกลโลแทนนิน (galloannins) และเอลลาจิแทนนิน (ellagitannins) เมื่อถูกไฮโดรไลซ์ด้วยกรดหรือน้ำย่อยจะได้ กรดเอลลาจิกและกรดแกลลิก คอนเดนซ์แทนนินหรือฟลาโวแทนนิน (flavo tannins) มีโมเลกุลขนาดใหญ่ จัดอยู่ในโพลีเมอริกโพลีฟีนอล (polymeric polyphenols) มีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 1,000 ขึ้นไป มีหน่วยย่อยเรียกว่า คาทิชิน (catechin) ซึ่งมีเพนทาไฮดรอกซีฟลาแวน (pentahydroxyflavan) เป็นส่วนประกอบไม่สามารถไฮโดรไลซ์ได้ด้วยกรดหรือด่าง แต่ละลายได้ดีในน้ำร้อน สารละลายแอลกอฮอล์ หรือสารละลายอะซีโตน เมื่อต้มกับกรดจะรวมตัวกันเป็นโพลีเมอร์เกิดเป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ มีรูปร่างไม่แน่นอนและมีสีแดง เรียกว่า Tannin-red หรือโฟลบาฟีน(phlobaphene) (Haslam, 1966)

การใช้ประโยชน์จากแทนนินส่วนใหญ่ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องหนังในการฟอกหนังเพื่อให้มีความคงทนสวยงาม ในทางเภสัชวิทยา แทนนินมีรสฝาด ยาแผนโบราณมักรวมสมุนไพรที่มีแทนนินไว้ในยาแก้ท้องเสีย และจากการค้นคว้าพบว่าแทนนินยังมีประโยชน์ด้านอื่นๆ

อีก คือใช้ในการป้องกันและรักษาแผลในกระเพาะอาหารและลำไส้ ยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ผลดังกล่าวอาจเนื่องมาจากการที่สารแทนนินมีคุณสมบัติในการทำปฏิกิริยากับธาตุเหล็กเกิดเป็นสารประกอบคีเลต (chelate) ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวนี้จะคล้ายกับการสร้าง siderophores ของเชื้อจุลินทรีย์ที่มีความสำคัญและจำเป็นในการจับธาตุเหล็กเพื่อนำไปใช้ในขบวนการต่างๆ โดยเฉพาะในขบวนการสร้างไรโบนิวคลีโอไทด์ (reduction of ribonucleotide) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ DNA และในขบวนการสร้างฮีม (heme) ของแบคทีเรีย (Scalbert, 1991) ดังนั้นการเกิดคีเลตระหว่างแทนนินกับธาตุเหล็กจึงเป็นการขัดขวางแบคทีเรียไม่ให้สามารถนำธาตุเหล็กไปใช้ประโยชน์ได้

สารแทนนินจะไม่ก่อพิษอันใดให้แก่ร่างกาย ยกเว้นการใช้มากเกินไปจะทำให้มีการยับยั้งการทำงานของลำไส้ ทำให้ท้องผูก กล้วยดิบมีแทนนินอยู่ประมาณ 1.52-1.66 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักแห้ง) (วีณา และอ้อมน้อย, 2533) Makkar (2000) รายงานว่าถ้ามีแทนนินในพืชอาหารสัตว์ต่ำกว่าหรือประมาณ 2-4 เปอร์เซ็นต์ จะเป็นประโยชน์ต่อสัตว์เคี้ยวเอื้อง ซึ่งมีพืชอาหารสัตว์หลายชนิดที่มีแทนนินอยู่ในระดับดังกล่าว หากมีการจัดการที่ดี เช่น จากมันเฮย์ (Wanapat *et al.*, 2001) สอดคล้องกับ วิภา และชิดชม (2537) ที่ทำการศึกษาการสกัดแทนนินจากเปลือกกล้วย รายงานว่าเปลือกกล้วยน้ำว้ามีระดับของแทนนิน 3.62 เปอร์เซ็นต์

4. การใช้กล้วยเป็นอาหารสัตว์

ปิ่น และคณะ (2543) รายงานว่า การเสริมเปลือกกล้วยหินป่นในนกกระทาเล็กและรุ่นในช่วงอายุ 0-6 สัปดาห์โดยใช้นกกระทาอายุ 1 วัน จำนวน 512 ตัว แบ่งเป็น 8 กลุ่ม ๆ ละ 4 ซ้ำ ที่ระดับ 0-35 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร พบว่าน้ำหนักเพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กิน และประสิทธิภาพการใช้อาหารตลอดการทดลองของนกกระทาที่ได้รับอาหารผสมเปลือกกล้วยหินป่นระดับ 0 ถึง 15 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่การเสริมในระดับที่มากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มทำให้น้ำหนักตัวลดลงแต่นกกินอาหารมากขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารด้อยลงและยังทำให้ต้นทุนค่าอาหารสูงขึ้น ส่วนอัตราการตายทุกกลุ่มเฉลี่ย 7.49 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

กุลยา (2540) ทำการทดลองเสริมเปลือกกล้วยในอาหารที่ระดับ 0-15 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการเสริมเปลือกกล้วยที่ระดับ 5-10 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารไก่ไม่ทำให้สมรรถนะการผลิตลดลง แต่การเสริมในระดับที่ 15 เปอร์เซ็นต์ทำให้สมรรถนะการผลิตลดลง

ศิริโชค (2535) รายงานว่าการเสริมกล้วยป่นระดับ 0, 10, 15, 20, 25 เปอร์เซ็นต์ในนกกระทาไม่ทำให้น้ำหนักตัวที่เพิ่มแตกต่างกัน แต่ประสิทธิภาพการใช้อาหารด้อยลง ส่วนการ

เสริมกล้วยป่น 15-35 เปอร์เซ็นต์ในอาหารไก่เนื้อ ทำให้น้ำหนักตัวที่เพิ่ม และประสิทธิภาพการใช้อาหารด้อยลง เมื่อเสริมเมทไธโอนินในสูตรอาหารทำให้สมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เนื้อดีขึ้น ดังนั้นการเสริมกล้วยติบผงในอาหารสัตว์และปรับระดับของโปรตีนจะช่วยทำให้สมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่ดีขึ้น

การทดลองของ Rios *et al.* (1975) ทำการทดลองให้เปลือกกล้วยในสภาพแห้งเป็นอาหารไก่ สุกร และหนู ในระดับ 10-50 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการใช้เปลือกกล้วยในสูตรอาหาร 20 เปอร์เซ็นต์ ไม่เป็นพิษต่อไก่ สุกร และหนูโดยมีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ไม่มีเปลือกกล้วย แต่ถ้าใช้เปลือกกล้วยในสูตรอาหารมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้การเจริญเติบโตลดลง

Longe *et al.* (1977) ทำการทดลองนำเปลือกกล้วยดิบป่นมาเลี้ยงไก่เนื้ออายุ 3-28 วัน พบว่าสามารถใช้ได้ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ เมื่อปรับระดับของโปรตีนในสูตรอาหารที่ 24 เปอร์เซ็นต์และพลังงานที่ 3.1 กิโลแคลอรีต่อกรัม พบว่าไม่ทำให้อัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

LIamas *et al.* (1979) รายงานว่าสามารถเสริมกล้วยทดแทนข้าวฟ่างได้ถึงระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ ในอาหาร โดยไม่ทำให้น้ำหนักตัวและประสิทธิภาพการใช้อาหารของไก่เนื้อลดลง สอดคล้องกับการทดลองของ Sethi (1983) ที่รายงานว่าการเสริมกล้วยติบป่นที่ระดับ 0-30 เปอร์เซ็นต์ ทดแทนข้าวฟ่างในสูตรอาหารไก่เนื้อช่วงอายุ 10-31 วัน ไม่ทำให้การเจริญเติบโตแตกต่างกัน

Velasco *et al.* (1983) ทำการทดลองใช้กล้วยป่นที่ระดับ 14 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารไก่กระทงช่วงอายุ 1-56 วัน โดยมีข้าวโพดเป็นวัตถุดิบหลัก พบว่าไม่มีผลต่อสมรรถนะการผลิตไก่เนื้อ แต่การเสริมกล้วยป่นในปริมาณที่เพิ่มขึ้นคือ 28 เปอร์เซ็นต์ ทำให้การเจริญเติบโตลดลงและประสิทธิภาพการใช้อาหารด้อยลง

Liao and Hsu (1985) รายงานจากการเสริมกล้วยดิบแผ่นดากแห้งในปริมาณ 6 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารไก่เนื้ออายุ 0-8 สัปดาห์ โดยมีข้าวโพดและกากถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบหลัก และปรับเปอร์เซ็นต์โปรตีนในสูตรอาหารทุกสูตรให้ได้ 20 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารและคุณภาพซากดีขึ้น

Sabutan (1996) รายงานว่าการเสริมเปลือกกล้วยในระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ทดแทนอาหารสำเร็จรูปในไก่เนื้อช่วงอายุ 12-42 วัน ทำให้น้ำหนักตัวเพิ่ม และประสิทธิภาพการใช้อาหารดีขึ้น และการเสริมเปลือกกล้วยดิบป่นในอาหารสัตว์ ทำให้สัตว์กินอาหารเพิ่มมากขึ้น 6 เปอร์เซ็นต์

ณิฐิมา และคณะ (2539) ได้ศึกษาคุณค่าทางโภชนะของเปลือกกล้วยน้ำว้าในสุกรรุ่น โดยใช้สุกรรุ่นเพศผู้ 20 ตัว แบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ๆ ละ 4 ตัว สุกรทุกตัวถูกแยกขังเดี่ยวในกรงเมดาบอลิค และให้อาหารทดลองกึ่งบริสุทธิ์ดังนี้ สูตรที่ 1 อาหารทดลองปราศจากโปรตีน (ใช้หาไนโตรเจนในร่างกายที่ขับออกมาก) สูตรที่ 2 อาหารทดลองที่ผสมกากถั่วเหลือง (ใช้เป็นอาหารเพื่อปรับสูตรอาหารทดลองเปลือกกล้วย) สูตรที่ 3 อาหารที่ผสมเปลือกกล้วยน้ำว้าดิบ สูตรที่ 4 อาหารทดลองที่ผสมเปลือกกล้วยน้ำว้าห่าม สูตรที่ 5 อาหารทดลองที่ผสมเปลือกกล้วยน้ำว้าสุก แสดงในตารางที่ 4 โดยพบว่า สูตร 3, 4 และ 5 มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรียวัตถุ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีน การใช้ประโยชน์ของพลังงานสุทธิ คุณค่าทางชีวภาพของโปรตีน พลังงานที่ย่อยได้และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าเปลือกกล้วยสุกจะมีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นดังแสดงในตาราง 5

ตาราง 4 ส่วนประกอบของสูตรอาหารทดลอง

วัตถุดิบ (กิโลกรัม)	อาหารทดลอง				
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร3	สูตร 4	สูตร 5
แป้งมัน	95.15	72.42	-	-	-
กากถั่วเหลือง	-	22.73	13.04	9.93	13.93
เปลือกกล้วยดิบ	-	-	82.11	-	-
เปลือกกล้วยห่าม	-	-	-	85.22	-
เปลือกกล้วยสุก	-	-	-	-	81.22
ไดแคลเซียมฟอสเฟต	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
เกลือ	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
น้ำมันพืช	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
พรีมิกซ์	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
รวม	100	100	100	100	100

ที่มา : ณิฐิมา และคณะ (2539)

ตาราง 5 คุณค่าทางโภชนะของเปลือกกล้วยน้ำว้าดิบ เปลือกกล้วยน้ำว้าห่าม และเปลือกกล้วยน้ำว้าสุกในสุกรรุ่น

	เปลือกกล้วยน้ำว้า		
	ดิบ	ห่าม	สุก
สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (เปอร์เซ็นต์)	78.71	82.23	84.11
สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	78.72	82.06	84.01
สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีน (เปอร์เซ็นต์)	74.76	79.39	84.00
การใช้ประโยชน์ของโปรตีน (เปอร์เซ็นต์)	59.06	64.96	66.85
คุณค่าทางชีวภาพของโปรตีน (เปอร์เซ็นต์)	55.92	70.34	73.07
พลังงานที่ย่อยได้(กิโลแคลอรี/กิโลกรัมวัตถุแห้ง)	2,922.00	3,393.00	3,553.00
พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้(กิโลกรัมแคลอรี่/กิโลกรัมวัตถุแห้ง)	2,775.00	3,211.00	3,377.00

ที่มา : ฉิฐิมา และคณะ (2539)

Shillingford (1971) รายงานว่า การเสริมกล้วยสุกร่วมกับอาหารที่มีกากมะพร้าว ดิบ ปลาป่น ในอัตราส่วน 8:1 ทำให้สุกรมีเนื้อแดงสูงขึ้น และยังพบว่าการเสริมกล้วยสุกทำให้การเจริญเติบโตสูงกว่าการเสริมกล้วยดิบ

Rihs *et al.* (1975) รายงานว่าการเสริมกล้วยป่นที่ระดับ 21 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารสุกรขุนระยะสุดท้าย ทำให้ปริมาณอาหารที่กินอาหารและการเจริญเติบโตสูงสุด และสามารถใช้ได้ถึง 42 เปอร์เซ็นต์โดยไม่มีผลต่อสมรรถนะการผลิต ส่วน Liao and Hsu (1985) รายงานว่าการเสริมกล้วยป่นที่ระดับ 15 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารสุกรขุนระยะสุดท้าย โดยไม่มีผลต่อสมรรถนะการผลิตและคุณภาพซาก

Silverio *et al.* (1982) รายงานว่าการเสริมเปลือกกล้วยป่นที่ระดับ 8, 16 และ 24 เปอร์เซ็นต์ทดแทนอาหารสำเร็จรูปของสุกรขุนช่วงน้ำหนัก 50-85 กิโลกรัมพบว่าสามารถทดแทนได้ถึงระดับ 16 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต การกินอาหาร และประสิทธิภาพการใช้อาหาร แต่การเสริมเปลือกกล้วยป่นในระดับ 24 เปอร์เซ็นต์ ทำให้สมรรถนะการผลิตลดลง

Pieltain *et al.* (1999) ทดลองหาปริมาณการกินได้ การย่อยได้ในกระเพาะรูเมน และการย่อยได้ในหลอดทดลอง (*in vitro*) ในส่วนของกล้วย 3 ชนิดคือ ใบกล้วย หยวกกล้วย ปลีกล้วย (raceme stem) โดยใช้แพะตัวผู้ ที่มีน้ำหนัก 45±4.3 กิโลกรัม ให้กินส่วนของกล้วยอย่างเต็มที่ร่วมกับหญ้าสด เป็นระยะเวลา 10 วันในช่วงกลางวัน ส่วนช่วงกลางคืนได้รับการเสริมอาหาร

เพื่อให้ได้โภชนะตามความต้องการเพื่อการดำรงชีพดังนี้ กลุ่มใบกล้วย เสริมข้าวโพดบด 200 กรัม ต่อวัน และอีก 2 กลุ่มได้รับการเสริมเมล็ดข้าวโพด 200 กรัม และถั่วลูซีนแห้ง 500 กรัม หลังจากนั้น อีก 5 วัน ได้กินส่วนประกอบกล้วยอย่างเต็มที่ เพื่อบันทึกปริมาณการกิน ผลปรากฏว่า แพะกินใบกล้วยมากกว่าหยวกกล้วยและปลีกล้วย คือ 66.4 กรัมของวัตถุแห้งต่อกิโลกรัมต่อวัน และการย่อยได้ในกระเพาะรูเมน ปลีกล้วย มีการสลายตัวของอินทรียวัตถุมากกว่า ส่วนใบมีการสลายตัวของโปรตีนมากกว่าเมื่อเทียบกับอีก 2 ชนิด ส่วนการย่อยได้ในหลอดทดลองพบว่า ปลีกล้วยมีการย่อยได้ของ NDF อินทรียวัตถุ โปรตีน และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้มากกว่าใบกล้วยและหยวกกล้วย ดังแสดงในตาราง 6

ตาราง 6 การย่อยได้ในกระเพาะรูเมน การย่อยได้ในหลอดทดลอง ปริมาณพลังงาน และปริมาณการกินได้ของกล้วยแต่ละส่วน

ข้อมูล	ใบ	หยวกกล้วย	ปลีกล้วย	S.E	P-value
การย่อยสลายของอินทรียวัตถุ (ก./กก.)	288	281	456	37	*
การย่อยสลายของโปรตีน (ก./กก.)	465	316	751	44	*
การย่อยได้ของ NDF (ก./กก.)	89	102	302	21	*
การย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (ก./กก.)	352	448	648	22	*
การย่อยได้ของโปรตีน (ก./กก.)	553	358	750	32	*
พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (MJ/กก.วัตถุแห้ง)	6.54	6.66	8.24	3.1	*
พลังงานสุทธิที่ใช้ในการดำรงชีวิต (MJ/กก.วัดถุแห้ง)	4.71	4.79	5.93	1.8	*
ปริมาณการกินได้ (กรัมของวัตถุแห้ง/น้ำหนักตัว/วัน)	66.4	19.3	15.3	18	**

หมายเหตุ * มีความแตกต่างในทางสถิติ ($P < 0.05$)

** มีความแตกต่างในทางสถิติ ($P < 0.01$)

ที่มา : ดัดแปลงจาก Pieltain *et al.* (1999)

Poyyamozhi and Kadirvel (1986) ประเมินคุณค่าทางโภชนะของหยวกกล้วยเพื่อเป็นอาหารแพะ โดยใช้กล้วยพันธุ์โรบัสต้า (*Musa cavendishi*) ทดลองในแพะโคเต็มวัยที่มีการเจาะ

กระเพาะรูเมนแล้วจำนวน 3 ตัว น้ำหนักโดยเฉลี่ย 29.8 กิโลกรัม โดยให้กินหยวกกล้วย 22 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้งทั้งหมด เป็นระยะเวลา 45 วัน ผลการศึกษาพบว่ามีการกินได้ของวัตถุแห้งทั้งหมด 703 กรัมต่อวันหรือ 2.4 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว การย่อยได้ของวัตถุแห้งด้วยวิธี *in vitro* ที่ 24 และ 48 ชั่วโมง พบว่า เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง เซลลูโลส NDF และ ADF ที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง สูงกว่าที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ดังตาราง 7

ตาราง 7 การย่อยได้ (*in vitro*, เปอร์เซ็นต์) ของวัตถุแห้ง และเยื่อใยของหยวกกล้วยในกระเพาะรูเมนของแพะ

เปอร์เซ็นต์การย่อยได้	ระยะเวลาการหมัก (ชั่วโมง)	
	24	48
วัตถุแห้ง	50.3 ± 0.22	58.8 ± 0.60
เซลลูโลส	25.2 ± 0.36	52.3 ± 1.76
NDF	28.7 ± 0.30	41.0 ± 0.95
ADF	19.5 ± 0.40	38.6 ± 0.43

ที่มา : ดัดแปลงจาก Poyyamozhi and Kadirvel (1986)

จำเนียน และคณะ (2541) ศึกษาการใช้เปลือกกล้วยน้ำว้าสุกหมักโดยไม่มีการใส่สารเสริมเป็นอาหารหยาบเสริมฟางหมักยูเรียในโคสาวเพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมของเปลือกกล้วยสุกหมักที่ใช้เป็นอาหารหยาบเสริม การทดลองแบ่งโคออกเป็น 4 กลุ่มทดลอง กลุ่มละ 4 ซ้ำ ใช้โคทั้งหมด 16 ตัว โดยกลุ่มที่ 1 ให้กินฟางหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ 21 วัน เป็นอาหารหยาบ ซึ่งเป็นกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ 2, 3 และ 4 เสริมเปลือกกล้วยสุกหมัก 21 วัน ในสัดส่วน 20, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ของฟางหมักยูเรีย ผลการทดลองพบว่าโคสาวที่ได้รับเปลือกกล้วยหมักเสริมที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ (กลุ่มที่ 3) มีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.411 กิโลกรัมต่อวัน ส่วนกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ 2 และ 4 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ดังตาราง 8

ตาราง 8 การเจริญเติบโตของโคสาวที่ได้รับการเสริมเปลือกกล้วยหมักในอัตราส่วนต่างกัน

	กลุ่มที่			
	1 (0 เปอร์เซ็นต์)	2 (20 เปอร์เซ็นต์)	3 (30 เปอร์เซ็นต์)	4 (40เปอร์เซ็นต์)
จำนวนโคทดลอง (ตัว)	4	4	4	4
น้ำหนักเริ่มทดลอง (กก.)	285.50	304.50	320.50	358.25
น้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง (กก.)	315.50	324.5	382.33	384.25
น้ำหนักเพิ่มตลอดการทดลอง (กก.)	30.00[ข]	38.00[ข]	66.66[ก]	26.25[ข]
อัตราการเจริญเติบโต/วัน (กก.)	0.200[ข]	0.206[ข]	0.411[ก]	0.175[ข]

หมายเหตุ [ก,ข] ค่าเฉลี่ยในบรรทัดเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ที่มา : จำเนียน และคณะ (2541)

Viswanathan *et al.* (1989) ได้ทำการทดลองประเมินโภชนะของหยวกกล้วย (*Musa cavendishi*) เพื่อเป็นอาหารของแกะ โดยทดลองในแกะที่มีอายุ 16-23 สัปดาห์และน้ำหนักเฉลี่ย 12 กิโลกรัม จำนวน 16 ตัว แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 4 ตัว โดยเสริมหยวกกล้วยแห้งบด (dried banana stalk, DBS) ทดแทนหญ้าแห้ง ในระดับ 0, 20, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง ซึ่งกลุ่มควบคุมได้รับหญ้าขนแห้ง 250 กรัม (0 เปอร์เซ็นต์ของการเสริม) ทุกกลุ่มได้รับอาหารข้น 250 กรัม/วันเป็นเวลา 60 วัน ผลปรากฏว่า ที่ระดับ 20 และ 50 เปอร์เซ็นต์ แกะมีปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งสูงสุดคือ 63 กรัมต่อกิโลกรัม$^{0.75}$ และการเสริมที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด คือ 39 กรัม และมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารดีที่สุด ดังตาราง 9

ตาราง 9 ค่าเฉลี่ยของปริมาณการกินได้วัตถุแห้งต่อกิโลกรัม,อัตราการเจริญเติบโต (ADG) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร (feed DM /unit gain) ในระดับต่างๆของการให้หยวกกล้วยแห้งบด (DBS) ในระยะทดลอง 60 วัน

ระดับของ DBS	ปริมาณการกิน (กรัม)		ปริมาณการกินในรูปวัตถุแห้ง(กรัมต่อกิโลกรัม$^{0.75}$)	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม)	ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร
	หญ้าขนแห้ง	DBS			
0	235	-	59	27	14.1
20	190	50	63	31	13.4
40	135	100	59	39	9.9
50	110	125	63	29	13.8

ที่มา : ดัดแปลงจาก Viswanathan *et al.* (1989)

Detering and Cook (1979) ได้ศึกษาผลของการใช้ผลกล้วยบดเป็นส่วนผสมในอาหารข้นสำหรับโคในระยะให้นม แบ่งเป็น 2 การทดลอง

การทดลองที่ 1 ทำในประเทศเอกวาดอร์ เป็นการเปรียบเทียบอาหารข้น 3 สูตรมีส่วนผสมดังแสดงในตาราง 10 โดยเปรียบเทียบระหว่าง รำข้าวสาลี 75, ข้าวโพด 70.7 และ กล้วยบด 70.7 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร ทดลองในโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน (Holstein Friesian) จำนวน 30 ตัว แบ่งออกเป็น กลุ่มละ 10 ตัว ระยะเวลาทดลอง 112 วัน โดยปล่อยให้แทะเล็มในทุ่งหญ้า 20 ชั่วโมงต่อวัน จากการทดลองพบว่า ผลผลิตน้ำนมและไขมันนมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติและปริมาณการกินอาหารข้นก็ไม่ต่างกันในโคทั้ง 3 กลุ่ม แสดงให้เห็นว่าสามารถใช้กล้วยบดแทนข้าวโพดหรือรำข้าวสาลีในสูตรอาหารสำหรับโคได้ โดยไม่มีผลกระทบต่อการให้ผลผลิต (ตาราง 11)

ตาราง 10 ส่วนประกอบของอาหารข้น (เปอร์เซ็นต์) (การทดลองที่ 1)

ส่วนประกอบ	รำข้าว	ข้าวโพด	กล้วยบด
กล้วยบด	-	-	70.7
ข้าวโพดบด	-	70.7	-
รำข้าวสาลี	75.0	-	-
กากฝ้ายบด	-	6.1	11.1
กากปาล์ม	11.0	-	-
ซังข้าวโพดบด	7.0	-	-
เปลือกเมล็ดฝ้าย	7.0	-	-
ปลาป่น	-	-	3.0
กากน้ำตาล	-	8.1	8.1
ยูเรีย	-	1.0	1.0
เกลือ	-	1.0	1.0

ที่มา : ดัดแปลงจาก Detering and Cook (1979)

ตาราง 11 ผลของการเสริมด้วยอาหารข้นที่แตกต่างกัน 3 ชนิด ต่อการให้นมและการกินได้ของโคนมที่ปล่อยแทะเล็มในทุ่งหญ้า (หน่วย/ตัว/วัน) (การทดลองที่ 1)

ข้อมูล	อาหารข้น					
	รำข้าวสาลี		ข้าวโพด		กล้วยบด	
	ค่าเฉลี่ย	SE	ค่าเฉลี่ย	SE	ค่าเฉลี่ย	SE
ปริมาณนม (กก.)	14.3	2.8	17.6	3.6	15.9	4.8
ไขมันนม (เปอร์เซ็นต์)	3.4	-	3.3	-	3.4	-
ปริมาณการกินได้ (กก.)	6.0	2.8	6.3	0.3	6.4	0.6
ปริมาณการกินได้ในรูปพลังงาน (Mcal)	18.2	5.4	23.3	0.9	22.0	2.3

ที่มา : ดัดแปลงจาก Detering and Cook (1979)

การทดลองที่ 2 ที่มหาวิทยาลัยมลรัฐมิชิแกน ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยใช้โคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน จำนวน 20 ตัว แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 10 ตัว คือ กลุ่มควบคุมไม่มีกล้วยบดในอาหารข้นและกลุ่มที่ผสมกล้วยบด 40 เปอร์เซ็นต์ในอาหารข้น โดยให้หญ้าแห้งเป็นอาหารหยาบ ระยะเวลาทดลอง 60 วัน หลังจากให้อาหาร 30 วัน ทำการวัดสมดุลของไนโตรเจนในโคที่ได้รับการเสริมกล้วยบดจำนวน 6 ตัว ผลปรากฏว่า ปริมาณนม เปอร์เซ็นต์ไขมันนม เปอร์เซ็นต์โปรตีน ค่า pH, NH_3 และ VFA ในกระเพาะรูเมน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ดังตาราง 10 ซึ่งได้ผลการทดลองเช่นเดียวกับกับการทดลองที่ 1 คือการใช้กล้วยบดไม่มีผลกระทบต่อผลผลิตและองค์ประกอบของน้ำนม

ตาราง 12 ผลสรุปของการให้กล้วยบดเป็นอาหารข้น หรือ การให้ข้าวโพดเป็นอาหารข้นในโคระยะให้นม

ตัวชี้วัด	กลุ่มควบคุม		กล้วยบด	
	ค่าเฉลี่ย	SE	ค่าเฉลี่ย	SE
ปริมาณนม (กก./วัน/ตัว)	17.9	2.0	17.5	4 .4
ไขมันในนม (เปอร์เซ็นต์)	3.5	0.3	3.6	0.7
โปรตีนในนม (เปอร์เซ็นต์)	3.4	0.2	3.4	0.3
สัดส่วนของน้ำนม : อาหารข้น	2.7	-	2.7	-
กลูโคสในพลาสม่า (มก./100 มล.)	63.9	1.6	62.6	4.7
ยูเรียในพลาสม่า (มก./100 มล.)	4.0	1.0	5.8	2.7
pHในรูเมน	7.0	0.1	7.0	0.1
NH_3 ในรูเมน (มก/100 มล.)	10.7	1.4	9.4	4.1
อะซิเตด (molar เปอร์เซ็นต์)	68.6	1.6	69.1	2.0
โพรพิโอเนต (molar เปอร์เซ็นต์)	18.7	1.5	18.5	1.3
บิวทีเรต (molar เปอร์เซ็นต์)	12.4	0.3	12.3	0.7
การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว (กก./วัน/ตัว)	0.9	0.3	0.6	0.2

ที่มา : Detering and Cook (1979)

การปรับปรุงคุณภาพอาหารหยาบ

วิธีการปรับปรุงคุณภาพ

ภายใต้สถานการณ์ที่อาหารหยาบมีจำกัดหรือมีคุณค่าทางอาหารต่ำ หรือมีราคาแพง การนำเอาอาหารหยาบดังกล่าวมาใช้ให้มีประสิทธิภาพเพื่อช่วยทำให้ต้นทุนในการผลิตลดลงได้หรือทำให้มีอาหารหยาบพอเพียงกับความต้องการของสัตว์ ซึ่งสามารถทำได้โดยเพิ่มคุณค่าของอาหารหยาบด้วยวิธีการต่างๆ ดังที่ Wilkins (1982) อ้างโดย เทอดชัย (2548) ได้สรุปดังนี้

1. วิธีกล (mechanical treatment) ได้แก่ การลดขนาดของอาหารหยาบให้มีขนาดเล็กลงกว่าเดิมด้วยการสับ บด หรืออัดเม็ด การทำให้ขนาดของอาหารหยาบเล็กลงมาก เช่น การบดและการอัดเม็ดทำให้อาหารเดินทางผ่านกระเพาะ (rate of passage of ingesta) เร็วขึ้น อัตราการย่อยได้ลดลง แต่ชดเชยด้วยปริมาณอาหารที่กินได้ (feed intake) เพิ่มขึ้น เป็นผลทำให้ปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (digestible nutrient) เช่น พลังงานที่ย่อยได้ ปริมาณอาหารที่กินได้จะเพิ่มขึ้นสูง แต่มีการผันแปรมากโดยอยู่ระหว่าง 20-110 เปอร์เซ็นต์ โดยความผันแปรของอัตราการย่อยได้และปริมาณอาหารที่กินได้นี้มีความสัมพันธ์กันกับขนาดของอาหารหยาบ นอกจากนี้การตอบสนองในรูปของการกินอาหารเพิ่มขึ้นนี้ จะเกิดขึ้นกับแกะมากกว่าโค และกับอาหารที่มีอัตราการย่อยได้ค่อนข้างต่ำ แต่ถ้าอาหารหยาบนั้นมีไนโตรเจนต่ำ การตอบสนองในด้านอาหารที่กินได้ที่เพิ่มขึ้นจะมีน้อย แต่ถ้ามีการเสริมแหล่งของไนโตรเจนจะทำให้การกินได้เพิ่มขึ้น

2. วิธีการทางเคมี (chemical treatment) การใช้สารเคมีกับอาหารหยาบเพื่อเพิ่มพลังงานที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้ โดยสารเคมีเหล่านี้ไปทำปฏิกิริยากับคาร์โบไฮเดรตชนิดที่เป็นโครงสร้างของพืช ให้ตอบสนองต่อการย่อยของเอนไซม์จากจุลินทรีย์ภายในกระเพาะรูเมนเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสารเคมีที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่สารเคมีประเภทด่าง (alkalis) แต่ก็ปรากฏว่า สารเคมีพวก Oxidizing agents เช่น ก๊าซ Chlorine, Ozone, Hydrogen peroxide และ Sodium peroxide ก็สามารถทำให้การย่อยได้เพิ่มสูงขึ้นเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ยังสามารถใช้ยูเรีย ซึ่งยูเรียเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (non protein nitrogen, NPN) เป็นผลึกสีขาวละลายน้ำได้ดี ในประเทศไทยนิยมใช้ในรูปปุ๋ยยูเรีย ซึ่งมีไนโตรเจน 46 เปอร์เซ็นต์ หรือเทียบเท่ากับโปรตีน 289 เปอร์เซ็นต์

3. วิธีการทางชีววิทยา (biology treatment) เป็นการใช้เชื้อราที่มีความสามารถในการย่อยลิกนิน ได้ดีกว่าคาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้างของพืช เชื้อราประเภทนี้ ได้แก่ เชื้อราในกลุ่มของ White-rot fungi ได้แก่ *Ganoderma applanatum* และ *Armillariella spp.*

แนวทางการปรับปรุงคุณภาพอาหารหยาบด้วยยูเรียและกากน้ำตาล

การใช้ยูเรียในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

สัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถเปลี่ยนสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (non protein nitrogen, NPN) ให้เป็นประโยชน์ต่อร่างกายได้โดยปฏิกิริยาของจุลินทรีย์กระเพาะรูเมน เมื่อยูเรียเข้าไปในกระเพาะรูเมนถูกไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์ยูรีเอสจากแบคทีเรียอย่างรวดเร็วได้เป็นแอมโมเนีย (NH_3) จากนั้นจุลินทรีย์จะนำเอาแอมโมเนียไปใช้ในการสร้างโปรตีนของตัวมันเอง (microbial protein) การที่แอมโมเนียถูกจับไปใช้ในการสร้างโปรตีนได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ซึ่งโดยปกติยูเรียถูกใช้ได้ดีที่สุดเมื่อยูเรียมีอัตราการสลายตัวเป็นแอมโมเนียอย่างช้าๆและอาหารมีคาร์โบไฮเดรดที่ละลายได้ง่ายสูง (readily fermentable carbohydrate, RFC) เช่น อาหารพวกธัญพืช มันเส้นหรือกากน้ำตาล เป็นต้น เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานในการสร้างโปรตีนของจุลินทรีย์ ถ้ายูเรียถูกสลายตัวเร็วและมีคาร์โบไฮเดรดที่สลายตัวได้ง่ายไม่เพียงพอ จุลินทรีย์ไม่สามารถจับแอมโมเนียไปใช้ได้ทันในกระเพาะรูเมน แอมโมเนียจึงมีความเข้มข้นสูงทำให้ความเข้มข้นของแอมโมเนียในเลือดสูง เนื่องจากตับไม่สามารถเปลี่ยนแอมโมเนียไปเป็นยูเรียได้หมด ซึ่งกระทบกระเทือนต่อสมดุลของกรด-ด่างในร่างกายเป็นเหตุให้สัตว์ตายได้ ดังนั้นในการใช้ยูเรียหรือสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนเป็นอาหารสัตว์จึงควรระมัดระวังเป็นอย่างยิ่ง (บุญล้อม, 2541)

ความเป็นพิษของยูเรีย

ยูเรียจะแตกตัวเป็นแอมโมเนียอย่างรวดเร็วในกระเพาะรูเมน ดังนั้นถ้าหากสัตว์ยูเรียมาก ๆ ในระยะเวลาอันสั้น จะทำให้เกิดความเป็นพิษของยูเรีย (urea toxicity) ได้ เนื่องจากแอมโมเนียถูกดูดซึมเข้ากระแสเลือดในระดับสูงเกินไปจนร่างกายสัตว์กำจัดออกไม่ทัน โดยปกติสัตว์จะแสดงอาการเป็นพิษหลังจากกินยูเรียเข้าไปประมาณ 20 นาที อาการทั่วไปคือ น้ำลายฟูมปาก หายใจลึกหรือหายใจลำบาก มีอาการทางประสาทกล้ามเนื้อกระตุก ท้องอืด สัตว์จะล้มลงนอนและตายในที่สุด (Freaser, 1963) ระดับของยูเรียที่เป็นพิษต่อตัวสัตว์โดยทั่วไปพบว่าอยู่ในช่วง 0.44-0.55 กรัมต่อน้ำหนักตัวหนึ่งกิโลกรัม (สภาพอาหารไม่สมบูรณ์ หรือสัตว์อดอาหาร) และ 0.66-0.77 กรัมต่อน้ำหนักตัวหนึ่งกิโลกรัม ในกรณีที่สัตว์ได้รับอาหารที่มีพลังงานสูง (Church, 1984) สำหรับการรักษาเมื่อเกิดอาการเป็นพิษ อาจใช้วิธีเปิดกระเพาะ (rumimotomy) แล้วเอาอาหารในกระเพาะรูเมนออกให้หมด (Morris, 1969) ส่วน มาลินี (2523) แนะนำให้ใช้น้ำเย็นผสมกรดอะซิติก (acetic acid) โดยใช้น้ำเย็นประมาณ 5-10 แกลลอน ผสมกรดอะซิติกเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ในปริมาณ 1 แกลลอน น้ำเย็นและกรดอะซิติกจะช่วยเจือจางและลดการเกิดไฮโดรไลซ์ของยูเรีย เนื่องจาก pH และอุณหภูมิในกระเพาะรูเมนลดลง ปริมาณของแอมโมเนียที่ดูดซึมเข้ากระแสเลือดก็ลดลงด้วย

Clarke and Clarke (1963) รายงานว่าวิธีง่าย ๆ ที่ช่วยลดการเป็นพิษของยูเรีย ทำได้โดยใช้น้ำส้มสายชูผสมน้ำเย็นอัตราส่วน 1: 1 กรอกใส่ปากสัตว์

ปัจจัยทางอาหารที่มีอิทธิพลต่อการใช้ประโยชน์จากยูเรีย

ปัจจัยทางอาหารที่มีอิทธิพลต่อการใช้ประโยชน์จากยูเรียมีหลายประการ เช่น แหล่งของคาร์โบไฮเดรต ชนิดและปริมาณโปรตีนในอาหาร ตลอดจนแร่ธาตุในอาหาร ฯลฯ Church (1984) กล่าวว่าความเข้มข้นที่เหมาะสมของแอมโมเนียในกระเพาะรูเมน เพื่อทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตสูงสุดขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ความสามารถในการละลายได้ของโปรตีนในอาหาร และแหล่งคาร์โบไฮเดรต Bartley and Deyae (1981) รายงานว่า ชนิดและคุณภาพของแหล่งพลังงานที่ย่อยได้ง่ายในอาหารมีอิทธิพลต่อการใช้ประโยชน์ของยูเรีย โดยคาร์โบไฮเดรตในอาหารเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการใช้ประโยชน์ของยูเรีย Satter and Roffer (1981) รายงานว่าอัตราการหมักของคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมนมีส่วนสัมพันธ์กับปริมาณการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ขณะเดียวกันจำนวนของจุลินทรีย์นี้จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณแอมโมเนียที่สามารถใช้ประโยชน์ได้โดยจุลินทรีย์ ดังนั้นถ้าสัตว์ได้รับอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตอย่างเพียงพอ ก็จะทำให้สามารถนำแอมโมเนียไปใช้ประโยชน์ได้มาก โดยที่คาร์โบไฮเดรตนี้ควรอยู่ในรูปที่ย่อยง่าย (บุญล้อม, 2527) สำหรับการใช้ประโยชน์จากยูเรียนั้นอาจมีผลกระทบโดยระดับของโปรตีนในสูตรอาหาร ซึ่งการใช้ยูเรียเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องควรให้มีปริมาณของไนโตรเจนจากยูเรียเท่ากับหรือน้อยกว่า 1 ใน 3 ของไนโตรเจนทั้งหมดในสูตรอาหารหรือไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้งในอาหาร (NRC, 1975) อย่างไรก็ตาม NPN ที่กินทั้งหมดไม่ควรเกิน 0.45 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (Goodrich *et al.*, 1972) ทั้งนี้ในทางปฏิบัติทั่วไปแนะนำให้ใช้ยูเรียไม่ควรเกิน 3 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารข้น Satter and Roffer (1981) รายงานว่า การใช้ยูเรียเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารข้นที่มีระดับโปรตีนมากกว่า 12-13 เปอร์เซ็นต์ สำหรับโคที่กำลังให้นมหรือโคขุนโคจะมีสมรรถภาพการผลิตด้อยกว่าโคที่ได้รับแหล่งโปรตีนจากพืชและสัตว์ แต่ถ้าอาหารมีระดับโปรตีนน้อยกว่า 12-13 เปอร์เซ็นต์ การใช้ยูเรียจะมีประสิทธิภาพดี ซึ่งสอดคล้องกับคำแนะนำของ NRC (1984) ที่ให้ใช้ยูเรียในสูตรอาหารข้นที่มีโปรตีนต่ำกว่า 13-14 เปอร์เซ็นต์

การจัดการเพื่อปรับปรุงหรือเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์จากยูเรียในอาหาร

1. การปรับสภาพสัตว์

Caffrey *et al.* (1967) รายงานว่าจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนต้องการระยะเวลาในการปรับตัว 19 วัน จึงจะสามารถใช้อาหารที่มียูเรียระดับสูงได้ดี ส่วน Davis and Roberts (1959)

รายงานว่าสัตว์ที่เคยได้รับยูเรียมาก่อนจะมีความทนทานต่อการเกิดพิษของยูเรีย และการปรับสภาพสัตว์ยังช่วยให้สัตว์ได้เคยชินกับรสชาติของยูเรียด้วย

2. การเสริมคาร์โบไฮเดรตในอาหาร

Goodrich *et al.* (1972) กล่าวว่าการใช้แหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่ายในอาหารจะมีส่วนช่วยเพิ่มการใช้ประโยชน์จากยูเรียของสัตว์ ดังนั้นในการให้ยูเรียแก่สัตว์ควรให้แหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่ายอย่างเพียงพอ เพื่อให้จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้จับแอมโมเนียเพื่อสร้างโปรตีน ทั้งนี้เพราะคาร์โบไฮเดรตเป็นทั้งแหล่งของพลังงานสำหรับการทำงานของจุลินทรีย์และเป็นแหล่ง carbon-chain ในการสังเคราะห์โปรตีนอีกด้วย (บุญล้อม, 2527)

3. ความถี่ในการให้อาหาร

Goodrich *et al.* (1972) รายงานว่า การให้อาหารที่มียูเรียผสมครั้งละน้อยแต่บ่อยครั้ง จะช่วยให้สัตว์สามารถใช้ประโยชน์จากยูเรียได้เพิ่มขึ้น เหตุผลสำคัญประการหนึ่งคือ เป็นการทำให้ปริมาณแอมโมเนียในกระเพาะไม่สูงเกินไปในช่วงใดช่วงหนึ่ง

4. การให้สัตว์ได้รับอาหารอย่างเต็มที่

Goodrich *et al.* (1972) การให้สัตว์ได้รับอาหารอย่างเต็มที่ (full feeding) จะช่วยให้สัตว์สามารถใช้ประโยชน์จากยูเรียได้เพิ่มขึ้น เนื่องจากการให้อาหารอย่างเต็มที่ (สัตว์ไม่อดอาหาร) เป็นการป้องกันสัตว์ไม่ให้ได้รับยูเรียในปริมาณมาก และในช่วงเวลาสั้น ๆ นอกจากนี้ยังทำให้ pH ในกระเพาะรูเมนไม่สูงเกินไป การสลายตัวของยูเรียจึงค่อยเป็นค่อยไป ถ้าสัตว์อดอาหารจะทำให้ pH ในกระเพาะรูเมนมีโอกาสที่จะสูง ดังนั้นเมื่อสัตว์ได้รับอาหารที่มียูเรียจะทำให้แอมโมเนียถูกดูดซึมอย่างรวดเร็วซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อสัตว์ได้

5. การผสมอาหาร

ในการใช้ยูเรียผสมลงในอาหารจะต้องผสมให้เข้ากัน เพราะถ้าผสมเข้ากันไม่ดีส่วนของยูเรียอาจจะไปอยู่รวมกัน อาจทำให้สัตว์ได้รับปริมาณยูเรียมากเกินไป นอกจากนี้ต้องระมัดระวังไม่ให้ยูเรียจับตัวกันเป็นก้อน และระวังการแยกกันของยูเรียกับวัตถุดิบอาหารชนิดอื่น ๆ ในถังเก็บอาหาร เพราะจะเป็นอันตรายต่อสัตว์ (Goodrich *et al.*, 1972)

6. การให้ยูเรียผสมในสูตรอาหารแต่ละวัน

การให้ยูเรียผสมในสูตรอาหารในแต่ละวันให้สัตว์กิน จะทำให้สัตว์ได้รับอาหารใหม่ ๆ ไม่มีการสูญเสียไนโตรเจนอันเนื่องจากการระเหยของยูเรีย การให้ยูเรียผสมในสูตรอาหารในแต่ละวันจึงเป็นการเพิ่มการใช้ยูเรีย (Goodrich *et al.*, 1972)

แหล่งที่มาของยูเรียในเลือด

โดยปกติปริมาณยูเรียในเลือดจะอยู่ระหว่าง 10-20 มิลลิกรัมยูเรียไนโตรเจนต่อ 100 มิลลิลิตร (Jack, 1977) ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณและความสามารถในการย่อยสลาย (degradability) ของโปรตีนในอาหารที่สัตว์ได้รับ (Higginbothum *et al.*, 1989) ปริมาณยูเรียในเลือดจึงเป็นผลสะท้อนรวมให้เห็นว่า อาหารมีความสมดุลของไนโตรเจนในส่วนความต้องการของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนและตัวสัตว์เองหรือไม่ (Preston *et al.*, 1965)

1. แหล่งภายนอกร่างกาย

สารประกอบไนโตรเจนส่วนใหญ่ที่ดูดซึมจากระบบย่อยอาหารประกอบด้วยแอมโมเนียและ กรดอะมิโน ส่วนกรดนิวคลีอิกเมื่อถูกย่อยในลำไส้เล็กก็จะได้ purine และ pyrimidine แอมโมเนียที่ถูกดูดซึมผ่านไปตามเส้นเลือด (portal vein) เข้าสู่ตับจะถูกนำไปสังเคราะห์เป็นยูเรีย Symond *et al.* (1981) พบว่า ตับมีความสามารถที่จะเปลี่ยนแอมโมเนียไปเป็นยูเรียประมาณ 1.84 มิลลิโมล/นาทีต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม โปรตีนจุลินทรีย์และอาหารโปรตีนที่ถูกย่อยโดยระบบน้ำย่อยของสัตว์เองได้เป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นและไม่จำเป็นต่อร่างกายจะถูกดูดซึมผ่านผนังลำไส้เล็กขนส่งไปยังตับ โดยส่วนหนึ่งจะถูกใช้โดยตับ และที่เหลือจะส่งผ่านโดยตรงไปยังระบบหมุนเวียนเลือดไปยังเนื้อเยื่ออื่น ๆ ทั่วร่างกาย (Hibbitt, 1988) กรดอะมิโนไม่ได้ถูกใช้เพื่อการสังเคราะห์โปรตีนทั้งหมด ส่วนที่เกินจากความต้องการหรือเกินขีดความสามารถของระบบในร่างกายที่จะใช้เพื่อสังเคราะห์โปรตีนจะผ่านกลับไปยังตับ เข้าสู่กระบวนการสลายกรดอะมิโน ซึ่งจะเป็นการเพิ่มปริมาณยูเรียในเลือดด้วยอีกทางหนึ่ง ในสัตว์เคี้ยวเอื้องกระบวนการสลายกรดอะมิโนมีความสำคัญมากเนื่องจากเกี่ยวข้องกระบวนการสร้างกลูโคสจากกรดอะมิโนบางชนิด (Heitmann *et al.*, 1973)

2. แหล่งภายในร่างกาย

Proteolysis เป็นกระบวนการที่โปรตีนในร่างกายสลายตัวเป็นกรดอะมิโน ซึ่งอัตราการสลายตัว (degradation rate) สำหรับโปรตีนแต่ละชนิดจะแตกต่างกันไป ปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มอัตราการสลายตัวของโปรตีน เช่น การเพิ่มกิจกรรมของ lysosome (Buttery and Vernon, 1980) ฮอร์โมน glucocorticoid (Millward *et al.*, 1976) และ thyroid hormone (Evers, 1989)

สุชาติ (2534) ศึกษาใช้ยูเรียทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองในอาหารข้นที่มีมันสำปะหลังเป็นส่วนผสม ในแกะพันธุ์พม่าหางยาว อายุ 3-4 เดือน น้ำหนักทดลองเฉลี่ย 16 กิโลกรัม จำนวน 24 ตัว แบ่งเป็น 6 กลุ่มทดลองกลุ่มที่ 1-5 ได้รับอาหารข้นที่มีโปรตีน 17 เปอร์เซ็นต์ ในระดับ 1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวร่วมกับอาหารหยาบคือ หญ้ากินนีในระยะ 53 วันแรกของการทดลองและให้หญ้ารูซี่แห้งในระยะ 59 วันต่อมาของการทดลอง รวมระยะเวลาทดลอง 112 วัน โดย

กลุ่มที่ 1 ใช้การถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีน กลุ่มที่ 2-5 ใช้ยูเรียเป็นแหล่งทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลือง โดยใช้ยูเรียระดับ 1.50, 2.25, 3.00 และ 3.75 เปอร์เซ็นต์ในอาหารข้น ส่วนกลุ่มที่ 6 ให้อาหารหยาบเหมือนกลุ่มที่ 1-5 เพียงอย่างเดียวตลอดระยะทดลอง พบว่าปริมาณการกินได้ของกลุ่มที่ 2 สูงที่สุดคือ 827.30 กรัมต่อตัวต่อวัน และเมื่อเพิ่มระดับของยูเรียในกลุ่มที่ 3-5 (2.25, 3.00 และ 3.75 เปอร์เซ็นต์ในอาหารข้น) ทำให้การกินได้ลดลงและต่ำกว่ากลุ่มที่ 1 และ 2 แสดงว่าการเสริมยูเรียในระดับที่สูงขึ้นมีผลต่อปริมาณการกินได้ของแกะ เนื่องจากความน่ากินของอาหารลดลงและสรุปว่าการใช้ยูเรียทดแทนโปรตีนที่เหมาะสมคือ 1.5 เปอร์เซ็นต์ของอาหารข้น

บัญชา (2538) ศึกษาการใช้ยูเรียทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองในอาหารข้นที่มีมันสำปะหลังเป็นส่วนผสม สำหรับโคลูกผสมพันธุ์ชาโรเล่ส์-บราห์มัน เพศผู้ไม่ตอนน้ำหนักเฉลี่ย 270-273 กิโลกรัม จำนวน 20 ตัว ใช้แผนการทดลองแบบ RCBD แบ่งเป็น 5 กลุ่มการทดลอง กลุ่มละ 4 ตัว โดยกลุ่มที่ 1 ใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีน ส่วนกลุ่มที่ 2-5 ใช้ยูเรียทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองในระดับ 1.50, 2.25, 3.00 และ 3.75 เปอร์เซ็นต์ของอาหารข้นตามลำดับ โดยให้หญ้ารูซี่แห้งเป็นอาหารหยาบในสัดส่วนต่ออาหารข้น 40 ต่อ 60 และให้อาหารคิดเป็น 2.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว พบว่าปริมาณการกินได้ในรูปอาหารหยาบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 2.88 กิโลกรัมต่อวันเป็น 3.02 กิโลกรัมต่อวัน ส่วนปริมาณการกินอาหารข้นลดลงจาก 5.48 กิโลกรัมต่อวันเป็น 4.52 กิโลกรัม แสดงว่าปริมาณยูเรียที่เสริมในระดับที่สูงขึ้นในอาหารข้น ทำให้ปริมาณการกินได้ลดลง เช่นเดียวกับปริมาณการกินได้ของโปรตีนเมื่อเพิ่มระดับของยูเรียในอาหาร พบว่าโปรตีนที่กินได้ลดลงโดยเฉพาะในกลุ่มที่ 5 เสริมยูเรีย 3.75 เปอร์เซ็นต์ โคกินโปรตีนได้เพียง 1,044 กรัมต่อตัวต่อวัน ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมคือ 1,175 กรัมต่อตัวต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตต่อวันเพียง 0.92 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ซึ่งอาจเนื่องมาจากความน่ากินของอาหารลดลง โคจึงกินอาหารน้อยลง

ธวัชชัย และคณะ (2539) ศึกษาการปรุงแต่งฟางข้าวโดยใช้ยูเรียและกากน้ำตาลโดยการทดลองที่ 1 ฟางถูกหมักตามส่วนผสมดังนี้ T1) ฟางข้าวหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ T2) ฟางข้าวหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับกรดกำมะถัน 2 เปอร์เซ็นต์ T3) ฟางข้าวหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับกรดกำมะถัน 2 เปอร์เซ็นต์ และกากน้ำตาล 10 เปอร์เซ็นต์ T4) ฟางข้าวหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับกากน้ำตาล 10 เปอร์เซ็นต์ ทั้ง 4 สูตรหมักเป็นระยะเวลา 21 วัน พบว่า สามารถเพิ่มโปรตีน โดยฟางปรุงแต่งคุณภาพ T4 (ฟางข้าวหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์+กากน้ำตาล 10 เปอร์เซ็นต์) มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงสุดคือ 12.80 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณยูเรียตกค้างในระดับต่ำคือ 0.86 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการทดลองที่ 2 นำ T4 เปรียบเทียบกับ ฟางข้าวหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์+กากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ พบว่า T4 มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงกว่า คือ 13.40 กับ 10.36 เปอร์เซ็นต์ แต่

การใช้กากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์ยูเรียตกค้างน้อยกว่าคือ 1.31 กับ 0.87 เปอร์เซ็นต์ จึงสรุปว่า การหมักฟางด้วยยูเรียร่วมกับกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์เหมาะสมที่สุด

สมสุข (2544) ได้ทำการเปรียบเทียบกรรมวิธีในการผลิตพืชหมักในถุงพลาสติก 2 ชั้นดูดอากาศออก บรรจุถุงละ 20 กิโลกรัม โดยใช้หญ้ารูซี่หมักร่วมกับสารช่วยหมักชนิดต่างๆ ได้แก่ รำละเอียด 16 เปอร์เซ็นต์ มันเส้นบด 16 เปอร์เซ็นต์ และกากน้ำตาล 3 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่าหญ้ารูซี่หมักร่วมกับกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ มีคุณภาพดีที่สุด เนื่องจากมีการสูญเสียวัตถุแห้ง แอมโมเนียไนโตรเจน น้อยที่สุด (4.67 และ 5.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) และมีการผลิตกรดแลคติกสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ นอกจากนี้ยังได้ศึกษาคุณค่าทางอาหารของหญ้าหมักโดยวิธีวัดปริมาณก๊าซ พบว่าหญ้ารูซี่หมักร่วมกับกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์มีการย่อยได้ของอินทรียวัตถุเท่ากับ 59.80 เปอร์เซ็นต์

ดำรัส (2545) ศึกษาถึงผลของระดับยูเรียและระยะเวลาที่ใช้หมักต่อคุณภาพของฟางหมักโดยทำการหมักฟางในถุงพลาสติก 2 ชั้น บรรจุถุงละ 10 กิโลกรัมเท่ากัน ใช้น้ำต่อฟางข้าวในอัตรา 1 : 1 โดยน้ำหนัก ระดับความเข้มข้นของยูเรียที่ศึกษา 3 ระดับ คือ 4, 5 และ 6 เปอร์เซ็นต์ และใช้ระยะเวลาในการหมัก 3 ระยะ คือ 7, 14 และ 21 วัน พบว่าการหมักฟางข้าวด้วยยูเรียมีผลทำให้โปรตีนรวมในฟางหมักสูงกว่าฟางธรรมดา จาก 3.34 เป็น 18.91 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มขึ้นตามระดับของยูเรียที่ใช้ แต่ระยะหมักที่นานขึ้นทำให้โปรตีนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 19.73, 18.97 และ 18.02 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เนื่องมาจากระยะเวลาที่หมักนานทำให้มีการสลายตัวของแอมโมเนียมากกว่า ทำให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนลดลง

สุธิดา (2547) ศึกษาผลของการใช้ยูเรียในอาหารและระดับยูเรียไนโตรเจนในเลือดต่อประสิทธิภาพทางการสืบพันธุ์ในโคนมหลังคลอดไม่เกิน 90 วันของฟาร์มเกษตรกรรายย่อยในจังหวัดหนองบัวลำภูและขอนแก่น แบ่งเป็นฟาร์มที่ใช้และไม่ใช้ยูเรีย (ฟางหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์) ในสูตรอาหารข้นจำนวน 43 และ 61 ตัว ผลการศึกษาพบว่าระดับ SUN (ยูเรียไนโตรเจนในซีรั่ม) และ BCS (คะแนนความสมบูรณ์ร่างกาย) ในฟาร์มกลุ่มใช้ยูเรียสูงกว่ากลุ่มไม่ใช้ยูเรีย (SUN = 8.25 และ 6.26 mg/dl กับ BCS = 2.9 และ 2.7 ตามลำดับ) และพบว่ากลุ่มที่ใช้ยูเรียไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ ปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือดของกลุ่มใช้ยูเรียสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้ยูเรีย เป็นผลมาจากการที่ได้รับโปรตีนสูง จึงเกิดเป็นแอมโมเนียในปริมาณมากถูกดูดซึมผ่านเข้าสู่กระแสเลือด ส่งผลให้มียูเรียในกระแสเลือดสูงขึ้นด้วย (ฉลอง, 2540) สอดคล้องกับ Davidson *et al.* (2003) กล่าวว่าเมื่อให้อาหารที่มีระดับโปรตีนเพิ่มขึ้นทำให้ยูเรียไนโตรเจนในเลือดสูงขึ้น เช่นเดียวกันกับ Pimpa *et al.* (1996) รายงานว่าเมื่อให้ NH_4HCO_3 ในระดับที่สูงขึ้นจะทำให้แอมโมเนียไนโตรเจนสูงขึ้น ส่งผลให้ระดับของยูเรียไนโตรเจนในเลือดสูงขึ้นด้วย นอกจากนี้ระยะเวลาที่เจาะเลือดก็มีผล

ต่อระดับของ BUN Butler *et al.* (1996) รายงานว่าระดับ BUN เพิ่มสูงสุดหลังจากโคกินอาหารแล้วประมาณ 4-6 ชั่วโมง

สนทยา (2548) ศึกษาคุณค่าทางโภชนะและการใช้ประโยชน์ได้ของหญ้ารูซี่หมักในโค การประเมินคุณภาพของหญ้ารูซี่ที่หมักร่วมกับสารช่วยหมักชนิดต่างๆ โดยใช้หญ้ารูซี่ที่เจริญเติบโตขึ้นมาใหม่จากเหง้าเดิมตัดเมื่ออายุระหว่าง 60-90 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 4 ซ้ำ โดยบรรจุลงในถังพลาสติกขนาด 120 ลิตรที่มีฝาปิดพร้อมเข็มขัดล็อกเฉลี่ยถังละ 45 กิโลกรัม กลุ่มทดลองที่ 1 หมักหญ้ารูซี่ร่วมกับกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มทดลองที่ 2 หมักหญ้ารูซี่ร่วมกับ กากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ และกากมะพร้าว 5 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มทดลองที่ 3 หมักหญ้ารูซี่ร่วมกับกากมะพร้าว 5 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มทดลองที่ 4 หมักหญ้ารูซี่ ร่วมกับยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ และรำละเอียด 3 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลาหมัก 30 วัน ผลปรากฏว่า หญ้ารูซี่หมัก กลุ่มที่ 2 มีคุณภาพดีที่สุด เนื่องจากมีสภาพเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติก เกิดกรดแลคติกสูง (5.07 เปอร์เซ็นต์) มีการสูญเสียวัตถุแห้งและแอมโมเนียไนโตรเจนต่ำ (8.06 เปอร์เซ็นต์ และ 9.96 เปอร์เซ็นต์ ของไนโตรเจนทั้งหมด) มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในระดับที่เหมาะสม (3.97) และมีคะแนนคุณภาพสูง (89.61) รองลงมาคือหญ้ารูซี่หมักในกลุ่มทดลองที่ 1, กลุ่มทดลองที่ 4 และ กลุ่มทดลองที่ 3 ตามลำดับ ($P<0.05$)

อุทัย (2550) รายงานว่า การให้ฟางหมักยูเรียเป็นอาหารหยาบเลี้ยงโคนมเสริมด้วยแหล่งโปรตีนและพลังงาน โดยใช้อาหารทดลอง 3 สูตร 1) ฟางหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์สับ ผสมข้าวโพดบด กากน้ำตาล รำและกากถั่วเหลือง 2) หญ้ารูซี่แห้งสับผสมข้าวโพดบด กากน้ำตาล รำและกากถั่วเหลือง 3) ข้าวโพดหมัก ผสมกับหญ้ารูซี่แห้งสับ พบว่าปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่ากลุ่มที่กินอาหารสูตร 1 สูงกว่ากลุ่ม 3 และ 2 (16.17, 15.78 และ 14.59 กก/วัน ตามลำดับ) แสดงว่าฟางหมักยูเรียเสริมด้วยแหล่งโปรตีนและพลังงานสามารถใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับโครีดนมได้

Djajanegara *et al.* (1983) ได้ศึกษาฟางข้าวหมักยูเรียในระดับ 0, 1, 2, 4, 8 และ 16 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 1, 2, 4 และ 6 สัปดาห์ พบว่าฟางข้าวหมักยูเรีย 16 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลาย่อยสลายโดยวิธี *in situ* น้อยกว่าฟางหมักด้วยยูเรีย 4 และ 0 เปอร์เซ็นต์และระยะเวลาการหมักที่ 6 สัปดาห์ก็ใช้เวลาในการย่อยสลายน้อยกว่า 4, 2 และ 1 สัปดาห์ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการทดลองครั้งนี้ไม่ได้นำฟางที่หมักยูเรียสูงถึง 16 เปอร์เซ็นต์ไปให้สัตว์กินโดยตรง เนื่องมาจากมีปัญหาความน่ากินและผลจากยูเรียตกค้างที่อาจมีอยู่สูง Djajanegara *et al.* (1983) ศึกษาการย่อยได้ของฟางหมักยูเรีย 0, 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ในแกะ พบว่าแกะกินฟางหมักยูเรีย 10 เปอร์เซ็นต์ ได้มากกว่าฟางหมักยูเรีย 5 และ 0 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ อีกทั้งการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (54, 37 และ 35 เปอร์เซ็นต์)

อินทรียวัตถุ (61, 47 และ 44 เปอร์เซ็นต์) และเยื่อใย (66, 55 และ 52 เปอร์เซ็นต์) และมีปริมาณการกินฟางข้าวในรูปวัตถุแห้งของกลุ่มฟางข้าวหมักยูเรีย 10 เปอร์เซ็นต์สูงสุด คือ 316 กรัม/วัน แต่ในการทดลองนี้ไม่ได้ศึกษาถึงระดับยูเรียตกค้างและผลกระทบระยะยาวต่อตัวสัตว์ที่ได้รับฟางหมักยูเรียระดับสูงดังกล่าว

Promma (1993) รายงานว่าการเลี้ยงโครีดนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชียนโดยให้อาหารหยาบแบบเต็มที่และเสริมอาหารข้นในอัตราส่วน 1 กิโลกรัม ต่อนมที่รีดได้ 2 กิโลกรัมโดยใช้ฟางหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ เสริมด้วยอาหารข้นตามอัตราส่วนดังกล่าว พบว่าสามารถกินฟางหมักยูเรียคิดเป็นน้ำหนักแห้งได้วันละ 5.9 กิโลกรัม กินอาหารรวมกันคิดเป็นน้ำหนักตัวเท่ากับ 2.6 เปอร์เซ็นต์ ได้ผลผลิตน้ำนมวันละ 9.0 กิโลกรัมเท่ากับการเลี้ยงด้วยหญ้าสด

Tjandraatmadja *et al.* (1994) ได้ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของหญ้าหมักเขตร้อนโดยใช้แผนการทดลอง วางแผนการทดลองแบบปัจจัยร่วมในสุ่มสมบูรณ์ (3x3x3 Factorial in CRD) ปัจจัยที่ 1 เป็นพันธุ์หญ้า 3 ชนิด (หญ้าเฮมิล, หญ้าแพงโกลา และ หญ้าซีเทอเรีย) ปัจจัยที่ 2 เป็นอายุการตัด 3 ระยะ (4, 8 และ 12 สัปดาห์) และปัจจัยที่ 3 เป็นระดับของกากน้ำตาลที่ใช้เสริม 3 ระดับ (0, 4 และ 8 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักสด) โดยทำการพ่นลงในหญ้าที่สับให้มีขนาด 1 เซนติเมตร บรรจุลงในถุงๆ ละ 500 กรัม ดูดอากาศออกปิดปากถุงให้สนิทภายหลังการหมัก 1, 5, 30 และ 100 วัน จึงสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ พบว่าการฉีดพ่นกากน้ำตาลลงในหญ้าหมัก 4 และ 8 เปอร์เซ็นต์สามารถปรับปรุงคุณภาพได้ แต่ถ้าไม่ใช้กากน้ำตาลพบว่าคุณภาพของพืชหมักยังไม่ได้มาตรฐาน ทั้งนี้เนื่องมาจากมีส่วนประกอบของเยื่อใยสูงโดยเฉพาะ NDF และลิกนิน อีกทั้งมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้น้อย และมีความชื้นสูงส่งผลให้จุลินทรีย์ในกลุ่ม Lactic acid bacteria เจริญเติบโตช้า แต่อย่างไรก็ตาม Tjandraatmadja *et al.* (1990) อ้างโดย Tjandraatmadja *et al.* (1994) รายงานว่ามีการตรวจพบจุลินทรีย์ในหญ้าหมักเขตร้อนโดยเฉพาะ *Lactobacilus plantarum* เป็นส่วนมากประมาณ 53 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการปรับปรุงพืชหมักอาจทำได้โดยการเร่งการเจริญเติบโตของเชื้อที่มีอยู่ตามธรรมชาติโดยการเพิ่มสารช่วยหมักที่เป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ เช่น กากน้ำตาล รำ ข้าวโพดและมันเส้น เป็นต้น

พืชหมัก (Silage)

เป็นอาหารที่เตรียมโดยกระบวนการหมัก (fermentation) ของพืชอาหารสัตว์ที่มีความชื้นสูง โดยการทำงานของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก ซึ่งแบคทีเรียเหล่านี้จะมีติดอยู่กับพืชสดหรือเกิดขึ้นโดยการจำกัดกระบวนการหมักโดยการตาก ลดความชื้น (pre-wilting) ของพืชหรือกำจัดความชื้นได้โดยการเติมสารเคมี ซึ่งกระบวนการหมักจะต้องอยู่ในสภาพปราศจากออกซิเจน

พืชเกือบทุกชนิดสามารถนำมาหมักได้ ที่นิยมกันมากที่สุดคือ หญ้า ถั่วต่างๆพวกธัญพืช และเศษเหลือของผลไม้ เป็นต้น (เมธา, 2533)

กระบวนการหมัก

สมชาย (2540) กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในอาหารหมักจะเกิดเป็นช่วงๆ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 6 ระยะ

ระยะที่ 1 การหายใจของพืชโดยใช้ก๊าซออกซิเจนยังมีอยู่มาก เซลล์ของพืชและจุลินทรีย์จะพยายามใช้ก๊าซออกซิเจนในการย่อยสลายพวกคาร์โบไฮเดรต ที่ละลายน้ำได้ดีออกไปใช้มากที่สุด ผลผลิตที่เกิดจากกระบวนการนี้คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และความร้อน โดยปกติก๊าซออกซิเจนจะถูกใช้หมดไปภายใน 4-6 ชั่วโมง หลังจากผ่านกระบวนการหมักที่ถูกต้อง

ระยะที่ 2 ระยะนี้จะเกิดขึ้นหลังจากก๊าซออกซิเจนถูกกำจัดหมดแล้ว แบคทีเรียที่ไม่ใช้ก๊าซออกซิเจนจะเริ่มย่อยคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำกับโปรตีนบางชนิด ให้กลายเป็นกรดอะซิติก กรดที่เกิดขึ้นนี้จะทำให้ค่าความเป็นกรดเพิ่มมากขึ้น ค่าความเป็นกรดอาจไปถึง 5 เมื่อค่าความเป็นกรดลดไปถึงระดับนี้ แบคทีเรียที่สร้างกรดอะซิติกจะเริ่มถูกทำลาย ระยะนี้ปกติจะกินเวลาประมาณ 24-72 ชั่วโมง

ระยะที่ 3 และ 4 ระยะนี้เป็นระยะที่มีความสำคัญมากเพราะแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติก จะเริ่มทำงานในช่วงนี้ กรดแลคติกเป็นกรดที่มีประโยชน์ซึ่งโคนมสามารถนำไปใช้เป็นพลังงานได้ แบคทีเรียอาจใช้สารอาหารในหญ้าหมักมากถึง 10 เปอร์เซ็นต์ ในการสร้างกรดชนิดนี้ ถ้ากระบวนการหมักสมบูรณ์กรดแลคติกจะทำให้ค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ค่า pH อาจลดลงไปถึง 4.2 หรือต่ำกว่า ความเป็นกรดระดับนี้จะทำให้จุลินทรีย์ทุกชนิดหยุดทำงาน หญ้าหมักที่ผ่านมาถึงระยะนี้จะเก็บไว้ได้ตลอดไปโดยไม่มีการสูญเสีย ถ้าไม่มีการสัมผัสกับอากาศ ในระยะนี้ถ้าใช้วัตถุดิบที่มีความชื้นมากเกินไป (มากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์) จะทำให้แบคทีเรียกลุ่มโคลสตริเดีย (*Clostridia spp*) เจริญเติบโตได้ดี และมีการสร้างกรดบิวทีริคแทนกรดแลคติก กรดบิวทีริคจะทำให้หญ้าหมักมีกลิ่นไม่ดี โคนมจะไม่ชอบกินหญ้าหมักที่มีกรดบิวทีริกสูง

ระยะที่ 5 เป็นระยะที่ทุกอย่างคงตัวหมดแล้ว ค่า pH จะคงที่และจะมีปริมาณความเป็นกรดเท่าใดขึ้นอยู่กับขึ้นอยู่กับชนิดของพืชอาหารสัตว์ที่ใช้ทำ เช่น ข้าวโพดหมักจะมี pH 4 คุณภาพของหญ้าหมักจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงจนกว่าจะเริ่มเปิดมาใช้

ระยะที่ 6 เป็นระยะสุดท้ายของกระบวนการหมัก คือระยะที่เริ่มเปิดออกมาใช้ ระยะนี้หญ้าหมักจะเริ่มมีการสูญเสีย กระบวนการย่อยสลายโดยใช้ออกซิเจนจะเกิดขึ้นอีก เชื้อราและยีสต์จะมีโอกาสเจริญเติบโตได้อีก ดังนั้นการเก็บรักษาในช่วงก่อนที่หญ้าหมักจะถูกใช้หมด ถ้าเก็บรักษาไม่ดีพอก็จะเกิดการสูญเสียเป็นจำนวนมาก

ลักษณะของพืชหมักที่ดี

กรมปศุสัตว์ (2547) รายงานลักษณะทางกายภาพและเคมีตามมาตรฐานของกรมปศุสัตว์ดังนี้

มาตรฐานทางกายภาพของพืชอาหารหมัก

1. กลิ่นพืชหมักควรมีกลิ่นหอมเปรี้ยวอ่อน ๆ คล้ายผลไม้ดอง ไม่มีกลิ่นเหม็นเน่า หรือ กลิ่นของแอมโมเนีย

2. เนื้อของพืชหมัก ต้องไม่เป็นเมือก ไม่เละ เอามือถูเนื้อไม่หลุดออก ไม่มีราหรือส่วนที่บูดเน่า ถ้ามีสีขาวเป็นเส้นกระจายบนพืชหมัก แสดงว่าเกิดราคุณภาพพืชหมักจะด้อยลง

3. สีพืชหมักควรมีสีเหลืองอมเขียว ถ้าปรากฏเป็นเส้นสีน้ำตาลไหม้หรือดำแสดงว่าเกิดความร้อนมากในขณะหมัก ทำให้สารอินทรีย์สลายตัว นับเป็นการสูญเสียโภชนะหรือธาตุอาหารมาก ซึ่งถ้าพืชหมักเป็นสีดำไม่ควรนำไปให้สัตว์กิน

4. ค่าความเป็นกรดของพืชหมัก ควรมีค่า pH เมื่อทดสอบด้วยกระดาษลิดมัส อยู่ในช่วง 3.5-4.2

มาตรฐานทางเคมีของพืชหมัก

1. ค่าความเป็นกรด ควรมีค่า pH อยู่ในระหว่าง 3.5-4.2

2. ปริมาณกรดอินทรีย์ โดยมีกรดแลกติกอยู่มาก มีกรดอะซิติกเป็นส่วนน้อย และไม่ควรมีกรดบิวทีริกหรือให้มีน้อยที่สุด พืชหมักที่ดีไม่ควรเปรี้ยวเกินไป และควรมีสัดส่วนของกรดต่าง ๆ เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของกรดทั้งหมด ดังนี้

กรดแลกติก	1.5-2.5	เปอร์เซ็นต์
กรดอะซิติก	0.5-0.8	เปอร์เซ็นต์
กรดบิวทีริก น้อยกว่า	0.1	เปอร์เซ็นต์

การประเมินคุณค่าทางอาหารสัตว์และวิธีหาการย่อยได้ของโภชนะในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง เป็นการศึกษาให้ทราบถึงปริมาณโภชนะต่าง ๆ ที่มีอยู่ในอาหาร เมื่อสัตว์กินเข้าไปแล้วถูกนำไปใช้ประโยชน์ได้มากน้อยเพียงใด ในการประเมินคุณภาพอาหารสัตว์จึงจำเป็นต้องทราบถึงข้อมูลด้านการย่อยได้ และการใช้ประโยชน์ของโภชนะในอาหาร เมื่อนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาพิจารณาร่วมกัน จึงจะสามารถบอกคุณภาพของอาหารสัตว์ได้อย่างสมบูรณ์ (เมธา, 2533)

เทอดชัย (2548) ได้อธิบายว่า เป็นการวัดการปริมาณอาหารหรือวัดโภชนะที่สูญหายในระบบทางเดินอาหารส่วนต่างๆ เพื่อใช้ในการศึกษาหรือเพื่อประเมินคุณค่าของอาหารชนิดนั้นๆ ว่าสัตว์จะมีความสามารถ หรือมีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใดในการจะนำเอาโภชนะนั้นๆ ไปใช้ประโยชน์ นอกจากนี้ยังเป็นการศึกษาถึงปริมาณโภชนะที่สามารถย่อยได้ในแต่ละส่วนของทางเดินอาหารได้

บุญล้อม (2541) กล่าวว่า การประเมินคุณค่าทางอาหารสามารถตรวจสอบได้หลายวิธี แต่ที่นิยมกันโดยทั่วไป คือ วิธีการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารแบบหยาบ (proximate analysis) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางโภชนะในอาหารข้น เพราะวิธีการนี้สามารถบอกองค์ประกอบทางเคมีของอาหารได้ดีระดับหนึ่ง แต่ยังมีจุดอ่อนในเรื่องการวิเคราะห์เยื่อใยขึ้น หากนำมาใช้วิเคราะห์คุณค่าทางอาหารในอาหารหยาบ จึงได้มีการพัฒนาการวิเคราะห์เยื่อใยขึ้น เรียกว่า วิธีการใช้สารละลาย (detergent method) ซึ่งเป็นวิธีการหาส่วนประกอบของผนังเซลล์โดยเฉพาะการหาปริมาณของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และ ลิกนิน เป็นต้น ซึ่งมีความสำคัญในการเปรียบเทียบคุณภาพพืชอาหารสัตว์ เนื่องจากจุลินทรีย์ในการเพาะรูเมนสามารถที่จะย่อยเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสที่เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ได้ นอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์หาแร่ธาตุต่างๆ ในอาหารสัตว์ที่มีความจำเป็นต้องทราบ เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส และวิธีการวิเคราะห์หาพลังงานโดยใช้เครื่องเผาไหม้หาพลังงาน (bomb calorimeter) อย่างไรก็ตามข้อมูลที่วิเคราะห์ได้ยังไม่เพียงพอที่จะนำมาใช้ในการประเมินคุณภาพอาหารสัตว์ เพราะข้อมูลเหล่านี้ไม่สามารถบอกได้ถึงว่าโภชนะต่างๆ ที่มีอยู่ในอาหาร โดยทั่วไปการวัดการย่อยได้สามารถทำได้ 2 วิธี คือ การทดลองในห้องปฏิบัติการหรือนอกตัวสัตว์ (*in vitro* method) และการทดลองกับตัวสัตว์ (*in vivo* method)

การหาการย่อยได้โดยการทดลองในห้องปฏิบัติการ (*in vitro* method)

ทรงศักดิ์ และยุทธชัย (2542) กล่าวว่า การวิเคราะห์การย่อยได้ในห้องปฏิบัติการถูกพัฒนาขึ้นมา เนื่องจากการวัดการย่อยได้ในตัวสัตว์ เป็นวิธีการที่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย และใช้แรงงานเป็นจำนวนมาก จึงมีการพัฒนาการย่อยได้โดยการเลียนแบบสภาวะภายในทั้งหมดให้เหมือนกับการย่อยที่เกิดขึ้นจริงในตัวสัตว์ ซึ่งมีอยู่หลายวิธีที่นิยมใช้กัน ดังที่ บุญล้อม (2541) ได้แนะนำไว้คือ

1. วิธีการ 2 ขั้นตอน ของ Tilley and Terry (2-stage *in vitro* method) วิธีนี้ได้รับความนิยมมานาน โดยใช้ตัวอย่างอาหารประมาณ 0.5 กรัม ร่วมกับของเหลวจากกระเพาะรูเมน จำนวน 10 มิลลิลิตร และสารละลายบัฟเฟอร์ จำนวน 40 มิลลิลิตร แช่บ่มที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นหยุดปฏิกิริยาด้วย Mercuric chloride จากนั้นทำการปั่นแยก

กากตะกอนแล้วย่อยต่อด้วย Acid-Pepsin อีก 48 ชั่วโมง ปั่นแยกเอาตะกอนออก จากนั้นทำให้แห้งแล้วชั่งน้ำหนักเพื่อแยกผลการย่อยได้ของวัตถุแห้ง และอินทรียวัตถุต่อไป แต่ภายหลังเมื่อมีการพัฒนาวิธีอื่นที่สามารถให้ข้อมูลได้มากกว่า และมีความแม่นยำสูงกว่าวิธีนี้จึงได้รับความนิยมน้อยลงไป

2. วิธีการเอนไซม์เปปซิน-เซลยูเลส (pepsin-cellulase technique) ทำได้โดยใช้เอนไซม์ที่สกัดจากจุลินทรีย์มาบ่มกับตัวอย่าง วิธีนี้มีข้อดีคือ สามารถทำได้รวดเร็ว ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาทั้งคุณภาพของเอนไซม์และวิธีการวิเคราะห์ทำให้ได้ค่าที่แม่นยำขึ้น สะดวกสำหรับห้องปฏิบัติการที่ไม่มีสัตว์เจาะกระเพาะ มีวิธีการอยู่ 3 ขั้นตอนด้วยกัน ได้แก่ ขั้นตอนแรกใช้เอนไซม์ pepsin ใน 0.1 M HCl ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และต่อด้วย starch hydrolysation ด้วยสารละลายเดิมที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที ก่อนจะล้างด้วยน้ำอุ่นและย่อยผนังเซลล์ด้วยเอนไซม์ cellulase ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นหาค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (organic matter digestibility; OMD) ที่ได้จากสมการคำนวณและไขมัน (ether extract ; EE) จากกการวิเคราะห์ สามารถนำไปคำนวณเป็นค่าพลังงานเมทาบอไลซ์ (metabolizable energy; ME) และค่าพลังงานสุทธิใช้ในการให้นม (net energy for lactation; NE_l) โดยใช้สมการที่ DeBoever *et al.* (1986) ได้เสนอสมการไว้ดังนี้

$$ME\ (MJ/kgDM) = 0.150 \times OMD + 0.214 \times EE - 0.99\ (R^2 = 0.96)$$

$$NE_l\ (MJ/kgDM) = 0.112 \times OME + 0.159 \times EE + 2.37\ (R^2 = 0.96)$$

3. วิธีวัดปริมาณก๊าซ (gas production technique) ได้รับการพัฒนาขึ้นในประเทศเยอรมันเพื่อให้สามารถทำนายการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ และค่าพลังงานในอาหารได้ ต่อมาได้มีการดัดแปลงให้สามารถวัดอัตราการย่อยสลายของอาหารได้ด้วย วิธีการนี้เป็นวิธีที่สามารถประเมินการย่อยได้ใกล้เคียงกับการใช้สัตว์ทดลองมากที่สุด การศึกษาตามวิธีการนี้อาศัยความรู้จากการหมักย่อยอาหาร โดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในของเหลวในกระเพาะรูเมน ผลจากการหมักย่อยอาหารจะทำให้เกิดก๊าซขึ้น ซึ่งได้มีการพัฒนาวิธีการและการคำนวณเพื่อใช้ทำนายคุณค่าทางอาหารได้ ก๊าซที่เกิดขึ้นจากหมักย่อยส่วนใหญ่ คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และมีเทน (CH_4) ซึ่งเป็นก๊าซที่เกิดจากการย่อยสลายของคาร์โบไฮเดรตเป็นกรดไขมันสายสั้น (short chain fatty acid) ได้แก่ กรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทีริก โดย Menke and Steingass (1988) พัฒนาวิธีการศึกษานี้โดยมีหลักการที่ทำการ บ่มตัวอย่างอาหารประมาณ 0.2 กรัมกับของเหลวในกระเพาะรูเมนใส่ลงในหลอด glass syringe ขนาด 100 มิลลิลิตรในตู้อบที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส

(ใกล้เคียงกับสภาพภายในรูเมน) แล้วอ่านค่าก๊าซเมื่อบ่มครบ 24 ชั่วโมง ไปคำนวณตามสมการที่กำหนดไว้ นำค่า โปรตีน ไขมัน และเถ้าไปใช้ในการหาค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy, ME)

4. วิธีหาการย่อยได้โดยวิธี *in vitro* true digestibility (IVTD) การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะวิธีนี้ได้ปรับปรุงและพัฒนามาจากวิธีการ 2 ขั้นตอนของ Tilley and Terry (1963) โดย Wilman and Adesogan (2000) ซึ่งเป็นการหาค่าการย่อยได้ในห้องปฏิบัติการ การทดลองด้วยวิธีนี้จะช่วยลดค่าใช้จ่ายและแรงงานในการปฏิบัติการได้ (Adesogan, 2005) มีขั้นตอนการทำโดยการเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมน (rumen fluid) ของโคที่ผ่าตัดกระเพาะรูเมนแล้วซึ่งเป็นโคที่ได้รับอาหารชนิดเดียวกันกับอาหารที่ใช้ในการทดลอง 14 วัน ก่อนทำการเก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมน (Robinson *et al*., 1999)

ถุงที่ใช้ในการทดลองใช้ถุงโพลีเอสเตอร์ (ANKOM F59) ขนาด 5×5.5 เซนติเมตร มีขนาดรูถุง (pore size) 25 ไมโครเมตร ชั่งด้วยตัวอย่างอาหารที่บดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร จำนวน 0.5 กรัม ใส่ลงในถุงแล้วปิดปากถุงด้วยเครื่องทำความร้อน นำถุงอาหารใส่ลงในโถแก้วแล้วเติมสารละลายบัฟเฟอร์ นำมาผสมกับของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่ผ่านการปั่น โดยทุกขั้นตอนมีการเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดเวลา จากนั้นนำโถแก้วเข้าแช่บ่มที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส ในเครื่องแช่บ่ม ANKOM Daisy^{II} เมื่อครบกำหนดเวลานำถุงออกมาล้างด้วยน้ำจนสะอาดแล้วนำถุงเข้าตู้อบด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส (Robinson *et al*., 1999) จากนั้นนำมาหาค่าการย่อยได้ด้วยวิธี IVTD จากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ IVTD} = 100\times \frac{(W3-W1)\times 100}{W2}$$

เมื่อ W1 = น้ำหนักถุงเปล่า

W2 = น้ำหนักของอาหารทดลองหลังบ่ม

W3 = น้ำหนักถุงพร้อมอาหารทดลอง

5. วิธีใช้ถุงไนลอน (nylon bag technique) หรือ *in sacco* วิธีนี้จำเป็นต้องอาศัยสัตว์เจาะกระเพาะรูเมน เป็นวิธีได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง เพราะให้ข้อมูลเกี่ยวกับอัตราการย่อยสลายของอาหารซึ่งนับว่าเป็นประโยชน์มาก นำตัวอย่างอาหารที่ต้องการทดสอบใส่ในถุงที่ทำจากผ้าหรือไนล่อน ที่มีขนาดรูของถุง 40-60 ไมโครเมตรซึ่งจุลินทรีย์สามารถเข้าไปย่อยอาหารได้ แต่อาหารออกจากถุงไม่ได้ แช่ถุงไว้ตามระยะเวลาที่ต้องการ เมื่อครบกำหนดเวลา นำถุงทั้งหมดออกล้างแล้ววัดปริมาณอาหารที่เหลือและวิเคราะห์ทางเคมี (Ørskov and McDonald, 1979)

ถึงแม้การศึกษาการสลายตัวของโภชนะภายในกระเพาะหมักโดยวิธีการใช้ถุงไนลอนจะเป็นวิธีการที่สะดวก ค่าใช้จ่ายถูกกว่าการศึกษาในตัวสัตว์ แต่ก็มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งมีผลทำให้แม่นยำและข้อมูลที่ได้มีความน่าเชื่อถือ ได้แก่ ลักษณะเฉพาะของถุง ชนิดของถุง ขนาดของถุง ลักษณะของตัวอย่างอาหาร การใส่ถุงตัวอย่างในกระเพาะหมัก การล้างถุง การอบถุง รวมทั้งการให้อาหารและสัตว์ทดลอง จำเป็นต้องกระทำด้วยความระมัดระวังเพื่อป้องกันความผิดพลาดของค่าที่ได้จากการทดลองด้วยวิธีนี้

การหาการย่อยได้ของโภชนะโดยการทดลองกับตัวสัตว์ (*in vivo* method)

ทรงศักดิ์ และยุทธชัย (2542) กล่าวว่าการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางโภชนะของอาหารสัตว์ สามารถบ่งบอกได้ถึงเปอร์เซ็นต์ของโภชนะที่มีอยู่ในอาหารชนิดนั้น แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าโภชนะที่มีอยู่จะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริงในตัวสัตว์ เนื่องจากอาหารที่กินเข้าไปไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมด และจะมีโภชนะบางส่วนที่สูญเสียไปในระหว่างกระบวนการย่อย การดูดซึม และการเปลี่ยนแปลงของอาหารภายในร่างกาย ดังนั้น การประเมินคุณภาพอาหารจึงนิยมทำโดยวิธีการวัดการย่อยได้ของโภชนะในอาหาร โดยทดลองกับตัวสัตว์ซึ่งสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1. วิธีการชั่งน้ำหนักทั้งหมด (total collection method หรือ conventional method) โดยให้สัตว์กินอาหารทดลอง ชั่งน้ำหนักของอาหารที่สัตว์กินเข้าไป ชั่งน้ำหนักมูลที่ถ่ายออกมาและเก็บตัวอย่างปัสสาวะทั้งหมด ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถบ่งบอกได้ถึงความสามารถในการย่อยได้ของโภชนะแต่ละชนิดได้ หากนำอาหารที่กินและสิ่งที่ขับถ่ายมาวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร

การศึกษาด้วยวิธีการนี้จำเป็นต้องเลือกสัตว์ที่มีความสม่ำเสมอทั้งด้านอายุ น้ำหนักตัว และพันธุกรรม เพื่อไม่ให้เกิดความแปรปรวนซึ่งอาจเกิดขึ้นเนื่องจากตัวสัตว์ นอกจากนั้นแล้วระยะเวลาในการปรับสัตว์ ซึ่งต้องมีความเหมาะสม โดยทั่วไปจะใช้เวลา 2-4 สัปดาห์ หรือมากกว่านั้น ก่อนที่ทำการทดลอง จากนั้นเป็นช่วงการทดลองจริง ซึ่งจะใช้เวลาทดลองประมาณ 10-14 วัน เพื่อบันทึกปริมาณอาหารที่กินและมูลที่ถ่ายออกมาในแต่ละวัน และจะนำตัวอย่างอาหารและมูลไปวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร ในช่วงนี้นิยมให้อาหารแบบจำกัด โดยจะให้ประมาณ 85-90 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณอาหารที่สัตว์ทดลองกินแบบเต็มที่ หลังจากนั้นก็นำค่าต่างๆ ที่ได้มาวิเคราะห์มาคำนวณเพื่อหาค่าการย่อยได้ของโภชนะต่างๆต่อไป ตามสูตรนี้ (เมธา, 2529)

$$\text{สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ (\%)} = 100 - \frac{(\text{น้ำหนักโภชนะในมูลปรับแห้ง}) \times 100}{\text{น้ำหนักของโภชนะในอาหารที่กินปรับแห้ง}}$$

2. วิธีการใช้ตัวที่บ่งชี้ (indicator หรือ marker) เป็นวิธีการทางอ้อม เพราะไม่ต้องเก็บตัวอย่างมูลทั้งหมดของสัตว์ที่ขับถ่ายออมา เนื่องจากการเก็บมูลทั้งหมด จะเป็นปัญหาในการทดลองสำหรับสัตว์ที่มีขนาดใหญ่ และปริมาณมูลที่ขับถ่ายออกมามากในแต่ละวัน โดยใช้สารบ่งชี้ร่วมกับอาหารทดลองให้สัตว์กิน เพื่อแสดงถึงปริมาณอาหารที่เคลื่อนผ่านทางเดินอาหารในส่วนต่างๆ โดยทั่วไปสามารถแบ่งสารบ่งชี้ เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือตัวบ่งชี้ภายใน (internal indicator) และตัวบ่งชี้ภายนอก (external indicator) โดยทั่วไป สารบ่งชี้ที่ใช้ในการศึกษาควรมีคุณสมบัติดังนี้

- ต้องไม่มีการหรือการดูดซึมในระบบทางเดินอาหาร
- ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเพื่อให้คุณหรือโทษ เมื่อเข้าไปอยู่ในระบบทางเดินอาหาร
- ผ่านไปในระบบทางเดินอาหารในอัตราความเร็วเดียวกับอาหารทดลอง
- สามารถนำมาวิเคราะห์ทางเคมีได้ง่าย
- มีการกระจายตัวได้อย่างทั่วถึงในอาหารทดลอง (สำหรับตัวบ่งชี้ภายนอก)
- ผสมในอาหารที่อยู่ในระบบทางเดินอาหารได้เป็นอย่างดี (สำหรับตัวบ่งชี้ภายใน)

2.1 การใช้ตัวบ่งชี้ภายใน ใช้สารที่กระจายอยู่ในทั่วไปในอาหาร เช่น ลิกนิน (lignin) หรือเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (acid insoluble ash; AIA) ในการศึกษาจำเป็นต้องวิเคราะห์หาค่า AIA หรือ ลิกนินในอาหารทดลองและต้องทราบปริมาณการกินได้ของสัตว์ที่แน่นอน โดยการสุ่มตัวอย่างมูลจากสัตว์ทดลองเป็นรายตัว หลายๆ วันติดต่อกัน นำมูลที่ได้ในแต่ละวันมาผสมกันแล้วสุ่มมาประมาณ 500 กรัม นำมาอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสจนแห้งจากนั้นนำมาวิเคราะห์หา AIA หรือลิกนิน และโภชนะที่เหลืออยู่ในมูลเพื่อการย่อยได้ของโภชนะตามสูตร

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

2.2 การใช้ตัวบ่งชี้ภายนอก เป็นการใช้สารเคมีเติมเข้าไปในอาหารทดลองซึ่งสารเคมีที่นิยมใช้คือสารโครมิกออกไซด์ (chromix oxide; Cr_2O_3) ทำการผสมสารชี้บ่งชี้ภายนอกชนิดที่ต้องการในอาหารที่ใช้ทดลอง เช่น ผสม Cr_2O_3 ลงในอาหารเข้ากันอย่างสม่ำเสมอ แล้ววิเคราะห์หาปริมาตรของโครมิกออกไซด์ ที่มีในอาหารผสมกับมูลที่ถ่ายออกมาในมูลเพื่อนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ ตามสูตร

$$\text{การย่อยได้ (\%)} = \frac{\left[\frac{\text{วัตถุแห้งในอาหาร}}{Cr_2O_3 \text{ ในอาหาร}}\right] - \left[\frac{\text{วัตถุแห้งในมูล}}{Cr_2O_3 \text{ ในมูล}}\right]}{\left[\frac{\text{วัตถุแห้งในอาหาร}}{Cr_2O_3 \text{ ในอาหาร}}\right]} \times 100$$

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย

ระยะเวลา

เริ่มดำเนินการ เดือน กุมภาพันธ์ 2554
เสร็จสิ้น เดือน สิงหาคม 2554

สถานที่ทำการวิจัย

สถานที่

1. ฟาร์มโคนม สาขาโคนม-โคเนื้อ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้
2. ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้

การทดลองที่ 1 การปรับปรุงคุณภาพเปลือกกล้วยน้ำว้าสุกหมักด้วยยูเรียและกากน้ำตาล

ขั้นตอนที่ 1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกล้วย

นำเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ได้จากการแปรรูปของกลุ่มเกษตรกรพระพุทธบาทป่ากล้วย อ.สะเมิง จ.เชียงใหม่ คัดแยกแบ่งเปลือกกล้วยออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้ เปลือกกล้วยดิบ+ขั้ว เปลือกกล้วยสุก ขั้วกล้วยสุก แล้วนำไปผึ่งลมไว้ 10 ชั่วโมง ทำการชั่งน้ำหนักและบันทึกไว้ แล้วสุ่มนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส บันทึกน้ำหนัก แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส แล้วบดผ่านตระแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร เพื่อวิเคราะห์ Proximate proximate analysis (AOAC., 1998) วิเคราะห์หา NDF , ADF และ ADL โดยวิธี detergent method (Goering and Van Soest, 1970)

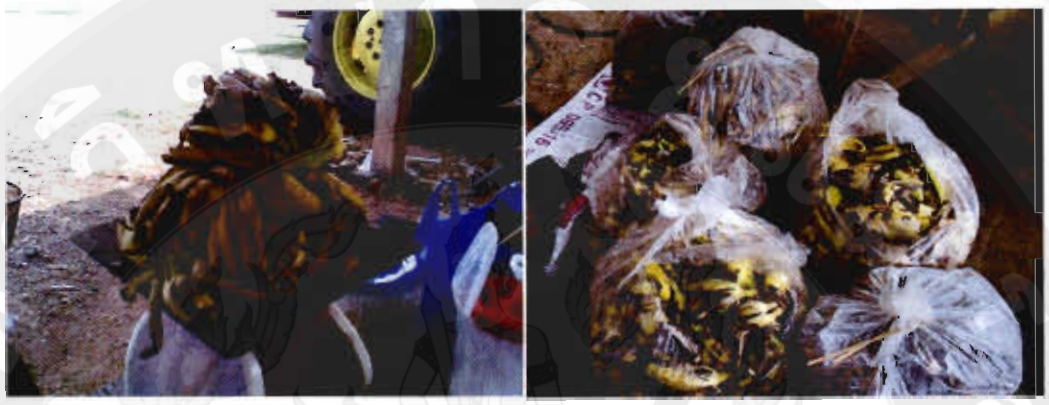
ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาหาระดับความเข้มข้นของยูเรีย, กากน้ำตาล และระยะเวลาที่เหมาะสมในการหมักเปลือกกล้วย

ทำการหมักเปลือกกล้วยน้ำว้าสุกผสมขั้วร่วมกับยูเรียและกากน้ำตาล เพื่อศึกษาถึงส่วนผสมและระยะเวลาการหมักที่เหมาะสมในการปรับปรุงคุณภาพ โดยวางแผนแบบ 3x3x4 แฟคเทอร์เรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ คือ

ปัจจัยที่ 1 กากน้ำตาล	3 ระดับ คือ	0, 2.5, 5 เปอร์เซ็นต์
ปัจจัยที่ 2 ยูเรีย	3 ระดับ คือ	0, 3, 6 เปอร์เซ็นต์

ปัจจัยที่ 3 ระยะเวลาการหมัก 4 ระยะ คือ 7, 14, 21, 28 วัน

วิธีการหมัก นำเปลือกกล้วยน้ำว้าสุกรวมขั้วที่ได้จากการแปรรูปของกลุ่มเกษตรกรพระพุทธบาทป่ากล้วย (ภาพ 1ก และ 1ข) มารวมกันและผสมกันเพื่อความสม่ำเสมอของเปลือกกล้วย



ภาพ 1 ก ภาพ 1 ข

ภาพ 1 เปลือกกล้วยน้ำว้าสุกรวมขั้วจากการแปรรูปที่ใช้ในการทดลอง

จากนั้นชั่งเปลือกกล้วยบรรจุใส่ถุง ๆ ละ 1 กิโลกรัม ผสมยูเรียและกากน้ำตาลผสมน้ำ 1 ลิตร ตามสูตรที่กำหนดไว้โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสด เช่น กลุ่มกากน้ำตาล 2.5 เปอร์เซ็นต์ (M2.5) ใช้กากน้ำตาล 25 กรัมต่อเปลือกกล้วย 1 กิโลกรัม เป็นต้น โดยคลุกส่วนผสมกับเปลือกกล้วยให้เข้ากันในถุง 2 ชั้นป้องกันถุงขาด แล้วดูดอากาศออกด้วยเครื่องดูดอากาศโดยมัดปากถุงด้วยยางในรถจักรยานยนต์ปิดทับด้วยกระดาษกาวสีขาว โดยทำการหมักจำนวน 3 ถุงเป็นระยะเวลา 7, 14, 21 และ 28 วัน

เมื่อครบระยะเวลาการหมักที่กำหนดไว้ วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้สุ่มตัวอย่างพืชหมัก 50 กรัมผสมกับน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร นำไปปั่นในโถปั่น (blender jar) นาน 30 วินาทีแล้วกรองผ่านผ้าขาวบาง 2 ชั้น นำน้ำที่กรองได้ไปวัดความเป็นกรด – ด่าง (pH) ด้วยเครื่อง pH meter (Bal *et al.*, 1997) และทำการประเมินคุณภาพตามแบบประเมินคุณภาพของพืชหมัก (กรมปศุสัตว์, 2547)

แบบประเมินคุณภาพพืชทางกายภาพ กองอาหารสัตว์

1.	กลิ่น	หอมคล้ายกลิ่นผลไม้ดอง หรือน้ำส้มสายชู	12	คะแนน
		ไม่หอมมีกลิ่นฉุนเล็กน้อย	8	คะแนน
		มีกลิ่นฉุนมาก และเหม็นเล็กน้อย	4	คะแนน
		เหม็นเน่า หรือมีกลิ่นรา	0	คะแนน
2.	เนื้อพืชหมัก	แน่น มีส่วนใบและลำต้นที่ยังคงสภาพเดิม และไม่มีสิ่งเจอปน	4	คะแนน
		แน่น ส่วนใบและลำต้นเปื่อยยุ่ยเล็กน้อย ลื่นเป็นเมือก	2	คะแนน
		แน่น สวนใบและลำต้นเปื่อยยุ่ยมาก มีสิ่งเจือปน	1	คะแนน
		เละเป็นเมือก และสกปรกมาก	0	คะแนน
3.	สี	เหลืองอมเขียว หรือสีกากี	3	คะแนน
		เขียวอมเหลือง หรือเขียวเข้ม	2	คะแนน
		น้ำตาลทอง	1	คะแนน
		น้ำตาลเข้ม หรือดำ	0	คะแนน
	pH	3.5-4.2	6	คะแนน
		4.4-4.7	4	คะแนน
		4.7-5.1	2	คะแนน
		มากกว่า 5.1	0	คะแนน

ผลการประเมิน
20-25 คะแนน คุณภาพดีมาก
15-19 คะแนน คุณภาพดี
6-14 คะแนน คุณภาพปานกลาง
0-5 คะแนน คุณภาพต่ำ

การประเมินคุณภาพพืชหมัก จากปริมาณกรดแลคติก กรดอะซิติก และกรดบิวทีริก
(คิดเป็น เปอร์เซ็นต์ของกรดทั้งหมด)

กรดแลคติก	คะแนน	กรดอะซิติก	คะแนน	กรดบิวทีริก	คะแนน
0-25	0	0-15	20	0-1.5	50
25.1-30	2	15.1-20	18	1.6-3.0	30
30.1-34	4	20.1-24	16	3.1-4.0	20
34.1-38	6	24.1-28	13	4.1-6.0	15
38.1-42	8	28.1-32	10	6.1-8.0	10
42.1-46	10	32.1-36	7	8.1-10.0	9
46.1-50	12	36.1-40	4	10.1-12.0	8
50.1-54	14	40.1-45	2	12.1-14.0	7
54.1-58	16	45.1-50	0	14.1-16.0	6
58.1-62	18			16.1-18.0	4
62.1-66	20			18.1-20.0	2
66.1-70	24			20.1-30.0	0
70.1-75	28			30.1-40.0	-5
มากกว่า 75	30			มากกว่า 40.0	-10

ผลการประเมิน	**ชั้นคุณภาพ**
81-100 คะแนน	ดีมาก
61-80 คะแนน	ดี
41-60 คะแนน	ปานกลาง
21-40 คะแนน	พอใช้
0-20 คะแนน	ต่ำ

ขั้นตอนที่ 3 ศึกษาการย่อยได้โดยวิธี ใช้ชุดหมัก *in vitro* DM digestibility

สุ่มเปลือกกล้วยหมักจาก 3 ถุงๆละ 200-300 กรัมโดยสุ่มทั้งหมด 5 จุดได้แก่ ด้านบนถุง ด้านซ้าย ด้านขวา ตรงกลางและด้านล่างของถุง หมักเพื่อใช้เป็นตัวอย่างในการศึกษาการย่อยได้โดยมีกลุ่ม เปลือกกล้วยหมักที่ไม่เน่าเสียจำนวน 6 สูตรได้แก่ เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ (U3), เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับกากน้ำตาล 2.5 เปอร์เซ็นต์ (U3M2.5), เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ (U3M5), เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ (U6), เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับกากน้ำตาล 2.5 เปอร์เซ็นต์ (U6M2.5) และ เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ (U6M5) ทั้ง 4 ระยะเวลาของการหมักมาทดสอบการย่อยได้ เนื่องจากเปลือกกล้วยเกิดการเน่าเสียจึงวางแผนการทดลองแบบ 3x2x4 แฟคเทอร์เรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยปัจจัยคือ

ปัจจัยที่ 1 กากน้ำตาล	3 ระดับ คือ	0, 2.5, 5 เปอร์เซ็นต์
ปัจจัยที่ 2 ยูเรีย	2 ระดับ คือ	3 และ 6 เปอร์เซ็นต์
ปัจจัยที่ 3 ระยะเวลาการหมัก	4 ระยะ คือ	7, 14, 21, 28 วัน

ทำการหาการย่อยได้ของวัตถุแห้งด้วยวิธี *In vitro* DM digestibility เป็นวิธีที่ปรับปรุงมาจากวิธีของ Tilly and Terry. (1963) โดยนำตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และบดผ่านตระแกรงขนาด 2 มิลิเมตร ชั่งตัวอย่างอาหารทดลองประมาณ 2-2.5 กรัมใส่ถุงที่ชั่งน้ำหนักและเขียนหมายเลขแล้วมัดปากถุงให้แน่น จากนั้นนำถุงที่มีอาหารทดลองใส่ลงในโถที่ใช้กับชุดการทดลอง ผสมสารละลาย (ตาราง 13) และของเหลวจากกระเพาะรูเมน จากนั้นนำโถเข้าแช่บ่มในเครื่องมือชุดกระเพาะหมักเทียม ANKOM DAISY^{II}โดยใช้เครื่องมือ DAISY^{II} (ANKOM technology Corp., Fairpot,NY) (Holden, 1999) เมื่อครบเวลาที่กำหนดนำ 48 ชั่วโมงนำออกมาล้างด้วยน้ำจนสะอาด แล้วนำถุงเข้าอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสจนน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักที่เหลือคำนวณหาปริมาณโภชนะที่ถูกย่อยสลาย (disappearance) ดังสมการ

$$\% \text{ DM disappearanee} = \left[\frac{(W1+W2)-W3}{W2}\right] \times 100$$

เมื่อ W1 = น้ำหนักถุง

W2 = น้ำหนักตัวอย่าง

W3 = น้ำหนักถุง + ตัวอย่างหลังการแช่ในกระเพาะรูเมน

แล้วเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของวัตถุแห้งโดยใช้วิธีวิเคราะห์วาเรียนซ์ (analysis of variance, ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ 3x2x4 แฟคเทอร์เรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

เตรียมสารละลาย

ตาราง 13 ส่วนประกอบของสารละลายที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี	ปริมาณ(กรัม) ต่อสารละลาย 1 ลิตร
Buffer Solution A	
Potassium dihydrogen phosphate	10.0
Magnesium sulfate-heptahydrate	0.5
Sodium chloride	0.5
Calcium chlorid-dihydrate	0.1
Urea (reagent grade)	0.5
Buffer Solution B	
Sodium Carbonate anhydrous	15.0
Sodium sulphide nonahydrate	1.0

ที่มา : ดัดแปลงจาก Holden (1999)

การทดลองที่ 2 ศึกษาการใช้เปลือกกล้วยหมักเป็นอาหารสัตว์กระเพาะรวม

จากการทดลองที่ 1 เมื่อพิจารณาจากคะแนนประเมินและค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งพบว่า เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับกากน้ำตาล 2.5 เปอร์เซ็นต์, เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ และเปลือกกล้วยหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะเวลาหมัก 28 วัน มีคะแนนประเมินคุณภาพพืชหมักซึ่งอยู่ในระดับปานกลางและมีค่าการย่อยได้สูงสุด จึงเลือกสูตรดังกล่าวใช้ในการทดลองที่ 2 ต่อไป

2.1 สัตว์ทดลอง

แพะลูกผสมพื้นเมืองกับพันธุ์ซาแนน (56.75 เปอร์เซ็นต์ X 43.25 เปอร์เซ็นต์) เพศเมีย อายุ 3-8 เดือน จำนวน 12 ตัว ทำการสุ่มแพะตามน้ำหนักตัว แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มการทดลอง

กลุ่มละ 3 ตัว (replication) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) มี 4 กลุ่มการทดลอง (treatments) คือ

- ฟางหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ 21 วัน (T1)
- เปลือกกล้วยรวมขั้วหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับกากน้ำตาล 2.5 เปอร์เซ็นต์ (T2)
- เปลือกกล้วยรวมขั้วหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ (T3)
- เปลือกกล้วยรวมขั้วหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ (T4)

2.2 การเตรียมอาหารทดลอง

เปลือกกล้วยที่ใช้ในการทดลองรวบรวมจากร้านขายกล้วยทอด ในตลาดหน้าค่ายกาวิละ และกลุ่มเกษตรกรพระพุทธบาทป่ากล้วย อ.สะเมิง จ.เชียงใหม่ โดยนำเปลือกกล้วยมาคลุกเคล้าให้เข้ากันเพื่อความสม่ำเสมอของตัวอย่าง เปลือกกล้วยถูกหักแบ่งครึ่งหวี แล้วแบ่งใส่ถุง ๆ ละ 10 กิโลกรัม ใส่ถุง 2 ชั้นเพื่อป้องกันถุงขาด ผสมกับสารเสริม โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเปลือกกล้วยสด โดยละลายสารเสริม (ยูเรียหรือกากน้ำตาล) กับน้ำในอัตราส่วน 1:1 คลุกเคล้าเปลือกกล้วยกับส่วนผสมให้เข้ากัน จากนั้นทำการดูดอากาศออกให้หมดด้วยเครื่องดูดอากาศ มัดปากถุงให้แน่นหมักเป็นระยะเวลา 28 วันก่อนนำไปใช้ทดลอง ส่วนกลุ่มฟางหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ ละลายยูเรียกับน้ำโดยใช้น้ำในอัตราส่วน 1:1 ต่อน้ำหนักฟางคนให้ละลายแล้วค่อยๆ ราดลงบนฟางจนทั่ว โดยบรรจุถุงละ 7 กิโลกรัมซ้อนถุง 2 ชั้น ดูดอากาศออก มัดปากถุงให้แน่นเป็นระยะเวลา 21 วัน

2.3 วิธีการทดลอง

ก่อนเริ่มการทดลอง ทำการถ่ายพยาธิทั้งภายในและภายนอก จากนั้นนำแพะไปเลี้ยงบนกรงทดลองแบบขังเดี่ยว ขนาดกว้าง x ยาว เท่ากับ 1.20 x 2.00 เมตร โดยให้ฟางหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์หมัก 21 วันเป็นอาหารหลักเพียงอย่างเดียววันละ 2 ครั้งเวลา 6.30 น. และเวลา 14.30 น. และให้น้ำกินตลอดเวลาเป็นเวลา 7 วัน เพื่อให้แพะปรับตัวให้คุ้นเคยกับสภาพกรงทดลอง

ระยะการทดลอง แบ่งเป็น 2 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 ระยะปรับตัว (preliminary period) เป็นระยะที่ให้สัตว์มีความคุ้นเคยอาหารทดลอง โดยให้กินอาหารทดลองตามกลุ่มทดลองแบบเต็มที่ (*ad libitum*) วันละ 2 ครั้งเวลา 6.30 น. และเวลา 14.30 น. มีน้ำให้กินตลอดเวลา เป็นระยะเวลา 14 วัน โดยช่วงเช้าเริ่มเวลา 6.00 น. และช่วงบ่ายเริ่มเวลา 14.00 น. เปิดถุงเปลือกกล้วยและฟางหมักยูเรียเพื่อเป็นการผึ่งลดกลิ่น ชั่งและบันทึกน้ำหนักน้ำหนักอาหารที่ให้และอาหารเหลือ

ระยะที่ 2 ระยะทดลอง (experimental period) เป็นระยะเก็บข้อมูลใช้ระยะเวลา 7 วัน ประกอบด้วย

- ให้แพะกินอาหารทดลองตามกลุ่มทดลอง เหมือนระยะปรับตัว โดยลดปริมาณอาหารเหลือ 90 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณที่กินได้เต็มที่ พร้อมกับบันทึกน้ำหนักอาหารหยาบที่ให้และที่เหลือ ระหว่างทดลองทำการสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารหยาบที่ให้และที่เหลือ นำไปอบที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง คำนวณหาปริมาณการกินได้คิดเป็นน้ำหนักของวัตถุแห้ง สุ่มตัวอย่างอาหารทดลองเพื่อส่งวิเคราะห์ปริมาณกรดอินทรีย์ และกรดแลคติก ที่ห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

- หาการย่อยได้ของโภชนะของเปลือกกล้วยหมัก โดยใช้วิธี Total fecal collection โดยเก็บมูลแพะ ทุกวัน ๆ ละ 2 ครั้ง ตลอดระยะทดลอง 7 วัน ก่อนให้อาหารดอนเช้าและตอนเย็น ชั่งน้ำหนักมูลแพะแต่ละตัวแล้วคลุกเคล้าผสมมูลแพะที่เก็บเช้าและบ่ายให้เข้ากัน และสุ่มตัวอย่างมูลแพะตัวละ 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักมูลในแต่ละวัน เก็บใส่ภาชนะปิดสนิทนำเข้าตู้แช่แข็งเมื่อสิ้นสุดระยะทดลองนำมูลที่เก็บไว้มาผสมทั้ง 7 วัน เพื่อรอการวิเคราะห์ในภายหลัง

- เก็บตัวอย่างเลือดในวันสุดท้ายของการให้อาหารทดลอง โดยเจาะเก็บเลือดจากเส้นเลือดดำใหญ่บริเวณคอ (jugular vein) ก่อนการให้อาหารเวลา 06.30 น. และหลังให้การอาหาร 4 ชั่วโมงในตอนเช้าเวลา เพื่อเก็บตัวอย่างซีรั่มเพื่อใช้วิเคราะห์หาระดับยูเรียในกระแสเลือด (blood urea –nitrogen, BUN) ความเข้มข้นของกลูโคสในเลือดโดยเจาะเลือดใส่หลอดแก้วประมาณ 5 มิลลิลิตร วางทิ้งให้เลือดแข็งตัวและเกิดการแยกชั้นตะกอนเม็ดเลือดที่อุณหภูมิห้องประมาณ 30-60 นาที ดูดส่วนที่ใสด้านบนเก็บไว้ในอุณหภูมิลบ 20 องศาเซลเซียส และเก็บเลือด 5 มิลลิลิตร เพื่อหาค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (PCV) ใส่หลอดที่ผสมสารป้องกันเลือดแข็งตัว (EDTA) ส่งตรวจโรงพยาบาลสัตว์เล็กมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

2.4 การบันทึกข้อมูลการทดลอง

1. บันทึกน้ำหนักแพะก่อนและหลังการทดลอง
2. บันทึกปริมาณอาหารที่ให้และอาหารที่เหลือทุกครั้ง
3. บันทึกน้ำหนักมูลและปริมาณปัสสาวะ ที่เก็บแต่ละครั้ง

2.5 การคำนวณค่าการย่อยได้ของโภชนะ

ทำการวิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมีในตัวอย่างอาหารที่ให้และมูลโดยใช้วิธี proximate analysis (AOAC., 1998) และวิธี detergent method (Goering and Van Soest, 1970) นำค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ทางเคมีมาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ปรากฏดังสมการต่อไปนี้ (บุญล้อม, 2541)

$$\text{สัมประสิทธิ์การย่อยได้ (เปอร์เซ็นต์)} = \left(\frac{\text{โภชนะที่กิน-โภชนะที่ขับออก}}{\text{โภชนะที่กิน}} \right) \times 100$$

ประเมินค่าโภชนะย่อยได้รวม (total digestible nutrient; TDN)

$$TDN = DCP + DCF + DNFE + (2.25xDEE)$$

เมื่อ DCP = โปรตีนที่ย่อยได้ (กก./ 100 กก.วัตถุแห้ง)

DCF = เยื่อใยที่ย่อยได้ (กก./ 100 กก.วัตถุแห้ง)

DNFE = คาร์โบไฮเดรดประเภทที่ย่อยได้ง่ายที่ย่อยได้ (กก./ 100 กก.วัดถุแห้ง)

DEE = ไขมันที่ย่อยได้ (กก./ 100 กก.วัดถุแห้ง)

2.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ปรับปรุงคุณภาพเปลือกกล้วยน้ำว้าสุกด้วยยูเรียและกากน้ำตาล

1.1 องค์ประกอบทางโภชนะของเปลือกกล้วย

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนะของเปลือกกล้วยทั้ง 3 ส่วนคือ เปลือกกล้วยดิบรวมขั้ว เปลือกกล้วยสุก ขั้วกล้วยสุกพบว่า เปลือกกล้วยสุกมีพลังงานไขมัน โปรตีน และ ADL สูงกว่าเปลือกกล้วยดิบรวมขั้วและขั้วกล้วยสุก เท่ากับ 4,668.76 cal/g, 16.98, 5.70 และ27.65 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับขั้วกล้วยซึ่งดิดมากับเปลือกกล้วยสุกมี เถ้า เยื่อใย ADF และ NDF สูงกว่าเปลือกกล้วยสุกและเปลือกกล้วยดิบรวมขั้ว เท่ากับ 16.26, 39.96, 58.19 และ 66.23 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับโดยสัดส่วนของขั้วกล้วยสุกคิดเป็น 8.50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเปลือกกล้วยสุก

ตาราง 14 องค์ประกอบทางโภชนะของเปลือกกล้วยดิบรวมขั้ว เปลือกกล้วยสุก และขั้วกล้วยสุก (DM basis)

รายการ	เปลือกกล้วยดิบรวมขั้ว	เปลือกกล้วยสุก	ขั้วกล้วยสุก
วัตถุแห้ง (%)	25.80	28.93	46.47
ไขมัน (%)	6.34	16.98	4.28
โปรตีน (%)	4.39	5.70	3.49
เยื่อใย (%)	11.87	15.14	39.96
เถ้า (%)	10.72	13.28	16.26
NFE (%)	68.64	62.10	34.96
NDF (%)	55.44	45.80	66.23
ADF (%)	25.17	45.59	58.19
ADL (%)	9.97	27.65	23.82
พลังงานรวม (cal/g)	4,108.58	4,668.76	3,855.17

1.2 ระดับความเข้มข้นของยูเรียกากน้ำตาลและระยะเวลาที่เหมาะสมในการหมักเปลือกกล้วย

เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดคือ 7, 14, 21 และ 28 วัน สุ่มตัวอย่างพืชหมักมาวัดค่า pH และประเมินคุณภาพด้วยการสังเกตและดมกลิ่นตามแบบประเมินมาตรฐานพืชอาหารสัตว์หมักของกองอาหารสัตว์ (กรมปศุสัตว์, 2547) ผลการศึกษาพบว่า

เปลือกกล้วยหมัก 7 วัน

เปลือกกล้วยกลุ่มควบคุม และกลุ่มเสริมกากน้ำตาลในระดับ 2.5 และ 5 เปอร์เซ็นต์ เกิดการเน่าเสียมีราสีขาวขึ้นทั่วทั้งถุง (ภาพ 2) ส่วนกลุ่มอื่นๆ ไม่มีการเน่าเสียและมีกลิ่นฉุนของแอมโมเนียรุนแรงในกลุ่มที่เสริมยูเรียในระดับ 3 เปอร์เซ็นต์และ 6 เปอร์เซ็นต์ (ภาพ 3) สภาพโดยทั่วไปคงเดิมไม่เปลี่ยนแปลง คะแนนประเมินเฉลี่ย 6.72 ซึ่งอยู่ในระดับคุณภาพปานกลาง (ตาราง 15)

ภาพ 2 เปลือกกล้วยที่เน่าเสียที่ระยะหมัก 7 วัน

ภาพ 3 เปลือกกล้วยที่ไม่เน่าเสียที่ระยะหมัก 7วัน

เปลือกกล้วยหมัก 14 วัน

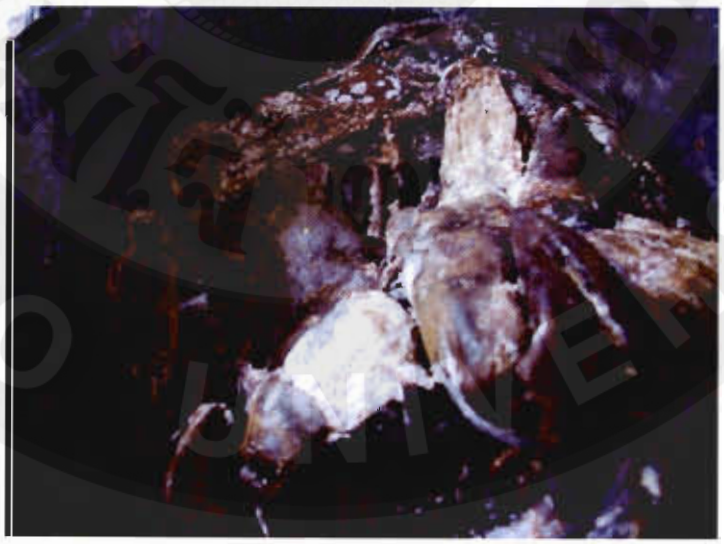
เปลือกกล้วยหมัก 14 วัน กลุ่มควบคุม และกลุ่มเสริมกากน้ำตาลในระดับ 2.5 และ 5 เปอร์เซ็นต์ เกิดการเน่าเสียมีราขึ้นทั้งถุง (ภาพ 4) กลุ่มอื่นๆไม่มีการเน่าเสียเปลือกกล้วยมีลักษณะคงเดิมและมีกลิ่นแอมโมเนียเล็กน้อย (ภาพ 5) คะแนนประเมินเฉลี่ย 9.83 จัดอยู่ในระดับคุณภาพปานกลาง (ตาราง 15)

ภาพ 4 เปลือกกล้วยที่เน่าเสียระยะหมัก 14 วัน

ภาพ 5 เปลือกกล้วยที่ไม่เน่าเสียที่ระยะหมัก 14 วัน

เปลือกกล้วยหมัก 21 วัน

เปลือกกล้วยหมัก 21 วัน กลุ่มควบคุมและกลุ่มเสริมกากน้ำตาลในระดับ 2.5 และ 5 เปอร์เซ็นต์ เกิดการเน่าเสียมีราขึ้นทั้งถุง (ภาพ 6) กลุ่มอื่นๆไม่เน่าเสียและมีกลิ่นของแอมโมเนียเล็กน้อย เปลือกกล้วยมีลักษณะเหมือนเดิมและมีน้ำแฉะเล็กน้อย (ภาพ 7) คะแนนประเมินเฉลี่ย 11.39 จัดอยู่ในระดับคุณภาพปานกลาง (ตาราง 15)

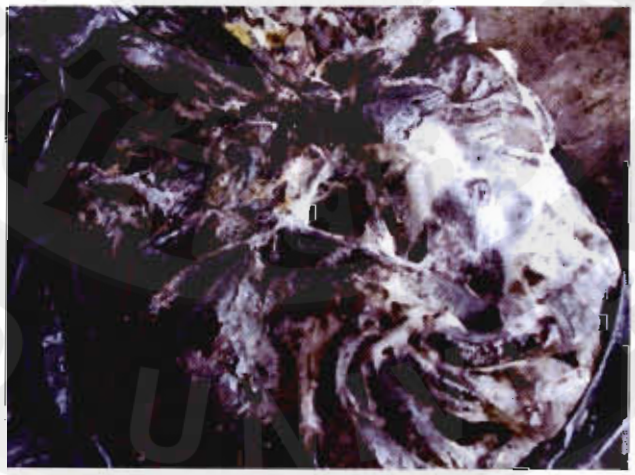


ภาพ 6 เปลือกกล้วยที่เน่าเสียที่ระยะหมัก 21 วัน

ภาพ 7 เปลือกกล้วยที่ไม่เน่าเสียที่ระยะหมัก 21 วัน

เปลือกกล้วยหมัก 28 วัน

เปลือกกล้วยหมัก 28 วัน กลุ่มควบคุมและกลุ่มเสริมกากน้ำตาลในระดับ 2.5 และ 5 เปอร์เซ็นต์ เกิดการเน่าเสียและมีราขึ้นทั้งถุง (ภาพ 8) กลุ่มอื่นๆไม่เน่าเสียขึ้น กลุ่มที่ไม่เน่าเสียมีกลิ่นของแอมโมเนีย เปลือกกล้วยมีลักษณะคงเดิม มีน้ำแฉะเล็กน้อย (ภาพ 9) คะแนนประเมินเฉลี่ย 11.56 จัดอยู่ในระดับคุณภาพปานกลาง (ตาราง 15)



ภาพ 8 เปลือกกล้วยที่เน่าเสียที่ระยะหมัก 28 วัน

ภาพ 9 เปลือกกล้วยที่ไม่เน่าเสียที่ระยะหมัก 28 วัน

ตาราง 15 ผลคะแนนประเมินคุณภาพพืชหมักทางกายภาพ

กลุ่มทดลอง	ระยะเวลา (วัน)			
	7	14	21	28
Control	0.00	0.00	0.00	0.00
M2.5	0.00	0.00	0.00	0.00
M5	0.00	0.00	0.00	0.00
U3	8.67	9.33	13.00	12.33
U3M2.5	7.00	13.00	12.00	12.67
U3M5	4.67	14.33	13.00	14.33
U6	7.33	6.67	8.67	8.00
U6M2.5	6.00	7.67	13.00	7.67
U6M5	6.67	8.00	8.67	14.33
ค่าเฉลี่ย	6.72	9.83	11.39	11.56
ระดับคุณภาพ	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง

หมายเหตุ Control = กลุ่มควบคุมไม่เสริมสารใด M2.5 = เสริมกากน้ำตาล 2.5 เปอร์เซ็นต์ M5= เสริมกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ U3 = เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ U3M2.5 = เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์และกากน้ำตาล 2.5 เปอร์เซ็นต์ U3M5 = เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์และกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ U6 =

เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ U6M2.5 = เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์และกากน้ำตาล 2.5 เปอร์เซ็นต์ U6M5 = เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์และกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์

ระดับคุณภาพ 20-25 = ดีมาก 15-19 = ดี 6-14 = ปานกลาง และ 0-5 = ต่ำ

1.3 การย่อยได้ของวัตถุแห้งของเปลือกกล้วยหมักโดยวิธี *in vitro* DM digestibility

ผลการทดลองพบว่าเปลือกกล้วยหมักทุกระยะการหมักมีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ระดับยูเรียที่เพิ่มขึ้นทำให้การย่อยได้ของวัตถุแห้งเพิ่มขึ้นจาก 62 เปอร์เซ็นต์ เป็น 64 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง17) และระดับกากน้ำตาลที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการย่อยได้ของวัตถุแห้งเพิ่มขึ้นจาก 62 เปอร์เซ็นต์เป็น 66 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 18) และระยะเวลาหมักที่ 28 วัน มีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งสูงสุด คือ 66.24 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 19) โดยไม่พบอิทธิพลร่วมกันระหว่างกากน้ำตาลกับยูเรีย แต่พบอิทธิพลร่วมระหว่างทั้งสามปัจจัยต่อค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (ตาราง 16) ซึ่งส่วนใหญ่ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการหมัก ยกเว้นกลุ่มที่หมักด้วยยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ (U3)

ตาราง 16 ผลการย่อยได้ของวัตถุแห้งของเปลือกกล้วยหมักที่ระยะเวลา 7, 14, 21 และ 28 วัน

กลุ่มการทดลอง*	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน
U3	63.04^{def}	58.58^{bc}	61.10^{d}	55.70^{a}
U3M2.5	60.54^{c}	57.99^{ab}	57.97^{a}	70.58^{ij}
U3M5	60.42^{c}	61.81^{d}	68.53^{hi}	72.51^{j}
U6	61.51^{d}	61.13^{d}	60.55^{c}	63.34^{defg}
U6M2.5	62.53^{de}	65.08^{fg}	63.25^{defg}	65.03^{fg}
U6M5	64.65^{cfg}	67.89^{h}	65.51^{g}	70.30^{ij}

$^{a-j}$ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

* U3 = เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ U3M2.5 = เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์และกากน้ำตาล 2.5 เปอร์เซ็นต์ U3M5 = เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์และกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ U6 = เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ U6M2.5 = เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์และกากน้ำตาล 2.5 เปอร์เซ็นต์ U6M5 = เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์และกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 17 อิทธิพลของยูเรียต่อค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งโดยวิธี *in vitro* DM digestibility

ยูเรีย	ค่าเฉลี่ย
3	62.40[a]
6	64.23[b]

[ab] ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตาราง 18 อิทธิพลของกากน้ำตาลต่อค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งโดยวิธี *in vitro* DM digestibility

กากน้ำตาล	ค่าเฉลี่ย
0	60.62[a]
2.5	62.87[b]
5	66.45[c]

[abc] ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตาราง 19 อิทธิพลของระยะเวลาต่อค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งโดยวิธี *in vitro* DM digestibility

ระยะเวลา	ค่าเฉลี่ย
7	62.11[a]
14	62.08[a]
21	62.82[a]
28	66.24[b]

[ab] ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

การทดลองที่ 2 การศึกษาแนวทางการใช้เปลือกกล้วยหมักเป็นอาหารสัตว์กระเพาะรวม

จากการทดลองที่ 1 เมื่อพิจารณาจากคะแนนประเมินคุณภาพและค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง พบว่า 1) เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับกากน้ำตาล 2.5 เปอร์เซ็นต์ 2) เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ 3) เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ที่ระยะเวลาหมัก 28 วัน มีคะแนนประเมินคุณภาพพืชหมักซึ่งอยู่ใน

ระดับปานกลางและค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งสูงสุด จึงเลือกสูตรดังกล่าวต่อไปนี้ในการทดลองที่ 2 ต่อไป

2.1 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

ผลการวิเคราะห์พบว่าเปลือกกล้วยหมัก (T2-T4) มีปริมาณโปรตีน พลังงาน และไขมันสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (T1, ฟางหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์) ส่วนเยื่อใยหยาบ ADF, NDF, Cellulose, Hemicellulose และ NFE ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม (T1) เปลือกกล้วยหมักทุกกลุ่มมีคุณค่าทางโภชนะดีกว่าฟางหมักยูเรียซึ่งเป็นกลุ่มควบคุม โดยเฉพาะโปรตีนและพลังงาน ส่วนปริมาณกรดอินทรีย์ในพืชหมักพบว่า กลุ่มควบคุมมีปริมาณกรดอะซิติกและกรดโพรพิโนอิกมากกว่ากลุ่มเปลือกกล้วยหมัก แต่กลุ่มเปลือกกล้วยหมัก T4 มีปริมาณกรดบิวทีริกสูงกว่ากลุ่มอื่น ในขณะที่ปริมาณกรดแลคติกของกลุ่มเปลือกกล้วยหมักมีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุมประมาณ 1 % เมื่อสรุปผลตามแบบประเมินมาตรฐานพืชอาหารสัตว์หมักของกองอาหารสัตว์ (กรมปศุสัตว์, 2547) โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของกรดทั้งหมด พบว่าทุกกลุ่มทดลองอยู่ในระดับดีมาก ดังตาราง 20

ตาราง 20 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

Items	T1	T2	T3	T4
DM (%)	59.23	17.44	21.79	15.73
OM (%)	78.54	83.45	81.59	80.63
CP (%)	7.17	38.06	28.90	23.47
Ash (%)	16.64	11.89	14.11	14.64
EE (%)	1.58	13.30	13.94	12.92
CF (%)	35.82	18.79	20.09	20.69
NFE (%)	33.97	13.30	18.67	23.55
NDF (%)	66.29	41.34	38.49	40.01
ADF (%)	52.96	36.33	37.53	38.82
ADL (%)	4.48	25.93	23.84	26.40
Cellulose (%)	48.48	10.41	13.69	12.41
Hemicellulose (%)	13.33	5.00	0.96	1.19
Gross Energy (cal/g)	3,636.81	4,425.05	4,555.61	4,626.74
Organic acid				
Acetic acid (% of total acid)	0.32	0.15	0.10	0.06
Propionic acid (% of total acid)	0.65	0.03	0.01	0.08
Butyric acid (% of total acid)	0.19	0.02	0.01	0.30
Lactic acid (% of total acid)	98.85	99.94	99.97	99.84
คะแนนประเมิน[1]	100.00	100.00	100.00	100.00

T1 = ฟางหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ T2 = เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์และกากน้ำตาล 2.5 เปอร์เซ็นต์ T3 = เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์และกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ T4 = เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์และกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์

[1]คะแนนประเมิน = 80-100 ดีมาก 61-80 ดี 41-60 ปานกลาง 21-40 พอใช้ 0-20 ต่ำ (กรมปศุสัตว์, 2547)

2.2 ปริมาณการกินได้ในรูปโภชนะต่าง ๆ

ปริมาณการกินได้ในรูปวัตถุแห้งในรูปกิโลกรัม/วัน ของกลุ่มฟางหมักยูเรียสูงกว่ากลุ่มเปลือกกล้วยหมัก (0.60, 0.13, 0.24 และ 0.05 กก./วัน) ปริมาณการกินได้ในรูปวัตถุแห้งต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว ปริมาณการกินได้ในรูปอินทรียวัตถุ พลังงาน ปริมาณเยื่อใย NDF และ ADF (กรัมต่อวัน) ที่กินได้ ในกลุ่มฟางหมักมียูเรียมีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ ส่วนปริมาณโปรตีนและไขมันที่กินได้ ในกลุ่มเปลือกกล้วยหมัก T3 มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ คือ 61.66 และ 35.34 กรัม/วันตามลำดับ โดยกลุ่มเปลือกกล้วยหมัก T4 มีปริมาณการกินได้ต่ำที่สุดในทุกกรณี เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะในกลุ่มเปลือกกล้วยหมัก พบว่ากลุ่ม T3 (เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ และกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์) มีปริมาณการกินได้ในรูปโภชนะต่าง ๆ สูงสุด (ตาราง 21)

ตาราง 21 ปริมาณการกินได้ในรูปโภชนะต่าง ๆ ในแพะแต่ละกลุ่มทดลอง

Items	Treatment*				SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4		
DM Intake (kg/d)	0.60^{a}	0.13^{c}	0.24^{b}	0.05^{c}	0.015	0.000
DM Intake (%BW)	2.22^{a}	0.54^{c}	1.02^{b}	0.27^{c}	0.060	0.000
OM Intake (g/d)	501.32^{a}	111.39^{c}	205.59^{b}	39.43^{c}	12.126	0.000
CP Intake (g/d)	43.93^{a}	52.31^{a}	61.66^{a}	10.62^{b}	2.947	0.001
EE Intake (g/d)	9.75^{bc}	17.27^{b}	35.34^{a}	6.35^{c}	1.552	0.000
CF Intake (g/d)	215.86^{a}	24.02^{bc}	49.61^{b}	9.77^{c}	4.101	0.000
NDF Intake (g/d)	401.20^{a}	53.82^{bc}	94.64^{b}	18.41^{c}	7.698	0.000
ADF Intake (g/d)	320.97^{a}	46.63^{c}	93.10^{b}	18.53^{c}	6.529	0.000
Energy Intake (Mcal/d)	0.020^{a}	0.006^{c}	0.011^{b}	0.002^{c}	0.001	0.000

^{abc} ค่าเฉลี่ยในกลุ่มที่มีอักษรแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

* T1 = ฟางหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ T2 = เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์และกากน้ำตาล 2.5 เปอร์เซ็นต์ T3 = เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์และกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ T4 = เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์และกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์

2.3 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ในรูปโภชนะต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ยกเว้นสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยเปลือกกล้วยหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ และกากน้ำตาล 2.5 เปอร์เซ็นต์ (T2) มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนสูงสุดคือ 91.01 เปอร์เซ็นต์ ดังตาราง 22

ตาราง 22 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะในแต่ละกลุ่มการทดลอง

Digestible Coefficient (%)	Treatment*				SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4		
DM	77.42	78.08	79.75	80.73	1.106	0.712
OM	81.41	78.89	79.99	81.12	1.057	0.827
CP	72.50^{c}	91.01^{a}	87.21^{ab}	82.87^{b}	1.152	0.002
EE	65.28	73.88	75.76	73.48	2.549	0.512
CF	87.00	81.75	89.80	86.99	1.250	0.224
NDF	80.47	69.77	69.81	73.58	1.450	0.094
ADF	77.83	66.79	69.63	73.90	1.534	0.134
Gross Ennergy	78.45	72.09	76.11	78.01	1.270	0.339
TDN	75.48	62.58	71.00	66.85	1.905	0.177

^{abc} ค่าเฉลี่ยในกลุ่มที่มีอักษรแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

* T1 = ฟางหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ T2 = เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์และกากน้ำตาล 2.5 เปอร์เซ็นต์ T3 = เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์และกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ T4 = เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์และกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์

2.4 ปริมาณโภชนะย่อยได้ที่แพะได้รับ

ปริมาณโภชนะย่อยได้ที่แพะได้รับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยกลุ่มควบคุมมีปริมาณโภชนะย่อยได้ที่ได้รับสูงสุดในรูปวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ เยื่อใย NDF ADF TDN และพลังงานรวมเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่น ๆ คือ 468.71, 407.04, 187.51, 322.37, 248.82, 402 กรัม/วัน และ 0.017 Mcal/d ตามลำดับ ส่วนเปลือกกล้วยหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ และกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ (T3) มีปริมาณการกินสูงสุดในรูปโปรตีนและไขมัน คือ 53.93 และ 26.72 กรัม/วันตามลำดับ ดังตาราง 23

ตาราง 23 ปริมาณโภชนะย่อยได้ที่แพะได้รับในแต่ละกลุ่มทดลอง

Items	Treatment*				SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4		
DM (g/d)	468.71^{a}	99.26^{c}	192.96^{b}	37.66^{c}	10.687	0.000
OM (g/d)	407.04^{a}	87.83^{c}	164.93^{b}	32.02^{c}	9.384	0.000
DP (g/d)	31.67^{b}	47.59^{ab}	53.93^{a}	8.81^{c}	2.665	0.001
EE (g/d)	6.33^{b}	12.90^{b}	26.72^{a}	4.68^{b}	1.476	0.003
CF (g/d)	187.51^{a}	19.45^{c}	44.62^{b}	8.51^{c}	3.369	0.000
NDF (g/d)	322.37^{a}	37.42^{bc}	66.42^{b}	13.58^{c}	5.880	0.000
ADF (g/d)	248.82^{a}	30.98^{c}	65.18^{b}	13.70^{c}	4.294	0.000
Digestible Energy (Mcal/d)	0.017^{a}	0.004^{c}	0.009^{b}	0.002^{b}	0.000	0.000
TDN (g/d)	402.73^{a}	101.06^{c}	192.50^{b}	36.73^{c}	10.539	0.000

^{abc} ค่าเฉลี่ยในกลุ่มที่มีอักษรแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

* T1 = ฟางหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ T2 = เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์และกากน้ำตาล 2.5 เปอร์เซ็นต์ T3 = เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์และกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ T4 = เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์และกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์

2.5 ค่าโลหิตวิทยาของแพะทดลอง

ค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (PCV) ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) ทั้ง 2 ช่วงเวลาทั้งก่อนให้อาหาร (0 ชม.) และหลังให้อาหาร (4 ชม.) ค่า PCV ก่อนให้อาหารมีค่าอยู่ระหว่าง 38.0-43.5 เปอร์เซ็นต์ และหลังให้อาหารมีค่าอยู่ระหว่าง 36.0-40.0 เปอร์เซ็นต์

ค่าความเข้มข้นของยูเรีย–ไนโตรเจนในเลือด (BUN) ที่เวลา 0 ชั่วโมงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยกลุ่มเปลือกกล้วยหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์และกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ (T4) มีค่าสูงสุดคือ 36.67 mg/dl ส่วนที่เวลา 4 ชั่วโมงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) และมีแนวโน้มว่ากลุ่ม T4 มีค่าสูงสุดหลังจากให้อาหาร 4 ชั่วโมง (P = 0.065)

ระดับความเข้มข้นของกลูโคสในเลือดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ทั้ง 2 ช่วงเวลาแต่มีแนวโน้มว่ากลุ่ม T2 และ T4 มีค่าสูงกว่าอีก 2 กลุ่มเมื่อเวลา 0 ชั่วโมง (P = 0.084)

ตาราง 24 ค่าโลหิตวิทยาของแพะที่ได้รับอาหารทดลอง

รายการ	ชั่วโมงที่	Treatment*				SEM	P-value
		T1	T2	T3	T4		
PCV (%)	0	38.00	40.67	40.50	43.50	1.716	0.737
	4	36.33	40.00	36.00	38.50	1.693	0.795
BUN (mg/dl)	0	19.70^{b}	24.20^{b}	24.47^{b}	36.67^{a}	1.405	0.014
	4	23.40	28.00	31.07	41.67	2.04	0.065
BG (mg/dl)	0	44.50	55.33	43.00	54.00	6.334	0.084
	4	50.67	62.00	62.33	66.00	3.418	0.464

^{ab} ค่าเฉลี่ยในกลุ่มที่มีอักษรแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

* T1 = ฟางหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ T2 = เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์และกากน้ำตาล 2.5 เปอร์เซ็นต์ T3 = เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์และกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ T4 = เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์และกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์

PCV = ค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น, BUN = ค่าความเข้มข้นของยูเรีย–ไนโตรเจนในเลือด

BG = ระดับความเข้มข้นของกลูโคสในเลือด

วิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ปรับปรุงคุณภาพเปลือกกล้วยน้ำว้าสุกด้วยยูเรียและกากน้ำตาล

เปลือกกล้วยสุกมีพลังงานรวมสูงกว่าเปลือกกล้วยดิบรวมขั้วและขั้วกล้วยสุก เท่ากับ 4,668.76, 4,108.58 และ 3,855.17 cal/g เนื่องมาจากเปลือกกล้วยสุกมีปริมาณไขมันสูงกว่า (ตาราง 14) อย่างไรก็ตามเปลือกกล้วยดิบมีพลังงานรวมสูงกว่ารายงานของศิริโชค (2535) คือ 3,335 cal/g แต่มีค่าใกล้เคียงกับณิฐิมา และคณะ (2539) ที่รายงานว่าเปลือกกล้วยสุกและเปลือกกล้วยดิบมีพลังงานรวมเท่ากับ 4,591.73 และ 4,382.60 cal/g ตามลำดับ เปลือกกล้วยสุกมีปริมาณโปรตีนมากกว่าเปลือกกล้วยดิบรวมขั้วและขั้วกล้วยสุก คือ 5.70, 4.39 และ 3.49 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ น่าจะเนื่องมาจากเปลือกกล้วยดิบรวมส่วนของขั้วด้วย ซึ่งขั้วกล้วยมีปริมาณโปรตีนต่ำกว่า จึงทำให้เปลือกกล้วยติบรวมขั้วมีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าเปลือกกล้วยสุก ซึ่งศิริโชค (2535) รายงานว่า เปลือกกล้วยดิบมีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 5.29 เปอร์เซ็นต์ โดยณิฐิมา และคณะ (2539) และ Dividich *et al.* (1976) รายงานว่าเปลือกกล้วยสุกมีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าเปลือกกล้วยดิบ เท่ากับ 4.77 กับ 5.19 และ 6.4 กับ 5.3 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ปริมาณไขมันในเปลือกกล้วยดิบรวมขั้วมีค่าสูงกว่ารายงานของศิริโชค (2535); กุลยา(2540); ณิฐิมา และคณะ(2539) คือ 11.99, 10.70 และ 10.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ความแตกต่างขององค์ประกอบทางโภชนะของเปลือกกล้วย เป็นผลมาจากความแตกต่างกันของส่วนของกล้วยที่นำมาวิเคราะห์ (เปลือกกล้วยดิบรวมขั้ว เปลือกกล้วยสุก และขั้วกล้วยสุก) รวมทั้งกระบวนการการเตรียมวัตถุติบ เช่น Sharma and Katoch (1981) รายงานว่าเปลือกกล้วยอบแห้งมี วัตถุแห้ง โปรตีน เยื่อใยและเถ้า น้อยกว่าเปลือกกล้วยตากแห้ง แต่มีไขมัน ไนโตรเจนฟรีแอกแทรกซ์มากกว่า

จากการทดลองการหมักเปลือกกล้วยสุกรวมขั้วด้วยยูเรียและกากน้ำตาลในระดับและระยะเวลาที่ต่างกันในการหมักพบว่า กลุ่มเปลือกกล้วยที่ไม่เสริมสารใด หรือเสริมกากน้ำตาล 2.5 และ 5 เปอร์เซ็นต์เกิดการเน่าเสียในทุกระยะการหมัก ส่วนกลุ่มเปลือกกล้วยที่เสริมยูเรียไม่เน่า อาจเนื่องมาจากกลุ่มที่เสริมยูเรียและยูเรียร่วมกับกากน้ำตาล ทำให้จุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติกเจริญเติบโตได้ เกิดจากยูเรียจะถูกไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์ยูรีเอสจากแบคทีเรียอย่างรวดเร็วได้เป็นก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) จากนั้นจุลินทรีย์นำเอาแอมโมเนียไปใช้ในการสร้างโปรตีน การเสริมกากน้ำตาลทำให้กระบวนการหมักคาร์โบไฮเดรตเร็วขึ้น เพื่อใช้สังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ สอดคล้องกับ Ibrahim (1985) ที่รายงานว่าการใช้สารละลายยูเรียที่มีความเข้มข้น 3-7 เปอร์เซ็นต์ ราดหรือพ่นลงในฟางข้าวแล้วเก็บปิดสนิทเป็นระยะเวลา 2-6 สัปดาห์ พบว่าจุลินทรีย์จำพวก actinomycetes และเชื้อราผลิตเอนไซม์ยูรีเอสเพิ่มมากขึ้น แต่กลุ่มเปลือกกล้วยที่ไม่เสริมสารใด หรือ

เสริมกากน้ำตาล 2.5 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ไม่ทำให้จุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติกเจริญเติบโตได้อย่างเพียงพอ รวมทั้งอาจเกิดจากปริมาณความชื้นสูงของเปลือกกล้วยหมัก ซึ่งบุญล้อม และคณะ (2543) กล่าวว่า ความชื้นมีผลทำต่อคุณภาพพืชหมักได้ เนื่องจากระดับของความชื้นมีผลทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ลดลงไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติกจึงทำให้เกิดการเน่าเสีย อย่างไรก็ตาม Tjandraatmadja *et al.* (1994) ได้ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของหญ้าเขตร้อนหมักโดยจัดการทดลองแบบ 3X3X3 Factorial in CRD โดยปัจจัยที่ 1 เป็นพันธุ์หญ้า 3 ชนิด (หญ้าเฮมิล, หญ้าแพงโกลาและ หญ้าซีเทอเรีย) ปัจจัยที่ 2 เป็นอายุการตัด 3 ระยะ (4, 8 และ 12 สัปดาห์) และปัจจัยสุดท้ายเป็นระดับของกากน้ำตาลที่ใช้เสริม 3 ระดับ (0, 4 และ 8 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักสด) และพบว่า การฉีดพ่นกากน้ำตาลก่อนหมักที่ระดับ 4 และ 8 เปอร์เซ็นต์ สามารถปรับปรุงคุณภาพได้ ซึ่งอาจเกิดจากความแตกต่างของชนิดวัตถุดิบและปริมาณความชื้นในพืชหมัก

จากการศึกษาการย่อยได้ของวัตถุแห้ง ในกลุ่มเปลือกกล้วยหมักที่ไม่เน่าเสีย ได้แก่ เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ (U3), เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ และกากน้ำตาล 2.5 เปอร์เซ็นต์ (U3M2.5), เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ และกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ (U3M5), เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ (U6), เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ และกากน้ำตาล 2.5 เปอร์เซ็นต์ (U6M2.5), เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ และกากน้ำตาล 5เปอร์เซ็นต์ (U6M5) ทั้ง 4 ระยะเวลาหมัก ด้วยวิธี *in vitro* DM digestibility พบอิทธิพลร่วมระหว่างระดับยูเรีย ระดับกากน้ำตาล และระยะเวลาการหมักต่อค่าการย่อยได้ของวัดถุแห้ง (ตาราง 16) และค่าการย่อยได้ส่วนใหญ่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการหมัก ($P<0.05$) (ตาราง 19) แสดงว่าระยะเวลาการหมักมีผลทำให้การย่อยได้เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับดำรัส (2545) ศึกษาฟางข้าวหมักยูเรียในระดับ 4, 5 และ 6 เปอร์เซ็นต์เป็นเวลา 7, 14 และ 21 วัน จากนั้นนำไปหาค่าการย่อยสลายในรูเมนโดยวิธี *in situ* และสรุปว่าระยะเวลาและระดับของยูเรียมีผลต่อการย่อยได้ โดยควรใช้ยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ หมักฟางข้าวตั้งแต่ 14 วันขึ้นไป เพราะมีการย่อยได้สูงกว่าการใช้ยูเรีย 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์หมักนาน 7 วัน และ Djajanegara *et al.* (1983)ได้ศึกษาฟางข้าวหมักยูเรีย 0, 1, 2, 4, 8 และ 16 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 1, 2, 4 และ 16 สัปดาห์ พบว่าฟางข้าวหมักยูเรีย 16 เปอร์เซ็นต์ที่ ระยะเวลา 4 สัปดาห์ ย่อยสลายวัดถุแห้งโดยวิธี *in situ* น้อยกว่าฟางหมักด้วยยูเรีย 4 และ 0 เปอร์เซ็นต์ โดยที่เวลาแช่บ่มครึ่งชั่วโมงเท่ากันค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้งของฟางหมักยูเรีย 16, 4 และ 0 เปอร์เซ็นต์ คือ 41, 53 และ 138 สมชัย (2530) ศึกษาหาระดับความเข้มข้นของยูเรียและระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการหมักต้นข้าวโพดหวานหลังเก็บฝักสด โดยใช้ระดับความเข้มข้นของยูเรียเป็น 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักข้าวโพด เปรียบเทียบกับการหมักด้วยกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาในการหมัก 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ โดยศึกษาในห้องปฏิบัติการพบว่า การหมักด้วยยูเรียมีค่าการย่อยได้

ของวัตถุแห้งสูงกว่าการหมักธรรมดา (ยูเรีย 0 เปอร์เซ็นต์) และการหมักด้วยกากน้ำตาล คือ 70.20, 64.55 และ 65.45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับโดยยูเรียระดับ 10 เปอร์เซ็นต์มีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งและโปรตีนสูงสุดคือ 71.68 และ 29.66 เปอร์เซ็นต์ Jayasuriya and Perera (1982) กล่าวว่าการเพิ่มระดับความเข้มข้นของยูเรียจาก 0-10 เปอร์เซ็นต์จะเพิ่มการย่อยได้ของฟางข้าวหมักยูเรียจาก 30 เป็น 46 เปอร์เซ็นต์ จีระชัย (2529) ศึกษาการใช้ยูเรียร่วมกับกากน้ำตาลสามารถเพิ่มการย่อยได้ของวัตถุแห้งและพบว่าการใช้ยูเรีย 1.5 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับกากน้ำตาล 7.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักฟางข้าว ทำให้การย่อยได้สูงสุดคือ 55.07 เปอร์เซ็นต์ และวารุณี และคณะ (2538) ศึกษาคุณค่าทางโภชนะของหญ้าแฝกหมักที่เติมสารชนิดต่างๆ คือ สูตรที่ 1 หญ้าแฝก สูตรที่ 2 หญ้าแฝก ร่วมกับยูเรีย 0.5 เปอร์เซ็นต์ สูตรที่ 3 หญ้าแฝก ร่วมกับกากน้ำตาล 10 เปอร์เซ็นต์ สูตรที่ 4 หญ้าแฝก ร่วมกับมันเส้นบด 15 เปอร์เซ็นต์ สูตรที่ 5 หญ้าแฝก ร่วมกับยูเรีย 0.5 เปอร์เซ็นต์ และกากน้ำตาล 10 เปอร์เซ็นต์ และสูตรที่ 6 หญ้าแฝก ร่วมกับยูเรีย 0.5 เปอร์เซ็นต์ และ มันเส้นบด 15 เปอร์เซ็นต์ พบว่า หญ้าแฝกหมักสูตรที่ 3, 4 และ 5 มีปริมาณการย่อยได้ของวัตถุแห้งเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่ 1 เพิ่มขึ้นจาก 49.38 เป็น 62.27 เปอร์เซ็นต์

จากการทดลองที่ 1 เมื่อพิจารณาจากค่าการย่อยได้สูงสุดได้แก่ สูตรใช้ยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับกากน้ำตาล 2.5 หรือ 5 เปอร์เซ็นต์และสูตรยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์โดยหมักเป็นระยะเวลา 28 วัน และคะแนนประเมินอยู่ในระดับปานกลาง 11.56 ตามแบบประเมินมาตรฐานพืชอาหารสัตว์หมักของกรมปศุสัตว์ (2547) จึงนำไปใช้ศึกษาในการทดลองที่ 2 ต่อไป

การทดลองที่ 2 ศึกษาการย่อยได้ของเปลือกกล้วยหมักในแพะ

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง (ตาราง 20) พบว่า ฟางหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโปรตีน 7.17 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใกล้เคียงกับฟางข้าวหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ หมักนาน 3 สัปดาห์ ทำให้โปรตีนรวมของฟางข้าวเพิ่มจาก 3.5 เป็น 7.3 เปอร์เซ็นต์ (เมธา และคณะ, 2525) และฟางข้าวหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ มีโปรตีน 8.1 เปอร์เซ็นต์ และลิกนิน 4.7 เปอร์เซ็นต์ (กรมปศุสัตว์, 2538) ซึ่งใกล้เคียงกับ ดำรัส (2545) และ Promma (1985) รายงานว่าฟางหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 8.39 และ 8.11 เปอร์เซ็นต์ ส่วน สุมิตรา (2543) รายงานว่าเมื่อนำเศษเหลือจากรวงข้าวหมักด้วยยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์และเสริมกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนเพิ่มขึ้นจาก 3.98 เป็น 7.3 เปอร์เซ็นต์

อย่างไรก็ตามในการทดลองครั้งนี้พบว่าปริมาณโปรตีนในฟางข้าวหมักยูเรียน้อยกว่ากลุ่มเปลือกกล้วยหมัก เนื่องจากในขั้นตอนการเตรียมเปลือกกล้วยหมักนั้น คิดอัตราส่วนการใช้ยูเรียและกากน้ำตาลตามน้ำหนักสด (คิดเป็น 10-20 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) ของเปลือกกล้วยที่

มีความชื้นสูง จึงเป็นผลให้ปริมาณโปรตีนในกลุ่มเปลือกกล้วยหมักสูงถึง 23.5-38.1 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้การเสริมกากน้ำตาลยังเร่งกระบวนการหมักคาร์โบไฮเดรตให้เร็วขึ้น ทำให้จุลินทรีย์สังเคราะห์โปรตีนได้มากขึ้น ดังเช่นการทดลองของ ธวัชชัย (2539) ศึกษาการปรุงแต่งฟางข้าวโดยใช้ยูเรียและกากน้ำตาล พบว่า การหมักฟางข้าว 1 กิโลกรัมด้วยยูเรีย 60 กรัม และกากน้ำตาล 100 กรัม มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงสุดคือ 12.80 เปอร์เซ็นต์ แต่กลุ่มเปลือกกล้วยหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ และกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ (T4) มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนต่ำกว่าอาหารทดลองจากเปลือกกล้วยหมักกลุ่มอื่น ๆ ซึ่ง ดำรัส (2545) รายงานว่าเมื่อใช้ยูเรียในระดับที่สูงขึ้นร่วมกับระยะเวลาที่นานขึ้น ทำให้ปริมาณโปรตีนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จาก 19.73 เป็น 18.02 เปอร์เซ็นต์ เนื่องมาจากระยะเวลาที่หมักนานทำให้มีการสลายตัวของแอมโมเนียมากกว่า เมื่อทำการเปิดถุงเพื่อเก็บตัวอย่างหรือขณะเตรียมตัวอย่างวิเคราะห์จึงมีการสูญเสียไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมากกว่า จึงทำให้ปริมาณโปรตีนลดลง ส่วนพลังงานรวม (GE) ในอาหารพบว่า กลุ่มเปลือกกล้วยหมักมีพลังงานรวมสูงกว่าฟางหมักยูเรีย (4,425-4,627 และ 3637 cal/g ตามลำดับ) เนื่องจากกากน้ำตาลเป็นสารเสริมที่เพิ่มพลังงานในพืชหมักและเป็นแหล่งพลังงานที่หมักได้ง่าย (เมธา, 2533) อย่างไรก็ตามจากปริมาณกรดอินทรีย์ (ตาราง 20) พบว่าทุกกลุ่มทดลองอยู่ในเกณฑ์คะแนนประเมินระดับดีมาก โดยมีปริมาณกรดอะซิติกอยู่ระหว่าง 0.06-0.32 เปอร์เซ็นต์ของกรดอินทรีย์ทั้งหมด กรดบิวทีริกมีปริมาณต่ำ 0.01-0.30 เปอร์เซ็นต์ของกรดอินทรีย์ทั้งหมด และกรดแลคติก 98.85-99.97 เปอร์เซ็นต์ของกรดอินทรีย์ทั้งหมด ตามรายงานของ Parker and Bastiman (1982) ที่ระบุว่าพืชหมักที่ดีควรมีกรดแลคติกมากกว่าหรือเท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ของกรดทั้งหมด และมีกรดบิวทีริกน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ของกรดทั้งหมด

ปริมาณการกินได้ของแพะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตาราง 21) โดยกลุ่มฟางหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการกินได้ในรูปวัตถุแห้งสูงกว่ากลุ่มได้รับเปลือกกล้วยหมัก คือ 0.60 กิโลกรัม/วัน ส่งผลให้ปริมาณการกินได้ในรูปอินทรียวัตถุสูงตามไปด้วย ในขณะที่เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์และกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์มีปริมาณการกินได้ต่ำสุดคือ 0.05 กิโลกรัม/วัน เนื่องจากเปลือกกล้วยหมักมีความชื้นและระดับของยูเรียสูงเกินระดับที่สัตว์เคี้ยวเอื้องรับได้ คือ 60 กรัมต่อตัวต่อวัน ซึ่ง Freaser (1963); Church (1984) ระบุว่าระดับยูเรียที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 0.44-0.77 กรัม/ตัว/วัน สอดคล้องกับ สมชัย (2530) ศึกษาการย่อยได้ในสัตว์ทดลองโดยใช้แกะเพศผู้ น้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 30 กิโลกรัมจำนวน 45 ตัว 5 ตัวต่อ1 สูตรอาหาร อาหารทดลองคือ 1) ต้นข้าวโพดหวานหลังเก็บฝักสด 2) ต้นข้าวโพดหวานหลังเก็บเมล็ดพันธุ์และ 3) ต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในสภาพสด พบว่าต้นข้าวโพดหมักในสภาพสดเมื่อใช้เลี้ยงแกะจะทำให้การกินได้ลดลงเมื่อคิดเป็นน้ำหนักแห้งต่อน้ำหนักตัว ทั้งนี้เนื่องมาจากต้นข้าวโพดมี

ความชื้นสูงและวัตถุแห้งที่ต่ำ (ความชื้นมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์) นอกจากนี้ยูเรียยังมีผลต่อความน่ากินซึ่งส่งผลต่อปริมาณการกินอาหารของแพะดังการทดลองของ บัญชา (2538) ศึกษาการใช้ยูเรียทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองในอาหารข้นสูตรมันสำปะหลังสำหรับโคลูกผสมพันธุ์ชาโรเล่ส์-บราห์มัน เพศผู้ไม่ตอนน้ำหนักเฉลี่ย 270-273 กิโลกรัม จำนวน 20 ตัว วางแผนการทดลองแบบ RCBD แบ่งเป็น 5 กลุ่มการทดลอง กลุ่มละ 4 ตัว โดยกลุ่มที่ 1 ใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนส่วน 2-5 ใช้ยูเรียทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองในระดับ 1.50, 2.25, 3.00 และ 3.75 เปอร์เซ็นต์ของอาหารข้นตามลำดับ โดยใช้หญ้ารูซี่แห้งเป็นแหล่งอาหารหยาบในสัดส่วน อาหารหยาบต่ออาหารข้น 40 ต่อ 60 และให้อาหารคิดเป็น 2.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว พบว่าปริมาณการกินอาหารหยาบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 2.88 กิโลกรัม/วัน เป็น 3.02 กิโลกรัมต่อวัน ปริมาณการกินอาหารข้นลดลงจาก 5.48 กิโลกรัม/วัน เป็น 4.52 กิโลกรัม แสดงว่าปริมาณยูเรียที่เสริมในระดับที่สูงขึ้นในอาหารข้นทำให้ปริมาณการกินได้ลดลง เช่นเดียวกันกับปริมาณการกินได้ในรูปโปรตีนที่เมื่อเพิ่มระดับของยูเรียในอาหาร พบว่าโปรตีนที่กินได้ลดลงโดยเฉพาะในกลุ่มที่ 5 เสริมยูเรีย 3.75 เปอร์เซ็นต์ ได้รับโปรตีนเพียง 1,044 กรัม/ตัว/วัน ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมคือ 1,175 กรัม/ตัว/วัน มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตเพียง 0.92 กิโลกรัม/ตัว/วัน ซึ่งอาจเนื่องมาจากความน่ากินของอาหารลดลง จึงทำให้โคกินอาหารได้น้อยลง ในการทดลองนี้การหมักเปลือกกล้วยใช้ยูเรีย 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง (3 และ6 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสด) ซึ่งส่งผลต่อความน่ากินของอาหารเช่นกัน โดย Gohl (1981)รายงานว่าการปรับปรุงอาหารหยาบคุณภาพต่ำด้วยการหมักยูเรียในระดับสูงถึง 10 เปอร์เซ็นต์จะทำให้อาหารมีรสชาติเลวลง และจำนวนจุลินทรีย์ในกระเพาะส่วนรูเมนลดลง ส่งผลให้สัตว์กินอาหารลดลง การศึกษาครั้งนี้พบว่ามีเพียงกลุ่มฟางหมักยูเรียเท่านั้นที่สามารถกินได้คือ 0.60 กิโลกรัม/วัน ตามคำแนะนำของ NRC (1981) ที่กำหนดปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้ของแพะที่มีน้ำหนักตัว 20-30 กิโลกรัม คือ 0.48-0.65 กิโลกรัม/วัน ส่วนปริมาณการกินได้ในรูปโปรตีนและไขมันพบว่า กลุ่มเปลือกกล้วยหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ และกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์มีค่าสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่น ๆ คือ 61.66 และ 35.34 กรัม/วัน เนื่องจากสูตรเปลือกกล้วยหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ และกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโปรตีนและไขมันมากกว่ากลุ่มอื่นคือ 28.90 และ 13.94 เปอร์เซ็นต์ แต่แพะในกลุ่มนี้สามารถกินอาหารในรูปวัตถุแห้งรองจากกลุ่มฟางหมักยูเรีย จึงทำให้มีปริมาณกินได้สูงสุดในรูปของโปรตีนและไขมัน ปริมาณโภชนะย่อยได้ที่แพะได้รับในแต่ละกลุ่มทดลอง พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 23) เป็นผลมาจากปริมาณการกินได้ที่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาตามคำแนะนำของ NRC (1981) พบว่าปริมาณโปรตีนย่อยได้ที่ได้รับของแพะกลุ่มทดลอง T1-T3 อยู่ในระดับที่กำหนดหรือมากกว่า 25-35 กรัม/วัน ยกเว้นกลุ่มเปลือกกล้วยหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ และกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ คือ 8.81 กรัม/วัน

ส่วนปริมาณพลังงานย่อยได้ที่รับ (Digestible energy, DE) ของทุกกลุ่มทดลองอยู่ระหว่าง 0.002–0.0017 Mcal/d ซึ่งต่ำกว่าที่ NRC (1981) กำหนดไว้ว่าแพะมีความต้องการพลังงาน 1.18-1.59 Mcal/d และค่าโภชนะย่อยได้รวม (TDN) 267-362 กรัม/วัน ซึ่งมีเพียงกลุ่มฟางหมักยูเรียเท่านั้นที่ได้รับโภชนะย่อยได้รวมเพียงพอคือ 402.73 กรัม/วัน ส่วนกลุ่มเปลือกกล้วยหมักได้รับโภชนะย่อยได้รวมเพียง 36.73-192.50 กรัม/วัน ซึ่งต่ำกว่าความต้องการที่ NRC (1981) กำหนด โดยสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตาราง 22) ยกเว้นสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีน ซึ่งกลุ่มเปลือกกล้วยหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ และกากน้ำตาล 2.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงที่สุดคือ 91.01 เปอร์เซ็นต์

ค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (PCV) ค่าความเข้มข้นของยูเรีย–ไนโตรเจนในกระแสเลือด (BUN) และ ระดับความเข้มข้นกลูโคส ดังตาราง 24 ค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (PCV) ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ทั้ง 2 ช่วงเวลา ก่อนให้อาหารมีค่าอยู่ระหว่าง 38.0-43.5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนหลังให้อาหารมีค่าอยู่ระหว่าง 36.0-40.0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่า PCV เป็นดัชนีสำคัญอย่างหนึ่งที่ใช้วินิจฉัยว่า สัตว์มีความผิดปกติของเลือดหรือไม่ ถ้าหากปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นต่ำกว่าปกติ สัตว์จะมีอาการของโรคโลหิตจาง ในทางตรงกันข้ามหากปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นสูงกว่าค่าปกติ สัตว์จะมีอาการของโรคโพลีซัยธีเมีย ซึ่งเกิดจากการสร้างเม็ดเลือดแดงที่มากผิดปกติ (ไชยณรงค์, 2541 อ้างโดย ขวัญชนก, 2552) นอกจากนี้ ค่า PCV ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่นระดับโภชนาการที่ได้รับ ชนิดและสายพันธุ์ Rasedee *et al.* (1982) รายงานว่า แม่โคที่ได้รับอาหารข้น 1.75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวมีค่า PCV สูงกว่า แม่โคที่ได้รับอาหารข้น 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ค่า PCV ในโคนม สูงกว่า โคเนื้อ (35.91 กับ 30.37 เปอร์เซ็นต์) โดยในการทดลองนี้ใช้ยูเรียใน 30 และ 60 กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักสด หรือ 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง จึงทำให้สัตว์ได้รับยูเรียในระดับที่สูง ซึ่งการเพิ่มขึ้นของปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นสามารถพบได้ในสัตว์ที่ได้รับยูเรียมากเกินไป (ขวัญชนก, 2552) โดยที่ เมธา (2533) แนะนำว่าควรใช้ในระดับที่เหมาะสม คือ 30 กรัมต่อกิโลกรัมของวัตถุแห้ง หรือ 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง และจากการทดลองพบว่าแพะทดลองกลุ่ม T1-T3 มีระดับค่า PCV ในเกณฑ์ปกติที่ Jain (1993) และ Plumb (1999) รายงานคือ 22-38 และ 30-40 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้นกลุ่มเปลือกกล้วยหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ที่มีค่าสูงเกินกว่า 40 เปอร์เซ็นต์เมื่อเวลา 0 ชั่วโมง

ค่าความเข้มข้นของยูเรีย–ไนโตรเจนในเลือด (BUN) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่มเปลือกกล้วยหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์และกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ (T4) มีค่าสูงสุดที่เวลา 0 ชั่วโมงคือ 36.67 mg/dl และมีแนวโน้มว่ากลุ่ม T4 มีค่าสูงสุดหลังจากให้อาหาร 4 ชั่วโมง และทุกกลุ่มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหลังจากให้อาหาร 4 ชม. ($P = 0.065$)

กลุ่มเปลือกกล้วยหมักมีค่า BUN สูงกว่าช่วงปกติที่ Lazzaro (2005) รายงานว่าค่าปกติของแพะอยู่ระหว่าง 12.6-28.0 mg/dl ซึ่งอาจเป็นผลมาจากมีปริมาณยูเรียในอาหารเมื่อคิดเป็นปริมาณที่แพะได้รับ คือ 30 และ 60 กรัมต่อตัวต่อวัน ซึ่งสูงกว่าที่ Freaser (1963); Church (1984) ระบุว่าระดับยูเรียที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 0.44-0.77 กรัม/ตัว/วัน และสูงกว่าที่ Edjtehadi *et al.* (1978) รายงานแกะที่ได้รับยูเรียในระดับ 0.75 กรัมจะตายภายใน 10 นาที แต่การที่แพะในการทดลองนี้ไม่แสดงอาการยูเรียเป็นพิษ อาจเป็นผลมาจากที่แพะปรับตัวโดยการกินน้อยลงทำให้ได้รับยูเรียในระดับต่ำลง และในกลุ่มเปลือกกล้วยหมักมีการเสริมกากน้ำตาล ซึ่ง สมสุข (2544) รายงานว่า การใช้กากน้ำตาลเป็นการเพิ่มแหล่งคาร์โบไฮเดรต ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานสำหรับจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนทำให้จุลินทรีย์สามารถใช้ประโยชน์จากยูเรียได้ดี สอดคล้องกับ Bartik and Piskac (1982) รายงานว่า การผสมยูเรียร่วมกากน้ำตาล ทำให้สามารถเพิ่มการใช้ยูเรียได้ถึง 18 กรัม/วัน และสามารถเพิ่มยูเรียได้ถึง10 เปอร์เซ็นต์ ในการผสมกับกากน้ำตาลหรือคิดเป็นยูเรีย 100 กรัม/วันโดยปราศจากอาการยูเรียเป็นพิษ โดยที่ค่า BUN มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับปริมาณโปรตีนที่กินได้ ถ้าสัตว์กินโปรตีนเข้าไปมากค่าก็จะสูงตาม (Preston *et al.*, 1965) เพราะเมื่ออาหารดังกล่าวเข้าสู่กระเพาะรูเมน จะถูกจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนโดยเฉพาะกลุ่มที่ย่อยสลายโปรตีนเข้าย่อยสลายได้แอมโมเนียเป็นผลผลิตสุดท้าย ส่วนหนึ่งจะถูกนำไปใช้ในการสังเคราะห์เป็นโปรตีนในเซลล์จุลินทรีย์ แต่กรณีที่มีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ดีในปริมาณที่ไม่พอเพียง ปริมาณการกินอาหารต่ำ (เมธา, 2529) แอมโมเนียบางส่วนจะถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดลำเลียงเข้าสู่ตับ เพื่อสังเคราะห์เป็นยูเรีย สอดคล้องกับ Davidson *et al.* (2002) กล่าวว่าเมื่อให้อาหารที่มีระดับโปรตีนเพิ่มขึ้นจาก 16.5 เป็น 19.4 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ยูเรียไนโตรเจนในเลือดเพิ่มขึ้น จาก 8.4 เป็น 12.1 mg/dl ซึ่งนอกจากจะบ่งบอกถึงระดับของโปรตีนที่แพะได้รับในระดับสูงยังแสดงถึงความไม่เพียงพอของปริมาณพลังงานในอาหารที่สัตว์ได้รับส่งผลต่อการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจน ดังรายงานของ Higginbothum *et al.* (1989) ว่าค่า BUN นอกจากจะขึ้นอยู่กับปริมาณและความสามารถในการย่อยได้ของโปรตีนในอาหารสัตว์ ยังใช้ตรวจสอบความสมดุลระหว่างไนโตรเจนและพลังงานที่สัตว์ได้รับ ถ้ามีค่าสูงกว่าปกติแสดงว่าสัตว์ได้รับพลังงานไม่เพียงพอให้จุลินทรีย์ใช้ประโยชน์จากไนโตรเจน (Hammond, 1997) สอดคล้องกับปริมาณพลังงานย่อยได้ที่ได้รับของแพะในการทดลองนี้ต่ำกว่า NRC (1981) กำหนดทุกกลุ่ม นอกจากนี้ระยะเวลาที่เจาะเลือดมีผลต่อระดับของ BUN Butler *et al.* (1996) รายงานว่าระดับ BUN เพิ่มสูงสุดหลังจากแม่โคกินอาหารแล้วประมาณ 4-6 ชั่วโมง เนื่องจากหลังจากกินอาหารปริมาณแอมโมเนียในกระเพาะจะเพิ่มขึ้นและสูงสุดในช่วง 1-2 ชั่วโมงหลังจากกินอาหาร แอมโมเนียจะถูกดูดซึมผ่านผนังรูเมนเข้าสู่กระแสเลือด และถูก

เปลี่ยนเป็นยูเรียที่ตับก่อนปล่อยสู่กระแสเลือด (Kohn, 2007) และค่อยๆ เพิ่มจนสูงสุดภายใน 4-6 ชั่วโมง

ระดับความเข้มข้นของกลูโคสในเลือดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ทั้ง 2 ช่วงเวลาและมีแนวโน้มว่ากลุ่ม T2 และ T4 มีค่าสูงกว่าอีก 2 กลุ่มเมื่อเวลา 0 ชั่วโมง (P = 0.084) ระดับความเข้มข้นของกลูโคส (T1-T4) มีค่าดังนี้ 44.50-50.67, 55.33-62.00, 43.00-62.33 และ 54.00-66.00 mg/dl ตามลำดับ ซึ่งหากมีปริมาณต่ำกว่า 30 mg/dl จะบ่งบอกถึงการได้รับโภชนะไม่เพียงพอ (O'Doherty and Crosby, 1998) ค่ากลูโคสที่ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่นระดับของคาร์โบไฮเดรต เนื่องจากกลูโคสในเลือดเกิดจากคาร์โบไฮเดรตถูกเปลี่ยนเป็นกรดโพรพิโอนิกโดยการหมักของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน แล้วถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดแล้วเปลี่ยนเป็นกลูโคสที่ตับ (บุญล้อม, 2541) รวมทั้งระยะเวลาการสุ่มตัวอย่างดังรายงานของ Mahardika *et al.* (2000) กล่าวว่าระดับของกลูโคสในกระแสเลือดจะลดลงในชั่วโมงที่ 2 ของการให้อาหารและเพิ่มในชั่วโมงที่ 3 และ 4 หลังอาหาร เพราะกรดโพรพิโอนิกในกระเพาะรูเมนซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์เพิ่มขึ้นสูงสุดในชั่วโมงที่ 3 ของการให้อาหาร จึงทำให้ความเข้มข้นก่อนให้อาหารต่ำกว่าหลังให้อาหาร ซึ่งระดับของความเข้มข้นของกลูโคสในการทดลองนี้อยู่ในระดับปกติของสัตว์เคี้ยวเอื้องที่ใช้ในการดำรงชีพและทำให้เนื้อเยื่อทำงานได้ตามปกติ คือ 40-60 mg/dl (เมธา, 2529)

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

การหมักเปลือกกล้วยควรใช้ยูเรียร่วมกับกากน้ำตาล โดยสูตรที่เหมาะสมคือ ยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับกากน้ำตาล 2.5 หรือ 5 เปอร์เซ็นต์ และสูตรยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ โดยหมักเป็นเวลา 28 วัน ซึ่งมีค่าการย่อยได้เท่ากับ 72.51, 70.58 และ70.30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยไม่ควรหมักเปลือกกล้วยโดยไม่เสริมสารใด ๆ หรือกากน้ำตาลเพียงอย่างเดียว เนื่องจากเกิดการเน่าและมีเชื้อรา

ปริมาณการกินได้และปริมาณการกินในรูปของโภชนะที่ย่อยได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยฟางหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งในรูปกิโลกรัมต่อวันและเปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัวสูงกว่ากลุ่มเปลือกกล้วยหมัก ส่วนสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีน เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับกากน้ำตาล 2.5 สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ เท่ากับ 91.01 เปอร์เซ็นต์ โดยแพะไม่มีปัญหาสุขภาพ ซึ่งค่าปริมาตรเม็ดโลหิตแดงที่อัดแน่น (PCV) ค่าความเข้มข้นของยูเรีย - ไนโตรเจน (BUN) และค่าความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดเฉลี่ยของกลุ่ม ฟางหมักอยู่เรีย 6 เปอร์เซ็นต์, เปลือกกล้วยหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์และกากน้ำตาล 2.5, 5 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในช่วงปกติ ยกเว้นเปลือกกล้วยหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์และกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ ที่มีค่า PCV และ BUN สูง ซึ่งเป็นผลจากการได้รับยูเรียสูงเกินไป 6 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสด (20 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง)

ถึงแม้ว่าแพะจะไม่มีปัญหาสุขภาพก็ตาม แต่พบว่าแพะทดลองมีปริมาณการกินได้ค่อนข้างต่ำกว่า NRC (1981) แนะนำไว้ ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณความชื้นสูงประกอบกับระดับยูเรียที่สูงเกินไปในกลุ่มเปลือกกล้วยหมัก ดังนั้นจึงควรทำการศึกษาหาวิธีลดความชื้นของเปลือกกล้วยก่อนการหมัก หรือใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทฟางข้าวหรือรำข้าวในการดูดซับความชื้นจากเปลือกกล้วย

ข้อเสนอแนะ

1. เปลือกกล้วยมีปริมาณความชื้นสูง ควรหมักร่วมกับฟางหรือหญ้าและสารดูดซับความชื้น เช่น รำ ข้าวโพด เป็นต้น เพื่อช่วยเพิ่มวัตถุแห้งรวมทั้งปริมาณการกินได้ และเป็นการลดกลิ่นแอมโมเนียเนื่องจากในการใช้ยูเรียในระดับที่สูง ซึ่งเปลือกกล้วยสดที่จะนำมาหมักนั้นเน่าเสียง่าย จึงควรหมักวันต่อวันหรือรวบรวมไม่เกิน 3 วัน

2. การจัดเตรียมสัตว์ทดลองควรเลือกใช้แกะหรือโคอย่างใดอย่างหนึ่ง เนื่องจากแพะมีนิสัยเลือกกิน และการเตรียมการหมักควรหั่นเปลือกกล้วยให้มีขนาดเล็กเพื่อง่ายต่อการหมักและป้องกันการเลือกกินของสัตว์ทดลอง

บรรณานุกรม

กรมปศุสัตว์. 2547. **มาตรฐานพืชอาหารสัตว์หมักของกองอาหารสัตว์.** กรุงเทพฯ: กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 21 น.

กรมปศุสัตว์. 2538. **ฟางข้าวอาหารสำหรับโค-กระบือ.** กรุงเทพฯ: กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตร-และสหกรณ์. 42 น.

กุลยา จันทร์อรุณ. 2540. **รายงานการวิจัยเรื่องกรรมวิธีการผลิตแป้งกล้วยผงและอาหารผงสำหรับสัตว์จากส่วนต่างๆของกล้วยผง.** พิษณุโลก: ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบัน ราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก. 176 น.

ขวัญชนก รัตนะ. 2552. **ผลของระดับเยื่อในลำต้นสาคูในอาหารข้นต่อการใช้ประโยชน์ของโภชนะนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน สมรรถภาพการเจริญเติบโต และลักษณะซากของแพะพื้นเมืองไทยเพศผู้.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 162 น.

จีระชัย กาญจนพฤฒิพงศ์. 2529. **การศึกษาเปรียบเทียบการใช้ฟางข้าวหมักยูเรียกับฟางข้าวราดสารละลายยูเรีย-กากน้ำตาลเป็นอาหารหยาบสำหรับวัวนมรุ่นเพศผู้.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 43 น.

จำเนียน เป็กเครือ, ณิฐิมา เฉลิมแสน และ พนอม ศรีวัฒนสมบัติ. 2541. **การใช้เปลือกกล้วยน้ำว้าสุกเป็นอาหารหยาบเสริมในโคนมสาว.** พิษณุโลก: สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพิษณุโลก. 20 น.

ฉลอง วชิราภากร. 2540. **โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเบื้องต้น.** ขอนแก่น: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 219 น.

ณิฐิมา เฉลิมแสน, ทินกร ทาตระกูล, วุธวรพงษ์ ศรีเมือง และ บุญชู นาวานุเคราะห์. 2539. **การศึกษาคุณค่าทางโภชนะของเปลือกกล้วยน้ำว้าในสุกรรุ่น.** พิษณุโลก: สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพิษณุโลก. 28 น.

ดำรัส ชาตรีวงส์. 2545. **การใช้ฟางหมักยูเรียในสูตรอาหารผสมครบส่วนสำหรับโคนม.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 141 น.

ทรงศักดิ์ จำปาวะดี และ ยุทธชัย อุทัยแพน. 2542. **คู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์และประเมินคุณภาพอาหารสัตว์.** มหาสารคาม: ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 124 น.

เทอดชัย เวียรศิลป์. 2548. **โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง.** พิมพ์ครั้งที่ 5. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตว-ศาตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 357 น.

ธวัชชัย อินทรตุล, สมคิด พรหมมา และ พัชรินทร์ สนธิ์ไพโรจน์. 2539. ผลของการเลี้ยงโครีดนมลูกผสมขาว-ดำ โดยใช้ฟางข้าวปรุงแต่งคุณภาพด้วยยูเรียและกากน้ำตาลเสริมด้วยอาหารก้อนคุณภาพดี. **วารสารเกษตร.** 12(1): 11-23.

บัญชา สัจจาพันธ์. 2538. **การศึกษาการใช้ยูเรียทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองในอาหารข้นสูตรมันสำปะหลังสำหรับโคลูกผสมพันธุ์ชาร์โรเล่ส์-บราห์มัน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 90 น.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2541. **โภชนศาสตร์สัตว์.** พิมพ์ครั้งที่ 6. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 170 น.

_____. 2541. **ชีวเคมีทางสัตวศาสตร์.** พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตว-ศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 170 น.

_____. 2527. **โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง.** เชียงใหม่: คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 257 น.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล, บุญเสริม ชีวะอิสระกุล และ สมคิด พรหมมา. 2543. การปรับปรุงคุณภาพและการเก็บถนอมอาหารหยาบ. น. 192-205. <u>ใน</u> **เอกสารการสอนชุดวิชาหลัก-โภชนศาสตร์และอาหารสัตว์ หน่วยที่ 9-15.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช,

เบญจมาศ ศิลาย้อย. 2545. **กล้วย.** กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 357 น.

ปิ่น จันจุฬา, ชาญวิทย์ เบญจมะ, แขม ล่องนภา และ สมศักดิ์ เหล่าเจริญสุข. 2543. การศึกษาระดับที่เหมาะของเปลือกกล้วยหินปน (*Musa sapientum*) ในอาหารนกกระทาระยะนกเล็กและนกรุ่น. **ว.วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** 22(4): 421-428.

มาลินี ลิ้มโภคา. 2523. **พิษวิทยาและการวินิจฉัยโรคทางสัตวแพทย์.** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จรัลสนิทวงศ์. 276 น.

เมธา วรรณพัฒน์. 2533. **โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง.** ขอนแก่น: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 473 น.

_____. 2529. **โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง.** ขอนแก่น:ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 387 น.

เมธา วรรณพัฒน์, สมโภชน์ ประเสริฐสุข, ศักดิ์สิทธิ์ และ อภิชัย ศิวประภากร. 2525. การปรับปรุงการใช้ประโยชน์ของฟางข้าวเพื่อเลี้ยงโคโดยการหมักด้วยยูเรีย. น. 6-7. <u>ใน</u> **รายงานผลการวิจัยประจำปี 2523-2524.** ขอนแก่น: คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วรรณภา ยงสุวรรณไพศาล. 2546. **การผลิตเอนไซม์เซลลูเลสจากวัสดุเหลือทิ้งจากกล้วยโดย *Aspergillus niger*.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยนเรศวร. 121 น.

วิภา สุโรจนะเมธากุล และ ชิดชม ฮิรางะ. 2537. การสกัดแทนนินจากเปลือกกล้วย. **ว.วิทยาศาสตร์เกษตร.** 28(4): 578-586.

วีณา จิรัจฉริยากุล และ อ้อมน้อย ล้วนรัตน์. 2533. **ยาจากสมุนไพร.** กรุงเทพฯ: คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. 316 น.

วารุณี พานิชพล, ชิด ยุทธวรวิทย์ และ สมพล ไวปัญญา. 2541. คุณค่าทางโภชนะของหญ้าแฝกหมักที่เติมสารชนิดต่างๆ. น. 149-159. ใน **รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2541.** กรุงเทพฯ: กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ศิริโชค ตรีตรง. 2535. **คุณค่าทางอาหารของกล้วยป่นและเปลือกกล้วยป่นในอาหารนกกระทาและไก่กระทง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 119 น.

สนทยา มูลศรีแก้ว. 2548. **คุณค่าทางโภชนะและการใช้ประโยชน์ได้ของหญ้ารูซี่หมักสำหรับโค** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 120 น.

สมเกียรติ สายธนู. 2528. **การเลี้ยงแพะ.** สงขลา: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 298 น.

สมชัย ศักดิ์ธนกุล. 2530. **การปรับปรุงคุณค่าทางอาหารของต้นข้าวโพดหลังเก็บเกี่ยวด้วยยูเรีย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 73 น.

สมชาย จันทร์ผ่องแสง. 2540. **การเลี้ยงโคนม.** กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 311 น.

สมสุข พวงดี. 2544. **การผลิตหญ้ารูซี่หมักคุณภาพสูง การประเมินคุณค่าทางโภชนะและความต้องการพลังงานและโปรตีนของโครีดนมลูกผสมขาวดำ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 138 น.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2554. **สถิติการค้าเกษตรไทยกับต่างประเทศ ปี 2553.** กรุงเทพฯ: ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. 123 น.

สุชาติ ชัยวรกุล. 2534. **การศึกษาการใช้ยูเรียทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองในอาหารข้นสูตรมันสำปะหลังสำหรับแกะพันธุ์พม่าหางยาว.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 83 น.

สุธิดา วิริยาเมธาโรจน์. 2547. **ผลของการใช้ยูเรียในอาหารและระดับยูเรียไนโตรเจนในเลือดต่อประสิทธิภาพทางการสืบพันธุ์ในโคนม.** รายงานการศึกษาอิสระปริญญาโท. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 54 น.

สุมิตรา สำเภาพล. 2543. **การใช้เศษเหลือจากกรวงข้าวผสมกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรียเป็นอาหารพื้นฐานสำหรับแพะ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.94 น.

อุทัย ป้องแก้ว. 2550. **การผลิตฟางหมักยูเรียแบบอัดฟ่อนเพื่อใช้เป็นแหล่งเยื่อใยเสริมด้วยโปรตีนและพลังงานในการใช้เป็นอาหารหยาบผสมสำหรับโครีดนม.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 87 น.

Adesogan, A. T. 2005. Effect of bag type on the apparent digestibility of feed in ANKOM Daisy^{II} incubators. **Anim. Feed Sci. Tech.** 199(3): 333–334.

Anhwange, B. A. 2008. Chemical composition of *Musa sapientum* (banana) peel. **J. Food Tech.** 6(6): 263 – 266.

AOAC. 1998. **Official Methods of Analysis.** 18th ed. Washington DC. USA. Association of official analytical chemists. 1298 p.

Bakai, S. M., N. V. Getya, A. G. Chirkov and V. V. Timofeev. 1986. Production and utilization of a feed supplement from plantain banana pulp in diets for pigs. **Nutr. Abstr. Rev.** 56(10): 692.

Bal, M. A., J. G. Coors and R. D. Shaver. 1997. Impact of the maturity of corn for use as silage in the diets of dairy cows on intake, digestion, and milk production. **J. Dairy Sci.** 80(10): 2497-2503.

Bartik, M. and A. Piskac. 1981. **Veterinary Toxicology.** Elsevier, Amsterdam. 346 p.

Bartley, E. E. and C. V. Deyae. 1981. Reducing the rate of ammonia release by the use of alternative non-protein nitrogen source. p. 50. In: **W. Haresign and D. J. A. Cole (Ed.) Recent Developments in Ruminant Nutrition.** Butterworths, London.

Butler, W. R., J. J. Calaman and S. W. Beam. 1996. Plasma and milk urea nitrogen in relation to pregnancy rate in lactating dairy cattle. **J. Anim. Sci.** 74(4): 858-865.

Buttery, P. J. and B. G. Vernon. 1980. Aspects of protein metabolism and its control. **Livest. Prod. Sci.** 7(20: 111-120.

Caffrey , P. J., E. E. Hatfield, H. W. Norton and U. S. Garrigus. 1967. Nitrogen metabolism in the ovine. I. Adjustment of a urea-rich diet. **J. Anim. Sci.** 26(3): 595-600.

Church, D. C. 1984. **Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants.** O & B Books, Inc. Corvallis, Oregon, USA. 452 p.

Clarke, E. G. C. and M. L. Clarke. 1963. **Poisons and Poisoning.** Vet. Ann. Fifth Edition (Edited W. A. Pool) T. Wright and Sons Ltd. Bristol. 440 p.

Davidson, S., B. A. Hopkins, D. E. Diaz, S. M. Bolt, C. Brownie, V. Fellner and L. W. Whitlow. 2003. Effects of amounts and degradability of dietary protein on lactation, nitrogen utilization, and excretion in early lactation Holstein cows. **J. Dairy Sci.** 86(5): 1681-1689.

Davis, G. K. and H. F. Roberts. 1959. **Urea toxicity in cattle.** Flo. Agr. Exp. Sta. Bul. 611. p.

DeBoever, J. L., B. G. Cottyn, F. X. Buysse, F. W. Wainman and J. M. Vanacker. 1986. The use of an enzymatic technique to predict digestibility, metabolizable and net energy of compound feedstuffs for ruminants. **Anim. Feed Sci. Tech**. 14(3): 203–214.

Detering, N. C. and R. M. Cook. 1979. Banana meal as a concentrate for lactating Cows. **J. Dairy Sci.** 62(8): 1329-1334.

Dividich, J. Le., F. Geoffroy. I. Canope and M. Chenost. 1976. Using waste bananas as animal feed. **World Anim. Rev**. 20(20): 22-30.

Djajanegara, A., A. R Ambar and M. Rangkuti. 1983. Urea treatment during storage to increase utilization of rice straw. pp. 140-143. In **The Utilization of Fihrous Agricultural Residue. (Ed. G.R. Pearce).** Watson Ferguson and Co., Brisbane

Edjtehadi, M., M. Szabuniewicz and B. Emmanuel. 1987. Acute urea toxicity in sheep. **Can. J. comp. Med**. 40(1): 63-68.

Evers, B. 1989. Hormonal effect on protein turnover. pp. 367-403. In **H. D. Back, B.O. Eggum, A. G. Low O. Simon and T. Zebeowska. (eds.).** Protein Metabolism in Farm Animal. Oxford University Press, New York.

Freaser, C. M. 1963. Urea poisoning in cows at pasture. **Can Vet. J.** 4(2): 51-53.

Goering, H. K. and P. J. Van Soest. 1970. **Forage fiber analysis (Apparatus, Reagents, Procedures and some Application) USDA/ARS Agriculture Handbook No. 379** Washington D.C. 20 p.

Gohl, B. 1981. **Tropical Feeds-Feed information summaries and nutritive values.** FAO Animal Production and Health Series 12. FAO (Food and Agricultural Organization of the United Nations), Rome, Italy. 529 p.

Goodrich, R. D., J. C. Meiske and F. H. Gharib. 1972. Utilization of urea by ruminants. **World. Rev. Anim. Prod.** 3(4): 54-61.

Hammond, A. C. 1997. Update on BUN and MUN as a guide for protein supplementation in cattle. pp. 43–52. In **Proc. Florida Rumin. Nutr.** Symp. Univ. of Florida, Gainesville.

Haslam, E. 1966. **Chemistry of Vegetable Tannins**. UK: Academic Press Inc. (London) Ltd. 179 p.

Heitmann, R. N., W. H. Hoover and C. J. Sniffen. 1973. Gluconeogenesis from amino acid in mature wether sheep. **J. Nutr.** 103(11): 1587-1593.

Hibbitt, K. G. 1988. Effect of protein on the health of dairy cows. pp. 184-195. In **W. Haresign and D. J. A, Cole (eds.). Recent Development in Ruminant Nutrition.** Butterworths, London.

Higginbothum, G. E., M. Torabi and J. T. Huber. 1989. Influence of dietary protein concentration and degradability on performance of lactating cows during hot environmental temperatures. **J. Dairy Sci.** 72(10): 2554-2564.

Holden, L. A. 1999. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. **J. Dairy Sci.** 82(8): 1971-1974.

Ibrahim, M. N. M and J. B. Schiere. 1985. Factors affecting urea-ammonia Treatment. pp. 176-187. In **Relevance of Crop Residue Utilzation as Animal Feeds on Small Farms. (Ed. Metha Wanapat).** Dep. Of Anim. Sci, Khon Kaen Univ. Funny press, Bangkok.

Jack, M. P. 1977. **Metabolic Diseases in Farm Animal ; Nitrogen Metabolism.** William Heinemaim Medical Book Ltd., London. 236 p.

Jain, N. C. 1993. **Essential of Veterinary Hematology**. Lea & Febiger. Philadelphia. 417 p

Jayasuriya, M. C. N. and H. G. D. Perera. 1982. Urea-ammonia treatment of rice straw to improve its nutritive value for ruminants. **J. Agricultural Wastes**. 4(2): 143-150.

Kohn, R. 2007. Use of milk or blood urea nitrogen to identify feed management inefficieneies and estimate nitrogen excretion by dairy cattle and other animals. pp. 1-15. In **Proc. Florida Ruminant Nutrition Symposium.** Gainesville, FL. University of Florida, Gainesville.

Lazzaro, J. 2005. **Normal Blood Chemistry Values For Adult Goats**. The Nobel Foundation USA. 365 p.

Liao, C. W. & A. Hsu. 1985. Evaluation of banana chips for feeding broilers and swine. **Journal of the Chinese Society of Animal Science.** 14(1-2): 37-42.

Llamas, L. G, A.S. Shimada and G. E. Avila. 1979. Nutritive value of green banana meal in the feed of broiler chickens. **Vet. Mex.** 10(2): 105-109.

Longe, O. G, E. O. Famojuro and V.A. Oyenuga. 1977. Available carbohydrates and energy values of cassava, yam and plantain peels for cheeks. **J. E.Afr.Agric. For**. 42(4): 408-413.

Mahardika, I. G., D. Sastradipradja, T. Sutardi and I. K. Sumadi. 2000. Nutrient requirements of exercising Swamp Buffalo, Bubalus bubalis II. Details of work energy of cows and its relation to heart rate. **Asian-Aust. J. Anim. Sci**. 13(7): 1003-1009.

Makkar, H. P. S., Bluemmel, M and Becker, K. 1997. *In vitro* rumen apparent and true digestibility of tannin-rich forages. **Anim. Feed Sci. Tech.** 67(2-3): 245-251.

Menke, K. H. and H. Steingass. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. **Anim. Res. Devel**. 28(1): 7 -12.

Millward, D. J., P. J. Garlick, D. O. Nnanyelugo and J. C. Waterlow. 1976. The relative importance of muscle protein synthesis and breakdown in the regulation of muscle mass. **Biochem. J.** 156(1): 185-188.

Morris, J. G. 1969. Why urea can kill cattle and sheep. **Queensland Agr J.** 95(10): 697-699.

NRC. 1984. **Nutrient Requirements of Beef Cattle.** National Academy Press, Washington, D.C. 90 p.

NRC. 1975. **Nutrient Requirements of Sheep.** National Academy Press, Washington, D.C. 72 p.

NRC. 1981. **Nutrient Requirements of Goat: Angora, dairy and meat goats in temperate and tropical countries.** National Academy Press, Washington, D.C. 91 p.

Norton, B. W. 1994. Tree legumes as dietary supplements for ruminants. pp 192–201 **In Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture.** R. C. Gutteridge, and H. M. Shelton, ed. CAB Interantional, Oxon, U.K.

O'Doherty, J.V. and T. F. Crosby. 1998. Blood metabolite concentrations in late pregnant ewes as indicators of nutritional status. **Anim. Sci**. 66(3): 675-683.

Ørskov, E. R. and P. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measuremnts weighted according to rate of passage. **J. Agri. Sci. Camb**. 92: 499-503.

Parker, J. W. G. and B. Bastiman. 1982. Effect of additives on nutrient losses and feeding value of silage. **J. Sci. Food Agric.** 33: 876-880.

Pieltain, M. C., J. I. R. Castanon, M. R. Ventura and M. P. Flores. 1999. The nutritive of banana (*Musa acuminate* L.) by–products for maintaining goats. **Animal Science.** 69(1): 213–216.

Pimpa, O., M. Wanapat, K. Sommart, S. Uriyapongson and W. Wongsrikeao. 1996. Serum urea nitrogen and conception rate : The usefulness of test information. **J. Dairy Sci.** 76(12): 3742-3746.

Plumb, D. C. 1999. **Veterinary Drug Handbook.** Iowa State University Press. 795 p.

Poyyamozhi, V. S. and R. Kadirvel. 1986. The value of banana stalk as a feed for goats. **Anim. Feed Sci. Tech.** 15(2): 95-100.

Preston, R. L., D. D. Schnakenberg and W. H. Pfander. 1965. Protein utilization in ruminant : I Blood urea nitrogen as affected by protein intake. **J. Nutr.** 86 (3): 281-288.

Promma, S. 1993. **Optimization of urea- treated rice straw feeding in crossbred Holstein cattle.** Ph. D. Dissertation. Kyushu Tokai University. Kumamoto, Japan. 240 p.

Promma, S, S. Tuikampee, A. Ratnavanija, N. Vidhayakorn and R.W. Froemert. 1985. The effect of urea treated rice straw on growth and milk production of crossbred Holstein Friesian dairy cattle. pp. 88-93. In **Utilization of Fibrous Agricultural Residues as Animal Feed. (Ed. P. T.Dolye).** IDP, Canberra.

Rasedee, A., J. A. Zainal, K. Ragavan and O. Halmi. 1982. The effect of high and low protein diets on block parameters in lactating Friesian cow. **Kajian Vet. (Malaysia).** 14: 5-13.

Rihs, T. and C. Isler. 1977. Incorporation of commercially dried banana meal in concentrates for dairy cows. **Nutr. Abstr. Rev.** 47(6): 406-407.

Rihs, T., M. Villavicencio, E. Harves and H. Clavijo. 1975. Feeding value of industrially dried banana meal for swine. **J. Anim. Sci.** 41(1): 282-283.

Rios, A., R. E. Abernathy and H. J. Nicholas. 1975. Banana peels as a potential source of animal food and other useful products. **Nutr. Rep.Int.** 11(5): 399-408.

Robinson, P. H., M. C. Mathews and J. G. Fedel. 1999. Influence of storage time and temperature on *in vitro* digestion of neutral detergent fiber at 48 h, and camparison to 48 h *in sacco* neutral detergent fiber digestion. **Anim. Feed Sci. Tech.** 80(3): 257 – 266.

Sabutan, M. G. I. 1996. Banana peelings help broilers grow. **Misset World Poultry**. 12(6): 59-61.

Satter, L. D. and R. E. Roffler. 1981. Influence of nitrogen and carbohydrate inputs on rumen fermentation. pp. 66-88. In **Development in Ruminant Nutrition.** London: Prentiee Hall. 368 p.

Scalbert, A. 1991. Antimicrobial properties of tannins. **Phytochemistry**. 30(12): 3875-3883.

Sethi, R. P. 1983. Evaluation of fermented banana waste produet as a protein source in broiler rations. **Indian J. Anim. Sci**. 53(9): 984-987.

Sharma, K. S. and B. S. Katoch. 1981. Evaluation of some horticultural by products in chick starter rations. **Indian J. Poultry. Sci**. 16(2): 147-149.

Shillingford, J. D. 1971. The economics of feeding bananas and coconut meal for pork production in Dominica West Indies. **Trop. Agric**. 48(2): 103-110.

Singh, H. and E. N. Moore. 1982. **Livestock and Poultry Production**. 2nd ed., Prentice-Hall of india Private Limited, New Delhi. 550 p.

Silverio, V.C., S.C. Raymundo, J.G. Bautista, M. N. I. Velasco and L.N.Cruz. 1982. Utilization of dried banana peeling meal in hog finisher ration. **Phil. J. Anim Indus**. 37(1): 46-51.

Suntharalingam, S. and G. Ravindran. 1993. Physieal and biochemical properties of green banana flour. **Plant Foods Hum. Nutr.** 43(1): 19-27.

Symond, H. W., D. L. Mather and K. A. Collis. 1981. The maximum capacity of the liver of adult dairy cow to metabolize ammonia. **Br. J. Nurt.** 46 (3): 481-486.

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

Tjandraatmadja, M., B. W. Norton and I. C. Macrae. 1994. Ensilage characteristics of three tropical grasses as influenced by stage of growth and addition of molasses. **World J. Microbiol. Biotechnol.** 10(1): 74-81.

Velasco, M. N. I., J. G. Bautista. L. N. Cruz., E. C. Ganac, V. C. Silverio, and D. C. Avant. 1983. A Study of the utilization of banana meal as replacement for grourd corn in poultry rations. **Phi. J. Anim. Ind.** 38(1-2): 11-17.

Viswanathan, K., R. Kadirvel and D. Chandrasekaran. 1989. Nutritive value of banana stalk (*Musa cavendishi*) as a feed for sheep. **Anim. Feed Sci .Tech.** 22(4): 327-332.

Wanapat, M., A. Polthanee, C. Wachirapakorn, T. Anekuit and S. Mattarat. 2001. Crop-animal system research network (CASREN). **Progess Report Report-Thailand**, ILRI Paper. 20 p.

Wilman D. and A. Adesogan. 2000. A comparison of filter bag methods with conventional tube methods of determining the *in vitro* digestibility of forages. **Anim. Feed Sci. Tech.** 84(1-2): 33-47.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวก 1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์การย่อยได้วิธี *in vitro* DM digestibility ในรูปวัตถุแห้ง

Source	df	SS	MS	F	Sig.
TRT	23	847.932	36.8666159	28.260	0.0001
Error	24	31.306	1.3044125		
Total	11	879.238			

ตารางภาคผนวก 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโปรตีน

Source	df	SS	MS	F	Sig.
TRT	3	574.350	191.450	12.012	0.002
Error	8	127.510	15.939		
Total	11	701.860			

ตารางภาคผนวก 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของพลังงาน

Source	df	SS	MS	F	Sig.
TRT	3	75.666	25.222	1.303	0.339
Error	8	154.802	19.350		
Total	11	230.467			

ตารางภาคผนวก 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง

Source	df	SS	MS	F	Sig.
TRT	3	20.645	6.882	0.469	0.712
Error	8	117.372	14.671		
Total	11	138.016			

ตารางภาคผนวก 5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของอินทรียวัตถุ

Source	df	SS	MS	F	Sig.
TRT	3	11.911	3.970	0.296	0.827
Error	8	107.210	13.401		
Total	11	119.121			

ตารางภาคผนวก 6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของไขมัน

Source	df	SS	MS	F	Sig.
TRT	3	194.879	64.960	0.833	0.512
Error	8	623.834	77.979		
Total	11	818.713			

ตารางภาคผนวก 7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของเยื่อใย

Source	df	SS	MS	F	Sig.
TRT	3	101.706	33.902	1.808	0.224
Error	8	150.022	18.753		
Total	11	251.727			

ตารางภาคผนวก 8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของ NDF

Source	df	SS	MS	F	Sig.
TRT	3	228.037	76.012	3.011	.094
Error	8	201.931	25.241		
Total	11	429.968			

ตารางภาคผนวก 9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของ ADF

Source	df	SS	MS	F	Sig.
TRT	3	211.004	70.335	2.492	0.134
Error	8	225.791	28.224		
Total	11	436.794			

ตารางภาคผนวก 10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณการย่อยได้ของวัตถุแห้ง

Source	df	SS	MS	F	Sig.
TRT	3	326273.962	108757.987	79.355	0.000
Error	8	10964.173	1370.522		
Total	11	337238.134			

ตารางภาคผนวก 11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณการย่อยได้ของอินทรีวัตถุ

Source	df	SS	MS	F	Sig.
TRT	3	245898.020	81966.007	77.559	0.000
Error	8	8454.536	1056.817		
Total	11	254352.556			

ตารางภาคผนวก 12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณการย่อยได้ของโปรตีน

Source	df	SS	MS	F	Sig.
TRT	3	3638.663	1212.888	14.230	0.001
Error	8	681.878	85.235		
Total	11	4320.541			

ตารางภาคผนวก 13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณการย่อยได้ของพลังงาน

Source	df	SS	MS	F	Sig.
TRT	3	0.000	0.000	54.624	0.000
Error	8	2.07E-005	2.58E-006		
Total	11	.000			

ตารางภาคผนวก 14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณการย่อยได้ของเยื่อใย

Source	df	SS	MS	F	Sig.
TRT	3	62067.037	20689.012	151.944	0.000
Error	8	1089.294	136.162		
Total	11	63156.332			

ตารางภาคผนวก 15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณการย่อยได้ของไขมัน

Source	df	SS	MS	F	Sig.
TRT	3	904.312	301.437	11.531	0.003
Error	8	209.129	26.141		
Total	11	1113.441			

ตารางภาคผนวก 16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณการย่อยได้ของ NDF

Source	df	SS	MS	F	Sig.
TRT	3	184695.742	61565.247	148.408	0.000
Error	8	3318.707	414.838		
Total	11	188014.449			

ตารางภาคผนวก 17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณการย่อยได้ของ ADF

Source	df	SS	MS	F	Sig.
TRT	3	105430.136	35143.379	158.822	0.000
Error	8	1770.207	221.276		
Total	11	107200.343			

ตารางภาคผนวก 18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณการกินได้ในรูปของโภชนะที่ย่อยได้ของวัตถุแห้ง

Source	df	SS	MS	F	Sig.
TRT	3	0.544	0.181	71.583	0.000
Error	8	0.020	0.003		
Total	11	0.564			

ตารางภาคผนวก 19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณการกินได้คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว

Source	df	SS	MS	F	Sig.
TRT	3	6.737	2.246	51.805	0.000
Error	8	0.347	0.043		
Total	11	7.084			

ตารางภาคผนวก 20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณการกินได้ในรูปของโภชนะที่ย่อยได้ของอินทรียวัตถุ

Source	df	SS	MS	F	Sig.
TRT	3	370878.955	123626.318	70.067	0.000
Error	8	14115.292	1764.412		
Total	11	384994.247			

ตารางภาคผนวก 21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณการกินได้ในรูปของโภชนะที่ย่อยได้ของโปรตีน

Source	df	SS	MS	F	Sig.
TRT	3	4442.667	1480.889	14.208	0.001
Error	8	833.838	104.230		
Total	11	5276.505			

ตารางภาคผนวก 22 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณการกินได้ในรูปของโภชนะที่ย่อยได้ของพลังงาน

Source	df	SS	MS	F	Sig.
TRT	3	0.001	0.000	48.923	0.000
Error	8	3.73E-005	4.67E-006		
Total	11	0.001			

ตารางภาคผนวก 23 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณการกินได้ในรูปของโภชนะที่ย่อยได้ของไขมัน

Source	df	SS	MS	F	Sig.
TRT	3	1507.011	502.337	17.379	0.001
Error	8	231.233	28.904		
Total	11	1738.244			

ตารางภาคผนวก 24 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณการกินได้ในรูปของโภชนะที่ย่อยได้ของเยื่อใย

Source	df	SS	MS	F	Sig.
TRT	3	82017.588	27339.196	135.452	0.000
Error	8	1614.689	201.836		
Total	11	83632.277			

ตารางภาคผนวก 25 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณการกินได้ในรูปของโภชนะที่ย่อยได้ของ NDF

Source	df	SS	MS	F	Sig.
TRT	3	228.037	76.012	3.011	0.094
Error	8	201.931	25.241		
Total	11	429.968			

ตารางภาคผนวก 26 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณการกินได้ในรูปของโภชนะที่ย่อยได้ของ ADF

Source	df	SS	MS	F	Sig.
TRT	3	170375.161	56791.720	111.007	0.000
Error	8	4092.824	511.603		
Total	11	174467.985			

ภาคผนวก ข

ภาพภาคผนวก

ภาพผนวก 1 กรงและอุปกรณ์ในการเก็บปัสสาวะและมูล

ภาพผนวก 2 ลักษณะของถุงหมัก

ภาพภผนวก 3 ขั้นตอนการไล่อากาศออกจากถุงหมัก

ภาคผนวก ค

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวสุญาณี แสนเศษ	
เกิดเมื่อ	2 มกราคม 2529	
ภูมิลำเนา	จังหวัดมหาสารคาม	
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2546	มัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทย์-คณิต) โรงเรียนนาเชือกพิทยาสรรค์ อำเภอนาเชือก จังหวัดมหาสารคาม
	พ.ศ. 2550	สำเร็จการศึกษาระดับอุดมศึกษา ปีการศึกษา 2549 วิทยาศาสตรบัณฑิต สัตวศาสตร์ (โคนม – โคเนื้อ) คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่