

อิทธิพลของอาหารผสมเสร็จต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ในกระเพาะรูเมนและการย่อยได้ของโภชนะ

ในโคสาวลูกผสมโฮลสไตน์-ฟรีเซียน

มนชัย ศิลปานนท์

วิทยานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการผลิตสัตว์

โครงการบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

พ.ศ. 2550

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

โครงการบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการผลิตสัตว์

ชื่อเรื่อง

อิทธิพลของอาหารผสมเสร็จต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)
ในกระเพาะรูเมนและการย่อยได้ของโภชนะ
ในโคสาวลูกผสมโฮลสไตน์-ฟรีเชียน

โดย

มนชัย ศิลปานนท์

พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิสุทธิ เนียมทรัพย์)
วันที่ 24 เดือน กค พ.ศ. 2550

กรรมการที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปราโมช สีตะโกเศศ)
วันที่ 24 เดือน กค พ.ศ. 2550

กรรมการที่ปรึกษา

(อาจารย์ ดร.วีรศักดิ์ ปรกติ)
วันที่ 24 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2550

ประธานกรรมการประจำหลักสูตร

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมปอง สรรวมศิริ)
วันที่ 25 เดือน กค พ.ศ. 2550

โครงการบัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.เทพ พงษ์พานิช)
วันที่ 26 เดือน กค พ.ศ. 2550

ชื่อเรื่อง	อิทธิพลของอาหารผสมเสร็จต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในกระเพาะรูเมนและการย่อยได้ของโภชนะในโคสาวลูกผสมไฮลส์ไคน์-ฟรีเซียน
ชื่อผู้เขียน	นาย มนชัย ศิลปานนท์
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการผลิตสัตว์
ประธานกรรมการที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิสุทธิ เนียมทรัพย์

บทคัดย่อ

การศึกษาอิทธิพลของอาหารผสมเสร็จที่มีต่อค่าความเป็นกรด-ด่างและการย่อยได้ของโภชนะในโคสาวลูกผสมไฮลส์ไคน์-ฟรีเซียน ได้ทำการทดลองในโคสาวที่มีการเจาะกระเพาะรูเมนจำนวน 3 ตัว ตามแผนการทดลองแบบ 3 X 3 ลาตินสแควร์ ซึ่งมีอาหารทดลอง 3 สูตร ดังนี้ สูตรที่ 1 อาหารข้นเสริมด้วยฟางข้าว (ทริทเมนต์ที่ 1) สูตรที่ 2 อาหารผสมเสร็จที่มีฟางข้าวเป็นอาหารหยาบ (ทริทเมนต์ที่ 2) และสูตรที่ 3 อาหารผสมเสร็จที่มีฟางข้าวหมักยูเรียเป็นอาหารหยาบ (ทริทเมนต์ที่ 3) เก็บตัวอย่างของเหลวในรูเมนชั่วโม่งที่ 0 (ก่อนให้อาหาร), 1, 2, 3, 4, 6, 8 และ 12 ชั่วโมง หลังให้อาหารเพื่อวัดค่าความเป็นกรด-ด่างและจดบันทึกปริมาณการกินอาหารและมูลเพื่อศึกษาค่าการย่อยได้ของโภชนะ

ผลการศึกษาถึงค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมน พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงต่ำสุดเมื่อถึงชั่วโมงที่ 4 หลังจากได้รับอาหารทดลอง และ ค่าความเป็นกรด - ด่างเพิ่มขึ้นหลังจากนั้น

ผลการศึกษาค่าการย่อยได้ของโภชนะ พบว่า ค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของ วัตถุแห้ง เยื่อใย ไชมัน ในโตรเจนฟรีเอ็กแทรก NDF ADF Hemicellulose พลังงานรวมและ TDN ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตามการย่อยได้ของโปรตีนใน ทริทเมนต์ที่ 3 มีค่าสูงกว่าทริทเมนต์ที่ 1 ($P<0.05$) และการย่อยได้ของ Cellulose ในทริทเมนต์ที่ 3 สูงกว่า ทริทเมนต์ที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ($P<0.05$)

Title	Effects of Total Mixed Ration (TMR) on Rumen pH and Digestibility of Nutrients in Crossbred Holstein Friesian Heifers
Author	Mr. Monchai Sinlapanon
Degree of	Master of Science in Animal Production
Advisory Committee Chairperson	Assistant Professor Dr. Pisoot Niumsup

ABSTRACT

A study on the effects of Total Mixed Ration (TMR) on rumen pH and digestibility of nutrients in crossbred Holstein Friesian heifers, was conducted in a 3 X 3 Latin Square Design. Three fistulated heifers were fed with: 1) rice straw and concentrate (Treatment 1); 2) TMR which consisted of chopped rice straw mixed with concentrate (Treatment 2); and 3) TMR consisting of chopped urea-treated rice straw mixed with concentrate (Treatment 3). Rumen fluids were collected at 0 (pre-feeding), 1, 2, 3, 4, 6, 8 and 12 hours after feeding. Consequently, digestibility of nutrients and feed composition in feed and faeces were also measured.

Results showed that no significant difference existed between the three treatments in rumen pH after feeding but tended to be lowest at 4 hours after feeding then increased in the latter stages ($P>0.05$).

No significant differences were also found among treatments 1, 2 and 3 in terms of digestibilities of DM, CF, EE, NFE, NDF, ADF, GE, hemicellulose and TDN ($P>0.05$). However, CP digestibility in treatment 3 was much higher than in treatment 1 ($P<0.05$) while digestibility of cellulose in treatment 3 was also much higher than in treatment 1 and 2, respectively ($P<0.05$).

กิตติกรรมประกาศ

ความสำเร็จของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เกิดขึ้นจากความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่าย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิสุทธิ เนียมทรัพย์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. ปราโมช ศีตะโกเศศ และ อาจารย์ ดร. วีรศักดิ์ ปกติ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ให้ความรู้ คำแนะนำ วิธีการทำงานและแนวทางในการวิจัย ตลอดจนให้ความสนใจใส่แก้ไขจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สมปอง สรวมศิริ ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้ สัตว์ทดลอง อาจารย์ไพโรจน์ ศิลมัน ที่ได้ให้คำแนะนำในการเลี้ยงสัตว์ทดลองและให้ความช่วยเหลือในการผ่าตัดโคทดลอง อาจารย์เผ่าพงษ์ ปุระณะพงษ์ และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการอาหาร สัตว์ ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำและความช่วยเหลือ ในการวิเคราะห์คุณค่าทางเคมีในห้องปฏิบัติการ

ขอขอบคุณคนงานในฟาร์มโคนม ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ความช่วยเหลือในการเลี้ยงโคทดลอง และ เพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ นักศึกษาปริญญาโทสาขาวิชาการผลิตสัตว์และ นักศึกษาปริญญาโทสาขาวิชาสัตวศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือในทุกๆ เรื่อง ระหว่างที่ศึกษาอยู่และ สัตว์ทดลองทุกตัวที่ทำงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จ

ขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่สำฤทธิ์ ศิลปานนท์ และน้องสาว สิริพร ศิลปานนท์ ที่ให้ทุนในการศึกษาและทำงานวิจัย ให้ความรัก ความอบอุ่น คอยเป็นกำลังใจให้กับผู้วิจัยด้วยดีมา โดยตลอด

มนชัย ศิลปานนท์

กรกฎาคม 2550

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
ABSTRACT	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
สารบัญตาราง	(9)
สารบัญภาพ	(10)
สารบัญตารางภาคผนวก	(11)
คำย่อและสัญลักษณ์	(12)
บทที่ 1 บทนำ	1
บทนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
ขอบเขตการวิจัย	3
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	4
อาหารผสมเสร็จ (Complete diet หรือ Total mixed ration, TMR)	4
ความสำคัญของอาหารผสมเสร็จ	4
ลักษณะของอาหารผสมเสร็จ	5
วัตถุดิบที่ใช้ผสมในอาหารผสมเสร็จ	6
สัดส่วนของอาหารหยาบและอาหารข้น	8
ความถี่ในการให้อาหาร	10
ประโยชน์ของอาหารผสมเสร็จ	11
ข้อควรพิจารณาในการใช้อาหารผสมเสร็จ	12
ฟางข้าว	14
การใช้ประโยชน์จากอาหารหยาบที่มีคุณค่าโภชนะต่ำ	15
การปรับปรุงคุณค่าทางโภชนะของอาหารหยาบคุณภาพต่ำ	15
ผลที่เกิดขึ้นเนื่องจากการปรับปรุง	16

ค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมน	20
ความสำคัญของค่าความเป็นกรด - ด่างในรูเมนต่อประชากรของจุลินทรีย์	21
ภาวะความเป็นกรดสูงในกระเพาะรูเมน (acidosis)	21
การย่อยอาหารที่ตำแหน่งต่างๆของระบบทางเดินอาหารในโค	25
การย่อยอาหารในกระเพาะหมัก	25
การย่อยคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมน	25
การย่อยโปรตีนในกระเพาะรูเมน	26
การวัดค่าการย่อยได้ของโภชนะ	27
การย่อยได้จริงและการย่อยได้ปรากฏ	28
การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในสัตว์ (in vivo digestibility)	
โดยวิธีดั้งเดิม (conventional method)	30
การศึกษาการย่อยได้ในสัตว์ (in vivo) โดยวิธีการใช้สารบ่งชี้	
(indicator method)	31
ปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยได้ของอาหารในสัตว์เคี้ยวเอื้อง	31
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	36
ระยะเวลาที่ทำการวิจัย	36
สถานที่ทำการทดลอง	36
อุปกรณ์การดำเนินงาน	36
วิธีการดำเนินการวิจัย	37
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	41
คุณค่าทางโภชนาของฟางข้าวธรรมดา ฟางข้าวหมักยูเรียและอาหาร	
ทดลองทั้ง 3 สูตร	41
ความเป็นกรด-ด่าง ในกระเพาะรูเมน	42
ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ	43
วิจารณ์ผลการทดลอง	45
คุณค่าทางโภชนาของฟางข้าวธรรมดา ฟางข้าวหมักยูเรียและ	
อาหารทดลองทั้ง 3 สูตร	45
ความเป็นกรด-ด่าง ในกระเพาะรูเมน	46
ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ	47

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรด-ด่างกับค่าสัมประสิทธิ์	
การย่อยได้ของโกชนะ	48
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	49
สรุปผลการทดลอง	49
ข้อเสนอแนะ	49
บรรณานุกรม	50
ภาคผนวก	54
ภาคผนวก ก ตารางผนวก	55
ภาคผนวก ข ประวัติผู้วิจัย	75

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1 คุณสมบัติของอาหารหยาบและอาหารชั้น	7
2 ผลของขนาดความยาวของอาหารหยาบที่ใช้เลี้ยงและเหมาะสมต่อลักษณะการผลิตโคนม	7
3 สัดส่วนของอาหารหยาบที่ใช้ในอาหารผสมเสร็จ	9
4 ผลผลิตของโคนมที่ได้รับอาหารแบบบ่อยครั้ง (4 ครั้งต่อวัน) และแบบไม่บ่อยครั้ง (1 ครั้งต่อวัน)	11
5 ตัวอย่างสูตรอาหารผสมเสร็จที่มีขังข้าวโพดและฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ	13
6 ส่วนประกอบเชื้อยีสส่วนต่างๆของฟางต่างชนิด (% วัตถุแห้ง)	14
7 น้ำหนักและส่วนประกอบทางเคมีของฟางข้าวเจ้าและฟางข้าวเหนียว	17
8 ค่าการย่อยได้ของโภชนะของโคทดลองที่ได้รับอาหารทั้ง 4 สูตร	18
9 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของฟางข้าวและฟางข้าวหมักยูเรียในกระป๋อง	19
10 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะในฟางหมักทั้ง 3 ชนิด	20
11 ผลการศึกษาการย่อยอาหารและการหมักย่อยของโคนมผลผลิตสูงที่ได้รับอาหารที่แตกต่างกัน 3 ระบบ	23
12 ค่า pH ในรูเมนของโคนมที่ได้รับอาหารที่เติมบัพเฟอร์	24
13 อัตราการย่อยได้ปกติของอาหารสัตว์ชนิดต่างๆในโค	33
14 แผนผังการจัดทรีทเมนต์และการหมุนเวียนอาหารทดลอง	37
15 สูตรอาหารทดลอง	40
16 คุณค่าทางโภชนะของ ฟางข้าว ฟางข้าวหมักยูเรียและอาหารทดลองทั้ง 3 สูตร	41
17 ค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนก่อนและหลังกินอาหารทดลองทั้ง 3 สูตร (เฉลี่ย $\pm$ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)	42
18 ค่าเฉลี่ยค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะของอาหารทดลองทั้ง 3 สูตร (เฉลี่ย $\pm$ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)	44

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1 ค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมน	34
2 ปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายในกระเพาะรูเมน	35
3 ค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนของโคทดลองที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 3 สูตร	43

สารบัญตารางผนวก

ตารางผนวก		หน้า
1	วิเคราะห์ข้อมูลความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนชั่วโมงที่ 0	56
2	วิเคราะห์ข้อมูลความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนชั่วโมงที่ 1	57
3	วิเคราะห์ข้อมูลความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนชั่วโมงที่ 2	58
4	วิเคราะห์ข้อมูลความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนชั่วโมงที่ 3	59
5	วิเคราะห์ข้อมูลความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนชั่วโมงที่ 4	60
6	วิเคราะห์ข้อมูลความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนชั่วโมงที่ 6	61
7	วิเคราะห์ข้อมูลความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนชั่วโมงที่ 8	62
8	วิเคราะห์ข้อมูลความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนชั่วโมงที่ 12	63
9	วิเคราะห์ข้อมูลค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบ	64
10	วิเคราะห์ข้อมูลค่าการย่อยได้ของเยื่อใย	65
11	วิเคราะห์ข้อมูลค่าการย่อยได้ของโปรตีน	66
12	วิเคราะห์ข้อมูลค่าการย่อยได้ของไขมัน	67
13	วิเคราะห์ข้อมูลค่าการย่อยได้ของไนโตรเจนฟรีเอ็กแทรก	68
14	วิเคราะห์ข้อมูลค่าการย่อยได้ของ NDF	69
15	วิเคราะห์ข้อมูลค่าการย่อยได้ของ ADF	70
16	วิเคราะห์ข้อมูลค่าการย่อยได้ของ Hemicellulose	71
17	วิเคราะห์ข้อมูลค่าการย่อยได้ของ Cellulose	72
18	วิเคราะห์ข้อมูลค่าการย่อยได้ของพลังงานรวม	73
19	วิเคราะห์ข้อมูลค่า TDN	74

อักษรย่อและสัญลักษณ์

AIA	=	Acid insoluble ash
ADF	=	Acid detergent fiber
C2	=	Acetic acid
C3	=	Propionic acid
C4	=	Butyric acid
CP	=	โปรตีนหยาบ (Crude protein)
CF	=	เยื่อใยหยาบ (Crude fiber)
DM	=	วัตถุแห้ง (Dry matter)
DMRT	=	Duncan's new multiple range test
EE	=	ไขมัน (Ether extract)
LSD	=	Latin Square Design
NDF	=	Neutral detergent fiber
NFC	=	Non-fiber carbohydrate
NPN	=	Non-protein nitrogen
NFE	=	ไนโตรเจนฟรีเอ็กแทรก (Nitrogen free extract)
NRC	=	National Reseach Council
pH	=	ค่าความเป็นกรด – ด่าง
SCFA	=	Short chain fatty acid
TMR	=	Total mixed ration
TDN	=	Total digestible nutrient
UDP	=	Undegradable protein
VFA	=	Volatile fatty acid

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันการเลี้ยงโคนมในประเทศไทย นับว่าได้รับความสนใจจากเกษตรกรเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมีโครงการส่งเสริมการเลี้ยงจากภาครัฐและเอกชน ถึงแม้ว่าจำนวนเกษตรกรที่เลี้ยงโคนมจะมีเพิ่มมากขึ้นก็ตามแต่ผลผลิตน้ำนมเฉลี่ยต่อแม่โคในประเทศไม่ได้เพิ่มขึ้นมากนัก ซึ่งมีปัจจัยหลายอย่างที่ทำให้ผลผลิตน้ำนมของโคนมต่ำ ปัจจัยที่สำคัญคือ การจัดการด้านอาหาร จำนวนของเกษตรกรที่เพิ่มขึ้นส่วนใหญ่แล้วเป็นเกษตรกรรายย่อย ซึ่งส่วนใหญ่มีเนื้อที่ในการเลี้ยงที่จำกัด จึงไม่สามารถจัดสรรเนื้อที่สำหรับการทำแปลงหญ้าซึ่งถือว่าเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญสำหรับการเลี้ยงโคนมได้อย่างเพียงพอ สภาพการเลี้ยงโคนมในปัจจุบันได้แยกการให้อาหารออกเป็น 2 ส่วนคือ อาหารหยาบและอาหารข้น โดยที่จะให้อาหารข้นในช่วงของการรีดนมและให้กินอาหารหยาบตลอดทั้งวัน (ฉลองและคณะ, 2540) เนื่องจากเกษตรกรมีพื้นที่ปลูกหญ้าน้อย การหาอาหารหยาบมาให้โคกินอย่างเพียงพอจึงเป็นปัญหาที่สำคัญ ปัจจัยประการหนึ่งที่จะทำให้ผลผลิตน้ำนมของโคนมสูงขึ้น คือ ขบวนการย่อยอาหารของโคนมจะต้องเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพคือ ความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมน ควรจะอยู่ในระดับที่เหมาะสมและคงที่กล่าวคือ ความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนควรอยู่ระหว่าง 6.0-6.5 (ไพบูลย์และคณะ, 2540) แต่การเลี้ยงโคนมในเมืองไทย นิยมที่จะให้อาหารแยกเป็น 2 ส่วนคืออาหารข้นและอาหารหยาบ ซึ่งการให้อาหารแบบนี้เหมาะสมกับโคนมที่มีประสิทธิภาพการผลิตต่ำเพราะจะให้อาหารข้นในปริมาณน้อยแต่สำหรับโคนมที่มีประสิทธิภาพการผลิตสูงปริมาณการกินอาหารจะสูงไปด้วย ถ้าในฟาร์มที่สามารถจัดหาอาหารหยาบที่มีคุณภาพดีได้เพียงพอที่จะไม่มีปัญหาแต่ในกรณีที่ไม่สามารถจัดหาอาหารหยาบที่มีคุณภาพดีได้เพียงพอ ปริมาณการใช้อาหารข้นจะเพิ่มขึ้น ซึ่งจะมีผลโดยตรงกับกระเพาะรูเมน เนื่องจากปริมาณอาหารข้นที่เพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนไม่คงที่ ซึ่งจะมีผลเสียดังนี้ (สมชาย, 2540)

1. ความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนจะเพิ่มขึ้น จะส่งผลเสียต่อระบบการย่อยอาหารของโคนมโดยเฉพาะการย่อยอาหารหยาบจะมีประสิทธิภาพลดลง พบว่าถ้าค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงจาก 6.6 ไปเป็น 5.9-6.2 ประสิทธิภาพในการย่อยจะลดลงตั้งแต่ 5.8-10.4 เปอร์เซ็นต์
2. สุขภาพสัตว์เสื่อมลง เนื่องจากการสะสมของกรดไขมันในร่างกายเป็นจำนวนมากทำให้ระบบการรักษาความเป็นกรด-ด่างในร่างกายสูญเสียไป เป็นสาเหตุให้สัตว์ป่วยและอาจตายได้ นอกจากนี้อาจมีผลข้างเคียงทำให้เกิดโรคแทรกซ้อน เช่น อาการตับอักเสบ

3. ปริมาณไขมันนมจะลดต่ำลง อันเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันระเหยได้ที่โคนมใช้สร้างไขมันมีปริมาณลดลง

การใช้อาหารอาหารผสมเสร็จเลี้ยงโคนมจะทำให้กระเพาะรูเมนใช้อาหารอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทำให้การย่อยได้ดีขึ้น ค่าความเป็นกรด-ด่างภายในกระเพาะรูเมนอยู่ในระดับเหมาะสมและโคนมสามารถแสดงศักยภาพการให้ผลผลิตได้อย่างเต็มที่ (ฉลองและคณะ, 2540)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาของอาหารข้นและอาหารผสมเสร็จที่มีฟางข้าวธรรมชาติและฟางข้าวหมักยูเรียเป็นวัตถุดิบอาหารหยาบ
2. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนของโคสาวทดลองที่ได้รับอาหารข้นและอาหารผสมเสร็จที่มีฟางข้าวธรรมชาติและฟางข้าวหมักยูเรียเป็นวัตถุดิบอาหารหยาบ
3. เพื่อศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนาที่มีในอาหารข้นและอาหารผสมเสร็จที่มีฟางข้าวธรรมชาติและฟางข้าวหมักยูเรียเป็นวัตถุดิบอาหารหยาบ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงคุณค่าทางโภชนาของอาหารข้นและอาหารผสมเสร็จที่มีฟางข้าวธรรมชาติและฟางข้าวหมักยูเรียเป็นวัตถุดิบอาหารหยาบเพื่อนำไปใช้ในการเลี้ยงโค
2. ทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่างเมื่อโคสาวทดลองได้รับอาหารข้นและอาหารผสมเสร็จที่มีฟางข้าวธรรมชาติและฟางข้าวหมักยูเรียเป็นวัตถุดิบอาหารหยาบเพื่อใช้สำหรับเลี้ยงโค
3. ทำให้ทราบถึงปริมาณ โภชนาที่ย่อยได้ของอาหารข้นและอาหารผสมเสร็จที่มีฟางข้าวธรรมชาติและฟางข้าวหมักยูเรียเป็นวัตถุดิบอาหารหยาบเพื่อเลือกใช้ในการเลี้ยงโค

ขอบเขตการวิจัย

1. วิเคราะห์หาคุณค่าทางโภชนาของอาหารขึ้นและอาหารผสมเสร็จที่มีฟางข้าวธรรมชาติและฟางข้าวหมักยูเรียเป็นวัตถุดิบอาหารหยาบในห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์
2. วัดค่าความเป็นกรด-ด่างจากตัวอย่างของเหลวที่ได้จากกระเพาะรูเมนของโคสาวทดลองที่เจาะกระเพาะรูเมนแล้วจำนวน 3 ตัว โดยเก็บตัวอย่างในวันสุดท้ายของแต่ละช่วงการทดลองตั้งแต่ ชั่วโมงที่ 0 (ก่อนให้อาหาร), 1 2 3 4 6 8 และ 12 หลังให้อาหาร
3. เก็บตัวอย่างอาหารและมูลโคเพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าโภชนาและค่า AIA เพื่อนำมาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ โดยเก็บตัวอย่างและมูลโคใน 5 วันสุดท้ายของแต่ละช่วงการทดลอง

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

อาหารผสมเสร็จ (Complete diet หรือ Total mixed ration, TMR)

อาหารผสมเสร็จ หมายถึง อาหารผสมครบส่วนที่รวมทั้ง อาหารหยาบ อาหารข้น และอาหารเสริมแร่ธาตุและวิตามินเข้าด้วยกันในสัดส่วนที่เหมาะสม โดยมีโภชนะต่างๆครบตามความต้องการของโคนม (จินดา, 2541)

ความสำคัญของอาหารผสมเสร็จ

ในแง่การใช้ประโยชน์ของอาหารในกระเพาะหมัก อาหาร โคนมที่ดีจะต้องมี โภชนะเป็นที่ต้องการของจุลินทรีย์และอัตราการปลดปล่อยของโภชนะเหล่านั้นจะต้องอยู่ในระดับที่เหมาะสม เพื่อก่อให้เกิดการใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การแยกใช้ระหว่างอาหารข้น และอาหารหยาบจะทำให้การใช้ประโยชน์ของโภชนะ (พลังงานและโปรตีน) ที่ปลดปล่อยออกมา ไม่มีความต่อเนื่องและขาดความสมดุล เป็นผลให้การใช้ประโยชน์ของอาหารมีประสิทธิภาพต่ำลง รวมทั้งระบบนิเวศวิทยาในกระเพาะหมักไม่เหมาะสมต่อการดำเนินกิจกรรมของจุลินทรีย์ (ฉลองและคณะ, 2540) ความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนมีความสำคัญต่อขบวนการย่อยอาหาร ของโค การควบคุมความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนให้คงที่ได้ จะสามารถเพิ่มการย่อยอาหารให้ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพกล่าวคือถ้าให้โคนมกินอาหารข้น ซึ่งปกติอาหารชนิดนี้จะมีพลังงานที่ ย่อยได้สูง สภาพในกระเพาะหมักจะเป็นกรด ถ้าให้อาหารข้นในปริมาณที่มากโอกาสที่กระเพาะ รูเมนจะเป็นกรดมากขึ้น ถ้าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนต่ำกว่า 5 โคจะมีประสิทธิภาพการ ใช้อาหารลดลงและทำให้ไขมันนมลดต่ำลงและโคจะแสดงอาการป่วยและเมื่อโคกินหญ้าหรือ อาหารหยาบความเป็นด่างในกระเพาะรูเมนจะสูงขึ้น เนื่องจากการเคี้ยวเอื้องทำให้มีการหมุนเวียน ของน้ำลายซึ่งมีคุณสมบัติเป็นด่างไหลกลับเข้ากระเพาะรูเมนจะช่วยปรับสภาพในรูเมนให้ความเป็น ด่างสูงขึ้น ดังนั้น อาหารผสมเสร็จจึงมีความสำคัญเนื่องจากสามารถควบคุมระดับความเป็นกรด- ด่างในกระเพาะรูเมนให้คงที่ได้ดีกว่าการให้อาหารแบบแยกกัน (นิรนาม, 2546)

ลักษณะของอาหารผสมเสร็จ

ปกติการย่อยอาหารจะเกิดขึ้นในกระเพาะรูเมนเป็นส่วนใหญ่ โดยกิจกรรมทางกายภาพของสัตว์และกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกระเพาะที่ทำหน้าที่เปลี่ยนอาหารเป็นกรดไขมัน ในสูตรอาหารผสมเสร็จจำเป็นต้องลดขนาดของอาหารหยาบลง เพื่อการผสมให้เข้ากันดีกับอาหารชั้นลดความฟุ้งของอาหาร ซึ่งจะช่วยให้เพิ่มปริมาณการกินได้และลดการเลือกกินอาหาร การลดขนาดของอาหารหยาบจะทำให้ลดการเคี้ยวเอื้อง การหมุนเวียนของน้ำลายน้อยลง ซึ่งมีผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน (นิรนาม, 2546) ลักษณะของอาหารผสมเสร็จที่ดีควรมีลักษณะดังนี้ (สมชาย, 2538)

1. ควรประกอบไปด้วยอาหารหยาบและอาหารชั้นในอัตราส่วนที่เหมาะสม (คำนวณจากน้ำหนักแห้ง) โดยขึ้นอยู่กับอายุและผลผลิตของโคที่จะเลี้ยง
2. คุณภาพของอาหารทั้ง 2 ชนิดจะต้องดี โดยเฉพาะอาหารหยาบ ควรเป็นอาหารหยาบคุณภาพดี เช่น หญ้าสด หญ้าหมักหรือหญ้าแห้ง การใช้อาหารหยาบคุณภาพต่ำ เช่น ฟางข้าว ชังข้าวโพด แกลบหรือหญ้าคุณภาพเลวจะทำให้การใช้ประโยชน์จากอาหารผสมเสร็จได้น้อย
3. ขนาดความยาวของอาหารหยาบที่ใช้ผสมควรมีขนาดพอเหมาะไม่สั้นจนเกินไปเพราะถ้ามีขนาดเล็กจนเกินไปอาหารจะผ่านกระเพาะรูเมนไปเร็วกว่าปกติ ซึ่งจะทำให้เวลาในการเคี้ยวเอื้องน้อยลง ปริมาณของน้ำลายจะไหลลงสู่กระเพาะรูเมนก็ลดลงตามไปด้วย
4. การกระจายตัวของอาหารหยาบและอาหารชั้นควรสม่ำเสมอ ซึ่งจะสามารถทำได้โดยการใช้เครื่องจักรที่ผลิตขึ้นมาสำหรับงานนี้โดยเฉพาะเพื่อให้สามารถผสมอาหารที่มีลักษณะทางกายภาพต่างกันมาก 2 ชนิดให้กระจายตัวทั่ว

วัตถุดิบที่ใช้ผสมในอาหารผสมเสร็จ

ในการประกอบสูตรอาหารผสมเสร็จต้องใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพดี เช่นเดียวกับการประกอบสูตรอาหารชั้น (นิรนาม, 2546)

แหล่งอาหารหยาบ

ใช้พืชอาหารสัตว์ได้ทุกชนิดและเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่เยื่อใยสูง อาหารหยาบที่ใช้ควรมีศักยภาพในการย่อยได้และอัตราการย่อยได้สูง มีความสามารถทำให้อัตราการหมักสูง มีอัตราการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนสูงกว่าการผลิตกรดไขมันระเหยได้ (นิรนาม, 2546) นอกจากนี้ขนาดของอาหารหยาบจำเป็นจะต้องมีการลดขนาดลงเพื่อช่วยให้ปริมาณการกินได้ของน้ำหมักแห้งและลดการเลือกกินอาหาร แต่อย่างไรก็ตามการลดขนาดของอาหารหยาบจะทำให้โคลดเวลาในการเคี้ยวเอื้อง อัตราการไหลผ่านของอาหารหยาบออกจากกระเพาะหมักเร็วขึ้น ทำให้การย่อยได้ของอาหารต่ำลง (Grant et al., 1990) นอกจากนี้มีผลทำให้ไขมันในน้ำมันต่ำลงอีกด้วย (Woodford. et al., 1988) ขนาดของอาหารหยาบที่เหมาะสมในสูตรอาหารผสมเสร็จควรมีขนาด 1-2 เซนติเมตร (ปรารธนา, 2537)

แหล่งอาหารชั้น

ประกอบด้วยแหล่งของโปรตีน เช่น กากถั่วเหลือง กากเมล็ดทานตะวัน กากงา กากเมล็ดฝ้าย ใบพืชโปรตีนสูง เช่น ใบกระถินแห้ง ใบมันสำปะหลัง แหล่งของอาหารพลังงาน เช่น มันเส้น ข้าวโพด รำ ข้าวฟ่าง (นิรนาม, 2546) แหล่งของแร่ธาตุอื่นๆ ได้แก่ กระดูก เปลือกหอย เกลือ ไคแคลเซียมฟอสเฟต วิตามินและแร่ธาตุปลีกย่อย เป็นต้น

ตาราง 1 คุณสมบัติของอาหารหยาบและอาหารขึ้น

คุณสมบัติของอาหารหยาบ	คุณสมบัติของอาหารขึ้น
1. มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้สูง (65%)	1. มีความน่ากินสูง
2. สามารถปลดปล่อยแหล่งพลังงานที่เป็นแหล่งกลูโคสได้ในระดับที่สูงประมาณ 25% ของกรดไขมันระเหยได้	2. มีแหล่งของพลังงานที่ย่อยได้ง่ายและแหล่งของพลังงานที่ไหลผ่านในระดับที่เหมาะสม
3. มีโปรตีนที่ละลายในกระเพาะหมักได้ง่ายประมาณ 3 กรัมในโตรเจนต่อ 1 กิโลกรัมของอินทรีย์วัตถุที่ย่อยได้	3. มีอัตราการไหลผ่านจากกระเพาะหมักของจุลินทรีย์โปรตีนสูง
4. สามารถเป็นแหล่งโปรตีนไหลผ่านจากกระเพาะหมักที่พอเหมาะ	4. มีแหล่งโปรตีนไหลผ่านที่สูง(35%ของโปรตีนทั้งหมด)
5. มีไขมันสูงในระดับ 4-8 %	

ที่มา : ผลองและคณะ (2540)

ตาราง 2 ผลของขนาดความยาวของอาหารหยาบที่ใช้เลี้ยงและเหมาะสมต่อลักษณะการผลิตโคนม

ลักษณะของอาหารหยาบ	ค่าเฉลี่ยความยาว (ซม.)	นน.วัตถุแห้งที่กินได้(กก./ตัว)	ปริมาณน้ำนมที่ผลิตได้(กก./ตัว)	ปริมาณไขมันนม(%)	ค่า pH'
หญ้าแห้งยาว	-	24.1	33.6	3.5	6.3
หญ้าแห้งตัด	0.78	25.2	34.5	3.5	6.4
หญ้าแห้งอัดเม็ด	0.17	23.7	35.9	2.9	5.6

'ค่า pH ในกระเพาะรูเมน

ที่มา : สมชาย (2540)

สัดส่วนของอาหารหยาบและอาหารข้น

สัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้นในอาหารผสมเสร็จไม่ใช่สิ่งสำคัญแต่ระดับของ เชื้อใยคือ ผนังเซลล์ (neutral detergent fiber, NDF) และเชื้อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด(acid-detergent fiber, ADF) จะมีความสำคัญมากกว่า อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติอาจจะต้องการทราบถึงสัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้นในอาหารผสมเสร็จ ซึ่งสัดส่วนของอาหารหยาบแต่ชนิดที่ใช้ในอาหารผสมเสร็จ ควรคำนึงถึงระดับ ADF ที่ 21 เปอร์เซ็นต์และ NDF ที่ 30-35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งระดับที่แนะนำไว้โดย NRC (1988) ดังแสดงไว้ในตาราง 3

Owen (1981) สรุปว่ายังไม่มีการยืนยันพิสูจน์ข้อดีของการให้อาหารข้นแก่แม่โคในปริมาณต่างๆตามระยะการให้นม หรือการเปลี่ยนอัตราส่วนของอาหารข้นต่ออาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนตามระยะการให้นม แม้ว่าการเพิ่มอาหารข้นจะมีผลทำให้ได้นมเพิ่มขึ้น อัตราส่วนที่เหมาะสมของอาหารข้นต่ออาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนที่ใช้อาหารหยาบคุณภาพดีไม่ควรเกิน 60 : 40 แต่โคนมที่ให้นมสูงอาจใช้อัตราส่วน 50 : 50 ได้ ในกรณีที่อาหารหลักเป็นพืชหมักควรเสริมแหล่งโปรตีนที่มีคุณภาพดี เช่น กากถั่วเหลืองและปลาป่น เพราะวัตถุดิบเหล่านี้สามารถให้ undegradable protein (UDP) ตลอดจนทำให้ได้ microbial protein ในปริมาณที่เพียงพอแก่กระเพาะ abomasum และ ลำไส้เล็ก

อย่างไรก็ตาม การให้อาหารผสมครบส่วนที่มีอาหารข้นระดับเดียวเลี้ยงกลุ่มโคนมที่ให้ผลผลิตใกล้เคียงกันเปรียบเทียบกับการให้อาหารเป็นรายตัวตามปริมาณน้ำนม พบว่าการให้อาหารเป็นรายตัวไม่ได้ทำให้แม่โคให้ผลผลิตน้ำนมดีกว่าการให้อาหารที่มีอาหารข้นระดับเดียว ซึ่งจัดตามระดับผลผลิตหรือระยะการให้นม

อาหารผสมเสร็จจำเป็นต้องมีการใช้อาหารร่วมกันระหว่างอาหารข้นและอาหารหยาบแต่สัดส่วนของอาหารทั้ง 2 ชนิดนั้นจะไม่แน่นอนตายตัว ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและคุณภาพของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่นำมาผสมในสูตรอาหารดังตัวอย่างสูตรอาหารในตาราง 5 (ฉลองและคณะ, 2540)

ตาราง 3 สัดส่วนของอาหารหยาบที่ใช้ในอาหารผสมเสร็จ

ชนิดของอาหารหยาบ	สัดส่วนที่ใช้ (%)
หญ้าหมัก	30-35
ต้นข้าวโพดหมัก	35-50
ฟางข้าว	20-25
ซังข้าวโพด	20-25
ชานอ้อย	20-30
เปลือกและแกนสับปะรด	40-50
หญ้าสด	35-50

ที่มา : NRC (1988)

การจัดส่วนประกอบของอาหารผสมครบส่วนที่พอเหมาะ คือ

1. มีเมล็ดธัญพืชในระดับที่เหมาะสมเพื่อให้ระดับของ NFC (Non-fiber carbohydrate) อยู่ในช่วง 25-35 เปอร์เซ็นต์ (สมคิด, 2542)
2. มีระดับโปรตีนเหมาะสม ถ้าใช้โปรตีนที่มีคุณภาพดีโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารโคนมควรอยู่ในระดับ 13 เปอร์เซ็นต์ (Owen, 1981)
3. มีแหล่งอาหารโปรตีน กรณีที่ใช้พืชหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบควรเสริมแหล่งโปรตีนที่มีคุณภาพดี เช่น กากถั่วเหลืองและปลาป่น เพราะวัตถุดิบเหล่านี้สามารถให้ UDP ตลอดจนทำให้ได้โปรตีนจากจุลินทรีย์ที่เพียงพอแก่กระเพาะ abomasum และลำไส้เล็ก (Owen, 1981)

ความถี่ในการให้อาหาร

การให้อาหารบ่อยครั้งจะเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหาร Owen (1981) สรุปการศึกษาของนักวิจัยหลายท่าน ซึ่งศึกษากับแม่โคที่กำลังให้นมและสัตว์ชนิดอื่นๆ พบว่าการให้อาหารบ่อยครั้งจะเพิ่มการย่อยได้ของวัตถุดิบและไนโตรเจน โดยเฉพาะเมื่อให้อาหารที่มีคุณภาพต่ำ การให้อาหารบ่อยครั้งยังช่วยลดความแปรปรวนของปริมาณกรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acid, VFA) และแอมโมเนียในกระเพาะรูเมนทำให้ความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเท่านั้น นอกจากนี้ยังเพิ่มสัดส่วนของ propionic acid และจำนวนโปรโตซัวในกระเพาะรูเมนด้วย การให้หญ้าแห้งอัดเม็ดวันละ 4 ครั้งพบว่าทำให้นมมีเปอร์เซ็นต์ไขมันสูงกว่าการให้วันละ 2 ครั้ง เนื่องจากการให้อาหารบ่อยครั้งช่วยให้อัตราส่วนของ acetic : propionic มีแนวโน้มใกล้เคียงกับ 3 : 1 ซึ่งสามารถป้องกันการลดลงของไขมันนม การให้อาหารบ่อยครั้งมีผลให้ความเข้มข้นของแอมโมเนียในกระเพาะรูเมนค่อนข้างสม่ำเสมอซึ่งเป็นผลดีทำให้ประสิทธิภาพการใช้ non-protein nitrogen (NPN) ดีขึ้น

สรุปได้ว่าโคที่ให้นมสูงควรจะให้อาหารผสมเสร็จกินตามใจชอบ ซึ่งจะทำได้กินอาหารได้เพิ่มขึ้น ไขมันนมไม่ลดต่ำลงและโคสามารถใช้ประโยชน์จากไนโตรเจนได้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังป้องกันการเกิดภาวะที่กรดในร่างกายสูง (acidosis) ด้วย

Phillips และ Rind (2001) ได้ศึกษาถึงผลของความถี่ของการให้อาหารผสมเสร็จที่มีต่อผลผลิตของโคนม เป็นการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบความถี่ของการให้อาหาร โดยแบ่งเป็นการให้อาหารบ่อยครั้ง (4 ครั้งต่อวัน) กับการให้อาหารไม่บ่อยครั้ง (1 ครั้งต่อวัน) โดยในการทดลองนี้จะแบ่งโคนมออกเป็น 3 กลุ่มคือ 1). โคนมที่ให้อาหารบ่อยครั้งข้างแยก 2). โคนมที่ให้อาหารไม่บ่อยครั้งข้างแยก 3). ข้างรวมกันระหว่างโคนมทั้ง 2 กลุ่ม ผลการศึกษาปรากฏว่า โคนมที่ได้รับอาหารแบบไม่บ่อยครั้งข้างแยกมีการผลิตน้ำนมมากขึ้นแต่เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนในนมลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับโคนมที่ได้รับอาหารบ่อยครั้งและไม่บ่อยครั้งข้างรวมกันซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตาราง 4)

ตาราง 4 ผลผลิตของโคนมที่ได้รับอาหารแบบบ่อยครั้ง (4 ครั้งต่อวัน) และแบบไม่บ่อยครั้ง (1 ครั้งต่อวัน)

	กลุ่มทดลอง		
	กลุ่มที่1	กลุ่มที่2	กลุ่มที่3
ผลผลิตน้ำนม, กก./วัน	24.5	25.7	24.4
ไขมัน, %	4.07	4.06	3.87
โปรตีน, %	2.95	2.87	2.97
ผลผลิตไขมัน, กรัม/วัน	989	1044	944
ผลผลิตโปรตีน, กรัม/วัน	724	738	726

ที่มา : Phillips และ Rind (2001)

ประโยชน์ของอาหารผสมเสร็จ

การให้กินอาหารแบบอาหารผสมเสร็จนี้เป็นการรวมทั้งอาหารหยาบและอาหารข้น อาหารเสริมแร่ธาตุและวิตามินเข้าด้วยกัน โดยคำนวณให้มีโภชนะต่างๆเพียงพอตามความต้องการของสัตว์ การให้อาหารแบบนี้จะเป็นวิธีที่ง่ายต่อการจัดการด้านเวลาและแรงงาน ซึ่งโคจะได้รับโภชนะครบถ้วนและมีสัดส่วนสม่ำเสมอตามความต้องการของโคและโคจะได้รับประโยชน์ดังนี้ (นิรนาม, 2546)

1. ความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนมีสภาพเหมาะสมต่อสภาวะนิเวศของการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์
2. ทำให้กระเพาะหมักมีการย่อยได้ดีขึ้น
3. อาหารในกระเพาะหมักมีการย่อยได้ดีขึ้น
4. ทำให้การดูดซึมอาหารไปใช้ประโยชน์ในร่างกายดีขึ้น
5. ทำให้โคนมสามารถแสดงศักยภาพการให้ผลผลิตได้อย่างเต็มที่
6. ทำให้มั่นใจได้ว่าจะไม่เกิดการป่วยเป็นโรคกรดในกระเพาะหมักกับโคนม
7. จะช่วยประหยัดแรงงานเกี่ยวกับการจัดการอาหารหยาบและสะดวกในการจัดการให้อาหาร

ข้อควรพิจารณาในการให้อาหารผสมเสร็จ

วิธีการให้อาหารโคนมที่มักจะปฏิบัติกันทั่วไป คือ ให้อาหารหยาบเต็มที่แก่แม่โค และให้อาหารข้นตามปริมาณของน้ำนม โดยให้อาหารข้นในช่วงรีดนมหรือแบ่งให้ในช่วงเวลาอื่นๆ อีกด้วยเพราะโคอาจจะกินไม่หมดในช่วงรีดนม การให้อาหารข้นโดยวางแยกให้สัตว์เลือกกินตามใจชอบโดยไม่จำกัดปริมาณ ปรากฏว่าไม่ทำให้ได้ผลผลิตดีขึ้น โดยเฉพาะเมื่อพิจารณาการให้นมตลอดช่วงการให้นม

ในรายงานของ Owen (1981) แสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงโคนมโดยใช้หญ้าแห้งและฟางเป็นอาหารหยาบและให้อาหารข้นซึ่งประกอบด้วยข้าวบาร์เลย์เป็นหลัก ผลปรากฏว่าเมื่อโคกินอาหารทั้งสองแบบเต็มที่ โคกินอาหารหยาบน้อยลงมาก ส่งผลให้น้ำนมที่รีดได้มีไขมันต่ำ ปริมาณการกินอาหารไม่แน่นอนและโคให้น้ำนมมากกว่ากลุ่มที่กินอาหารผสมเสร็จเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ข้อเสียที่เกิดขึ้นจากการให้แม่โคเลือกกินอาหารเต็มที่คือ แม่โคกินอาหารหยาบและอาหารข้นในสัดส่วนที่แตกต่างกันมาก ผลการศึกษาให้โคกินอาหารข้นเต็มที่ช่วงหลังคลอดลูกแล้ว 2 เดือน มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ไขมันนมลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการให้อาหารผสมเสร็จและการให้อาหารข้นตามความสามารถการให้นม นอกจากนี้ในช่วง 3 เดือนแรกหลังคลอด ถ้าโคได้รับอาหารข้นอย่างเต็มที่จะมีปัญหาด้านสุขภาพ การให้อาหารข้นไม่มีประสิทธิภาพและให้นมลดลง สรุปได้ว่าการให้อาหารข้นแบบเต็มที่ไม่ว่าจะให้บางช่วงหรือตลอดช่วงการให้นมก่อให้เกิดประโยชน์น้อยและการปฏิบัติเช่นนั้นจะทำให้การให้อาหารข้นไม่มีประสิทธิภาพ ไขมันนมลดลงและเกิดปัญหาสุขภาพ

Coppock et al. (1972) แนะนำว่าในการให้โคกินอาหารผสมครบส่วนควรให้กินเป็นกลุ่มเพราะส่งผลให้โคกินอาหารได้มากกว่าการให้อาหารเป็นรายตัว นอกจากนี้ยังส่งผลให้นมมีเปอร์เซ็นต์ไขมันและโปรตีนสูงขึ้นด้วย

ตาราง 5 ตัวอย่างสูตรอาหารผสมเสร็จที่มีซังข้าวโพดหรือฟางข้าวเป็นแหล่งของอาหารหยาบ

วัตถุดิบที่ใช้ (กก.)	สูตรฟางข้าว	สูตรซังข้าวโพด
ฟางข้าว	24.51	-
ซังข้าวโพด	-	25.30
มันเส้น	34.34	35.30
ปลายข้าว	17.14	14.08
ปลาป่น	5.92	5.92
กากถั่วเหลือง	2.17	3.00
กากเมล็ดทานตะวัน	9.70	9.68
กากน้ำตาล	3.92	3.91
ยูเรีย	1.57	1.52
ปูนขาว	0.23	0.27
เกลือ	0.46	0.45
รวม	100	100
องค์ประกอบทางเคมี(%)		
CP	16.00	16.00
ADF	19.76	15.50
NDF	30.05	34.49
Ca	0.60	0.65
P	0.49	0.44

ที่มา : ฉลองและคณะ (2540)

ฟางข้าว

อาหารคุณค่าต่ำ เช่น ฟางข้าว มีโภชนะอยู่ต่ำโดยมีโปรตีนอยู่เพียง 3-4 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น และยังประกอบไปด้วยคาร์โบไฮเดรตโครงสร้าง (structural carbohydrate) ในปริมาณสูงมาก เช่น ADF 49.2 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะส่วนที่จับตัวกันระหว่างลิกนินกับเซลลูโลส นอกจากนั้นปริมาณแร่ธาตุที่จำเป็นยังมีน้อยมาก เช่น ฟอสฟอรัส ซึ่งมีเพียง 0.10 เปอร์เซ็นต์ ถึงแม้ว่าแคลเซียมจะมีอยู่ในปริมาณมากแต่การนำไปใช้ประโยชน์อาจจะต่ำลง ทั้งนี้เพราะว่าแคลเซียมอาจจะอยู่ในรูปของเกลือออกซาเลท (oxalate) หรือซิลิเคท (silicate) นอกจากนี้ปริมาณของ ซิลิกาในฟางข้าว นั้นจะมีปริมาณมากกว่าในฟางธัญพืชชนิดอื่นๆ ซิลิกามีส่วนทำให้การใช้ประโยชน์ของฟางข้าวลดต่ำลงได้ นอกจากนั้นแล้วปริมาณซิลิกาในลำต้นมีน้อยกว่าใบ เมื่อเปรียบเทียบกับฟางข้าวธัญพืชชนิดอื่นๆ แล้ว ฟางข้าวประกอบด้วยซิลิกาในปริมาณที่ค่อนข้างสูง (เมธา, 2531)

ตาราง 6 ส่วนประกอบเชื้อยีสส่วนต่างๆ ของฟางต่างชนิด (% วัตถุแห้ง)

ชนิดของฟาง	เซลลูโลส (cellulose)	เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose)	ลิกนิน (lignin)	ซิลิกา (silica)
ฟางข้าว	33	26	7	13
เกลบ	39	14	11	22
ฟางข้าวบาร์เลย์	44	27	7	3
ฟางข้างสาลี	39	36	10	6
ฟางข้าวโอ๊ต	41	16	11	3
คอกขังข้าวฟาง	31	30	11	3
ชานอ้อย	40	29	13	2

ที่มา : ดัดแปลงจาก เมธา (2531)

การใช้ประโยชน์จากอาหารหยาบที่มีคุณค่าโภชนะต่ำ

อาหารหยาบที่มีคุณค่าโภชนะต่ำนั้น ส่วนใหญ่จะเป็นพวกผลพลอยได้หรือเศษพืชจากการเกษตรและอุตสาหกรรมการเกษตร เช่น ฟางข้าว นอกจากนั้นยังรวมถึงหญ้าที่มีอายุมากเมื่อตัดทำหญ้าแห้ง เป็นต้น อย่างไรก็ตามจะพบว่าอาหารหยาบเหล่านี้มักจะถูกนำมาเลี้ยงโคในระยะเวลาที่ขาดแคลนหญ้าสีเขียว ซึ่งเมื่อนำมาใช้ประโยชน์แล้วจะให้โภชนะที่ไม่เพียงพอกับความต้องการของสัตว์โดยเฉพาะระดับของโปรตีน กรดอะมิโนที่จำเป็นและพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นการใช้ผลพลอยได้จากการเกษตรเหล่านี้เป็นอาหารสัตว์ อาจมีการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนะของอาหารหยาบหรือมีการเสริมอาหารขึ้นร่วมด้วย (เมธาและฉลอง, 2533)

การปรับปรุงคุณค่าทางโภชนะของอาหารหยาบคุณภาพต่ำ

การปรับปรุงคุณค่าทางโภชนะของฟางข้าวหรือหญ้าแห้งนั้นสามารถทำได้โดยการหมัก ยูเรีย การเตรียมฟางหรือหญ้าแห้งทำได้ง่ายกว่าการทำอาหารหยาบหมักมาก ซึ่งอาจจะทำเป็นบ่อเหมือนบ่ออาหารหยาบหมักหรืออาจจะกองบนดินก็ได้ โดยพื้นที่บริเวณที่จะทำควรปูผ้าพลาสติกเพื่อกันไม่ให้ น้ำซึมลงไป ในดิน นำฟางหรือหญ้าแห้งที่เตรียมไว้มากองโดยการเกลี่ยออกให้เรียบ ถ้าฟางหรือหญ้าแห้งมีลักษณะเป็นฟ่อนก็สามารถนำมาเรียงเป็นแถวได้ หลังจากนั้นนำยูเรียในอัตราส่วน ยูเรีย 6 กิโลกรัมต่อฟางหรือหญ้าแห้ง 100 กิโลกรัมละลายในน้ำ 100 ลิตรแล้วนำมาราดลงบนกองฟางหรือหญ้าแห้งที่เตรียมเอาไว้โดยพยายามให้ฟางหรือหญ้าแห้งทุกส่วนเปียกน้ำ เมื่อเสร็จชั้นหนึ่งก็นำฟางหรือหญ้าแห้งชุดใหม่มากองทับแล้วราดด้วยยูเรีย ทำอย่างนี้ไปเรื่อยจนได้ปริมาณตามที่ต้องการ หลังจากนั้นนำผ้าพลาสติกสีทึบมาคลุมให้สนิทป้องกันไม่ให้ก๊าซแอมโมเนียที่เกิดขึ้นกระจายออกไป ทั้งไว้ประมาณ 2 ถึง 3 สัปดาห์แล้วจึงนำไปเลี้ยงโคนมได้ (สมชาย, 2540)

ผลที่เกิดขึ้นเนื่องจากการปรับปรุง

1. เป็นการเพิ่มการย่อยได้ของฟาง และเพิ่มอัตราการย่อยของฟาง
2. ทำให้สัตว์สามารถกินฟางได้เพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้สัตว์สามารถได้รับพลังงานสุทธิเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อร่างกายของสัตว์ได้
3. เป็นการเพิ่มเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบเนื่องจากการใช้แหล่งของไนโตรเจนในการปรับปรุง
4. ถ้าใช้กับสัตว์ที่ให้ผลผลิตสูง เช่น ในโคนมจะเป็นการช่วยลดสภาวะการเกิดแอซิโดซิส (acidosis) เพราะการกินฟางจะทำให้ระยะเวลาการเคี้ยวและการเคี้ยวเอื้องเพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำให้มีการหลั่งน้ำลายเพิ่มขึ้น สามารถปรับสภาวะภายในกระเพาะหมักให้เป็นกลางมากขึ้น อาจมีผลทำให้การใช้ประโยชน์ของเชื้อใยในกระเพาะหมักดีขึ้นด้วย นอกจากนั้นยังทำให้ความเป็นกรด-ด่างของระบบทางเดินอาหารส่วนล่างสูงขึ้น ซึ่งจะอำนวยให้มีการย่อยและดูดซึมอาหารพวกคาร์โบไฮเดรตดีขึ้น

เมธาและคณะ (2533) ได้ศึกษาถึงการเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาของฟางข้าวข้าวและฟางข้าวเหนียวเพื่อเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยใช้กลุ่มตัวอย่างฟางข้าวเหนียวจำนวน 3 พันธุ์ คือ กข. 6, กข. 10 และ คำผาย และฟางข้าวข้าว 3 พันธุ์ คือ กข. 15, กข. 27 และ มะลิ 105 จากสถานีปรับปรุงพันธุ์ข้าวชุมแพ จังหวัดขอนแก่น ทำการแยกส่วนของฟางข้าวออกเป็นส่วนของลำต้น กาบใบ ใบและก้านรวง ซึ่งน้ำหนักและวิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมีแต่ละส่วน (ตาราง 7) พบว่า น้ำหนักในแต่ละส่วนของฟางข้าวเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงกัน แต่น้ำหนักของลำต้นและกาบใบของฟางข้าวข้าวมีค่าใกล้เคียงกันที่สุดแต่สูงกว่าใบและก้านรวง และจากการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่า ฟางข้าวข้าวและฟางข้าวเหนียวมีโปรตีน เท่ากับ 3.7 และ 3.8 เปอร์เซ็นต์ NDF เท่ากับ 72.7 และ 73.5 เปอร์เซ็นต์ ADF เท่ากับ 50.3 และ 50.3 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง 7 น้ำหนักและส่วนประกอบทางเคมีของฟางข้าวข้าวและฟางข้าวเหนียว

พันธุ์	วัตถุแห้ง	เถา	โปรตีน	NDF	ADF	น้ำหนัก
	(%)					
ฟางข้าวเหนียว						
- กข.6	94.8	14.4	3.1	71.8	51.5	446.1
- กข.10	94.2	13.9	4.2	69.2	48.8	223.0
- คำผาย	94.3	11.8	4.0	79.4	50.6	420.0
- คำเจดีย์	94.4	13.4	3.8	73.5	50.3	363.0
ฟางข้าวเจ้า						
- กข.15	94.1	16.5	3.7	69.7	50.9	321.0
- กข.27	93.9	14.7	4.1	73.1	51.8	285.0
- มะลิ-105	93.9	16.0	3.4	75.4	48.3	280.0
- คำเจดีย์	94.0	15.7	3.7	72.7	50.3	295.3

ที่มา : เมฆาและคณะ (2533)

Khampa and Wanapat (2003) ได้ศึกษาผลของการเสริมอาหารชั้นที่มีส่วนประกอบของมันเส้นในระดับสูงต่อความสามารถในการย่อยได้ของโภชนะในโคโดยที่ในการทดลองใช้โคนมเจาะกระเพาะรูเมนเพศผู้พันธุ์ผสมจำนวน 4 ตัวเป็นสัตว์ทดลองเพื่อศึกษาผลของปริมาณการเสริมอาหารชั้นที่มีแหล่งพลังงานจากมันเส้นเป็นหลัก 4 ระดับ (4 กลุ่มทดลอง) คือ 0 1 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวต่อวัน และได้รับอาหารหยาบเป็นฟางหมักยูเรียอย่างเต็มที่ โดยใช้แผนการทดลองแบบ 4 x 4 ลาตินสแควร์ ผลการทดลอง (ตาราง 8) พบว่า ค่าการย่อยได้ของโปรตีนมีค่าเท่ากับ 44.6 77.7 72.0 และ 71.8 เปอร์เซ็นต์ ค่าการย่อยได้ของ NDF มีค่าเท่ากับ 57.8 54.2 39.9 และ 44.2 เปอร์เซ็นต์ และ ค่าการย่อยได้ของ ADF มีค่าเท่ากับ 50.6 48.6 36.7 และ 42.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งค่าเฉลี่ยดังกล่าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตาราง 8 ค่าการย่อยได้ของโภชนะของโคทดลองที่ได้รับอาหารทั้ง 4 สูตร

	ระดับของอาหารชั้น (% น้ำหนักตัว)			
	0	1	2	3
ปริมาณการกินได้ (% น้ำหนักตัว)				
ฟางหมักยูเรีย	1.9 ^a	1.7 ^{ab}	1.2 ^{bc}	1.0 ^c
อาหารชั้น	0 ^a	0.9 ^b	1.8 ^c	1.9 ^c
รวม	1.9 ^a	2.6 ^b	3.0 ^b	2.9 ^b
ค่าการย่อยได้ของโภชนะ (%)				
DM	51.4 ^a	64.6 ^b	66.3 ^b	68.7 ^b
OM	60.3 ^a	68.5 ^b	71.0 ^b	73.1 ^b
CP	44.6 ^a	77.7 ^b	72.0 ^b	71.8 ^b
NDF	57.8 ^a	54.2 ^a	39.9 ^b	44.2 ^b
ADF	50.6 ^a	48.6 ^a	36.7 ^b	42.3 ^c

ที่มา : Khampa and Wanapat (2003)

หมายเหตุ อักษรกำกับที่ต่างกันแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ $p < 0.05$

วีระศักดิ์และเมธา (2526) ได้ศึกษาผลการใช้ฟางข้าวหมักด้วยยูเรียต่อน้ำหนัก สัมประสิทธิ์การย่อยได้และค่าโลหิตวิทยาของกระบือ โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ 1). กระบือได้รับฟางข้าวอย่างเดียวนำเป็นอาหาร 2). กระบือได้รับฟางข้าวหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ และ 3). กระบือได้รับฟางข้าวหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลอง (ตาราง 9) พบว่า สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของฟางข้าวและฟางข้าวหมักยูเรีย ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีน ADF และ วัตถุแห้งของฟางหมักยูเรียจะสูงกว่าฟางข้าวธรรมดา

ตาราง 9 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของฟางข้าวและฟางข้าวหมักยูเรียในกระบือ

	ฟางข้าว	ฟางข้าวหมักยูเรีย	
		3 %	6%
วัตถุแห้ง	43.16	52.69	55.41
โปรตีน	19.22	22.63	25.31
ADF	43.10	51.20	55.36

ที่มา : วีระศักดิ์และเมธา (2526)

จินดาและคณะ (2528) เปรียบเทียบการใช้ฟางข้าว เปลือกสับประดและเปลือกสับประดผสมรำละเอียด 3 : 1 โดยน้ำหนักและอาหารมีโปรตีน 9.34 เปอร์เซ็นต์ในสภาพวัตถุแห้งเป็นอาหารเสริมในฤดูแล้งใช้เลี้ยงโคนมพันธุ์ผสมเพศผู้ น้ำหนักเริ่มต้น 169 กิโลกรัมซึ่งเลี้ยงด้วยฟางข้าวเป็นอาหารหลักใช้เวลาทดลอง 142 วัน ผลปรากฏว่า การใช้อาหารเสริมทั้ง 3 ชนิด สามารถเพิ่มน้ำหนักโคได้ตลอดการทดลอง การเสริมด้วยเปลือกสับประดผสมรำละเอียด โคจะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นมากที่สุดคือ 0.69 กิโลกรัมต่อตัวต่อวันและ วีระพล (2539) ศึกษาผลการใช้ฟางข้าวหมักยูเรียเปลือกสับประดและหญ้าขน เลี้ยงโคกำลังให้นมในฤดูแล้ง โดยให้อาหารอย่างเต็มที่และให้อาหารข้นตามปริมาณการให้น้ำนมในอัตราส่วนน้ำนมต่ออาหารข้น 2 : 1 จากการทดลอง 160 วัน พบว่ากลุ่มโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าขนและกลุ่มที่เลี้ยงด้วยเปลือกสับประดมีแนวโน้มให้ปริมาณน้ำนมและเปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนมสูงกว่ากลุ่มที่เลี้ยงด้วยฟางข้าวหมักยูเรียแต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่กลุ่มที่เลี้ยงด้วยเปลือกสับประดมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำนมสูงสุด

กรุงและคณะ (2547) ศึกษาผลของสัดส่วนขังข้าวโพด : ฟางข้าว : อาหารข้น ในอาหารผสมเสร็จดังนี้ 40 : 0 : 60, 33 : 7 : 60, 27 : 13 : 60 และ 20 : 20 : 60 พบว่า ปริมาณการกินได้ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุ ลดลงตามปริมาณของสัดส่วนฟางข้าวแต่ไม่มีผลต่อปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนม

อนุชาและคณะ (2537) ได้ศึกษาอัตราส่วนของฟางถั่วเหลืองกับฟางข้าวหมักยูเรียดังนี้ 30 : 70, 50 : 50 และ 70 : 30 พบว่าการใช้ฟางถั่วเหลืองในระดับที่สูงขึ้น คือ 50 และ 70 เปอร์เซ็นต์สามารถทำให้โคขุนต่างๆ คือ วัตถุแห้ง โปรตีน ไขมันและไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก มีการย่อยได้สูงขึ้นโดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จากกลุ่มฟางถั่วเหลือง 30 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 10)

ตาราง 10 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะในฟางหมักทั้ง 3 ชนิด

โภชนะ	ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ (%)		
	30 : 70	50 : 50	70 : 30
วัตถุดิบแห้ง	43.45 ^๐	55.85 ^๖	56.09 ^๖
โปรตีน	5.38 ^๐	46.08 ^๖	37.15 ^๐
ไขมัน	50.89 ^๐	64.09 ^๖	70.66 ^๖
เยื่อใย	65.49	66.54	65.59
ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก	43.16 ^๐	56.51 ^๖	58.75 ^๖

ที่มา : อนุชาและคณะ (2537)

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05)

ค่าความเป็นกรด – ด่างในกระเพาะรูเมน

ค่าความเป็นกรด-ด่างในรูเมนจะค่อนข้างเป็นกลางคือจะอยู่ในช่วง 5.8-7.0 โดยจะผันแปรตามปริมาณกรดที่เกิดขึ้นและปริมาณน้ำลายที่สัตว์ผลิตออกมา ปกติค่าความเป็นกรด-ด่างในรูเมนจะลดลงหลังกินอาหาร 2-6 ชั่วโมง ทั้งนี้แล้วแต่ชนิดของอาหารและอัตราเร็วในการกิน ถ้าอาหารมีแป้งหรือคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ง่ายอยู่สูงจะทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่าอาหารที่มีเยื่อใยหรือคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยยากสูง ทั้งนี้เพราะสามารถผลิตกรดได้ในปริมาณที่เร็วและมากกว่า นอกจากนี้การที่สัตว์อดอาหารค่าความเป็นกรด-ด่างในรูเมนจะเพิ่มขึ้นจนอาจสูงเกิน 7 ซึ่งเป็นค่าความเป็นกรด-ด่างที่ใกล้เคียงกับในเลือด ทั้งนี้เพราะการผลิตไขมันระเหยได้ลดลง (บุญล้อม, 2527)

ความสำคัญของค่าความเป็นกรด-ด่างในรูเมนต่อประชากรของจุลินทรีย์

ค่าความเป็นกรด-ด่างในรูเมนมีความสำคัญต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์และการเกิดกรดชนิดต่างๆ จะพบว่า จุลินทรีย์พวกที่ย่อยเยื่อใย (fiber digester หรือ cellulolytic flora) เจริญและทำงานได้ดีที่ค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 6.2-6.8 และจะลดประสิทธิภาพลงเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 6 เป็นผลให้การผลิต acetic acid ลดลง ส่วนจุลินทรีย์ที่ย่อยแป้ง (amylolytic flora) จะชอบค่าความเป็นกรด-ด่างที่เป็นกรดมากกว่าคือประมาณ 5.2-6.0 ทำให้มีสัดส่วนของ propionic acid เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามที่ค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 6 ก็ยังมีผลเสียต่อการทำงานของจุลินทรีย์ที่ย่อยเยื่อใย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 5.5 นอกจากนี้ยังยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ที่ใช้แลกติกทำให้กรดแลกติกสะสมมากและถ้าค่าความเป็นกรด-ด่างยังต่ำกว่านี้อีกเช่น 5.0 จุลินทรีย์ที่ย่อยแป้งจะทนอยู่ไม่ได้ การสร้าง propionic acid จะลดลงและสัตว์จะเกิดโรค acidosis ดังนั้นถ้าสามารถรักษาค่าความเป็นกรด-ด่างในรูเมนไว้ให้อยู่ในช่วง 5.8-6.5 ได้จะเป็นการดี (บุญล้อม, 2541)

ภาวะความเป็นกรดสูงในกระเพาะรูเมน (acidosis)

แอสิโดซิสหรือภาวะความเป็นกรดสูงในกระเพาะรูเมน เกิดขึ้นเมื่อมีการสะสมกรดแลกติกในปริมาณมาก เนื่องจากได้รับอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตละลายง่ายสูง (Elam, 1976) หรือมีเยื่อใยที่มีประสิทธิภาพต่ำ หรือทั้ง 2 อย่างร่วมกัน (Nocek, 1997) ทำให้แบคทีเรียกลุ่มที่ผลิตกรดแลกติก (Lactic producing bacteria) มีจำนวนมากกว่ากลุ่มที่ใช้แลกติก (Lactic utilizing bacteria) ซึ่ง Nocek (1997) รายงานไว้ว่าเมื่อโคได้รับอาหารข้นปริมาณมากในแต่ละครั้ง จะทำให้การผลิตกรดไขมันระเหยง่ายเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างในรูเมนลดลง ซึ่งเหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตกรดแลกติก เช่น *Streptococcus bovis* ที่สามารถเจริญและเพิ่มจำนวนได้ดีในสภาวะดังกล่าว ทำให้มีปริมาณกรดแลกติกเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดต่ำลงอีกและเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างลดต่ำกว่า 5 จุลินทรีย์กลุ่มนี้ก็ไม่สามารถทนได้เช่นกัน แต่จุลินทรีย์กลุ่ม *Lactobacillus* ยังสามารถเจริญและผลิตกรดแลกติกได้ ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงเป็นวัฏจักร นอกจากนี้กรดแลกติกที่ถูกดูดซึมผ่านรูเมนเข้าสู่กระแสเลือดยังทำให้เกิดโรคทางเมตาบอลิซึม อื่นๆ ได้อีก

อาการของโคที่เป็นแอสิโดซิสจะมีตั้งแต่เบื่ออาหารไปจนถึงชันเสียชีวิต โดยสามารถแบ่งประเภทแอสิโดซิสตามความรุนแรงได้ 2 แบบ คือ

1. แบบรุนแรงมาก (acute acidosis) เป็นแบบที่ไม่ค่อยพบบ่อย แต่สามารถทำให้โคเสียชีวิตได้ถ้าไม่ได้รับการรักษาอย่างทันทั่วทั้งที่ โดยอาการที่พบคือ โคหยุดกินอาหาร หายใจลำบาก อัตราการเต้นของหัวใจเร็วกว่าปกติ มีอาการทางประสาท ไม่สามารถลุกขึ้นได้ ท้องร่วงอย่างรุนแรงและตายในที่สุด

2. แบบไม่รุนแรงหรือแบบเรื้อรัง (sub acute or chronic acidosis) พบได้บ่อยกว่าแบบรุนแรง แต่การวินิจฉัยมักล่าช้า เนื่องจากการสังเกตอาการได้ไม่ชัดเจนหรือไม่สามารถวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาได้ อาการที่พบทั่วไปคือ ปริมาณการกินอาหารในฝูงลดลงหรือผันแปรในแต่ละวัน ส่งผลให้ผลผลิตลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าในฝูงโคที่เป็นแอสิโดสิส ชนิดนี้จะมีค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันนมต่ำกว่าปกติ โคแสดงอาการเจ็บขาและกีบ และอาจมีอาการท้องร่วง ความรุนแรงของ แอสิโดสิสประเภทนี้มักไม่ทำให้สัตว์ถึงขั้นเสียชีวิต แต่ก่อให้เกิดผลเสียต่อรายได้และประสิทธิภาพของฟาร์มอย่างมาก เนื่องจากผลผลิตที่ลดลง ค่ารักษาพยาบาลโค และการคัดทิ้งโคก่อนกำหนด Hall (1999) กล่าวว่าเมื่อผลผลิตของโคนมเพิ่มขึ้น ปัญหา SARA (Sub acute rumen acidosis) ก็เพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากความพยายามในการเพิ่มพลังงานในอาหารเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของโคในการเลี้ยงโคให้นมสูงโดยทั่วไป โดยเฉพาะโคในระยะหลังคลอดจนถึงระยะให้นมสูงสุด (peak) การให้อาหารชั้นระดับสูงและอาหารหยาบระดับต่ำจึงเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงได้

พนัส (2538) ได้ศึกษาผลของอาหารผสมเสร็จอัดแท่งต่อการหมักย่อยในรูเมนและเลือดโคประกอบด้วย 1). หญ้าขนแห้งและอาหารข้น 2). ฟาง-กระถินอัดแท่งและอาหารข้น 3). อาหารผสมเสร็จอัดแท่ง ใช้โคเจาะกระเพาะรูเมน 3 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 310 กิโลกรัม ในแผนการทดลอง 3x3 ลาตินสแควร์ สุ่มเก็บตัวอย่างของเหลวในรูเมนที่ 0 1 2 3 4 6 8 และ 12 ชั่วโมงหลังกินอาหาร ผลการศึกษาปรากฏว่า ค่า pH ในรูเมนและปริมาณของ กรดอะซิติก กรดไพรูฟิโอนิก และกรดบิวทีริก มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) และพบว่าค่า pH ต่ำสุดอยู่ในช่วง 4 ชั่วโมงหลังกินอาหารและกรดไขมันระเหยได้มีปริมาณสูงสุด 3 ชั่วโมงหลังกินอาหารต่อมา พนัส (2539) ได้ศึกษาเพิ่มเติมถึงอิทธิพลของอาหารผสมเสร็จต่อการหมักย่อยในรูเมนและการเจริญเติบโตของลูกโคนมไฮลอสไคน์-ฟรีเซียน โดยในการทดลองใช้โคนมเพศผู้ลูกผสมเลือด 75 % จำนวน 21 ตัว แผนการทดลองแบบสุ่มทดลองประกอบด้วย 3 ทรีทเมนต์ๆ ละ 7 ตัว 1). ให้อาหารข้นแยกให้กับข้าวโพดแห้ง 2). อาหารข้นผสมกับต้นข้าวโพดแห้ง 3). อาหารข้นผสมกับต้นข้าวโพดหมัก ก่อนหย่านมลูกโคทั้ง 3 กลุ่มมีอัตราการเจริญเติบโต ปริมาณการกินได้และประสิทธิภาพการใช้อาหาร ไม่แตกต่างกัน และในระยะหลังหย่านมลูกโคมีอัตราการเจริญเติบโตและปริมาณการกินได้ไม่แตกต่างกันแต่ประสิทธิภาพการใช้อาหารมีความแตกต่างกัน ($P<0.05$) และในการศึกษาเกี่ยวกับค่า pH และกรดไขมันระเหยได้ปรากฏว่า ค่า pH ของลูกโคทั้ง 3 กลุ่มมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.36

6.66 และ 6.47 ตามลำดับซึ่งอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการทำงานของประชากรจุลินทรีย์ ปริมาณกรดไขมันระเหยได้รวม (C₂,C₃และC₄) ของลูกโคทั้ง 3 กลุ่มเฉลี่ย 40.00 42.00 และ 46.33 มิลลิโมลต่อลิตรซึ่งมีแนวโน้มอยู่ในระดับปกติ

Bargo et al. (2002) ได้ศึกษาถึงการย่อยอาหารและการหมักย่อยของโคนมที่ให้ผลผลิตสูงด้วยวิธีการให้อาหารที่แตกต่างกัน 3 ระบบคือ อาหารผสม หญ้าและอาหารผสมเสร็จโดยใช้โคนมที่ผ่านการให้ลูกแล้วมีสุขภาพดีจำนวน 6 ตัวในการศึกษามีกลุ่มทดลอง 3 กลุ่มประกอบด้วย

- 1. หญ้าและอาหารข้น
- 2. หญ้าและอาหารผสมเสร็จ
- 3. อาหารผสมเสร็จ

ผลการศึกษาปรากฏว่าความเข้มข้นของแอมโมเนียในรูเมนของกลุ่มทดลองที่2และ3 (10.2 mg/dL) ต่ำกว่ากลุ่มทดลองที่1 (19.9 mg/dL) ค่า pH ในรูเมนไม่ได้รับผลกระทบจากกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่มและมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.87 ผลรวมของกรดไขมันระเหยง่าย(137.5mmol/L) ไม่ต่างกันหลังจากแยกออกเป็นสัดส่วนของแต่ละตัว (63.1 20.6 และ12.05mmol/L ของ acetate, propionateและbutyrate ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองได้แสดงไว้ในตาราง 11

ตาราง 11 ผลการศึกษาการย่อยอาหารและการหมักย่อยของโคนมผลผลิตสูงที่ได้รับอาหาร ที่แตกต่างกัน 3 ระบบ

	กลุ่มทดลอง		
	หญ้า+อาหารข้น	หญ้า+อาหาร TMR	อาหารTMR
pH	5.89	5.88	5.83
NH ₃ -N, mg/dL	19.96	10.75	9.74
Total VFA, mmol/L	140.92	130.05	141.56
VFA, mmol/L			
- Acetate	64.88	63.59	60.71
- Propionate	19.42	19.74	22.49
- Butyrate	11.56	12.19	12.37

ที่มา : Bargo et al. ,2002

Xu et al. (1994) ได้ศึกษาผลของบัฟเฟอร์ที่เติมลงในอาหารผสมเสร็จที่มีเมล็ดข้าวเป็นอาหารพื้นฐานที่มีต่อค่า pH ในกระเพาะรูเมนและกรดไขมันระเหยได้ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 การทดลองประกอบด้วยการทดลองที่ 1 ใช้อาหารทดลองที่ประกอบด้วย หญ้าหมัก 40 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดฝ้าย 12 เปอร์เซ็นต์และอาหารข้น 40 เปอร์เซ็นต์ โดยมีทริทเมนต์ดังนี้ 1) กลุ่มควบคุม (ไม่เติมบัฟเฟอร์) 2)เติมบัฟเฟอร์ Alkaten (43.4% Na_2CO_3 และ 34.4% NaHCO_3) 1.5 % ของวัตถุดิบแห้ง 3) เติมบัฟเฟอร์ Rumen 8 (36.3% Na_2CO_3 และ 26.5% NaHCO_3) 1.5 % ของวัตถุดิบแห้ง การทดลองที่ 2 ใช้อาหารทดลองดังนี้ ข้าวโพดและดอกทานตะวันหมัก 12 เปอร์เซ็นต์ กากเมล็ดฝ้าย 20 เปอร์เซ็นต์ และ อาหารข้น 60 เปอร์เซ็นต์ โดยแบ่งทริทเมนต์เหมือนกับการทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 3 ใช้อาหารทดลองเหมือนกับการทดลองที่ 2 และเพิ่มบัฟเฟอร์เป็น 2.2 % ของวัตถุดิบแห้ง ผลการศึกษา ทั้ง 3 การทดลองโคที่ได้รับอาหารทดลองนั้นไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมน (ตาราง 12)

ตาราง 12 ค่า pH ในรูเมนของโคนมที่ได้รับอาหารที่เติมบัฟเฟอร์

พารามิเตอร์	การทดลองที่1			การทดลองที่2			การทดลองที่3		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
ก่อนให้อาหาร									
- pH	6.84	6.90	6.87	6.33	6.66	6.43	6.44	6.03	6.42
หลังให้อาหาร (4 ชม.)									
- pH	6.18	6.30	6.37	6.10	6.12	5.90	5.69	5.97	6.16
หลังให้อาหาร (8 ชม.)									
- pH	5.95	6.16	6.12	5.80	5.66	5.66	5.99	5.79	5.96

ที่มา : Xu et al. (1994)

การย่อยอาหารที่ตำแหน่งต่างๆของระบบทางเดินอาหารในโค

การย่อยอาหาร (digestion) หมายถึง ขบวนการที่ทำให้อาหารมีขนาดเล็กลงจนพอดีที่ร่างกายจะสามารถดูดซึมได้ (absorb) และนำไปใช้ประโยชน์ได้ (utilize) การย่อยอาหารในโคโดยส่วนใหญ่เกิดขึ้นในทางเดินอาหาร โดยที่อาหารแต่ละชนิดมีการย่อยได้ในทางเดินอาหารแต่ละส่วนไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพการย่อยได้ของทางเดินอาหารในแต่ละส่วนนั้น เช่น อาหารที่มีส่วนประกอบของเยื่อใยสูงไม่สามารถถูกย่อยได้ที่กระเพาะแท้ (abomasum) และลำไส้เล็ก แต่จะถูกย่อยสลายในกระเพาะหมัก (rumen) ไส้ติ่ง (caecum) และลำไส้ใหญ่ (colon) โดยอาศัยเอนไซม์จาก จุลินทรีย์

การย่อยอาหารในกระเพาะหมัก

อาหารแต่ละชนิดนั้นมีการย่อยได้ในทางเดินอาหารแต่ละส่วนไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับน้ำย่อยที่สัตว์ขับออกมา ชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์และธรรมชาติของอาหารนั้นๆ เช่น อาหารที่มีเยื่อใยสูงไม่สามารถย่อยได้ที่กระเพาะแท้และลำไส้เล็ก เพราะเอนไซม์จากตัวสัตว์ไม่สามารถย่อยเยื่อใยได้ แต่จะสามารถย่อยได้บ้างที่กระเพาะรูเมน ไส้ติ่ง และลำไส้ใหญ่โดยอาศัยเอนไซม์จากจุลินทรีย์เกิดผลผลิตคือ

1. กรดไขมันระเหยได้ (short chain fatty acid, SCFA หรือ volatile fatty acid, VFA)
2. โปรตีนจุลินทรีย์ (microbial protein)
3. ก๊าซมีเทน และ คาร์บอนไดออกไซด์

การย่อยคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมน

คาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่ที่สัตว์เคี้ยวเอื้องกินเป็นพวกเซลลูโลส (Cellulose) และ เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของพืชอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ ที่เอนไซม์จากตัวสัตว์ย่อยได้น้อยหรือย่อยไม่ได้เลย จึงต้องอาศัยเอนไซม์จากจุลินทรีย์เป็นตัวช่วยย่อย หรืออาศัยการหมักของจุลินทรีย์ ส่วนของคาร์โบไฮเดรตอื่นๆ เช่น แป้งและน้ำตาล ซึ่งเอนไซม์ของตัวสัตว์สามารถย่อยเองได้ เมื่อเข้ามาในกระเพาะรูเมนก็จะกลายเป็นอาหารให้จุลินทรีย์เช่นกัน การย่อยหรือการหมักคาร์โบไฮเดรตของจุลินทรีย์ในขั้นสุดท้าย ผลจากการหมักจะได้กรดอินทรีย์หลายตัว

ปนกันอยู่ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นกรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acid) ได้แก่ acetic acid propionic acid butyric acid และ valeric acid ซึ่ง valeric acid จะมีน้อยที่สุดในกระเพาะหมักและในระหว่างการหมักจะมีสารตัวกลาง (intermediate products) คือ succinic acid และ lactic acid เกิดขึ้นด้วย นอกจากนี้จะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซมีเทน (CH_4) เกิดขึ้น อย่างไรก็ตามสัดส่วนของการเกิดสารต่าง ๆ ดังกล่าวจะไม่คงที่ ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ได้รับ หากอาหารที่สัตว์ได้รับมีเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสเป็นส่วนประกอบอยู่สูง ผลการหมักของจุลินทรีย์จะทำให้เกิด acetic acid มากที่สุด แต่ถ้าอาหารมีเยื่อใยพวกเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสลดลง แต่มีอาหารข้นหรือมีแป้งและน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น การเกิด acetic acid จะลดลง แต่จะเกิด propionic acid เพิ่มขึ้น สำหรับการให้อาหารโคขุนระยะสุดท้าย จึงควรให้อาหารข้นในสัดส่วนที่สูงขึ้น เนื่องจากไขมันที่แทรกอยู่ตามกล้ามเนื้อผลิตมาจาก propionic acid แต่การเลี้ยงโคนมควรให้ความสนใจในการให้อาหารหยาบ หรืออาหารที่มีเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสสูงเพื่อให้เกิด acetic acid มาก เนื่องจากส่วนของไขมันที่ประกอบอยู่ในน้ำมันผลิตมาจาก acetic acid (พันทิพา, 2543)

ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ในกระเพาะรูเมนขึ้นอยู่กับอัตราเร็วในการผลิตและการดูดซึมผ่านผนังกระเพาะรูเมน ถ้าอัตราเร็วในการผลิตกรดไขมันระเหยได้มีมากก็จะมีกรดสะสมอยู่ในกระเพาะรูเมนมาก แต่อัตราการผลิตกรดไขมันระเหยได้จะผันแปรแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับชนิดของคาร์โบไฮเดรตที่มีอยู่ในอาหาร เช่น แป้งหรือเยื่อใย ที่จะมีผลทำให้อัตราส่วนของกรดไขมันระเหยได้ผันเปลี่ยนไปด้วย (เทอดชัย, 2548) และค่า pH ในกระเพาะรูเมนจะกลับกันกับปริมาณกรดไขมันระเหยได้ คือ ยิ่งกรดไขมันระเหยได้มีความเข้มข้นสูง ค่า pH ในกระเพาะรูเมนจะยิ่งต่ำลง (บุญล้อม, 2541)

การย่อยโปรตีนในกระเพาะรูเมน

การย่อยโปรตีนในกระเพาะรูเมนเกิดขึ้นโดยจุลินทรีย์จะช่วยย่อยสลายโปรตีนและสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (non protein nitrogen, NPN) ได้เป็นเปปไทด์ และกรดอะมิโน โดยกรดอะมิโนจะถูกย่อยสลายต่อได้ก๊าซแอมโมเนีย กรดอินทรีย์และคาร์บอนไดออกไซด์ โดยโปรตีนที่ย่อยสลายได้ง่าย (degraded protein) ในกระเพาะรูเมนจะถูกย่อยสลายให้ก๊าซแอมโมเนียมาก (Satter and Roffler, 1975) แอมโมเนียที่เกิดขึ้นส่วนหนึ่งจะถูกนำไปใช้สร้างเซลล์ของจุลินทรีย์ ในขณะที่อีกบางส่วนจะถูกดูดซึมผ่านผนังกระเพาะรูเมนเข้าสู่กระแสเลือดทันทีและถูกส่งต่อไปยังตับ ที่ตับจะเปลี่ยนก๊าซแอมโมเนียให้เป็นยูเรียซึ่งร่างกายจะขจัดออกทางไตในรูปของน้ำปัสสาวะ ยูเรียบางส่วนจะไปกับกระแสเลือดเข้าสู่ต่อมน้ำลายและถูกขับออกมาพร้อมกับน้ำลาย เมื่อมีการ

เกี่ยวเอื้องหรือนำอาหารเข้าปาก ซึ่งความเข้มข้นของยูเรียในน้ำลายต่ำกว่าในเลือด ยูเรียในน้ำลายจะติดกับอาหารเข้าสู่กระเพาะรูเมนและแตกตัวให้ก๊าซแอมโมเนียใหม่ ดังนั้นหากสัตว์ขบน้ำลายออกมามาก โอกาสเกิดก๊าซแอมโมเนียในกระเพาะรูเมนก็มีมาก โดยทั่วไปสัตว์จะหลั่งน้ำลายมากเมื่อได้รับอาหารเชื้อยที่มีขนาดใหญ่หรือขามาก (พันทิพา, 2543)

จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนจะสร้างโปรตีนเพื่อขยายจำนวนเซลล์ โดยใช้ไนโตรเจนที่เข้ามาในกระเพาะรูเมน ดังนั้นสารประกอบใดๆที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ จุลินทรีย์สามารถนำมาสังเคราะห์เป็นโปรตีนได้ โดยที่สารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนและโปรตีนจะต้องแตกตัวอยู่ในรูปก๊าซแอมโมเนียเสียก่อน จุลินทรีย์จึงนำไปใช้ประโยชน์โดยสังเคราะห์เป็น กรดอะมิโนเพื่อสร้างเป็นเซลล์ของ จุลินทรีย์ได้ และเมื่ออาหารเคลื่อนที่ไปยังกระเพาะแท้ จุลินทรีย์ที่ปนไปกับอาหารจะถูกย่อยโดยน้ำย่อยของสัตว์จึงได้รับกรดอะมิโนจากเซลล์ของจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายแล้ว กรดอะมิโนที่ได้จะมีทั้งกรดอะมิโนที่จำเป็นและไม่จำเป็น จะมีชนิดใดมากน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของจุลินทรีย์และชนิดของวัตถุดิบอาหารที่สัตว์ได้รับ นอกจากนี้ จุลินทรีย์จะช่วยสังเคราะห์ วิตามินต่างๆ เช่น วิตามินบีรวม และวิตามินเค เป็นต้น (เทอดชัย, 2548)

การวัดค่าการย่อยได้ของโภชนะ

บุญล้อม (2541) กล่าวว่า การที่จะทราบว่าอาหารมีองค์ประกอบอย่างไร หรือมีโภชนะมากน้อยเพียงใด สามารถวัดได้โดยการวิเคราะห์ทางเคมี แต่ส่วนของอาหารที่สัตว์ได้รับจริงจะทราบได้ก็ต่อเมื่อทราบปริมาณที่สูญเสียไปในระหว่างการย่อย การดูดซึมและการเมทาบอไลส์ในร่างกาย ส่วนที่สูญเสียเป็นอันดับแรกคือส่วนที่ไม่ย่อยและไม่ดูดซึม ต้องถูกขับออกทางมูล (faeces) เมื่อนำโภชนะในมูลมาหักออกจากโภชนะในอาหาร จะทราบปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ (digestible nutrient) ดังนั้นการย่อยได้จึงนับว่าเป็นการศึกษาขั้นที่สอง ถัดจากการวิเคราะห์ทางเคมี นิยมทำโดยเฉพาะกับวัตถุดิบชนิดใหม่ๆที่ยังไม่ทราบคุณค่าทางอาหาร

การย่อยได้จริงและการย่อยได้ปรากฏ

บุญล้อม (2541) กล่าวว่า อาหารหรือโภชนะที่กินเข้าไป (intake) นั้นส่วนที่ย่อยได้ จะถูกดูดซึมส่วนที่ย่อยไม่ได้จะถูกขับออกมาทางมูล ดังนั้นเมื่อนำโภชนะในมูลมาหักออกจาก โภชนะในอาหารและคิดเป็นร้อยละของโภชนะในอาหารนั้นจะเป็นค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ (digestibility coefficient) หรือเรียกว่าการย่อยได้ (digestibility)

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะชนิดอื่นๆ คำนวณโดยวิธีเดียวกัน ค่าที่ได้ เรียกว่า การย่อยได้ปรากฏ (apparent digestibility coefficient) อย่างไรก็ตามถือว่าส่วนของโภชนะ ที่ไม่ถูกขับออกทางมูล เท่ากับส่วนที่ถูกดูดซึมได้นั้น นับว่ายังไม่ถูกต้องเพราะสิ่งที่ขับออกมาในมูล ไม่ได้มาจากอาหาร (food origin) ทั้งหมด แต่มาจากส่วนของร่างกายด้วย (metabolic origin) ซึ่ง ได้แก่ น้ำย่อยหรือเซลล์ที่หลุดมาจากทางเดินอาหาร นอกจากนี้ยังอาจมีจุลินทรีย์ที่อยู่ในทางเดิน อาหารติดมาด้วย ส่วนดังกล่าวเรียกว่า metabolic faecal substance หรือ endogenous faecal substance ดังนั้นจึงต้องนำส่วนนี้มาหักออกจากมูล จึงจะได้ส่วนที่ถูกดูดซึมเข้าไปจริง สัมประสิทธิ์ การย่อยได้ในกรณีนี้เรียกว่าค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้จริง (true digestibility coefficient) ค่าการ ย่อยได้ทั้ง 2 ประเภทสามารถคำนวณได้โดยใช้สูตร

$$\text{สัมประสิทธิ์การย่อยได้ปรากฏของโภชนะ(\%)} = \frac{(\text{โภชนะที่กิน} - \text{โภชนะที่ขับออกทางมูล})}{\text{โภชนะที่กิน}} \times 100$$

หรือ $\text{Apparent digestibility coefficient(\%)} = \{(I - F)/I\} \times 100$

$$\begin{aligned} \text{สัมประสิทธิ์การย่อยได้จริงของโภชนะ(\%)} \\ = \frac{\text{โภชนะที่กิน} - (\text{โภชนะที่ขับออก} - \text{ส่วนที่มาจากร่างกาย})}{\text{โภชนะที่กิน}} \times 100 \end{aligned}$$

หรือ $\text{True digestibility coefficient(\%)} = \{(I - (F - e))/I\} \times 100$

- เมื่อ I = ปริมาณ โภชนะที่กิน (intake)
- F = ปริมาณ โภชนะที่ถ่ายออกมากับมูล(faecal)
- e = ปริมาณ โภชนะที่ไม่ได้มาจากอาหาร(endogenous faecal substance)

สารบ่งชี้ (Marker)

เทคซัย (2548) กล่าวว่า ในการศึกษาการย่อยได้ในแต่ละส่วนของทางเดินอาหารจะต้องมีสารบ่งชี้ (marker) หรือ indicator ใ้ร่วมกับอาหารทดลองให้เคลื่อนที่ไปพร้อมกับอาหารทดลอง เพื่อให้แสดงถึงปริมาณอาหารที่เคลื่อนผ่านทางเดินอาหารในส่วนต่างๆกันตลอดจนปริมาณมูลที่ถ่ายออกมาทั้งหมด นอกจากนี้ในสัตว์ทดลองที่ไม่สามารถนำไปเลี้ยงในคอกทดลองได้ หรือสัตว์ทดลองที่ไม่จำเป็นจะต้องถูกเลี้ยงในกรงทดลองหรือคอกเสมอไป สามารถที่จะปล่อยเลี้ยงในแปลงหญ้าได้ หรือถ้าเลี้ยงในคอกทดลอง ก็ไม่จำเป็นที่จะต้องเก็บตัวอย่างอาหารหรือมูลทั้งหมด โดยสามารถเก็บตัวอย่างมาเฉพาะบางส่วน ก็สามารถที่จะนำมาวิเคราะห์และประเมินค่าการย่อยได้ โดยใช้สารประกอบที่จะใช้เป็นตัวบ่งชี้ ซึ่งโดยทั่วไป คุณสมบัติของสารบ่งชี้มีดังนี้

1. ต้องไม่มีการย่อยหรือดูดซึมในระบบทางเดินอาหาร
2. ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเพื่อคุณหรือโทษ เมื่อเข้าไปอยู่ในระบบทางเดินอาหาร
3. ผ่านไปในระบบทางเดินอาหารในอัตราเร็วเดียวกับอาหาร
4. วิเคราะห์ทางเคมีได้ง่าย
5. มีการกระจายตัวได้อย่างทั่วถึงในอาหารที่ผสมและอาหารที่อยู่ในระบบทางเดิน

อาหาร

การหาการย่อยได้โดยอาศัยสารบ่งชี้

ในสภาพที่ขาดเครื่องมือที่เหมาะสมหรือในสภาพการทดลองบางชนิดที่ไม่สามารถวัดปริมาณที่กินหรือมูลที่ขับออกมาได้ เช่น กรณีที่เลี้ยงสัตว์เป็นฝูง หรือกรณีที่ปล่อยให้สัตว์ลงแทะเล็มหญ้าในทุ่ง จะสามารถหาการย่อยได้โดยอาศัยสารบ่งชี้ (indicator) ซึ่งมี 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. สารที่มีอยู่ในอาหารนั้นตามธรรมชาติ (natural indicator หรือ internal indicator) เช่น ลิกนิน สารสีในพืช (plant chromogen) หรือเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (acid insoluble ash, AIA ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ ซิลิกา) และ indigestible acid detergent fiber เป็นต้น
2. สารที่เติมลงไป (external indicator) ที่นิยมมากได้แก่ chromic oxide (Cr_2O_3) เพราะเป็นสารที่ไม่ละลายและไม่ถูกย่อย อีกทั้งโครเมียม (Cr) ยังเป็นธาตุที่ไม่ค่อยมีในอาหารทั่วไป สำหรับสารชนิดอื่นที่เหมาะสมกับสัตว์กระเพาะเดี่ยว ได้แก่ titanium dioxide เป็นต้น

สารบ่งชี้ควรจะต้องมีคุณสมบัติดังนี้ คือ จะต้องไม่ถูกละลาย ไม่ถูกดูดซึม (fully recoverable) สามารถไหลผ่านทางเดินอาหารอย่างสม่ำเสมอในอัตราเดียวกันกับอาหาร ไม่มีฤทธิ์เป็นยาและจะต้องวิเคราะห์ทางเคมีได้ง่าย (บุญล้อม, 2541)

**การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในสัตว์ (in vivo digestibility) โดยวิธีดั้งเดิม
(conventional method)**

หลักการโดยทั่วไปของการศึกษาโดยวิธีนี้คือ โคททดลองต้องมีอายุและขนาดน้ำหนักตัวใกล้เคียงกัน สุขภาพดี ไม่ตื่นตกใจง่าย ควรใช้โคททดลองมากกว่า 1 ตัว ทั้งนี้แม้ว่าจะเป็นสัตว์ชนิดเดียวกัน อายุและเพศเดียวกัน ก็อาจมีความสามารถในการย่อยอาหารที่แตกต่างกัน การมีจำนวนซ้ำมากจะทำให้ได้ค่าที่มีความถูกต้องมากขึ้น แต่อาจสิ้นเปลืองแรงงานและค่าใช้จ่ายมาก แต่อย่างไรก็ตามพบว่าควรใช้สัตว์ทดลองอย่างน้อย 4 ตัว (บุญล้อม, 2541) วิธีการศึกษาการย่อยได้แบบนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ช่วงคือ

1. ระยะปรับตัว (preliminary period) เป็นระยะที่ให้สัตว์ทดลองและจุลินทรีย์ภายในกระเพาะหมักให้เข้ากับอาหารทดลอง และเพื่อขับอาหารเดิมที่สัตว์ได้รับออกจากทางเดินอาหารให้หมด สำหรับระยะนี้ควรใช้เวลาประมาณ 10 – 14 วัน

2. ระยะเก็บข้อมูล (collection period) เป็นระยะเวลาที่เก็บและบันทึกปริมาณอาหารที่สัตว์กินและมูลที่ขับออกมาโดยวิธีการสุ่ม และเก็บตัวอย่างที่สุ่มมา 5 – 10 เปอร์เซ็นต์ไว้เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี เพื่อนำไปคำนวณค่าการย่อยได้โดยทั่วไประยะนี้ใช้เวลาประมาณ 7 – 10 วัน หากจำกัดปริมาณอาหารที่ให้ (restrict feeding) และ 10 – 14 วัน หากมีการให้อาหารแบบเต็มที่ (ad lib) หลังจากขั้นตอนการเก็บตัวอย่างแล้ว นำตัวอย่างไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ปริมาณโภชนะที่มีในอาหารที่ศึกษาและในมูลที่โคขับออกมาเพื่อนำไปคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ (บุญล้อม, 2541)

$$\text{สัมประสิทธิ์การย่อยได้ (\%)} = \frac{\text{โภชนะที่กิน} - \text{โภชนะที่ขับออก}}{\text{โภชนะที่กิน}} \times 100$$

การศึกษาการย่อยได้ในตัวสัตว์ (in vivo) โดยวิธีการใช้สารบ่งชี้ (indicator method)

การหาค่าการย่อยได้แบบดั้งเดิมบางครั้งอาจทำให้ได้ข้อมูลที่คลาดเคลื่อนเนื่องจากต้องทราบปริมาณอาหารที่กินและมูลที่ขับออกมาทั้งหมด ซึ่งในระหว่างการทดลองการบันทึกปริมาณมูลที่ขับออกมาทั้งหมดนั้นเป็นเรื่องยาก วิธีการใช้สารบ่งชี้ (indicator or marker) ผสมกับอาหารที่ทำการศึกษาและใช้ปริมาณสารบ่งชี้ดังกล่าวเป็นตัวแปรในการคำนวณหาค่าการย่อยได้ ก็เป็นวิธีที่ช่วยแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ ซึ่งวิธีการหาค่าการย่อยได้โดยใช้สารบ่งชี้นั้นคล้ายคลึงกับการหาค่าการย่อยได้แบบดั้งเดิม ซึ่งสามารถคำนวณค่าการย่อยได้ของโภชนะโดยวิธีการใช้สารบ่งชี้ตามสมการที่เสนอโดย เทอดชัย (2540) ดังนี้

$$\text{สัมประสิทธิ์การย่อยได้ (\%)} = 100 - 100 \times \frac{\% \text{ สารบ่งชี้ในอาหาร} \times \% \text{ โภชนะในมูล}}{\% \text{ สารบ่งชี้ในมูล} \times \% \text{ โภชนะในอาหาร}}$$

ปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยได้ของอาหารในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

เทอดชัย (2548) กล่าวว่า มีปัจจัยอยู่หลายประการที่สามารถทำให้อัตราการย่อยได้ของอาหารที่ให้กับสัตว์เคี้ยวเอื้องเปลี่ยนแปลงไป ได้แก่

1. ปริมาณอาหารที่สัตว์ได้รับ การเพิ่มปริมาณอาหารที่ให้กับสัตว์ทดลอง หรือปริมาณอาหารที่สัตว์กินได้เพิ่มสูงขึ้น จะทำให้การย่อยได้ของโภชนะที่เป็นแหล่งพลังงานลดน้อยลง แต่การย่อยได้ของโภชนะอื่นๆ เปลี่ยนแปลงไม่ชัดเจนถ้าพิจารณาในด้านของ Apparent digestibility แต่ถ้าพิจารณาในด้าน True digestibility แล้วพบว่า การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (Organic matter) จะลดลงเนื่องจากปริมาณอาหารที่มากขึ้น ทำให้อาหารเดินทางผ่านทางเดินอาหารเร็วขึ้น

2. ปริมาณเยื่อใยและ Lignin ที่มีอยู่ในอาหาร โดยทั่วไปแล้วเป็นที่ยอมรับว่าการย่อยได้จะลดลง ถ้าปริมาณเยื่อใยในอาหารเพิ่มขึ้นและเนื่องจากว่า ปริมาณเยื่อใยที่เพิ่มขึ้นนี้จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณ Lignin ที่เพิ่มขึ้นด้วย ซึ่ง Lignin นี้จะเข้าไปจับตัวกับ Cellulose และ Hemicellulose ทำให้เอ็นไซม์ของจุลินทรีย์เข้าย่อย Cellulose และ Hemicellulose ได้น้อยลง ดังนั้นถ้าอาหารมี Lignin หรือเยื่อใยเพิ่มขึ้น การย่อยได้ก็จะลดลง เช่น การย่อยได้ของ Digestible energy ของหญ้าแห้ง Ryegrass ลดลงจาก 83 เปอร์เซ็นต์ ในการตัดครั้งแรกลงเหลือเพียง 63 เปอร์เซ็นต์ ใน

การตัดครั้งที่สี่ที่หญ้ามีอายุเพิ่มมากขึ้น เซลลูโลสและ Lignin ก็เพิ่มขึ้นด้วย ทำให้กล่าวได้ว่าเซลลูโลสและ Lignin เป็นปัจจัยที่สำคัญสำหรับการย่อยได้ของอาหารหยาบ

3. ความแตกต่างด้าน Species ของสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น วัวย่อยอาหารหยาบแห้งได้ดีกว่าแกะ แต่แกะย่อยอาหารชื้นโดยเฉพาะอย่างขี้เถ้าขี้มูลได้ดีกว่าวัว สัตว์เคี้ยวเอื้องทั้งสองชนิดนี้มีความสามารถในการย่อยวัตถุแห้ง โปรตีนและ Digestible energy ไม่แตกต่างกัน

4. การขาดโภชนาบางอย่าง การขาดโภชนาชนิดใดชนิดหนึ่ง อาจมีผลทำให้การย่อยได้ของโภชนาบางอย่างลดน้อยลง เช่น การขาดโปรตีนจะทำให้ Digestible energy ลดน้อยลงทั้งนี้อาจจะเนื่องจากการขาดโปรตีนทำให้การทำงานของจุลินทรีย์มีประสิทธิภาพลดน้อยลงกว่าเดิม

5. ความน่ากินของอาหาร จะมีผลโดยตรงต่อปริมาณที่กินได้ ทำให้มีผลต่อเนื่องถึงอัตราการย่อยได้ด้วย

6. ความถี่ในการให้อาหาร การเพิ่มความถี่ของการให้อาหารที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้การย่อยได้ดีขึ้น และอาจทำให้ Heat loss ลดน้อยลง และ มีการสะสมไนโตรเจน (N- retention) ดีขึ้น

7. การเตรียมอาหารหรือการแปรรูปอาหาร วิธีการบางอย่างในการเตรียมและแปรรูปอาหาร เช่น การบด การอัดเม็ด การใช้ความร้อน จะมีผลทำให้การย่อยได้ที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น ความร้อนจะช่วยให้การย่อยได้ของคาร์โบไฮเดรตดีขึ้น เป็นต้น

8. The associative effect of feedstuffs เป็นปรากฏการณ์ที่อาหารบางชนิด เมื่อนำมารวมกับอาหารชนิดอื่นในการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องแล้ว จะทำให้การย่อยได้หรือคุณค่าทางอาหารเพิ่มสูงขึ้นจากเดิมที่เคยมีการย่อยได้ในระดับหนึ่งเมื่อให้อาหารสัตว์ชนิดนั้นๆแต่เพียงอย่างเดียว เช่น ถ้าใช้ Alfalfa อย่างเดียวเลี้ยงสัตว์ จะมีการย่อยได้ของ Ash 23.4 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าใช้ Alfalfa ร่วมกับอาหารชนิดอื่นจะมีการย่อยได้ของ Ash เพิ่มขึ้นเป็น 40 เปอร์เซ็นต์

9. การปรับตัวให้เข้ากับอาหารที่เปลี่ยนใหม่ สัตว์เคี้ยวเอื้องมีข้อแตกต่างจากสัตว์กระเพาะเดี่ยวในด้านการปรับตัวให้เข้ากับอาหารชนิดใหม่ ได้แก่ การใช้เวลาในการปรับตัวนานกว่าเนื่องจากภายในกระเพาะส่วนหน้าของสัตว์เคี้ยวเอื้องมีจุลินทรีย์อาศัยอยู่ ดังนั้น การเปลี่ยนอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง จึงต้องมีการให้เวลาช่วงหนึ่งสำหรับจุลินทรีย์ในการปรับตัวให้เคยชินกับอาหารชนิดใหม่ ในระยะแรกของการเปลี่ยนอาหาร อาจพบว่ามีการย่อยได้น้อยลงกว่าปกติ และเมื่อเวลาผ่านไป 2-3 สัปดาห์ การย่อยได้จะดีขึ้น เนื่องจากการปรับตัวของจุลินทรีย์

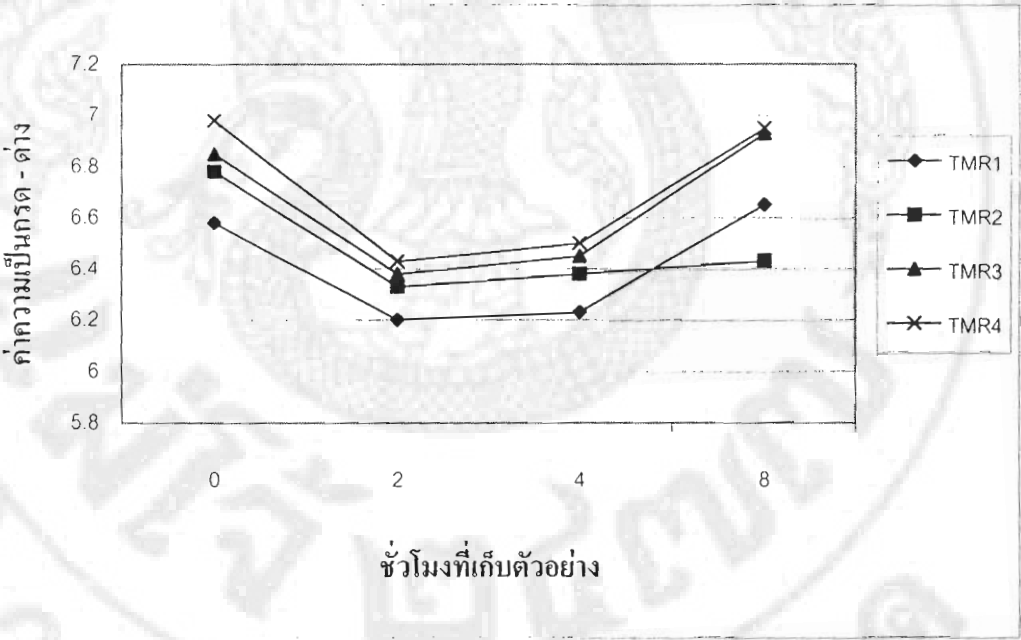
นอกจากปัจจัยต่างๆ นี้แล้ว ยังพบว่า การย่อยได้ยังมีความผันแปรไปได้อีก ถึงแม้ว่าจะทำการทดลองในสัตว์ตัวเดียวกันหรือฝาแฝดก็ตามซึ่งสาเหตุที่ทำให้เกิดความผันแปรนั้น อาจจะอยู่ในปัจจัยดังกล่าวหรืออาจจะเกิดจากสภาพแวดล้อมและสภาพของสัตว์ในขณะนั้น เช่น การตั้งท้องหรือการให้นม เป็นต้น ค่าการย่อยได้โดยทั่วไปในอาหารชนิดต่างแสดงในตาราง 13

ตาราง 13 อัตราการย่อยได้ปกติของอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ ในโค

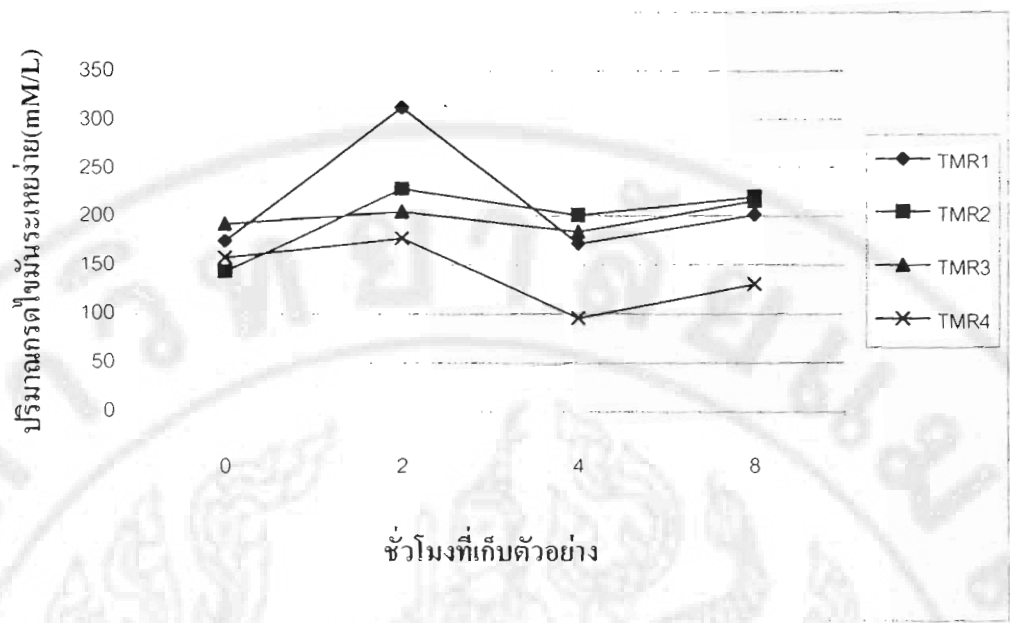
วัตถุดิบอาหาร	สัมประสิทธิ์การย่อยได้ (%)					
	อินทรีย์ วัตถุ	โปรตีน	เยื่อใย	ไนโตรเจน ฟรีเอ็กซ์ แทรก	ไขมัน	TDN
ฟางข้าว,ข้าวสาลี	53	14	58	49	42	32
หญ้าแห้ง :						
-ถั่วอัลฟัลฟา	56	61	39	69	36	50
-หญ้า	54	23	62	50	28	54
หญ้าหมัก :						
-ถั่วอัลฟัลฟา	60	67	52	61	60	14
-หญ้า	71	60	78	70	55	16
เมล็ดธัญพืช :						
-ข้าวบาร์เลย์	81	70	6	88	63	78
-ข้าวโพด	87	75	19	91	87	80
-ข้าวสาลี	88	78	33	92	72	81

ที่มา : ดัดแปลงจากเทอดชัย (2548)

กฐิพงษ์ (2549) ได้ศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในอาหารผสมเสร็จที่มีเปลือก สับประดและฟางข้าวเป็นอาหารหยาบ โดยมีอัตราส่วนของเปลือกสับประดและฟางข้าวดังนี้ 50 : 0, 45 : 5, 40 : 10 และ 35 : 15 โดยใช้สารบ่งชี้คือ เถ้าที่ไม่ละลายในกรด พบว่า ค่าการย่อยได้ของ โปรตีนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติแต่ค่าการย่อยได้ของ NDF และ ADF มีความแตกต่างกันทาง สถิติ ($P<0.05$) โดยอาหารผสมเสร็จที่ไม่มีฟางข้าวเป็นอาหารหยาบมีค่าสูงที่สุดและมีแนวโน้มว่า ระดับของฟางข้าวที่สูงขึ้นมีผลทำให้ค่าการย่อยได้ลดลง นอกจากนี้กฐิพงษ์และคณะ (2549) ได้ ศึกษาเพิ่มเติมถึงผลของอาหารผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดหมักระดับต่างๆที่มีต่อการเปลี่ยนแปลง ของกรดไขมันระเหยง่าย โดยใช้สัดส่วนของเปลือกสับประดหมักและฟางข้าวเหมือนกันกับการ ทดลองแรก พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มี แนวโน้มว่าระดับของฟางข้าวที่สูงขึ้นมีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้น ในขณะที่ปริมาณของ กรดไขมันระเหยง่ายที่เกิดจากการหมักในกระเพาะรูเมนในช่วง 2 ชั่วโมงที่ 2 มีปริมาณสูงที่สุด โดยกรด ไขมันระเหยง่ายที่มีค่าสูงที่สุดคือ กรดอะซิติก กรดโปรปิโอนิกและกรดบิวทีริก (ภาพ1 และ ภาพ 2)



ภาพ 1 ค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมน
ที่มา : คัดแปลงจากกฐิพงษ์และคณะ (2549)



ภาพ 2 ปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายในกระเพาะรูเมน
ที่มา : ภูริพงษ์และคณะ (2549)

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย

การทำงานวิจัยในครั้งนี้ได้เริ่มทำงานวิจัยในช่วงเดือน มิถุนายน พ. ศ. 2548 และ
สิ้นสุดการทำงานวิจัยในเดือน ตุลาคม พ. ศ. 2549

สถานที่ทำการทดลอง

1. ฟาร์มโคนม สาขาวิชาโคนม-โคเนื้อ ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว์ คณะผลิต
กรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
2. ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ สาขาวิชาอาหารสัตว์ ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว์
คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

อุปกรณ์การดำเนินงาน

1. โคนมลูกผสมเพศเมีย โฮลสไตน์-ฟรีเซียน ที่ผ่าตัดเจาะกระเพาะแล้ว น้ำหนัก
ตัวประมาณ 300 กิโลกรัม จำนวน 3 ตัว
2. โรงเรือนแบบผูกยืนโรงซึ่งมีบริเวณให้อาหารและน้ำแยกอิสระต่อกัน
3. เครื่องชั่งน้ำหนักขนาด 20 กิโลกรัมสำหรับชั่งอาหารทดลองและขนาด 100
กิโลกรัมสำหรับชั่งวัตถุดิบอาหารสัตว์
4. เครื่องวัดค่า pH
5. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างอาหารทดลองและมูล
6. อุปกรณ์ที่ใช้ในการให้อาหารโคทดลอง
7. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำความสะอาดคอกทดลอง
8. อุปกรณ์และชุดวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาในห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาถึงผลของอาหารผสมเสร็จที่มีต่อโคสาวทดลอง โดยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

- ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาคุณค่าทางโภชนะของฟางข้าวธรรมดา ฟางข้าวหมักยูเรีย และอาหารทดลองทั้ง 3 สูตร
- ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมน
- ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาการย่อยได้ในตัวสัตว์ (in vivo) โดยวิธีการใช้สารบ่งชี้ (indicator method) คือ เถ้าที่ไม่ละลายในกรด (acid insoluble ash, AIA)

การทดลองวางแผนการทดลองแบบ 3x3 Latin Square Design (LSD) โดยใช้ อาหารทดลอง 3 สูตร ดังนี้ (ตาราง 15)

- สูตรที่ 1 อาหารข้น เสริมด้วยฟางข้าว (ทรีทเมนต์ที่ 1)
- สูตรที่ 2 อาหารผสมเสร็จที่มีฟางข้าวเป็นอาหารขยายหลัก, TMR1 (ทรีทเมนต์ที่ 2)
- สูตรที่ 3 อาหารผสมเสร็จที่มีฟางข้าวหมักยูเรียเป็นอาหารขยายหลัก, TMR2 (ทรีทเมนต์ที่ 3)

ตาราง 14 แผนผังการจัดทรีทเมนต์และการหมุนเวียนอาหารทดลอง

ช่วงการทดลองที่	โคทดลองตัวที่		
	1	2	3
1	T1	T2	T3
2	T3	T1	T2
3	T2	T3	T1

หมายเหตุ แต่ละช่วงการทดลองใช้ระยะเวลา 15 วัน รวมระยะทดลองให้อาหารและเก็บตัวอย่าง ทั้งสิ้น 45 วัน

สัตว์ทดลองและการให้อาหาร

ใช้โคนมเพศเมียพันธุ์ลูกผสม (โฮลสไตน์ฟริเซียน x พื้นเมือง) อายุประมาณ 2 ปี น้ำหนักประมาณ 300 กิโลกรัม จำนวน 3 ตัว แต่ละตัวถูกเจาะกระเพาะรูเมนแบบถาวร โคทุกตัวอยู่ในคอกแบบผูกยืนโรงที่มีบริเวณที่ให้อาหารและน้ำอย่างอิสระตลอดเวลา ให้อาหารโคทดลองในอัตรา 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวในสภาพวัตถุแห้ง ต่อตัวต่อวันหรือประมาณ 12 กิโลกรัมต่อตัวต่อวันโดยให้อาหารวันละ 2 เวลา คือ 07.00 น. และ 17.00 น. เพื่อให้โคทดลองและจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนมีการปรับตัวจึงใช้เวลา 15 วัน ให้อาหารทดลองแต่ละสูตร

วิธีการทดลอง

1. เก็บตัวอย่าง ฟางข้าว ฟางข้าวหมักยูเรียและอาหารทดลองมาวิเคราะห์หาค่าโภชนะที่มีอยู่ในอาหารทดลอง โดยนำตัวอย่างอาหารที่เก็บได้มาอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสจนแห้ง แล้วนำมาบดให้ละเอียด เพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าโภชนะในห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์
2. เก็บตัวอย่างค่าความเป็นกรด-ด่าง ในกระเพาะรูเมนในวันสุดท้ายของแต่ละช่วงการทดลอง เริ่มเก็บตั้งแต่ ชั่วโมงที่ 0 (ก่อนให้อาหารช่วงเช้า) และหลังให้อาหาร ชั่วโมงที่ 1 2 3 4 6 8 และ 12 เก็บตัวอย่างของเหลวในรูเมนโดยการสั้วผ่านช่องกระเพาะที่เจาะไว้เอาอาหารในกระเพาะออกมารองด้วยผ้าขาวบาง เก็บของเหลวมา 100 มิลลิลิตร จากนั้น วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่างเคลื่อนที่ โดยรอให้ตัวเลขในเครื่องวัดค่าหยุดนิ่งแล้วจึงบันทึกค่า ความเป็นกรด-ด่างโดยทำเช่นเดียวกันนี้ทุกชั่วโมง
3. ให้โคทดลองได้รับอาหารทั้ง 3 สูตร โดยให้อาหารคิดเป็น 3 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวในสภาพวัตถุแห้ง ในแต่ช่วงการทดลอง (period) ใช้เวลาทดลองทั้งหมด 15 วัน โดย 10 วันแรก เพื่อให้โคทดลองและจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนได้ปรับตัวให้เข้ากับอาหารทดลองที่ได้รับ (preliminary period) และ 5 วันสุดท้ายสำหรับเก็บข้อมูล (collection period) บันทึกปริมาณการกินอาหาร สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารและมูลในช่วง 5 วันสุดท้ายโดยสุ่มเป็นรายตัว และเก็บทุกๆวันติดต่อกัน สุ่มเก็บตัวอย่างมูลวันละ 2 ครั้ง คือเวลา 7.00 น. และ 17.00 น. ในแต่ละเวลาสุ่มเก็บตัวอย่างจำนวน 500 กรัม นำมูลสัตว์ที่เก็บในแต่ละวันมาผสมกันแล้วสุ่มมาประมาณ 500 กรัม นำมาอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสจนแห้ง หลังจากนั้นนำมาวิเคราะห์หา AIA รวมทั้งโภชนะที่เหลืออยู่ในมูลเพื่อหาการย่อยได้ของโภชนะดังนี้ (เทอดชัย, 2548)

$$\text{สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (\%)} = 100 - 100 \times \frac{\% \text{AIA ในอาหาร}}{\% \text{AIA ในมูล}}$$

$$\text{สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ (\%)} = 100 - 100 \times \frac{(\% \text{AIA ในอาหาร} \times \% \text{ โภชนะในมูล})}{(\% \text{AIA ในมูล} \times \% \text{ โภชนะในอาหาร})}$$

การวิเคราะห์ทางสถิติ

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าความเป็นกรด-ด่าง และ ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของ โภชนะ โดยใช้วิธีวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ (analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบ Latin Square Design และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's new multiple range test. DMRT (สุทัศน์. 2540)

ตาราง 15 สูตรอาหารทดลอง

วัตถุดิบ (กก.)	สูตรอาหารทดลอง		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
ฟางข้าว	-	20.00	-
ฟางข้าวหมักยูเรีย	-	-	20.00
ปลายข้าว	5.30	25.00	13.50
ใบกระถินแห้ง	25.00	21.00	26.00
ข้าวโพดบด	20.50	19.00	15.00
รำละเอียด	44.70	9.50	21.00
กากน้ำตาล	2.00	2.50	2.00
ยูเรีย	0.25	1.55	0.90
ไคแคลเซียมฟอสเฟต	1.25	0.45	0.60
กำมะถัน	0.10	0.10	0.10
เกลือ	0.90	0.90	0.90
รวม	100.00	100.00	100.00
โภชนาที่คำนวณ (%)			
CP	16.02	16.06	16.01
TDN	70.9	70.1	70.1

หมายเหตุ อัตราส่วนของอาหารข้นและอาหารหยาบใช้ตามคำแนะนำของ NRC ในตาราง 3

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

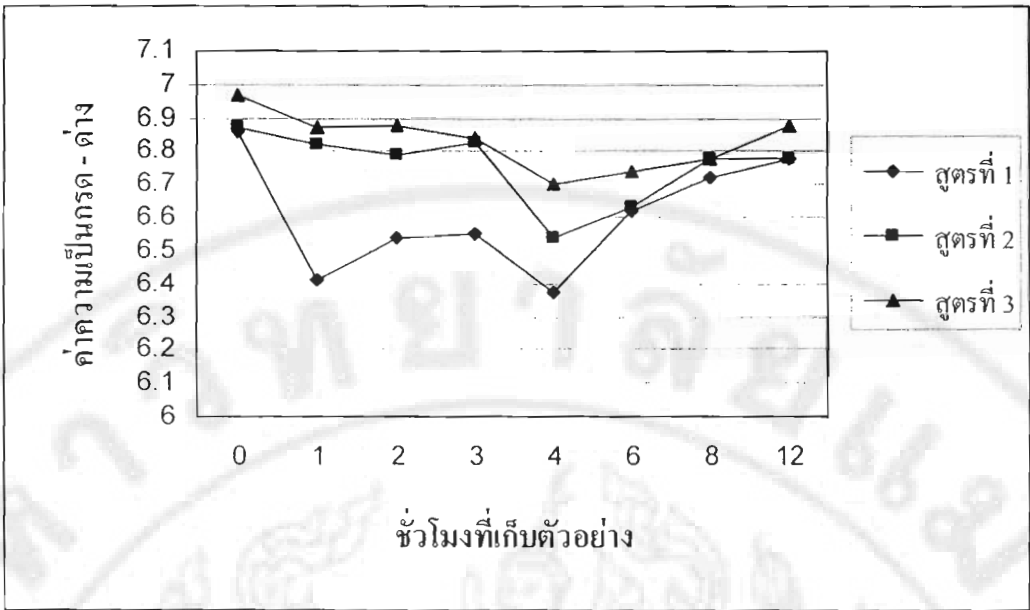
คุณค่าทางโภชนาของฟางข้าวธรรมดา ฟางข้าวหมักยูเรียและอาหารทดลองทั้ง 3 สูตร

ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาของฟางข้าวธรรมดา ฟางข้าวหมักยูเรียและอาหารทดลองทั้ง 3 สูตร ณ ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ แสดงผลในตาราง 16

ตาราง 16 คุณค่าทางโภชนาของ ฟางข้าว ฟางข้าวหมักยูเรียและอาหารทดลองทั้ง 3 สูตร

โภชนะ (% DM)	ฟางข้าว	ฟางข้าวหมัก ยูเรีย	อาหารทดลอง		
			สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
วัตถุแห้ง	92.06	94.07	90.90	90.17	95.00
โปรตีน	3.83	7.45	11.21	11.88	12.20
ไขมัน	1.53	1.43	7.88	2.93	5.39
เยื่อใย	29.15	32.72	11.18	13.01	15.44
NFE	36.40	33.76	45.74	47.24	49.40
NDF	65.48	62.76	25.26	32.24	35.46
ADF	45.53	48.86	13.89	19.69	22.61
เซลลูโลส	36.71	40.58	7.01	11.09	16.40
เฮมิเซลลูโลส	19.94	13.89	11.36	12.55	12.85
พลังงานรวม, MJ/Kg	2.20	3.09	3.99	4.03	4.30
AIA	10.15	8.79	0.73	2.45	1.97

จากตารางพบว่าค่าวัตถุแห้งฟางข้าวธรรมดาและอาหารทดลองสูตรที่ 1และสูตรที่ 2 ใกล้เคียงกันซึ่งมีค่าเท่ากับ 92.06, 90.90และ90.17 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่วัตถุแห้งของฟางข้าวหมักยูเรียและอาหารทดลองสูตรที่ 3 มีค่าวัตถุแห้งสูงกว่าเท่ากับ 94.07และ95.00 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของระดับของโปรตีนนั้นอาหารทดลองทั้ง 3 สูตรมีค่าโปรตีนที่ใกล้เคียงกันคือเท่ากับ 11.21, 11.88และ 12.20 เปอร์เซ็นต์ ระดับของ NDF ในสูตรอาหารทดลองมีค่าเท่ากับ 25.26, 32.24และ35.46 เปอร์เซ็นต์ ADF มีค่าเท่ากับ 13.89, 19.69และ22.61 เปอร์เซ็นต์



ภาพ 3 ค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนของโคทดลองที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 3 สูตร

ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ

จากการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะในอาหารทดลองทั้ง 3 สูตร โดยใช้วิธีการศึกษาการย่อยได้ในตัวสัตว์โดยใช้สารบ่งชี้ คือ เถ้าที่ไม่ละลายในกรด พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบแห้ง ไขมัน เยื่อใย ในโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก NDF ADF เซมิเซลลูโลสและพลังงานรวม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีแนวโน้มที่ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอาหารทดลองสูตรที่ 3 จะดีกว่าอาหารทดลองสูตรที่ 2 และ 1 ตามลำดับ ในขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนและเซลลูโลสมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนในอาหารทดลองสูตรที่ 3 ดีกว่าอาหารทดลองสูตรที่ 1 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเซลลูโลสในอาหารทดลองสูตรที่ 3 ดีกว่าอาหารทดลองสูตรที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ดังค่าเฉลี่ยที่แสดงในตาราง 18

ตาราง 18 ค่าเฉลี่ยค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของ โภชนะของอาหารทดลองทั้ง 3 สูตร
(เฉลี่ย ± ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)

ค่าการย่อยได้ (%)	อาหารทดลอง		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
วัตถุแห้ง	42.26±8.23	63.80±4.12	79.58±2.03
โปรตีน	48.06 ^ก ±2.67	69.97 ^{กข} ±1.19	79.71 ^ข ±2.92
ไขมัน	79.76±0.87	74.11±4.21	89.58±9.68
เยื่อใย	26.89±2.34	36.22±1.52	53.73±2.57
NFE	62.73±5.53	72.73±7.42	92.01±1.75
NDF	34.41±5.04	54.06±1.70	71.19±2.25
ADF	22.00±3.91	39.36±1.78	63.10±2.91
เซลลูโลส	31.50 ^ก ±2.99	22.85 ^ก ±1.60	69.40 ^ข ±3.48
เฮมิเซลลูโลส	54.06±6.95	77.15±2.87	85.43±1.09
พลังงานรวม	50.46±2.30	68.36±1.99	80.71±2.61
TDN	47.09±2.93	52.23±3.35	74.30±1.59

หมายเหตุ ^{กข} ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีตัวอักษรต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

วิจารณ์ผลการทดลอง

คุณค่าทางโภชนาของฟางข้าวธรรมดา ฟางข้าวหมักยูเรียและอาหารทดลองทั้ง 3 สูตร

เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนหยาบในอาหารทดลองทั้ง 3 สูตร มีค่าเท่ากับ 11.21 11.88 และ 12.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่ได้คำนวณไว้ที่มีค่าเท่ากับ 16 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอาจเป็นเพราะค่าโภชนาที่ใช้ในการคำนวณสูตรอาหารมีค่าไม่เท่ากับค่าโภชนาที่มีอยู่ในวัตถุดิบที่ใช้ในการผสมซึ่งในการคำนวณได้อ้างอิงตารางแสดงค่าโภชนาของวัตถุดิบอาหารสัตว์แต่ละชนิดที่รวบรวมโดยเมธาและฉลอง (2533) และอาจเกิดจากความผิดพลาดในขั้นตอนของการชั่งวัตถุดิบอาหารเพื่อใช้ในการผสมซึ่งสอดคล้องกับพันทิพา (2539) กล่าวว่าในการผสมอาหารจะมีปัจจัยที่เป็นสาเหตุให้เกิดความแปรปรวนของค่าโภชนาในสูตรอาหารซึ่งเกิดจากการชั่งวัตถุดิบอาหารและค่าโภชนาในวัตถุดิบอาหารอาจจะไม่ตรงกับที่ได้วิเคราะห์เอาไว้ นอกจากนี้กรมส่งเสริมการเกษตร (2549) ได้รายงานว่าอาหารสัตว์ที่มียูเรียเป็นส่วนประกอบไม่สามารถเก็บไว้ได้นานเพราะจะทำให้ยูเรียเกิดการแตกตัวซึ่งมีผลทำให้คุณค่าของอาหารลดลงได้

ในส่วนของระดับของ NDF และ ADF ฉลองและคณะ (2540) รายงานว่าระดับของ NDF และ ADF ที่เหมาะสมในสูตรอาหารผสมเสร็จควรมีค่า NDF เท่ากับ 30 – 35 เปอร์เซ็นต์ และ ADF เท่ากับ 21 เปอร์เซ็นต์ นั้น พบว่า อาหารทดลองสูตรที่ 3 ซึ่งเป็นอาหารผสมเสร็จ มีค่า NDF และ ADF ในระดับที่เหมาะสม คือ มีค่าเท่ากับ 35.46 และ 21.61 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนอาหารทดลองสูตรที่ 2 ซึ่งเป็นอาหารผสมเสร็จเช่นเดียวกับอาหารทดลองสูตรที่ 3 นั้น มีระดับของ NDF ที่เหมาะสมซึ่งมีค่าเท่ากับ 32.24 เปอร์เซ็นต์ แต่ระดับของ ADF ต่ำกว่าระดับที่เหมาะสมซึ่งมีค่าเท่ากับ 19.69 เปอร์เซ็นต์

ส่วนของฟางข้าวมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบเท่ากับ 3.82 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำมาปรับปรุงคุณภาพโดยการหมักด้วยยูเรีย พบว่า เปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบสูงขึ้นเป็น 7.45 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับ บุญล้อม (2527) ได้รายงานว่ ฟางข้าวหมักยูเรียจะมีโปรตีนสูงกว่าฟางข้าวธรรมดาประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์

ความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมน

จากผลการทดลองข้างต้นนั้น (ภาพ 1) แม้ว่าการวิเคราะห์ทางสถิติจะไม่มี ความแตกต่างกัน แต่ค่าความเป็นกรด-ด่างของโคสาวทดลองกลุ่มที่ 1 ที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ 1 ลดต่ำลงอย่างเห็นได้ชัดในชั่วโมงแรกหลังจากได้รับอาหารนั้นเป็นเพราะว่าอาหารทดลองสูตรที่ 1 เป็นอาหารข้นและเสริมด้วยฟางข้าวธรรมดาและเมื่อโคได้รับอาหารข้นจะทำให้กระบวนการหมักคาร์โบไฮเดรตจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้การผลิตกรดที่สูง ค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนจึงลดต่ำลงอย่างรวดเร็วและเมื่อโคได้รับอาหารหยาบ ค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนจึงเพิ่มสูงขึ้นเพราะว่า ในขณะที่โคกินอาหารหยาบจะมีการหลั่งน้ำลายออกมาในปริมาณมากและน้ำลายก็จะลงไปในกระเพาะรูเมนมากขึ้นจึงเป็นผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้น แต่โคสาวทดลองที่ได้รับอาหารอาหารทดลองสูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 นั้นเป็นอาหารผสมเสร็จโคจะได้รับอาหารข้นและอาหารหยาบพร้อมกัน จึงเกิดการหลั่งน้ำลายในขณะที่กินอาหารด้วยจึงทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงเพียงเล็กน้อย และเมื่อถึงชั่วโมงที่ 4 หลังจากโคสาวทดลองกินอาหารนั้นค่าความเป็นกรด - ด่างภายในกระเพาะรูเมนของโคสาวทดลองลดต่ำสุดนั้น เมธา (2533) ได้รายงานไว้ว่าระดับการหมักในกระเพาะรูเมนจะเกิดขึ้นสูงสุดระหว่าง 2-4 ชั่วโมงแรกหลังจากโคได้กินอาหาร และเป็นไปได้ว่าในชั่วโมงที่ 4 น่าจะมีความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้สูงที่สุด ซึ่งบุญล้อม (2541) ได้รายงานว่าค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนจะกลับกันกับปริมาณกรดไขมันระเหยได้ คือ ถ้ากรดไขมันระเหยได้มีความเข้มข้นสูงค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนจะยิ่งต่ำลง นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับพนัสและคณะ (2538) ได้ศึกษาผลของอาหารผสมสำเร็จอัดแท่งต่อการหมักย่อยในรูเมนและเลือดโค ได้เก็บตัวอย่างค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนพบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนลดต่ำสุดในชั่วโมงที่ 4 และเพิ่มขึ้นจนถึงชั่วโมงที่ 12 หลังให้อาหาร เทอดชัย (2548) ได้รายงานว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างที่มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ 5.5-7.0 ซึ่งสามารถทำให้จุลินทรีย์ทำงานได้ดีซึ่งใกล้เคียงกับรายงานของ บุญล้อม (2541) ที่อธิบายว่าจุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ย่อยเยื่อใยจะเจริญและทำงานได้ดีที่ค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 6.2-6.8 และจุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ย่อยแป้งจะเจริญและทำงานได้ดีที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ 5.2-6.0 นอกจากนี้ฉลองและคณะ (2540) รายงานว่าการให้อาหารผสมเสร็จจะให้ค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าการให้อาหารแบบแยกประเภทเป็นอาหารข้นและอาหารหยาบทำให้จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนทำงานได้ดีกว่าการให้อาหารแบบแยกส่วนจึงเห็นได้ว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของโคสาวทดลองกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จมีค่าความเป็นกรด-ด่างค่อนข้างคงที่กว่าโคสาวทดลองที่ได้รับอาหารแบบแยกส่วน

ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ

จากผลการทดลองข้างต้นอาหารทดลองสูตรที่ 3 มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนและเซลลูโลสดีที่สุดเป็นเพราะว่าอาหารทดลองสูตรที่ 3 เป็นอาหารผสมเสร็จที่มีฟางข้าวหมักยูเรียเป็นวัตถุดิบอาหารหยาบจึงทำให้โคสาวทดลองสามารถใช้ประโยชน์จากอาหารผสมเสร็จได้อย่างเต็มที่ในขณะที่อาหารทดลองสูตรที่ 2 ซึ่งอาหารผสมเสร็จเช่นกันแต่มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนต่ำกว่าสูตรที่ 3 และโภชนะตัวอื่นๆก็มีแนวโน้มว่าต่ำกว่า เพราะในสูตรที่ 2 นี้ใช้ฟางข้าวธรรมดาเป็นวัตถุดิบอาหารหยาบจึงทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ต่ำกว่าส่วนอาหารทดลองสูตรที่ 1 มีลักษณะคล้ายกับอาหารทดลองสูตรที่ 2 ซึ่งเป็นอาหารข้นเสริมด้วยฟางข้าวธรรมดาจึงทำให้มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ต่ำสุดซึ่งสอดคล้องกับรายงานของเมธา (2531) ที่รายงานว่าฟางข้าวมีโภชนะอยู่ต่ำและมีคาร์โบไฮเดรตส่วนที่เป็นโครงสร้างอยู่ในปริมาณที่สูงและในฟางข้าวมีซิลิกาในปริมาณที่สูงซึ่งซิลิกามีส่วนทำให้การใช้ประโยชน์ของฟางข้าวลดลงและการปรับปรุงฟางข้าวจะมีผลทำให้การย่อยได้ของฟางข้าวเพิ่มขึ้น ทำให้โคสามารถกินฟางข้าวได้มากขึ้นและเป็นการเพิ่มเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบในฟางข้าวให้สูงขึ้น นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับรายงานของ วีระศักดิ์และเมธา (2526) ที่ได้ศึกษาถึงผลการใช้ฟางข้าวหมักด้วยยูเรียต่อค่าการย่อยได้ของโภชนะในกระบือ โดยแบ่งกลุ่มทดลองออกเป็น 3 กลุ่มคือ ฟางข้าว ฟางข้าวหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์และฟางหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ค่าการย่อยได้ของฟางข้าวและฟางหมักยูเรีย ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าค่าการย่อยได้ของฟางข้าวหมักยูเรียสูงกว่าฟางข้าวและ ภูริพงษ์ (2549ก) ได้รายงานการศึกษาการย่อยได้ของอาหารผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดหมักและฟางข้าวเป็นอาหารหยาบว่าระดับของฟางข้าวที่สูงขึ้นมีผลทำให้ค่าการย่อยได้ของโภชนะในอาหารผสมเสร็จลดลง นอกจากนี้ผลการทดลองครั้งนี้ขัดแย้งกับ ไพนุลย์และคณะ (2540) ได้ศึกษาผลของการใช้อาหารผสมสำเร็จรูป 14 % โปรตีน ที่มีต่อการย่อยได้ของโภชนะ โดยแบ่งอาหารทดลองออกเป็น 4 สูตร พบว่า สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอาหารขั้นนั้นมีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้สูงกว่าอาหารผสมสำเร็จรูปจะเป็นเพราะว่าในการทดลองนี้อาหารขั้นมีการเสริมหญ้าขึ้นให้กับโคทดลอง จึงทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอาหารขั้นดีกว่าอาหารผสมสำเร็จรูป นอกจากนี้ Owen (1981) ได้รายงานว่าความถี่ในการให้อาหารมีผลต่อการเพิ่มการย่อยได้ โดยเฉพาะเมื่ออาหารที่ใช้เป็นอาหารที่มีคุณภาพต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับ Allen (1991) ได้รายงานว่าการให้อาหารผสมเสร็จควรจะให้อย่างน้อยวันละ 4 ครั้ง เพื่อให้ผลของการย่อยได้มีประสิทธิภาพอย่างเต็มที่ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ได้ให้อาหารโคทดลองซึ่งเป็นอาหารผสมเสร็จวันละ 2 ครั้งจึงทำให้มีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ต่ำ

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรด – ด่างกับค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ

จากการทดลองวัดค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนและค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะของโคสาวทดลองทั้ง 3 ตัว ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 3 สูตร พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนและค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะของโคสาวทดลองที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 มีค่าต่ำกว่าโคที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ 2 และ 3 แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) เนื่องจากว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ 1 ไม่สม่ำเสมอ (ภาพ 1) มีความผันแปรตามวิธีการที่แยกให้อาหารขึ้นกับอาหารหยาบมีผลทำให้จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนทำงานได้ไม่เต็มที่จึงทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะต่ำ โดยเฉพาะโปรตีนและเซลลูโลส ในขณะที่โคที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ 2 และ 3 ซึ่งเป็นอาหารผสมเสร็จนั้นค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนของโคค่อนข้างจะสม่ำเสมอว่าโคที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ 1 จึงทำให้จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนสามารถทำงานได้เต็มที่ ทำให้มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะสูงกว่าซึ่งสอดคล้องกับ ฉลองและคณะ (2540) ได้รายงานว่าอาหารผสมเสร็จมีผลทำให้กระเพาะรูเมนของโคสามารถใช้อาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น การย่อยได้ของอาหารดีขึ้นและทำให้โคสามารถแสดงศักยภาพการให้ผลผลิตได้อย่างเต็มที่

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

1. คุณค่าทางโภชนาการในอาหารทดลองทั้ง 3 สูตร โปรตีนมีค่าเท่ากับ 11.21 11.88 และ 12.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าที่คำนวณไว้ที่ระดับ 16 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ค่า NDF และ ADF อยู่ในระดับที่เหมาะสมซึ่ง NDF มีค่าเท่ากับ 25.26 32.24 และ 35.46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และ ADF มีค่าเท่ากับ 13.89 19.69 และ 22.61 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ
2. โคสาวทดลองที่ได้รับอาหารทั้ง 3 สูตร ไปในทิศทางเดียวกัน คือ มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) สูงประมาณ 6.8-6.9 ในช่วงก่อนให้อาหารและค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ลดต่ำลง ไปจนถึงชั่วโมงที่ 4 หลังให้อาหารซึ่งมีค่าต่ำสุดและค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนถึงชั่วโมงที่ 12
3. ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของ วัตถุแห้ง ไขมัน เยื่อใย ในโตรเจนฟรีเอ็กแทรก NDF ADF ADL Hemicellulose และพลังงานรวม ไม่มีความแตกต่างกัน โดยอาหารทดลองสูตรที่ 3 มีค่าเฉลี่ยการย่อยได้สูงที่สุด รองลงมาคือ อาหารทดลองสูตรที่ 2 และ 1 ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนและ Cellulose มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีน ทริทเมนต์ที่ 3 มีค่าสูงกว่า ทริทเมนต์ที่ 1 และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของ Cellulose ในทริทเมนต์ที่ 3 สูงกว่า ทริทเมนต์ที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

1. ฟางหมักยูเรียมีความชื้นสูง ในการนำมาผสมเป็นอาหารผสมเสร็จควรเตรียม แยกกันระหว่างอาหารข้นและฟางหมักยูเรีย เมื่อจะนำมาใช้จึงจะนำมาผสมรวมกันตามสัดส่วนที่เตรียมไว้และควรผสมแค่พอใช้ในแต่ละมื้อไม่ควรผสมเกินเพราะจะทำให้อาหารผสมเสร็จขึ้นราได้
2. ในการใช้อาหารหยาบคุณภาพต่ำมาผสมเป็นอาหารผสมเสร็จนั้น ควรมีการปรับปรุงคุณภาพของอาหารหยาบนั่นๆ ก่อน เพื่อให้โคจะสามารถใช้ประโยชน์ได้ดีขึ้น
3. ก่อนที่จะนำฟางหมักยูเรียมาใช้ควรนำมาผึ่งลมก่อนเพื่อลดกลิ่นของแอมโมเนีย ที่มีอยู่ในฟางหมักยูเรีย

บรรณานุกรม

- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2549. วัตถุดิบอาหารที่ให้โปรตีน. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.doae.go.th/Library/html/detail/afood/afood22.htm>. (22 กันยายน 2549).
- กรุง วิลาชัย ฉลอง วชิราภกร เมธา วรรณพัฒน์และนิโรจน์ ศรสูงเนิน. 2547. ผลของสัดส่วนของ ชังข้าวโพดและฟางข้าวเป็นแหล่งของเชื้อใยในอาหารสำเร็จรูปต่อปริมาณการกินได้อิสระ ผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนมในโคนม. น. 224-230. ใน การประชุมสัมมนาวิชาการ เกษตรแห่งชาติ ประจำปี 2547 สาขาสัตวศาสตร์/สัตวบาล ระหว่างวันที่ 27-28 มกราคม 2547. ขอนแก่น: โรงแรมโซฟิเทลราชาออคิด.
- จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา. 2541. อาหาร “TMR” กับการเลี้ยงโคนม-โคเนื้อ. เอกสารเผยแพร่ ความรู้และบริการด้านอาหารสัตว์. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์.
- จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา ธวัชชัย สุวรรณกำจาย และชาญชัย มณีคุลย์. 2528. การใช้เปลือก สับประรดเป็นอาหารสำหรับโคหย่านม. สัตวแพทยสาร 36(4) : 357-365.
- ฉลอง วชิราภกร เทอดศักดิ์ ปุระมงคล และ วุฒิชัย สีเผือก. 2540. อาหารทีเอ็มอาร์ (Total Mixed Ration, TMR) หรือ อาหารสมบูรณ์ (Complete Ration, CR) สำหรับโคนม. โคนม 16(5): 53-58.
- เฉลิมพล เขื่องกลาง เมธา วรรณพัฒน์และ ฉลอง วชิราภกร. 2543. ผลของระดับการเสริม อาหารเม็ดคุณภาพสูงและอาหารข้นต่อกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนผลผลิตและ องค์ประกอบของน้ำนมในโคนม. วิจัย มข 5(2) : 50-60.
- เทอดชัย เวียรศิลป์. 2542. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. พิมพ์ครั้งที่4. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตว ศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 343 น.
- _____. 2548. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. พิมพ์ครั้งที่5. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 357 น.
- นิรนาม. 2546. อาหาร TMR กับการเลี้ยงโคนม-โคเนื้อ. สัตว์บก 10(120) : 140-143.
- นรินทร์ ทองวิทยา และ เผ่าพงษ์ บุรณะพงษ์. 2540. คู่มือวิเคราะห์หาคูณค่าทางโภชนะของอาหาร. เชียงใหม่: ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 36 น.
- บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2527. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวบาล. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 257 น.
- _____. 2541. โภชนศาสตร์สัตว์. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 170 น.

ปรารณา พุกกะศรี. 2537. การเลี้ยงโคโดยไม่ใช้หญ้า กิน TMR โคอ้วนพี. โค-กระบือ 17(6) : 59-68.

พนัส ธรรมกิตติวงศ์ พรศรี ชัยรัตนยุทธ์ และ สมเกียรติ ทิมพัฒน์พงศ์. 2538. ผลของอาหารผสมสำเร็จอัดแท่งต่อการหมักย่อยในรูเมนและเลือดโค. เกษตรศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ 19(3): 314-325.

พนัส ธรรมกิตติวงศ์ พรศรี ชัยรัตนยุทธ์ และ นาม บัวทอง. 2539. อิทธิพลของอาหารผสมสำเร็จต่อการหมักย่อยในรูเมนและการเจริญเติบโตของลูกโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชียน. วิทยาการเกษตร สาขาวิทยาศาสตร์ 30(3): 322-329.

พันทิพา พงษ์เพ็ชรจันทร์. 2539. การผลิตอาหารสัตว์. เชียงใหม่ : ภาควิชาสัตวศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 294 น.

_____. 2543. อาหารและการย่อยอาหาร. น. 43-78. ใน สัตวศาสตร์และการผลิตสัตว์เบื้องต้น. เชียงใหม่ : ภาควิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ไพบุลย์ ใจเด็ด กมล ริมศิริ และ จงกลณี วงศ์แก้ว. 2540. ผลของการใช้อาหารผสมสำเร็จรูป(TMR) 14 % โปรตีน ที่มีต่อปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชียน. สัตวบาล 7(39): 63-72.

ภูริพงษ์ จิตรมะโน. 2549. การย่อยได้ของโภชนะในอาหารผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดหมักและฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 159 น.

ภูริพงษ์ จิตรมะโน สมปอง สรรวมศิริ และ พริวัจน์ ชูเพ็ง. 2549. ผลของอาหารผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดหมักในระดับต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันระเหยง่ายในกระเพาะรูเมน. น. 231-239. ใน. รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 7 ระหว่างวันที่ 25-26 พฤษภาคม 2549. เชียงใหม่ : สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

เมธา วรรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ขอนแก่น : ภาควิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 387 น.

เมธา วรรณพัฒน์ อติศักดิ์ สังข์แก้ว และ เวชสิทธิ์ ไทบุราณ. 2533. การศึกษาเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนะของฟางข้าวข้าวและฟางข้าวเหนียวเพื่อเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง. แก่นเกษตร 18 (3) : 132-141.

เมธา วรรณพัฒน์ และ จลอง วชิราภากร. 2533. เทคนิคการให้อาหารโคเนื้อและโคนม. ขอนแก่น: ภาควิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 142 น.

เมธา วรรณพัฒน์. 2531. ฟางข้าว: อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง. ขอนแก่น: ภาควิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 68 น.

- วีระพล แจ่มสวัสดิ์. 2539. ผลการใช้ฟางข้าวหมักยูเรีย เปลือกสับปะรดและหญ้าขนเลี้ยงโคกำลังให้นมในฤดูแล้ง. *ศูนย์บางพระ* 33(2) : 12-17.
- วีระศักดิ์ วงศ์ศรีแก้ว และ เมธา วรรณพัฒน์. 2526. ผลการใช้ฟางข้าวหมักยูเรียต่อน้ำหนักสัมประสิทธิ์การย่อยได้และค่าโลหิตวิทยาของกระบือ. *แก่นเกษตร* 11(5) : 233-239.
- สมชาย จันทร์ผ่องแสง. 2540. การเลี้ยงโคนม. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 311 น.
- สมชาย จันทร์ผ่องแสง. 2538. การใช้ Complete feed หรือ TMR ในการเลี้ยงโคนม. *โคนม* 14(3): 53-54.
- สมคิด พรหมมา. 2542. การจัดสัดส่วนอาหารโคนมโดยใช้โปรแกรม XRATION. คู่มือการใช้โปรแกรม XRATION. 6 น.
- สุทัศน์ ศิริ. 2540. เทคนิคการวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์งานวิจัยทางสัตว. เชียงใหม่ : ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว มหวิทยาลัยแม่โจ้. 194 น.
- สุรัชย์ ไควสุวรรณ ฉลอง วชิราภากร และ เมธา วรรณพัฒน์. 2544. ผลของกากเบียร์แห้งทดแทนอาหารข้นในอาหารของโคนม. *วิจัย มข ฉบับบัณฑิตศึกษา* 1(1) : 1-11.
- อนุชา ศิริ พิสุทธิ เนียมทรัพย์ และ สมปอง สรวมศิริ. 2537. การศึกษาอัตราส่วนของฟางฉั้วเหลืองและฟางข้าวในการหมักด้วยยูเรียที่มีผลต่อสมรรถภาพของโค. *วิจัยและส่งเสริมการเกษตรสถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้*. 11(2) : 68-75.
- Allen, M.S. 1991. Carbohydrate Nutrition Veterinary Clinics of North America. **Food Animal Practice** 7 (2) : 327 – 340.
- Bargo, F., L.D. Muller, and T.W. Cassidy. 2002. Ruminant digestion and fermentation of high-production dairy cows with three different feeding systems combining pasture and total mixed rations. **J. Dairy Sci.** 85 : 2964-2973.
- Coppock, C.E., C. H. Noller, and C. L. Rhykerd. 1972. Effect of group versus individual feeding of complete ration on feed intake of lactation cows. **J. Dairy. Sci.** 55: 325.
- Dehority, B.A. 1984. Evaluation of subsampling and fixation procedures used for counting rumen protozoa. **Appl. Environ. Microbiol.** 48:182-185.
- Elam, C. J. 1976. Acidosis in feedlot cattle: practical observations. **J. Dairy Sci.** 43: 898-901.
- Grant, R. J., V. F. Colenbrander and J. L. Albright. 1990. Effect of particle size of forage and rumen cannulation upon chewing activity and laterality in dairy cows. **J. Dairy Sci.** 73: 3158-3164.

- Hall, M. B. 1999. Management strategies against ruminal acidosis. pp 104-113. In **10th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium**, Gainesville, FL : n. p.
- Khampa. S and M. Wanapat. 2003. Effect of Levels of Supplementation of Concentrate Containing High Levels of Cassava on Rumen Ecology, Microbial N Supply and Digestibility of Nutrients in Cattle. **KKU Res. J.** (2): 1 – 18.
- NRC. 1988. **Nutrient requirement of dairy cattle 6th rev. ed.** Washington D.C. : National Academy press. 96 p.
- Nocek, J. E. 1997. Bovine acidosis : implications on laminitis. **J. Dairy Sci.** 80 : 1005-1028.
- Owen, J. W. 1981. Complete diet feeding of dairy cows. pp. 312-323. In: **Recent development in ruminant nutrition**. N. P. : n. p.
- Phillips, C.J.C. and M. Rind. 2001. The effects of frequency of feeding a total mixed ration on the production and behavior of dairy cows. **J. Dairy Sci.** 84: 1979-1987.
- Satter, L.D. and R.E. Roffler. 1975. Nitrogen Requirement and Utilization in Dairy Cattle. **J. Dairy Sci.** 58(8) : 1219 – 1237.
- Woodford and M. R. Murphy. 1988. Effect of forage physical form on chewing activity dry matter intake and rumen function of dairy cows in early lactation. **J. Dairy Sci.** 71: 674-686.
- Xu, S., J. H. Harrison and K. A. Loney. 1994. Effect of buffer addition to high grain total mixed ration on rumen pH, feed intake, milk production and milk composition. **J. Dairy Sci.** 79: 782-788.





ภาคผนวก ก

ตารางผนวก

ตารางผนวก1 วิเคราะห์ข้อมูลความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนช่วงชั่วโมงที่ 0

row (ระยะเวลา)	column (โคทดลอง)			ผลรวม
	1	2	3	แนวนอน
1	T1 = 6.83	T2 = 7.02	T3 = 6.74	20.59
2	T3 = 7.12	T1 = 6.72	T2 = 7.06	20.90
3	T2 = 6.55	T3 = 7.06	T1 = 7.05	20.66
ผลรวมแนวดิ่ง	20.50	20.80	20.85	62.15

ค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์

	T1	T2	T3
	6.83	7.02	6.74
	6.72	7.06	7.12
	7.05	6.55	7.06
ผลรวม	20.60	20.63	20.92
เฉลี่ย	6.86	6.87	6.97

วิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-cal	F- table	
					0.05	0.01
column	2	0.0239	0.0119	0.09 ^{ns}	19.00	99.00
row	2	0.0176	0.0088	0.07 ^{ns}	19.00	99.00
treatment	2	0.0208	0.0104	0.08 ^{ns}	19.00	99.00
error	2	0.2593	0.1297			
total	8	0.3216				

CV = 5.21 % , NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวก 2 วิเคราะห์ข้อมูลความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนชั่วคราวของวัว

row (ระยะเวลา)	column (โคทดลอง)			ผลรวม
	1	2	3	แนวนอน
1	T1 = 6.39	T2 = 7.00	T3 = 6.83	20.22
2	T3 = 6.90	T1 = 6.31	T2 = 6.96	20.17
3	T2 = 6.52	T3 = 6.88	T1 = 6.55	19.95
ผลรวมแนวตั้ง	19.81	20.19	20.34	60.34

ค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์

	T1	T2	T3
	6.39	7.00	6.83
	6.31	6.96	6.90
	6.55	6.52	6.88
ผลรวม	19.25	20.48	20.61
เฉลี่ย	6.41	6.82	6.87

วิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-cal	F- table	
					0.05	0.01
column	2	0.0497	0.0249	0.45 ^{ns}	19.00	99.00
row	2	0.0138	0.0069	0.12 ^{ns}	19.00	99.00
treatment	2	0.3755	0.1877	3.39 ^{ns}	19.00	99.00
error	2	0.1108	0.0554			
total	8	0.5498				

CV = 3.51%, NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวก 3 วิเคราะห์ข้อมูลความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนช่วงชั่วโมงที่ 2

row (ระยะเวลา)	column (โคทดลอง)			ผลรวม
	1	2	3	แนวนอน
1	T1 = 6.65	T2 = 7.04	T3 = 6.87	20.56
2	T3 = 6.87	T1 = 6.26	T2 = 6.86	19.99
3	T2 = 6.48	T3 = 6.92	T1 = 6.71	20.11
ผลรวมแนวตั้ง	20.00	20.22	20.44	60.66

ค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์

	T1	T2	T3
	6.65	7.04	6.87
	6.26	6.86	6.87
	6.71	6.48	6.92
ผลรวม	19.62	20.38	20.66
เฉลี่ย	6.54	6.79	6.88

วิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-cal	F- table	
					0.05	0.01
column	2	0.0323	0.0161	0.17 ^{ns}	19.00	99.00
row	2	0.0602	0.0301	0.31 ^{ns}	19.00	99.00
treatment	2	0.1930	0.0965	1.00 ^{ns}	19.00	99.00
error	2	0.1921	0.0960			
total	8	0.4776				

CV = 4.59%, NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวก 4 วิเคราะห์ข้อมูลความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนช่วงชั่วโมงที่ 3

row (ระยะเวลา)	column (โคทดลอง)			ผลรวม
	1	2	3	แนวนอน
1	T1= 6.36	T2 = 6.98	T3 = 6.65	19.99
2	T3 = 6.89	T1 = 6.30	T2 = 6.87	20.06
3	T2 = 6.66	T3 = 6.89	T1 = 7.00	20.55
ผลรวมแนวตั้ง	19.91	20.17	20.52	60.60

ค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์

	T1	T2	T3
	6.36	6.98	6.65
	6.30	6.87	6.89
	7.00	6.66	6.98
ผลรวม	19.66	20.51	20.52
เฉลี่ย	6.55	6.83	6.84

วิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-cal	F- table	
					0.05	0.01
column	2	0.0625	0.0321	0.23 ^{ns}	19.00	99.00
row	2	0.0621	0.0310	0.23 ^{ns}	19.00	99.00
treatment	2	0.1469	0.0734	0.55 ^{ns}	19.00	99.00
error	2	0.2678	0.1339			
total	8	0.5392				

CV = 5.43% NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวก 5 วิเคราะห์ข้อมูลความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนช่วงชั่วโมงที่ 4

row (ระยะเวลา)	column (โคทดลอง)			ผลรวม
	1	2	3	แนวนอน
1	T1 = 6.16	T2 = 6.83	T3 = 6.54	19.53
2	T3 = 6.80	T1 = 6.33	T2 = 6.79	19.92
3	T2 = 6.01	T3 = 6.77	T1 = 6.62	19.40
ผลรวมแนวตั้ง	18.97	19.93	19.95	58.85

ค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์

	T1	T2	T3
	6.16	6.83	6.54
	6.33	6.79	6.80
	6.62	6.01	6.77
ผลรวม	19.11	19.63	20.11
เฉลี่ย	6.37	6.54	6.70

วิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-cal	F- table	
					0.05	0.01
column	2	0.2092	0.1044	0.66 ^{ns}	19.00	99.00
row	2	0.0488	0.0244	0.15 ^{ns}	19.00	99.00
treatment	2	0.1668	0.0834	0.52 ^{ns}	19.00	99.00
error	2	0.3181	0.1590			
total	8	0.7429				

CV = 6.09%, NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวก 6 วิเคราะห์ข้อมูลความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนช่วงชั่วโมงที่ 6

row	column (โคทดลอง)			ผลรวม		
(ระยะเวลา)	1	2	3	แนวนอน		
1	T1 = 6.57	T2 = 6.86	T3 = 6.55	19.98		
2	T3 = 6.99	T1 = 6.50	T2 = 6.89	20.38		
3	T2 = 6.14	T3 = 6.70	T1 = 6.81	19.65		
ผลรวมแนวตั้ง	19.70	20.06	20.25	60.01		
ค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์						
	T1	T2	T3			
	6.57	6.86	6.55			
	6.50	6.89	6.99			
	6.81	6.14	6.70			
ผลรวม	19.88	19.89	20.24			
เฉลี่ย	6.62	6.63	6.74			
วิเคราะห์ความแปรปรวน						
					F- table	
SOV	df	SS	MS	F-cal	0.05	0.01
column	2	0.0520	0.0260	0.14 ^{ns}	19.00	99.00
row	2	0.0891	0.0445	0.24 ^{ns}	19.00	99.00
treatment	2	0.0280	0.0140	0.08 ^{ns}	19.00	99.00
error	2	0.3725	0.1862			
total	8	0.5416				

CV = 6.47%, NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวก 7 วิเคราะห์ข้อมูลความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนช่วงที่ 8

row (ระยะเวลา)	column (โกททดลอง)			ผลรวม
	1	2	3	แนวนอน
1	T1 = 6.71	T2 = 7.10	T3 = 6.58	20.39
2	T3 = 7.07	T1 = 6.71	T2 = 6.94	20.72
3	T2 = 6.31	T3 = 6.69	T1 = 6.74	19.74
ผลรวมแนวตั้ง	20.09	20.50	20.26	60.85

ค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์

	T1	T2	T3
	6.71	7.10	6.58
	6.71	6.94	7.07
	6.74	6.31	6.69
ผลรวม	20.16	20.35	20.34
เฉลี่ย	6.72	6.78	6.78

วิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-cal	F- table	
					0.05	0.01
column	2	0.0283	0.0141	0.10 ^{ns}	19.00	99.00
row	2	0.1658	0.0829	0.58 ^{ns}	19.00	99.00
treatment	2	0.0076	0.0038	0.03 ^{ns}	19.00	99.00
error	2	0.2876	0.1438			
total	8	0.4893				

CV = 5.60%, NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวก 8 วิเคราะห์ข้อมูลความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนช่วงชั่วโมงที่ 12

row	column (โคทดลอง)			ผลรวม		
(ระยะเวลา)	1	2	3	แนวนอน		
1	T1 = 6.76	T2 = 7.13	T3 = 6.74	20.63		
2	T3 = 7.17	T1 = 6.71	T2 = 6.93	20.81		
3	T2 = 6.28	T3 = 6.75	T1 = 6.88	19.91		
ผลรวมแนวดิ่ง	20.21	20.59	20.55	61.35		
ค่าเฉลี่ยที่รีทเมนต์						
	T1	T2	T3			
	6.76	7.13	6.74			
	6.71	6.93	7.17			
	6.88	6.28	6.75			
ผลรวม	20.35	20.34	20.66			
เฉลี่ย	6.78	6.78	6.88			
วิเคราะห์ความแปรปรวน						
					F- table	
SOV	df	SS	MS	F-cal	0.05	0.01
column	2	0.0291	0.0145	0.08 ^{ns}	19.00	99.00
row	2	0.1512	0.0756	0.43 ^{ns}	19.00	99.00
treatment	2	0.0221	0.0110	0.06 ^{ns}	19.00	99.00
error	2	0.3505	0.1752			
total	8	0.5528				

CV = 6.14%, NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวก 9 วิเคราะห์ข้อมูลค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง

row (ระยะเวลา)	column (โคทดลอง)			ผลรวม
	1	2	3	แนวนอน
1	T1 = 14.29	T2 = 50.00	T3 = 86.01	150.30
2	T3 = 78.86	T1 = 50.66	T2 = 67.42	196.94
3	T2 = 73.99	T3 = 73.87	T1 = 61.84	209.70
ผลรวมแนวตั้ง	167.14	174.53	215.27	556.94

ค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์

	T1	T2	T3
	14.29	50.00	86.01
	50.66	67.42	78.86
	61.84	73.99	73.87
ผลรวม	126.79	191.41	238.74
เฉลี่ย	42.26	63.80	79.58

วิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-cal	F- table	
					0.05	0.01
column	2	447.87	223.93	0.86 ^{ns}	19.00	99.00
row	2	651.82	325.91	1.26 ^{ns}	19.00	99.00
treatment	2	2105.40	1052.70	4.06 ^{ns}	19.00	99.00
error	2	518.40	259.20			
total	8	3723.51				

CV = 26.01 %, NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวก 10 วิเคราะห์ข้อมูลค่าการย่อยได้ของเชื้อใย

row	column (โคททดลอง)			ผลรวม
(ระยะเวลา)	1	2	3	แนวนอน
1	T1 = 19.02	T2 = 43.35	T3 = 71.49	133.86
2	T3 = 69.51	T1 = 32.59	T2 = 43.70	145.80
3	T2 = 21.61	T3 = 20.21	T1 = 29.07	70.89
ผลรวมแนวตั้ง	110.14	96.15	144.26	350.55

ค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์

	T1	T2	T3
	19.02	43.35	71.49
	32.59	43.70	69.51
	29.07	21.61	20.21
ผลรวม	80.68	108.66	161.21
เฉลี่ย	26.89	36.22	53.73

วิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-cal	F- table	
					0.05	0.01
column	2	408.27	204.13	0.66 ^{ns}	19.00	99.00
row	2	1079.92	539.96	1.74 ^{ns}	19.00	99.00
treatment	2	1114.38	557.19	1.80 ^{ns}	19.00	99.00
error	2	619.23	309.61			
total	8	3221.81				

CV = 45.17 % , NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวก 12 วิเคราะห์ข้อมูลค่าการย่อยได้ของไขมัน

row	column (โคทดลอง)			ผลรวม
(ระยะเวลา)	1	2	3	แนวนอน
1	T1 = 77.02	T2 = 69.11	T3 = 93.46	239.59
2	T3 = 94.58	T1 = 82.24	T2 = 78.09	254.91
3	T2 = 75.14	T3 = 80.70	T1 = 80.04	235.88
ผลรวมแนวตั้ง	246.74	232.05	251.59	730.38

ค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์

	T1	T2	T3
	77.02	69.11	93.46
	82.24	78.09	94.58
	80.04	75.14	80.70
ผลรวม	239.30	222.34	268.74
เฉลี่ย	79.76	74.11	89.58

วิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-cal	F- table	
					0.05	0.01
column	2	69.01	34.50	1.83 ^{ns}	19.00	99.00
row	2	67.84	33.92	1.80 ^{ns}	19.00	99.00
treatment	2	367.47	183.73	9.75 ^{ns}	19.00	99.00
error	2	37.68	18.84			
total	8	542.02				

CV = 5.34 %, NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวก 13 วิเคราะห์ข้อมูลค่าการย่อยได้ของไนโตรเจนฟรีเอ็กแทรก

row (ระยะเวลา)	column (โคทดกลอง)			ผลรวม
	1	2	3	แนวนอน
1	T1 = 44.56	T2 = 47.86	T3 = 92.73	185.15
2	T3 = 86.42	T1 = 66.50	T2 = 79.52	232.44
3	T2 = 90.81	T3 = 96.90	T1 = 77.14	264.85
ผลรวมแนวตั้ง	221.89	211.26	249.39	682.44

ค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์

	T1	T2	T3
	44.56	47.86	92.73
	66.50	79.52	86.42
	77.14	90.81	96.90
ผลรวม	188.20	218.18	276.05
เฉลี่ย	62.73	72.73	92.01

วิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-cal	F- table	
					0.05	0.01
column	2	258.50	129.25	0.96 ^{ns}	19.00	99.00
row	2	1070.50	535.48	3.97 ^{ns}	19.00	99.00
treatment	2	1329.42	664.71	4.93 ^{ns}	19.00	99.00
error	2	269.71	134.85			
total	8	2928.61				

CV = 15.31 %, NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวก 14 วิเคราะห์ข้อมูลค่าการย่อยได้ของ NDF

row (ระยะเวลา)	column (โคททดลอง)			ผลรวม
	1	2	3	แนวนอน
1	T1 = 22.02	T2 = 52.18	T3 = 78.17	152.37
2	T3 = 70.73	T1 = 29.92	T2 = 50.17	150.82
3	T2 = 59.84	T3 = 64.67	T1 = 51.30	175.81
ผลรวมแนวตั้ง	152.59	146.77	179.64	479.00

ค่าเฉลี่ยที่รีทเมนต์

	T1	T2	T3
	22.02	52.18	78.17
	29.92	50.17	70.73
	51.30	59.84	64.67
ผลรวม	103.24	162.19	213.57
เฉลี่ย	34.41	54.06	71.19

วิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-cal	F- table	
					0.05	0.01
column	2	205.11	102.55	0.77 ^{ns}	19.00	99.00
row	2	130.70	65.35	0.49 ^{ns}	19.00	99.00
treatment	2	2031.96	1015.98	7.62 ^{ns}	19.00	99.00
error	2	266.64	133.32			
total	8	2634.42				

CV = 21.69 %, NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวก 15 วิเคราะห์ข้อมูลค่าการย่อยได้ของ ADF

row	column (โคททดลอง)			ผลรวม
(ระยะเวลา)	1	2	3	แนวนอน
1	T1 = 13.23	T2 = 34.07	T3 = 72.10	119.40
2	T3 = 62.55	T1 = 17.42	T2 = 39.24	119.21
3	T2 = 44.77	T3 = 54.66	T1 = 35.35	134.78
ผลรวมแนวตั้ง	120.55	106.15	146.69	373.39

ค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์

	T1	T2	T3
	13.23	34.07	72.10
	17.42	39.24	62.55
	35.35	44.77	54.66
ผลรวม	66.00	118.08	189.11
เฉลี่ย	22.00	39.36	63.10

วิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-cal	F- table	
					0.05	0.01
column	2	281.57	140.78	1.86 ^{ns}	19.00	99.00
row	2	53.22	26.61	0.35 ^{ns}	19.00	99.00
treatment	2	2554.59	1277.29	16.90 ^{ns}	19.00	99.00
error	2	151.11	75.55			
total	8	3040.51				

CV = 20.95 %, NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวก 16 วิเคราะห์ข้อมูลค่าการย่อยได้ของ Hemicellulose

row	column (โคททดลอง)			ผลรวม
(ระยะเวลา)	1	2	3	แนวนอน
1	T1 = 35.74	T2 = 80.63	T3 = 88.86	205.23
2	T3 = 85.14	T1 = 49.67	T2 = 67.34	202.15
3	T2 = 83.50	T3 = 82.29	T1 = 76.79	242.58
ผลรวมแนวตั้ง	204.38	212.59	232.99	649.96

ค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์

	T1	T2	T3
	35.74	80.63	88.86
	49.67	67.34	85.14
	76.79	83.50	82.29
ผลรวม	162.20	231.47	256.29
เฉลี่ย	54.06	77.15	85.43

วิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-cal	F- table	
					0.05	0.01
column	2	123.78	61.89	0.22 ^{ns}	19.00	99.00
row	2	353.79	176.89	0.64 ^{ns}	19.00	99.00
treatment	2	1533.29	766.64	2.77 ^{ns}	19.00	99.00
error	2	553.28	276.64			
total	8	2564.16				

CV = 23.10 %, NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวก 17 วิเคราะห์ข้อมูลค่าการย่อยได้ของ Cellulose

row (ระยะเวลา)	column (โคททดลอง)			ผลรวม
	1	2	3	แนวนอน
1	T1 = 26.09	T2 = 18.53	T3 = 77.97	122.59
2	T3 = 72.48	T1 = 26.56	T2 = 22.00	121.04
3	T2 = 28.04	T3 = 57.76	T1 = 41.86	127.66
ผลรวมแนวตั้ง	126.61	102.85	141.83	371.29

ค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์

	T1	T2	T3
	26.09	18.53	77.97
	26.56	22.00	72.48
	41.86	28.04	57.76
ผลรวม	94.51	68.57	208.21
เฉลี่ย	31.50	22.85	69.40

วิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-cal	F- table	
					0.05	0.01
column	2	257.29	128.64	1.60 ^{ns}	19.00	99.00
row	2	7.99	3.99	0.05 ^{ns}	19.00	99.00
treatment	2	3677.76	1838.88	22.92*	19.00	99.00
error	2	160.45	80.22			
total	8	4103.51				

CV = 21.71 %, NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, * = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ p > 0.05

ตารางผนวก 18 วิเคราะห์ข้อมูลค่าการย่อยได้ของ พลังงานรวม (Gross energy, GE)

row (ระยะเวลา)	column (โกทคลอง)			ผลรวม
	1	2	3	แนวนอน
1	T1 = 46.11	T2 = 61.91	T3 = 88.06	196.08
2	T3 = 81.61	T1 = 46.78	T2 = 69.44	197.83
3	T2 = 73.73	T3 = 72.47	T1 = 58.50	204.70
ผลรวมแนวตั้ง	201.45	181.16	216.00	598.61

ค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์

	T1	T2	T3
	46.11	61.91	88.06
	46.78	69.44	81.61
	58.50	73.73	72.47
ผลรวม	151.39	205.08	242.14
เฉลี่ย	50.46	68.36	80.71

วิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-cal	F- table	
					0.05	0.01
column	2	204.13	102.06	2.78 ^{ns}	19.00	99.00
row	2	13.84	6.92	0.19 ^{ns}	19.00	99.00
treatment	2	1387.95	693.97	18.89 ^{ns}	19.00	99.00
error	2	73.46	36.73			
total	8	1679.40				

CV = 9.11 %, NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวก 19 วิเคราะห์ข้อมูลค่า TDN

row (ระยะเวลา)	column (โคทดลอง)			ผลรวม
	1	2	3	แนวนอน
1	T1 = 37.39	T2 = 40.75	T3 = 78.88	157.02
2	T3 = 74.68	T1 = 49.35	T2 = 56.52	180.55
3	T2 = 59.44	T3 = 69.35	T1 = 54.53	183.32
ผลรวมแนวตั้ง	171.51	159.45	189.93	520.89

ค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์

	T1	T2	T3
	37.39	40.75	78.88
	49.35	56.52	74.68
	54.53	59.44	69.35
ผลรวม	141.27	156.71	222.91
เฉลี่ย	47.09	52.23	74.30

วิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-cal	F- table	
					0.05	0.01
column	2	157.08	78.54	1.48 ^{ns}	19.00	99.00
row	2	139.22	69.61	1.31 ^{ns}	19.00	99.00
treatment	2	1253.99	626.99	11.83 ^{ns}	19.00	99.00
error	2	106.04	53.02			
total	8	1656.34				

CV = 12.58 %, NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นายมนชัย ศิลปานนท์
เกิดเมื่อ	6 กันยายน 2522
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2541 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนศรีราษฎร์ จังหวัดชุมพร พ.ศ. 2543 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง เกษตรกรรม (สัตวศาสตร์) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช พ.ศ.2545 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (สัตวศาสตร์) สถาบันเทคโนโลยี ราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช
ประวัติการทำงาน	ตุลาคม พ.ศ. 2545 – พฤษภาคม พ.ศ. 2546 ผ่านการปฏิบัติงานในตำแหน่ง เจ้าพนักงานสัตวบาล 2 ฝ่ายรักษาพยาบาลสัตว์ สำนักงานปศุสัตว์ จังหวัดชุมพร