



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (สัตวศาสตร์)

ปริญญา

สัตวศาสตร์

สัตวบาล

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง อิทธิพลของการให้อาหารหยาบเบ็ดเสร็จแบบจำกัดต่อประสิทธิภาพการผลิต
ในโคนมสาวทดแทน

Effect of Restricted Feeding of Total Mixed Fiber (TMF) on Dairy Replacement
Production

نامผู้วิจัย นายอาทิตย์ ปัญญาศักดิ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์สุรเทพ ชัมวาสร, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์สมเกียรติ ประสานพานิช, วท.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิริยา ลุ่งใหญ่, ประ.ด.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์สมเกียรติ ประสานพานิช, วท.ด.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

อิทธิพลของการให้อาหารหยาบเบ็ดเสร็จแบบจำกัดต่อประสิทธิภาพการผลิตในโคนมสาวทดแทน

Effect of Restricted Feeding of Total Mixed Fiber (TMF) on Dairy Replacement Production

โดย

นายอาทิตย์ ปัญญาศักดิ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สัตวศาสตร์)

พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อาทิตย์ ปัญญาศักดิ์ 2557: อิทธิพลของการให้อาหารหยาบเบ็ดเสร็จแบบจำกัดต่อประสิทธิภาพการผลิตในโคนมสาวทดแทน ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สัตวศาสตร์) สาขาสัตวศาสตร์ ภาควิชาสัตวบาล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์สรเทพ ธีมวาส, Ph.D. 77 หน้า

การทดลองครั้งนี้ทำการศึกษาอิทธิพลของการให้อาหารหยาบเบ็ดเสร็จแบบจำกัดต่อประสิทธิภาพการผลิตในโคนมสาวทดแทน โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ใช้โคนมสาวทดแทนพันธุ์ลูกผสมโฮสต์โดนัฟริเชียน 93.25 % เพศเมีย จำนวน 63 ตัว แบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 7 ตัว น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 288.95 ± 42.25 กิโลกรัม และน้ำหนักสิ้นสุดเฉลี่ย 320.39 ± 3.11 กิโลกรัม ใช้เวลาทดลอง 3 เดือน โดยโคกลุ่มที่ 1 (ควบคุม) ได้รับเศษข้าวโพดหมัก ฟางข้าว และอาหารข้น (10, 3 และ 3 กิโลกรัม/ตัว/วัน) กลุ่มที่ 2 ได้รับ TMF ฟางข้าว และอาหารข้น (8, 2 และ 3 กิโลกรัม/ตัว/วัน) กลุ่มที่ 3 ได้รับ TMF และอาหารข้น (14 และ 2 กิโลกรัม/ตัว/วัน) ให้โคทั้ง 3 กลุ่มได้รับอาหารแบบจำกัดตามเงื่อนไขที่สหกรณ์กำหนด โคทุกตัวได้รับอาหารข้นที่มีระดับโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาประสิทธิภาพการผลิต พบว่าทั้ง 3 กลุ่ม มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวและอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) การเปลี่ยนแปลงคะแนนความสมบูรณ์ร่างกายของกลุ่มที่ 3 มากกว่ากลุ่มที่ 1 และ 2 เท่ากับ 0.64 ± 0.03 , 0.61 ± 0.03 และ 0.38 ± 0.03 ตามลำดับ ($P < 0.01$) ปริมาณวัตถุแห้งที่ได้รับทั้งหมดในกลุ่มที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 7.33 ± 0.01 , 6.55 ± 0.01 และ 5.36 ± 0.01 กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน และคิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว เท่ากับ 2.54 ± 0.01 , 2.27 ± 0.01 และ 1.86 ± 0.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โปรตีนที่ได้รับ เท่ากับ 0.64, 0.64 และ 0.58 กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน ตามลำดับ ($P < 0.01$) จากการศึกษาการย่อยได้ของโภชนะ พบว่าวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ โปรตีนรวม NDF และ ADF ของทั้ง 3 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งโคกลุ่มที่ 1, 2 และ 3 มีพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ เท่ากับ 1.55 ± 0.09 , 1.80 ± 0.09 และ 1.89 ± 0.09 Mcal/kgDM ตามลำดับ มีโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด เท่ากับ 45.02 ± 2.11 , 50.39 ± 2.13 และ 52.50 ± 2.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P > 0.05$) จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในเลือด พบว่ากลูโคสในเลือดมีค่าอยู่ในช่วง 63.30-71.74 mg/dl ยูเรียไนโตรเจนในเลือดมีค่าอยู่ในช่วง 6.68-10.21 mg/dl และฮอร์โมนไทรไธโรนีนมีค่าอยู่ในช่วง 147.75-212.72 ng/dl ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในช่วงปกติ ($P > 0.05$) จากการศึกษาประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ พบว่าอัตราการเป็นสัดครั้งแรกหลังเริ่มเลี้ยงของโคกลุ่มที่ 3 มีค่าสูงกว่าโคในกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ($P < 0.05$) จากการศึกษาต้นทุนการผลิต พบว่าต้นทุนการผลิตทั้งหมดต่อตัวของทั้ง 3 กลุ่ม มีค่าเท่ากับ 17,391.58, 17,359.42 และ 18,148.35 บาท/ตัว ($P < 0.05$) และต้นทุนการผลิตทั้งหมดต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวของทั้ง 3 กลุ่ม มีค่าเท่ากับ 505.72, 631.94 และ 583.55 บาท/ตัว ตามลำดับ ($P > 0.05$)

Arthit Panyasak 2014: Effect of Restricted Feeding of Total Mixed Fiber (TMF) on Dairy Replacement Production. Master of Science (Animal Science), Major Field: Animal Science, Department of Animal Science. Thesis Advisor: Associate Professor Sornthep Tumwasorn, Ph.D. 77 pages.

This study aimed to investigate the effect of restricted feeding of total mixed fiber (TMF) on dairy replacement production. The completely randomized design was employed on 93.25 % Holstein Friesian crossbreds dairy replacement female from 63 heifers and divided into 3 groups each of 21 animals. The initial body weights of all heifers averaged 288.95 ± 42.25 kilograms and final weight averaged of 320.39 ± 3.11 kilograms under 3 months feeding period. There were 3 groups were fed with corn by-products silage, rice straw and concentrate at 10, 3 and 3 kg/head/day (T1; Control group), TMF, rice straw and concentrate at 8, 2 and 3 kg/head/day (T2) and TMF and concentrate at 14 and 2 kg/head/day (T3). All heifers received concentrate with 14 %CP throughout the period of the study. The result showed that heifers in 3 groups had no difference in body weight changes and average daily gain ($P > 0.05$). The body condition score change of heifers in group 3 had higher ($P < 0.01$) than those in groups 1 and 2 (0.64 ± 0.03 , 0.61 ± 0.03 and 0.38 ± 0.03 respectively). Total dry matter intake was found to be 7.33 ± 0.01 , 6.55 ± 0.01 and 5.36 ± 0.01 kgDM/head/day with 2.54 ± 0.01 , 2.27 ± 0.01 and 1.86 ± 0.01 % of body weight, respectively. Total dry matter intake of protein were found to be 0.64, 0.64 and 0.58 kgDM/head/day respectively ($P < 0.01$). The apparent digestibility of dry matter, organic matter, crude protein, neutral detergent fiber and acid detergent fiber of the three groups were in the same levels ($P > 0.05$). Heifer in groups 1, 2 and 3 have metabolizable energy of 1.55 ± 0.09 , 1.80 ± 0.09 and 1.89 ± 0.09 Mcal/kgDM, respectively and total digestible nutrient were found to be 45.02 ± 2.11 , 50.39 ± 2.13 and 52.50 ± 2.10 %, respectively, accordingly ($P > 0.05$). Blood glucose, blood urea nitrogen and triiodothyronine were found to be in normal range ($P > 0.05$). The estrus of commencement trail of group 3 was found to be the highest ($P < 0.05$). The total production costs per head of the three groups averaged 17,391.58, 17,359.42 and 18,148.35 baht/head ($P < 0.05$) and total production costs per weight change of the three groups were found to be 505.72, 631.94 and 583.55 baht/head, respectively ($P > 0.05$).

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ศรเทพ ฐัมวาสร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่กรุณาให้คำปรึกษาการค้นคว้าวิจัยตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ ให้ทั้งความรู้และประสบการณ์อันเป็นประโยชน์อบรมสั่งสอนให้คำปรึกษาตลอดมา และกรุณาให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัย อีกทั้งเป็นแบบอย่างที่ดีในการดำเนินชีวิต ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ประสานพานิช และอาจารย์ ดร.วิริยา ลุ่งใหญ่ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รวมถึงผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จำเริญ เทียงธรรม ที่กรุณาประสาทความรู้ให้คำปรึกษาด้านต่างๆ และให้คำแนะนำเกี่ยวกับการวิจัยจนทำให้วิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ใคร่ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรรณวดี โสพรรณรัตน์ ประธานการสอบ และศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ สมชาย จันทรพองแสง ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ได้กรุณาตรวจสอบชี้แนะ แก้ไข ข้อบกพร่องต่างๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ สหกรณ์โคนมไทย-เดนมาร์ก อ่าวน้อย จำกัด ที่ให้การสนับสนุนสถานที่และสัตว์ทดลอง และใคร่ขอขอบคุณ คุณวิรัช ลินสมุทร บุคลากร เจ้าหน้าที่ และคนงาน ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการทดลอง รวมถึงศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์นครราชสีมา และห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์ผล

ขอขอบคุณ คุณสุภารักษ์ คำพุด ตลอดจนนิสิตระดับบัณฑิตวิทยาลัย ภาควิชาสัตวบาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษา ให้กำลังใจ และให้ความช่วยเหลือในการทำงานวิจัยตลอดมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง คุณพ่อเดชา คุณแม่บัวลอย และคุณพี่เดือนเพ็ญ ปัญญาศักดิ์ ที่เป็นกำลังใจและให้โอกาสทางการศึกษา ตลอดจนครูอาจารย์ทุกท่านที่ได้สั่งสอนความรู้ จนทำให้การศึกษาที่ผ่านมาสำเร็จไปได้ด้วยดี

อาทิตย์ ปัญญาศักดิ์

มีนาคม 2557

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	27
ผลและวิจารณ์	36
สรุปและข้อเสนอแนะ	52
สรุป	52
ข้อเสนอแนะ	52
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	54
ภาคผนวก	68
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	77

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 องค์ประกอบทางเคมีของเศษข้าวโพดหวาน	6
2 เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกสับประรดต่ออาหารชนิดอื่น	7
3 องค์ประกอบทางเคมีของชานอ้อย	8
4 เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าว ฟางข้าวหมักยูเรีย และฟางข้าวราดด้วยสารละลายยูเรียกากน้ำตาล	10
5 เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีและแร่ธาตุของกากน้ำตาลเอทานอลและกากน้ำตาล	12
6 มาตรฐานของข้าวโพดหมักที่ดี	16
7 ลักษณะมาตรฐานทางเคมีของพืชหมัก	17
8 ค่าเฉลี่ยองค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่ใช้ในการทดลอง	37
9 ค่าเฉลี่ยแบบลีสสแควร์ และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ประสิทธิภาพการผลิตของโคนมสาวทดแทนที่ได้รับอาหารทั้ง 3 กลุ่ม	38
10 ค่าเฉลี่ยแบบลีสสแควร์ และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน การย่อยได้ของโภชนะของโคนมสาวทดแทนที่ได้รับอาหารทั้ง 3 กลุ่ม	43
11 ค่าเฉลี่ยแบบลีสสแควร์ และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ชีวเคมีในเลือดของโคนมสาวทดแทนที่ได้รับอาหารทั้ง 3 กลุ่ม	46
12 ค่าเฉลี่ยแบบลีสสแควร์ และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ของโคนมสาวทดแทนที่ได้รับอาหารทั้ง 3 กลุ่ม	48
13 ค่าเฉลี่ย ต้นทุนทางเศรษฐกิจของโคนมสาวทดแทนที่ได้รับอาหารทั้ง 3 กลุ่ม ตลอดการทดลอง	51

ตารางผนวกที่

1 การประมาณค่าผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของโคสาวทดแทนที่ได้ตั้งท้อง	69
2 หลักเกณฑ์คะแนนความสมบูรณ์ร่างกายโค	69

สารบัญภาพ

ภาพผนวกที่		หน้า
1	ลักษณะคะแนนความสมบูรณ์ร่างกายของโคทดลอง	71
2	ลักษณะทางกายภาพของอาหารชั้น	71
3	ลักษณะทางกายภาพของเศษข้าวโพดหมัก	72
4	ลักษณะทางกายภาพของฟางข้าว	72
5	ลักษณะทางกายภาพของอาหาร TMF	73
6	อาหาร TMF	73
7	โคทดลองกินอาหาร TMF	74
8	ลักษณะโรงเรือนที่ใช้ทดลอง	74
9	ลักษณะคอกเลี้ยงโคทดลอง	75
10	การเก็บตัวอย่างเลือดโคทดลอง	75
11	ลักษณะแสดงการเป็นสัคของโคทดลอง	76

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

ADF	=	Acid Detergent Fiber (Lignocellulose; Lignin, Cellulose)
AIA	=	Acid Insoluble Ash
ANCOVA	=	Analysis of Covariance
BG	=	Blood Glucose
BUN	=	Blood Urea Nitrogen
CRD	=	Completely Randomized Design
DE	=	Digestible Energy
dl	=	deciliter
Mcal	=	magacalorie
ME	=	Metabolizable Energy
mg	=	milligram
NDF	=	Neutral Detergent Fiber (Cell wall; Hemicellulose, Cellulose, Lignin)
NFE	=	Nitrogen Free Extract
ng	=	nanogram
OM	=	Organic Matter
TDN	=	Total Digestible Nutrient
TMF	=	Total Mixed Fiber
SD	=	Standard Deviation
SE	=	Standard Error

อิทธิพลของการให้อาหารหยาบเบ็ดเสร็จแบบจำกัดต่อประสิทธิภาพการผลิต ในโคนมสาวทดแทน

Effect of Restricted Feeding of Total Mixed Fiber (TMF) on Dairy Replacement Production

คำนำ

การเลี้ยงโคนมในประเทศไทยได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องโดยได้รับการส่งเสริมจากทั้งภาครัฐ และภาคเอกชน เพื่อเป็นการเพิ่มปริมาณน้ำนมให้เพียงพอต่อความต้องการภายในประเทศ และลดการนำเข้าผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับนมจากต่างประเทศ เมื่อมีการเลี้ยงโคนมเพิ่มมากขึ้นย่อมส่งผลกระทบต่อความต้องการอาหารโดยรวม อาหารนั้นเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญในการเลี้ยงโคนม ซึ่งจะประกอบด้วยอาหารหยาบและอาหารเสริม โคนมจำเป็นต้องได้รับอาหารอย่างถูกต้องตามหลักโภชนาการเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการผลิตสูงสุด ซึ่งในการเลี้ยงโคนมหรือโคสาวที่ใช้เป็นโคทดแทนฝูงนั้นเกษตรกรมักให้อาหารหยาบคุณภาพต่ำ เช่น ฟางข้าว เป็นต้น และมักจะมองข้ามอาหารหยาบที่มีคุณภาพดี การเลี้ยงโคในระยะนี้ควรมีค่าใช้จ่ายในการเลี้ยงดูให้เหมาะสมที่สุดเพื่อให้โคนมสาวทดแทนมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดี ระบบสืบพันธุ์ดี ส่งผลต่อการเป็นแม่โครีดนมที่ดีได้อีกในอนาคต

อาหารหยาบจัดเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการเลี้ยงโคนมโดยอาหารหยาบที่ใช้เลี้ยงโคนมภายในประเทศมีอยู่หลายชนิด เช่น หญ้าสด หญ้าแห้ง ฟางข้าว รวมทั้งเศษเหลือจากอุตสาหกรรมการเกษตรต่างๆ ได้แก่ เศษข้าวโพด เศษสับปะรด กากมันสำปะหลัง และชานอ้อย เป็นต้น แต่เนื่องจากอาหารหยาบที่ใช้มีการเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาลจึงส่งผลให้การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของโคนมมีความผันแปรตามไปด้วย ซึ่งการเลี้ยงโคนมในประเทศส่วนใหญ่จะใช้อาหารหยาบจากทุ่งหญ้าสาธารณะจึงส่งผลให้เกษตรกรประสบปัญหาการขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ ในปัจจุบันหญ้าและอาหารหยาบอื่นๆ มิใช่เพียงพอต่อความต้องการของโคนม เนื่องจากปัจจัยหลายๆ ด้าน เช่น สภาพภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศ และแหล่งเงินทุนในการปลูกสร้างแปลงหญ้า ทำให้เกิดปัญหาปริมาณอาหารหยาบไม่เพียงพอต่อความต้องการสำหรับใช้ในการเลี้ยงโคนม ซึ่งในช่วงฤดูแล้งอาหารหยาบจะขาดแคลนมีคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการต่ำ เกษตรกรจึงหันไปใช้ฟาง

ข้าวเป็นอาหารหยาบร่วมกับการใช้อาหารข้น หรือเลือกใช้อาหารหยาบสำเร็จรูป (Total Mixed Ration, TMR) ที่มีราคาค่อนข้างสูงจึงส่งผลให้เกษตรกรมีต้นทุนในการเลี้ยงที่สูงขึ้น

สำหรับการศึกษาการใช้อาหารหยาบเบ็ดเสร็จ (Total Mixed Fiber, TMF) ซึ่งเป็นการพัฒนาการผลิตอาหารหยาบที่มีคุณภาพโดยนำแหล่งของอาหารหยาบหลายชนิดที่ประกอบด้วย เศษข้าวโพดหวาน เศษสับปะรด ชานอ้อย ฟางข้าว และกากน้ำตาลเอทานอล มาผลิตเป็นอาหารหยาบหมัก เพื่อผลิตอาหารหยาบหมักที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง คุณภาพสูงและคงที่ ซึ่งสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน และนำไปใช้ในช่วงขาดแคลนอาหารหยาบอื่นๆ ได้ ซึ่งเป็นแนวทางในการพัฒนาอาหารหยาบให้แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมต่อไป ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของการให้อาหารหยาบเบ็ดเสร็จแบบจำกัดในการเลี้ยงโคนมสาวทดแทน ที่น้ำหนักตั้งแต่ 250 กิโลกรัม จนถึงผสมติด โดยศึกษาในด้านประสิทธิภาพการผลิต การย่อยได้ ชีวเคมีในเลือด ประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ และต้นทุนทางเศรษฐกิจ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาคุณภาพของอาหารหยาบเบ็ดเสร็จ (TMF) ในด้านองค์ประกอบของโภชนะ และคุณภาพของอาหารหยาบหมัก
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพและต้นทุนทางเศรษฐกิจของการให้อาหารหยาบเบ็ดเสร็จแบบจำกัดในการเลี้ยงโคนมสาวทดแทน ที่น้ำหนักตั้งแต่ 250 กิโลกรัม จนถึงผสมติด



การตรวจเอกสาร

การเลี้ยงโคนมเป็นอาชีพที่สร้างรายได้ให้เกษตรกรมาช้านาน การเลี้ยงโคนมให้ประสบผลสำเร็จนั้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น สายพันธุ์โค การจัดการฟาร์ม การดูแลรักษาสุขภาพ และที่สำคัญอีกอย่างคือ อาหาร โดยพบว่า การขาดอาหารหยาบคุณภาพดีจะส่งผลกระทบต่อผลผลิตและความสมบูรณ์ของโค โดยเฉพาะในช่วงขาดแคลนอาหาร เกษตรกรต้องอาศัยเศษเหลือจากอุตสาหกรรมการเกษตรและเกษตรกรรมมาใช้เป็นอาหารโค จากการขยายตัวของธุรกิจการเลี้ยงโคนมภายในประเทศที่เพิ่มสูงขึ้น แต่ในขณะเดียวกันทุ่งหญ้าสาธารณะและพื้นที่ปลูกพืชอาหารสัตว์ไม่เพียงพอต่อจำนวนโคนม ประกอบกับราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เพิ่มสูงขึ้นจึงส่งผลให้เกษตรกรมีต้นทุนในการเลี้ยงโคที่เพิ่มขึ้นโดยปัจจุบันราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์มีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศ และพื้นที่ปลูกวัตถุดิบอาหารสัตว์มีน้อยลง เช่น พื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ นอกจากนี้ยังมีการนำวัตถุดิบบางชนิดไปผลิตเป็นพลังงานทดแทน เช่น มันสำปะหลัง และกากน้ำตาล เป็นต้น

สำหรับประเทศไทยอาหารหยาบที่นิยมใช้ในการเลี้ยงโค ได้แก่ หญ้าสด หญ้าแห้ง ฟางข้าว เศษสับปะรด รวมถึงวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอื่นๆ เช่น เปลือกข้าวโพด ต้นข้าวโพดอ่อน ยอดอ้อย และเศษมันสำปะหลัง เป็นต้น (จินดา, 2547) การเลือกใช้เศษเหลือจากอุตสาหกรรมการเกษตรและเกษตรกรรมมาใช้เป็นอาหารหยาบนั้นต้องคำนึงถึงปริมาณเชื้อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลางที่เป็นองค์ประกอบด้วย (Firkins, 1997) ซึ่งในอาหารโคควรมีปริมาณเชื้อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลางไม่น้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ เพื่อช่วยรักษาความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะ และการย่อยได้ของอาหาร ตลอดจนการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนให้อยู่ในสภาวะปกติ (NRC, 1996)

อาหารหยาบเบ็ดเสร็จ (Total Mixed Fiber, TMF)

อาหารหยาบเบ็ดเสร็จจัดเป็นอาหารหยาบหลักสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยการนำเศษเหลือจากอุตสาหกรรมการเกษตรและเกษตรกรรม เช่น เศษข้าวโพดหวาน เศษสับปะรด ชานอ้อย และฟางข้าว มาผสมกับกากน้ำตาลเอทานอลโดยผ่านกระบวนการหมัก (สรเทพ, 2550) ซึ่ง บุญล้อม (2541); Park *et al.* (2005) ได้รายงานว่าการนำอาหารหยาบไปผ่านกระบวนการหมัก จะทำให้มี

ความน่ากินเพิ่มขึ้น สัตว์กินอาหารได้มากขึ้น และยังเก็บไว้ในช่วงขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ได้ อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ ทำให้สัตว์มีประสิทธิภาพในการผลิตที่เพิ่มสูงขึ้น

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต TMF

TMF ผลิตขึ้นโดยบริษัท ริช แอนด์ กรีน จำกัด ในปี พ.ศ. 2554 โดยการนำเศษเหลือจากอุตสาหกรรมการเกษตรและเกษตรกรรม ได้แก่ เศษข้าวโพดหวาน เศษสับปะรด ชานอ้อย ฟางข้าว และกากน้ำตาลเอทานอล มาปรับปรุงคุณภาพเพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบทางเลือกหนึ่งของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม โดยรายละเอียดของวัตถุดิบแต่ละชนิดมีดังนี้

เศษข้าวโพดหวาน (Sweet corn waste)

การปลูกข้าวโพดหวานได้รับความนิยมกันมากในแถบภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันตกของประเทศ โดยมีอายุเก็บเกี่ยวฝักสดอยู่ในช่วง 65-80 วัน (ขึ้นอยู่กับพันธุ์ของข้าวโพดหวาน) ซึ่งสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปีสำหรับพื้นที่ในเขตชลประทาน (4 รุ่นต่อปี) ส่วนพื้นที่นอกเขตชลประทานสามารถปลูกได้ในช่วงฤดูฝน (จินดา และคณะ, 2541) การปลูกข้าวโพดหวานส่วนใหญ่จะเก็บเกี่ยวฝักสดเพื่อนำไปแปรรูปเป็นข้าวโพดกระป๋อง ซึ่งหลังจากที่เก็บเกี่ยวฝักแล้วจะเหลือส่วนที่เป็นลำต้น ใบ เปลือก ฝัก และไหม ซึ่งเศษเหลือเหล่านี้ยังคงมีสีเขียว มีลักษณะอ่อนนุ่ม รสหวาน และมีคุณค่าทางโภชนาการที่เหมาะสมต่อสัตว์จึงสามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ (Tumwasorn *et al.*, 1996)

ซึ่ง ชาญชัย และคณะ (2531) พบว่าเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนรวมไหมมีวัตถุดิบ โปรตีน ไชมัน เถ้า เชื้อใย NDF และ ADF เท่ากับ 12.06, 10.75, 1.10, 5.00, 18.83, 53.52 และ 24.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เช่นเดียวกับ Manidool (1988) รายงานว่าเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนมีวัตถุดิบ โปรตีน ไชมัน เถ้า เชื้อใย NDF และ ADF เท่ากับ 13.60, 10.60, 1.90, 5.60, 22.10, 55.10 และ 26.80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และ สุภาวดี (2545) รายงานว่าเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนรวมไหมและชังหมักมีวัตถุดิบ โปรตีน ไชมัน เถ้า NDF และ ADF เท่ากับ 23.30, 8.10, 1.81, 3.45, 70.23 และ 30.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่ง จินดา และคณะ (2541) ได้ศึกษาองค์ประกอบทางโภชนาการของเศษข้าวโพดหวานเช่นเดียวกัน และพบว่าองค์ประกอบทางเคมีของเศษข้าวโพดหวานมีค่าต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของเศษข้าวโพดหวาน (% วัตถุแห้ง)

องค์ประกอบทางเคมี	ต้น	เปลือกฝัก	ซัง
วัตถุแห้ง (Dry Matter)	22.80	28.00	27.50
โปรตีน (Crude Protein)	6.50	6.53	7.10
ไขมัน (Ether Extract)	3.20	1.01	2.24
เถ้า (Ash)	9.70	3.56	5.50
เยื่อใย (Crude Fiber)	30.50	36.25	23.57
ผนังเซลล์ (Cell Wall)	68.20	68.19	69.30
ลิกโนเซลลูโลส (Lignocellulose)	38.20	48.13	28.20
ฟอสฟอรัส (P)	0.30	0.33	0.30
แคลเซียม (Ca)	0.40	0.40	0.45

ที่มา: จินดา และคณะ (2541)

เศษสับประด (Pineapple peel)

พื้นที่เพาะปลูกสับประดมีอยู่แทบทุกแห่งของประเทศแต่แหล่งที่ปลูกกันมากมักจะเป็นพื้นที่แถบใกล้ทะเล โดยจะให้ผลผลิตที่อายุ 22-24 เดือน และมีช่วงเก็บเกี่ยวในฤดูกาลตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคม และกลางเดือนเมษายนถึงเดือนกรกฎาคม ซึ่งเป็นช่วงที่สับประดจะให้ผลผลิตมากและราคาถูก ส่วนช่วงเก็บเกี่ยวนอกฤดูกาลตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนต้นเมษายน และเดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคม ซึ่งเป็นช่วงที่สับประดจะให้ผลผลิตน้อยและราคาแพง (จิราพรพรณ, 2548) สับประดเป็นพืชที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมการเกษตรของประเทศซึ่งประเทศไทยส่งออกสับประดทั้งในรูปผลไม้สด และผลิตภัณฑ์แปรรูปต่างๆ เช่น สับประดกระป๋อง น้ำสับประด สับประดแช่แข็ง สับประดกวน สับประดอบแห้ง และอื่นๆ ซึ่งเศษเหลือของสับประดส่วนใหญ่ที่ได้จากอุตสาหกรรมบรรจุกระป๋องสามารถนำมาแปรรูปทำอย่างอื่นได้ เช่น น้ำเชื่อม แอลกอฮอล์ ไวน์ น้ำส้มสายชู และอาหารสำหรับเลี้ยงสัตว์ ในส่วนของเปลือกและแกนกลางซึ่งเป็นเศษเหลือจากโรงงานแปรรูปสับประดจะมีน้ำอยู่สูงถึงร้อยละ 90 เมื่อคืดต่อน้ำหนักสด ซึ่งเศษเหลือจะมีโปรตีน และโภชนะย่อยได้สูง รวมถึงมีกรดอินทรีย์ที่สำคัญอยู่ 3 ชนิด คือ กรดซิตริก กรดมาลิก และกรดแอสคอร์บิก (จารุพันธุ์, 2526) โดยทั่วไปเปลือกสับประดสดจากโรงงานทำสับประด

กระป๋องจะมีน้ำในปริมาณสูง มีวัตถุแห้งประมาณ 10-12 เปอร์เซ็นต์ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 3.2-3.4 (Perez and Hsu, 1973) ซึ่ง Muller (1978) รายงานว่าเศษเหลือจากโรงงานแปรรูปสับประรดเมื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่ามีโปรตีน ไขมัน เถ้า เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรต ประมาณ 1.62, 1.32, 1.97, 7.42 และ 74.70 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณน้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรักโทส ประมาณ 70, 20 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งอาจจะนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยเฉพาะใช้เพื่อเป็นอาหารสัตว์ แต่การนำเศษสับประรดมาใช้เลี้ยงโคจะต้องหมักทิ้งไว้ประมาณ 2-3 วัน เพื่อเพิ่มความน่ากินให้สูงขึ้น

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกสับประรดโดยน้ำหนักแห้งของ ชวนิศนดากร (2534) รายงานว่าเปลือกสับประรดมีโปรตีน ไขมัน เถ้า เยื่อใย และ NFE เท่ากับ 6.90, 0.90, 4.00, 17.80 และ 70.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เช่นเดียวกับ จินดา และคณะ (2542) รายงานว่าเปลือกสับประรดมีโปรตีน ไขมัน เถ้า เยื่อใย และ NFE เท่ากับ 6.00, 3.81, 6.81, 14.84 และ 68.54 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และจากการศึกษาของ กองอาหารสัตว์ (2538) ได้รายงานว่างค์ประกอบทางเคมีของใบและเปลือกสับประรด มีค่าต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกสับประรดต่ออาหารชนิดอื่น (% วัตถุแห้ง)

ส่วนประกอบ	ใบสับประรด	อาหารผสมเสร็จ	อาหารข้น	หญ้าสด	หญ้าแห้ง	เปลือกสับประรด
วัตถุแห้ง (DM)	94.97	91.68	89.68	20.21	95.41	10.02
โปรตีน (CP)	7.10	13.12	17.64	6.61	6.52	6.37
ไขมัน (EE)	1.58	2.97	3.76	0.96	0.53	1.13
เถ้า (Ash)	8.60	8.51	9.00	8.03	8.41	6.62
เยื่อใย (CF)	21.51	15.68	6.01	29.06	32.34	20.60
NFE	61.21	59.72	63.59	55.61	52.20	65.28
ADF	29.98	—	—	35.67	41.72	25.67
แคลเซียม (Ca)	0.60	0.76	0.56	0.38	0.30	0.33
ฟอสฟอรัส (P)	0.18	0.54	0.52	0.20	0.07	0.18

ที่มา: กองอาหารสัตว์ (2538)

ขานอ้อย (Bagasses)

ขานอ้อยเป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรจากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาลทราย ซึ่งมีปริมาณมาก ทั้งนี้เนื่องจากประเทศไทยใช้อ้อยเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตน้ำตาลทราย อ้อยจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญเป็นอันดับ 4 รองจากข้าว ข้าวโพด และมันสำปะหลัง โดยประเทศไทยเป็นผู้ผลิตอ้อยอันดับ 5 ของโลก รองจากประเทศบราซิล อินเดีย จีน และเม็กซิโก (นิรนาม, 2551) จากการสำรวจผลผลิตอ้อยทั่วประเทศพบว่าประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งหมดประมาณ 6.45 ล้านไร่ โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ในการปลูกอ้อยมากที่สุดรองลงมาคือ ภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันออก ตามลำดับ

ขานอ้อยเป็นส่วนของลำต้นที่เหลือจากการสกัดเอาน้ำอ้อยออกไปแล้วในกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย ประกอบด้วยน้ำ เส้นใย และของแข็งที่ละลายได้จำนวนเล็กน้อย ซึ่งปริมาณขององค์ประกอบเหล่านี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์อ้อย อายุ วิธีเก็บเกี่ยวและประสิทธิภาพของโรงงาน จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของขานอ้อยของ คู่ขวัญ (2543) พบว่ามีวัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน เยื่อใย ผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของขานอ้อย (% วัตถุแห้ง)

องค์ประกอบทางเคมี	ขานอ้อย
วัตถุแห้ง (DM)	74.75
โปรตีน (CP)	3.32
ไขมัน (EE)	0.50
เถ้า (Ash)	1.70
เยื่อใยหยาบ (CF)	41.70
ผนังเซลล์ (Cell Wall)	87.60
ลิกโนเซลลูโลส (Lignocellulose)	54.60
พลังงานรวม (GE; cal/g)	3,549.47

ที่มา: คู่ขวัญ (2543)

ฟางข้าว (Rice straw)

ฟางข้าวเป็นผลพลอยได้จากการทำนาข้าวซึ่งในประเทศไทยมีการนำฟางข้าวมาใช้เลี้ยงโค โดยถือเป็นอาหารหลักโดยเฉพาะช่วงที่ขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ เมื่อโคกินฟางข้าวจุลินทรีย์ภายใน กระเพาะหมักจะทำการย่อยสลายเพื่อผลิตกรดไขมันที่ระเหยได้ซึ่งถือว่าเป็นแหล่งพลังงานหลักของ โค ฟางข้าวมีลักษณะที่โปร่ง ความน้ำหนักต่ำ ปริมาณเยื่อใยสูงจึงย่อยได้ยาก และฟางข้าวยังมีระดับ โปรตีนที่ต่ำ ประมาณ 1.00-2.50 เปอร์เซ็นต์ และมีคาร์โบไฮเดรตโครงสร้าง (structural carbohydrate) เช่น NDF ADF และ ADL ในปริมาณที่สูง และยังมีปริมาณแร่ธาตุที่น้อยมาก เช่น ฟอสฟอรัส ประมาณ 0.10 เปอร์เซ็นต์ ถึงแม้ว่าแคลเซียมจะมีอยู่ในปริมาณที่มากแต่การนำไปใช้ ประโยชน์อาจต่ำลง เนื่องจากแคลเซียมจะอยู่ในรูปเกลือออกซาเลท และซิลิเกต รวมถึงซิลิกาใน ปริมาณที่ค่อนข้างสูง ซึ่งซิลิกามีส่วนทำให้การใช้ประโยชน์ของฟางข้าวต่ำลง นอกจากนี้ยังมีอัตรา การย่อยที่ต่ำประมาณ 30-45 เปอร์เซ็นต์ (Wanapat, 1999) อรวรรณ และคณะ (2525) พบว่าฟางข้าว มีวัตถุแห้ง 93.50 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 2.16 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 36.17 เปอร์เซ็นต์ การย่อยได้ 50.50 เปอร์เซ็นต์ และโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (TDN) 40.20 เปอร์เซ็นต์ เกษตรกรจึงได้มีการเพิ่มคุณค่า ทางโภชนาของฟางข้าวในหลายๆ วิธี เช่น การเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ ยูเรียหรือแอมโมเนีย ซึ่งทำ ให้อัตราการย่อยได้เพิ่มขึ้นสัตว์จึงสามารถกินหรือใช้ประโยชน์จากฟางข้าวได้มากขึ้น (สุทธิพงษ์ และคณะ, 2550; Alli *et al.*, 1983; Song and Kennelly, 1989)

ปรัชญา และคณะ (2544) รายงานว่าโคที่กินอาหารผสมเสร็จ (TMR) ที่มีใบสับปะรดเป็นส่วนประกอบ กับโคที่กินอาหารผสมเสร็จที่มีฟางข้าวเป็นส่วนประกอบ มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 0.97 และ 0.95 กิโลกรัม/ตัว/วัน ปริมาณอาหารที่กิน เท่ากับ 7.44 และ 7.50 กิโลกรัม/ตัว/วัน ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร เท่ากับ 7.67 และ 7.89 และมีต้นทุนค่าอาหาร 5,325.00 และ 5,808.00 บาท/ตัว ตามลำดับ ซึ่ง สุทธิพงษ์ และคณะ (2550) รายงานว่าแพะและแกะในกลุ่มที่ได้รับ ฟางข้าวหมักยูเรียมีอัตราการเจริญเติบโตมากกว่ากลุ่มที่ได้รับฟางข้าว คือ 133.90 และ 110.70 กรัม/วัน และมีปริมาณการกินได้ทั้งหมดมากกว่ากลุ่มที่ได้รับฟางข้าว คือ 901.70 และ 817.40 กรัม/วัน ในขณะที่ Mertens (1997) พบว่าการตัดพืชอาหารสัตว์ให้มีขนาดชิ้นที่เล็กจะสามารถเพิ่มปริมาณ พื้นที่ผิวสัมผัสจึงทำให้เอ็นไซม์จากจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักสามารถเข้าย่อยสลายได้ง่าย ปริมาณ การกินได้เพิ่มขึ้น กลไกการหมักย่อยและการเคี้ยวเอื้องเป็นปกติ และจากการศึกษาของ จีระชัย และ บุญล้อม (2529) รายงานว่าองค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าว ฟางข้าวหมักยูเรีย และฟางข้าวที่ราด ด้วยสารละลายยูเรียจากน้ำตาล มีค่าต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าว ฟางข้าวหมักยูเรีย และฟางข้าวราดด้วยสารละลายยูเรียกากน้ำตาล (% วัตถุแห้ง)

องค์ประกอบทางเคมี	ฟางข้าว	ฟางหมักยูเรีย	ฟางข้าวที่ราดด้วยสารละลายยูเรียกากน้ำตาล
วัตถุแห้ง (DM)	90.00	57.00	63.48
โปรตีน (CP)	2.76	4.99	7.02
ไขมัน (EE)	2.00	3.09	1.92
เถ้า (Ash)	14.84	11.60	—
เยื่อใย (CF)	38.13	21.11	—
คาร์โบไฮเดรต (NFE)	32.27	16.21	—

ที่มา: จิระชัย และ บุญล้อม (2529)

กากน้ำตาลเอทานอล (Vinasses)

กากน้ำตาลเอทานอลเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลในรูปแบบของการรวมกันของกากที่เป็นวัตถุดิบตั้งต้น ซึ่งเป็นส่วนของกากสำที่เป็นของแข็งกับส่วนที่เป็นของแข็งที่ละลายได้ในน้ำหลังจากการกลั่นแยกเอทานอล เป็นกระบวนการหมักโดยใช้ยีสต์เพื่อให้ได้แอลกอฮอล์ ซึ่งหลังจากที่ผ่านกระบวนการกลั่นเอทานอลออกไปแล้วก็จะเหลือส่วนที่เป็นยีสต์ปะปนอยู่กับส่วนของกากน้ำตาลเอทานอล จึงส่งผลให้กากน้ำตาลเอทานอลมีระดับของโปรตีนที่สูงขึ้น เพราะในเซลล์ของยีสต์มีองค์ประกอบของโปรตีนประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ (สุพจน์, 2540) ซึ่งกากน้ำตาลเอทานอล (vinasses) เป็นของเหลวที่ได้จากโรงงานผลิตเอทานอล มีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาลเช่นเดียวกับกากน้ำตาล (molasses) แต่มีความเข้มข้นน้อยกว่า (ณัฐฤต, 2553) ซึ่ง Moreira (2007) รายงานว่าลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของกากน้ำตาลเอทานอลจะขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเอทานอล อาจใช้น้ำอ้อยหรือกากน้ำตาลเป็นวัตถุดิบ หรือใช้น้ำอ้อยและกากน้ำตาลผสมกัน กากน้ำตาลเอทานอลที่ได้จะมีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาลคล้ายกากน้ำตาลแต่มีความหนืดน้อยกว่ากากน้ำตาล ในกระบวนการผลิตเอทานอลจะมีการเติมยีสต์ในขั้นตอนการหมักเพื่อทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลเป็นเอทานอล ส่งผลให้กากน้ำตาลเอทานอลมีคุณค่าทางโภชนาการที่สามารถนำไปใช้เป็นแหล่งโปรตีนแก่สัตว์ได้ โดยจะเหลือยีสต์บางส่วนปนอยู่ใน

กากน้ำตาลเอทานอล ซึ่งเป็นยีสต์ที่ตายจึงไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์ ซึ่งยีสต์มีโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และปริมาณกรดไขมันระเหยได้ เท่ากับ 40.00, 34.00, 4.00 และ 4.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ปัจจุบันได้มีการนำกากน้ำตาลเอทานอลมาใช้ประโยชน์ด้านการเกษตร เช่น การทำปุ๋ย และใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ จากการศึกษาของ Fernandez *et al.* (2009) ที่มีการทดลองใช้กากน้ำตาลเอทานอลเสริมใน sugar beet pulp (SBP) ที่ระดับ 0, 7 และ 13 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสด พบว่าปริมาณการกินได้ไม่มีผลจากการเพิ่มขึ้นของกากน้ำตาลเอทานอลที่ 0-13 เปอร์เซ็นต์ แต่เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ขององค์ประกอบพวกเยื่อใย NDF และ ADF ของ SBP ที่เสริมด้วยกากน้ำตาลเอทานอล 13 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มสูงกว่า SBP ที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้การใช้กากน้ำตาลเอทานอลที่ระดับความเข้มข้น 0-13 เปอร์เซ็นต์ ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง ภายในกระเพาะรูเมน โดย Jimenez *et al.* (2006) รายงานว่ากากน้ำตาลเอทานอลมีความเป็นกรด-ด่างประมาณ 5.2 และยังพบแร่ธาตุที่สำคัญ คือ แคลเซียม แมกนีเซียม และฟอสฟอรัส เท่ากับ 515, 272 และ 660 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ และจากการศึกษาของ ศรีเทพ (2550) พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของกากน้ำตาลเอทานอลมีวัตถุแห้ง โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และเถ้า เท่ากับ 35.56, 12.43, 67.00, 0.51 และ 20.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีพลังงาน 3,220.33 แคลอรี/กรัม นอกจากนี้ยังมีแร่ธาตุที่จำเป็นสำหรับสัตว์ เช่น ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม และแคลเซียม เป็นต้น ซึ่งสามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนและใช้เป็นอาหารเสริมสำหรับสัตว์ได้ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีและแร่ธาตุของกากน้ำตาลเอทานอล และกากน้ำตาล

องค์ประกอบทางเคมี (%)	กากน้ำตาลเอทานอล	กากน้ำตาล
วัตถุแห้ง (Dry Matter)	35.56	78.98
โปรตีน (Crude Protein)	12.43	5.06
คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate)	67.00	87.76
ไขมัน (Ether Extract)	0.51	0.55
เถ้า (Ash)	20.05	8.62
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	4.25	4.65
พลังงานรวม (GE; cal/g)	3,220.33	3,680.30
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	4.25	4.65
ไนโตรเจน (N)	2.00	0.81
ฟอสฟอรัส (P)	244.94	0.06
โพแทสเซียม (K)	4.64	2.13
แมงกานีส (Mn)	176.07	85.10
แคลเซียม (Ca)	2.09	1.21

ที่มา: ศรีเทพ (2550)

พืชอาหารสัตว์หมัก (Silage)

พืชอาหารสัตว์หมักหรือหญ้าหมัก หมายถึง พืชอาหารสัตว์ต่างๆ เช่น หญ้า ต้นข้าวโพด ต้นข้าวฟ่าง และถั่ว ที่เก็บเกี่ยวในขณะที่มีความชื้นพอเหมาะ และนำมาหมักเก็บไว้ในสภาพสุญญากาศ เก็บถนอมไว้ในสภาพหมักดอง (สายัณห์, 2547)

1. ลักษณะที่สำคัญในการผลิตพืชอาหารสัตว์หมัก มีดังนี้ (สายัณห์, 2540)

1.1 ต้องมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในระดับที่เพียงพอต่อการหมักเปรี้ยว ซึ่งถ้าพืชที่นำมาหมักมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ต่ำกว่า 15 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง จะมีผลต่อการทำงานของ

เชื้อแบคทีเรีย Lactobacilli เนื่องจากถูกจำกัดโดยพลังงาน ถ้าคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้มีค่าน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ตัวตุ้มอาจไม่สามารถทำหญาหมักได้

1.2 ฟิชจะต้องมีค่าของ buffering capacity ต่ำ หมายถึง ความต้านทานต่อการลดลงของความเป็นกรด-ด่างน้อย ซึ่งจะทำให้หญาเป็นกรดเร็วขึ้นส่งผลให้การสูญเสียตัวตุ้มและคุณภาพน้อยลง

1.3 เปอร์เซ็นต์ของตัวตุ้มในหญาจะต้องมีมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป เช่นเดียวกับ Watson and Nash (1960) รายงานว่าฟิชอาหารสัตว์ที่นำมาหมักควรมีตัวตุ้มประมาณ 25-30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถ้านำฟิชที่มีความชื้นสูงมามากจะทำให้อัตราการเป็นกรดเพิ่มขึ้นช้ามาก ถ้าความเป็นกรด-ด่างมีค่าสูงและนาน จะทำให้ฟิชหมักมีคุณภาพต่ำส่งผลให้โภชนะบางอย่างที่ละลายในน้ำ เช่น น้ำตาล สารประกอบไนโตรเจน แร่ธาตุ และกรด จากการหมักสูญเสียไป แต่ถ้าความชื้นน้อยเกินไปทำให้อัดแน่นได้ยาก

1.4 ลักษณะทางกายภาพของฟิชในด้านโครงสร้างต้องเหมาะสมต่อการอัดแน่น ถ้าการอัดแน่นไม่ดีจะมีอากาศเหลือทำให้กระบวนการหายใจของฟิชยังเกิดขึ้น ส่งผลให้เกิดการสูญเสียและเกิดเชื้อราได้ (เมธา, 2529)

2. กระบวนการหมัก

กระบวนการหมักสามารถแบ่งออกเป็น 2 กระบวนการ คือ กระบวนการที่ต้องใช้ออกซิเจน และกระบวนการที่ไม่ต้องใช้ออกซิเจน กระบวนการดังกล่าวจะมีมากขึ้นอยู่กับการทำงานของจุลินทรีย์ต่างๆ ปริมาณอากาศที่เหลือหลังนำฟิชเข้าหมัก และองค์ประกอบต่างๆ ภายในฟิชที่นำมาหมัก เช่น ความชื้น ปริมาณน้ำตาล และแร่ธาตุ (สายันห์, 2522) การหมักเป็นการถนอมฟิชในสภาพที่ก่อให้เกิดกรดแลคติก (lactic acid) ในปริมาณที่เพียงพอต่อการคงสภาพของฟิชหมักไว้ได้นาน ต้องมีความชื้นพอเหมาะและได้รับการอัดแน่นในถังหมักที่ปิดสนิท (Watson and Nash, 1960) เพื่อให้อากาศที่ใช้ในกระบวนการหายใจของฟิชหมักเหลือน้อยที่สุด ซึ่งการหมักฟิชสามารถแบ่งออกเป็น 4 ระยะ ดังนี้ (McDonald, 1981)

2.1 ระยะที่ใช้ออกซิเจน เกิดปฏิกิริยา 2 ชนิด คือ การหายใจของพืช และการย่อยโปรตีน การหายใจของพืชที่ตัดมาใหม่ๆ ทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และความร้อน ซึ่ง Bolsen *et al.* (1995) รายงานว่าระยะนี้จะมีเชื้อรา ยีสต์ และแบคทีเรียที่อาศัยอากาศหายใจ และมีการใช้น้ำตาลจากพืชมากที่สุด หากมีการเกิดราและยีสต์มากในระยะนี้จะส่งผลต่อคุณภาพอาหารหมัก พืชที่หายใจที่มากเกินไปอาจเกิดความร้อนสูง และทำให้มีการใช้พลังงานมากขึ้น เกิดการผลิตกรดแลคติกได้น้อยลง ซึ่งเป็นผลเสียต่อกระบวนการหมัก หากมีความร้อนเกิน 38 องศาเซลเซียส โปรตีนจะถูกทำลายจนสัตว์ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ การหมักที่ดีต้องมีอุณหภูมิไม่เกิน 20 องศาเซลเซียส (วีระพล, 2537) นอกจากนี้ความร้อนที่เพิ่มสูงขึ้นจากกระบวนการหมักจะทำให้เกิดการเสื่อมขององค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของพืชหมักด้วย

เมื่อเซลล์พืชเกิดการสลายจะปล่อยเอนไซม์ออกมาหลายชนิด แต่เอนไซม์หลักๆ ที่สำคัญ ได้แก่ เอนไซม์โปรตีเอส (protease) และเอนไซม์เฮมิเซลลูเลส (hemicellulase) เอนไซม์โปรตีเอสมีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายโปรตีนโดยจะทำหน้าที่เปลี่ยนโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบในพืชให้อยู่ในรูปแบบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (non-protein nitrogen) ได้แก่ เปปไทด์ กรดอะมิโน เอมีน เอมีน และแอมโมเนีย ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้คุณภาพของพืชหมักลดลง (Muck, 1991) ส่วนเอนไซม์เฮมิเซลลูเลส จะทำหน้าที่เปลี่ยนเยื่อใยที่เป็นองค์ประกอบในพืชหมัก เช่น เฮมิเซลลูโลสให้เป็นน้ำตาล ซึ่งทำให้ส่วนของผนังเซลล์ของพืชหมักลดลง 1-2 เปอร์เซ็นต์ (Jones *et al.*, 1992) เพื่อลดการย่อยสลายโปรตีนจึงต้องควบคุมกระบวนการใช้ออกซิเจนให้เสร็จสิ้นเร็วที่สุด และรักษาสภาพที่ไม่มีออกซิเจนไว้ให้ได้นานที่สุด นอกจากนี้กระบวนการหมักที่ใช้ออกซิเจนจะส่งผลให้แบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนมีจำนวนเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งแบคทีเรียนี้จะเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตไปเป็นกรดต่างๆ เช่น กรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดแลคติก จนกระทั่งออกซิเจนถูกใช้หมดไป ซึ่งกรดต่างๆ เหล่านี้จะเปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์ต่อไป (McDonald *et al.*, 1991) กระบวนการที่ใช้ออกซิเจนจะใช้เวลาในการเกิดปฏิกิริยาประมาณ 4-5 ชั่วโมง หลังจากนั้นจะเข้าสู่กระบวนการที่ไม่ใช้ออกซิเจน อย่างไรก็ตามถ้ามีการเตรียมการหมักไม่เหมาะสมระยะเวลาในกระบวนการหมักที่ใช้ออกซิเจนอาจใช้เวลานานกว่าปกติได้ (Schroeder, 2004)

2.2 ระยะไม่ใช้ออกซิเจน เมื่อออกซิเจนหมดแบคทีเรียจะย่อน้ำตาลที่มีอยู่ในพืชทำให้เกิดกรดแลคติก และสารอื่นๆ ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ เอทานอล และกรดอะซิติก เป็นต้น การเกิดกรดทำให้จุลินทรีย์อื่นๆ ไม่สามารถเจริญได้ บทบาทที่สำคัญในการสังเคราะห์กรดแลคติกจากคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ คือ แบคทีเรียกรดแลคติก (lactic acid bacteria, LAB) ซึ่งเป็น

แบคทีเรียที่ทำให้พืชหมักมีกลิ่นหอม รสดี และมีความน่ากินสูง นอกจากนี้ยังพบว่าสามารถช่วยปรับความเป็นกรด-ด่างในพืชหมักอยู่ที่ระดับ 3.8-5.0 (Elferink *et al.*, 2000) แบคทีเรียดังกล่าว นอกจากเจริญเติบโตได้ดีในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนแล้ว ยังพบว่าสามารถทนต่อสภาพที่มีออกซิเจนได้อีกด้วย (Wessels *et al.*, 2004) ซึ่งชนิดที่พบมากในพืชหมักมีอยู่ 4 สกุล ได้แก่ *Lactibacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, และ *Streptococcus* สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตามรูปแบบการหมัก คือ homofermentative LAB ซึ่งสามารถเปลี่ยนน้ำตาลที่มีคาร์บอน 6 อะตอม เป็นผลผลิตสุดท้ายที่เป็นกรดแลกติกได้เกือบทั้งหมด และอีกกลุ่มคือ heterofermentative LAB ที่ให้ผลผลิตสุดท้ายเป็นสารชนิดอื่น เช่น กรดอะซิติกหรือเอทานอล โดยกรดแลกติกจะเกิดจากแบคทีเรีย 2 พวก คือ พวกแรกผลิตกรดแลกติกเพียงอย่างเดียว (lactic acid bacteria, LAB1) และพวกผลิตทั้งกรดแลกติก กรดอะซิติก และคาร์บอนไดออกไซด์ (lactic acid bacteria, LAB2) ซึ่งการทำอาหารหมักให้มีคุณภาพและได้ผลผลิตดีจะต้องมีแบคทีเรียพวก LAB1 มาก ถ้าพืชหมักที่มีความเป็นกรด-ด่างสูงกว่า 5.0 จะมีแบคทีเรียพวก LAB2 มาก จนกระทั่งความเป็นกรด-ด่างลดลงต่ำกว่า 5.0 จะมีแบคทีเรีย LAB1 มาก (Muck, 1991) นอกจากนี้ปริมาณน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบของพืชหมักเป็นอีกปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการทำงานของแบคทีเรียกรดแลกติก กล่าวคือ ถ้ามีปริมาณน้ำตาลมาก และอยู่ในสภาวะที่เหมาะสมจะส่งผลทำให้เกิดกรดแลกติกได้เร็วขึ้น (สายัณห์, 2547)

ในข้าวโพดหมักการที่เกิดกรดอะซิติกมากเกินไปจะทำให้การสูญเสียวัตถุแห้งเพิ่มมากขึ้น และไม่เป็นที่ต้องการของสัตว์เคี้ยวเอื้องทำให้สัตว์กินอาหารได้น้อยลง โดยระยะนี้ใช้เวลาประมาณ 1 สัปดาห์ ซึ่งพบว่าพืชที่มีความชื้นสูงจะถูกหมักย่อยได้รวดเร็วกว่าพืชที่มีความชื้นต่ำ (McDonald, 1981) นอกจากนี้ยังมีแบคทีเรียในกลุ่ม Clostridia แบคทีเรียในกลุ่ม Enterobacteria รวมทั้งยีสต์ และเชื้อรา ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่ไม่พึงประสงค์ในกระบวนการหมัก และมีผลกระทบต่อคุณภาพของพืชหมักทั้งสิ้น (McDonald *et al.*, 1991) Enterobacteria เป็นแบคทีเรียที่เจริญเติบโตได้ดีทั้งในสภาวะที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน สามารถเปลี่ยนน้ำตาลเป็นกรดอะซิติก (McDonald, 1981) ซึ่งจากการเพิ่มขึ้นของกรดอะซิติกนี้จะส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินพืชหมักที่ลดลงเมื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ (Kung Jr., 2000) ยีสต์ และเชื้อรา ส่วนใหญ่เป็นพวกที่ต้องการออกซิเจนและมีอัตราการเจริญเติบโตช้า จึงมีผลกระทบต่อกระบวนการหมักน้อยกว่าแบคทีเรีย แต่จะมีผลเสียต่อพืชหมักเมื่อเปิดหลุมหมัก (สายัณห์, 2547)

เมื่อมีการควบคุมความเป็นกรด-ด่างไว้ที่ประมาณ 4.0 เปอร์เซนต์ ทำให้เชื้อราและยีสต์ชะงักการเจริญเติบโต ซึ่งมาตรฐานของข้าวโพดหมักมีค่าใกล้เคียงกับมาตรฐานของพืชหมักโดยใน

พืชหมักมีความเป็นกรด-ด่างอยู่ที่ 4.20 เปอร์เซ็นต์ กรดแลคติก 3-13 เปอร์เซ็นต์ กรดบิวทีริกน้อยกว่า 0.02 เปอร์เซ็นต์ และแอมโมเนีย-ไนโตรเจน น้อยกว่า 11.0 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจน (สายนั, 2522; Catchpoole and Henzell, 1971) ขณะที่ Tumwasorn *et al.* (1996); Andrew *et al.* (1979) รายงานว่ามาตรฐานของข้าวโพดหมักที่ดีจะต้องมีความเป็นกรด-ด่าง 3.6-4.0 เปอร์เซ็นต์ กรดแลคติก 4-6 เปอร์เซ็นต์ กรดอะซิติกน้อยกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ และกรดบิวทีริกน้อยกว่า 0.1 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 มาตรฐานของข้าวโพดหมักที่ดี

องค์ประกอบทางเคมี	ระดับ (%)
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	3.60-4.00
กรดแลคติก (Lactic acid)	4.00-6.00
กรดอะซิติก (Acetic acid)	<2.00
กรดบิวทีริก (Butyric acid)	<0.10
กรดโพรปิโอนิก (Propionic acid)	<0.50

ที่มา: Tumwasorn *et al.* (1996); Andrew *et al.* (1979)

2.3 ระยะการเก็บหมัก เป็นระยะเวลาที่เอนไซม์และปฏิกิริยาต่างๆ หยุดเมื่อไม่มีออกซิเจนเข้ามาในพืชหมักทำให้พืชหมักสามารถรักษาสภาพการหมักไว้ การมีออกซิเจนเข้ามาในพืชหมักทำให้เกิดเชื้อราและยีสต์ ก่อให้เกิดการสูญเสียคุณภาพ และวัตถุแห้งได้อย่างรวดเร็ว (สายนั, 2547)

2.4 ระยะการใช้เป็นอาหารสัตว์ พืชหมักคุณภาพดีต้องสะอาดปราศจากพืชอื่นเจือปน มีรสเปรี้ยวอ่อนๆ กลิ่นหอมแบบผักดองหรือกรดเล็กน้อย ไม่มีกลิ่นฉุนหรือเหม็น ไม่มีเมือกหรือราปนเปื้อน (บุญเหลือ, 2534 และ พันทิพา, 2547) นอกจากนี้ได้มีการจำแนกคุณภาพของอาหารหมักที่มีคุณภาพดีจะมีปริมาณของกรดแลคติกในปริมาณมาก และไม่มีกรดบิวทีริก (สายนั, 2522) ซึ่งเป็นผลเสียต่ออาหารหมัก เชื้อราที่เกิดขึ้นในอาหารหมักนอกจากจะทำให้อาหารหยาบมีคุณภาพต่ำแล้ว ยังทำให้สมรรถภาพการผลิตลดลงหรือทำให้สัตว์ป่วยได้

ลักษณะพืชหมักที่มีคุณภาพ

1. ลักษณะมาตรฐานทางกายภาพของพืชหมัก (บุญส่ง และคณะ, 2555)

1.1 สี ควรมีสีเขียวแกมเหลือง ถ้าปรากฏเป็นสีน้ำตาลไหม้หรือดำแสดงว่าเกิดความร้อนมากเกินไปในขณะหมักทำให้สารอินทรีย์สลายตัว ซึ่งถ้าพืชหมักเป็นสีดำไม่ควรนำไปใช้เลี้ยงสัตว์

1.2 กลิ่น ควรมีกลิ่นหอมเปรี้ยวอ่อนๆ คล้ายผลไม้ดอง

1.3 เนื้อของพืชหมัก จะต้องไม่เป็นเมือก ไม่ละ เอมือเหนียวไม่หลุดออก ไม่มีราหรือส่วนที่บูดเน่า ถ้ามีสีขาวๆ เป็นเส้นกระจายบนพืชหมักแสดงว่าเกิดราทำให้คุณภาพของพืชหมักลดลง

1.4 ความชื้น ควรอยู่ระหว่าง 65-70 เปอร์เซ็นต์ หากมีความชื้นสูงกว่านี้พืชหมักจะเปรี้ยวมาก และเกิดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการกับของเหลว หากบีบพืชหมักด้วยมือแล้วมีน้ำเหลวๆ ไหลออกมาแสดงว่ามีความชื้นมากเกินไป หากความชื้นน้อยเกินไปจะทำให้แบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกลดลงส่งผลให้พืชหมักเสียได้ง่าย

2. ลักษณะมาตรฐานทางเคมีของพืชหมัก ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ลักษณะมาตรฐานทางเคมีของพืชหมัก

องค์ประกอบทางเคมี	ระดับ (%)
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	4.20
กรดแลคติก (Lactic acid)	3.00-13.00
กรดบิวทีริก (Butyric acid)	<0.20
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$)	<11.00 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจน

ที่มา: Catchpoole and Henzell (1971)

โคนมสาวทดแทน (Dairy replacement)

การเลี้ยงโคนหรือโคสาวนั้นมีความสำคัญต่อการเป็นแม่โครีดนมที่ดีในอนาคตเพื่อให้ได้ผลผลิตที่สม่ำเสมอ มีรายได้ตลอดทั้งปี ดังนั้นจึงต้องมีการดูแลเอาใจใส่ให้ถูกต้องเพื่อให้ได้เป้าหมายตามต้องการ ซึ่งระยะการเลี้ยงโคนสามารถแบ่งได้ดังนี้

1. ระยะลูกโค คือช่วงแรกเกิดถึง 3 เดือน ลูกโคที่เกิดใหม่ควรให้ลูกกินนมจากแม่โดยเร็ว เนื่องจากน้ำนมแม่ในระยะนี้มีคุณสมบัติพิเศษ คือ มีโปรตีนสูง ส่วนใหญ่จะเป็น immunoglobulin และ antibodies ซึ่งสามารถช่วยเพิ่มความต้านทานให้แก่ลูกโค เรียกน้ำนมระยะนี้ว่า น้ำนมเหลือง (colostrum) หากแยกลูกโคออกจากแม่ทันทีให้รีดน้ำนมเหลืองมาให้ลูกกินในอัตรา 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อวัน (วรรณ และ วิบูลย์ศักดิ์, 2531) เมื่อลูกโคอายุ 1 เดือน เริ่มหัดให้กินอาหารหยาบและอาหารข้นร่วมกับน้ำนมสดหรือหางนมผงละลาย จากนั้นลดปริมาณการให้น้ำนมลงทีละน้อย แล้วเพิ่มปริมาณการให้อาหารหยาบและอาหารข้นจนกระทั่งลูกโคสามารถใช้ประโยชน์จากอาหารหยาบและอาหารข้นได้อย่างเต็มที่แล้วจึงหยุดการให้น้ำนม ซึ่งการหย่านมลูกโคได้เร็วจะเป็นการช่วยลดต้นทุนค่าอาหารและแรงงาน นอกจากนั้นยังส่งผลโดยให้ลูกโคมีสุขภาพแข็งแรง เพราะสามารถใช้อาหารได้เร็วส่งผลให้เป็นแม่โครีดนมที่ดีในอนาคต (ชวนิศนดากร, 2534)

2. ระยะก่อนวัยเจริญพันธุ์ คือช่วง 4-9 เดือน เมื่อลูกโคหย่านมแล้วเริ่มให้มีโปรแกรมสุขภาพ เช่น การทำวัคซีนป้องกันโรค ได้แก่ โรคปากและเท้าเปื่อย โรคแพ้งัดคุด โรคคอบวม โรคแอนแทรกซ์ เมื่อลูกโคอายุ 6 เดือนทำการถ่ายพยาธิ และปล่อยลงฝูงโคน

3. ระยะวัยเจริญพันธุ์ คือช่วง 10-14 เดือน ส่วนโคสาวพันธุ์โฮสไตน์ฟรีเซียนแสดงอาการเป็นสัดครั้งแรก เมื่ออายุเฉลี่ย 9-12 เดือน แต่ส่วนใหญ่นิยมผสมเมื่อโคอายุ 18-21 เดือน หรือน้ำหนักเฉลี่ย 270-350 กิโลกรัม (สมเพชร และคณะ, 2549) ซึ่งการจัดการด้านอาหารในระยะนี้มีความสำคัญมาก ต่อระบบสืบพันธุ์ เนื่องจากการที่โคเป็นสัดช้าหรือเร็วนั้นจะขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของร่างกาย โคในช่วงนี้ควรให้กินอาหารหยาบอย่างเต็มที่ ถ้าโคสาวได้รับอาหารหยาบคุณภาพดีก็สามารถลดปริมาณอาหารข้นลงได้ การเลี้ยงโคสาวไม่ควรให้โคสาวอ้วนเกินไป เพราะจะทำให้เกิดการผสมติดยาก แต่ควรให้โคได้รับอาหารหยาบคุณภาพดี มีการเสริมแร่ธาตุ และน้ำให้กินตลอดเวลา (Tom *et al.*, 1999)

ปัญหาในการเลี้ยงโคนมสาวทดแทน (Problems in feeding dairy replacement)

การเลี้ยงโครุ่นหรือโคสาวจะต้องทำให้โคได้รับโภชนาตามความต้องการของร่างกายโดยใช้ต้นทุนในการเลี้ยงที่ต่ำที่สุด ซึ่งในช่วงนี้ควรใช้อาหารหยาบคุณภาพดีในการเลี้ยงมากกว่าเน้นการใช้อาหารข้นในปริมาณที่สูง ปัญหาในการเลี้ยงของเกษตรกรส่วนใหญ่ คือ

1. เกษตรกรไม่มีความใส่ใจโคนมในระยะนี้ โดยเฉพาะหลังจากที่ถูกโคหย่านมมีอายุประมาณ 3-11 เดือน ซึ่งถือว่าเป็นช่วงที่ระบบเต้านมกำลังมีการพัฒนา ทำให้โคทดแทนมีน้ำหนักอัตราการเจริญเติบโตที่ต่ำ ระบบเต้านมพัฒนาได้ไม่เต็มที่ และส่งผลต่อการให้น้ำนมในอนาคต

2. พืชอาหารหยาบตามฤดูกาลมีไม่เพียงพอต่อความต้องการของโค ส่งผลให้เกษตรกรให้อาหารที่คุณภาพต่ำแก่โคในระยะนี้ ทำให้โคทดแทนได้รับปริมาณโปรตีนและพลังงานไม่เพียงพอต่อความต้องการ เช่นเดียวกับปัญหาของ สหกรณ์โคนมไทย-เคนมาร์ค อ่าวน้อย [สค. อ่าวน้อย] (ม.ป.ป.) ที่พบว่าเกษตรกรไม่ให้ความสำคัญแก่โคสาวเนื่องจากไม่ให้ผลผลิต จึงทำให้โคสาวไม่ได้รับอาหารหยาบอย่างถูกต้อง ส่งผลให้โคสาวมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำ ทำให้น้ำหนักแรกเข้าที่สหกรณ์ต่ำตามไปด้วย ดังนั้นการให้อาหารหยาบคุณภาพดีเป็นทางหนึ่งที่สามารถลดต้นทุนด้านปริมาณอาหารข้นที่ใช้ (สมคิด และคณะ, 2533) รวมถึงการจัดสัดส่วนอาหารที่เหมาะสมเพื่อให้โคได้รับโภชนาอาหารเพียงพอกับความต้องการของในแต่ละช่วงอายุส่งผลไปถึงการเป็นแม่โคนมที่ดีได้ในอนาคต การให้อาหารที่มีระดับพลังงานไม่เพียงพอในช่วงระยะการเจริญเติบโตของโค มีผลทำให้โคมีน้ำหนักที่ต่ำ โครงสร้างของกระดูกและลำตัวเล็ก เมื่อมีอายุมากขึ้นอาจส่งผลต่อการเป็นสัตว์ แต่การให้อาหารข้นในปริมาณที่สูงจะทำให้เกิดปัญหาต่างๆ ตามมา เช่น การกินได้ลดลง ประสิทธิภาพการผลิตลดลง ภาวะกรดในกระเพาะ หรืออาจทำให้สัตว์ตายได้ แต่การที่โคได้รับอาหารหยาบที่เหมาะสมทำให้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นลดลง และการให้อาหารหยาบคุณภาพดีทำให้สามารถเพิ่มคุณภาพการผลิตได้ (สมเพชร และคณะ, 2549; Miller and O'Dell, 1969)

จากปัญหาข้างต้น ทำให้สหกรณ์มีนโยบายรับซื้อฝักหรือซื้อขาดโคสาวของสมาชิก ที่มีน้ำหนักประมาณ 150 กิโลกรัม มาเลี้ยงโดยทางสหกรณ์ โดยจะให้โคกินเศษข้าวโพดหมักหรือเศษสับประรด และฟางข้าวเป็นหลัก ร่วมกับการให้อาหารข้น แต่เนื่องจากเศษข้าวโพดหมักหรือเศษสับประรดมีความแปรปรวนตามฤดูกาล คุณค่าทางโภชนาการต่ำ ประกอบกับฟางข้าวมีราคาที่สูงขึ้น

ผู้วิจัยและบริษัท ริช แอนด์ กรีน จำกัด จึงเกิดแนวคิดที่จะนำอาหาร TMF มาใช้ในการเลี้ยงโคสาว เพื่อให้โคสาวได้รับอาหารหยาบคุณภาพดี และมีสมำเสมอตลอดทั้งปี ซึ่งปริมาณการให้อาหารโคทางสหกรณ์จะควบคุมต้นทุนในการเลี้ยงให้มีความเหมาะสมเป็นหลัก จึงทำโคได้รับอาหารในปริมาณที่น้อยแต่ก็อยู่ในระดับสมดุลพลังงานและโปรตีนที่เพียงพอต่อการดำรงชีพ เมื่อโคสาวได้รับการผสมและตั้งท้องทางสหกรณ์ก็จะขายกลับให้สมาชิก หรือขายให้ผู้สนใจนำไปเลี้ยงเพื่อใช้เป็นแม่โครีดในอนาคตต่อไป (สก. อ่าวน้อย, ม.ป.ป.)

ผลของการใช้อาหารหมักในโคนมสาวทดแทน

1. ประสิทธิภาพการผลิต (Production efficiency)

ประสิทธิภาพการผลิตจะบ่งบอกถึงผลผลิตที่ได้รับจากสัตว์ฟาร์ม มีผลจากการจัดการด้านต่างๆ รวมทั้งด้านอาหาร โดยโคนมได้รับอาหารเสริมจุลินทรีย์จะทำให้ปริมาณการกินได้ลดลง จุลินทรีย์ที่เสริมไปจะทำให้โคสามารถใช้ประโยชน์จากอาหารได้มากขึ้น (วุฒิกร และคณะ, 2552) เช่นเดียวกับ Minson (1990) รายงานว่าโคสามารถกินพืชหมักได้ในปริมาณน้อยมาก เมื่อเทียบกับพืชสดหรือหญ้าแห้ง ซึ่งการกินพืชหมักที่มีปริมาณน้อยจะสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางกายภาพ การย่อยสลายของโปรตีน การลดลงของกรด-ด่าง และปริมาณของกรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นในกระบวนการหมัก ในขณะที่ อังคณา และคณะ (2549) พบว่าโคที่เลี้ยงด้วยพืชสดมีปริมาณการกินอาหารหยาบ และอาหารทั้งหมดในรูปวัตถุแห้งได้มากกว่าโคที่เลี้ยงด้วยพืชหมักชนิดต่างๆ ทั้งนี้เนื่องจากพืชหมักดังกล่าวมีปริมาณของวัตถุแห้งต่ำ นอกจากนี้ปริมาณกรดอินทรีย์ในหญ้าหมักก็เป็นปัจจัยที่จำกัดปริมาณการกินได้ของสัตว์อีกด้วย แต่การนำพืชไปผ่านการหมักก็สามารถเพิ่มความน่ากินได้ทำสัตว์กินอาหารได้มากขึ้น และยังเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ ทำให้สัตว์มีประสิทธิภาพในการผลิตที่เพิ่มสูงขึ้น (บุญล้อม, 2541; Park *et al.*, 2005)

สุทธิพงศ์ และคณะ (2552) ทำการเสริมอาหารขึ้นวันละประมาณ 1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว โดยอาหารขึ้นที่ใช้มีสิ่งเหลือทิ้งจากโรงงานผลิตกรดซัลฟิวริกที่ระดับ 0, 10, 20, และ 30 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารขึ้น และให้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบ พบว่าปริมาณการกินได้ของอาหาร (อาหารหยาบ อาหารขึ้น และอาหารทั้งหมด) มีค่าไม่แตกต่างกัน แต่อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ประมาณ 0.40 กิโลกรัม/วัน และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ประมาณ 14.80 และต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นประมาณ 38.70 บาท/กิโลกรัม

2. การย่อยได้ (Digestibility)

การที่จะทราบว่าอาหารมีโภชนะมากน้อยเพียงใดสามารถวัดได้จากภาวะวิเคราะห์ทางเคมี แต่ส่วนของอาหารที่สัตว์รับได้จริงจะวัดได้ก็ต่อเมื่อทราบปริมาณที่สูญเสียไปในระหว่างการย่อย การดูดซึม และการเมแทบอลิซึมในร่างกาย ซึ่งส่วนที่ย่อยได้จะถูกดูดซึม และส่วนที่ย่อยไม่ได้จะถูกขับออกทางมูล ดังนั้นเมื่อนำโภชนะในมูลมาหักออกจากโภชนะในอาหารจะทราบปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ (digestible nutrient) และคิดเป็นร้อยละของโภชนะในอาหารจะได้ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ (digestibility coefficient) หรือเรียกว่าการย่อยได้ (digestibility; บุญล้อม, 2541) ซึ่งการย่อยได้ในสัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือ การย่อยได้ของโภชนะในห้องปฏิบัติการ (*in vitro* digestibility) และการย่อยได้ของโภชนะในสัตว์โดยตรง (*in vivo* digestibility) การย่อยได้ในสัตว์โดยตรงที่ได้จากการคำนวณจะเป็นค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ปรากฏ (apparent digestibility coefficient) เนื่องจากค่าโภชนะที่อยู่ในมูลเป็นค่าที่ได้จากส่วนประกอบของอาหารที่ไม่ถูกย่อยในระบบทางเดินอาหาร และส่วนของเซลล์เนื้อเยื่อที่หลุดลอกออกมา นอกจากนี้ยังมีจุลินทรีย์ที่อยู่ในทางเดินอาหารรวมอยู่ด้วย ส่วนดังกล่าวเรียกว่า metabolic faecal substance หากนำส่วนนี้มาหักออกจากมูลจะได้ส่วนที่ดูดซึมเข้าไปจริง เรียกว่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้จริง (true digestibility coefficient; NRC, 1996)

ซึ่งการศึกษาการย่อยได้ในสัตว์โดยตรงมีวิธีที่นิยมใช้กันอยู่ 2 วิธี คือ วิธีการชั่งน้ำหนักทั้งหมด (conventional method) และวิธีการใช้สารบ่งชี้ (indicator method; Schultz *et al.*, 1988) และวิธีการใช้สารบ่งชี้แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ การใช้สารบ่งชี้ภายใน (internal indicator) หรือสารที่มีอยู่ในอาหารตามธรรมชาติ เช่น ลิกนินและเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (AIA) และวิธีการใช้สารบ่งชี้ภายนอก (external indicator) หรือสารที่เติมลงไป เช่น สารโครมิกออกไซด์ หรือไททาเนียมไดออกไซด์ (Van Keulen and Young, 1977) สารบ่งชี้ควรมีคุณสมบัติ คือ จะต้องไม่ถูกละลาย ไม่ถูกดูดซึม สามารถไหลผ่านทางเดินอาหารอย่างสม่ำเสมอในอัตราเดียวกับอาหาร ไม่มีฤทธิ์เป็นยา และจะต้องวิเคราะห์ทางเคมีได้ง่าย (บุญล้อม, 2541)

การย่อยได้ของโภชนะในอาหารและมูลในโคนมจะบ่งบอกถึงประสิทธิภาพพลังงานที่ได้รับ ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับอาหารที่โคได้รับ แต่การให้อาหารแก่โคในระดับสูงก็มีการสูญเสียพลังงานออกมากับมูล กับก๊าซมีเทน และกับความร้อนจากตัวสัตว์ มากกว่าการให้อาหารในระดับต่ำ ในขณะที่ระดับของโปรตีนในอาหารที่ต่างกันมีผลต่อพลังงานที่สูญเสียออกมากับมูล ซึ่งการนำ

อาหารหมักไปใช้เลี้ยงโคนมต้องคำนึงถึงการยอมรับของสัตว์และคุณค่าทางอาหาร เป็นต้นว่าการย่อยได้ และค่าพลังงานในรูปของ TDN DE และ ME ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการคำนวณสูตรอาหาร (Kearl, 1982) ซึ่ง สายัณห์ (2547) พบว่าพืชอาหารสัตว์ในเขตร้อนส่วนมากจะมีค่าการย่อยได้ต่ำกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ Arbabi *et al.* (2008) รายงานว่าเศษข้าวโพดหมักมีการย่อยวัตถุแห้งประมาณ 34.08 เปอร์เซ็นต์ คล้ายกับชานอ้อยและฟางข้าวมีค่าการย่อยและความน่ากินต่ำ แต่การนำเศษเหลือจากอุตสาหกรรมการเกษตรมาหมักสามารถเพิ่มปริมาณการกิน และการย่อยของอาหารให้สูงขึ้นได้ (Promma *et al.*, 1993) Suksathit *et al.* (2011) รายงานว่าอาหารหยาบที่มีส่วนประกอบของเศษสับปะรดเพียงอย่างเดียวจะมีการย่อยที่สูง มีวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ โปรตีน NDF และ ADF เท่ากับ 82.66, 84.52, 84.10, 76.64 และ 68.84 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่ง Guthrie and Wagner (1988) พบว่าเศษสับปะรดที่มีขึ้นเล็กน้อยจะมีความน่ากิน และทำให้มีอัตราการกินไหลผ่านที่เพิ่มขึ้น เมื่ออัตราการไหลผ่านเพิ่มขึ้นค่าการย่อย ADF ก็จะเพิ่มขึ้น ส่วน จินดา และคณะ (2541) ได้ใช้เศษข้าวโพดหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบของโคนมพันธุ์โฮสไตน์ฟรีเซียนระดับเลือดประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ เพื่อศึกษาปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ พบว่ามีปริมาณการกินได้ของข้าวโพดหมัก 5.00 กิโลกรัม/ตัว/วัน และค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ โปรตีน NDF และ ADF เท่ากับ 61.14, 65.19, 49.40, 57.17 และ 54.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีค่า TDN เท่ากับ 65.22 เปอร์เซ็นต์ สำหรับค่าเฉลี่ยของพลังงานในรูป DE และ ME เท่ากับ 2.80 และ 2.38 Mcal/kgDM ตามลำดับ

3. ชีวเคมีในเลือด (Blood metabolites)

เลือดเป็นของเหลวในร่างกายที่เป็นตัวกลางในการขนส่งสารอาหาร และเป็นสารที่ควบคุมการทำงานของร่างกายไปยังเซลล์ต่างๆ รวมทั้งรับเอาของเสียที่เกิดขึ้นจากเซลล์ในกระบวนการเมแทบอลิซึมของสารอาหาร การตรวจสอบค่าชีวเคมีในเลือดนั้นจึงแสดงถึงความสัมพันธ์ของสารอาหารที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของสัตว์ (Singh *et al.*, 2002) ดังนั้นค่าชีวเคมีในเลือดจึงสามารถนำมาพิจารณาร่วมกับค่าทางโภชนาการอื่นๆ ที่ทำการวิเคราะห์เพื่อประเมินการใช้ประโยชน์ของสารอาหารได้ โดยการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในเลือดที่ใช้ตรวจสอบมีดังนี้

3.1 กลูโคสในเลือด (Blood glucose, BG)

น้ำตาลกลูโคสเป็นสารที่ร่างกายนำไปใช้ได้ทันทีซึ่งร่างกายมีกลไกการควบคุมกลับกลูโคสที่ไตเกือบทั้งหมด ระบบการย่อยอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถเปลี่ยนอาหารคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะหมักให้เป็นกรดไขมันระเหยง่าย เช่น กรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก และ กรดบิวทิริก เป็นผลให้สัตว์เคี้ยวเอื้องมีระดับน้ำตาลในเลือดต่ำ ซึ่งกลูโคสจะถูกดูดซึมและเข้าไปสะสมในตับ และกล้ามเนื้อในรูปของไกลโคเจน จากนั้นจะสลายออกมาเมื่อร่างกายต้องการพลังงานโดยขบวนการกลูโคเนโอเจเนซิส (gluconeogenesis) ซึ่งเกิดขึ้นที่ตับ (เมธา, 2529) การสร้างกลูโคสขึ้นอยู่กับสภาวะร่างกายของสัตว์ และชนิดของอาหารที่กิน การกินอาหารข้นจะเกิดการสร้างกลูโคสมากกว่าการกินอาหารหยาบ เนื่องจากคาร์โบไฮเดรตในอาหารข้นจะถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดโพรพิโอนิกโดยการหมักของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ซึ่งจะถูกลดซึมเข้าสู่กระแสเลือดและเปลี่ยนเป็นกลูโคสที่ตับต่อไป (บุญล้อม, 2542) ซึ่ง เมธา (2529) ได้รายงานว่ามีปริมาณโพรพิโอนิกที่ถูกลดซึมเข้าไปจะเปลี่ยนเป็นกลูโคสได้ตั้งแต่ 19-60 เปอร์เซ็นต์ กลูโคสจัดอยู่ในกลุ่มของเมทาบอลไลท์ซึ่งคือน้ำตาลที่มีอยู่ในเลือดเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งความเข้มข้นของกลูโคสในสัตว์เคี้ยวเอื้องมีค่าประมาณ 45-80 mg/dl (ณรงค์ศักดิ์, 2533; Frandson *et al.*, 2009) โดยทั่วไปสัตว์เคี้ยวเอื้องจะมีความต้องการกลูโคสในเลือดเพื่อการดำรงชีพประมาณ 40-60 mg/dl เพื่อให้เนื้อเยื่อทำงานได้ตามปกติ สัตว์จะใช้กลูโคสเป็นแหล่งของพลังงานโดยตรง และถูกควบคุมโดยฮอร์โมนอินซูลินและกลูคาγονที่สร้างจากตับอ่อน ซึ่งจะส่งผลให้ระดับของน้ำตาลกลูโคสในเลือดอยู่ในระดับที่ปกติ (เมธา, 2529)

Mudron *et al.* (2005) รายงานว่าระดับความเข้มข้นของกลูโคสในเลือดเป็นสิ่งบ่งชี้ถึงสภาวะสมดุลพลังงานในร่างกายสัตว์ การเพิ่มขึ้นของระดับกลูโคสในเลือดจะพบได้หลังจากที่ได้รับอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูง หลังจากที่ย่อยแล้วร่างกาย การเกิดความเครียดอย่างฉับพลันหรือรุนแรง ส่วนการลดลงของระดับกลูโคสในเลือดจะเกิดในสภาวะ acetonemia หรืออินซูลิน ชักนำให้ร่างกายเกิดภาวะ hypoglycemia หรืออาจเกิดจากการทำงานที่ผิดปกติของตับและไต (Moss, 1992) ในช่วงการอดอาหารร่างกายจะได้กลูโคสจากการสลายไกลโคเจนที่ตับเข้าสู่กระแสเลือดระดับกลูโคสในเลือดมีค่าคงที่อยู่ที่ประมาณ 70 mg/dl โดยได้รับจากการดูดซึมผ่านลำไส้เล็กและตับ แล้วส่งผ่านไปยังสมอง กล้ามเนื้อ และเนื้อเยื่ออื่นๆ บางส่วนที่มากเกินไปจะสะสมในรูปไขมันและกรณีที่กลูโคสในเลือดสูงกว่า 180 mg/dl กลูโคสจะถูกส่งไปยังไตและขับออกทางปัสสาวะ (Ganong, 1991) ซึ่ง Singh *et al.* (2002) รายงานว่าโคต้องได้รับพลังงานให้เพียงพอต่อความ

ต้องการของร่างกาย และนำกลูโคสไปใช้เป็นวัตถุดิบในกระบวนการเมแทบอลิซึมเพื่อให้เกิดพลังงานภายในเซลล์ ส่วนที่เหลือโคจะนำไปใช้ในการสังเคราะห์เป็นไขมันเพื่อสะสมในอวัยวะส่วนต่างๆ ของร่างกาย อีกทั้งยังช่วยรักษาสภาพเนื้อเยื่อของระบบประสาท เซลล์เม็ดเลือดแดง รก และต่อมไทรอยด์ (Kaneko *et al.*, 2008)

3.2 ยูเรียไนโตรเจนในเลือด (Blood urea nitrogen, BUN)

ยูเรียเป็นสารอินทรีย์ขนาดเล็กซึ่งยูเรียในร่างกายได้จากการเผาผลาญโปรตีน (Church, 1991) ยูเรียเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน มีการสังเคราะห์ขึ้นที่ตับซึ่งเปลี่ยนมาจากแอมโมเนีย โดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนจะสลายโปรตีนในอาหารให้เป็นแอมโมเนีย เพื่อใช้เป็นแหล่งของไนโตรเจนสำหรับการสร้างจุลินทรีย์โปรตีน แอมโมเนียที่จุลินทรีย์นำไปใช้ไม่หมดจะถูกดูดซึมผ่านผนังของกระเพาะรูเมนเข้าสู่กระแสเลือด ซึ่งจะถูกลำเลียงเป็นยูเรียอย่างรวดเร็วที่ตับเพื่อลดความเป็นพิษของแอมโมเนีย นอกจากนี้กรดอะมิโนที่ดูดซึมผ่านลำไส้เล็กแต่ไม่ถูกนำไปใช้สร้างโปรตีนก็จะถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงาน และยูเรียที่ตับเช่นเดียวกัน (Khon, 2007) ยูเรียที่เกิดขึ้นจะเข้าสู่กระแสเลือด โดยส่วนหนึ่งจะถูกนำกลับเข้าสู่กระเพาะรูเมนผ่านทางน้ำลาย อีกส่วนหนึ่งจะนำกลับไปยังไต และถูกขับออกในรูปปัสสาวะ (บุญล้อม, 2541 และ เมธา, 2529) ทั้งนี้เมื่อโคอยู่ในสภาวะขาดน้ำ ระดับยูเรียไนโตรเจนในเลือดจะเพิ่มสูงขึ้นเพราะยูเรียถูกขับออกจากร่างกายผ่านไตเป็นหลัก เมื่อร่างกายขาดน้ำอัตราการกรองที่ไตจะลดลงทำให้ยูเรียขับออกทางปัสสาวะน้อยลง (Payne, 1977) โดย Higginbotham *et al.* (1989) รายงานว่าปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือดจะขึ้นอยู่กับปริมาณและความสามารถในการย่อยได้ของโปรตีนในอาหารที่สัตว์ได้รับ ซึ่งปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือดยังเป็นตัวชี้วัดถึงการใช้ประโยชน์ของโปรตีนในอาหาร (Tiffany *et al.*, 1972) ปริมาณยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดเป็นตัววัดความเข้มข้นของแอมโมเนียในกระเพาะรูเมนที่ดีในสัตว์เคี้ยวเอื้อง สัดส่วนระหว่างไนโตรเจนต่อพลังงาน มีอิทธิพลต่อยูเรียไนโตรเจนในเลือดมากโดยจะขึ้นอยู่กับระดับของหญ้าที่กิน และการสลายโปรตีนในกระเพาะรูเมน (Hammond *et al.*, 1994) การเพิ่มของระดับยูเรียไนโตรเจนในเลือดอาจเป็นผลเนื่องมาจากสัตว์ได้รับอาหารที่มีโปรตีน หรือสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนในระดับสูง หรืออาจเกิดจากสภาวะที่มีการนำโปรตีนในร่างกายไปใช้ประโยชน์ เช่น การที่มีปริมาณการกินอาหารน้อยไม่เพียงพอต่อความต้องการ การอดอาหาร การเกิดท้องร่วงอย่างรุนแรง หรือโรคอื่นๆ ที่ทำให้ร่างกายสัตว์อ่อนแอ (เมธา, 2529)

นอกจากนี้ Terui *et al.* (1979) รายงานว่าปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือดของโคจะเพิ่มขึ้นเมื่อโคได้รับความเครียดจากสภาพอากาศร้อน อาจเนื่องจากสภาวะที่สัตว์ได้รับมีผลต่อการเพิ่มกระบวนการสลายโปรตีน การเพิ่มขึ้นของยูเรียไนโตรเจนในเลือดเป็นผลเนื่องจากสัตว์กินอาหารที่มีโปรตีนหรือสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน ซึ่งยูเรียไนโตรเจนในเลือดมีสหสัมพันธ์กับระดับแอมโมเนียในกระเพาะรูเมน ยูเรียไนโตรเจนในเลือดอาจสูงได้ในสภาวะที่มีกระบวนการนำโปรตีนไปใช้ประโยชน์ในร่างกาย เช่น ในช่วงที่สัตว์กินอาหารน้อยไม่เพียงพอต่อการรักษาสภาวะปกติของร่างกายหรือช่วงที่เกิดท้องร่วงรุนแรง (Riis, 1983) ส่วนการลดลงของยูเรียไนโตรเจนในเลือดอาจเกิดจากร่างกายได้รับอาหารที่มีระดับของโปรตีนต่ำ หรือการทำงานที่ผิดปกติของวัฏจักรยูเรีย (urea cycle) ในการเปลี่ยนแอมโมเนียเป็นยูเรีย หรือการเกิดจากความผิดปกติของตับและไต เป็นต้น (Moss, 1992)

ความเข้มข้นขององค์ประกอบในเลือดนั้นจะผันแปรตาม อายุ อาหาร และอื่นๆ (เมธา, 2529) ปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือดของสัตว์เคี้ยวเอื้องปกติจะอยู่ที่ระหว่าง 6.3-12.5 mg/dl (Singh *et al.*, 2002) แต่อย่างไรก็ตามปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือดเพียงอย่างเดียวก็ไม่สามารถบ่งชี้ถึงการใช้ประโยชน์ของอาหารทั้งหมดในสัตว์ได้ เนื่องจากการใช้ประโยชน์จากโปรตีนในอาหารจะต้องสัมพันธ์กับพลังงานด้วย (เมธา, 2529) ดังนั้นจึงควรหาค่าทางชีวเคมีในเลือดที่บ่งชี้ถึงการใช้ประโยชน์ของพลังงานร่วมด้วย เช่น ปริมาณกลูโคสในเลือดเพื่อช่วยในการพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงของสัตว์ที่ได้รับอาหารแตกต่างกัน

3.3 สอร์โมนไทรไอโอโดไทโรนีน (Triiodothyronine, T3)

สอร์โมนไทรไอโอโดไทโรนีนเป็นเอมีนสอร์โมนซึ่งสังเคราะห์ขึ้นจากต่อมไทรอยด์ มีการจำแนกได้ 2 ชนิด ได้แก่ สอร์โมนไทรอกซีน (Thyroxine, T4) และสอร์โมนไทรไอโอโดไทโรนีน (Triiodothyronine, T3) โดยสอร์โมนไทรไอโอโดไทโรนีนจะมีความเข้มข้นในเลือดต่ำกว่าสอร์โมนไทรอกซีนแต่มีความสามารถในการออกฤทธิ์สูงกว่าหลายเท่า ซึ่ง 85 เปอร์เซ็นต์ของสอร์โมนไทรไอโอโดไทโรนีนที่ร่างกายผลิตขึ้นในแต่ละวันจะเปลี่ยนมาจากสอร์โมนไทรอกซีนโดยการตัดไอโอดีนในเนื้อเยื่ออื่นๆ (นทีทิพย์, 2538) กระบวนการสังเคราะห์สอร์โมนทั้งสองชนิดนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณไอโอดีน และกรดอะมิโนไทโรซีน หน้าที่ของสอร์โมนทั้งสองชนิดนี้จะเกี่ยวข้องกับการสร้างพลังงานโดยควบคุมอัตราเมตาบอลิซึมพื้นฐาน (basal metabolism rate) ซึ่งส่งผลต่อการทำงานของทุกระบบภายในร่างกาย เช่น ระบบหัวใจ ระบบย่อยอาหาร การระบายความ

ร้อนออกจากร่างกาย และส่งผลต่อเมแทบอลิซึมของโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน วิตามิน เป็นต้น (Dunlop, 1991) ทำให้อัตราเมแทบอลิซึมในร่างกายสูงขึ้นประมาณ 60-100 เปอร์เซ็นต์ของระดับเดิม นอกจากนี้ยังทำให้อัตราการใช้อาหารเพื่อสร้างพลังงาน รวมถึงอัตราการสร้างและการสลายโปรตีนของร่างกายเพิ่มขึ้น (ขรรจง, 2538)

ไทรอยด์ฮอร์โมนในระดับที่เหมาะสมจะสามารถกระตุ้นการหมุนเวียนของโปรตีน แต่หากมีในระดับสูงเกินไปจะกระตุ้นการสลายโปรตีนมากกว่าการสร้างและการสะสม (นทีทิพย์, 2538) การขาดอาหารจะมีผลทำให้ระดับของไทรอยด์ฮอร์โมนลดลง และลดการเปลี่ยนฮอร์โมนไทรอกซีนเป็นฮอร์โมนไตรไอโอโดไทโรนิน อาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนมีผลต่อการสังเคราะห์ไทรอยด์ฮอร์โมน โดยคาร์โบไฮเดรตจะกระตุ้นการหลั่งฮอร์โมนไทรอกซีน และโปรตีนจะกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงฮอร์โมนไทรอกซีนเป็นฮอร์โมนไตรไอโอโดไทโรนิน ถ้าสัตว์ได้รับอาหารไม่เพียงพอจะทำให้เกิดการสลายตัวของโปรตีน และไขมันของร่างกายส่งผลให้น้ำหนักตัวลดลง (ขรรจง, 2538) ซึ่ง Dunlop (1991) พบว่าระดับของฮอร์โมนไทรอกซีน และฮอร์โมนไตรไอโอโดไทโรนินในสัตว์แต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน

4. ประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ (Reproduction efficiency)

ประสิทธิภาพการสืบพันธุ์จะบ่งบอกถึงประสิทธิภาพของสัตว์ฟาร์มในอนาคต มีผลจากการจัดการด้านต่างๆ รวมทั้งด้านอาหาร การที่โคได้รับอาหารที่มีพลังงานเพียงพอจะส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโต และกระตุ้นให้โคเป็นสาวเร็วขึ้น รวมทั้งการได้รับอาหารหยาดที่มีการย่อยได้สูงจะทำให้โคได้รับประโยชน์จากอาหารหยาดสูงขึ้นส่งผลให้การเป็นสัดเพิ่มขึ้น (Sejrsen and Purup, 1997) ดังนั้นการให้อาหารโคนมในช่วงอายุ 10-14 เดือน จึงมีความสำคัญต่อระบบสืบพันธุ์ (Tom *et al.*, 1999) นอกจากนี้การเป็นสัดเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของร่างกาย โดยมีค่าคะแนนความสมบูรณ์ร่างกายของโคที่อยู่ในช่วง 3-3.5 จะมีผลต่อการตั้งท้องของโค เช่นเดียวกับ Spitzer *et al.* (1995) พบว่าโคนมที่มีคะแนนความสมบูรณ์ร่างกายสูง จะชักนำสู่การเป็นสัด และพร้อมสู่การตั้งท้องได้ดี หากโคอ้วนเกินไปจะทำให้การผสมติดยาก (Gallo *et al.*, 1996) การให้อาหารหยาดที่มีระดับพลังงานไม่เพียงพอในช่วงระยะการเจริญเติบโตของโค มีผลทำให้โคมีน้ำหนักตัวที่ต่ำ โครงสร้างของกระดูกและลำตัวเล็ก เมื่อโคมีอายุมากจะมีผลต่อการเป็นสัด (สมเพชร และคณะ, 2549) โดยพบว่าโคนมสาวมีอัตราการผสมติดอยู่ที่ 23-61.5 เปอร์เซ็นต์ (ปราจีน และคณะ, 2544)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. สัตว์ทดลอง

โคนมสาวทดแทนพันธุ์ลูกผสมโฮสไตน์ฟรีเซียน 93.25 % เพศเมีย น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 288.95 ± 42.25 กิโลกรัม จำนวน 63 ตัว ที่ได้รับการถ่ายพยาธิ และฉีดวัคซีนป้องกันโรคปากและเท้าเปื่อยเรียบร้อยแล้ว

2. อาหาร

2.1 อาหารหยาบเบ็ดเสร็จ (TMF) ประกอบด้วย เศษข้าวโพดหวาน เศษสับปะรด ชานอ้อย และฟางข้าว มาผสมกับกากน้ำตาลเอทานอล โดยผ่านกระบวนการหมักในระยะเวลาเฉลี่ย 21 วัน ตามสูตรทางการค้าของบริษัท ริช แอนด์ กรีน จำกัด

2.2 เศษข้าวโพดหมัก ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ของข้าวโพด ได้แก่ เปลือกและฝักข้าวโพด ชังและไหมข้าวโพด โดยผ่านกระบวนการหมักในระยะเวลาเฉลี่ย 21 วัน

2.3 ฟางข้าว ของสหกรณ์โคนมไทย-เดนมาร์ก อ่าวน้อย จำกัด

2.4 อาหารข้น ของสหกรณ์โคนมไทย-เดนมาร์ก อ่าวน้อย จำกัด โดยมีสูตรโปรตีน 14 %

3. โรงเรือน

โรงเรือนมีลักษณะที่เปิดโล่งทั้ง 4 ด้าน เป็นโรงเรือนแบบหน้าจั่วสองชั้น เพื่อช่วยในการระบายอากาศ มีขนาดคอกกว้าง 4.0 เมตร ยาว 11.0 เมตร จำนวน 9 คอก คอกละ 7 ตัว แต่ละคอกมีถึงน้ำขนาดกว้าง 0.5 เมตร ยาว 0.9 เมตร สูง 0.5 เมตร และมีรางอาหารอยู่ด้านหน้าของแต่ละคอก ทุกคอกแขวนแร่ธาตุก้อนให้โคกินแร่ธาตุและน้ำได้ตลอดเวลา

4. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างมูล

4.1 ถังพลาสติก

4.2 ถังมือพลาสติก

4.3 เครื่องชั่ง

4.4 กล้องโพรไมล์น้ำแข็งสำหรับเก็บตัวอย่าง

5. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างเลือด

5.1 เข็มเจาะเลือดเบอร์ 18 ขนาด 1.5 นิ้ว

5.2 กระบอกฉีดพลาสติกขนาด 10 มิลลิลิตร

5.3 หลอดเก็บตัวอย่างเลือดที่เคลือบด้วยโซเดียมฟลูออไรด์ (sodium fluoride) ขนาด 4 มิลลิลิตร เพื่อแยกเก็บพลาสมาในการวิเคราะห์ปริมาณกลูโคสในเลือด (blood glucose, BG)

5.4 หลอดเก็บตัวอย่างเลือดที่ไม่เคลือบสารป้องกันเลือดแข็งตัว ขนาด 4 มิลลิลิตร เพื่อแยกเก็บซีรัมในการวิเคราะห์ปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือด (blood urea nitrogen, BUN) และฮอร์โมนไทรไอโอโดไทโรนีน (triiodothyronine, T3)

5.5 เครื่องปั่นเหวี่ยง (centrifuge)

5.6 หลอดเก็บตัวอย่างพลาสมาและซีรัม (microcentrifuge tube)

6. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในอาหารสัตว์ทดลอง

6.1 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้วิเคราะห์หา วัตถุแห้ง โปรตีนรวม ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่ายแต่ไม่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ (NFE) พลังงานรวม และปริมาณแร่ธาตุ ด้วยวิธี Proximate analysis (AOAC, 1984)

6.2 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้วิเคราะห์หา เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (NDF) และเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (ADF) ด้วยวิธี Detergent method (Goering and Van Soest, 1970)

6.3 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้วิเคราะห์หา เถ้าที่ไม่ละลายในกรด (Acid insoluble ash, AIA; Van Keulen and Young, 1977)

6.4 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้วิเคราะห์หา ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ตามวิธีของ Bolsen *et al.* (1992)

6.5 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้วิเคราะห์หา ปริมาณกรดแลกติก กรดอะซิติก และกรดบิวทีริก ด้วยวิธีการกลั่นไอน้ำ (AOAC, 1984)

7. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้วิเคราะห์การย่อยได้

7.1 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้วิเคราะห์หา วัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ โปรตีนรวม ไขมัน และเถ้า ด้วยวิธี Proximate analysis (AOAC, 1984)

7.2 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้วิเคราะห์หา NDF และ ADF ด้วยวิธี Detergent method (Goering and Van Soest, 1970)

7.3 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้วิเคราะห์หา สัมประสิทธิ์การย่อยได้ จากสัดส่วนของเถ้าที่ไม่ละลายในกรดจากมูลและอาหาร (Van Keulen and Young, 1977)

8. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ชีวเคมีในเลือด

8.1 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้วิเคราะห์หา ปริมาณปริมาณกลูโคสในเลือด (BG) ในพลาสมา (Tiffany *et al.*, 1972) ปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือด (BUN) และฮอร์โมนไตรไอโอโดไทโรนีน (T3) ในซีรัม (Schmid and Forstner, 1986)

วิธีการ

1. การจัดการเลี้ยงดูสัตว์ทดลอง

1.1 การเตรียมสัตว์ทดลอง

1) ระยะปรับอาหาร เพื่อให้สัตว์คุ้นเคยกับอาหาร โดยให้แต่ละกลุ่มทดลองได้รับอาหารแต่ละชนิดตามกลุ่มทดลองนั้น ใช้เวลา 7 วัน

2) ระยะเตรียมการทดลอง เป็นระยะที่โคกินอาหารตามกลุ่มทดลองเพื่อให้โคปรับตัวใช้เวลา 14 วัน

3) ระยะการทดลอง หลังจากผ่านระยะเตรียมการทดลองแล้วเป็นระยะที่เก็บตัวอย่างจริง โดยให้ปริมาณอาหารตามสมมูลพลังงานและโปรตีนเพื่อใช้ในการดำรงชีพ ภายใต้เงื่อนไขที่สหกรณ์กำหนด ใช้เวลาในการทดลอง 90 วัน

1.2 การให้อาหาร โคนมสาวทดแทนพันธุ์ลูกผสมโฮสไต์ฟรีเซียน 93.25 % เพศเมีย น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 288.95 ± 42.25 กิโลกรัม จำนวน 63 ตัว แบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 7 ตัว เลี้ยงในคอกขนาด 4×11 ตารางเมตร โคนมสาวจะได้รับอาหารทดลองวันละ 2 ครั้ง คือ เวลา 09.00 น. และเวลา 16.00 น. ซึ่งให้อาหารแบบแยกย่อย โดยแบ่งโคออกเป็นกลุ่มๆ ดังนี้

กลุ่มที่ 1 (ควบคุม) ได้รับเศษข้าวโพดหมัก 10 กิโลกรัม/ตัว/วัน ฟางข้าว 3 กิโลกรัม/ตัว/วัน และเสริมอาหารข้น 3 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน

กลุ่มที่ 2 ได้รับ TMF 8 กิโลกรัม/ตัว/วัน ฟางข้าว 2 กิโลกรัม/ตัว/วัน และเสริมอาหารข้น 3 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน

กลุ่มที่ 3 ได้รับ TMF 14 กิโลกรัม/ตัว/วัน และเสริมอาหารข้น 2 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน

โดยปริมาณอาหารในแต่ละกลุ่มคิดตามปริมาณสมมูลพลังงานและโปรตีนที่โคสาวควรได้รับ เพื่อให้ใกล้เคียงกับความต้องการในการดำรงชีพ และให้อยู่ในเกณฑ์ที่สหกรณ์กำหนด ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานของ NRC อันเนื่องมาจากเกษตรกรทั่วไปรายย่อยมีรายได้ต่ำไม่สามารถซื้ออาหารที่มีราคาแพงตาม NRC กำหนดได้

2. การเก็บตัวอย่างอาหารสัตว์ทดลอง

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างอาหาร TMF เศษข้าวโพดหมัก ฟางข้าว อาหารข้นสูตรโปรตีน 14 % ก่อนให้สัตว์ทดลอง เพื่อนำไปวิเคราะห์หา วัตถุแห้ง โปรตีนรวม ไขมัน เถ้า NFE พลังงานรวม กรดแลกติก กรดอะซิติก กรดบิวทีริก และปริมาณแร่ธาตุ ตามวิธีของ AOAC (1984) NDF ADF และ AIA ตามวิธีของ Goering and Van Soest (1970); Van Keulen and Young (1977) ความเป็นกรด-ด่าง ตามวิธีของ Bolsen *et al.* (1992)

3. การเก็บข้อมูลและการวัดประสิทธิภาพการผลิต

3.1 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาของอาหารที่ใช้ในการทดลอง

3.2 บันทึกปริมาณการกินอาหารของโค โดยการชั่งน้ำหนักปริมาณอาหารที่ให้ และปริมาณอาหารที่เหลือในช่วงเช้าของวันถัดไปทุกๆ วัน เพื่อกำหนดปริมาณวัตถุแห้งที่ได้รับต่อตัวต่อวัน และปริมาณวัตถุแห้งที่ได้รับโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว รวมทั้งคำนวณโปรตีนที่ได้รับ

3.3 ชั่งน้ำหนักโคช่วงต้นและสุดท้ายการทดลองทุกตัว เพื่อคำนวณการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยตลอดการทดลอง และวัดคะแนนความสมบูรณ์ร่างกาย (ตารางผนวกที่ 2) ตามวิธีของ NRC (2001) โดยผู้วิจัยคนเดียวทุกเดือนเพื่อลดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลแล้วบันทึกผลตามแบบฟอร์ม

4. การเก็บตัวอย่างมูล

สุ่มเก็บตัวอย่างมูลโคนมสาวทดแทน กลุ่มละ 6 ตัว จากส่วนทวารหนักใส่ถุงพลาสติก ซึ่งทำการเก็บครั้งเดียวในช่วงสิ้นสุดการทดลอง และนำตัวอย่างที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเช่นเดียวกับอาหารที่ให้กินเพื่อหา วัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ และโปรตีนรวม ตามวิธีของ AOAC (1984) รวมทั้งหา NDF ADF ตัวอย่างของมูลโค ตามวิธีของ Goering and Van Soest (1970) โดยการใช้สารบ่งชี้ภายใน คือ ลิกนินและเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (AIA) หาค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งวิเคราะห์จากสัดส่วนของ AIA ในมูลและอาหาร ตามวิธีของ Van Keulen and Young (1977) ทำการคำนวณค่าการย่อยได้ของโภชนาแต่ละชนิด ดังสูตรต่อไปนี้

$$\% \text{ AIA} = (A - B)/W \times 100$$

เมื่อ

A = น้ำหนักถ้วยและน้ำหนักตัวอย่างหลังการเผา
B = น้ำหนักถ้วย
W = น้ำหนักของตัวอย่างวัตถุแห้ง

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (%)

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

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนา (%)

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

และคำนวณโภชนะที่น้อยได้ทั้งหมด โดยใช้สูตร Kearn (1982) and NRC (2001)

$$\text{TDN (\%)} = \text{DCP} + \text{DNDF} + \text{DNFC} + (\text{DEE} \times 2.25)$$

เมื่อ

DCP = เปอร์เซนต์ Crude Protein ที่น้อยได้

DNDF = เปอร์เซนต์ Neutral Detergent Fiber ที่น้อยได้

DNFC = เปอร์เซนต์ Non Fiber Carbohydrate ที่น้อยได้

DEE = เปอร์เซนต์ Ether Extract ที่น้อยได้

$$\text{โดยค่า NFC (\%DM)} = 100 - \%CP - \%EE - \%NDF - \%Ash$$

สำหรับค่าพลังงานน้อยได้ คำนวณจากค่า TDN จากสูตร

$$\text{DE (Mcal/kgDM)} = 0.04409 \text{ TDN}$$

และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ คำนวณจากค่า TDN จากสูตร

$$\text{ME (Mcal/kgDM)} = -0.45 + 0.04453 \text{ TDN}$$

5. การเก็บตัวอย่างเลือด

เมื่อสิ้นสุดการทดลองสุ่มเก็บตัวอย่างเลือดของโคนมสาวทดแทน กลุ่มละ 6 ตัว โดยเก็บตัวอย่างเลือดบริเวณเส้นเลือดดำที่โคนหาง (Caudal vein) ทำการเก็บครั้งเดียวในช่วงสิ้นสุดการทดลองซึ่งเช้าวันสุดท้ายของการทดลองจะงดให้อาหารก่อนการเจาะเลือด (ทำการเก็บในชั่วโมงที่ 0 ก่อนให้อาหาร) หลังจากนั้นจึงให้อาหารตามกลุ่มทดลอง และทำการเจาะเลือดอีกครั้งหลังจากกินอาหารไปแล้ว (ทำการเก็บในชั่วโมงที่ 4 หลังให้อาหาร) ตัวละ 8 มิลลิลิตร โดยแยกใส่หลอดเก็บตัวอย่างเลือดที่เคลือบด้วยโซเดียมฟลูออไรด์ ปริมาณ 4 มิลลิลิตร เพื่อเก็บพลาสมาสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณกลูโคสในเลือด (BG) ตามวิธีของ Tiffany *et al.* (1972) แยกใส่หลอดเก็บตัวอย่างเลือดที่ไม่เคลือบสารป้องกันเลือดแข็งตัว ปริมาณ 4 มิลลิลิตร แล้วนำเลือดไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 3,000 รอบ เป็นเวลา 15 นาที เพื่อเก็บส่วนซีรัม และนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณยูเรียในโตรเจนในเลือด (BUN) ตามวิธีของ Schmid and Forstner (1986) และระดับฮอร์โมนไทรโอไอโดไทโรนีน (T3) ด้วยวิธีการ Electrochemiluminescence immunoassay (ECLIA) โดยใช้เครื่อง Roche Elecsys 1010/2010 และ MODULA ANALYTIC E170 (Elecsys module)

6. ประสิทธิภาพการสืบพันธุ์

ในแต่ละวันจะทำการบันทึกจำนวนโคที่แสดงการเป็นสัด โดยการเฝ้าสังเกตการวันละ 2 ครั้ง คือ เวลา 07.00 น. และเวลา 15.00 น. เมื่อพบว่าโคแสดงการเป็นสัด (standing heat) บันทึกการเป็นสัดตามแบบฟอร์ม และแจ้งให้เจ้าหน้าที่ผสมเทียมของสหกรณ์โคนมไทย-เดนมาร์ก อำน้อย จำกัด คนเดิมมาทำการผสมในช่วงเช้าหรือช่วงบ่ายตามลักษณะการแสดงการเป็นสัด และความพร้อมของระบบสืบพันธุ์ ส่วนการตรวจการผสมติดจะทำการล้วงตรวจผ่านทางทวารหนักในช่วง 60 วันหลังจากการผสมเทียม ซึ่งค่าที่ได้ทั้งหมดจะนำไปคำนวณหา เปอร์เซ็นต์ไม่เป็นสัด การเป็นสัดครั้งแรกหลังเริ่มเลี้ยง จำนวนครั้งต่อการผสมติด การผสมติดครั้งแรก และอัตราการผลิตทั้งหมด เมื่อสิ้นสุดการทดลอง

7. ต้นทุนทางเศรษฐกิจ

ราคาของวัตถุดิบอาหารสัตว์ต่างๆไปในท้องตลาดที่เปลี่ยนแปลงนั้นมีผลโดยตรงต่อต้นทุนที่ใช้ในกระบวนการผลิต จึงควรคำนวณต้นทุนอาหารสัตว์และการวิเคราะห์ต้นทุน รวมถึงกำไรจากการใช้กลุ่มอาหารทดลองที่มีความแตกต่างกัน ซึ่งอาหารสัตว์ที่ใช้ในการทดลองมีต้นทุนในการเลี้ยงดังนี้ TMF มีราคา 3.00 บาท/กิโลกรัม เศษข้าวโพดหมัก มีราคาประมาณ 2.00 บาท/กิโลกรัม ฟางข้าว มีราคาประมาณ 2.75 บาท/กิโลกรัม และอาหารข้น มีราคาประมาณ 8.10 บาท/กิโลกรัม (14 % โปรตีน) เพื่อนำมาคำนวณต้นทุนการผลิต และวิเคราะห์ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการเลี้ยงโคนมสาวทดแทน โดยมีรายละเอียดดังนี้

7.1 ค่าใช้จ่ายต่างๆ ได้แก่ ค่าพันธุ์สัตว์ ค่ายาและเวชภัณฑ์ ค่าน้ำเชื้อและอุปกรณ์ ค่าอาหารข้น และค่าอาหารหยาบ

7.2 ต้นทุนการผลิตทั้งหมดต่อตัว และต้นทุนการผลิตทั้งหมดต่อการเพิ่มน้ำหนัก

8. การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของกลุ่มทดลองด้วยวิธีการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ซึ่งการทดลองพบว่าน้ำหนักเริ่มต้นของโคมีผลต่อลักษณะที่ศึกษาจึงใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (analysis of covariance) โดยมีน้ำหนักเริ่มต้นของโคทดลองเป็นตัวแปรร่วม ประมาณค่าเฉลี่ยแบบลีสตแควร์ (LSMeans) ของแต่ละกลุ่มทดลองและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า LSMeans ในการปรับสำหรับการเปรียบเทียบหลายค่าด้วย Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (Steel and Torrie, 1980) โดยมีแบบหุ่นจำลองทางสถิติ ดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + T_i + R(T)_j + \beta(X_{ij} - \bar{X}) + \epsilon_{ijk}$$

เมื่อ

Y_{ij} = ค่าสังเกตจากทรีทเมนต์ที่ i , ซ้ำที่ j เมื่อ $j = 1, 2$ และ 3

X_{ij} = ค่า covariate จากทรีทเมนต์ที่ i , ซ้ำที่ j เมื่อ $j = 1, 2$ และ 3

μ = overall mean

$\bar{X}$ = mean of X

T_i = อิทธิพลเนื่องจากทรีทเมนต์ที่ i เมื่อ $i = 1, 2$ และ 3

$R(T)_j$ = จำนวนซ้ำจากทรีทเมนต์ที่ j เมื่อ $j = 1, 2$ และ 3

β = ค่า regression หรือ slope ที่ใช้ในการปรับอิทธิพลเนื่องจาก X ให้กับ Y

ϵ_{ijk} = ความคลาดเคลื่อนของการทดลอง โดยมีการกระจายตัวแบบ NID $(0, \sigma^2)$

9. สถานที่ทำการวิจัยและวิเคราะห์อาหาร

9.1 โรงเรือนและสัตว์ทดลอง ณ สหกรณ์โคนมไทย-เดนมาร์ก อ่าวน้อย จำกัด ตำบลอ่าวน้อย อำเภอมือง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

9.2 ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์นครราชสีมา อำเภอบางบัวทอง จังหวัดนครราชสีมา

9.3 ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ ณ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

9.4 ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์เลือด ณ บริษัทโปรเฟสชั่นแนล ลาโบราทอรี แมนเนจเม้นท์ คอร์ป
จำกัด กรุงเทพฯ

10. ระยะเวลาในการทำวิจัย

เริ่มต้นการทดลอง สิงหาคม 2555

สิ้นสุดการทดลอง พฤศจิกายน 2555



ผลและวิจารณ์

1. คุณค่าทางโภชนาของอาหารที่ใช้ในการทดลอง

จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาของอาหารชั้นมีวัตถุแห้ง โปรตีนรวม ไขมัน เถ้า NDF ADF และพลังงานรวม เท่ากับ 87.20, 14.83, 7.47, 9.12, 40.08, 26.32 เปอร์เซ็นต์ และ 3,836.41 แคลอรี/กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 8) โดยในการทดลองได้ใช้อาหารชั้นที่ระดับโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ ตลอดการทดลอง ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับระดับโปรตีนในอาหารของโคนมสาวรุ่นที่แนะนำ โดย AFFRCS (1999) และ NRC (2001) ที่มีค่าเท่ากับ 12 และ 14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาของเศษข้าวโพดหมักมีวัตถุแห้ง โปรตีนรวม ไขมัน เถ้า NDF ADF และพลังงานรวม เท่ากับ 20.47, 7.56, 1.27, 8.83, 72.48, 36.98 เปอร์เซ็นต์ และ 3,924.79 แคลอรี/กรัม ตามลำดับ

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาของฟางข้าวมีวัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน เถ้า NDF ADF และพลังงานรวม เท่ากับ 93.15, 3.84, 1.60, 15.37, 73.38, 43.81 เปอร์เซ็นต์ และ 3,455.21 แคลอรี/กรัม ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าฟางข้าวที่ใช้ในครั้งนี้มีระดับโปรตีนที่ค่อนข้างสูง อาจเนื่องมาจากได้รับไนโตรเจนจากการใส่ปุ๋ยยูเรียในการปลูกข้าวที่สูงจึงส่งผลให้ฟางข้าวมีปริมาณโปรตีนที่สูงตามไปด้วย

ส่วนการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาของ TMF มีวัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน เถ้า NDF ADF และพลังงานรวม เท่ากับ 25.82, 8.89, 4.43, 7.80, 54.93, 32.10 เปอร์เซ็นต์ และ 3,824.11 แคลอรี/กรัม ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 8

และจากการศึกษาความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดแลกติก กรดอะซิติก และกรดบิวทีริก พบว่ามีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของพืชหมักที่มีคุณภาพดี (สายพันธ์, 2522) โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสัตว์ นอกจากนี้การนำอาหารหยาบไปหมักก่อนนำไปให้สัตว์จะทำให้สัตว์สามารถกินอาหารได้มากขึ้น และมีความน่ากินเพิ่มขึ้น (บุญล้อม, 2541) รวมทั้งแร่ธาตุแคลเซียม และฟอสฟอรัส ซึ่งมีค่าที่ใกล้เคียงกัน และจัดว่าเป็นแร่ธาตุที่มีความสำคัญต่อร่างกายมีส่วนช่วยในการเจริญเติบโตของสัตว์ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยองค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่ใช้ในการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมี (% วัตถุแห้ง)	อาหารชั้น	เศษข้าวโพดหมัก	ฟางข้าว	TMF
วัตถุแห้ง (DM)	87.20	20.47	93.15	25.82
โปรตีนรวม (CP)	14.83	7.56	3.84	8.89
ไขมัน (EE)	7.47	1.27	1.60	4.43
เถ้า (Ash)	9.12	8.83	15.37	7.80
NFE	36.37	52.61	41.37	52.92
NDF	40.08	72.48	73.38	54.93
ADF	26.32	36.98	43.81	32.10
พลังงานรวม (cal/g)	3,836.41	3,924.79	3,455.21	3,824.11
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	—	3.80	—	3.55
กรดแลกติก	—	2.44	—	4.61
กรดอะซิติก	—	6.64	—	5.65
กรดบิวทีริก	—	3.08	—	2.56
แคลเซียม (Ca)	1.87	0.39	0.50	0.42
ฟอสฟอรัส (P)	0.34	0.25	0.21	0.05

2. ประสิทธิภาพการผลิต

จากการศึกษาการให้อาหารหยาบเบ็ดเสร็จแบบจำกัดต่อประสิทธิภาพการผลิตในโคนมสาวทดแทน โดยระดับการให้อาหารของโคนั้นต้องคำนวณตามความต้องการโภชนะในการดำรงชีพและการเจริญเติบโตของโค (NRC, 2001) ซึ่งระดับการให้อาหารของโคทดลองนี้ได้รับอาหารตามเงื่อนไขที่สหกรณ์กำหนด และเมื่อสิ้นสุดการทดลองได้ผลจากโคทั้ง 3 กลุ่ม ดังนี้ (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยแบบลีสสแควร์ และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ประสิทธิภาพการผลิตของโคนมสาวทดแทนที่ได้รับอาหารทั้ง 3 กลุ่ม

ลักษณะที่ศึกษา	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3
จำนวนสัตว์ (ตัว)	21	21	21
ระยะเวลาทดลอง (วัน)	90	90	90
น้ำหนักเริ่มต้น (กก./ตัว) ¹	290.90±52.95	285.57±38.80	290.38±34.99
น้ำหนักสิ้นสุด (กก./ตัว)	326.66±3.12	313.04±3.13	321.47±3.10
การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว (กก./ตัว)	34.39±3.11	27.47±3.13	31.10±3.09
อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย (กรัม/ตัว/วัน)	382.07±34.63	305.26±34.79	345.48±34.44
คะแนนความสมบูรณ์ร่างกายเริ่มต้น	2.39±0.04	2.50±0.04	2.40±0.04
คะแนนความสมบูรณ์ร่างกายสิ้นสุด	3.02±0.04	2.88±0.04	3.04±0.04
การเปลี่ยนแปลงคะแนนความสมบูรณ์ร่างกาย	0.61±0.03 ⁿ	0.38±0.03 ^u	0.64±0.03 ⁿ
ปริมาณวัตถุแห้งที่ได้รับ (กก.วัตถุแห้ง/ตัว/วัน)			
– อาหารข้น	2.62 ⁿ	2.62 ⁿ	1.74 ^u
– เศษข้าวโพดหมัก	1.86	–	–
– ฟางข้าว	2.85 ⁿ	1.86 ^u	–
– TMF	–	2.07 ^u	3.62 ⁿ
วัตถุแห้งที่ได้รับทั้งหมด (กก.วัตถุแห้ง/ตัว/วัน)	7.33±0.01 ⁿ	6.55±0.01 ^u	5.36±0.01 ⁿ
ปริมาณวัตถุแห้งที่ได้รับทั้งหมด (% น้ำหนักตัว)	2.54±0.01 ⁿ	2.27±0.01 ^u	1.86±0.01 ⁿ
โปรตีนที่ได้รับ (กก.วัตถุแห้ง/ตัว/วัน)	0.64 ⁿ	0.64 ⁿ	0.58 ^u

ค่าเฉลี่ยแบบลีสสแควร์ ± ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

¹ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

^{n, u, k} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

กลุ่มที่ 1 (ควบคุม) ได้รับเศษข้าวโพดหมัก ฟางข้าว และอาหารข้น ที่ 10, 3 และ 3 กิโลกรัม/ตัว/วัน

กลุ่มที่ 2 ได้รับ TMF ฟางข้าว และอาหารข้น ที่ 8, 2 และ 3 กิโลกรัม/ตัว/วัน

กลุ่มที่ 3 ได้รับ TMF และอาหารข้น ที่ 14 และ 2 กิโลกรัม/ตัว/วัน

2.1 ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง

จากการศึกษาโคที่ได้รับอาหารในแต่ละกลุ่ม พบว่ากลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ได้รับอาหารขึ้น 2.62 กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน และกลุ่มที่ 3 ได้รับอาหารขึ้น 1.74 กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน มีปริมาณวัตถุแห้งที่ได้รับจากเศษข้าวโพดหมักในกลุ่มที่ 1 เท่ากับ 1.86 กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน มีปริมาณวัตถุแห้งที่ได้รับจากฟางข้าวในกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 เท่ากับ 2.85 และ 1.86 กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน และมีปริมาณวัตถุแห้งที่ได้รับจาก TMF ในกลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 เท่ากับ 2.07 และ 3.62 กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 9

ปริมาณวัตถุแห้งที่ได้รับทั้งหมดของทั้ง 3 กลุ่ม มีค่าเท่ากับ 7.33 ± 0.01 , 6.55 ± 0.01 และ 5.36 ± 0.01 กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน ตามลำดับ ($P < 0.01$) ดังแสดงในตารางที่ 9 ทั้งนี้เป็นผลมาจากกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 มีการให้อาหารขึ้นในปริมาณที่มากกว่ากลุ่มที่ 3 อีกทั้งยังได้รับฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ โดยกลุ่มที่ 3 มีการให้ TMF อย่างเดียวเป็นอาหารหยาบ ซึ่ง TMF มีวัตถุแห้งเท่ากับ 25.82 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าฟางข้าวที่มีวัตถุแห้ง เท่ากับ 93.15 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 8) ส่งผลให้เมื่อคิดเป็นปริมาณวัตถุแห้งที่ได้รับทั้งหมดจึงมีค่าที่ต่ำกว่าทั้งสองกลุ่ม

เมื่อคิดปริมาณวัตถุแห้งที่ได้รับทั้งหมดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว พบว่ากลุ่มที่ 1 มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยมีค่าเท่ากับ 2.54 ± 0.01 , 2.27 ± 0.01 และ 1.86 ± 0.01 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 9 การที่โคกลุ่มที่ 3 มีค่าที่ต่ำนั้นเนื่องจากโคได้รับอาหารหยาบ (TMF) ในปริมาณมากถึง 3.62 เปอร์เซ็นต์ การกินได้วัตถุแห้ง ซึ่งคิดเป็น 67.54 เปอร์เซ็นต์ของการกินได้วัตถุแห้งทั้งหมด ส่งผลให้กินอาหารขึ้นได้น้อยลง ซึ่งความจุกระเพาะของสัตว์มีความจำกัดจึงทำให้เมื่อกินอาหารเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวที่ต่ำ สอดคล้องกับ NRC (2001) ที่รายงานว่าเชื้อใยในอาหารจะส่งผลให้ปริมาณการกินได้ลดลง อย่างไรก็ตามปริมาณวัตถุแห้งที่ได้รับทั้งหมดของโคทดลองทุกกลุ่ม หากคิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว พบว่าค่อนข้างมีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการของสัตว์ โดยทั่วไปโคสาวมีปริมาณการกินได้เฉลี่ย 2.00-2.50 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว ขึ้นกับเชื้อใยและคุณภาพอาหารหยาบ (NRC, 2001)

โปรตีนที่ได้รับของทั้ง 3 กลุ่ม พบว่าโคนมสาวกลุ่มที่ 1 และ 2 มีค่าสูงกว่าโคนมสาวกลุ่มที่ 3 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) มีค่าเท่ากับ 0.64, 0.64 และ 0.58 กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามระดับโปรตีนที่ได้รับจากอาหารของโคแต่ละกลุ่มมี

ปริมาณใกล้เคียงกับคำแนะนำของ AFFRCS (1999); NRC (2001) ซึ่งโคนมสาวที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนต่างกันจะมีค่าความสมดุลไนโตรเจนไม่ต่างกัน จึงทำให้มีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการในการดำรงชีพและการเจริญเติบโตของโคสาว โดยทั่วไปโคสาวมีความต้องการโปรตีนเฉลี่ยวันละ 0.60-0.80 กิโลกรัมวัตถุดิบแห้ง/ตัว/วัน (NRC, 2001)

2.2 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวและอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย

โคที่นำมาใช้ทดลองทั้ง 3 กลุ่ม มีน้ำหนักตัวเริ่มต้น และน้ำหนักตัวสิ้นสุด ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว มีค่าเท่ากับ 34.39 ± 3.11 , 27.47 ± 3.13 และ 31.10 ± 3.09 กิโลกรัม/ตัว ตามลำดับ ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 9 ซึ่งการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวจะมีความสัมพันธ์กับระดับฮอร์โมนไทรโอไอโดไทโรนิน เมื่อโคมีระดับฮอร์โมนไทรโอไอโดไทโรนินที่เหมาะสมจะสามารถกระตุ้นการหมุนเวียนของโปรตีน แต่หากมีในระดับสูงเกินไปจะกระตุ้นการสลายโปรตีนมากกว่าการสร้างและการสะสม (นทีทิพย์, 2538) เมื่อมีการสลายโปรตีนเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้สัตว์มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว (ขรรจง, 2538) แสดงให้เห็นว่าอาหารที่มีปริมาณโปรตีนที่เหมาะสมต่อความต้องการของร่างกายจะชักนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวที่เหมาะสม (ตารางที่ 11) และการที่โคกลุ่มที่ 1 มีแนวโน้มที่สูงกว่าโคทั้งสองกลุ่ม ก็เพราะได้รับปริมาณโปรตีนที่สูงกว่า แต่ก็ควรพิจารณาถึงปริมาณเชื้อไขร่วมด้วยเพื่อช่วยในการพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงของสัตว์ที่ชัดเจนขึ้น เพราะปริมาณเชื้อไขที่ต่ำจะทำให้ย่อยได้ง่าย และการใช้ประโยชน์ได้สูงขึ้น เพราะเอนไซม์จากจุลินทรีย์สามารถย่อยโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรตได้ง่ายขึ้น (เมธา, 2529)

จากการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของโคกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 มีค่าเท่ากับ 382.07 ± 34.63 , 305.26 ± 34.79 และ 345.48 ± 34.44 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 9 จะเห็นได้ว่าอัตราการเจริญเติบโตของการทดลองนี้ค่อนข้างต่ำ เนื่องจากโคมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวที่ต่ำ อาจเนื่องจากการทดลองนี้อยู่ในช่วงฤดูฝน จึงทำให้พื้นคอกชื้นแฉะและโคไม่ได้พักผ่อนอย่างเต็มที่ จึงอาจจะส่งผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตของโค แต่อย่างไรก็ตามโคทั้ง 3 กลุ่ม มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกัน ซึ่งอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยจะสัมพันธ์ค่าพลังงานย่อยได้และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ตารางที่ 10) ซึ่งพบว่าทั้ง 3 กลุ่ม มีค่าใกล้เคียงกัน แต่กลุ่มที่ได้รับ TMF อย่างเดียวมีแนวโน้มที่สูงกว่าเนื่องจากอาหาร TMF มีปริมาณเชื้อไขที่ต่ำ เมื่อโคได้รับจึงมีผลต่อการย่อยได้ดี จึงทำให้โคกลุ่มที่ได้รับ

TMF อย่างเดียว มีค่าพลังงานที่ได้รับสูงกว่ากลุ่มอื่น ส่งผลให้มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยที่สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับ TMF และฟางข้าว อาจแสดงได้ว่าโคที่ได้รับอาหารที่มีคุณภาพสูง จะมีประสิทธิภาพการใช้อาหารดีกว่าโคที่ได้รับอาหารที่มีคุณภาพรองลงมา (Preston *et al.*, 1963) เช่นเดียวกับ ธวัชชัย และคณะ (2546) รายงานว่าโคกลุ่มที่ให้หญ้าสดในฤดูฝนร่วมกับหญ้าหมัก กับโคกลุ่มที่ให้หญ้าสดในฤดูฝนร่วมกับฟางข้าว มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยในช่วงอายุ 6-12 เดือน เท่ากับ 481.00 และ 456.00 กรัม/วัน ตามลำดับ อีกทั้งการเสริมจุลินทรีย์จะทำให้ปริมาณการกินได้ลดลง ทำให้โคสามารถใช้ประโยชน์จากอาหารได้มากขึ้น การเสริมจุลินทรีย์จะทำให้โคสามารถใช้ประโยชน์จากอาหารได้มากกว่า จึงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว และอัตราการเจริญเติบโต (วุฒิกร และคณะ, 2552)

2.3 การเปลี่ยนแปลงคะแนนความสมบูรณ์ร่างกาย

จากการศึกษาโคกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 ที่นำมาใช้ทดลองมีคะแนนความสมบูรณ์ร่างกายเริ่มต้น และคะแนนความสมบูรณ์ร่างกายสิ้นสุด ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนการเปลี่ยนแปลงคะแนนความสมบูรณ์ร่างกาย พบว่าโคกลุ่มที่ 3 มีค่าสูงกว่าโคกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเชิงทางสถิติ ($P<0.01$) มีค่าเท่ากับ 0.64 ± 0.03 , 0.38 ± 0.03 และ 0.61 ± 0.03 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 9 การที่โคกลุ่มที่ 3 มีการเปลี่ยนแปลงคะแนนความสมบูรณ์ร่างกายสูงกว่าโคกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 อาจเนื่องมาจากโคกลุ่มที่ 3 ได้รับพลังงานจากการย่อยได้ดีกว่าโคทั้งสองกลุ่ม (ตารางที่ 10) นั้นแสดงให้เห็นว่าถึงแม้ว่าโคจะได้รับปริมาณอาหารที่จำกัดแต่ก็ได้รับพลังงานที่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย การที่โคได้รับอาหารที่มีคุณภาพสูง จะมีประสิทธิภาพการใช้อาหารดีกว่าโคที่ได้รับอาหารที่มีคุณภาพรองลงมา ส่งผลให้โคกลุ่มที่ 3 มีการเปลี่ยนแปลงคะแนนความสมบูรณ์ร่างกายที่สูง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงคะแนนความสมบูรณ์ร่างกายมีความสัมพันธ์กับการเพิ่ม หรือสูญเสียน้ำหนักตัวของโคนม สามารถบ่งบอกถึงสภาวะโภชนาการที่สัตว์ได้รับ (Nicholson and Butterworth, 1986) โดยปกติคะแนนความสมบูรณ์ร่างกาย (1 = ผอมมาก ถึง 5 = อ้วนมาก) ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการทดลองของโคนมสาวมีค่าเฉลี่ย 2.41-3.05 (Edmonson *et al.*, 1989)

3. การย่อยได้

จากการทดลองให้โคกินอาหารทั้ง 3 กลุ่ม แล้วศึกษาหาการย่อยได้ของโภชนะต่างๆ รวมทั้งคำนวณพลังงานที่ได้รับ มีดังนี้ (ตารางที่ 10)

3.1 การย่อยได้ปรากฏของโภชนะ

จากการศึกษาโคที่ได้รับอาหารทั้ง 3 กลุ่ม พบว่าการย่อยได้ปรากฏของโภชนะ เช่น วัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ โปรตีนรวม NDF และ ADF ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 มีวัตถุแห้ง เท่ากับ 51.47 ± 2.27 , 55.52 ± 2.28 และ 55.26 ± 2.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อินทรีย์วัตถุ เท่ากับ 53.11 ± 2.36 , 57.12 ± 2.37 และ 56.70 ± 2.34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โปรตีนรวม เท่ากับ 43.92 ± 3.39 , 52.94 ± 3.41 และ 51.72 ± 3.37 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ NDF เท่ากับ 53.26 ± 3.06 , 47.95 ± 3.08 และ 47.10 ± 3.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และ ADF เท่ากับ 45.43 ± 2.84 , 46.99 ± 2.86 และ 48.52 ± 2.82 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

3.2 พลังงานงานที่ได้รับ

จากการศึกษาโคที่ได้รับอาหารทั้ง 3 กลุ่ม พบว่าพลังงานย่อยได้ พลังงานใช้ประโยชน์ได้ และโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 มีพลังงานที่ย่อยได้ เท่ากับ 1.98 ± 0.09 , 2.22 ± 0.09 และ 2.31 ± 0.09 Mcal/kgDM ตามลำดับ พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ เท่ากับ 1.55 ± 0.09 , 1.80 ± 0.09 และ 1.89 ± 0.09 Mcal/kgDM ตามลำดับ และโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด เท่ากับ 45.02 ± 2.11 , 50.39 ± 2.13 และ 52.50 ± 2.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยแบบลีสสแควร์ และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน การย่อยได้ของโภชนะของโคนมสาวทดแทนที่ได้รับอาหารทั้ง 3 กลุ่ม

ลักษณะที่ศึกษา	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3
การย่อยได้ของโภชนะ (%)			
– วัตถุแห้ง	51.47±2.27	55.52±2.28	55.26±2.25
– อินทรีย์วัตถุ	53.11±2.36	57.12±2.37	56.70±2.34
– โปรตีนรวม	43.92±3.39	52.94±3.41	51.72±3.37
– NDF	53.26±3.06	47.95±3.08	47.10±3.04
– ADF	45.43±2.84	46.99±2.86	48.52±2.82
พลังงานที่ได้รับ			
– พลังงานย่อยได้ (Mcal/kgDM)	1.98±0.09	2.22±0.09	2.31±0.09
– พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (Mcal/kgDM)	1.55±0.09	1.80±0.09	1.89±0.09
โภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (%)	45.02±2.11	50.39±2.13	52.50±1.10

ค่าเฉลี่ยแบบลีสสแควร์ ± ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

กลุ่มที่ 1 (ควบคุม) ได้รับเศษข้าวโพดหมัก ฟางข้าว และอาหารข้น ที่ 10, 3 และ 3 กิโลกรัม/ตัว/วัน

กลุ่มที่ 2 ได้รับ TMF ฟางข้าว และอาหารข้น ที่ 8, 2 และ 3 กิโลกรัม/ตัว/วัน

กลุ่มที่ 3 ได้รับ TMF และอาหารข้น ที่ 14 และ 2 กิโลกรัม/ตัว/วัน

การย่อยได้และพลังงานที่ได้รับของโคทั้ง 3 กลุ่ม อยู่ในช่วงที่ปกติ โดยทั่วไปพืชอาหารสัตว์ในเขตร้อนส่วนมากจะมีค่าการย่อยได้ต่ำกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ (สาคินห์, 2547) แต่โคกลุ่มที่ 3 มีแนวโน้มการย่อยได้ที่สูงกว่าทั้งสองกลุ่ม อาจเนื่องมาจากโคกลุ่มที่ 3 ได้รับ TMF ในปริมาณอาหารที่สูงกว่า ประกอบกับ TMF มีปริมาณเชื้อยีสที่ต่ำกว่า เช่นเดียวกับ บุญล้อม (2541); Van Soest (1987) รายงานว่าค่าโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมดของโคอาจจะเพิ่มขึ้น เมื่อโคได้รับปริมาณสารอาหารที่เพิ่มขึ้น ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณเชื้อยีสในอาหารหยาบ หากมีปริมาณเชื้อยีสต่ำการกินได้ของวัตถุแห้งก็เพิ่มขึ้น รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ก็เพิ่มขึ้นเช่นกัน นอกจากนี้ยังมีส่วนประกอบของจุลินทรีย์ที่ได้จากกากน้ำตาลเอทานอลในกระบวนการผลิต และส่วนของเศษสับประด จิ้งสงผลต่อความน่ากิน (Guthrie and Wagner, 1988; Promma *et al.*, 1993) จึงทำให้มีอัตราการกินไหลผ่านที่เพิ่มขึ้น เมื่ออัตราการไหลผ่านเพิ่มขึ้นค่าการย่อย ADF ก็จะเพิ่มขึ้น ดังเช่น TMF ที่มีส่วนผสมของเศษ

ลัษณะทำให้อาหารหมักมีความน่ากินเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีกลิ่นหอมของกรด TMF นั้นเป็นอาหารหยาบที่ได้ผ่านกระบวนการหมักจึงมีแลคติกแอซิดแบคทีเรียอยู่สูงทำให้อาหารมีปริมาณกรดแลคติกสูง ส่งผลให้การย่อยได้ของอาหารสูงขึ้น และทำให้โคได้รับพลังงานที่สูงขึ้นตามไปด้วย (Wheeler and Mulcahy, 1989) จึงทำให้เกิดกระบวนการย่อยได้ของโคในกลุ่มที่ 3 ดีกว่า เช่นเดียวกับ วุฒิกุล และคณะ (2552) จุลินทรีย์ที่ได้จากกระบวนการในอาหารหมัก จะทำให้ปริมาณการกินได้ลดลง แต่ทำให้โคสามารถใช้ประโยชน์จากอาหารได้มากขึ้น จึงทำให้โคสามารถใช้ประโยชน์จากอาหารได้มากกว่า ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว และอัตราการเจริญเติบโต

โคที่ได้รับอาหารในกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 มีการย่อยได้ที่ต่ำอาจเนื่องมาจากการได้รับการเสริมฟางข้าว ซึ่งฟางข้าวมีองค์ประกอบพวกเยื่อใย เช่น NDF และ ADF มีค่าเท่ากับ 73.38 และ 43.81 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง (ตารางที่ 8) ซึ่งถือว่ามีในปริมาณที่สูงกว่าอาหาร TMF จึงมีผลต่อค่าการย่อยได้ ประกอบกับ ปริมาณโปรตีน และความน่ากินต่ำ (Leng, 1990) จึงส่งผลทำให้กลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 มีการย่อยได้ที่ต่ำกว่ากลุ่มที่ 3

4. การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในเลือด

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในเลือดนั้นค่าที่ได้สามารถใช้เป็นดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการใช้อาหารได้อีกค่าหนึ่งนอกเหนือจากการประเมินปริมาณการกินได้และอัตราการเจริญเติบโตของสัตว์ ซึ่งนิยมใช้การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกลูโคส ยูเรียไนโตรเจน และฮอร์โมนไทรไอยูโดไทโรนินในเลือด ทั้งนี้เนื่องจากมีความสัมพันธ์เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ได้ของคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และอัตราเมตาบอลิซึมต่างๆ ของร่างกาย ซึ่งจากผลของการให้อาหารทั้ง 3 กลุ่ม ในโคทดลองนั้น มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของเลือด ดังต่อไปนี้

4.1 กลูโคสในเลือด

จากการศึกษาปริมาณกลูโคสในเลือดของโคทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนการให้อาหารที่ 0 ชั่วโมง และหลังการให้อาหารที่ 4 ชั่วโมง พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 63.30-71.74 mg/dl ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 11 แต่โคทั้ง 3 กลุ่มแต่มีแนวโน้มปริมาณกลูโคสในเลือดที่เพิ่มสูงขึ้น หลังการให้อาหารไปแล้ว 4 ชั่วโมง (พนัส, 2537) ความเข้มข้นของกลูโคสในเลือดโคที่บ่งบอกถึง

ความสมดุลของพลังงานในร่างกาย โดยการสร้างกลูโคสจะขึ้นอยู่กับสถานะของสัตว์และชนิดของอาหารที่กิน (บุญล้อม, 2542) โดยปกติความเข้มข้นของกลูโคสในสัตว์เคี้ยวเอื้องมีค่าประมาณ 45-80 mg/dl (ณรงค์ศักดิ์, 2533; Frandson *et al.*, 2009) แต่โดยทั่วไปสัตว์เคี้ยวเอื้องจะมีความต้องการกลูโคสในเลือดเพื่อการดำรงชีพที่ระดับ 40-60 mg/dl ซึ่งผลที่ได้ของโคทั้ง 3 กลุ่มที่อยู่ในช่วงที่เพียงพอ แสดงว่าโคสามารถใช้ประโยชน์จากพลังงานในอาหารที่ได้รับได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลทำให้เนื้อเยื่อต่างๆ ทำงานได้ตามปกติ สัตว์จะใช้กลูโคสเป็นแหล่งของพลังงานโดยตรง และถูกควบคุมโดยฮอร์โมนอินซูลิน และกลูคาγονที่สร้างจากตับอ่อน ซึ่งจะส่งผลให้ระดับของน้ำตาลกลูโคสในเลือดอยู่ในระดับที่ปกติ (เมธา, 2529) การเพิ่มขึ้นของระดับกลูโคสในเลือดจะพบได้หลังจากที่ออกกำลังกาย การเกิดความเครียดอย่างฉับพลันหรือรุนแรง และที่สำคัญคือ หลังจากที่ได้รับอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูง (Moss, 1992) ซึ่งจะถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดแล้วเปลี่ยนเป็นกลูโคสที่ตับ แต่ระดับของกลูโคสในเลือดจะไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก เนื่องจากจะถูกควบคุมโดยฮอร์โมนอินซูลินและกลูคาγονที่สังเคราะห์จากตับอ่อน (เมธา, 2529)

4.2 ยูเรียในโตรเจนในเลือด

จากการศึกษาปริมาณยูเรียในโตรเจนในเลือดของโคทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนการให้อาหารที่ 0 ชั่วโมง และหลังการให้อาหารที่ 4 ชั่วโมง พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 6.68-10.21 mg/dl ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 11 โดยปกติปริมาณยูเรียในโตรเจนในเลือดของสัตว์เคี้ยวเอื้องจะอยู่ที่ระหว่าง 6.3-12.5 mg/dl (Singh *et al.*, 2002) แสดงให้เห็นว่าปริมาณยูเรียในโตรเจนของโคทั้ง 3 กลุ่มมีค่าอยู่ในช่วงปกติ ซึ่งเป็นผลมาจากสัตว์ได้รับปริมาณโปรตีนจากอาหารที่เพียงพอต่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโต

โคกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 มีปริมาณยูเรียในโตรเจนในเลือดที่สูง เนื่องจากอาหารที่ได้รับมีโปรตีนสูง จึงทำให้มีอัตราการสังเคราะห์ยูเรียสูง ซึ่งปริมาณยูเรียในโตรเจนในเลือดเป็นตัววัดความเข้มข้นของแอมโมเนียในกระเพาะรูเมนที่ดีในสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Khon, 2007) โดยสัดส่วนระหว่างไนโตรเจนต่อพลังงาน มีอิทธิพลต่อยูเรียในโตรเจนในเลือดมาก โดยจะขึ้นอยู่กับระดับของอาหารที่กิน และการสลายโปรตีนในกระเพาะรูเมน การได้รับปริมาณโปรตีนสูงจึงส่งผลปริมาณยูเรียในโตรเจนในเลือดสูงด้วยเช่นกัน เนื่องจากเกิดการย่อยสลายโปรตีนมากขึ้น ทำให้ปริมาณยูเรียที่ได้จากการสลายโปรตีนมากขึ้น (Riis, 1983) สอดคล้องกับ Higginbotham *et al.* (1989) รายงานว่าปริมาณยูเรียในโตรเจนในเลือดจะขึ้นอยู่กับปริมาณ และความสามารถในการย่อยได้ของโปรตีนใน

อาหารที่สัตว์ได้รับ ซึ่งปริมาณยูเรียในโตรเจนในเลือด เป็นตัวชี้วัดถึงการใช้ประโยชน์ของโปรตีนในอาหาร (Tiffany *et al.*, 1972) โดยหลังจากกินอาหารเข้าไปแล้วปริมาณแอมโมเนียในกระเพาะหมักจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และสูงขึ้นภายในเวลา 1-2 ชั่วโมง หลังจากนั้นแอมโมเนียส่วนเกินจะเข้าสู่ระบบเลือด และหลังกินอาหารช่วง 3-4 ชั่วโมง ปริมาณยูเรียในเลือดจะเพิ่มขึ้นสูงสุด (เมธา, 2529) ซึ่งปริมาณยูเรียในโตรเจนในเลือดของโคกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 มีแนวโน้มสูงขึ้นหลังการให้อาหารไปแล้ว 4 ชั่วโมง

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยแบบลีสตแควร์ และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ชีวเคมีในเลือดของโคนมสาวทดแทนที่ได้รับอาหารทั้ง 3 กลุ่ม

ลักษณะที่ศึกษา	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3
ปริมาณกลูโคสในเลือด (mg/dl)			
– ที่ 0 ชั่วโมง	66.00±2.26	66.47±2.27	63.30±2.25
– ที่ 4 ชั่วโมง	67.16±3.81	71.74±3.78	68.26±5.25
ปริมาณยูเรียในโตรเจนในเลือด (mg/dl)			
– ที่ 0 ชั่วโมง	7.19±0.47	6.80±0.48	6.68±0.47
– ที่ 4 ชั่วโมง	10.21±0.52	9.12±0.53	8.68±0.53
ระดับฮอร์โมนไทรโอไอโดไทโรนิน (ng/dl)			
– ที่ 0 ชั่วโมง	196.72±16.44	147.75±16.52	186.86±16.35
– ที่ 4 ชั่วโมง	212.72±14.65 ^ก	154.82±14.72 ^ข	192.63±14.57 ^{กข}

ค่าเฉลี่ยแบบลีสตแควร์ ± ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

^{ก, ข} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

กลุ่มที่ 1 (ควบคุม) ได้รับเศษข้าวโพดหมัก ฟางข้าว และอาหารข้น ที่ 10, 3 และ 3 กิโลกรัม/ตัว/วัน

กลุ่มที่ 2 ได้รับ TMF ฟางข้าว และอาหารข้น ที่ 8, 2 และ 3 กิโลกรัม/ตัว/วัน

กลุ่มที่ 3 ได้รับ TMF และอาหารข้น ที่ 14 และ 2 กิโลกรัม/ตัว/วัน

4.3 สอร์โมนไทรไอโอโดไทโรนีน

จากการศึกษาระดับสอร์โมนไทรไอโอโดไทโรนีนของโคกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 ก่อนการให้อาหารที่ 0 ชั่วโมง พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่หลังการให้อาหารที่ 4 ชั่วโมง พบว่ามีค่าเท่ากับ 212.72 ± 14.65 , 154.82 ± 14.72 และ 192.63 ± 14.57 ng/dl ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 11 ซึ่งระดับสอร์โมนไทรไอโอโดไทโรนีนมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างพลังงานและควบคุมอัตราเมตาบอลิซึมพื้นฐาน ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และวิตามิน โดยจะมีผลต่อการทำงานของทุกระบบภายในร่างกาย เช่น ระบบหัวใจ ระบบย่อยอาหาร และระบบระบายความร้อน เป็นต้น (Dunlop, 1991) ซึ่งระดับสอร์โมนไทรไอโอโดไทโรนีนที่เหมาะสมจะสามารถกระตุ้นการหมุนเวียนของโปรตีน แต่หากมีในระดับสูงเกินไปจะกระตุ้นการสลายโปรตีนมากกว่าการสร้างและการสะสม (นทีทิพย์, 2538) เมื่อมีการสลายโปรตีนเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้สัตว์มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว (ยรรยง, 2538) ซึ่งระดับสอร์โมนไทรไอโอโดไทโรนีนจะมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงของสัตว์ด้วย (Minson, 1990) โดย Dunlop (1991) รายงานว่าระดับสอร์โมนไทรไอโอโดไทโรนีนปกติจะอยู่ในช่วง 40-170 ng/dl อย่างไรก็ตามระดับสอร์โมนไทรไอโอโดไทโรนีนของโคทั้ง 3 กลุ่ม ยังคงมีค่าอยู่ในช่วงปกติ

5. ประสิทธิภาพการสืบพันธุ์

จากการทดลองให้โคได้รับอาหารทั้ง 3 กลุ่ม เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ มีดังต่อไปนี้

5.1 การเป็นสัด

การศึกษาเปอร์เซ็นต์ไม่เป็นสัดของโคกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 ดังตารางที่ 12 มีค่าแตกต่างกัน เท่ากับ 23.81 ± 4.63 , 9.53 ± 4.66 และ 9.53 ± 4.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P>0.05$) ส่วนการเป็นสัดครั้งแรกหลังเริ่มเลี้ยง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 30.34 ± 5.19 , 39.60 ± 5.22 และ 19.24 ± 5.16 วัน ตามลำดับ

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยแบบลีสสแควร์ และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ของโคนมสาวทดแทนที่ได้รับอาหารทั้ง 3 กลุ่ม

ลักษณะที่ศึกษา	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3
จำนวนสัตว์ (ตัว)	21	21	21
ระยะเวลาทดลอง (วัน)	90	90	90
จำนวนโคที่ไม่เป็นสัด (ตัว)	5	2	2
คะแนนความสมบูรณ์ร่างกายเฉลี่ย	2.71 ± 0.05	2.77 ± 0.05	2.76 ± 0.05
เปอร์เซ็นต์ไม่เป็นสัด (%)	23.81 ± 4.63	9.53 ± 4.66	9.53 ± 4.66
การเป็นสัดครั้งแรกหลังเริ่มเลี้ยง (วัน)	$30.34 \pm 5.19^{a,b}$	39.60 ± 5.22^a	19.24 ± 5.16^b
จำนวนครั้งต่อการผสมติด (ครั้ง)	1.35 ± 0.28	1.10 ± 0.29	1.56 ± 0.28
อัตราการผสมติดครั้งแรก (%)	46.07 ± 21.50	48.77 ± 21.61	41.28 ± 21.38
อัตราการผสมติดทั้งหมด (%)	40.00 ± 11.05	42.22 ± 11.11	61.67 ± 10.99

ค่าเฉลี่ยแบบลีสสแควร์ $\pm$ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

^{a, b} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

กลุ่มที่ 1 (ควบคุม) ได้รับเศษข้าวโพดหมัก ฟางข้าว และอาหารข้น ที่ 10, 3 และ 3 กิโลกรัม/ตัว/วัน

กลุ่มที่ 2 ได้รับ TMF ฟางข้าว และอาหารข้น ที่ 8, 2 และ 3 กิโลกรัม/ตัว/วัน

กลุ่มที่ 3 ได้รับ TMF และอาหารข้น ที่ 14 และ 2 กิโลกรัม/ตัว/วัน

จากผลการทดลองพบว่าโคกลุ่มที่ 3 ใช้ระยะเวลาดังแต่เริ่มเลี้ยงจนถึงการเป็นสัดน้อยกว่ากลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ซึ่งแสดงว่าโคกลุ่มที่ 3 มีแนวโน้มเปอร์เซ็นต์การเป็นสัดสูงกว่าโคกลุ่มที่ 1 เนื่องจากโคกลุ่มที่ 3 มีคะแนนความสมบูรณ์ร่างกายเฉลี่ย เท่ากับ 2.76 ± 0.05 สูงกว่าโคกลุ่มที่ 1 มีคะแนนความสมบูรณ์ร่างกายเฉลี่ย เท่ากับ 2.71 ± 0.05 การให้คะแนนความสมบูรณ์ร่างกายโคเป็นการประเมินถึงระดับของพลังงานที่ร่างกายโคเก็บสะสมไว้ในรูปของไขมันและกล้ามเนื้อ ซึ่งสัมพันธ์กับการให้ผลผลิต และความสมบูรณ์พันธุ์ (Edmonson *et al.*, 1989) เช่นเดียวกับ Cassady *et al.* (2009) พบว่าโคที่มีคะแนนความสมบูรณ์ร่างกายเริ่มต้นที่สูง และได้รับพลังงานจำกัด มีผลต่อการเป็นสัดที่เร็วขึ้น การที่โคได้รับพลังงานที่สมดุลจะทำให้ร่างกายโคสมบูรณ์ และพร้อมสู่การเป็นสัด เมื่อคะแนนความสมบูรณ์ร่างกายสูงจะชักนำให้ร่างกายผลิต Luteinizing hormone ซึ่งมีผลต่อวงจรการเป็นสัด (Richards *et al.*, 1991)

นอกจากนี้ปัจจัยทางด้านอาหารก็จัดว่ามีความสำคัญต่อความสมบูรณ์ของร่างกาย และอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการสืบพันธุ์ ซึ่งโคกลุ่มที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์การเป็นสัดที่สูงกว่าโคทั้งสองกลุ่ม อาจเนื่องจากโคกลุ่มที่ 3 ได้รับอาหาร TMF อย่างเดียว ซึ่งมีส่วนประกอบของเยื่อใยที่ต่ำ และมีจุลินทรีย์ที่เกิดจากกระบวนการหมัก ทำให้มีความน่ากินเพิ่มขึ้น และการย่อยได้สูงขึ้น ส่งผลให้มีพลังงานที่ได้รับเพียงพอต่อความต้องการ จึงส่งผลต่อการเป็นสัด (Perry and Cecava, 1995) เช่นเดียวกับ Sejrsen and Purup (1997) พบว่าการได้รับอาหารที่มีพลังงานเพียงพอ ส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโต และกระตุ้นให้โคเป็นสาวเร็วขึ้น รวมทั้งการได้รับอาหารหยาบที่มีการย่อยได้สูง ทำให้โคได้รับประโยชน์จากอาหารหยาบสูงขึ้น ส่งผลให้การเป็นสัดเพิ่มขึ้น แต่การให้อาหารหยาบที่มีระดับพลังงานไม่เพียงพอในช่วงระยะการเจริญเติบโตของโค มีผลทำให้โคมีน้ำหนักต่ำ โครงสร้างของกระดูก และลำตัวเล็ก เมื่อมีอายุมากจะส่งผลต่อการเป็นสัดในอนาคต (สมเพชร และคณะ, 2549)

5.2 การผสมติด

การศึกษาจำนวนครั้งต่อการผสมติดของโคกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 มีค่าเท่ากับ 1.35 ± 0.28 , 1.10 ± 0.29 และ 1.56 ± 0.28 ครั้ง ตามลำดับ ($P > 0.05$) ในด้านของอัตราการผสมติดครั้งแรกพบว่าโคกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 มีค่าเท่ากับ 46.07 ± 21.50 , 48.77 ± 21.61 และ 41.28 ± 21.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

จำนวนครั้งต่อการผสมติด และอัตราการผสมติดครั้งแรกของโคทั้งสามกลุ่มถือว่าอยู่ในช่วงปกติ ซึ่งจำนวนครั้งต่อการผสมติดจะมีค่าประมาณ 1.50 ครั้ง (Tumwasorn *et al.*, 1982) และอัตราการผสมติดครั้งแรก ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 40-60 เปอร์เซ็นต์ (ขวัญชาย และ ศรี, 2547) ซึ่งค่าของจำนวนครั้งต่อการผสมติด เป็นดัชนีที่แสดงให้เห็นถึงการมีโคที่ผสมติดยากอยู่ในฝูง และแสดงให้เห็นถึงปัญหาที่เกี่ยวกับประสิทธิภาพการจับสัดของฟาร์ม (Brand *et al.*, 1996) การที่โคกลุ่มที่ 3 มีอัตราการผสมติดครั้งแรกต่ำ อาจเนื่องมาจากการเป็นสัดครั้งแรกหลังเริ่มเลี้ยงที่เร็ว ทำให้ได้รับการผสมเร็วกว่าโคทั้งสองกลุ่ม แต่การเจริญของรังไข่ยังไม่สมบูรณ์ เมื่อได้รับการผสมจึงทำให้เกิดการตายของตัวอ่อน ส่งผลให้อัตราการผสมติดครั้งแรกต่ำกว่าโคทั้งสองกลุ่ม แต่อย่างไรก็ตามค่าอัตราการผสมติดครั้งแรกเป็นการแสดงประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ของแม่โค และถือว่าเป็นค่าที่ใช้วัดประสิทธิภาพการผสมติดที่มีความแม่นยำมากกว่า การใช้อัตราผสมติดโดยรวม (Lourens, 1995)

ส่วนอัตราการผสมติดทั้งหมด พบว่าโคกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 มีค่าเท่ากับ 40.00 ± 11.05 , 42.22 ± 11.11 และ 61.67 ± 10.99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกัน ($P > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 12 โดยโคกลุ่มที่ 3 มีแนวโน้มค่าอัตราการผสมติดทั้งหมด มากกว่าโคทั้งสองกลุ่ม อาจเนื่องจากโคกลุ่มที่ 3 มีคะแนนความสมบูรณ์ร่างกายที่สูงกว่า จึงชักนำระบบสืบพันธุ์ให้มีความสมบูรณ์พันธุ์สูง (Richards *et al.*, 1991) การที่โคจะมีความสมบูรณ์มากน้อยเพียงใดนั้นก็ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆ ด้าน เช่น การจับสัด การผสม สภาพแวดล้อม และอาหาร เป็นต้น (Sejrsen and Purup, 1997) ซึ่งอาจแสดงได้ว่าโคกลุ่มที่ 3 ได้รับอาหาร TMF ทำให้มีปริมาณเชื้อไขที่ต่ำกว่า จึงมีผลต่อสภาพแวดล้อมในรูเมน และยังมีผลต่อความเป็นกรด-ด่างในเลือด ซึ่งจะส่งผลกระทบต่ออวัยวะสืบพันธุ์ (Bearden and Fuquay, 1992) ดังนั้นการให้อาหาร และแหล่งของอาหารที่เหมาะสมต่อความต้องการของโคนมสาว ทำให้โคมีคะแนนความสมบูรณ์ร่างกายสูง ซึ่งจะชักนำสู่การเป็นสัด และพร้อมสู่การตั้งท้องได้ดี (Spitzer *et al.*, 1995) การให้อาหารจึงมีความสำคัญต่อระบบสืบพันธุ์ ซึ่งหากให้อาหารมากเกินไป ส่งผลให้โคอ้วนจะทำให้การผสมติดลดลง (Tom *et al.*, 1999)

6. ต้นทุนทางเศรษฐกิจ

เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตโคนมสาวทดแทนที่ได้รับอาหารทั้ง 3 กลุ่ม ได้ผลดังนี้

1. ค่าพันธุ์สัตว์ คำนวณน้ำหนักโคแรกเข้าตามราคาซื้อของสหกรณ์โคนมไทย-เดนมาร์ก อ่าวน้อย จำกัด ที่ราคา 40 บาท/กิโลกรัม นำมารวมกับค่าระดับสายเลือด ซึ่งโคนมสาวทดแทนที่มีระดับสายเลือด 87.50 เปอร์เซ็นต์ไฮสโตน์ฟรีเชียน เพิ่มเงิน 500 บาท/ตัว และหากมีระดับสายเลือด 93.25 เปอร์เซ็นต์ไฮสโตน์ฟรีเชียน เพิ่มเงิน 1,000 บาท/ตัว

2. ค่ายาและเวชภัณฑ์ ได้แก่ ยาปฏิชีวนะ วิตามิน คำนวณที่โคแต่ละกลุ่มใช้

3. ค่าน้ำเชื้อและอุปกรณ์ คำนวณราคาของสหกรณ์โคนมไทย-เดนมาร์ก อ่าวน้อย จำกัด ที่ราคา 200 บาท/โด๊ส

4. ค่าอาหารข้น ใช้อาหารสำเร็จรูปของสหกรณ์โคนมไทย-เดนมาร์ก อ่าวน้อย จำกัด ราคา 8.10 บาท/กิโลกรัม

5. ค่าอาหารหยาบ ได้แก่ เศษข้าวโพดหมัก ราคา 2.00 บาท/กิโลกรัม ฟางข้าว ราคา 2.75 บาท/กิโลกรัม และอาหาร TMF ราคา 3.00 บาท/กิโลกรัม

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ย ต้นทุนทางเศรษฐกิจของโคนมสาวทดแทนที่ได้รับอาหารทั้ง 3 กลุ่ม ตลอดการทดลอง (บาท/ตัว)

รายการ	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3
ค่าพันธุ์สัตว์	12,429.50	12,232.40	12,496.20
ค่ายาและเวชภัณฑ์	31.15	33.49	32.02
ค่าน้ำเชื้อและอุปกรณ์	346.67	252.22	382.22
ค่าอาหารข้น	2,187.00	2,187.00	1,458.00
ค่าอาหารหยาบ	2,397.26	2,654.31	3,779.91
ต้นทุนค่าอาหาร	4,584.26	4,841.31	5,237.91
ต้นทุนการผลิตทั้งหมดต่อโค 1 ตัว	17,391.58	17,359.42	18,148.35
ต้นทุนการผลิตทั้งหมดต่อโค 21 ตัว (บาท)	362,819.94	367,763.55	380,302.86
ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัม	133.30	176.24	168.42
ต้นทุนการผลิตทั้งหมดต่อการเพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัม	505.72	631.94	583.55

จากการวิเคราะห์ต้นทุนทางเศรษฐกิจของการเลี้ยงโคนมสาวทดแทนที่ได้รับอาหารกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 ตลอดการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 13 พบว่ามีต้นทุนค่าอาหาร เท่ากับ 4,584.26, 4,841.31 และ 5,237.91 บาท/ตัว ($P < 0.05$) จะเห็นได้ว่าโคกลุ่มที่ 3 มีต้นทุนค่าอาหารที่สูงกว่าโคทั้งสองกลุ่ม เนื่องจากกลุ่มที่ 3 มีต้นทุนค่าอาหารหยาบที่สูงกว่าซึ่งมีค่าเท่ากับ 3,779.91 บาท/ตัว ส่วนกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 มีค่าเท่ากับ 2,397.26 และ 2,654.31 บาท/ตัว ($P < 0.05$) และมีต้นทุนการผลิตทั้งหมดต่อโค 1 ตัว ของกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 เท่ากับ 17,391.58, 17,359.42 และ 18,148.35 บาท/ตัว ตามลำดับ ($P < 0.05$) ซึ่งจะเห็นได้ว่าต้นทุนค่าพันธุ์สัตว์จะเป็นต้นทุนที่สูงที่สุด และรองลงมาจะเป็นต้นทุนค่าอาหาร จึงส่งผลให้กลุ่มที่ 3 มีต้นทุนการผลิตทั้งหมดต่อโค 1 ตัว สูงกว่าทั้งสองกลุ่ม ส่งผลให้การใช้ TMF อย่างเดียว (กลุ่มที่ 3) จะมีต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัม เท่ากับ 168.42 บาท/ตัว ซึ่งสูงกว่ากลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ที่มีค่าเท่ากับ 133.30 และ 176.24 บาท/ตัว ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตทั้งหมดต่อการเพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัม ของกลุ่มที่ 3 มีค่าเท่ากับ 583.55 บาท/ตัว ซึ่งสูงกว่ากลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ที่มีค่าเท่ากับ 505.72 และ 631.94 บาท/ตัว

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการศึกษาอิทธิพลของการให้อาหาร TMF แบบจำกัดต่อประสิทธิภาพการผลิตในโคนมสาวทดแทน พบว่าโคกลุ่มที่ได้รับอาหาร TMF อย่างเดียว มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวและอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยเท่ากับกลุ่มที่ได้รับเศษข้าวโพดหมักและฟางข้าว หรือกลุ่มที่ได้รับอาหาร TMF และฟางข้าว แต่มีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงคะแนนความสมบูรณ์ร่างกายที่สูงกว่าโคที่เข้าเปรียบเทียบทั้งหมด การย่อยได้ของโภชนาไม่แตกต่างกัน ยกเว้นโคกลุ่มที่ได้รับอาหาร TMF อย่างเดียว มีพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้และโภชนาที่ย่อยได้ทั้งหมดสูงกว่าโคกลุ่มที่ได้รับเศษข้าวโพดหมักและฟางข้าว หรือกลุ่มที่ได้รับอาหาร TMF และฟางข้าว การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในเลือดของโคทั้ง 3 กลุ่ม อยู่ในช่วงปกติและไม่แตกต่างกันทั้ง 3 กลุ่ม ส่วนประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ของโคที่ได้รับอาหาร TMF อย่างเดียว มีแนวโน้มที่สูงกว่าโคกลุ่มที่ได้รับเศษข้าวโพดหมักและฟางข้าว หรือกลุ่มที่ได้รับอาหาร TMF และฟางข้าว เนื่องจากระบบสืบพันธุ์จะขึ้นอยู่กับคะแนนความสมบูรณ์ร่างกาย การย่อยได้ และค่าพลังงานที่ได้รับ ดังนั้นการเลี้ยงโคด้วยอาหาร TMF จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้กับเกษตรกรในการเลือกใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบในช่วงขาดแคลนอาหารหยาบเลี้ยงโคนมสาวทดแทน และยังมีเพียงพอให้โคกินตลอดทั้งปี เพื่อให้ได้แม่โครีดนมที่มากขึ้นส่งผลให้ได้ผลผลิตน้ำนมที่เพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วยในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

1. ในการทดลองครั้งนี้โคไม่ได้รับอาหารเต็มที่ เนื่องมาจากนโยบายการบริหารต้นทุนของสหกรณ์ การศึกษาในโอกาสต่อไปควรจะให้โคกินอย่างเต็มที่ ดังปรากฏว่าอาหาร TMF ที่ให้หมดไปในเวลาที่รวดเร็วแต่โคก็ยังรอกินอาหารเพิ่มเติมอยู่ ซึ่งเมื่อให้โคกินอย่างเต็มที่อาจจะเห็นการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวและอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยที่ชัดเจนมากขึ้น
2. ในการทดลองครั้งต่อไปน่าจะมีการสุ่มเก็บตัวอย่างมูลในแต่ละช่วงของการทดลองให้ดีขึ้น เพื่อให้ลดความคลาดเคลื่อนของข้อมูล

3. ในการทดลองครั้งนี้ได้สังเกตการโคที่แสดงการเป็นสัด ในช่วงเวลา 7.00 น. และ 15.00 น. ซึ่งตามปกติแล้วน่าจะมีการสังเกตในช่วงเวลาอื่นเพิ่มเติมด้วย เช่น ช่วงค่ำ และช่วงเช้ามืด

4. การตรวจสอบในครั้งต่อไปควรจะใช้ Tail Paint เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของข้อมูลจากการสังเกตด้วยบุคคล และช่วงเวลาสังเกตการเป็นสัด

5. วัตถุประสงค์ที่ใช้ผลิตอาหารหยาบ TMF จะขึ้นอยู่กับเศษเหลือจากอุตสาหกรรมการเกษตร และเกษตรกรรมที่มีอยู่ในแต่ละพื้นที่ ซึ่งไม่ได้จำกัดเพียงเศษข้าวโพดหวาน เศษสับปะรด ชานอ้อย และฟางข้าวเท่านั้น ในการทดลองในพื้นที่อื่นของประเทศไทยสามารถประยุกต์ใช้กับเศษเหลือจาก อุตสาหกรรมการเกษตรและเกษตรกรรมในแต่ละพื้นที่ได้ตามความเหมาะสม

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กองอาหารสัตว์. 2538. เอกสารแนะนำเรื่องเทคนิคการให้อาหารโคนม. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ขวัญชาย เครือสุคนธ์ และ ศรี ชีปฎิมากร. 2547. ประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ของโคสาวลูกผสมไฮลส์ไคน์ในเขตภาคเหนือของประเทศไทย. เชียงใหม่สัตวแพทยสาร. 2: 9-15.

คู่ขวัญ จุลละนันท์. 2543. การปรับปรุงคุณภาพขนอ้อยโดยวิธีการทางเคมี เพื่อทดแทนการขาดแคลนอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้งของโคนมในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

จารุพันธ์ ทองแถม. 2526. สับปะรดและอุตสาหกรรมสับปะรดในประเทศไทย. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา, สุวิทย์ อินทฤทธิ์ และ สติ๊ด มั่งมีชัย. 2541. การใช้ขี้ข้าวโพดหวานเป็นอาหารหยาบสำหรับโครีดนมในช่วงแล้ง, น. 1-11. ใน รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2541. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา และ ปรัชญา ปรัชญาลักษณ์. 2542. การใช้จุลินทรีย์สับปะรดเสริมอาหารหยาบสำหรับโครีดนมในฟาร์มเกษตรรายย่อย, น. 133-142. ใน รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2542. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา. 2547. การใช้เศษเหลือและผลพลอยได้จากสับปะรดเป็นอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง, น. 562-581. ใน รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2547. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

จิราพรรณ คล้ายกิจจา. 2548. สับปะรด. พิมพ์ครั้งที่ 2 เกษตรสยามบุ๊คส์, กรุงเทพฯ.

จิระชัย กาญจนพุดพิงศ์ และ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2529. การศึกษาเปรียบเทียบการใช้ฟางข้าว
หมักยูเรียกับฟางข้าวราดสารละลายยูเรีย กากน้ำตาลเป็นอาหารหยาบสำหรับวัวนมรุ่นเพศ
ผู้, น. 27-35. ใน รายงานการประชุมทางวิชาการ สาขาสัตว ครั้งที่ 24. 27-29 มกราคม
2529. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชวนิศนดากร วรวรรณ. 2534. การเลี้ยงโคนม. พิมพ์ครั้งที่ 4 ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพฯ.

ชาญชัย มณีคุณ, ปรัชญา ปรัชญลักษณ์ และ เกลิงศักดิ์ โนนทวงศ์. 2531. การใช้เศษข้าวโพดฝัก
อ่อนเลี้ยงโคนมในเขตหนองโพ, น. 1-19. ใน รายงานการประชุมสัมมนา เรื่อง การใช้วัสดุ
ในท้องถิ่นเป็นอาหารสัตว์. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ณรงค์ศักดิ์ ชัยบุตร. 2533. สรีระวิทยาระบบขับถ่ายปัสสาวะ (ทางสัตวแพทย์). บริษัทประชาชน
จำกัด, กรุงเทพฯ.

ณัฐกฤต พัทธภัย. 2553. การผลิตเอทานอลจากอ้อย. แหล่งที่มา:

<http://www.kkwebsite.com/forum/index.php?topic=942.0>, 16 กันยายน 2553.

รัชชัย สุวรรณกำกาย, สุธิดา อ่อนสองชั้น และ จินตนา วงศ์นากนกร. 2546. สมรรถนะการ
เจริญเติบโตและต้นทุนการผลิตโคสาวทดแทนพันธุ์ไทยฟรีเซียนที่เลี้ยงในเขตร้อน, น.
133-142. ใน รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2546. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและ
สหกรณ์, กรุงเทพฯ.

นทีทิพย์ กฤษณามระ. 2538. ฮอร์โมน: กลไกและการออกฤทธิ์ร่วม. โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช,
กรุงเทพฯ.

นิรนาม. 2551. สถิติการเพาะปลูกอ้อย. แหล่งที่มา:

http://www.doa.go.th/pl_data/SUGAR/1stat/st02.html, 2 มกราคม 2551.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2541. โภชนศาสตร์สัตว์. พิมพ์ครั้งที่ 6 ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะ
เกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2542. **ชีวเคมีทางสัตวศาสตร์**. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

บุญส่ง เลิศรัตนพงศ์, วิทยา สุมามาลย์, วิโรจน์ ฤทธิธัชชัย และ ราไพร นามสีลี. 2555. การศึกษาคุณภาพของพืชหมักในถุพลาสดึกดาที่อายุการเก็บรักษาต่างๆ, น. 135-152. ใน รายงานผลงานวิจัยสำนักพัฒนาอาหารสัตว์ ประจำปี 2555. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

บุญเสริม ชีวะอิสระกุล. 2543. การผลิตและใช้ข้าวโพดหมักคุณภาพดีในสูตรอาหารผสมครบส่วนและความต้องการโภชนะของโคให้นมสูง, น. 1-40. ใน รายงานความก้าวหน้าโครงการครั้งที่ 3. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.

บุญเหลือ เร่งศิริกุล. 2534. **ทุ่งหญ้าพืชอาหารสำหรับโคเนื้อและโคนม**. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

ปราจีน วีรกุล, สุรจิต ทองสอดแสง และ วินัย กระแสสินธุโกมล. 2544. ผลการสำรวจสถานภาพและปัญหาทางการสืบพันธุ์ในโคนม, น. 29-30. ใน เอกสารประกอบการประชุมวิชาการโคนมและผลิตภัณฑ์นม ครั้งที่ 4. 13-14 ธันวาคม 2544. โรงแรมโซลทวินทาวเวอร์, กรุงเทพฯ.

ปรัชญา ปรัชญลักษณ์, เพ็ญศรี ศรีประสิทธิ์ และ วิโรจน์ วนาสัทธชัยวัฒน์. 2544. การใช้ใบตบะรดหรือฟางข้าวในอาหารผสมเสร็จสำหรับโคขุน, น. 269-281. ใน รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2544. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

พนัส ธรรมกิตติวงศ์. 2537. **การใช้ประโยชน์ของอาหารผสมเสร็จอัดแท่งในโค**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. 2547. **หลักการอาหารสัตว์ 2: หลักโภชนศาสตร์และการประยุกต์**. พิมพ์ครั้งที่ 2 โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

เมธา วรรณพัฒน์. 2529. **โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง**. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ยรรยง อินทรรักษา. 2538. **สรีรวิทยาระบบต่อมไร้ท่อและสืบพันธุ์**. ภาควิชาสรีรวิทยา คณะสัตว
แพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วรรณมา ตั้งเจริญชัย และ วิบูลย์ศักดิ์ กาวิละ. 2531. **นมและผลิตภัณฑ์นม**. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

วีระพล แจ่มสวัสดิ์. 2537. **พืชอาหารสัตว์**. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์บางพระ
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, ปทุมธานี.

วุฒิกกร สระแก้ว, นลอง วชิราภกร, เฉลิมพล เยื้องกลาง, นิโรจน์ ศรีสูงเนิน และ สุภาพร แซ่เตียว.
2552. ผลของการใช้สูตรอาหารผสมสำเร็จหมักร่วมกับจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพต่อ
สมรรถนะการให้ผลผลิตของโคนม, น. 124-126. ใน **การสัมมนาวิชาการเกษตรประจำปี
2552**. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ศรเทพ ชัมวาสร. 2550. คุณค่าทางอาหารของกากน้ำตาลเอทานอลและผลการทดลอง, น. 6-18. ใน
การสัมมนาพิเศษ เรื่อง การใช้กากน้ำตาลเอทานอลในการเลี้ยงสัตว์เพื่อลดต้นทุนการผลิต.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมคิด พรหมมา, สมเพชร ตูย์คำภีร์, ศิริ วิไลรัตน์ และ ธวัชชัย อินทรตุล. 2533. ผลการให้อาหารโค
รุ่นลูกผสมขาวดำ โดยแปรรูประดับเยื่อใยพลังงาน และโปรตีนในอาหารผสมสำเร็จที่
ประกอบด้วยฟางข้าวปรุงแต่งคุณภาพด้วยยูเรีย, น. 149-158. ใน **การประชุมทางวิชาการ
ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 28 (สาขาสัตวสัตวแพทย์ และประมง)**. 29-31
มกราคม 2535. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมเพชร ตูย์คำภีร์, จินตนา วงศ์นากนกร, สหทัยา ทรัพย์รอด, สุธิดา อ่อนสองชั้น และ วนิดา
กำเนิดเพชร. 2549. **เอกสารเผยแพร่: เทคนิคการเลี้ยงโคนมทดแทน**. กลุ่มวิจัยและพัฒนาโค
นม กองบำรุงพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์, กรุงเทพฯ.

สหกรณ์โคนมไทย-เดนมาร์ก อ่าวน้อย. ม.ป.ป. การเลี้ยงโคและการจัดการของสหกรณ์. ใน รายงานการประชุมของสหกรณ์. สหกรณ์โคนมไทย-เดนมาร์ก อ่าวน้อย, ประจวบคีรีขันธ์.

สายัณห์ ทัดศรี. 2522. หลักการทำทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์. พิมพ์ครั้งที่ 2 โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

สายัณห์ ทัดศรี. 2540. พืชอาหารสัตว์เขตร้อน: การผลิตและการจัดการ. รั้วเขียว, กรุงเทพฯ.

สายัณห์ ทัดศรี. 2547. พืชอาหารสัตว์เขตร้อน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุทธิพงศ์ อริยะพงศ์สรรค์, เทอดศักดิ์ คำเหม็ง, นลอง วชิราภากร และ พรพรรณ แสนภูมิ. 2550. ผลของระดับโปรตีนในอาหารชั้นร่วมกับฟางข้าวหรือฟางข้าวหมักยูเรียต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต ลักษณะซาก และการยอมรับของผู้บริโภคเนื้อแพะและแกะ, น. 237-246. ใน การประชุมวิชาการสัตวศาสตร์ ครั้งที่ 3 เรื่อง ยุคใหม่กับการเปลี่ยนแปลงปศุสัตว์ไทย. 23 มกราคม 2550. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

สุทธิพงศ์ อริยะพงศ์สรรค์, ไชยณรงค์ นาวานุเคราะห์, นลอง วชิราภากร, ไพรัตน์ เลื่อนไธสงค์, เวชสิทธิ์ โทบุราณ, ประพันธ์ศิลป์ ถาพิลา และ จุฬากร ปานะถึก. 2552. การใช้สิ่งเหลือทิ้งจากโรงงานผลิตกรดซัลฟริกในสูตรอาหารชั้นของกระบือผลต่อปริมาณการกินได้ สมรรถนะในการเจริญเติบโต และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ, น. 97-99. ใน การสัมมนาวิชาการเกษตรประจำปี 2552. 26-27 มกราคม 2552. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

สุพจน์ บุญแรง. 2540. การศึกษาภาวะที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายยีสต์ขนมปังและการใช้ประโยชน์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุภาวดี แหยมคง. 2545. อิทธิพลของชนิดอาหารหยาบ และระยะเวลาการขุนต่อสมรรถภาพการผลิตเปอร์เซ็นต์ซาก และผลตอบแทนจากการขุนโค. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรรวรรณ สุภาพ, นิพนธ์ วิทยากร, สมเพชร ต้อยคำกริ, อภิชาติ รัตนวนิช และ สมคิด พรหมมา.

2525. การทดลองใช้ฟางข้าวซึ่งได้รับการปรับปรุงแต่งคุณภาพแล้วเป็นอาหารหยาบหลัก สำหรับเลี้ยงโคนมรุ่น, น. 1-10. ใน รายงานผลงานวิจัย สาขาสัตวศาสตร์ การประชุมทาง วิชาการ ครั้งที่ 20. 1-5 กุมภาพันธ์ 2525. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อังคณา หาญบรรจง, เพ็ญแข วันไชยชนวงศ์, สุนีย์ นิธิสินประเสริฐ และ สมจิตร ฅนอมวงส์วัฒนะ.

2549. ผลของหญ้าสดและหญ้าหมักชนิดต่างๆ ต่อการให้ผลผลิตน้ำนมของโคนม, น. 89-97. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44 (สาขาสัตว์ สาขา สัตวแพทยศาสตร์). 30 มกราคม-2 กุมภาพันธ์ 2549. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

AFFRCS. 1999. **Japanese Feeding Standard for Dairy Cattle**. Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat. Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (MAFF), JAPAN.

Alli, I., R. Fairbairn, B. Baker, L.E. Phillip and H. Garino. 1983. Effects of anhydrous ammonia on fermentation of chopped, high moisture ear corn. **J. Dairy. Sci.** 66: 2343-2348.

Andrew, S.M., J.H. Clark and C.L. Davis. 1979. Feeding value of opaque-2 corn grain and corn silage for lactating dairy cows. **J. Dairy. Sci.** 62: 1619-1625.

Arbabi, S., T. Ghoorchi and S. Hasani. 2008. The effects of delayed ensiling and application of an propionic acid based additive on the nutrition value of corn silage. **Asian. J. Anim. Sci.** 2 (2): 26-34.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1984. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 14th ed. The Association, Arlington, VA.

Bearden, H.J. and J.W. Fuquay. 1992. **Nutritional Management: In Applied Animal Reproduction**. 3rd ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.

- Bolsen, K.K., C. Lin, B.E. Brent, A.M. Feyerherm, J.E. Urban and W.R. Aimitis. 1992. Effect of silage additive on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silage. **J. Dairy. Sci.** 75: 3066-3083.
- Bolsen, K.K., G. Ashbell and J.M. Wilkinson. 1995. Silage additive, pp. 33-54. *In* R.J. Wallace and A. Chesson, eds. **Biotechnology in Animal Feeds and Animal Feeding**. Wiley-Blackwell.
- Brand, A., J.P.T.M. Noordhuizen and Y.H. Schukken. 1996. **Herd Health and Production Management in Dairy Practice**. Wageningen Pers, Wageningen.
- Cassady, J.M., T.D. Maddock, A. DiCostanzo and G.C. Lamb. 2009. Body composition and estrous cyclicity responses of heifers of distinct body conditions to energy restriction and repletion. **J. Anim. Sci.** 87: 2255-2261.
- Catchpole, V.R and E.F. Henzell. 1971. Silage and silage making from tropical herbage species. **Herb. Abstr.** 41: 213-221.
- Church, D.C. 1991. **Livestock Feed and Feeding**. 3rd ed. Prentice-Hall Intrantation, Englewood Cliffs, N.J.
- Dunlop, R.P. 1991. Thyroid metabolic hormone, pp. 513-520. *In* Y. Ruckebusch, L.P. Phaneuf and R. Dunlop, eds. **Physiology of Small and Large Animals**. National Academic Press, Washington D.C.
- Edmonson, A.J., I.J. Lean, L.D. Weaver, T. Farver and G. Webster. 1989. A body condition scoring chart for holstein dairy cows. **J. Dairy. Sci.** 72: 68-78.

- Elferink, S.J.W.H.O., F. Driehuis, J.C. Gottschal and S.F. Spoelstra. 2000. Silage fermentation processes and their manipulation, pp. 17-30. *In Proceedings of the FAO Electronic Conference on Tropical Silage*. 1 September-15 December 1999, FAO Plant Production and Protection.
- Fernandez, B., R. Bodas, O. Lopez-Campos, S. Andres, A.R. Mantecon and F.J. Giraldez. 2009. Vinasse added to dried sugar beet pulp: preference rate, voluntary intake and digestive utilization in sheep. **J. Anim. Sci.** 87: 2055-2063.
- Firkins, J.L. 1997. Effect of feeding nonforage fiber source on site of fiber digestion. **J. Dairy. Sci.** 80: 1426-1437.
- Frandsen, R.D., W.L. Willke and A.D. Fails. 2009. **Anatomy and Physiology of Farm Animals**. 7th ed. Wiley-Blackwell, Ames.
- Gallo, L., P. Carnier, M. Cassandro, R. Mantovani, L. Bailoni, B. Contiero and G. Bittante. 1996. Change in body condition score of holstein cows as affected by parity and mature equivalent milk yield. **J. Dairy. Sci.** 79: 1009-1015.
- Ganong, W.F. 1991. **Review of Medical Physiology**. 15th ed. Prentice-Hall International, Englewood Cliffs, N.J.
- Goering, H.K. and P.J. Van Soest. 1970. **Forage Fiber Analyses (apparatus, reagents, procedures and some application)**. USDA Handbook Agricultural Research Service, Washington D.C.
- Guthrie, M.J. and D.G. Wagner. 1988. Influence of protein or grain supplementation and increasing levels of soybean meal on intake, utilization and passage rate of prairie hay in beef steers and heifers. **J. Anim. Sci.** 66: 1529-1537.

- Hammond, A.C., E.J. Bowers, W.E. Kunkle, P.C. Genho, S.A. Moore, C.E. Crosby and K.H. Ramsay. 1994. Use of blood urea nitrogen concentration to determine time and level of protein supplementation in wintering cows. **Prof. Anim. Sci.** 10: 24-31.
- Higginbotham, G.E., M. Torabi and J.T. Huber. 1989. Influence of dietary protein concentration and degradability on performance of lactating cows during hot environmental temperatures. **J. Dairy. Sci.** 72: 2554-2564.
- Jimenez, A.M., R. Borja, A. Martin and F. Raposo. 2006. Kinetic analysis of the anaerobic digestion of untreated vinasses and vinasses previously treated with *Penicillium decumbens*. **J. Environ. Manage.** 80: 303-310.
- Jones, B.A., R.D. Hatfield and R.E. Muck. 1992. Effect of fermentation and bacterial inoculation on lucerne cell walls. **J. Sci. Food. Agr.** 60: 147-153.
- Kaneko, J.J., J.W. Harvey and M.L. Bruss. 2008. **Clinical Biochemistry of Domestic Animals.** 6th ed. Elsevier, Amsterdam.
- Kearl, L.C. 1982. **Nutrient Requirements of Ruminants in Developing Countries.** International Feedstuffs Institute. Utah Agricultural Experiment Station, Utah State University, Logan Utah.
- Khon, R. 2007. Use of milk or blood urea nitrogen to identify feed management inefficiencies and estimate nitrogen excretion by dairy cattle and other animals, pp. 1-15. **In Proceedings of Florida Ruminant Nutrition Symposium.** 30-31 January 2007, Gainesville, FL, USA.
- Kung Jr., L. 2000. **Silage Fermentation and Additives.** Miller Publishing Co, Minnetonka, MN.
- Leng, R.A. 1990. Factors affecting the utilization of poor quality forage by ruminants particularly under tropical conditions. **Nutr. Res. Rev.** 3 (1): 277-303.

- Lourens, D.C. 1995. A comparative observational study on the reproductive performance of dairy cows with metritis and normal cows. **S. Afr. J. Anim. Sci.** 25 (1): 21-25.
- Manidool, C. 1988. Feeding of baby corn wastes by dairy farms in Nongpo, pp. 178-191. *In* **Proceedings of Symposium on Utilization of Local Materials as Animal Feed**. Chiang Mai University, Thailand.
- McDonald, P. 1981. **The Biochemistry of Silage**. J. Wiley, Chichester, New York.
- McDonald, P., A.R. Henderson and S.J.E. Heron. 1991. **The Biochemistry of Silage**. 2nd ed. Chalcombe Publication.
- Mertens, D.R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **J. Dairy. Sci.** 80: 1463-1481.
- Miller, W.J. and G.D. O'Dell. 1969. Nutritional problems of using maximum forage or maximum concentrates in dairy rations. **J. Dairy. Sci.** 52: 1144-1154.
- Minson, D.J. 1990. **Forage in Ruminant Nutrition**. Academic Press, San Diego, Calif.
- Moreira, J.R. 2007. Water use and impacts due ethanol production in Brazil, pp. 1-24. *In* **International Water Management Institute and Food and Agricultural Organization Conference: Linkages between Energy and Water Management for Agriculture in Developing Countries**. 29-30 January 2007, Hyderabad, India.
- Moss, R. 1992. **Livestock Health and Welfare**. Longman scientific and technical, Essex.
- Muck, R.E. 1991. Silage fermentation, pp. 171-204. *In* J.G. Zeikus and E.A. Johnson, eds. **Mixed Cultures in Biotechnology**. McGrawHill, New York.

Mudron, P., J. Rehage, H.P. Sallmann, M. Holtershinken and H. Scholz. 2005. Stress response in dairy cows related to blood glucose. **Acta. Vet. Brno.** 74: 37-42.

Muller, Z.O. 1978. Feeding potential of pineapple waste for cattle. **World. Anim. Rev.** 25: 25-36.

National Research Council (NRC). 1996. **Nutrient Requirements of Beef Cattle.** 7th ed. National Academic Press, Washington, D.C.

National Research Council (NRC). 2001. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle.** 7th rev. ed. National Academy Press, Washington, D.C.

Nicholson, M.J. and M.H. Butterworth. 1986. **A Guide to Condition Scoring of Zebu Cattle.** International Livestock Centre for Africa, Addis Ababa, Ethiopia.

Park, R.S., C.S. Mayne and T.W.J. Keady. 2005. **Silage Production and Utilization.** Wageningen Academic.

Payne, J.M. 1977. **Metabolic Diseases in Farm Animal.** William Heinemann, London.

Perez, C.B. and C.T. Hsu. 1973. **Farm By-Products and Beef Production.** Asian and Pacific Council, Food and Fertilizer Technology Center.

Perry, T.W. and M.J. Cecava. 1995. **Beef Cattle Feeding and Nutrition.** 2nd ed. Academic Press, San Diego.

Promma, S., S. Tuikumpee, P. Jeenklum and T. Indratula. 1993. Effect of varying dietary levels of total digestible nutrients, protein and fiber on the growth of crossbred holstein heifers fed urea-treated rice straw diets under two feeding systems. **Asian-Austral. J. Amin.** 6 (1): 91-97.

- Richards, M.W., R.P. Wettemann, L.J. Spicer and G.L. Morgan. 1991. Nutritional anestrus in beef cows: effects of body condition and ovariectomy on serum luteinizing hormone and insulin-like growth factor I. **Biol. Reprod.** 44: 961-966.
- Riis, P.M. 1983. **Dynamic Biochemistry of Animal Production.** Elsevier Science, Amsterdam.
- Schmid, M. and V. Forstner. 1986. **Laboratory Testing in Veterinary Medicine Diagnosis and Clinical Monitoring.** 3rd ed. Boehringer Mannheim.
- Schroeder, J.W. 2004. **Quality Forage Silage Fermentation and Preservation.** NDSU Extension Service AS-1254. Available Source: <http://www.ag.ndsu.edu/pubs/ansci/range/as1254.pdf>, April 28, 2006.
- Schultz, L.H., H.F. Mayland and R.J. Emerick. 1988. Metabolic problems related to nutrition, pp. 493-531. In D.C. Church, eds. **The Ruminant Animal: Digestive Physiology and Nutrition.** Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA.
- Sejrsen, K and S. Purup. 1997. Influence of prepubertal feeding level on milk yield potential of dairy heifers: a review. **J. Anim. Sci.** 75: 828-835.
- Singh, A.S., D.T. Pal, B.C. Mandal, P. Singh and N.N. Pathak. 2002. Studies on changes in some of blood constituents of adult crossbred cattle fed different levels of extracted rice bran. **Pakistan. J. Nutr.** 1 (2): 95-98.
- Song, M.K. and J.J. Kennelly. 1989. Effect of ammoniated barley silage in ruminal fermentation, nitrogen supply to the small intestine, ruminal and whole tract digestion, and milk production of holstein cows. **J. Dairy. Sci.** 72: 2981-2290.

Spitzer, J.C., D.G. Morrison, R.P. Wettemann and L.C. Faulkner. 1995. Reproductive responses and calf birth and weaning weights as affected by body condition at parturition and postpartum weight gain in primiparous beef cows. **J. Anim. Sci.** 73: 1251-1257.

Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1980. **Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach**. 2nd ed. McGraw-Hill, Aucklan.

Suksathit, S., C. Wachirapakorn and Y. Opatpatanakit. 2011. Effects of levels of ensiled pineapple waste and pangola hay fed as roughage sources on feed intake, nutrient digestibility and ruminal fermentation of Southern Thai native cattle. **Songklanakarin J. Sci. Technol.** 33 (3): 281-289.

Terui, S., S. Ishino, K. Matsuda, Y. Shoji, K. Ambo and T. Tsuda. 1979. Effect of experimental high environmental temperature and humidity on steer. **Tohoku. J. Agri. Res.** 30: 95-109.

Tiffany, T.O., J.M. Jansen, C.A. Burtis, J.B. Overton and C.D. Scott. 1972. Enzymatic kinetic rate and end point analyses of substrate by the use of a GeMSAEC fast analyzer. **Clin. Chem.** 18 (8): 829-840.

Tom, B., M.M. Julia and R. James. 1999. **Nutrition for The Early Developing Heifer**. Virginia Cooperative Extension, Dairy Science.

Tumwasorn, S., P. Prucasri, K. Markvichitr, B. Rengsirikul, P. Innurak and C. Chantalakhana. 1982. Comparative performance of Thai indigenous native, brahman halfbred and charolais halfbred cattle at Kamphaengsaen animal research station, pp. 363-376. **In Proceedings of the 20th Annual Conference the Animal Science Research.** 1-5 February 1982. Kasetsart University. Thailand.

- Tumwasorn, S., P. Climee, W. Pirunsarn, B. Chompoosri and S. Sritawee. 1996. Production of silage from sweet corn waste for small farm dairy cattle operation. **Thai. J. Agr. Sci.** 29 (4): 595-601.
- Van Keulen, J. and B.A. Young. 1977. Evaluation of acid insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. **J. Anim. Sci.** 44: 282-287.
- Van Soest, P.J. 1987. **Nutritional Ecology of the Ruminant: Ruminant Metabolism, Nutritional Strategies, the Cellulolytic Fermentation and the Chemistry of Forage and Plant Fiber.** Cornell University Press, Ithaca, N.Y.
- Wanapat, M. 1999. **Feeding of Ruminants in the Tropics Based on Local Feed Resources.** Department of Animal Science, Khon Kaen University, Khon Kaen.
- Watson, S.J. and M.J. Nash. 1960. **The Conservation of Grass and Forage Crops.** Oliver and Boyd, Edinburgh.
- Wessels, S., L. Axelsson, E.B. Hansen, L.D. Vuyst, S. Laulund, L. Lahteenmaki, S. Lindgren, B. Mollet, S. Salminen and A.V. Wright. 2004. The lactic acid bacteria, the food chain and their regulation. **Trends. Food. Sci. Tech.** 15: 498-505.
- Wheeler, J.L. and C. Mulcahy. 1989. Consequences for animal production of cyanogenesis in sorghum and hay. **Trop. Grasslands.** 23: 193-202.



ตารางผนวกที่ 1 การประมาณค่าผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของโคนมสาวทดแทนที่ได้ตั้งท้อง

รายการ	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3
จำนวนโคตั้งท้อง (ตัว)	6	6	9
ต้นทุนการตั้งท้องทั้งหมดต่อโค 1 ตัว (บาท)	60,469.99	61,293.93	42,255.87
รายได้จากการขายโคตั้งท้อง (บาท)	234,000.00	234,000.00	351,000.00
ผลตอบแทนจากโคตั้งท้องที่การเลี้ยง 90 วัน (บาท)	-128,819.94	-133,763.55	-29,302.86
รายได้จากการขายโคไม่ตั้งท้อง (บาท)	338,100.00	321,930.00	274,330.00
รวมผลตอบแทนจากการผลิตทั้งหมด (บาท)	572,100.00	555,930.00	625,330.00
กำไรสุทธิจากการผลิตทั้งหมด (บาท)	209,280.06	188,166.45	245,027.14
ผลตอบแทนจากการลงทุน (%)	57.68	51.17	64.43

กลุ่มที่ 1 (ควบคุม) ได้รับเศษข้าวโพดหมัก ฟางข้าว และอาหารข้น ที่ 10, 3 และ 3 กิโลกรัม/ตัว/วัน

กลุ่มที่ 2 ได้รับ TMF ฟางข้าว และอาหารข้น ที่ 8, 2 และ 3 กิโลกรัม/ตัว/วัน

กลุ่มที่ 3 ได้รับ TMF และอาหารข้น ที่ 14 และ 2 กิโลกรัม/ตัว/วัน

ตารางผนวกที่ 2 หลักเกณฑ์คะแนนความสมบูรณ์ร่างกายโค

คะแนนความสมบูรณ์ร่างกาย	ลักษณะ
1 คะแนน	- โคนมที่พอมมากและไม่อยู่ในสภาพที่จะให้ผลผลิตได้ รวมถึงไม่มีศักยภาพในการสืบพันธุ์
2 คะแนน	- โคนมที่พอมและให้ผลผลิตได้น้อยและรวมถึงผสมติดยาก
3 คะแนน	- โคนมที่สมบูรณ์และผสมติดดี
4 คะแนน	- โคนมที่อ้วนและโคจะเปลี่ยนสารอาหารไปเป็นอาหารสะสม ในร่างกาย ควรเป็นลักษณะของโคพักการรีดน้ำนม
5 คะแนน	- โคนมที่อ้วนมาก เหมือนโคขุน โคประเภทนี้จะกินมาก อ้วนง่ายแต่ให้น้ำมน้อย โอกาสเป็นหมันและคลอดยากสูง

ที่มา: Edmonson *et al.* (1989)

บริเวณที่ใช้ในการคิดค่าคะแนนบนตัวโค

การให้คะแนนจะใช้ตารางมาตรฐานประเมินทั้งหมด 8 บริเวณ คือ

1. แนวกระดูกสันหลังส่วนบน (Spinous processes)
2. แนวกระดูกสันหลังบนและด้านข้าง (Spinous to transverse processes)
3. แนวกระดูกสันหลัง ด้านข้าง (Transverse processes)
4. ร่องใต้กระดูกสันหลังด้านข้าง (Overhanging shelf)
5. บริเวณรอบกระดูก Hook และ Pin (Hooks and pins)
6. พื้นที่ระหว่าง Hook ถึง Pin ของด้านใดด้านหนึ่งของลำตัว (Between hooks and pins)
7. พื้นที่ระหว่างกระดูก Hook ของด้านซ้ายถึงด้านขวาของลำตัว (Between hooks)
8. ร่องจากแนวโคหางถึงกระดูก Pins (Tailhead to pins)

โดยผู้ประเมินต้องใช้แบบฟอร์มซึ่งจะมีช่องประเมิน 8 ช่อง กับแถวที่จะให้คะแนน 5 แถว ผู้ประเมินควรยืนห่างจากโคในระยะ 2-3 เมตร แล้วเริ่มประเมินในช่องที่ 1 (บริเวณที่ 1) คือแนวกระดูกสันหลังส่วนบน แล้วดูว่าควรให้คะแนนโคเท่าใดจากคะแนน 1 ถึง 5 โดยดูประกอบคำอธิบายในแต่ละแถว หากโคมีลักษณะตรงกับคำอธิบายในช่องแถวใด ก็ให้เลือกคะแนนที่ต้องการนั้นๆ จากนั้นประเมินช่องที่ 2 ไปจนถึงช่องที่ 8 แล้วรวมคะแนนทั้งหมดเพื่อหาค่าเฉลี่ย (NRC, 2001) ดังสมการนี้

$$\text{คะแนนร่างกายเฉลี่ย} = \frac{\text{คะแนนช่องที่ 1} + \text{คะแนนช่องที่ 2} + \dots + \text{คะแนนช่องที่ 8}}{8}$$



ภาพผนวกที่ 1 ลักษณะคะแนนความสมบูรณ์ร่างกายของโคทดลอง



ภาพผนวกที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของอาหารขึ้น



ภาพผนวกที่ 3 ลักษณะทางกายภาพของเศษข้าวโพดหมัก



ภาพผนวกที่ 4 ลักษณะทางกายภาพของฟางข้าว



ภาพผนวกที่ 5 ลักษณะทางกายภาพของอาหาร TMF



ภาพผนวกที่ 6 อาหาร TMF



ภาพผนวกที่ 7 โคทดลองกินอาหาร TMF



ภาพผนวกที่ 8 ลักษณะโรงเรือนที่ใช้ทดลอง



ภาพผนวกที่ 9 ลักษณะคอกเลี้ยงโคทดลอง



ภาพผนวกที่ 10 การเก็บตัวอย่างเลือดโคทดลอง



ภาพผนวกที่ 11 ลักษณะแสดงการเป็นสัดของโคทดลอง

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ นายอาทิตย์ ปัญญาศักดิ์
 เกิดวันที่ 29 กันยายน 2528
 สถานที่เกิด อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน
 ประวัติการศึกษา วท.บ. (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (พ.ศ. 2551)
 ตำแหน่งปัจจุบัน —
 สถานที่ทำงานปัจจุบัน —
 ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ —
 ทักษะการศึกษาที่ได้รับ —