รายงานฉบับสมบูรณ์

"การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำนมโค โดยใช้อาหารผสมครบสวนและอาหารข้นคุณภาพดี"

สัญญาเลขที่ RDG4520025

โดย

รศ.ดร.บุญล้อม ชีวะอิสระกุล
ดร.สมคิด พรหมมา
รศ.ดร.บุญเสริม ชีวะอิสระกุล

เสนอต่อ

ผู้อำนวยการฝ่าย 2
สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

30 เมษายน 2548

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญ

		หน้า
สรุปผลการดำเนินงานทั้งโครงการ		1
Executive summary		4
บทคัดย่อ		14
Abstract		17
รายงานความก้าวหน้า โครงการย่อยที่		
1	การผลิตอาหารผสมครบส่วนสำหรับโคที่ให้นมค่อนข้างสูงโดยมีหญ้ารูซี่หมักเป็นอาหารหยาบหลัก	20
2	การผลิตหญ้ารูซี่แห้งในแปลงขนาดใหญ่และการศึกษาคุณค่าทางอาหารของหญ้าสดและหญ้าแห้งอายุประมาณ 50 วัน	36
3	วิธีรักษาสภาพรูเมนให้เหมาะสมแก่การหมักย่อยอาหาร (ป้องกัน acidosis) โดยใช้บัฟเฟอร์และหญ้าแห้ง รวมทั้งผลที่มีต่อสมรรถภาพการผลิตของโคที่ให้นม	45
4	การใช้หญ้าแห้งหรือหญ้าหมักร่วมกับอาหารข้นระดับสูงที่มีผลต่อค่า pH กรดไขมันระเหยได้ และแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนของโคนม	64
5	การเปรียบเทียบวิธีวัดแอมโมเนียในของเหลวจากรูเมนด้วยวิธีการต่าง ๆ	74
6	กรรมวิธีเพิ่มปริมาณโปรตีนไหลผ่านในกากถั่วเหลืองและประสิทธิภาพการใช้ในสูตรอาหารโคที่ให้นมสูง	86
7	ความพยายามศึกษาวิธีผลิตหญ้าแห้งและกระถินแห้งในฤดูฝน โดยใช้อุปกรณ์อย่างง่าย	111
8	อายุการตัดหญ้ารูซี่ที่เหมาะสมรวมทั้งการปรับคุณภาพหญ้าสดด้วยการเสริมแหล่งโปรตีนและพลังงานเพื่อใช้เลี้ยงโคในระยะต้นถึงกลางของการให้นม	136
9	การพัฒนาอาหารหยาบคุณภาพดีจากหญ้ารูซี่แห้งและการสร้างสูตรอาหารข้นที่เหมาะสมสำหรับโคที่ให้นมสูง	160
10	ศึกษากรรมวิธีการผลิตและอายุการเก็บอาหารผสมครบส่วนที่มีฟางหมักเป็นอาหารหยาบหลัก รวมทั้งการใช้เป็นอาหารโคที่ให้นมระดับปานกลางถึงต่ำ	185
11	การผลิตอาหารหยาบผสมจากหญ้าแห้งหรือฟางข้าวและผลิตอาหารข้นที่เหมาะสมสำหรับโครีดนมในระยะกลางถึงปลายของการให้นม	205
12	การใช้หญ้ารูซี่แห้งเสริมแหล่งโปรตีนและพลังงานจากใบมันสำปะหลังหมักและกากน้ำตาล เพื่อผลิตอาหารหยาบคุณภาพดีเลี้ยงโคที่ให้นมปานกลาง	227

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก	
กิจกรรมถ่ายทอดเทคโนโลยี	247
วิธีการทดลองและวิธีวิเคราะห์	280
บทคัดย่อวิทยานิพนธ์	298
เอกสารอ้างอิง	308
สรุปรายงานการเงิน	326

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เลขหมู่.....
วัน เดือน ปี.....
30 เม.ย. 2551

สัญญาเลขที่ RDG4520025

โครงการ "การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำนมโคโดยใช้อาหารผสมครบส่วนและอาหารข้นคุณภาพดี"

สรุปรายงานฉบับสมบูรณ์

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ : 1 กรกฎาคม 2545 ถึง 30 เมษายน 2548

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน : รศ.ดร.บุญล้อม ชีวะอิสระกุล

หน่วยงาน : ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

วัตถุประสงค์ของโครงการ (รวมส่วนที่ขอขยายเวลา) :

1. เพื่อศึกษาหาวิธีรักษาสภาพในรูเมนให้เหมาะสมแก่การย่อยอาหารและผลที่มีต่อปริมาณอาหารที่กินได้ รวมทั้งสมรรถภาพการผลิตน้ำนมของโคที่ให้นมปานกลางและนมสูง
2. เพื่อศึกษากรรมวิธีเพิ่มปริมาณโปรตีนไหลผ่านในกากถั่วเหลือง เพื่อใช้ประกอบสูตรอาหารโคนมสูง
3. เพื่อผลิตอาหารผสมครบส่วนสำหรับโคที่ให้นมปานกลางโดยมีหญ้ารูซี่หมัก และ/หรือ ฟางหมักเป็นอาหารหยาบหลัก
4. เพื่อศึกษากรรมวิธีผลิตและอายุการเก็บอาหารผสมครบส่วนที่มีฟางเป็นอาหารหยาบหลักในการนำผลไปประยุกต์ใช้เชิงพาณิชย์
5. เพื่อสร้างสูตรอาหาร และ/หรืออาหารเสริมคุณภาพดีสำหรับโคที่ให้นมสูงในช่วงต้นของการให้นม และถ่ายทอดผลงานวิจัยสู่เกษตรกรเพื่อนำไปใช้ในทางปฏิบัติ
6. เพื่อให้ได้สูตรอาหารโคนมที่เหมาะสมสำหรับเกษตรกรในสภาพที่มีอาหารหยาบคุณภาพต่าง ๆ ในฤดูกาลต่างกัน โดยปรับอาหารหยาบคุณภาพปานกลางและคุณภาพต่ำให้มีคุณภาพดีขึ้น รวมทั้งสร้างสูตรอาหารข้นที่เหมาะสมสำหรับโคในสภาพดังกล่าว
7. เพื่อสร้างองค์ความรู้และพัฒนานักวิจัยรุ่นเยาว์

งบประมาณ : 2,368,872 บาท

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้ และผลการดำเนินงาน

กิจกรรม (ตามแผน)	ผลการดำเนินงาน	ตอบสนอง วัตถุประสงค์ข้อที่
1.1 ผลิตหญ้าแห้งคุณภาพดี ศึกษาหาการย่อยได้และค่าพลังงานของหญ้าแห้ง	เป็นไปตามแผน (ดูโครงการย่อยที่ 2)	1 และ 5
1.2 เปรียบเทียบการใช้หญ้าแห้งคุณภาพดีกับสารเคมีในการลดกรดในกระเพาะส่วนหน้า โดยประเมินจากสมรรถภาพการผลิตของโคนม	เป็นไปตามแผน (ดูโครงการย่อยที่ 3)	1
2.1 หากรรมวิธีผลิต by pass protein จากกากถั่วเหลืองพร้อมทั้งศึกษาการย่อยสลายในรูเมนและลำไส้เล็ก 2.2 ทดสอบผลการตอบสนองต่อ by pass protein ในโคที่ให้นมสูง	เป็นไปตามแผน (ดูโครงการย่อยที่ 6)	2
3.1 ศึกษาการย่อยได้และค่าพลังงานของอาหารผสมครบส่วนที่มีฟางหมักเป็นหลัก 3.2 ทดสอบการตอบสนองของโคนมที่ได้รับอาหารผสมครบส่วนที่มีฟางข้าวหมักเป็นอาหารหยาบหลัก	เป็นไปตามแผน (ดูโครงการย่อยที่ 10)	3
4.1 เปรียบเทียบการผลิตโดยใช้ฟางหมักและฟางผสมยูเรียร่วมกับอาหารข้นในด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์และอายุการเก็บรักษา	เป็นไปตามแผน (ดูโครงการย่อยที่ 10)	4
5.1 ทดสอบการตอบสนองของโคนมที่ได้รับอาหารผสมครบส่วนที่มีหญ้ารูซี่หมักเป็นอาหารหยาบหลัก	เป็นไปตามแผน (ดูโครงการย่อยที่ 1)	3
6.1 สร้างสูตรอาหารที่มีโภชนะครบส่วนและเหมาะสมสำหรับโคระยะหลังคลอดจนถึงให้นมสูงที่สุด (peak) 6.2 ศึกษาผลการตอบสนองของโคในแง่ผลผลิต ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร และต้นทุนการผลิต เปรียบเทียบกับอาหารที่มีจำหน่ายในท้องตลาด	เป็นไปตามแผน (ดูโครงการย่อยที่ 9)	5 5
7.1 สร้างสูตรอาหารข้นสำหรับโคให้นมสูง โดยมีหญ้ารูซี่แห้งเป็นอาหารหยาบหลัก	เป็นไปตามแผน (ดูโครงการย่อยที่ 9)	5
7.2 สร้างสูตรอาหารคุณภาพดีที่มีหญ้ารูซี่สดเป็นอาหารหยาบหลัก	เป็นไปตามแผน (ดูโครงการย่อยที่ 8	6
7.3 สร้างสูตรอาหารสำหรับโคที่ให้นมปานกลาง โดยมีฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลัก	เป็นไปตามแผน (ดูโครงการย่อยที่ 11)	6
7.4 สร้างสูตรอาหารคุณภาพดีที่ใช้ใบมันสำปะหลังหมักหรือแห้งทดแทนกระถินในสูตรอาหารโคนม	เป็นไปตามแผน (ดูโครงการย่อยที่ 12)	6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การดำเนินงานของโครงการตามแผนงานโดยสรุป (ต่อ)

กิจกรรม (ตามแผน)	ผลการดำเนินงาน	ตอบสนองวัตถุประสงค์ข้อที่
8.1 เสนอผลงานวิจัยในการประชุมสัมมนา และ/หรือลงตีพิมพ์ในวารสาร	เผยแพร่ผลงานโดยเสนอในการประชุมวิชาการและตีพิมพ์ระดับชาติ 6 เรื่อง	7
8.2 ฝึกอบรม และ/หรือถ่ายทอดความรู้ให้แก่เกษตรกรและนักวิชาการ	- จัดฝึกอบรมเกษตรกร 7 ครั้ง - จัดทำเอกสารเผยแพร่ในรูปแผ่นพับ 4 เรื่อง - เผยแพร่ผลงานในรูปโปสเตอร์ในงานโคนมแห่งชาติ 2 เรื่อง	7

ลงนาม.....

(นางบุญล้อม ชีวะอิสระกุล)

หัวหน้าโครงการวิจัย ผู้รับทุน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Executive summary

จากการที่อาหารเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งในการผลิตน้ำนมโค โดยมีผลต่อทั้งปริมาณและคุณภาพของผลผลิต รวมทั้งต่อสุขภาพของโคและต่อเศรษฐกิจของผู้เลี้ยง ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาถึงวิธีเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำนมโค โดยใช้อาหารผสมครบส่วนและอาหารข้นคุณภาพดีทั้งในโคที่ให้ผลผลิตระดับสูง ระดับกลาง และระดับต่ำ หรือโคที่ให้ผลผลิตทั้งในช่วงต้น ช่วงกลาง และช่วงปลายของการให้นม เพื่อให้สามารถนำผลการศึกษา และองค์ความรู้ที่เกิดขึ้นไปประยุกต์ใช้กับเกษตรกรได้ ซึ่งแต่ละระดับของการผลิตมักจะมีปัญหาจากการใช้อาหารข้น อาหารหยาบ และความต้องการโภชนะที่ต่างกัน

ปัญหาของโคที่ให้นมสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงต้นของการให้นมมักเกี่ยวเนื่องมาจากการที่กระเพาะมีความเป็นกรดรุนแรง (acidosis) อันมีสาเหตุมาจากการได้รับอาหารข้นในระดับสูงและอาหารหยาบในระดับต่ำ ทำให้มีโครงสร้างของเยื่อใยไม่เพียงพอที่จะกระตุ้นการบีบตัวของกระเพาะรูเมนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประกอบกับในปัจจุบันเกษตรกรนิยมใช้ข้าวโพดหมักเลี้ยงโคนมมากขึ้น จึงอาจทำให้สภาพความเป็นกรดในกระเพาะรูเมนยิ่งรุนแรงขึ้น นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าโคที่ให้นมสูง มีความต้องการโปรตีนไหลผ่านมาก ดังนั้นในระยะแรกคณะผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษา 8 โครงการย่อย หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ค้นพบประเด็นสำคัญซึ่งนำไปสู่การศึกษาเพิ่มเติมอีก 4 โครงการย่อย (รวม 12 โครงการย่อย 27 การทดลอง)

ในโครงการย่อยที่ 1 เมื่อเริ่มโครงการนั้นได้ใช้โคทดลองที่ให้ผลผลิตน้ำนมสูงประมาณ 20 กก. แต่เนื่องจากต้องเสียเวลาในการทำ pretrial นานมาก (ประมาณ 2 เดือน) เพราะต้องปรับทั้งตัวโคและสูตรอาหาร ทำให้ปริมาณน้ำนมลดลงเหลือประมาณ 17 – 18 กก. อย่างไรก็ตาม ได้มีการจำลองสถานการณ์โดยใช้สัดส่วนของอาหารข้นในระดับสูง (คือ 70% ของสูตรอาหาร) เพื่อเป็นตัวแทนของอาหารที่ใช้เลี้ยงโคที่ให้นมสูง โดยในการศึกษาได้ผลิตอาหารผสมครบส่วนที่มีหญ้ารูซี่หมักเป็นอาหารหยาบหลักร่วมกับหญ้าแห้งระดับต่ำ (1 กก./ตัว/วัน) ทั้งที่ไม่เสริม (กลุ่มควบคุม) หรือเสริม $NaHCO_3$ เปรียบเทียบกับการเสริมหญ้าแห้งในระดับสูงขึ้น (3 กก./ตัว/วัน) ผลปรากฏว่า อาหารที่มีหญ้าแห้งในระดับสูงมีแนวโน้มว่าให้ผลผลิตน้ำนมได้สูงกว่า และมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่เสริม $NaHCO_3$ และมีหญ้าแห้งในระดับต่ำ แสดงว่าหญ้าแห้งในระดับที่เหมาะสมมีความจำเป็นต่อสูตรอาหารโคนมในการกระตุ้นการบีบตัวของกระเพาะรูเมน ทำให้เกิดการเคี้ยวเอื้องและขับน้ำลายเพื่อช่วยลดกรดในกระเพาะอันเกิดจากการได้รับหญ้าหมักและอาหารข้นระดับสูง

จากการที่ทราบว่าหญ้าแห้งมีบทบาทสำคัญในอาหารโคนมและจำเป็นต้องใช้ในการศึกษาโครงการย่อยอื่น ๆ ต่อไป ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้ทำการผลิตหญ้ารูซี่แห้งในแปลงขนาดใหญ่ (10 ไร่)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พร้อมทั้ง*ศึกษาคุณค่าทางอาหารของหญ้าสดและหญ้าแห้งอายุประมาณ 50 วัน* (โครงการย่อยที่ 2) โดยวิธีหาการย่อยได้ในตัวสัตว์ และวิธี *in vitro* gas production technique ผลปรากฏว่า หญ้าสดอายุ 50 วัน มี DM 20.81% และโปรตีนรวม 8.2% เมื่อนำมาทำแห้งโดยการตากแดดในแปลงได้หญ้าที่มีคุณภาพดีเป็นที่น่าพอใจ มีโปรตีน 7.4% NDF 66.8% ADF 39.6% และ ADL 5.3% เมื่อให้โคนมแห้งที่ไม่อุ้มท้องกินเป็นอาหารเดี่ยว สามารถกินได้ 1.38% ของน้ำหนักตัว และมีการย่อยได้ของวัตถุแห้ง 57.35% มีค่า TDN 59.09% และโคมีสมดุลไนโตรเจนเป็นบวก 1.25 กรัม/วัน สำหรับค่าพลังงานที่หาโดยคำนวณจาก DE และวิธี gas production เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ย พบว่าได้ค่า ME และ NEL 2.02 และ 1.20 Mcal/kg DM ตามลำดับ ความสำคัญของหญ้าแห้งในการป้องกัน acidosis ได้รับการยืนยันในโครงการย่อยที่ 3 ซึ่งทำการศึกษา 2 การทดลองคือ

ก. ศึกษาคุณสมบัติของโซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) และแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ในการลดกรด

ข. ศึกษาศักยภาพของหญ้าแห้งในการป้องกัน acidosis โดยเปรียบเทียบอาหารผสมครบส่วน ที่มีอาหารหยาบ : อาหารข้น ในอัตรา 30 : 70 จำนวน 4 สูตร เลี้ยงโคที่ให้นมประมาณ 20 กก. โดยสูตรแรกประกอบด้วยหญ้ารูซี่หมัก + อาหารข้น (เสริม 1.5% $NaHCO_3$ และ 0.8% MgO) สูตรที่ 2 คล้ายสูตรแรก แต่เสริมหญ้าแห้งด้วย สูตรที่ 3 เป็นหญ้ารูซี่แห้ง + อาหารข้น ไม่เสริมบัฟเฟอร์ สูตรที่ 4 เป็นหญ้ารูซี่หมัก + อาหารข้น (ไม่เสริมบัฟเฟอร์) ผลปรากฏว่า แม้ว่า $NaHCO_3$ และ MgO จะมีคุณสมบัติในการเป็นบัฟเฟอร์และช่วยลดกรดในกระเพาะได้ระดับหนึ่ง แต่การนำมาใช้ในทางปฏิบัตินั้นควรมีการเสริมหญ้าแห้งในสูตรอาหารอย่างเพียงพอด้วย เพราะโคที่ได้รับอาหารผสมครบส่วนที่มีหญ้าหมักเป็นอาหารหยาบหลัก และมีสัดส่วนของอาหารข้นสูงโดยไม่มีการเสริมบัฟเฟอร์หรือหญ้าแห้ง (สูตร 4) นั้น แสดงอาการแอสิโดสิสอย่างชัดเจน เช่น กินอาหารลดลง ให้ผลผลิตน้ำนมลดลง มีส่วนประกอบของน้ำนมโดยเฉพาะไขมัน โปรตีน และน้ำตาลในนมลดลง อีกทั้งยังมีปัญหาสุขภาพ เช่น เจ็บกีบอย่างรุนแรงเป็นเหตุให้ลุกไม่ขึ้นและชูบผอม ทำให้ถูกคัดทิ้งจากฝูง ในขณะที่กลุ่มได้รับหญ้าแห้งเป็นอาหารหยาบ (กลุ่ม 3) ไม่มีอาการเหล่านี้แม้ว่าจะได้รับอาหารข้นในปริมาณสูงก็ตาม แสดงว่าหญ้าแห้งจำเป็นสำหรับสูตรอาหารโคนมโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงหลังคลอด 1 – 3 เดือน ซึ่งเป็นระยะที่โคให้ผลผลิตน้ำนมสูง

และเพื่อให้ได้ข้อมูลการเกิดกรดในกระเพาะรูเมนมาสนับสนุนผลการทดลองดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาในโครงการย่อยที่ 4 คือ*การใช้หญ้าแห้งหรือหญ้าหมักร่วมกับอาหารข้นระดับสูงที่มีผลต่อค่า pH กรดไขมันระเหยได้และแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนของโคนม* แต่เนื่องจากไม่สามารถทดลองเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโครีดนมที่ใช้ในโครงการย่อยที่ 2 ได้โดยตรง เพราะจะมีผลกระทบต่อการให้ผลผลิตน้ำนมของโคที่ให้นมสูงในศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เชียงใหม่ ซึ่งจำเป็นต้องถนอมโคดังกล่าวไว้ในการทำพันธุ์ประวัติด้วย ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้จำลองสถานการณ์โดยศึกษาในโคนมแห้งที่ไม่อุ้มท้องซึ่งได้ทำการเจาะกระเพาะไว้แล้วที่ภาควิชาสัตวศาสตร์ มช. โดยให้อาหารที่ประกอบด้วยหญ้ารูซี่หมักเพียงอย่างเดียว หรือรูซี่หมักร่วมกับอาหารข้นระดับสูง (30 : 70 DM basis) เปรียบเทียบกับการให้หญ้ารูซี่แห้งเสริมอาหารข้นระดับปกติ (65 : 35 DM basis)

ผลปรากฏว่า การให้หญ้าแห้งร่วมกับอาหารข้น (กลุ่มควบคุม) ทำให้ pH ในกระเพาะรูเมนอยู่ในช่วงประมาณ 6.70 – 6.74 และมีค่า NH_3N ในช่วง 6.5 – 11.00 มก./กก. ซึ่งเพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตและการทำงานของจุลินทรีย์ในรูเมน นอกจากนี้ยังมีสัดส่วนของกรดอะซิติกต่อโพรพิโอนิกในช่วง 4.5 – 9.0 ซึ่งเป็นระดับปกติของโคที่ไม่ให้ผลผลิต สำหรับโคที่ได้รับหญ้าหมักเพียงอย่างเดียวแม้จะไม่มีผลกระทบต่อค่า pH ในรูเมน เพราะยังมีค่าใกล้เคียง 7 แต่มีค่า NH_3N ต่ำมาก (เฉลี่ย 2.54 mg %) ซึ่งต่ำกว่าระดับ 5 mg % ที่ Satter and Slyter (1974) รายงานว่า เป็นระดับที่ช่วยให้จุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตดีที่สุด นอกจากนี้โคกลุ่มนี้ยังมีปริมาณกรดอะซิติกอยู่ในระดับต่ำ และมีกรดโพรพิโอนิกต่ำกว่ากลุ่มอื่นด้วย แสดงว่าปริมาณโภชนะที่โคกลุ่มนี้ได้รับอาจจะไม่เพียงพอ ส่วนการให้หญ้าหมักร่วมกับอาหารข้นระดับสูงมีผลทำให้ค่า pH ในรูเมนต่ำกว่ากลุ่มอื่น แต่ยังอยู่ในเกณฑ์ปกติ (6.28 – 6.59) ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะโคกินอาหารได้ในปริมาณที่ไม่สูงนัก (0.95% ของ น.น.ตัว) เนื่องจากเป็นโคนมแห้งที่ไม่อุ้มท้อง อย่างไรก็ดี พบว่าอาหารกลุ่มนี้ทำให้เกิดการสร้างกรดไขมันระเหยได้สูงกว่ากลุ่มอื่นโดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดโพรพิโอนิก ซึ่งเกิดในอัตราสูงที่สุดหลังจากให้อาหารประมาณ 2 ชั่วโมง ในขณะที่กลุ่มได้รับหญ้าแห้งทำให้เกิดกรดอะซิติกสูงที่สุดประมาณ 8 ชั่วโมงหลังจากให้อาหาร สัดส่วนของกรดอะซิติก : โพรพิโอนิกในรูเมนของโคกลุ่มที่ได้รับหญ้าหมักร่วมกับอาหารข้นระดับสูงอยู่ในช่วง 2.52 – 2.85 ซึ่งแสดงถึงความเสี่ยงต่อสภาพ acidosis ผลจากการทดลองนี้ยิ่งยืนยันให้เห็นความสำคัญของหญ้าแห้งได้ชัดเจนขึ้น

สำหรับเทคนิคที่ใช้ในการวัดแอมโมเนียในของเหลวจากรูเมนนั้นมีวิธีการที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป 4 วิธี ซึ่งแต่ละวิธีมีจุดเด่นและจุดด้อยต่างกัน นอกจากนี้ยังมีผลต่อความน่าเชื่อถือของข้อมูลด้วย ดังนั้นเพื่อให้สามารถเลือกใช้วิธีการที่ดีได้ถูกต้อง คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาในโครงการย่อยที่ 5 *การเปรียบเทียบวิธีวัดแอมโมเนียในของเหลวจากรูเมนด้วยวิธีการต่าง ๆ* คือ 1) วิธี Conway 2) วิธีกลั่น 3) วิธี Phenol-hypochlorite reaction และ 4) วิธี Electrode พบว่าวิธี Conway และวิธีกลั่นเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด เพราะมีต้นทุนต่ำ วิธี Phenol แม้ว่าจะช่วยประหยัดเวลาในการวิเคราะห์ แต่ต้องเสียค่าสารเคมีในราคาสูง

อย่างไรก็ดี ทั้งสามวิธีนี้นับว่าเป็นวิธีที่ดีเพราะได้ผลใกล้เคียงกัน และเมื่อนำมาวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานพบว่ามีค่า recovery ใกล้เคียง 100 ส่วนวิธี Electrode นั้น ไม่ควรใช้เพราะได้ค่าที่ต่ำผิดปกติ ไม่น่าเชื่อถือ เนื่องจากมี % recovery เพียง 35.80% เท่านั้น ผลที่ได้จากการศึกษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ครั้งนี้นับว่าเป็นประโยชน์ต่อวงการวิจัยมาก และได้นำมาใช้ในการวิเคราะห์ NH_3N โครงการย่อยที่ 3 ดังได้กล่าวมาแล้ว

สำหรับในกรณีของโปรตีนไหลผ่านซึ่งมีความสำคัญสำหรับโคที่ให้นมสูง คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาในโครงการย่อยที่ 6 ซึ่งมี 4 การทดลองคือ

ก. ศึกษาหาระดับฟอร์มัลดีไฮด์ที่เหมาะสมในการป้องกันการย่อยสลายของกากถั่วเหลืองในรูเมน โดยทดสอบฟอร์มัลดีไฮด์ 6 ระดับคือ 0, 0.3, 0.6, 0.9, 1.2 และ 1.5% ของน้ำหนักกากถั่วเหลือง ด้วยวิธีใช้ถุงไนลอน

ข. การประเมินค่าการย่อยสลายของโปรตีนในกระเพาะแท้และลำไส้เล็กของกากถั่วที่ทรีตด้วยฟอร์มัลดีไฮด์ระดับต่าง ๆ โดยใช้เอนไซม์ในหลอดทดลอง

ค. ศึกษาวิธีไล่ฟอร์มัลดีไฮด์ส่วนเกินและผลที่มีต่อจุลินทรีย์ในรูเมน โดยวิธีวิเคราะห์ฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตกค้างและวิธีวัดปริมาณแก๊สในหลอดทดลอง ตามลำดับ

ง. ทดสอบประสิทธิภาพการผลิตและองค์ประกอบของน้ำนมในโคที่ให้นมสูง โดยทดลองกับโค 6 ตัว ให้ได้รับอาหาร 3 สูตรสลับกัน ในระยะเวลา 3 ช่วง ตามแผนการทดลองแบบ Balance design เช่นเดียวกับโครงการย่อยที่ 1 และ 3

ผลปรากฏว่า การใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ทรีตกากถั่วเหลืองเพื่อป้องกันการย่อยสลายของโปรตีนในกระเพาะรูเมนนั้น ควรใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ระดับ 0.3% เพราะประหยัดค่าใช้จ่าย มีความปลอดภัยสูง มีสารตกค้างน้อยมาก และทำให้โปรตีนในกากถั่วเหลืองมีการย่อยสลายในรูเมนน้อยเพียง 0.42% ในระยะ 12 ชั่วโมงแรก แต่สามารถถูกย่อยในลำไส้เล็กได้สูงถึง 99.10% ซึ่งเป็นการช่วยให้โปรตีนที่มีคุณภาพดีถูกใช้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น อันจะเป็นประโยชน์ต่อโคที่ให้ผลผลิตน้ำนมสูง และเมื่อนำกากถั่วเหลืองที่ได้รับการทรีตนี้ไปผสมในอาหารข้นในระดับ 7% ของสูตรอาหาร ใช้เลี้ยงโคที่ให้นมประมาณ 17 กก./วัน พบว่าโคมีแนวโน้มในการกินอาหารได้เพิ่มขึ้น มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารดีขึ้น (0.75 vs 0.81) และให้น้ำนมสูงกว่ากลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมกากถั่วเหลืองปกติ (4% FCM 17.4 vs 16.4) นอกจากนี้ยังให้ผลกำไรต่อวันและต่อกิโลกรัมน้ำนมสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารผสมกากถั่วเหลืองปกติ และกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมปลาป่นด้วย การทรีตถั่วเหลืองด้วยวิธีนี้สามารถทำได้ง่ายโดยใช้ฟอร์มาลิน (37% ฟอร์มัลดีไฮด์) ซึ่งมีขายตามร้านเคมีทั่วไป (ราคา 27 บาท/กก.) คลุกกับกากถั่วเหลืองดังกล่าวในถุงพลาสติก รัดปากถุงให้แน่น ทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยมีต้นทุนการผลิตเพียง 0.22 บาท/กก. กากถั่วเหลือง เท่านั้น

เนื่องจากหญ้าแห้งมีความสำคัญสำหรับโคนมดังได้กล่าวมาแล้ว แต่ฤดูกาลที่หญ้าเจริญเติบโตได้ดีคือฤดูฝน ซึ่งดินฟ้าอากาศมักเป็นอุปสรรคต่อการทำแห้ง ดังนั้นทางโครงการจึงได้ใช้ความพยายาม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ศึกษาวิธีผลิตหญ้าแห้งและกระถินแห้งในฤดูฝน โดยใช้อุปกรณ์อย่างง่าย (โครงการย่อยที่ 7) โดยทำการทดลอง 3 การทดลองคือ

1. ศึกษาประสิทธิภาพของอุปกรณ์อบหญ้าแห้งแบบถุงยาว
2. ศึกษาประสิทธิภาพของอุปกรณ์อบหญ้าแบบกระโจมปิรามิด
3. การผลิตกระถินแห้งในฤดูฝน

ผลปรากฏว่า อุปกรณ์แบบถุงยาวซึ่งประกอบด้วยถุงพลาสติกสีดำยาวปลายเปิดร่วมกับเครื่องเป่าลม (blower) โดยมีตะแกรงเหล็กสำหรับใส่หญ้าวางเรียงกันตามแนวนอนในถุงไม่สามารถใช้ได้ผลดีเท่าที่ควร เพราะหญ้าจะแห้งเฉพาะผิวหน้าที่ลมเป่าผ่านเท่านั้น และเมื่อทดลองสร้างอุปกรณ์ใหม่เป็นแบบกระโจมที่ทำด้วยพลาสติกใส มีพลาสติกดำปูที่พื้น และมีปล่องระบายอากาศอยู่ด้านบนของกระโจม ปรากฏว่าการทำหญ้าแห้งยังไม่มีประสิทธิภาพดีพอ ไม่ว่าจะอาศัยแสงแดดเพียงอย่างเดียวหรือมีเตาถ่านอยู่ภายนอกส่งความร้อนเข้ามาเสริมระยะสั้นในช่วงตอนเย็นที่แดดลับไปแล้วก็ตาม ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากลักษณะของใบหญ้าที่ยาวซ้อนทับกันอยู่ทำให้แห้งได้ยาก อีกทั้งชั้นที่ใส่หญ้ามีจำนวนมากเกินไป (12 ชั้น) ตั้งซ้อนกันในแนวดิ่ง ทำให้แสงแดดไม่สามารถส่งกระทบหญ้าได้ทั่วถึง อย่างไรก็ตาม กระโจมนี้สามารถใช้ในการทำกระถินแห้งได้ดีพอใช้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาพที่มีฝนตก เพราะช่วยให้ได้กระถินที่มีคุณภาพดีกว่าพวกที่ตากอยู่นอกกระโจมแล้วถูกฝนซะ อย่างไรก็ตามในสภาพที่ไม่มีฝน การทำพืชแห้งควรใช้วิธีตากแดดโดยตรงจะดีกว่าการตากในกระโจม กระถินแห้งที่ได้สามารถนำไปใช้ศึกษาทดลองขั้นตอนต่อไปได้

นอกจากนี้คณะผู้วิจัยยังได้*ศึกษาถึงอายุการตัดหญ้ารูซี่ที่เหมาะสมรวมทั้งการปรับคุณภาพหญ้าสดด้วยการเสริมแหล่งโปรตีนและพลังงานเพื่อใช้เลี้ยงโคในระยะต้นถึงกลางของการให้นม* (โครงการย่อยที่ 8) โดยทำการทดลอง 3 การทดลองคือ

ก) ศึกษาผลผลิตและคุณภาพของหญ้ารูซี่ตัดที่อายุ 30, 45 และ 60 วัน

ข) การหาค่าอินทรียวัตถุย่อยได้และพลังงานของหญ้ารูซี่ตัดที่อายุต่างกันโดยวิธี *in vitro* gas production technique

ค) การใช้หญ้ารูซี่สดเสริมแหล่งโปรตีนและพลังงานต่อประสิทธิภาพการผลิตและองค์ประกอบของน้ำนมโค

ผลปรากฏว่า การตัดหญ้าที่อายุ 30 วัน ให้ผลดีในแง่ของคุณภาพคือ ได้หญ้าที่มีโปรตีนสูง (ประมาณ 12%) มีการย่อยได้ของอินทรียวัตถุสูง (61.45%) และมีพลังงานสูง (1.35 Mcal NE/kg DM) ซึ่งเหมาะสำหรับลูกโค แต่เมื่อนำองค์ประกอบทางเคมีและการย่อยได้ของหญ้าที่ศึกษาในโคนมมาคำนวณร่วมกับปริมาณผลผลิตของหญ้าโดยคำนึงถึงโภชนะที่สัตว์จะได้รับต่อหน่วยพื้นที่ในระยะเวลา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เท่า ๆ กัน พบว่า ในกรณีที่จะนำไปใช้เลี้ยงโคนมนั้น ควรทำการตัดหญ้าที่อายุ 45 – 60 วัน เพราะมีระดับโปรตีนและเยื่อใยที่เหมาะสม อีกทั้งยังได้โภชนะที่สัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากกว่าการตัดที่อายุ 30 วัน และเมื่อนำหญ้าสดที่ตัดอายุ 60 วันมาทดลองเลี้ยงโคที่มีน้ำหนักตัวประมาณ 500 กก. โดยให้กินวันละประมาณ 27 – 30 กก. เสริมด้วยอาหารที่ประกอบด้วยกากน้ำตาล ข้าวโพดบด รำละเอียด และกากถั่วเหลืองประมาณ 0.50, 0.12, 0.33 และ 0.05 กก. ตามลำดับ เพื่อเพิ่มโภชนะของอาหารหยาบขึ้น หรืออาจใช้ใบกระถินแห้งปริมาณ 0.38 กก. แทนรำละเอียดและกากถั่วเหลืองก็ได้ ให้โคทุกตัวได้รับอาหารข้นโปรตีน 20% ในอัตรา 1 กก.ต่อน้ำนม (4% FCM) 2 กก. พบว่าโคสามารถให้น้ำนม (4% FCM) ได้ 17.4 – 18.4 กก./วัน โดยมีองค์ประกอบของน้ำนมเป็นที่น่าพอใจ มีค่าใช้จ่ายเป็นค่าอาหารประมาณ 57 – 59% ของรายรับจากการจำหน่ายน้ำนม

จากองค์ความรู้ต่าง ๆ ที่ประมวลได้จากข้างต้น คณะผู้วิจัยได้ทำการทดสอบเพื่อยืนยันผลทั้งหมดและพัฒนาให้ก้าวหน้าขึ้นไปอีกขั้นหนึ่งในโครงการย่อยที่ 9 คือ *การพัฒนาอาหารหยาบคุณภาพดี จากหญ้ารูซี่แห้ง และการสร้างสูตรอาหารข้นที่เหมาะสมสำหรับโคที่ให้นมสูง* โดยทำการทดลอง 4 การทดลองดังนี้คือ

ก) การพัฒนาอาหารหยาบคุณภาพดีไว้ทดแทนข้าวโพดหมัก

ข) อายุของหญ้าแห้งที่เหมาะสมในการใช้ทำอาหารหยาบคุณภาพดี

ค) การใช้ใบกระถินแห้งเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนการใช้รำและกากถั่วเหลืองในอาหารหยาบคุณภาพดี

ง) อาหารข้นที่เหมาะสมกับการใช้เลี้ยงโคนมร่วมกับอาหารหยาบคุณภาพดี

ซึ่งผลการศึกษาทั้งหมดพบว่า หญ้ารูซี่แห้งสามารถปรับให้มีคุณค่าทางอาหารเท่ากับข้าวโพดหมักได้โดยการเสริมด้วยกากน้ำตาล ข้าวโพดบด รำละเอียด และกากถั่วเหลือง ในอัตราส่วน 5 : 1.5 : 2 : 1.3 : 0.2 และเมื่อนำมาเลี้ยงโครีดนม ร่วมกับอาหารข้นที่มีโปรตีน 20% โดยให้อาหารข้นในอัตรา 1 กก. ต่อน้ำนม 2 กก. ปรากฏว่าโคสามารถให้ผลผลิตและองค์ประกอบของน้ำนม รวมทั้งต้นทุนในการผลิตน้ำนมใกล้เคียงกับการใช้ข้าวโพดหมักร่วมกับอาหารข้นในอัตราเดียวกัน อีกทั้งการใช้หญ้าแห้งปรับโภชนะดังกล่าวยังช่วยให้ปลอดภัยจากปัญหาความเป็นกรดสูงในกระเพาะส่วนหน้าด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าอายุของหญ้าที่ตัดมาทำแห้งควรมีอายุประมาณ 60 – 65 วัน เพื่อให้โคได้รับเยื่อใยเพียงพอในการกระตุ้นการบีบตัวของรูเมน และการสร้างไขมันนมในระดับที่สูงกว่าหญ้าแห้งอายุ 45 วัน สำหรับกระถินแห้งนั้น สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนและเบต้าแคโรทีนเสริมหญ้าแห้ง ทดแทนรำละเอียดและกากถั่วเหลืองได้ อีกทั้งยังเป็นการใช้ประโยชน์ของวัสดุที่มีในท้องถิ่นด้วย

สำหรับอาหารข้นที่โครงการผลิตขึ้นประกอบด้วยรำละเอียด มันสำปะหลังบด กากเรปซีด กากถั่วเหลือง กากถั่วเหลืองทรีตด้วยฟอร์มัลดิไฮด์ (เพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนไหลผ่าน) กากถั่วลิสง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กากมะพร้าว กากทานตะวัน กากน้ำตาล ยูเรีย (1%) แร่ธาตุ และบัฟเฟอร์ (โซเดียมไบคาร์บอเนต และแมกเนเซียมออกไซด์) ซึ่งวัตถุดิบดังกล่าวจะให้ทั้งคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย โปรตีนธรรมดา โปรตีนไหลผ่าน สารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน แร่ธาตุ และบัฟเฟอร์ โดยสูตรอาหารนี้มีโปรตีนรวม 20.4%, TDN 70%, NFC 40% และไขมัน 4% เมื่อนำไปใช้เลี้ยงโครีดนมที่ให้น้ำนมประมาณ 18 กก./วัน ปรากฏว่าได้ผลผลิตและองค์ประกอบของน้ำนมทัดเทียมกับอาหารข้นที่มีขายในท้องตลาด นอกจากนี้ในการทดลองดังกล่าวยังได้สรุปว่า กากปาล์มไม่กะเทาะเปลือกที่โรงงานอาหารนิยมใช้กัน ถ้าผ่านการบดให้มีขนาดเล็ก และใช้ในระดับที่ทำให้มีลิกนินไม่เกิน 5.7% ของอาหารข้น จะไม่มีผลเสียต่อสมรรถภาพการผลิต นอกจากนี้ยังสามารถใช้ยูเรียผสมในสูตรอาหารข้นอัดเม็ดได้ถึง 1.5% โดยไม่ก่อให้เกิดผลทางลบต่อโคนม ดังนั้นอาหารผสมครบส่วนที่มีประสิทธิภาพของโคนมในระยะต้นจึงประกอบด้วยหญ้ารูซี่แห้ง กากน้ำตาล เมล็ดข้าวโพดบด รำละเอียด กากถั่วเหลือง และอาหารข้นโปรตีน 20% ในอัตราส่วน 5 : 1.5 : 2 : 1.3 : .2 : 9 โดยน้ำหนัก

สำหรับโคที่ให้นมระดับกลางและระดับต่ำ หรือโคที่อยู่ในช่วงกลางและปลายของการให้นมนั้น เกษตรกรสามารถใช้ประโยชน์จากอาหารหยาบคุณภาพปานกลาง เช่น หญ้ารูซี่หมัก หรืออาหารหยาบคุณภาพต่ำ เช่น ฟาง ได้ แต่ในกรณีหลังนี้ควรนำมาปรับปรุงคุณภาพโดยวิธีทางเคมี ซึ่งนิยมกันในประเทศไทยเสียก่อนคือการทรีตด้วยยูเรีย ซึ่งในกรณีของฟางนี้ได้ทำการศึกษาในโครงการย่อยที่ 10 คือ *ศึกษากรรมวิธีการผลิตและอายุการเก็บอาหารผสมครบส่วนที่มีฟางหมักเป็นอาหารหยาบหลัก รวมทั้งการใช้เป็นอาหารโคที่ให้นมระดับปานกลางถึงต่ำ* โดยได้ทำการทดลอง 3 การทดลองคือ

1. ศึกษาการย่อยได้และพลังงานของอาหารผสมครบส่วนที่ประกอบด้วยฟางหมักยูเรีย 6%
2. เปรียบเทียบคุณภาพและอายุการเก็บอาหารผสมครบส่วนที่ประกอบด้วยฟางหมักหรือฟางผสมยูเรีย
3. ทดสอบอาหารผสมครบส่วนที่มีฟางหมักเป็นหลักในโครีดนม โดยเปรียบเทียบกับสูตรที่มีหญ้ารูซี่หมักผสมฟางหมักและหญ้ารูซี่หมักอย่างเดียวเป็นอาหารหยาบหลัก

ผลการทดลองทั้งหมดพบว่า การผลิตอาหารผสมครบส่วนที่มีความชื้นสูงโดยมีฟางเป็นอาหารหยาบหลัก ควรนำฟางมาทรีตด้วยสารละลายยูเรีย 6% ก่อน แล้วจึงผสมกับอาหารข้น เพราะจะทำให้มีลักษณะทางกายภาพที่ดีกว่า มีอายุการเก็บได้นานกว่าและมีการย่อยได้ ตลอดจนมีพลังงานที่สัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้สูงกว่าฟางธรรมดาเสริมด้วยยูเรีย 1% ของวัตถุแห้งในสูตรอาหารหรือฟางที่หมักด้วยยูเรีย 4%

อาหารผสมครบส่วนดังกล่าวเมื่อนำไปใช้เลี้ยงโครีดนมในสภาพสด (คือผสมใหม่ทุกวัน) พบว่าทำให้โคมีสมรรถภาพการผลิตทัดเทียมกับการใช้หญ้ารูซี่หมักทั้งในแง่ของผลผลิต และองค์ประกอบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทางเคมีของน้ำนม นอกจากนี้ยังทำให้โคมีน้ำหนักตัวเพิ่มมากกว่า แม้ว่าจะมีกำไรต่ำกว่าเล็กน้อยก็ตาม อีกทั้งยังสามารถเตรียมฟางหมักได้ง่ายกว่าการทำหญ้ารูซี่หมักด้วย

สำหรับในกรณีของฟางข้าวที่ไม่ได้หมักยูเรียซึ่งมีคุณภาพต่ำหรือหญ้าแห้งคุณภาพปานกลาง ก็มีการศึกษาหาวิธีเพิ่มคุณภาพเช่นกันในโครงการย่อยที่ 11 (*การผลิตอาหารหยาบผสมจากหญ้าแห้งหรือฟางข้าวและผลิตอาหารข้นที่เหมาะสมสำหรับโครีดนมในระยะกลางถึงปลายของการให้นม*) โดยมี 2 การทดลอง ดังนี้คือ

1. การผลิตอาหารหยาบผสมเพื่อใช้เลี้ยงโครีดนมในระยะกลางถึงปลาย
2. อาหารข้นที่เหมาะสมสำหรับโครีดนมในระยะกลางถึงปลาย

ผลปรากฏว่า สามารถทำการเพิ่มโภชนะของหญ้ารูซี่แห้งหรือฟางข้าวได้โดยผสมกับแหล่งพลังงานคือ กากน้ำตาล ข้าวโพดบด และรำละเอียด และแหล่งโปรตีนคือกากถั่วเหลือง ซึ่งจะทำให้อาหารหยาบผสมดังกล่าวมีโปรตีนประมาณ 7 – 8% และมี TDN ประมาณ 54 – 60% ซึ่งเทียบเท่าอาหารหยาบคุณภาพดี นอกจากนี้ยังอาจใช้แหล่งโปรตีนที่มีในท้องถิ่น เช่น ใบกระถินแห้งมาทดแทนรำละเอียดและกากถั่วเหลืองได้เช่นกัน ซึ่งจะทำให้ต้นทุนการผลิตลดลง และเมื่อนำไปใช้เลี้ยงโคนมโดยเสริมด้วยอาหารข้นที่มีโปรตีน 16% ในอัตรา 1 กก. ต่อน้ำนม 1.3 – 1.5 กก. พบว่าโคสามารถให้ผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนมที่ดี มีกำไรหลังหักค่าอาหารแล้วประมาณ 49 – 54% ของรายรับจากการจำหน่ายน้ำนม

อาหารข้นที่ใช้เสริมร่วมกับอาหารหยาบผสมนั้น สามารถผลิตได้เองโดยใช้วัสดุในท้องถิ่น เช่น รำละเอียด ข้าวโพดบด กากถั่วเหลือง กากมะพร้าว กากน้ำตาล และยูเรีย โดยมีโปรตีน 16% และมียูเรียไม่เกิน 1% มีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย (NFC) ประมาณ 37% ซึ่งจะทำให้โคมีประสิทธิภาพการผลิตทัดเทียมกับสูตรอาหารอัดเม็ดที่มีขายเป็นการค้า โดยมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่าด้วย

สำหรับท้องถิ่นที่มีการปลูกมันสำปะหลัง นอกจากจะใช้ประโยชน์จากหัวมันเพื่อเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่ายในการเสริมพลังงานให้แก่จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนและตัวโคแล้วยังอาจนำใบมันมาถนอมไว้โดยการหมักหรือการตากแห้ง แล้วใช้ผสมกับหญ้ารูซี่ร่วมกับกากน้ำตาล ข้าวโพดบด รำ และกากถั่วเหลือง เพื่อผลิตอาหารหยาบผสมคุณภาพดี เพราะใบมันมีโปรตีนสูง ซึ่งในกรณีนี้คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาในโครงการย่อยที่ 12 คือ *การใช้หญ้ารูซี่แห้งเสริมแหล่งโปรตีนและพลังงานจากใบมันหมักและแห้ง เพื่อผลิตอาหารหยาบคุณภาพดีเลี้ยงโคที่ให้นมปานกลาง* โดยแบ่งเป็น 2 การทดลอง คือ

1. วิธีการหมักและการประเมินคุณภาพของใบมันสำปะหลังหมัก
2. การใช้ใบมันสำปะหลังหมักหรือแห้ง เพื่อเพิ่มคุณค่าให้แก่อาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโครีดนม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พบว่า การหมักใบมันร่วมกับรำละเอียดและน้ำในอัตรา 5 : 1 : 1 จะทำให้ได้พืชหมักที่มีคุณภาพดี (มี pH พอเหมาะ มีกลิ่นหอม มีกรดแลคติกสูง) กว่าใบมันที่หมักโดยไม่เสริมสารใด หรือเสริมมันเส้นร่วมกับน้ำ หรือเสริมสารละลายกากน้ำตาล ใบมันที่หมักร่วมกับรำมีโปรตีน 18% ของวัตถุแห้ง และมีพลังงานสูง นอกจากนี้ยังสามารถลดปริมาณ HCN ลงได้ 25.38% จนอยู่ในระดับที่ปลอดภัย และเมื่อนำมาผลิตอาหารหยาบผสมโดยใช้ใบมันหมักหรือใบแห้งเสริมให้แก่หญ้ารูซี่แห้งร่วมกับกากน้ำตาล ข้าวโพดบด กากถั่วเหลือง และรำละเอียด ใช้เลี้ยงโคทดลองที่ได้รับอาหารข้นชนิดเม็ด (โปรตีน 20%) ที่มีขายเป็นการค้าในอัตราน้ำนม : อาหารข้น 2.5 : 1 พบว่าโคสามารถให้ผลผลิตได้ใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมใบมันแห้ง แสดงว่าการทำใบมันหมักและใบมันแห้งเป็นทางเลือกหนึ่งในการถนอมและใช้ประโยชน์จากเศษเหลือในไร่นา

โดยสรุป อาหารผสมครบส่วนที่มีประสิทธิภาพสำหรับโคที่ให้นมสูง ปานกลาง และต่ำ จึงเป็นอาหารหยาบผสมที่ประกอบด้วยหญ้ารูซี่แห้งร่วมกับแหล่งของโปรตีนจากกากถั่วเหลือง รำละเอียด หรือใช้ใบกระถินแห้ง หรือใบมันสำปะหลังหมักหรือแห้ง และแหล่งพลังงานจากกากน้ำตาล ข้าวโพดบด และนำมาผสมกับอาหารข้น ซึ่งสามารถใช้ทดแทนอาหารผสมครบส่วนที่ทำจากอาหารหยาบหมักโดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาในกระเพาะหมัก

อนึ่งเป็นที่น่ายินดีว่า สูตรอาหารเกือบทั้งหมดที่ทำการศึกษาในโครงการย่อยต่าง ๆ เหล่านี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสูตรที่โครงการแนะนำมิได้ก่อให้เกิดปัญหาปริมาณของแข็งในน้ำนม (หรือเนื้อนม) ต่ำ ซึ่งมีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อันเป็นปัญหาที่วงการโคนมกำลังหาทางแก้ไขอย่างเร่งด่วนอยู่ในขณะนี้ จึงนับว่าสูตรอาหารที่โครงการแนะนำสามารถใช้ประโยชน์ได้ดี

จากข้อมูลและองค์ความรู้ที่ได้ในการป้องกันปัญหา acidosis รวมทั้งการเพิ่มคุณค่าทางโภชนะให้แก่อาหารหยาบ ตลอดจนการสร้างสูตรอาหารข้นและอาหารผสมครบส่วนให้แก่โคทั้งในระยะต้น ระยะกลาง และระยะปลายของการรีดนม ดังได้กล่าวมาแล้ว คณะผู้วิจัยได้ทำการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่เกษตรกรและนักวิชาการ โดยการจัดฝึกอบรมจำนวน 7 ครั้ง ทำเอกสารเผยแพร่ในรูปแผ่นพับ 4 ฉบับ เสนอผลงานในภาคนิทรรศน์ 2 เรื่อง รวมทั้งเสนอผลงานในระดับชาติ 6 เรื่อง และนานาชาติ 1 เรื่อง นอกจากนี้ได้ทำการสร้างนักวิจัยรุ่นเยาว์โดยผลิตมหาบัณฑิตจำนวน 8 คน (สำเร็จการศึกษาแล้ว 4 คน และกำลังจะสำเร็จการศึกษาในระยะเวลาอันใกล้นี้อีก 4 คน) ซึ่งผลงานทั้งหมดนี้บรรลุวัตถุประสงค์และเป้าหมายของโครงการทุกประการ

ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น

จากการที่โครงการวิจัยนี้เป็นโครงการขนาดใหญ่ มีเนื้อหาของโครงการหลายแง่ หลายมุม ต้องทำการศึกษาวิจัยทั้งในห้องปฏิบัติการและในภาคสนาม ซึ่งในส่วนของภาคสนามมีทั้งการปลูกหญ้าและมันสำปะหลังในแปลงขนาดใหญ่ การปลูกดังกล่าวประสบปัญหาหลายประการ โดยเฉพาะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อย่างยิ่งในแง่ของฤดูกาลคือต้องรอฝน เพราะโครงการไม่มีงบประมาณเพียงพอในการสร้างระบบให้น้ำแบบฉีดพ่น ทำให้งานทดลองเกิดความล่าช้า

นอกจากนี้โครงการยังมีงานทดลองที่ต้องทำในโครีดนมจำนวนถึง 12 การทดลอง โดยแต่ละการทดลองมีจำนวน 2 - 4 treatment มีจำนวนซ้ำ 4 – 6 ซ้ำ ซึ่งต้องใช้โคเป็นจำนวน 16 – 24 ตัว แต่การที่จะหาโครีดนมที่ให้ผลผลิตและอยู่ใน lactation ใกล้เคียงกัน รวมทั้งมีระยะเวลาการให้นมหลังคลอดมาแล้ว (day in milk) ใกล้เคียงกัน อีกทั้งยังควรมีน้ำหนักตัวใกล้เคียงกันด้วยนั้น เป็นเรื่องที่ยากมาก คณะผู้วิจัยจึงได้ตัดสินใจวางแผนการทดลองส่วนใหญ่แบบ Balance design โดยใช้โค 6 ตัว ในกรณีที่มี 3 treatment จะทำการทดลอง 3 ระยะ ให้โคแต่ละตัวได้รับอาหารสลับกัน และในการวิเคราะห์ข้อมูลได้นำปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำนม เช่น น้ำหนักตัว ลำดับของ lactation และ day in milk มาทำการวิเคราะห์ co-variance ด้วย ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความยุติธรรมแก่ข้อมูลมากที่สุด อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะพยายามวางแผนการทดลองที่สามารถลดจำนวนสัตว์และแก้ปัญหาต่าง ๆ อย่างดีมากที่สุดแล้ว แต่ก็ยังต้องใช้เวลามากในการหาสัตว์ทดลองและเตรียมการต่าง ๆ อยู่ดี ประกอบกับบางช่วงมีสัตว์ทดลองที่ป่วยและตาย จึงเป็นสาเหตุให้คณะผู้วิจัยต้องทำงานหนักและงานล่าช้ากว่ากำหนดไปบ้าง

สำหรับในแง่ของงบประมาณนั้น เดิมได้ขอไว้สำหรับการทดลอง 8 โครงการย่อย โดยใช้เวลาประมาณ 18 เดือน แต่เมื่อมีความจำเป็นต้องขยายงานเป็น 12 โครงการย่อย เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่สมบูรณ์และได้นวัตกรรมใหม่ที่สามารถนำไปแก้ปัญหาของเกษตรกร และสามารถนำไปขยายสู่ภาคธุรกิจได้ จึงใช้เวลาเพิ่มขึ้นอีก 16 เดือน รวมเป็น 34 เดือน ซึ่งทำให้เกิดปัญหาในเรื่องของงบประมาณมาก แต่คณะผู้วิจัยได้พยายามประหยัดค่าใช้จ่ายต่าง ๆ อย่างสุดความสามารถ รวมทั้งงดจ่ายเงินค่าตอบแทนของนักวิจัยทุกคนในช่วงที่ขอต่อเวลา (16 เดือน) ยกเว้นค่าจ้างคนงานและนักศึกษาที่ยังคงจ่ายอยู่ แต่ในช่วงท้ายของโครงการ (6 เดือน) ก็ไม่มีการเบิกจ่ายเช่นกัน (เพราะงบประมาณหมด) ขณะนี้มีค่าใช้จ่ายที่ไม่สามารถเบิกจากแหล่งใดได้อีกเป็นจำนวนมาก แต่ด้วยความเสียสละของผู้ร่วมงานทุกฝ่าย ในที่สุดโครงการนี้ก็ได้ดำเนินมาจนเสร็จสิ้นด้วยดี ได้ข้อมูลและองค์ความรู้มากมายทั้งที่เผยแพร่แล้วและยังมิได้เผยแพร่ ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากมาย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โครงการวิจัย "การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำนมโคโดยใช้อาหารผสมครบส่วน และอาหารข้นคุณภาพดี"

บทคัดย่อ

เพื่อศึกษาการรักษาสภาพในรูเมนมิให้เกิดกรดมากเกินไป (ป้องกันการเกิดแอสิโดสิส, acidosis) ซึ่งเป็นปัญหาของโคที่ให้นมสูงในระยะต้นของการให้นม รวมทั้งการเพิ่มปริมาณโปรตีนไหลผ่าน ตลอดจนการผลิตอาหารผสมครบส่วนที่เหมาะสมสำหรับโคที่ให้นมระดับต่าง ๆ กัน โดยการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของอาหารหยาบหลัก พร้อมทั้งการสร้างสูตรอาหารข้นที่เหมาะสมอันจะนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำนมนั้น ทางโครงการได้ทำการศึกษา 12 โครงการย่อย (27 การทดลอง) ผลการทดลองทั้งหมดพอสรุปได้ว่า หญ้าแห้งเป็นอาหารหยาบที่สำคัญสำหรับโคที่ให้นมสูง ในการกระตุ้นการบีบตัวของรูเมนให้เกิดการเคี้ยวเอื้องและขับน้ำลายอย่างเพียงพอที่จะลดความเป็นกรดในกระเพาะ ซึ่งเกิดเนื่องจากการได้รับอาหารข้นในปริมาณมาก การให้หญ้าหมักร่วมกับอาหารข้นในระดับสูงจะทำให้โคแสดงอาการแอสิโดสิสอย่างชัดเจน ซึ่งสภาพดังกล่าวกระทบต่อผลผลิตและองค์ประกอบของน้ำนมรวมทั้งสุขภาพของโค เช่น ทำให้เกิดอาการกีบเจ็บอย่างรุนแรง ฐบผอม ลุกไม่ขึ้น ทำให้ต้องถูกคัดทิ้งออกจากฝูงในที่สุด และเมื่อทำการวัดปริมาณกรดไขมันระเหยได้ในรูเมน (โดยใช้โคนมแห้งเป็นตัวแทน) พบว่า การให้หญ้าหมักร่วมกับอาหารข้นระดับสูง ทำให้รูเมนมีสัดส่วนของกรดอะซิติก : โพรพิโอนิก ลดต่ำกว่าปกติ (3 : 1) เหลือเพียง 2.7 : 1 เท่านั้น ซึ่งคาดว่าในกรณีของโคที่ให้นมสูง สัดส่วนนี้คงจะลดต่ำลงกว่านี้อีก การใช้สารบัฟเฟอร์และสารที่มีสภาพเป็นด่าง เช่น $NaHCO_3$ และ MgO สามารถช่วยแก้ปัญหาได้ในระดับหนึ่ง แต่ยังมีประสิทธิภาพไม่ดีเท่ากับการใช้หญ้าแห้ง

สำหรับการเพิ่มโปรตีนไหลผ่าน ซึ่งมีความสำคัญสำหรับโคที่ให้น้ำนมสูงนั้น สามารถผลิตได้ง่าย โดยการใช้ฟอร์มัลดีไฮด์คลุกกับกากถั่วเหลืองเก็บไว้ในถุงพลาสติกที่ปิดรัดให้แน่นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยระดับของฟอร์มัลดีไฮด์ที่เหมาะสมคือ 0.3% เพราะสามารถป้องกันการย่อยสลายของโปรตีนในรูเมนได้เกือบ 100% และโปรตีนสามารถถูกย่อยในลำไส้เล็กได้ถึง 99.10% ทำให้กรดอะมิโนที่จำเป็นในกากถั่วเหลืองถูกดูดซึมนำไปใช้ประโยชน์ในตัวโคได้โดยตรง วิธีนี้สามารถทำได้ง่าย ปลอดภัย ไม่มีสารพิษตกค้างที่เป็นอันตราย และมีต้นทุนการผลิตเพิ่มเพียง 0.22 บาท/กก. กากถั่วเหลืองเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ผสมอาหารโคนมในระดับ 7% ของอาหารข้น ก็สามารถทำให้โคมีแนวโน้มให้สมรรถภาพการผลิตดีขึ้นกว่าการใช้กากถั่วเหลืองธรรมดา 4% (FCM 17.4 vs 16.4 กก./วัน; FCR 0.75 vs 0.81) และดีทัดเทียมกับกลุ่มที่ใช้ปลาป่น 7% เช่นกัน นอกจากนี้ยังให้ผลตอบแทนที่สูงกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทั้ง 2 กลุ่มด้วย แม้การเสริมโปรตีนไหลผ่านจะไม่แสดงผลชัดเจนในระดับการให้นมที่ทดลองนี้ แต่ในโคที่ให้นมมากโดยเฉพาะระยะพีคจะมีความจำเป็น

หญ้าแห้งที่นำมาใช้ในสูตรอาหารโคนมควรมีอายุการตัดประมาณ 60 – 65 วัน เพราะหญ้าที่ตัดอายุน้อยกว่านี้ (30 และ 45 วัน) แม้ว่าจะมีข้อดีในแง่ที่มีคุณค่าทางโภชนะสูง และเมื่อนำข้อมูลด้านผลผลิตและการย่อยได้มาคำนวณเป็นปริมาณโภชนะที่เป็นประโยชน์ต่อตัวสัตว์ โดยคิดต่อหน่วยพื้นที่และต่อระยะเวลาที่เท่ากันแล้วจะพบว่า หญ้าที่ตัดอายุ 30 วัน มีโปรตีนสูงที่สุดและหญ้าที่ตัดอายุ 45 วัน มีอินทรีย์วัตถุย่อยได้และพลังงาน (ME และ NEL) สูงที่สุดก็ตาม แต่หญ้าอายุน้อยเหล่านี้มีข้อจำกัดในแง่ที่มีเยื่อใยต่ำ ไม่เพียงพอในการกระตุ้นการบีบตัวของรูเมน โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับโคที่ให้นมสูงที่จำเป็นต้องเสริมอาหารข้นเพิ่มขึ้นจึงต้องเพิ่มความเข้มข้นของเยื่อใยให้พอเพียง

การแก้ปัญหาด้านคุณค่าทางอาหารของหญ้าอายุมาก (60 – 65 วัน) นี้ สามารถแนะนำให้เกษตรกรทำได้โดยเสริมอาหารแหล่งพลังงานและโปรตีนเล็กน้อย เช่น กากน้ำตาล ข้าวโพดบด รำละเอียด และกากถั่วเหลือง เป็นต้น แล้วใช้ร่วมกับอาหารข้นที่มีจำหน่ายในท้องตลาดตามปกติ ในท้องที่ที่มีกระถินมากอาจแนะนำให้เกษตรกรนำมาใช้ประโยชน์โดยการตัดมาตากให้แห้งทั้งกิ่ง แล้วเคาะเอาใบออกมาใช้เสริมอาหารหยาบเพื่อปรับคุณค่าทางโภชนะก็ได้

ในกรณีที่ผสมอาหารข้นใช้เองอาจใช้วัตถุดิบที่มีราคาไม่แพง เช่น รำละเอียด มันสำปะหลังบด กากเรปซีด กากถั่วเหลืองทั้งแบบธรรมดาและชนิดทรีตด้วยฟอร์มัลดีไฮด์ กากถั่วลิสง กากมะพร้าว กากทานตะวัน กากน้ำตาล ยูเรีย (1%) แร่ธาตุผง และสารบัฟเฟอร์ (โซเดียมไบคาร์บอเนตและแมกเนเซียมออกไซด์) คำนวณให้มีโภชนะต่าง ๆ เพียงพอกับความต้องการของโคนม โดยคำนึงถึงโภชนะที่มีในอาหารหยาบด้วย สูตรอาหารข้นที่โครงการผลิตขึ้นเองสามารถใช้ได้ผลดีทัดเทียมกับสูตรที่มีขายเป็นการค้า แต่มีต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่าและถ้าผลิตเป็นอาหารอัดเม็ดจะสามารถใช้ยูเรียได้ถึง 1.5%

ในกรณีของโคที่ให้นมระดับกลาง (ประมาณ 15 กก./วัน) หรืออยู่ในระยะกลางของการให้นม อาจใช้อาหารผสมครบส่วนที่ประกอบด้วยหญ้ารูซี่แห้งปรับโภชนะด้วยการเสริมกากน้ำตาล ข้าวโพดบด รำละเอียด และกากถั่วเหลือง เลี้ยงร่วมกับอาหารข้นที่มีจำหน่ายในท้องตลาด พบว่าโคสามารถให้ผลผลิตได้ทัดเทียมกับการใช้ข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบ สำหรับในท้องถิ่นที่มีการปลูกมันสำปะหลังอาจใช้ใบมันสำปะหลังหมัก หรือใบมันสำปะหลังแห้งเป็นส่วนประกอบของอาหารเสริมดังกล่าวได้ โดยโคสามารถให้ผลผลิตและองค์ประกอบของน้ำนมได้ใกล้เคียงกับสูตรที่ไม่มีใบมัน

ในกรณีของโคที่ให้นมระดับต่ำ (ประมาณ 10 กก./วัน) หรืออยู่ในช่วงปลายของการให้นมนั้น สามารถใช้ฟางข้าวที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยยูเรีย (ฟางหมัก) เป็นอาหารหยาบ ในสูตรอาหารผสมครบส่วนที่มีความชื้นสูงได้ดีกว่าการใช้ฟางหมักยูเรีย 4% หรือการใช้ฟางธรรมดาเสริมด้วยยูเรีย 1% ของวัตถุแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในสูตรอาหาร เพราะสามารถยืดอายุการเก็บได้นานกว่า และมีการย่อยได้ตลอดจนมีพลังงานที่สัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้สูงกว่าอาหารทั้ง 2 สูตร และเมื่อนำไปใช้เลี้ยงโครีดนม โดยผสมฟางหมักยูเรีย 6% กับอาหารข้น ให้กินวันต่อวัน พบว่าทำให้สมรรถภาพการผลิตและผลตอบแทนใกล้เคียงกับการใช้หญ้ารูซี่หมักเป็นอาหารหยาบหลัก นอกจากนี้ยังพบว่าโคที่ให้นมในระดับต่ำนี้อาจใช้หญ้ารูซี่แห้งที่ทำการเพิ่มโภชนะโดยการเสริมข้าวโพดบด รำ กากถั่วเหลือง และกากน้ำตาลก็ได้ ซึ่งการเสริมโภชนะให้แก่อาหารหยาบเช่นนี้ สามารถทำกับฟางธรรมดาที่ไม่ได้หมักยูเรียได้เช่นกัน แล้วนำไปใช้เลี้ยงโคร่วมกับอาหารข้นตามปกติ นอกจากนี้ทางโครงการยังได้ทดลองผลิตอาหารข้นเองสำหรับโคให้นมระดับต่ำโดยใช้วัตถุดิบที่หาได้ง่ายคือ รำละเอียด ข้าวโพดบด กากถั่วเหลือง กากมะพร้าว กากน้ำตาล ยูเรีย และแร่ธาตุผสม โดยไม่ต้องอัดเม็ด พบว่าสามารถใช้ได้ทัดเทียมกับอาหารอัดเม็ดที่มีจำหน่ายเชิงการค้า แต่มีต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่า ทำให้ได้รับผลตอบแทนสูงกว่าด้วย

เป็นที่น่าสังเกตว่า อาหารที่ใช้ทดลองในทุกโครงการย่อยโดยเฉพาะอย่างยิ่งสูตรอาหารที่โครงการแนะนำ ไม่ทำให้เกิดปัญหาปริมาณของแข็งในน้ำนม (total solid) หรือเนื้อนมต่ำ ซึ่งมีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อันเป็นปัญหาที่วงการโคนมกำลังพยายามแก้ไขกันอยู่ ดังนั้นจึงถือว่าสูตรอาหารที่โครงการแนะนำเป็นสูตรที่ดี

โดยสรุป อาหารผสมครบส่วนที่มีประสิทธิภาพสำหรับโคที่ให้นมสูง ปานกลาง และต่ำ จึงเป็นอาหารหยาบผสมที่ประกอบด้วยหญ้ารูซี่แห้ง ร่วมกับแหล่งของโปรตีนจากกากถั่วเหลือง รำละเอียด หรือใช้ใบกระถินแห้ง หรือใบมันสำปะหลังหมักหรือแห้ง และแหล่งพลังงานจากข้าวโพดบด และกากน้ำตาล นำมาผสมกับอาหารข้น ซึ่งสามารถใช้ทดแทนอาหารผสมครบส่วนที่ทำจากอาหารหยาบหมักโดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาในกระเพาะหมัก

ผลการทดลองและองค์ความรู้ที่ได้จากโครงการย่อยเหล่านี้ได้ถูกนำไปถ่ายทอดให้แก่เกษตรกรโดยการฝึกอบรม 7 ครั้ง โดยการเผยแพร่ในระดับชาติและนานาชาติในรูปของการเสนอผลงานวิชาการ (วารสาร & โปสเตอร์) 9 ครั้ง (เรื่อง) เผยแพร่ในรูปของแผ่นพับ 4 เรื่อง (คาดว่าผลงานวิจัยอีกส่วนหนึ่งคงจะได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในอนาคต) นอกจากนี้โครงการยังได้ทำการสร้างนักวิจัยรุ่นเยาว์โดยการผลิตมหาบัณฑิตจำนวน 8 คน ด้วย กิจกรรมและผลการศึกษาทั้งหมดนี้บรรลุวัตถุประสงค์ที่วางไว้ทุกประการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Increasing efficiency of milk production through good quality total mixed ration (TMR) and concentrate mixture

Abstract

The main aims of this project are : 1) to prevent acidosis which is the main problem of high producing cow in early lactation 2) to increase the proportion of by-pass protein which is necessary for high producing cows 3) to produce total mixed ration and concentrate mixtures suitable for different levels of milk production. Twelve subprojects with 27 experiments were conducted. The result can be summarized as follows: Grass hay is important for high producing cows to activate rumen motivation, rumination and sufficient salivation in order to buffer acidosis due to the high consumption of concentration. Cows consuming silage in combination with high concentrate showed acidosis symptom which affected milk production, milk composition and health such as laminitis and emaciation. Buffer and alkali substances such as $NaHCO_3$ and MgO can alleviate acidosis problem at a certain level but the efficiency was lower than grass hay.

Bypass protein can be easily produced by mixing soybean meal with 0.3% formaldehyde in an airtight plastic bag and kept for 24 hours. This method can inhibit protein degradation in the rumen to nearly 100% but allow the digestion in small intestine to be as high as 99.10% with no harmful residual effect. The cost of treating was only 0.22 baht/kg soybean meal. The use of formaldehyde treated soybean at 7% in the concentrate ration fed to milking cows gave similar performances to the group fed fishmeal but tended to be better than the untreated soybean meal. In addition, it gave higher profit than the other 2 groups. Although the results in this experiment, with the cows producing around 17 kg milk/day, showed no significant difference among groups but bypass protein tended to be necessary for high producing cows.

The suitable cutting age of hay for milking cows should be 60 – 65 days, even though the younger grass had higher nutritive value. When digestible organic matter and energy value (ME and NEL) were calculated per unit area (rai) in 120 days, it was found that 30-day grass had the highest protein content while the 45-day grass had the highest energy content. However these grass hays had lower fiber and physical structure to stimulate rumen motivation than the higher age grass.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

The problem of low nutritive value of old age grass hay could be solved by supplementing an amount of energy and protein feed such as molasses, corn, rice bran and soybean meal. This upgraded roughage-mix can be used in a combination with commercial concentrate with satisfactory result. In the area where plenty of leuceana trees are available, farmers should be suggested to use them as dairy feed by cutting the twigs and dried under the sun. The dry leaves can substitute rice bran and soybean meal in the upgraded roughage-mix.

The home mixed concentrate in this project composed of low price ingredients such as rice bran, cassava meal, rape seed meal, soybean meal (both treated and normal types) peanut meal, coconut meal, sunflower meal, molasses, urea (1%), mineral mixed and buffer ($NaHCO_3$ and MgO). The amount and proportion should be relevant to the requirement of milking cows with regarded of nutrients in roughages. Concentrate mix in this project gave milking performance comparable to the commercial mix, but had with lower production cost. In the case of pelleted concentrate, urea level can be as high as 1.5%.

For cows of medium production (around 15 kg milk/day) the use of upgraded ruzi hay gave satisfactory result comparable to corn silage when both roughages were used in combination with commercial concentrate. In the area where cassava leaves are available, they can be used either in the form of silage or hay as an ingredient to upgrade ruzi hay. The combination of these roughage-mixes with commercial concentrate also gave good dairy performances comparable to that without cassava leaves.

For low producing cows (around 10 kg milk/day), 6% urea treated rice straw was considered as a good roughage. The use of this feed in combination with concentrate, and kept for around 2 – 3 weeks in an airtight plastic bags, gave better quality of high moisture TMR compared to that of 4% UTS or that of normal rice straw mix with 1% urea. The freshly mixed TMR (6% urea plus concentrate) when fed to milking cows gave satisfactory performance and income over feed comparable to the TMR of ruzi silage.

When normal rice straw or ruzi hay is used as a source of roughage, it should be upgraded by supplementing with molasses, ground corn, rice bran and soybean meal. In addition, home made concentrate composed of local available ingredients such as rice bran, ground corn, soybean meal, coconut meal, molasses, urea (1%) and mineral premix

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

was also tested. It gave good dairy performances comparable to the commercial concentrate with lower production cost and higher income over feed.

In conclusion, the efficient TMR for high, medium and low producing cows should be composed of roughage-mix and concentrate. Roughage-mix is the combination of ruzi hay supplemented with protein source (soybean meal plus rice bran or dry leuceana leaves or cassava leaves, either in the form of hay or silage) and carbohydrate source (ground molasses plus corn). These roughage-mixes can substitute silage without causing acidosis.

The rations used in this project particularly those being recommended, gave satisfactory level of total solid in milk (≥12.5%).

The knowledge and technology gained from this project have been transferred to public by training 7 groups of farmers. Four pieces of extension papers were produced, while six and one topics (papers) were published and/or presented at the national and the international levels, respectively. More publications will be produced in the future. In addition 8 young researchers were trained though a master degree program of Chiang Mai University. All results and activities have served all objectives of the project.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โครงการวิจัย
12 โครงการย่อย

1. การผลิตอาหารผสมครบส่วนสำหรับโคที่ให้นมค่อนข้างสูงโดยมีหญ้ารูซี่หมักเป็นอาหารหยาบหลัก
2. การผลิตหญ้ารูซี่แห้งในแปลงขนาดใหญ่และการศึกษาคุณค่าทางอาหารของหญ้าสดและหญ้าแห้งอายุประมาณ 50 วัน
3. วิธีรักษาสภาพรูเมนให้เหมาะสมแก่การหมักย่อยอาหาร (ป้องกัน acidosis) โดยใช้บัฟเฟอร์และหญ้าแห้ง รวมทั้งผลที่มีต่อสมรรถภาพการผลิตของโคที่ให้นมสูง
4. การใช้หญ้าแห้งหรือหญ้าหมักร่วมกับอาหารข้นระดับสูงที่มีผลต่อค่า pH กรดไขมันระเหยได้และแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนของโคนม
5. การเปรียบเทียบวิธีวัดแอมโมเนียในของเหลวจากรูเมนด้วยวิธีการต่าง ๆ
6. กรรมวิธีเพิ่มปริมาณโปรตีนไหลผ่านในกากถั่วเหลืองและประสิทธิภาพการใช้ในสูตรอาหารโคที่ให้นมสูง
7. ความพยายามศึกษาวิธีผลิตหญ้าแห้งและกระถินแห้งในฤดูฝน โดยใช้อุปกรณ์อย่างง่าย
8. อายุการตัดหญ้ารูซี่ที่เหมาะสมรวมทั้งการปรับคุณภาพหญ้าสดด้วยการเสริมแหล่งโปรตีนและพลังงานเพื่อใช้เลี้ยงโคในระยะต้นถึงกลางของการให้นม
9. การพัฒนาอาหารหยาบคุณภาพดีจากหญ้ารูซี่แห้งและการสร้างสูตรอาหารข้นที่เหมาะสมสำหรับโคที่ให้นมสูง
10. ศึกษากรรมวิธีการผลิตและอายุการเก็บอาหารผสมครบส่วนที่มีฟางหมักเป็นอาหารหยาบหลักรวมทั้งการใช้เป็นอาหารโคที่ให้นมระดับปานกลางถึงต่ำ
11. การผลิตอาหารหยาบผสมจากหญ้าแห้งหรือฟางข้าวและผลิตอาหารข้นที่เหมาะสมสำหรับโครีดนมในระยะกลางถึงปลายของการให้นม
12. การใช้หญ้ารูซี่แห้งเสริมแหล่งโปรตีนและพลังงานจากใบมันสำปะหลังหมักและกากน้ำตาล เพื่อผลิตอาหารหยาบคุณภาพดีเลี้ยงโคที่ให้นมปานกลาง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โครงการย่อยที่ 1 การผลิตอาหารผสมครบส่วนสำหรับโคที่ให้นมค่อนข้างสูงโดยมีหญ้ารูซี่หมักเป็นอาหารหยาบหลัก

1. หลักการ เหตุผล และวัตถุประสงค์

ปัจจุบันการถนอมอาหารสัตว์ไว้ในรูปของพืชหมักมีแนวโน้มว่าจะเพิ่มความนิยมขึ้นเรื่อย ๆ เพราะช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนอาหารหยาบคุณภาพดีของเกษตรกรได้ดี ดังจะเห็นได้จากการผลิตข้าวโพดหมักจำหน่ายให้แก่สมาชิกโดยสหกรณ์การเกษตรไชยปราการ ซึ่งได้รับการตอบรับจากสมาชิกอย่างดี (บุญเสริมและคณะ, 2544ก,ข) หรือกรณีการส่งเสริมให้นำเปลือกสับปะรด หญ้า ข้าวโพด ใบปาล์มและวัสดุอื่น ๆ มาหมักในถังพลาสติกรีไซเคิลโดยกลุ่มนักวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าและจากมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ซึ่งได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก สกว. เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีภาคเอกชนทั้งรายเล็กและรายใหญ่ผลิตพืชหมักใช้เองในฟาร์ม และ/หรือ จำหน่ายเป็นจำนวนมาก ขณะเดียวกันกรมปศุสัตว์ก็ได้ศึกษาวิจัยและส่งเสริมให้มีการผลิตหญ้าหมักอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะ-อย่างยิ่งหญ้ารูซี่

อย่างไรก็ดี ปัญหาที่น่าเป็นห่วงประการหนึ่งของการใช้พืชหมักคือ การเหนี่ยวนำให้เกิดกรดในกระเพาะรูเมนสูง ยิ่งถ้าใช้กับโคที่ให้นมสูงในระบบที่ให้อาหารข้นแยกกับอาหารหยาบดังที่เกษตรกรปฏิบัติกันโดยทั่วไป ซึ่งทำให้โคต้องกินอาหารข้นครั้งละมาก ๆ แล้วจะยิ่งทำให้ปัญหานี้รุนแรงขึ้น ซึ่งมีผลกระทบต่อสุขภาพและสมรรถภาพการให้ผลผลิตของโคนมได้ เช่น ทำให้โคกินอาหารลดลง ให้ผลผลิตต่ำลง มีเปอร์เซ็นต์ไขมันนมน้อยลง เกิดอาการกีบอักเสบและถ่ายเหลว เป็นต้น การปรับเปลี่ยนวิธีให้อาหารมาเป็นการให้อาหารข้นผสมอาหารหยาบในรูปของอาหารผสมครบส่วน (Total mixed ration, TMR) อาจช่วยแก้ปัญหาได้บางส่วน แต่ในการประกอบสูตรอาหารควรมีการเสริมสารบัฟเฟอร์หรือสิ่งที่กระตุ้นให้เกิดการเคี้ยวเอื้อง เช่น หญ้าแห้งเส้นยาว เพื่อให้โคได้มีการขับน้ำลาย ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นบัฟเฟอร์ตามธรรมชาติด้วย

แต่เนื่องจากการผลิตอาหารผสมครบส่วนคุณภาพดีที่ประกอบด้วยหญ้าหมักเป็นอาหารหยาบ-หลักยังไม่มีรายงานในประเทศไทย ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาผลตอบสนองในด้านสมรรถภาพการผลิตของโครีดนมที่ได้รับอาหารผสมครบส่วนที่มีสัดส่วนของอาหารข้นสูงโดยมีหญ้ารูซี่หมักเป็นอาหารหยาบหลักเสริมบัฟเฟอร์หรือหญ้าแห้ง เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้เป็นแนวทางป้องกันปัญหาแอซิโดซิสในโคนมต่อไป นอกจากนี้ยังได้คำนวณสูตรอาหารผสมครบส่วนคุณภาพดีที่มีหญ้ารูซี่หมักเป็นอาหารหยาบหลักเพื่อเป็นแนวทางให้เกษตรกรได้นำไปใช้ประโยชน์ด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. เอกสารและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (บางส่วน)

ศูนย์สารสนเทศการเกษตร (2545) รายงานว่าประเทศไทยมีพื้นที่สำหรับทำทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ในปี 2543 ถึง 802,414 ไร่ ขณะเดียวกันหน่วยงานของกรมปศุสัตว์ได้ผลิตหญ้าในรูปแบบต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก โดยพบว่าในปี 2545 กองอาหารสัตว์สามารถผลิตเสบียงสัตว์ได้เกินเป้าหมายที่กำหนดไว้ คือ ได้พืชอาหารสัตว์สดจำนวน 5,832,330 กก. (เป้าหมาย 1,734,000 กก.) และได้พืชอาหารแห้งจำนวน 6,153,117 กก. (เป้าหมาย 5,722,000 กก.) ส่วนพืชอาหารสัตว์หมักผลิตได้ต่ำกว่าเป้าหมายเล็กน้อยคือ 1,421,399 กก. (เป้าหมาย 1,484,000 กก.) พืชที่ผลิตได้เหล่านี้กว่า 75% เป็นหญ้า (กองอาหารสัตว์, 2545)

ภาวะความเป็นกรดสูงในกระเพาะรูเมน (acidosis)

แอสิโดสิสหรือภาวะความเป็นกรดสูงในกระเพาะรูเมน เกิดขึ้นเมื่อมีการสะสมกรดแลคติกในปริมาณมาก เนื่องจากได้รับอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตละลายง่ายสูง (Elam, 1976) หรือมีเยื่อใยที่มีประสิทธิภาพต่ำ หรือทั้ง 2 อย่างร่วมกัน (Nocek, 1997) ทำให้แบคทีเรียกลุ่มที่ผลิตกรดแลคติก (Lactic producing bacteria) มีจำนวนมากกว่ากลุ่มที่ใช้แลคติก (Lactic utilizing bacteria) ซึ่ง Nocek (1997) ได้นำเสนอลำดับเหตุการณ์ในการเกิดแอสิโดสิส ดัง Figure 1 คือเมื่อโคได้รับอาหารข้นปริมาณมากในแต่ละครั้ง จะทำให้การผลิตกรดไขมันระเหยง่ายเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ pH ในรูเมนลดลง ซึ่งเหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตกรดแลคติค เช่น *Streptococcus bovis* ที่สามารถเจริญและเพิ่มจำนวนได้ดีในสภาวะดังกล่าว ทำให้มีปริมาณกรดแลคติกเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่า pH ลดต่ำลงอีก และเมื่อ pH ลดต่ำกว่า 5 จุลินทรีย์กลุ่มนี้ก็ไม่สามารถทนได้เช่นกัน แต่จุลินทรีย์กลุ่ม Lactobacillus ยังสามารถเจริญและผลิตกรดแลคติกได้ ทำให้ค่า pH ลดลงเป็นวัฏจักร นอกจากนี้กรดแลคติกที่ถูกดูดซึมผ่านรูเมนเข้าสู่กระแสเลือดยังทำให้เกิดโรคทางเมแทบอลิซึมอื่น ๆ ได้อีก

อาการของโคที่เป็นแอสิโดสิสจะมีตั้งแต่เบื่ออาหารไปจนถึงขั้นเสียชีวิต โดยสามารถแบ่งประเภทแอสิโดสิสตามความรุนแรงได้ 2 แบบ คือ

1. แบบรุนแรงมาก (acute acidosis) เป็นแบบที่ไม่ค่อยพบบ่อย แต่สามารถทำให้โคเสียชีวิตได้ถ้าไม่ได้รับการรักษาอย่างทันท่วงที โดยอาการที่พบคือโคหยุดกินอาหาร หายใจลำบาก อัตราการเต้นของหัวใจเร็วกว่าปกติ มีอาการทางประสาท ไม่สามารถลุกยืนได้ ท้องร่วงอย่างรุนแรง และตายในที่สุด

2. แบบไม่รุนแรงหรือแบบเรื้อรัง (sub acute or chronic acidosis) พบได้บ่อยกว่าแบบรุนแรง แต่การวินิจฉัยมักล่าช้า เนื่องจากการสังเกตอาการได้ไม่ชัดเจนหรือไม่สามารถวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาได้ อาการที่พบทั่วไปคือ ปริมาณการกินอาหารในฝูงลดลงหรือผันแปรในแต่ละวัน ส่งผลให้ผลผลิตลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าในฝูงโคที่เป็นแอสิโดสิสชนิดนี้จะมีค่าเบอร์เซ็นต์ไขมันนมต่ำกว่าปกติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โคแสดงอาการเจ็บขาและกีบ และอาจมีอาการท้องร่วง ความรุนแรงของแอสิโดสิส ประเภทนี้มักไม่ทำให้สัตว์ถึงขั้นเสียชีวิต แต่ก่อให้เกิดผลเสียต่อรายได้และประสิทธิภาพของฟาร์มอย่างมาก เนื่องจากผลผลิตที่ลดลง ค่ารักษาพยาบาลโคและการคัดทิ้งโคก่อนกำหนด Hall (1999) กล่าวว่าเมื่อผลผลิตของโคนมเพิ่มขึ้น ปัญหา SARA (Sub acute rumen acidosis) ก็เพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากความพยายามในการเพิ่มพลังงานในอาหารเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของโค ในการเลี้ยงโคให้นมสูงโดยทั่วไป โดยเฉพาะโคในระยะหลังคลอดจนถึงระยะให้นมสูงสุด (peak) การให้อาหารข้นระดับสูงและอาหารหยาบระดับต่ำจึงเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงได้ยาก

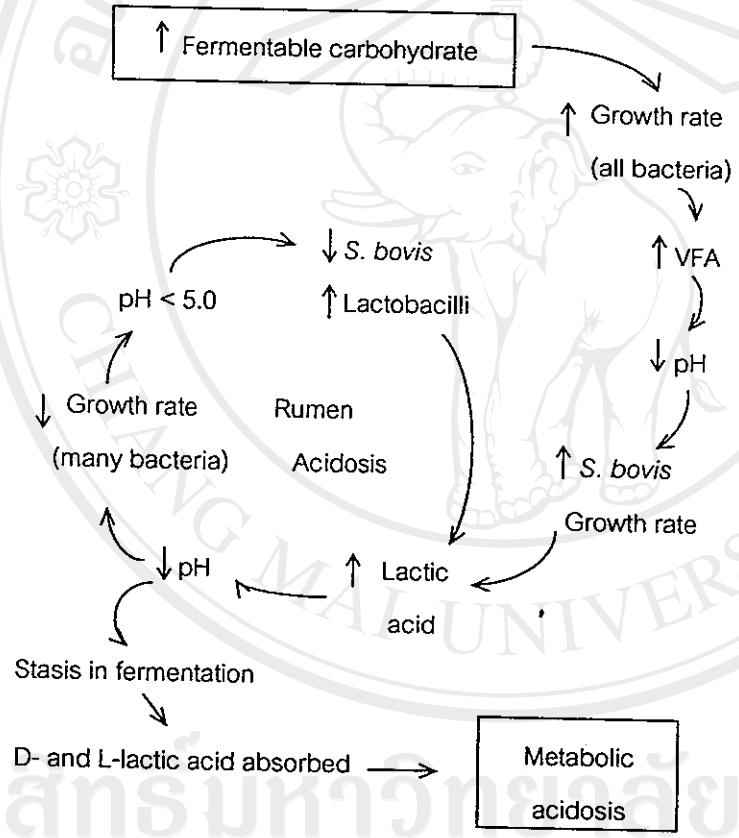


Figure 1 Sequence of events associated with the induction of acute ruminal lactic acidosis. (Nocek, 1997)

เมื่อเกิดแอสิโดสิสจะทำให้ความดันภายในกระเพาะรูเมนเพิ่มขึ้น และเกิดการอักเสบของผนังรูเมน (ruminitis) ส่งผลให้โคหยุดกินอาหาร (Carter and Grovum, 1990) ผลผลิตลดลง Prentice *et al.*, (2000) ได้ทำการทดลองให้อาหารเพื่อปรับสภาพให้ pH ในกระเพาะรูเมนลดลงอยู่ที่ระดับ 5.5 และ 6.0 เพื่อดูผลต่อการกินได้ และอัตราการเจริญเติบโตในโคเพศผู้ พบว่าที่ระดับ pH 5.5 ทำให้ค่าเฉลี่ยของ pH ในรูเมนเท่ากับ 5.78 เทียบกับ 5.99 ในกลุ่มที่ตั้งเป้าหมายไว้ 6.0 และมีจำนวน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชั่วโมงที่ pH น้อยกว่า 5.5, ปริมาณการกินได้และอัตราการเพิ่มน้ำหนักน้อยกว่า (1.68 vs 0.74 ชั่วโมง, 20.4 vs 29.1 ปอนด์/วัน และ –1.37 vs 2.92 ปอนด์/วัน)

ความผิดปกติอื่น ๆ ที่มีสาเหตุจากปัญหาแอสิโดสิส

ปัญหาแอสิโดสิสนอกจากจะทำให้เกิดการอักเสบของกระเพาะรูเมนแล้ว ยังสามารถก่อให้เกิดโรคในระบบอื่น ๆ ได้อีก เนื่องจากกรดที่ถูกดูดซึมผ่านผนังกระเพาะรูเมนเข้าสู่กระแสเลือด สารพิษหรือเชื้อที่ก่อให้เกิดโรค ซึ่งจะทำให้เกิดความผิดปกติอื่น ๆ ตามมา เช่น กีบอักเสบ ฝีในตับ หัวใจ และไตล้มเหลว ซึ่งทำให้โคตายในที่สุด ดัง Figure 2 (Nocek, 1997)

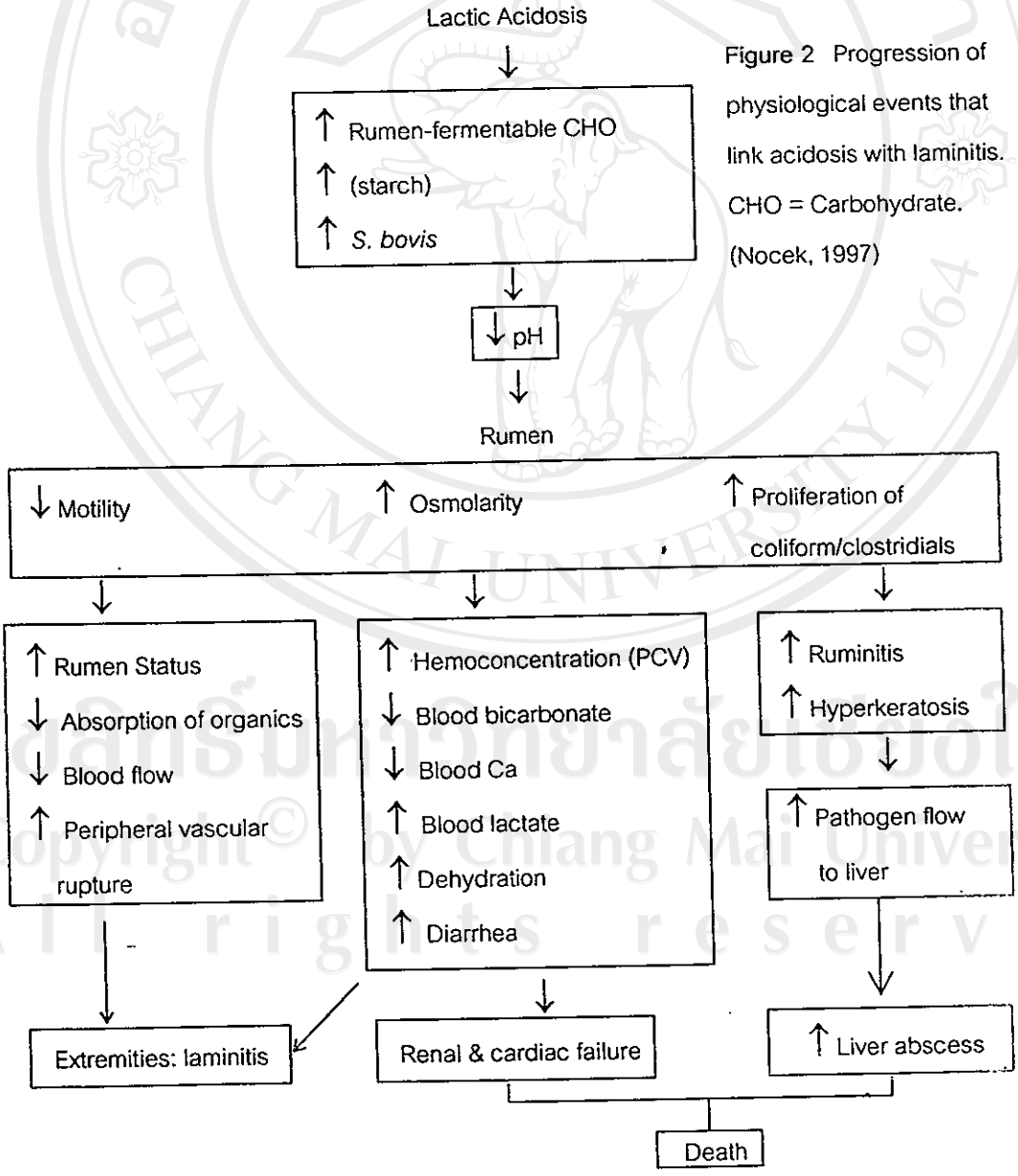


Figure 2 Progression of physiological events that link acidosis with laminitis. CHO = Carbohydrate. (Nocek, 1997)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

กีบอักเสบ (Laminitis)

กีบอักเสบ มีชื่อเรียกทางวิทยาศาสตร์ว่า pododermatitis aseptic diffusa เป็นอาการอักเสบที่ไม่ได้เกิดจากการติดเชื้อในส่วนของเนื้อเยื่อชั้นในของกีบโค (Nocek, 1997) แต่เกิดจากสารพิษในเลือดที่หมุนเวียนไปยังกีบ เช่น histamine และ endotoxin ที่ผลิตจากแบคทีเรีย Maclean (1970) พบว่าโคที่ได้รับอาหารข้นสูงจนก่อให้เกิดอาการกีบอักเสบไม่ว่าจะเป็นแบบรุนแรงหรือเรื้อรังก็ตาม มีระดับของ histamine สูงขึ้น ปกติแล้ว histamine พบได้ในเนื้อเยื่อทั่วไป และในเลือด โดยมีคุณสมบัติในการกระตุ้นการบีบและคลายตัวของเส้นเลือด และสามารถถูกเมแทบอไลซ์โดยตับ ผนังลำไส้ และแบคทีเรียในทางเดินอาหารให้อยู่ในรูปที่ไม่สามารถทำงานได้ (inactive) แต่ในกรณีที่มีปริมาณ histamine สูงกว่าปกติอันเนื่องมาจากเนื้อเยื่อ corium ของกีบ หรือโปรตีนอื่น ๆ ถูกทำลาย เช่น เมื่อเกิดเต้านมอักเสบ และมดลูกอักเสบ เป็นต้น ปริมาณ histamine และ endotoxin ที่เพิ่มขึ้นนี้จะกระตุ้นให้เกิดการบีบและคลายตัวของเส้นเลือดเพิ่มขึ้น ส่งผลให้แรงดันเลือดเพิ่มขึ้นและเกิดการอุดตันของเส้นเลือดฝอยบริเวณกีบ ทำให้เส้นเลือดฝอยแตก เกิดเป็นจุดเลือดออกบริเวณเนื้อเยื่อภายในกีบ ทำให้เกิดอาการกีบอักเสบชนิดต่าง ๆ ในโคต่อไป เช่น sole ulcer, double sole, tissues and abscesses of the white line, toe ulcers and toe necrosis เป็นต้น

อาการกีบอักเสบก่อให้เกิดความสูญเสียสำหรับผู้เลี้ยงโคนมอย่างมาก เนื่องจากความเจ็บปวดทำให้โคไม่อยากยืนหรือเดิน ส่งผลให้ปริมาณการกินอาหารและปริมาณน้ำนมลดลง Kossaibati and Esslemont (1997) กล่าวว่ากีบอักเสบส่งผลเสียต่อเศรษฐกิจมากกว่าโรคที่เกิดจากการติดเชื้อ (infectious disease) เนื่องจากมีผลเสียต่อระบบสืบพันธุ์ และท้ายที่สุดทำให้อัตราการคัดทิ้งสูงเกินเป้าหมายที่กำหนดไว้ (Sprecher *et al.*, 1997)

ฝีที่ตับ (Liver abscess)

การเกิดฝีที่ตับและแอสิโดสิสมีความเกี่ยวข้องกัน เนื่องจากภาวะแอสิโดสิสจะทำให้ผนังกระเพาะรูเมนอักเสบเปราะบาง ส่งผลให้จุลินทรีย์สามารถเจริญและเคลื่อนผ่านผนังกระเพาะรูเมนเข้าสู่ระบบหมุนเวียนโลหิตได้ ซึ่งสามารถก่อให้เกิดฝีที่ตับต่อไป ดัง Figure 3 จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ที่ก่อให้เกิดฝีที่ตับคือแบคทีเรียที่ชื่อว่า *Fusobacterium necrophorum* เนื่องจากพบในบริเวณที่เกิดฝีมากที่สุด เชื้อนี้พบได้ทั่วไปในกระเพาะรูเมนและมูลของโคทั้งที่มีสุขภาพดี และที่เป็นโรค จากการทดลอง ของ Jensen *et al.* (1954; อ้างโดย Brent, 1976) ที่ได้ทำการฉีดเชื้อ *Fusobacterium necrophorum* เข้าสู่เส้นเลือดดำของโคทดลอง พบว่าสามารถทำให้เกิดฝีที่ตับ

จาก Figure 2 ทำให้เห็นกลไกของกรดแลคติกที่คั่งค้างในกระเพาะรูเมนต่อการเกิดปัญหาแอสิโดสิสอย่างชัดเจน ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ง่ายในโคที่ได้รับอาหารข้นปริมาณมาก หรือได้รับเยื่อใยไม่เพียงพอ อย่างไรก็ดีกลไกดังกล่าวนี้ถ้าพิจารณาถึงการให้อาหารตามปกติซึ่งใช้หญ้าสด หญ้าแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หรือฟางข้าวเป็นอาหารฐานโดยทั่วไปแล้ว จะเห็นได้ว่าการเกิดการคั่งค้างของกรดแลคติกในกระเพาะรูเมนมาจากอาหารข้นเป็นหลัก แต่ในกรณีที่ใช้อาหารหยาบหมักนั้นจะมีกรดแลคติกเพิ่มขึ้นจากส่วนของพืชหมักด้วย เช่น สมสุข (2544) รายงานว่าหญ้ารูซี่หมักร่วมกับกากน้ำตาลมีกรดแลคติกสูงถึง 5.18% ซึ่งเป็นปริมาณที่ค่อนข้างมาก ตรงกับ Slyter (1976) กล่าวว่าสภาพความเป็นกรดของพืชหมักคุณภาพดีมีส่วนส่งเสริมให้เกิดปัญหาแอสิโดสิสได้ นอกจากนี้การหมักพืชโดยทั่วไปมักพบสารอื่น ๆ โดยเฉพาะ histamine ด้วย ซึ่งในกรณีของหญ้าหมักมีสูงกว่าข้าวโพดหมักหรือพืชที่ไม่ได้หมัก จึงอาจทำให้การกินอาหารของโคคิดเป็นวัตถุแห้งต่ำ ดังนั้นความเสี่ยงต่อภาวะแอสิโดสิสในการใช้อาหารผสมครบส่วนที่มีหญ้ารูซี่หมักเป็นอาหารฐาน จึงมีความเป็นไปได้สูงมาก การใช้อาหารหยาบเสริมเพื่อกระตุ้นการหลั่งน้ำลาย หรือใช้สารเคมีที่ช่วยปรับสภาพความเป็นกรดจึงเป็นสิ่งจำเป็น

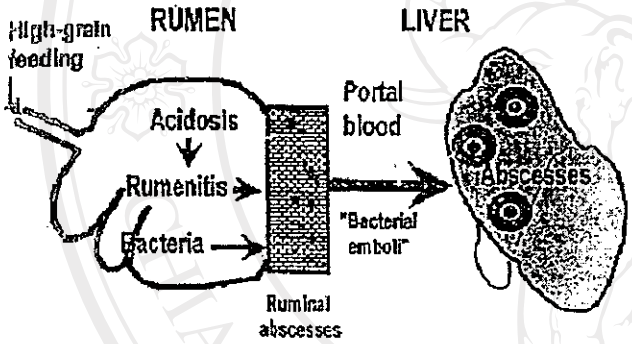


Figure 3 Pathogenesis of liver abscesses in cattle fed a high-grain diet. (Nagaraja and Chengappa, 1998)

การแก้ปัญหาแอสิโดสิส

เนื่องจากปัญหาแอสิโดสิสมีสาเหตุมาจากการจัดการทางด้านอาหาร ดังนั้นการแก้ปัญหาควรกระทำที่ต้นเหตุ โดยจัดอาหารให้มีความเหมาะสม ดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อการจัดการและการผสมอาหารผสมครบส่วน ส่วนในกรณีที่โคเกิดอาการแอสิโดสิสชนิดรุนแรงขึ้น ควรทำการรักษา Oklahoma State University เสนอวิธีการรักษาโดยมีวิธีการ คือนำโซเดียมไบคาร์บอเนต 500 ก. แมกนีเซียมออกไซด์ 20 ก. ถ่าน (charcoal) 40 ก. และฟอร์มาลิน 12% 850 มล. มาผสมกับในน้ำ 2 ลิตร แล้วกรอกเข้าปากโคในอัตรา 100 มล./น้ำหนัก 100 ปอนด์ (Stock and Britton, 1996) ส่วนในกรณีที่พบว่าโคในฝูงเป็นแอสิโดสิสชนิดไม่รุนแรงควรแก้ไขด้านอาหารโดยเร็ว หรือใช้สารเคมีคือโซเดียมไบคาร์เนตเสริมลงในอาหารในอัตรา 1 – 1.5% เพื่อลดสภาพความเป็นกรดที่เกิดขึ้น ซึ่งมีหลายรายงานพบว่าช่วยแก้ปัญหาได้ Kalscheur *et al.* (1997) ทดลองเสริม $NaHCO_3$ 1.5% และ MgO 0.5% ในอาหารโคนมที่มีสัดส่วนของอาหารข้นสูง (75%) พบว่าสามารถป้องกันการลดลงของเปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนมได้ Montano *et al.* (1999) พบว่าการเสริมโซเดียมไบคาร์บอเนต 1% ช่วยลดปริมาณกรดแลคติกในกระเพาะรูเมนของโคโฮลสไตน์เพศผู้ได้ Kilmer *et al.* (1980) ทดลองเสริมโซเดียม-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไบคาร์บอเนตในอาหารโคหลังคลอดและ/หรือก่อนคลอด พบว่าปริมาณน้ำนมในกลุ่มที่เสริมโซเดียม-ไบคาร์บอเนตทั้งก่อนและหลังคลอด และกลุ่มที่เสริมเฉพาะหลังคลอดมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริม Xu *et al.* (1994) ทดลองเสริมสารบัฟเฟอร์ 2 ชนิด คือ Rumen 8® (36.3% Na_2CO_3 และ 26.5% $NaHCO_3$) และ Alkaten® (43.4% Na_2CO_3 และ 34.4% $NaHCO_3$) ชนิดละ 2 ระดับ คือ 1.5 และ 2.2% ในอาหารโครีดนมที่ประกอบด้วยข้าวโพดหมักผสมทานตะวันหมัก 12%, เมล็ดฝ้าย 20% และอาหารข้น 68% เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (ไม่เสริม) พบว่าบัฟเฟอร์ทั้ง 2 ชนิดและ 2 ระดับช่วยแก้ปัญหาการลดลงของเปอร์เซนต์ไขมันในนมได้ ทำให้ปริมาณนมที่ปรับไขมัน 3.5% สูงกว่ากลุ่มควบคุม นอกจากการเสริมสารเคมีแล้วการใช้แหล่งอาหารหยาบที่สามารถกระตุ้นให้เกิดการหลั่งน้ำลาย เช่น หญ้าแห้ง ก็สามารถช่วยลดสภาพความเป็นกรดในกระเพาะได้เช่นกัน Woodford and Murphy (1988) พบว่าการลดขนาดของอาหาร หยาบลง ซึ่งมีผลทำให้การเคี้ยวเอื้องน้อยลง จะทำให้ผลผลิตน้ำนมและเปอร์เซ็นต์ไขมันนมลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (31.8 vs 33.7 ก.ก./วัน และ 2.6 vs 3.1%) Keunen *et al.* (2002) ทำการเหนี่ยวนำให้โครีดนมเกิดภาวะแอสิโดสิสแบบไม่รุนแรง (subacute ruminal acidosis: SARA) เพื่อศึกษาความชอบในการเลือกกินอาหาร 2 ชนิด คือถั่วอัลฟาฟ่าแห้งเส้นยาวกับถั่วอัลฟาฟ่าอัดเม็ด พบว่าโคเลือกกินถั่วอัลฟาฟ่าแห้งเส้นยาวมากกว่า แสดงให้เห็นว่าเมื่อโคอยู่ในภาวะ SARA โคจะพยายามเลือกกินอาหารที่มีขนาดยาวเพื่อบรรเทาสภาพความเป็นกรดสูงในกระเพาะ

3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ใช้โคลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชียน ระดับสายเลือด 87.5% จำนวน 6 ตัว น้ำหนักประมาณ 479 ± 44.95 กก. จำนวนวันที่ให้นม 140 ± 37.09 วัน ให้นมประมาณ 19.64 ± 2.76 กก. เลี้ยงในซองขังเดี่ยวผูกยืนโรง มีที่ให้น้ำอัตโนมัติและรางอาหารอยู่ด้านหน้าตัวโค บริเวณที่ให้โคยืนรองด้วยผ้ายางสีดำหนาประมาณ 1 ซม. เพื่อป้องกันการเกิดบาดแผลบริเวณขาของโคเนื่องจากการลุกยืนหรือนอน

อาหารทดลอง ใช้หญ้ารูซี่อายุประมาณ 60 วัน ที่หมักร่วมกับสารละลายกากน้ำตาล 5% ของน้ำหนักหญ้าสด ในหลุมหมักแบบ bunker silo ความจุประมาณ 200 ตัน นำมาผสมกับอาหารข้นและหญ้ารูซี่แห้งในรูปอาหารผสมครบส่วนก่อนให้โคกิน หญ้าแห้งเป็นหญ้าที่ผลิตเพื่อใช้เป็นอาหารสำรองตามปกติของศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ นำมาหั่นให้เป็นท่อนยาวประมาณ 2 นิ้วก่อนใช้ผสมอาหาร สูตรอาหารคำนวณโดยใช้โปรแกรม XRATION (สมคิด, 2542) ให้มีโภชนะเพียงพอสำหรับโคน้ำหนักตัวประมาณ 480 กก. อายุประมาณ 5 ปี ให้นมแลคเตชั่นที่ 3 วันละ 20 กก. และมีไขมันนม 4% สูตรนี้ถือเป็นสูตรควบคุม (กลุ่ม 1) สำหรับกลุ่มที่ 2 และ 3 มีการเสริมโซเดียม-ไบคาร์บอเนต 200 ก./วัน นอกจากนี้ในสูตรที่ 3 ยังมีการเพิ่มหญ้าแห้งอีก 2 กก. โดยลดหญ้าหมักลง 8 กก.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เหลือเพียง 11 กก. ดังแสดงใน Table 1 สูตรอาหารทั้ง 3 นี้มีสัดส่วนของอาหารข้น : อาหารหยาบ ประมาณ 67 : 33 การที่ใช้อาหารข้นระดับสูงเพื่อเป็นตัวแทนของอาหารสำหรับโคที่ให้นมสูง ส่วนการเสริมหญ้าแห้งและโซเดียมไบคาร์บอเนตนั้นเพื่อดูผล เนการป้องกันปัญหาแอซิโดซิส อันเนื่องมาจากการได้รับพืชหมักและอาหารข้นในระดับสูง

Table 1 Composition of total mixed ration (kg as fed basis/head/day)and concentrate.

Composition of TMR	TMR1	TMR2	TMR3	Concentrate composition (%)	
Ruzi silage	19.00	19.00	11.00	Soybean meal	20.15
Ruzi hay	1.00	1.00	3.00	Cotton seed	13.08
Concentrate	13.00	13.00	13.00	Rice bran	9.00
$NaHCO_3$	-	0.20	0.20	Ground corn	50.46
Total fresh weight	33.00	33.20	27.20	Fish meal	5.00
Total dried weight	16.41	16.35	16.44	Limestone	0.06
Roughage : Concentrate ratio	34.66	34.66	32.68	Mineral mix[1/]	2.23
				Vitamin A,D,E (g)	20.85
				Total	100.00

[1/] 100 kg mineral mix composed of 40 kg NaCl, 35.1 kg $Ca_3(PO_4)_2$, 13 kg $CaCO_3$, 5.8 kg MgO, 2.9 kg Na_2SO_4, 2.4 kg S, 300 g ZnO, 300 g MnO, 120 g $CuSO_4.5\ H_2O$, 13.5 g KIO_3, 3.3 g $CoSO_4.7\ H_2O$, 2.6 g $Na_2O_3Se.5\ H_2O$

ในการทดลองนี้เนื่องจากไม่สามารถจัดหาโคนมที่มีผลผลิตน้ำนมและระยะเวลาการให้นมใกล้เคียงกันให้เพียงพอสำหรับแผนการทดลองอื่นได้ จึงใช้แผนการทดลองแบบสลับ (Change over design) และเนื่องจากไม่สามารถจัดระยะพักระหว่างทรีตเมนต์ได้เพราะโคต้องถูกรีดนมอย่างต่อเนื่อง จึงได้วางแผนสำรวจผลตกค้าง (residual effect) โดยวางทรีตเมนต์สลับกันภายใน 2 สแควร์ (Balance design) (จรัญ, 2540) โดยแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ๆ ละ 17 วัน ใช้โคนมสแควร์ละ 3 ตัว รวม 6 ตัว การจัดกลุ่มทดลองแสดงใน Table 2

Table 2 Experimental design.

	Cow 1	Cow 2	Cow 3	Cow 4	Cow 5	Cow 6
ระยะที่ 1	T1	T2	T3	T1	T2	T3
ระยะที่ 2	T2	T3	T1	T3	T1	T2
ระยะที่ 3	T3	T1	T2	T2	T3	T1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ให้อาหารตามแผนการทดลอง แบ่งให้ 2 เวลา คือ 8.00 น. และ 16.00 น. โดยให้ในรูปอาหารผสมครบส่วน คือ ผสมหญ้าหมัก หญ้าแห้ง และอาหารข้นให้เข้ากันก่อนให้โคกินในแต่ละมื้อ ทำการผสมอาหารเป็นรายตัว และเก็บอาหารเหลือออกวันละครั้งในช่วงเช้าก่อนให้อาหาร ทำการรีดนมด้วยเครื่องวันละ 2 เวลา คือ 05.30 น. และ 15.30 น. การทดลองแต่ละคาบใช้เวลา 17 วัน โดย 7 วันแรกเป็นการปรับตัวสัตว์ให้คุ้นเคยกับสูตรอาหาร ส่วน 10 วันหลังเป็นช่วงเก็บข้อมูล ตลอดการทดลองบันทึกปริมาณน้ำนมและปริมาณอาหารหยาบที่กินได้ รวมทั้งปริมาณอาหารหยาบที่เหลือโดยชั่งทุกมื้อแล้วรวมเป็นอาหารเหลือในแต่ละวัน สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารข้นทุกคาบ และสุ่มเก็บอาหารหยาบทุก ๆ 5 วัน เพื่อหาวัตถุแห้งแล้วรวบรวมไว้เพื่อรอการวิเคราะห์ทางเคมีต่อไป สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำนมคาบละ 3 ครั้ง ในวันที่ 1, 5 และ 10 ของช่วงการเก็บข้อมูล โดยสุ่มในตอนเช้าและเย็นในอัตราส่วน 5 : 3 นำมารวมกัน ใส่ sodium azide ในอัตรา 0.1% เพื่อรักษาสภาพน้ำนม เก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 8°c เพื่อรอการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยใช้เครื่อง Milkoscan 133 V 3.9 GB รวมทั้งวิเคราะห์หาปริมาณยูเรียไนโตรเจนในน้ำนม (Milk Urea Nitrogen, MUN) ด้วยวิธีของ Roseler *et al.* (1993) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference Test (จรัญ, 2540)

การหาค่าความเป็นกรด-ด่างของหญ้าหมักตามวิธีการของ Bal *et al.* (1997) ดังแสดงในภาคผนวก

◈ ผลและวิจารณ์การทดลอง

คุณภาพของหญ้ารูซี่หมักและองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร

ในช่วงทดลองทำการสุ่มเก็บตัวอย่างหญ้ารูซี่หมักตลอดการทดลองมาวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดอินทรีย์ เพื่อประเมินเป็นคะแนนคุณภาพ ได้ค่าดัง Table 3

Table 3 Organic acid, pH and quality score of ruzi silage.

		Organic acid (% fresh basis)			Quality
	pH	Acetate	Butyrate	Lactate	score
Ruzi silage	4.34	1.04	0.00	1.07	63

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จาก Table 3 จะเห็นว่าหญ้ารูซี่หมักที่ใช้ในการทดลองนี้มีคุณภาพปานกลาง คือมีค่า pH 4.34 โดยมีปริมาณกรดอะซิติก 1.04% กรดบิวทีริค 0.00% และกรดแลคติก 1.07% มีรายงานว่าพืชหมักที่ดีควรมีสัดส่วนของกรดแลกติกประมาณ 3 เท่าของกรดอะซิติก แต่ในการทดลองนี้มีกรดทั้ง 2 ชนิดนี้ใกล้เคียงกัน การที่เกิดกรดอะซิติกมากแต่มีกรดแลคติกน้อยแสดงว่าเกิดกระบวนการหมักแบบ heterofermentative มากกว่า homofermentative และมีการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่พึงปรารถนา เช่น พวก Clostridium และ Enterobacteria มากกว่าพวก Lactic acid bacteria (LAB) ซึ่งสอดคล้องกับค่า pH ของพืชหมักในการทดลองนี้ที่สูงกว่า 4.2 เล็กน้อย อย่างไรก็ดีการที่ไม่มีกรดบิวทีริกแสดงว่าไม่มีการเจริญเติบโตของคลอสตริเดียมมากนัก แสดงว่าพืชหมักนี้มีคุณภาพดีพอสมควร ซึ่งเมื่อนำมาประเมินคะแนนคุณภาพได้เท่ากับ 63 ซึ่งต่ำกว่าของวรรณา (2545) ในกระถินหมักที่ได้ค่า 79 แต่ไม่แตกต่างจากงานของสมสุข (2544) ซึ่งเป็นหญ้ารูซี่ผสมกากน้ำตาลหมักในหลุมใหญ่เช่นกัน

หญ้าแห้งที่ใช้มีคุณภาพค่อนข้างต่ำคือ มีโปรตีน 4.27 และ NDF 72.99% ทั้งนี้เป็นเพราะหญ้าดังกล่าวตัดในช่วงปลายฤดูฝนและมีอายุค่อนข้างมากคือ 60 วัน ซึ่งศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ ผลิตไว้เป็นอาหารสำรองสำหรับสัตว์ที่โตแล้ว

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารแต่ละชนิดแสดงใน Table 4 สำหรับของอาหารผสมครบส่วนทั้ง 3 สูตร แสดงใน Table 5 จะเห็นได้ว่าทุกสูตรมีโปรตีน ไขมัน และพลังงานในระดับที่ใกล้เคียงกัน แต่สูตร 3 มีวัตถุแห้ง NDF และ ADF สูงขึ้นในขณะที่มี NFC ลดลง ทั้งนี้เนื่องจากมีการใช้หญ้าแห้งเพิ่มขึ้น 2 กก. โดยทดแทนหญ้าหมัก 8 กก.น้ำหนักสด

Table 4 Chemical composition of feedstuffs in feeding trial (% of dry matter).

Composition	RS	RH	Conc.	RB	WCS	FM	SBM	GC
DM	26.77	88.67	89.57	88.19	88.97	88.27	87.71	87.90
CP	7.02	4.27	21.70	15.06	21.48	74.26	48.63	8.65
EE	3.90	2.46	8.98	22.84	16.42	9.59	3.05	4.80
Ash	4.44	6.14	5.69	10.38	4.11	18.27	7.25	1.35
NFC	15.54	14.14	42.28	22.75	6.18	-	27.83	71.33
NFE	-	54.29	-	49.80	28.51	-	36.35	82.54
CF	-	31.37	-	5.56	25.87	1.00	6.63	2.22
NDF	69.12	72.99	21.35	28.97	51.81	-	13.24	13.87
ADF	38.14	39.03	9.98	10.98	36.91	-	7.22	2.78
ADL	4.36	4.42	2.08	3.83	11.27	-	0.30	0.33
TDN	57.69[2/]	53.35	77.57[1/]	88.64	69.82	65.30	78.64	81.84

[1/] คำนวณจากวัตถุดิบที่เป็นองค์ประกอบ [2/] สมสุข (2544)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 5 Chemical composition (% DM) of 3 TMRs.

Chemical composition (% DM)	TMR1	TMR2	TMR3
DM	49.74	49.25	60.45
CP	17.14	17.30	17.04
EE	4.98	4.85	4.91
NDF	41.38	42.43	47.60
ADF	22.41	22.80	23.48
NFC	30.18	29.03	23.94
TDN	73.79	72.88	72.70

Table 6 แสดงปริมาณอาหารที่โคกินได้และโภชนะที่โคได้รับ พบว่าโคทุกกลุ่มกินอาหารคิดเป็นวัตถุแห้งได้ประมาณ 2.8 – 2.9% น้ำหนักตัว ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่ NRC (1988) ได้แนะนำไว้ คือโคที่มีน้ำหนักตัวประมาณ 500 กก. ให้น้ำนมที่มีไขมัน 4% จำนวน 15 กก. จะกินอาหารคิดเป็นวัตถุแห้งได้ประมาณ 2.8% ของน้ำหนักตัว

Table 6 Amount of dry matter and nutrient intake of cows.

	TMR1	TMR2	TMR3
Dry matter intake			
-kg/day	13.57	13.79	13.88
-%BW	2.83	2.87	2.89
CP intake (kg/cow/day)	2.33	2.39	2.36
TDN intake (kg/cow/day)	10.01	10.05	10.09

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณวัตถุแห้งที่โคแต่ละกลุ่มกินได้พบว่า กลุ่มที่ 2 และ 3 กินได้สูงกว่าในกลุ่มที่ 1 เล็กน้อย จึงทำให้มีแนวโน้มว่าได้รับโปรตีนและพลังงานสูงกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผลของการเสริมโซเดียมไบคาร์บอเนต ซึ่งมีคุณสมบัติช่วยลดสภาพความเป็นกรดภายในกระเพาะรูเมน นอกจากนี้สูตรที่ 3 ยังมีการเสริมหญ้าแห้งเพิ่มอีก 2 กก. ด้วยซึ่งหญ้าแห้งที่เสริมเข้าไปก็มีส่วนช่วยในการกระตุ้นการหลั่งน้ำลายของโคให้เพิ่มมากขึ้น และน้ำลายประกอบด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนตเช่นกัน สภาพความเป็นกรดที่เกิดจากการย่อยอาหารข้น ซึ่งมีสัดส่วนถึง 67% ในสูตรอาหาร รวมทั้งสภาพความเป็นกรดของหญ้าหมักเองจึงลดลง ทำให้ประสิทธิภาพในการย่อยอาหารของโคดีขึ้น อัตราการไหลผ่านของอาหารจึงเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณการกินได้เพิ่มขึ้นด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลผลิตและต้นทุนค่าอาหาร

ในการทดลองนี้แม้ว่าเดิมจะตั้งเป้าหมายไว้ว่าจะทดลองกับโคที่ให้นมสูงตั้งแต่ 20 กก. ขึ้นไป แต่เนื่องจากก่อนการทดลองต้องใช้เวลาเตรียมการคัดเลือกโคนาน เพื่อให้ได้โ..ที่มีสมรรถภาพในการผลิตที่ไม่แตกต่างกันมากนัก ประกอบกับต้องทำการทดลองถึง 3 ระยะเป็นเวลารวมกันเกือบ 2 เดือน จึงทำให้ปริมาณน้ำนมของโคลดลงตามลำดับ เหลือค่าเฉลี่ยเพียงประมาณ 17.4 กก. เท่านั้น อย่างไรก็ดี เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำนมทั้งที่ปรับและไม่ปรับไขมัน ตลอดจนองค์ประกอบน้ำนมของแต่ละกลุ่มแล้ว พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงใน Table 7 แต่มีแนวโน้มว่ากลุ่มที่ 1 ให้ผลผลิตนมน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น ๆ ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากผลของ subclinical acidosis ที่มิได้แสดงอาการให้ปรากฏอย่างชัดเจน สำหรับองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมทั้ง 3 กลุ่มก็ไม่แตกต่างกันทางสถิติเช่นกัน แต่มีแนวโน้มว่ากลุ่ม 1 มีค่าส่วนใหญ่สูงกว่ากลุ่มอื่นเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากองค์ประกอบน้ำนมมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณน้ำนม อย่างไรก็ดีพบว่าเปอร์เซ็นต์แล็กโทสของกลุ่ม 1 มีค่าต่ำที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณน้ำนม เพราะมีรายงานว่าแล็กโทสเป็นตัวกำหนดปริมาณน้ำนมตัวหนึ่ง โดยปริมาณแล็กโทสที่หลั่งเข้าไปในช่องของ alveoli จะเพิ่มความเข้มข้นของสารที่ละลายได้ (dissolve substance) หรือเพิ่มแรงดันออสโมติก ทำให้ secretary cell ดึงน้ำจากเลือดเข้ามาผสมกับองค์ประกอบอื่น ๆ ของน้ำนมในช่องว่างของ alveoli มากขึ้นเพื่อให้เกิดสมดุลขึ้น โดยเฉพาะเมื่อปริมาณแล็กโทสอยู่ที่ 4.5 – 5% (Wattiaux, no date) ดังนั้นการที่โคกลุ่ม 1 มีแนวโน้มว่ามีเปอร์เซ็นต์แล็กโทสในนมต่ำ จึงมีการดึงน้ำเข้าสู่ alveoli น้อยกว่า ทำให้ได้ผลผลิตน้ำนมต่ำกว่ากลุ่มอื่น สำหรับส่วนประกอบของน้ำนมที่คำนวณเป็น กก. แล้วนั้น พบว่ากลุ่มที่ 2 และ 3 มีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่ม 1 ส่วนปริมาณอาหารที่ใช้ในการให้ผลผลิตน้ำนม (FCR) พบว่ากลุ่มที่ 3 มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำนมได้ดีที่สุด ซึ่งอาจเป็นผลจากการที่ได้รับทั้งบัฟเฟอร์และหญ้าแห้ง ซึ่งมีผลทำให้สภาพในรูเมนเหมาะสมยิ่งขึ้น

Table 8 แสดงต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตน้ำนม 1 กก. เมื่อคิดเฉพาะต้นทุนในส่วนอาหารข้น พบว่าโคกลุ่มที่ 1, 2 และ 3 กินอาหารข้นต่อวันเท่ากับ 89.00, 93.60 และ 93.60 บาท สำหรับราคาอาหารข้นต่อ กก.น้ำหนักแห้งเท่ากับ 7.64, 8.04 และ 8.04 บาท ตามลำดับ การที่ในกลุ่ม 1 มีราคาต่ำกว่านั้น เนื่องจากอาหารข้นในกลุ่มที่ 2 และ 3 ต้องเสียค่าโซเดียมไบคาร์บอเนตด้วย แต่เมื่อนำส่วนของอาหารหยาบมาคิดร่วมด้วยพบว่า โคกลุ่มที่ 2 มีต้นทุนค่าอาหารต่ำที่สุด และเมื่อคิดเป็นต้นทุนต่อการผลิตน้ำนม 1 กก. หรือต่อน้ำนมที่ปรับไขมัน 4% พบว่าโคกลุ่มที่ 2 มีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าโคกลุ่มที่ 1 และ 3 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 7 Amount and chemical composition of milk from cows fed 3 different TMRs.

	TMR1	TMR2	TMR3
Milk production (kg/day)	16.97	17.23	17.74
4% Fat corrected milk (kg/day)	17.79	18.25	18.37
Fat (%)	4.41	4.35	4.29
CP (%)	3.52	3.46	3.44
Lactose (%)	4.67	4.70	4.70
Total solid (%)	13.29	13.23	13.11
Solid not fat (%)	8.92	8.86	8.84
Fat (kg)	0.73	0.76	0.75
CP (kg)	0.59	0.60	0.60
Lactose (kg)	0.79	0.81	0.83
Total solid (kg)	2.23	2.29	2.30
Solid not fat (kg)	1.51	1.53	1.56
FCR (feed DM/kg milk)	0.80	0.80	0.78

Table 8 Feed cost for milk production (baht/kg of milk)

	TMR1	TMR2	TMR3
Milk production (kg/day)	16.97	17.23	17.74
4% FCM (kg/day)	17.79	18.25	18.37
Price of concentrate (baht/kg)	7.64	8.04	8.04
Concentrate cost (baht/day)	89.00	93.60	93.60
Roughage cost(baht/day)			
-Ruzi silage	15.20	15.20	8.80
-Ruzi hay	2.50	2.50	7.50
Total feed cost (baht/day)	106.70	106.70	109.90
Cost of feed for milk production (baht/kg milk)	6.29	6.19	6.20
Cost of 4% FCM (baht/kg 4% FCM)	6.00	5.85	5.98

Note : Cost of feed (baht/kg as fed basis) : concentrate = 6.85, $NaHCO_3$ = 23, ruzi silage = 0.8, ruzi hay = 2.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในการทดลองทั้ง 3 ระยะนั้นปริมาณอาหารทั้งหมดที่ให้ในแต่ละสูตรคงที่ตลอดการทดลอง ไม่ได้มีการปรับอาหารตามปริมาณน้ำนม ทำให้โคยังได้รับอาหารข้นในปริมาณเท่าเดิม แม้ผลผลิตจะลดลงตามจำนวนวันรีดนมที่เพิ่มขึ้นก็ตาม ทั้งนี้เนื่องจากต้องการดูผลของการได้รับหญ้าหมักและอาหารข้นระดับสูง รวมทั้งแนวทางการแก้ปัญหา acidosis (ถ้ามี) ดังนั้นจึงอาจทำให้ต้นทุนค่าอาหารมีค่าสูงกว่าในการทดลองอื่น ๆ ที่มีการปรับอาหารตามปริมาณน้ำนม นอกจากนี้ในการทดลองนี้ยังมีสัดส่วนของอาหารข้นเกือบ 70% จึงทำให้ต้นทุนค่าอาหารสูงขึ้น อย่างไรก็ตามตลอดระยะที่ทำการทดลองไม่พบว่าโคเกิดอาการที่เกี่ยวข้องกับ acidosis เช่น ถ่ายมูลเหลว หยุดกินอาหาร หรือมีนมลดลง แสดงว่าสูตรอาหารที่ใช้ในการทดลองนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสูตรที่ 3 น่าจะอยู่ในเกณฑ์ที่ดีคือ นอกจากจะมีโภชนะครบถ้วนเพียงพอกับความต้องการของโคที่ให้นมประมาณ 20 กก. แล้วยังมีสารบัฟเฟอร์และหญ้าแห้งเพื่อป้องกันปัญหาแอสิโดสีสแบบไม่แสดงอาการสำหรับโคที่ได้รับหญ้าหมักและอาหารข้นระดับสูงได้ ผลจากการทดลองนี้ทำให้ได้ข้อมูลว่าหญ้าแห้งและบัฟเฟอร์มีบทบาทสำคัญในการป้องกันปัญหาแอซิโดซิส

ตัวอย่างสูตรอาหารผสมครบส่วนที่ดีซึ่งมีหญ้ารูซี่หมักเป็นอาหารหยาบหลัก

ในการทดลองที่กล่าวข้างต้น แม้ว่าจะสามารถพิสูจน์ให้เห็นบทบาทและความสำคัญของสารบัฟเฟอร์และหญ้าแห้งในการป้องกันปัญหาแอซิโดซิสได้ก็ตาม แต่เนื่องจากสูตรอาหารดังกล่าวมีอาหารข้นระดับสูง จึงทำให้ราคาอาหารสูงตามไปด้วย เพื่อลดต้นทุนค่าอาหาร คณะผู้วิจัยได้ทำการคำนวณสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับโคน้ำหนัก 450 กก. ให้นมวันละ 15 กก. มีไขมันนม 4% และสูตรสำหรับโคน้ำหนัก 500 กก. ให้นมวันละ 20 กก. มีไขมันนม 3.5% ดังตัวอย่างข้างล่างนี้ จะเห็นได้ว่าสูตรดังกล่าวนี้มีราคาต่ำกว่าสูตรที่ใช้ในการทดลอง จึงน่าจะใช้เป็นแนวทางในการแนะนำให้แก่เกษตรกรและผู้ที่สนใจได้

❖ **อาหารผสมครบส่วน สูตร 1** (โคน้ำหนัก 450 กก. ให้นม 15 กก./วัน มีไขมันนม 4%)

	(กก./วัน)
หญ้ารูซี่หมัก	26.25
หญ้ารูซี่แห้ง	1.01
อาหารข้น	8.89
โซเดียมไบคาร์บอเนต	0.14

สูตรอาหารข้น	(%)
ข้าวโพดบด	44.46
กากถั่วเหลือง	26.17
แร่ธาตุผสม	2.50
วิตามิน (ก.)	3.64
รำละเอียด	10.01
ปลาป่น	5.00
เมล็ดฝ้าย	10.01
โซเดียมไบคาร์บอเนต	1.50
หินฝุ่น ($CaCO_3$)	0.35

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

❖ อาหารผสมครบส่วน สูตร 2 (โคน้ำหนัก 500 กก. ให้นม 25 กก./วัน มีไขมันนม 3.5%)

	(กก./วัน)
หญ้ารูซี่หมัก	31.50
หญ้ารูซี่แห้ง	1.01
อาหารข้น	10.28

สูตรอาหารข้น	(%)
ข้าวโพดบด	43.50
กากถั่วเหลือง	26.96
แร่ธาตุผสม	2.65
วิตามิน (ก.)	3.64
รำละเอียด	10.00
ปลาป่น	5.00
เมล็ดฝ้าย	10.00
โซเดียมไบคาร์บอเนต	1.50
หินฝุ่น ($CaCO_3$)	0.38

❖ อาหารผสมครบส่วน สูตร 3 (โคน้ำหนัก 500 กก. ให้นม 20 กก./วัน มีไขมันนม 3.5%)

	(กก./วัน)
หญ้ารูซี่หมัก	23.56
หญ้ารูซี่แห้ง	3.00
อาหารข้น	10.48

สูตรอาหารข้น	(%)
ข้าวโพดบด	44.19
กากถั่วเหลือง	26.38
แร่ธาตุผสม	2.59
วิตามิน (ก.)	3.20
รำละเอียด	10.00
ปลาป่น	5.00
เมล็ดฝ้าย	10.00
โซเดียมไบคาร์บอเนต	1.50
หินฝุ่น ($CaCO_3$)	0.33

4. สรุปผลการทดลองโครงการย่อยที่ 1

อาหารผสมครบส่วนคุณภาพดีที่มีหญ้ารูซี่หมักเป็นอาหารหยาบหลักควรมีบัฟเฟอร์ เช่น โซเดียมไบคาร์บอเนต และหญ้าแห้งเพื่อช่วยกระตุ้นการบีบตัวของกระเพาะรูเมน ทำให้เกิดการเคี้ยวเอื้อง และขับน้ำลายเพื่อช่วยลดกรดในกระเพาะอันเกิดจากการได้รับหญ้าหมัก และอาหารข้นระดับสูง โดยเฉพาะกรณีที่โคให้นมสูง

ปริมาณโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ใช้ คือ ประมาณ 1.5% ของอาหารข้น ส่วนหญ้าแห้งนั้นอาจใช้ประมาณ 1 – 3 กก./ตัว/วัน ก็ได้โดยพิจารณาควบคู่กับปริมาณนมที่ผลิตได้ กล่าวคือ ถ้าโคให้นมสูง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตั้งแต่ 20 กก.ขึ้นไป ควรให้หญ้าแห้งประมาณ 3 กก.เพื่อให้มากพอที่จะลดกรดอันเกิดจากการใช้อาหารข้นระดับสูง และถ้าสามารถเลือกใช้หญ้าแห้งคุณภาพดีได้ก็จะยิ่งดีขึ้น เพราะช่วยให้โภชนะทั้งในแง่พลังงาน โปรตีน รวมทั้งสารเบต้าแคโรทีนซึ่งเป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โครงการย่อยที่ 2 การผลิตหญ้ารูซี่แห้งในแปลงหญ้าขนาดใหญ่และการศึกษาคุณค่าทางอาหารของหญ้าสดและหญ้าแห้งอายุประมาณ 50 วัน

1. หลักการ เหตุผลและวัตถุประสงค์

ผลจากโครงการย่อยที่ 1 แสดงให้เห็นว่าการเสริมหญ้าแห้งให้แก่โคนมที่ได้รับอาหารผสมครบส่วนซึ่งประกอบด้วยอาหารข้นระดับสูงและมีหญ้าหมักเป็นอาหารหยาบหลัก สามารถป้องกันการเกิดแอซิโดสิสในกระเพาะหมักของโคได้ แต่เนื่องจากในการทดลองดังกล่าวใช้หญ้ารูซี่แห้งที่ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์ผลิตไว้เป็นอาหารสำรองสำหรับสัตว์ที่โตแล้ว จึงมีคุณภาพค่อนข้างต่ำคือมีโปรตีน 4.27% และ NDF 72.99% ของวัตถุแห้ง (หญ้าคุณภาพสูงกว่านี้มักนำไปใช้เลี้ยงลูกโค) ดังนั้นในโครงการวิจัยนี้จึงเห็นควรให้มีการผลิตหญ้ารูซี่ที่มีคุณภาพดีขึ้นกว่าเดิม รวมทั้งศึกษาคุณค่าทางอาหารในแง่ของการย่อยได้และพลังงานที่สัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ โดยวิธีทดลองทั้งในตัวสัตว์และในห้องปฏิบัติการเพื่อนำหญ้าแห้งดังกล่าวและข้อมูลที่ได้ไว้ใช้ในโครงการย่อยอื่น ๆ ต่อไป

อนึ่ง ในโครงการย่อยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตหญ้าแห้งคุณภาพค่อนข้างดีจำนวนมากไว้ใช้ แต่มิได้ต้องการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลอง ดังนั้นจึงมิได้มีการวาง treatment และศึกษาผลทางสถิติ ส่วนการศึกษาเรื่องอายุการตัดที่มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพของหญ้ารูซี่นั้น อยู่ในโครงการย่อยที่ 8 ซึ่งทำคนละระยะเวลากับครั้งนี้ และมีรายละเอียดในการจัดการที่ต่างกัน

2. การดำเนินงาน

2.1 กระบวนการผลิตหญ้าแห้ง

การผลิตหญ้ารูซี่แห้งครั้งนี้ได้ทำในแปลงหญ้าขนาดใหญ่ของศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์-เชียงใหม่ อ.สันป่าตอง จ.เชียงใหม่ ในเนื้อที่ประมาณ 10 ไร่ ที่ได้ปลูกหญ้ารูซี่ไว้แล้ว การทำหญ้าแห้งจะใช้วิธีตัดและตากในแปลง ดังนั้นจึงต้องคำนวณอายุการตัดของหญ้าให้อยู่ในช่วงปลายฝนคือประมาณเดือนตุลาคม โดยเริ่มทำการตัดหญ้าเก่าออกให้หมดในเดือนสิงหาคม 2545 แล้วใส่ปุ๋ยยูเรียในอัตรา 30 กก./ไร่ ใช้น้ำฝนเป็นแหล่งน้ำเพราะอยู่ในช่วงหน้าฝน เมื่อหญ้ามีอายุ 45 วัน ได้สุ่มเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ 1 ครั้ง และเมื่ออายุครบ 50 วัน (ตุลาคม 2545) ได้วัดผลผลิตของหญ้าโดยการสุ่มวัดเป็นจุด ๆ พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างหญ้าสดโดยใช้กรอบสุ่ม (quadrate) ขนาด 1 x 1 ม. วางลงในแปลงหญ้าแล้วใช้เคียวเกี่ยวหญ้าภายในกรอบมาชั่งน้ำหนัก สุ่มทำเช่นนี้ทั่วทั้งแปลงประมาณ 15 จุด นำตัวอย่างที่ได้มารวมเข้าด้วยกัน แล้วสุ่มเก็บตัวอย่างประมาณ 3 กก. แบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่หนึ่งแช่แข็งเก็บไว้ ส่วนที่สองนำไปเข้าตู้อบที่อุณหภูมิประมาณ 60°c เพื่อเก็บไว้วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี จากนั้นเริ่มตัดหญ้าในแปลงตอนบ่ายเพื่อให้น้ำที่ติดอยู่ตามลำต้นและใบระเหยไปก่อน ใช้เครื่องตัดหญ้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ขนาดใหญ่ที่ติดไว้ท้ายรถไถตัดหญ้าเป็นแถวตากกระจายในแปลง อาศัยแสงแดดช่วยในการระเหยน้ำ ทำการกลับหญ้าให้แห้งทั่วถึงกันโดยใช้รถไถที่ติดตั้งเครื่องคราดหญ้า ทำการคราดหญ้าวันละ 2 ครั้ง คือ ในตอนสายหลังจากที่น้ำค้างแห้งหญ้าถูกตากแดดพอสมควรแล้ว และในช่วงบ่าย แต่ถ้ามีหญ้ากองสุมกันมากจะทำการกลับบ่อยขึ้น (มากกว่า 2 ครั้ง/วัน) นอกจากนี้ยังได้เดินตรวจเช็คหญ้าที่ตากอยู่ในแปลงพร้อมทั้งใช้ส้อมช่วยเกลี่ยหญ้าเพราะในบางจุดการใช้เครื่องจักรกลับหญ้าอาจไม่ดีเท่าที่ควร หลังจากตากหญ้าทิ้งไว้ในแปลงแล้ว 3 วัน (3 แดด) ทำการทดสอบความชื้นของหญ้าด้วยวิธีง่าย ๆ เพื่อให้ทราบว่าหญ้าที่ตากแดดอยู่นั้นแห้งพอที่จะเก็บได้หรือยัง ซึ่งความชื้นของหญ้าที่จะเก็บไว้ได้อย่างปลอดภัยนั้นต้องไม่เกินร้อยละ 15 – 20 (บุญล้อมและคณะ, 2543) การทดสอบในทางปฏิบัติทำโดยการสังเกตและการสัมผัส หญ้าที่แห้งพอดีมีความชื้นประมาณ 12 – 15% ใบจะมีลักษณะเขียวและแห้งสม่ำเสมอ ไม่หลุดร่วงได้ง่าย เมื่อหยิบหญ้ามาหนึ่งกำแล้วลองบิดจะไม่หักง่ายและไม่มีน้ำไหลซึมออกมา (ประสิทธิ์, 2516) นอกจากนี้อาจทดสอบได้โดยการลอกเปลือกนอกของพืช ถ้าใช้เล็บลอกเปลือกไม่ออกแสดงว่า พืชแห้งได้ที่แล้ว (กอบแก้ว, 2535) หลังจากนั้นทำการอัดฟ่อนด้วยเครื่องอัดฟ่อนอัตโนมัติ (automatic baler) ซึ่งมัดฟ่อนด้วยลวดเป็นรูปสี่เหลี่ยม ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างหญ้าแห้งทั้งก่อนและหลังอัดฟ่อน เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและประเมินคุณภาพโดยวิธี *in vitro* gas production และ *in vivo* จากนั้นขนฟ่อนหญ้าแห้งใส่รถบรรทุกนำไปเก็บไว้ในโกดัง เพื่อใช้ในงานทดลองในโครงการย่อยอื่น ๆ ต่อไป

ผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าสดและหญ้าแห้งแสดงใน Table 1 และ 2 ตามลำดับ

Table 1 Production of ruzi grass cut at 50 days of age.

Fresh grass (ton/rai)	DM (%)	Grass hay (kg/rai)	Total hay production (bale)	Average weight (ka/bale)
2.92	20.81	607.7	744	8-12

Table 2 Chemical composition (%DM) of ruzi grass of different cutting age

	DM	CP	EE	Ash	NDF	ADF	ADL
Fresh ruzi grass							
45 days	17.45	10.42	3.54	8.88	63.34	33.34	4.32
50 days	20.81	8.20	3.66	7.53	64.5	35.42	4.45
Ruzi hay							
50 days	92.9	7.44	2.27	6.38	66.76	39.55	5.30

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จาก Table 1 จะเห็นได้ว่าผลผลิตหญ้าสดในการทดลองนี้เท่ากับ 2.92 ตัน/ไร่ หรือเมื่อคิดเป็นน้ำหนักวัตถุแห้งเท่ากับ 607 กก./ไร่/ครั้ง นั้นนับว่าค่อนข้างสูง เพราะถ้าทำการตัด 4 – 5 ครั้ง/ปี จะได้วัตถุแห้งประมาณ 2,400 – 3,000 กก./ไร่/ปี ซึ่งกองอาหารสัตว์ (2538) รายงานว่าผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้ารูซี่อยู่ระหว่าง 600 – 3,000 กก./ไร่/ปี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพความสมบูรณ์ของดินและลักษณะภูมิอากาศ จีระวัชร์และคณะ (2526) รายงานว่าหญ้ารูซี่ที่ตัดทุก 34 – 40 วัน ที่จังหวัดลำปางได้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง 630 กก./ไร่/ปี สำหรับดินชุดสรรพยาจังหวัดชัยนาท ซึ่งมีระบบชลประทาน ทิพาและคณะ (2534) พบว่าการตัดหญ้ารูซี่ทุก 40 วัน ในปีแรกได้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเท่ากับ 2,636 กก./ไร่/ปี ส่วนที่จังหวัดนราธิวาสมีการจัดการตัดครั้งแรก 120 วัน และครั้งต่อไปทุก 60 วัน ได้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง 1,440 – 2,085 กก./ไร่/ปี (คัตสุโอะและวัฒนา, 2535) ในสภาพดินร่วนปนทรายในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ยเท่ากับ 1,993 กก./ไร่/ปี (สมพลและคณะ, 2542) จากการสังเกตคุณภาพแปลงหญ้าในโครงการย่อยนี้พบว่ามีความอุดมสมบูรณ์ดี

จาก Table 2 เมื่อเปรียบเทียบอายุการตัดจะเห็นได้ว่าหญ้ารูซี่ที่ตัดอายุ 45 วัน มีวัตถุแห้งและเยื่อใย (NDF, ADF และ ADL) ต่ำกว่า แต่มีโปรตีนสูงกว่าหญ้าที่ตัดอายุ 50 วัน ทั้งนี้เพราะเมื่อพืชมีอายุมากขึ้น จะมีการสะสมเยื่อใยเพื่อช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับต้นพืชมากขึ้น ขณะที่โปรตีนมีค่าลดลง ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับวิรัชและคณะ (2542) ที่รายงานว่าหญ้าเนเปียร์ที่อายุ 40 วัน มีวัตถุแห้ง NDF, ADF และลิกนินต่ำกว่าที่อายุ 50 วันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีค่าโปรตีนสูงกว่า

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางเคมี ของหญ้าแห้งเทียบกับหญ้าสดจะเห็นได้ว่า หญ้าแห้งมีโปรตีน และไขมันต่ำกว่า แต่มีเยื่อใย (NDF และ ADF) สูงกว่าหญ้าสด ทั้งนี้เนื่องจากในระหว่างการตากแห้งขณะที่เซลล์พืชยังไม่ตาย พืชได้ใช้โภชนะที่ย่อยได้ง่ายในกระบวนการหายใจจึงทำให้เกิดการสูญเสียโภชนะเหล่านี้ไปบางส่วน ทำให้สัดส่วนของเยื่อใยมีค่าเพิ่มสูงขึ้น

จากตารางจะเห็นได้ว่าหญ้าแห้งที่ผลิตได้มีความชื้นเพียง 7.1% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยมาก สำหรับองค์ประกอบทางเคมีโดยทั่วไปของหญ้ารูซี่ทั้งสดและแห้งในงานทดลองนี้พบว่าใกล้เคียงกับที่พิมพาพรและคณะ (2543) ได้รายงานไว้ว่า หญ้ารูซี่แห้งซึ่งตัดเมื่ออายุประมาณ 45 วัน ในเดือนพฤษภาคมที่สถานีพืชอาหารสัตว์เชียงยืน มีวัตถุแห้ง 91.92% และมีโภชนะต่าง ๆ คิดเป็นร้อยละของวัตถุแห้งดังนี้คือ โปรตีน 9.97, เถ้า 8.80, ไขมัน 1.51, NDF 61.03, ADF 3.88 และลิกนิน 4.67

จะเห็นได้ว่าหญ้าแห้งที่ผลิตได้ในครั้งนี้มีคุณภาพดีกว่าหญ้าแห้งที่ใช้ในโครงการย่อยที่ 1 ซึ่งผลผลิตที่ได้นี้จะนำไปใช้ในโครงการย่อยอื่น ๆ ต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2 การคำนวณค่าพลังงานจากการย่อยได้ในตัวสัตว์

นำหญ้ารูซี่แห้งที่ผลิตได้ในข้อ 3.1 จากศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์สันป่าตอง มาทดลองหาการย่อยได้ในตัวสัตว์ที่ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยใช้แม่โคลูกผสมพันธุ์ Holstein Friesian จำนวน 4 ตัว ให้ได้รับหญ้ารูซี่แห้งกินเป็นอาหารเดี่ยวอย่างเต็มที่โดยให้อาหารวันละ 2 ครั้ง (07.00 และ 18.00 น.) ทำการทดลองนาน 35 วัน โดยแบ่งเป็น 3 ระยะคือ 20 วันแรกเป็นระยะปรับตัว (preliminary period) เพื่อให้โคคุ้นเคยกับอาหารที่ใช้ทดลองและเพื่อให้อาหารเก่าที่เหลืออยู่ในทางเดินอาหารถูกขับออกจนหมด ทำการบันทึกปริมาณอาหารที่กินได้ ช่วงวันที่ 21 – 30 ลดปริมาณอาหารที่ให้ลงเหลือเพียง 90% ของปริมาณที่กินได้ เพื่อให้สัตว์กินอาหารได้หมด ป้องกันการเลือกกิน ช่วงวันที่ 31 – 35 เป็นช่วงเก็บข้อมูล (collection period) โดยใส่ชุดอุปกรณ์สำหรับแยกเก็บปัสสาวะเพื่อมิให้ปะปนกับมูลให้โคทดลองทุกตัว รายละเอียดในการเตรียมสัตว์ทดลอง การบันทึกข้อมูล และการเก็บตัวอย่างอาหารมูลและปัสสาวะ รวมทั้งการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและการคำนวณโภชนะย่อยได้ และพลังงานและสมดุลไนโตรเจน ทำเช่นเดียวกับโครงการย่อยที่ 10 การทดลองที่ 1

◈ **ผลการทดลอง**

องค์ประกอบทางเคมีของหญ้ารูซี่แห้งแสดงใน Table 3

Table 3 Chemical composition (% DM) and gross energy (GE) of ruzi hay

Chemical composition	% DM	Chemical composition	% DM
DM	92.90	ADF[1]	39.56
OM	93.62	ADL	5.30
CP	7.44	Cellulose	34.25
EE	2.27	Hemicellulose	27.21
Ash	6.38	NFC	17.15
NDF[1]	66.76	GE (Mcal/kg DM)	4.32

[1] Ash free

จะเห็นได้ว่าหญ้ารูซี่ที่ใช้ในการทดลองนี้มีโปรตีนต่ำกว่าหญ้ารูซี่สดที่สมพลและคณะ (2542) ได้รายงานไว้ (7.44 เทียบกับ 10.06 %) แต่มี NDF และ ADF ใกล้เคียงกัน โดยทั่วไประดับโปรตีนในพืชอาจเป็นผลเนื่องมาจากปริมาณปุ๋ยที่ให้นอกเหนือจากเรื่องอายุของพืช และปัจจัยอื่น ๆ ด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อนำหญ้ารูซี่แห้งไปให้โคนมแห้งที่ไม่อุ้มท้องกินเป็นอาหารเดี่ยวอย่างเต็มที่ได้ข้อมูล ดังแสดงใน Table 4

Table 4 Dry matter intake of ruzi hay consumed by non pregnant dry cows

	Body weight	Dry matter intake		
	(kg)	g/day	(% BW)	(g/kg $BW^{0.75}$)
Ruzi hay	391.5±85.38	5,404.00±429.9	1.38±0.11	61.40±4.88

จาก Table 4 จะเห็นได้ว่าโคนมแห้งน้ำหนักตัวเฉลี่ย 391.5 กก. กินหญ้ารูซี่แห้งเป็นอาหารเดี่ยวได้วันละ 5.4 กก.วัตถุแห้ง ซึ่งคิดเป็น 1.38% ของน้ำหนักตัวหรือ 61.4 g/kg $BW^{0.75}$ ซึ่งสูงกว่าปริมาณฟางข้าวหรือฟางหมักยูเรียที่บุญเสริมและคณะ (2545) ได้รายงานไว้เล็กน้อย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากหญ้ารูซี่แห้งมีความน่ากินกว่าวัสดุเศษเหลือทั้ง 2 ชนิดที่กล่าวข้างต้น สำหรับการย่อยได้ของโภชนะต่าง ๆ แสดงไว้ใน Table 5

Table 5 Digestibility, energy value and nitrogen balance of cows fed ruzi hay as a sole diet

	DM	OM	CP	EE	NDF	ADF	NFC	TDN	DE	N-balance
	←				%		→		(Mcal/kg DM)	(g/day)
Ruzi hay	57.35	60.80	54.31	37.53	59.57	54.33	71.50	59.09	2.32	1.25

จาก Table 5 จะเห็นได้ว่าหญ้ารูซี่แห้งมีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งเท่ากับ 57.35% และ TDN 59.09% ซึ่งสูงกว่าฟางธรรมดาที่บุญเสริมและคณะ (2545) ได้รายงานไว้ (50.3 และ 49.92% ตามลำดับ) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากหญ้ารูซี่มีโปรตีนสูงกว่าแต่มีเยื่อใยต่ำกว่าจึงทำให้จุลินทรีย์ในรูเมนสามารถย่อยสลายได้ดีกว่าฟางธรรมดาแต่ใกล้เคียงกับฟางหมักยูเรียเพราะฟางหมักยูเรียถูกปรับปรุงให้มีโปรตีนและการย่อยได้ของผนังเซลล์ดีขึ้น จึงทำให้มีพลังงานสูงขึ้น

เมื่อคำนวณสมดุลไนโตรเจน (N-balance) ของโคนมแห้งที่กินหญ้ารูซี่หมักเป็นอาหารเดี่ยว พบว่า มีค่า +1.25 ก./วัน แสดงว่าปริมาณโปรตีนที่โคกลุ่มนี้ได้รับเพียงพอกับความต้องการเพื่อการดำรงชีพ และเมื่อคำนวณเป็นปริมาณโปรตีนที่โคกินแล้วพบว่าเท่ากับ 333 ก. สูงกว่าค่าที่ NRC (1988) แนะนำไว้เล็กน้อย คือแนะนำว่าโคที่มีน้ำหนักตัว 400 กก. ต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพ 318 ก. ดังนั้นโคในการทดลองนี้จึงมีสมดุลไนโตรเจนเป็นบวก จากข้อมูลนี้แสดงให้เห็นว่าหญ้ารูซี่แห้งที่ผลิตได้ในครั้งนี้มีคุณค่าทางอาหารค่อนข้างดี สามารถใช้เป็นอาหารเดี่ยวเพื่อเลี้ยงโคที่โตเต็มที่แล้วแต่ไม่ให้ผลผลิตได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แต่ถ้าจะใช้เลี้ยงโคที่กำลังเจริญเติบโตหรือโคที่กำลังให้นมจะต้องเสริมอาหารข้นด้วยเพื่อให้ได้รับโภชนะเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย ข้อมูลอีกประการหนึ่งที่ได้จากการทดลองนี้ คือ ระดับโปรตีนประมาณ 7.5% ของอาหารน่าจะเพียงพอสำหรับการดำรงชีพของโค เพราะโคมีสมดุลไนโตรเจนเป็นบวกเล็กน้อย

พลังงาน ME และ NEL ที่คำนวณจาก TDN และที่คำนวณจาก DE โดยใช้เครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์วิเคราะห์ค่าพลังงานในอาหารและมูลของสัตว์โดยตรง แสดงไว้ใน Table 6

Table 6 Energy values calculated from TDN compared to those from DE of direct measurement

Energy	*In vivo*	Calculated from		Diff	Average
		TDN	DE	(% from TDN)	
TDN (%)	59.09	-	-		59.09
DE (Mcal/kg DM)	2.32	2.61	-	11.1	2.46
ME (Mcal/kg DM)	-	2.18	1.89	13.3	2.04
NEL (Mcal/kg DM)	-	1.30	1.17	10.0	1.23

จากตารางจะเห็นได้ว่าค่าพลังงาน ME และ NEL ที่คำนวณจาก TDN มีค่าสูงกว่าที่คำนวณจาก DE ประมาณ 10 – 13% ซึ่งสอดคล้องกับที่บุญเสริมและคณะ (2545) ได้รายงานไว้ในกรณีของฟางข้าวธรรมดา ฟางข้าวหมักยูเรีย ต้นถั่วเหลืองติดฝักแห้ง ต้นอ้อยตากแห้ง ข้าวโพดหมัก เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก และหญ้ารูซี่หมัก แต่ในกรณีของเปลือกฝักถั่วเหลือง ต้นข้าวโพดหวานหลังเก็บฝักหมัก และกระถินหมักพบว่า ME และ NELที่คำนวณจาก DE มีค่าสูงกว่า TDN จากข้อมูลเหล่านี้อาจเป็นเครื่องบ่งชี้ว่า สมการ NRC (1988) แนะนำให้ใช้นั้น ควรต้องมีการปรับปรุงบ้าง อย่างไรก็ดีการที่ค่าพลังงานคำนวณได้ทั้ง 2 วิธีนี้ไม่แตกต่างกันมากนักก็น่าจะเป็นข้ออนุโลมให้ใช้สมการได้ เพราะเป็นไปได้ยากที่จะหาสมการทำนายได้แม่นยำ 100%

2.3 **การประเมินค่าพลังงานโดยวิธี** *in vitro* gas production

ซึ่งตัวอย่างหญ้ารูซี่แห้งประมาณ 200 มก. นำไปหาค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (OMD) พลังงานใช้ประโยชน์ (ME) และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นม (NEL) ตามวิธีการของ Menke and Steingass (1988) ดังรายละเอียดในภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

◈ ผลการทดลอง

เมื่อนำหญ้ารูซี่แห้งมาทดสอบโดยวิธีวัดปริมาณแก๊สได้ผลดังนี้

Table 7 Volume of gas measured at different hours (ml/200 mg DM)

Hours	4	6	8	12	24	36	48	72	96
Ruzi hay	11.04	15.40	20.29	28.42	44.81	52.49	57.23	62.12	64.01

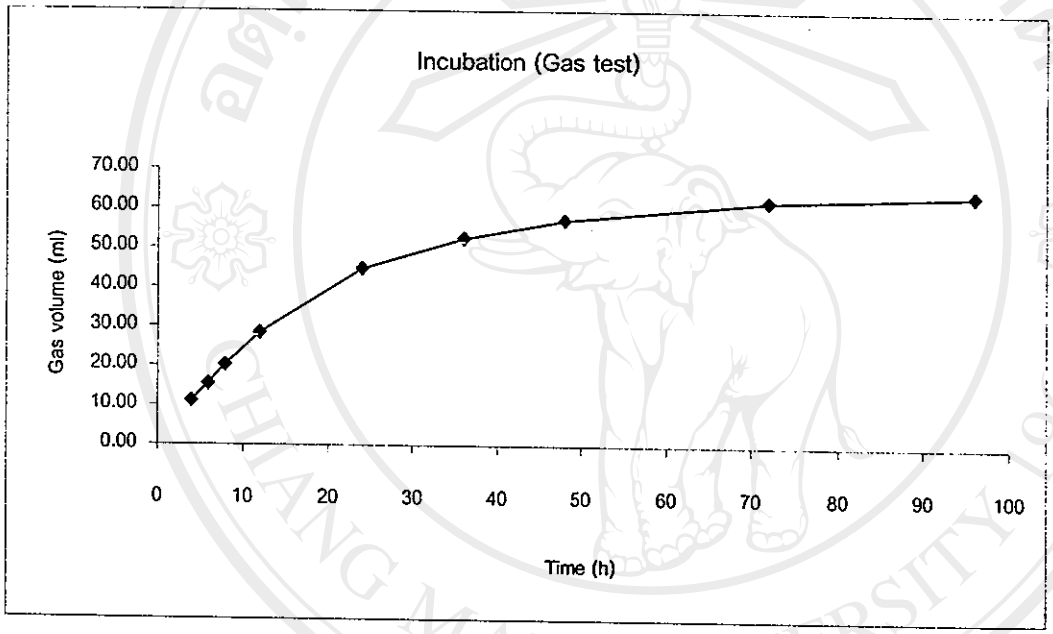


Figure 1 Volume of gas from degration of ruzi hay at different hours

จาก Table 7 และ Figure 1 พบว่าอัตราการเกิดแก๊สของหญ้ารูซี่แห้งจะเป็นไปอย่างรวดเร็วในระยะ 24 ชั่วโมงแรก หลังจากนั้นก็ค่อย ๆ ช้าลงแล้วค่อนข้างคงที่หลังชั่วโมงที่ 72 ทั้งนี้เพราะคาร์โบไฮเดรตและโภชนะที่ถูกย่อยสลายได้ง่ายได้ถูกใช้ไปหมดแล้วตั้งแต่ชั่วโมงแรก ๆ ของการหมัก

อัตราการเกิดแก๊สของหญ้ารูซี่แห้งในงานทดลองนี้เป็นไปในทำนองเดียวกับของฟางข้าวธรรมดา ฟางข้าวหมักยูเรีย ต้นถั่วเหลืองติดฝักแห้ง เปลือกฝักถั่วเหลือง และต้นอ้อยตากแห้ง ที่บุญเสริมและคณะ (2545) ได้รายงานไว้ แต่เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นที่ชั่วโมงต่าง ๆ ของหญ้ารูซี่แห้งในงานทดลองนี้กับพืชแห้งทั้ง 5 ชนิดของบุญเสริมและคณะ (2545) พบว่าหญ้าแห้งในงานนี้เกิดแก๊สมากกว่าพืชแห้งทั้ง 4 ชนิดแรก แต่น้อยกว่าต้นอ้อยตากแห้ง แสดงว่าหญ้ารูซี่แห้งมีแนวโน้มที่จะถูกหมักย่อยและใช้เป็นแหล่งพลังงานสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ค่อนข้างดี แม้ว่าจะต่ำกว่าต้นอ้อยตากแห้งซึ่งมีน้ำตาลอยู่สูงก็ตาม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อนำค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุและพลังงานที่ได้จากวิธีวัดปริมาณแก๊สมาเทียบกับวิธีที่ได้จาก *in vivo* digestibility ได้ค่าดังแสดงใน Table 6

Table 6 Organic matter digestibility and energy values calculated from *in vivo* and gas production methods

	OMD	TDN	DE	ME	NEL
	← (%) →		← (Mcal/kgDM) →		
in vivo	60.80	59.09	2.47	2.04	1.24
Gas	54.13	-	-	1.99	1.16
Average	57.46	59.09	2.47	2.02	1.20

จากตารางจะเห็นได้ว่าค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุที่วัดแบบ *in vivo* สูงกว่าที่ได้จากวิธี gas production ประมาณ 10 % อย่างไรก็ดี เมื่อคำนวณเป็นค่าพลังงาน ME และ NEL พบว่าค่าที่ได้จากทั้ง 2 วิธีใกล้เคียงกันมาก แสดงว่าวิธีประเมินค่าพลังงานที่สัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยวัดจากค่าแก๊สเป็นวิธีที่น่าจะใช้ได้ดีเพราะสามารถทำได้ง่าย รวดเร็วและประหยัดค่าใช้จ่าย

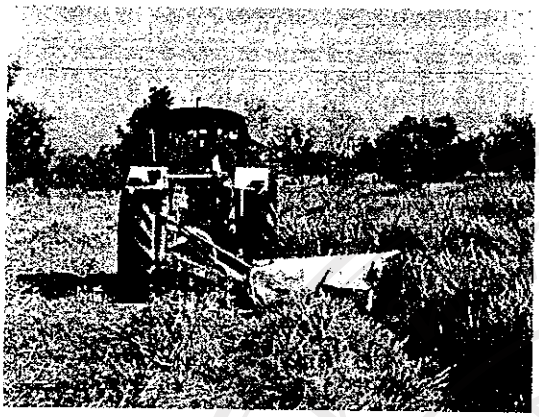
พลังงานของหญ้ารูซี่แห้งที่ได้จากการทดลองนี้ใกล้เคียงกับหญ้ารูซี่หมักร่วมกับกากน้ำตาล 5% ที่บุญเสริมและคณะ (2545) ได้รายงานไว้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากหญ้ารูซี่ทั้ง 2 ชนิดนี้ มีคุณค่าทางอาหารใกล้เคียงกันทั้งในแง่โปรตีน (7.44 vs 7.20) NDF (66.76 vs 62.38) ADF (39.56 vs 36.28) OMD (60.80 vs 59.27) และ TDN (59.09 vs 57.69) ทั้ง ๆ ที่หญ้า 2 ชุดนี้ผลิตคนละปี

3. สรุปผลการทดลองโครงการย่อยที่ 2

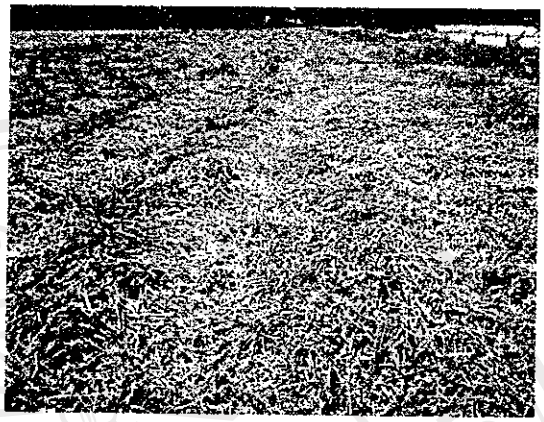
หญ้ารูซี่แห้งมีการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุเฉลี่ย 57.46 % มีค่า TDN 59.09% และ NEL 1.20 Mcal/kgDM

การประเมินค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุโดยวิธีวัดปริมาณแก๊ส แม้ว่าจะได้ค่าต่ำกว่าที่ทดลองกับตัวสัตว์โดยตรง แต่เมื่อคำนวณเป็นค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้และพลังงานสุทธิแล้ว พบว่าได้ค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าวิธีวัดปริมาณแก๊สสามารถใช้ทำนายค่าพลังงานของอาหารหยาบได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

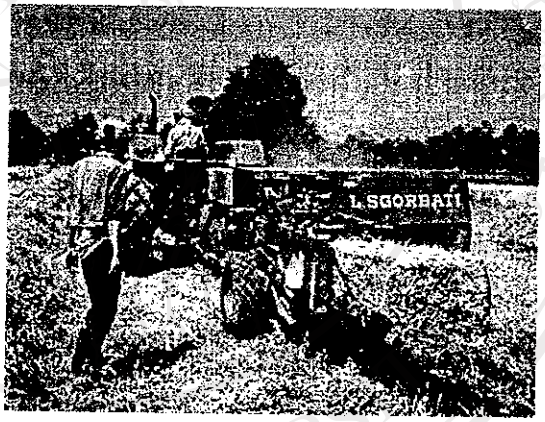


ใช้รถไถตัดหญ้ารูซี่ในแปลงขนาดใหญ่

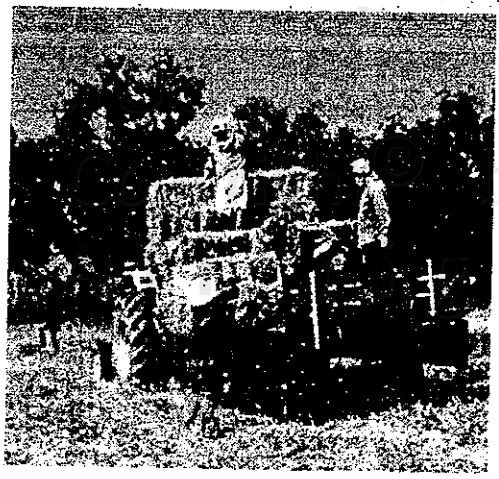


ลักษณะของหญ้ารูซี่ที่ถูกตัดเป็นแถว และตากแดดในแปลง

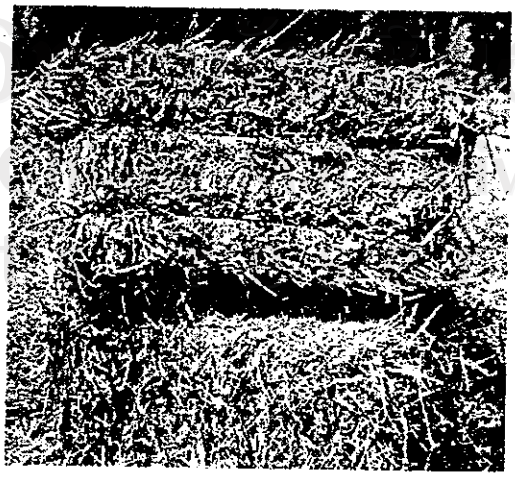
ลักษณะของการใช้รถไถกลับหญ้าในแปลง



ลักษณะทางด้านหลังของเครื่องอัดฟ่อน เป็นทางออกของหญ้า



ขนย้ายหญ้ารูซี่แห้งที่ได้อัดฟ่อนเสร็จเรียบร้อยแล้วไปเก็บในโกดัง



หญ้ารูซี่แห้งที่อัดฟ่อน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โครงการย่อยที่ 3 วิธีรักษาสภาพรูเมนให้เหมาะสมแก่การหมักย่อยอาหาร (ป้องกัน acidosis) โดยใช้บัฟเฟอร์และหญ้าแห้ง รวมทั้งผลที่มีต่อสมรรถภาพการผลิตของโคที่ให้นมสูง

1. หลักการ เหตุผล และวัตถุประสงค์

แม่โคที่ให้นมสูงต้องการโภชนะเพิ่มขึ้นเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย โดยเฉพาะพลังงาน เกษตรกรจึงจำเป็นต้องให้อาหารข้นแก่แม่โคในปริมาณมาก ผลสืบเนื่องต่อมาคือ การเกิดภาวะความเป็นกรดในกระเพาะรูเมนหรือแอซิโดสิส (acidosis) ซึ่งจะทำให้แม่โคกินและย่อยอาหารได้ลดลง ให้ผลผลิตน้ำนมและไขมันนมลดลง ผนังกระเพาะรูเมนเกิดการระคายเคือง นอกจากนี้ยังนำไปสู่การเกิดกีบอักเสบ (Nocek, 1997) และฝีในตับ (Nagaraja and Chengappa, 1998) ด้วย มีรายงานว่าการใช้พืชหมักเป็นอาหารหยาบหลักอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานจะส่งเสริมให้เกิดแอซิโดสิสรุนแรงขึ้น (Slyter, 1976) ซึ่งในปัจจุบันนี้ความนิยมใช้พืชหมักเป็นอาหารโคนมในประเทศไทยกำลังขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงอาจทำให้โคอยู่ในภาวะเสี่ยงต่อการเกิดวิการดังกล่าว ซึ่งมีผลกระทบต่อสุขภาพและสมรรถภาพในการผลิตของโค รวมทั้งรายได้ของเกษตรกรด้วย

วิธีลดภาวะการเกิดแอซิโดสิสสามารถทำได้หลายทาง เช่น การใช้หญ้าแห้งหรืออาหารหยาบเส้นใยยาวเสริมลงไปในสูตรอาหารเพื่อกระตุ้นการเคี้ยวเอื้องและการหลั่งน้ำลาย ซึ่งจะช่วยรักษาค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนไม่ให้ลดลงมากนัก แต่ในสภาพทั่วไปหญ้าแห้งที่นำมาใช้มักมีคุณภาพต่ำ จึงอาจเป็นปัญหาในการเบียดบังเนื้อที่ในกระเพาะรูเมนโดยเฉพาะอย่างยิ่งในโคที่ให้ผลผลิตสูงซึ่งต้องการพลังงานมาก การเสริมสารบัฟเฟอร์ลงในอาหารสามารถช่วยเพิ่มสมรรถภาพการผลิตและช่วยลดอัตราการเกิดแอซิโดสิสในโคนมได้เช่นกัน สารบัฟเฟอร์ที่ใช้ส่วนใหญ่ได้แก่ โซเดียมไบคาร์บอเนต (sodium bicarbonate) โพแทสเซียมไบคาร์บอเนต (potassium bicarbonate) และเบนโทไนต์ (bentonite) นอกจากนี้การเพิ่ม pH ในกระเพาะรูเมนยังสามารถใช้สารที่มีสมบัติเป็นด่าง (alkalizing agents) ได้แก่ แมกนีเซียมออกไซด์ (magnesium oxide) และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (calcium hydroxide) เป็นต้น จากการทดลองในโครงการย่อยที่ 1 พบว่าการใช้หญ้าแห้ง 3 กก. ร่วมกับโซเดียม-ไบคาร์บอเนตในสูตรอาหาร TMR ที่มีหญ้าหมักเป็นอาหารหยาบหลักและมีอาหารข้นระดับสูงช่วยให้สมรรถภาพในการผลิตน้ำนมมีแนวโน้มดีขึ้น และให้ผลตอบแทนแก่เกษตรกรสูงขึ้น แต่การทดลองดังกล่าวใช้หญ้าแห้งคุณภาพค่อนข้างต่ำ คือ มีโปรตีนเพียง 4.3% ซึ่งไม่เหมาะสมสำหรับโคที่ให้นมสูง เพราะจะเบียดบังเนื้อที่ในกระเพาะรูเมนดังได้กล่าวมาแล้ว ดังนั้นถ้ามีการผลิตและนำหญ้าแห้งคุณภาพดีมาใช้ในสูตรอาหารจะช่วยให้โคได้รับโภชนะเพิ่มขึ้น ประกอบกับการทดลองนี้ต้องการศึกษาถึงผลของการใช้บัฟเฟอร์ร่วมกับ alkalizing agent เช่น MgO ในการป้องกันปัญหาแอซิโดสิสด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาถึงผลของการเสริมโซเดียมไบคาร์บอเนตร่วมกับแมกนีเซียม-ออกไซด์ และหญ้าแห้งคุณภาพดีในการแก้ปัญหาแอซิโดสิสเพื่อเป็นแนวทางในการประกอบสูตรอาหารสำหรับโคที่ให้นมสูงต่อไป

2. ผลงานวิจัยและรายงานที่เกี่ยวข้อง (บางส่วน)

ภาวะความเป็นกรดในกระเพาะรูเมนหรือแอซิโดสิส มีชื่อเรียกทั่วไปหลากหลายชื่อ เช่น overeating, acute impaction, grain engorgement, founder และ overloading เป็นต้น (Elam, 1976) เป็นภาวะที่มีการเพิ่มขึ้นของกรดหรือไฮโดรเจนอิออนในของเหลวภายในร่างกาย แอซิโดสิสในสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยทั่วไปจะแบ่งเป็น 2 แบบ คือ acute acidosis และ subclinical acidosis (Nocek, 1997) อาการโดยทั่วไปคือ เบื่ออาหารและถ่ายเหลว นอกจากนี้ยังอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพทางสรีระ ดังนี้

1. ระดับของกรดแลคติกในกระเพาะรูเมนและในเลือดเพิ่มสูงขึ้น
2. pH ในกระเพาะรูเมนและในเลือดต่ำกว่า 5.5 และ 7.35 ตามลำดับ (Owens *et al.*, 1998)
3. แรงดันออสโมติกในกระเพาะรูเมนเพิ่มสูงขึ้น
4. แบคทีเรียกรัมลบในกระเพาะรูเมนลดลง แต่แบคทีเรียกรัมบวกจะเพิ่มจำนวนมากขึ้น
5. โปรโตซัวในกระเพาะรูเมนลดลง
6. ผนังกระเพาะรูเมนถูกทำลาย
7. กระเพาะรูเมนเคลื่อนไหวน้อย
8. pH ในปัสสาวะลดต่ำลง
9. สูญเสียน้ำมาก ทำให้เลือดข้นขึ้นและไหลเวียนได้ยาก (Elam, 1976)

การเกิดแอซิโดสิสทำให้โคกินอาหารและมีสมรรถภาพการผลิตลดลง ซึ่งเป็นปัญหาที่ควรได้รับการแก้ไข การเสริมสารบัฟเฟอร์สามารถช่วยลดสภาพความเป็นกรดภายในกระเพาะรูเมน ซึ่งเป็นทางหนึ่งที่อาจช่วยลดปัญหาการเกิดแอซิโดสิสได้

ตัวอย่างบัฟเฟอร์ที่ใช้กันทั่วไป ได้แก่ โซเดียมและโพแทสเซียมไบคาร์บอเนต เกลือคาร์บอเนตของแมกนีเซียม แคลเซียม โซเดียม และโพแทสเซียม นอกจากนี้ยังมีแมกนีเซียมออกไซด์ แมกนีเซียม-ไฮดรอกไซด์ และเบนโทไนต์ เป็นต้น (Linn, 1990)

การนำสารบัฟเฟอร์มาใช้ในสัตว์เคี้ยวเอื้องมีรายงานการวิจัยมากมาย เช่น

Teh *et al.* (1985) ได้ศึกษาถึงผลการใช้แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ในระดับต่าง ๆ ร่วมกับโซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) ในโคนมที่อยู่ในช่วงระยะแรกของการให้นม โดยแบ่งการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ออกเป็น 6 ทรีทเมนต์ ประกอบด้วย 1) ไม่ได้เสริมบัฟเฟอร์ 2) เสริม 0.4% MgO 3) เสริม 0.8% MgO 4) เสริม 0.8% $NaHCO_3$ 5) เสริม 0.4% MgO ร่วมกับ 0.8% $NaHCO_3$ และ 6) เสริม 0.8% MgO ร่วมกับ 0.8% $NaHCO_3$ พบว่าปริมาณการกินได้ในกลุ่มที่เสริมบัฟเฟอร์ทั้งสองชนิดมีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างไม่มีนัยสำคัญ การเสริม 0.4% MgO เพียงอย่างเดียวหรือเสริมร่วมกับ $NaHCO_3$ จะทำให้ได้ผลผลิตน้ำนมมากกว่ากลุ่มอื่น ค่า pH ในรูเมนจะเพิ่มขึ้นเมื่อเสริม $NaHCO_3$เพียงอย่างเดียวหรือเสริมร่วมกับ MgO ในสูตรอาหารที่มีการเสริมสารทั้ง 2 ชนิดนี้ พบว่าจะทำให้โพรพิโอเนต (propionate) และวาเลอเรต (valerate) ลดลง ค่า pH ในมูลจะเพิ่มขึ้นในโคกลุ่มที่เสริม MgO เพียงอย่างเดียวหรือเสริมร่วมกับ $NaHCO_3$ การเสริม MgO จะทำให้แมกนีเซียมในพลาสมาเพิ่มขึ้น

Kennelly *et al.* (1999) ศึกษาผลของอัตราส่วนระหว่างอาหารข้นต่ออาหารหยาบและการเสริม $NaHCO_3$ต่อปริมาณการกินได้ สภาพการหมักในกระเพาะรูเมน ประสิทธิภาพการย่อยได้ ปริมาณและองค์ประกอบน้ำนม โดยแบ่งการทดลองเป็น 4 ทรีทเมนต์ ทดลองในโคเจาะกระเพาะ 4 ตัว ให้อาหาร TMR ซึ่งมีอาหารข้นต่ออาหารหยาบในอัตราส่วน 50 : 50 หรือ 75 : 25 และเสริมหรือไม่เสริมด้วย 1.2% $NaHCO_3$ พบว่าทุกกลุ่มมีปริมาณการกินได้ไม่แตกต่างกัน ในโคที่ได้รับอาหารข้นสูงมี pH ในรูเมน รวมทั้งอะซิเตท (acetate) และบิวทีเรต (butyrate) ลดลง แต่มีโพรพิโอเนตเพิ่มขึ้น การเสริม $NaHCO_3$ ทำให้ปริมาณกรดไขมันระเหยได้เพิ่มขึ้น อะซิเตทเพิ่มขึ้น และพบว่าอัตราส่วนระหว่างอาหารข้นต่ออาหารหยาบมีผลต่อปริมาณ และองค์ประกอบของน้ำนม รวมทั้งการเสริม $NaHCO_3$ สามารถช่วยป้องกันการลดลงของไขมันในน้ำนมได้ด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อให้อาหารข้นในระดับสูง

Erdman *et al.* (1982) ได้ศึกษาผลของการเสริม 1.0% $NaHCO_3$ และ 0.8% MgO ในอาหารโคในช่วงระยะแรกของการให้นม โดยแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ในการทดลองที่ 1 พบว่าการเสริมบัฟเฟอร์ทั้ง 2 จะไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้และผลผลิตน้ำนม แต่การเสริม MgO สามารถเพิ่มค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งขึ้น 1.8% ส่วน $NaHCO_3$ ทำให้การย่อยได้ของแป้งลดลง 1.8% ขณะที่ ADF มีการย่อยได้เพิ่มขึ้น 9 – 12% ในการทดลองที่ 2 พบว่าปริมาณการกินได้ต่อหน่วยน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น 0.18% เมื่อเสริม $NaHCO_3$ โดยที่ไม่มีผลต่อผลผลิตน้ำนม และถ้าเสริมร่วมกับ MgO จะมีผลทำให้ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งและ ADF เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ขณะที่การเสริม MgO เพียงอย่างเดียวทำให้สมดุลไนโตรเจนเพิ่มขึ้น 23 ก./วัน จากทั้ง 2 การทดลองพบว่าการเสริม $NaHCO_3$ หรือ MgO ช่วยป้องกันการลดต่ำลงของ pH ในกระเพาะรูเมนได้โดยไม่มีผลต่อความเป็นกรด – ด่างในเลือดและถ้าเสริมในสูตรอาหารที่มีปริมาณเยื่อใยต่ำจะทำให้เปอร์เซนต์ไขมันในน้ำนมเพิ่มขึ้น 0.5 – 0.9%

Stokes and Bull (1986) ได้ศึกษาผลของการเสริม $NaHCO_3$, $NaHCO_3$ ร่วมกับ MgO และบัฟเฟอร์ผสมที่ขายในทางการค้า ต่อสมรรถภาพการผลิตของโคนมในระยะแรกของการให้นมที่ได้รับอาหารข้น 70% และอาหารหยาบคือ hay crop silage 30% โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ทรีทเมนต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คือ 1) กลุ่มควบคุมที่ไม่เสริมบัฟเฟอร์ 2) เสริม 0.7% $NaHCO_3$ 3) เสริม 0.7% $NaHCO_3$ ร่วมกับ 0.28% MgO และ 4) เสริม 1.8% บัฟเฟอร์ผสมที่ขายในทางการค้า พบว่าบัฟเฟอร์ทุกชนิดไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ ปริมาณน้ำนมหรือองค์ประกอบน้ำนมและ pH ในกระเพาะรูเมน แต่ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ พลังงาน และเยื่อใยดีขึ้นเมื่อเสริมบัฟเฟอร์ผสมทางการค้า นอกจากนี้ยังพบว่าบัฟเฟอร์ทุกชนิดมีผลช่วยลดกรดไขมันระเหยได้ที่เกิดขึ้นในกระเพาะรูเมนและช่วยเพิ่มอัตราการไหลผ่านของอาหารจากกระเพาะรูเมนด้วย

3. การทดลอง

โครงการนี้แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง คือ

❖ **การทดลองที่ 1** ศึกษาคุณสมบัติของโซเดียมไบคาร์บอเนตและแมกนีเซียมออกไซด์

1.1 **การหาค่า** pH **และ** buffering capacity (BC) **(วิธีการของ** Xu *et al.*, 1994)

ชั่งโซเดียมไบคาร์บอเนตและแมกเนเซียมออกไซด์อย่างละ 10 ก. นำมาละลายในน้ำกลั่นที่ไม่มีอิออนในอัตราส่วน 1 : 10 (w/v) คนให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที ทำการวัดค่า pH โดยใช้ glass electrode pH meter

นำโซเดียมไบคาร์บอเนตปริมาณ 0.5 ก. มาละลายในน้ำกลั่นที่ไม่มีอิออน (distilled deionized water) ปริมาตร 50 มล. และกวนให้เข้ากันด้วย magnetic stirror หลังจากตั้งทิ้งไว้ 30 นาที จึงทำการวัด pH เริ่มต้น โดยใช้ glass electrode pH meter จากนั้นไตเตรทด้วย 0.1 *N* HCl จนกระทั่ง pH เท่ากับ 4 บันทึกปริมาณกรดที่ใช้ไตเตรทแล้วนำมาคำนวณหาค่า BC โดยใช้สูตร ดังนี้

BC = meq ของ pH เริ่มต้น – meq ของ pH 4

โดย milliequivalent (meq) = ปริมาณ HCl (มล.) ที่ใช้ในการไตเตรท x normality ของ HCl

1.2 **การหาค่า** total acid consuming capacity (TACC) **(วิธีการของ** Xin *et al.*, 1989)

ชั่งโซเดียมไบคาร์บอเนตและแมกนีเซียมออกไซด์อย่างละ 1.2 ก. นำมาละลายด้วย 0.2 *N* HCl ปริมาณ 250 มล. ใน erlenmeyer flask ขนาด 500 มล. แล้วนำไปบ่มใน shaking water bath ที่ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 37°c เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากนั้น เติม methyl red 0.1% methylene blue 0.05% (mixed indicator) และทำการไตเตรทด้วย 0.2 *N* NaOH ค่า TACC ที่คำนวณได้จะเป็น meq ของ H^+ ต่อตัวอย่าง 1 ก.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.3 การหาขนาดอนุภาคและพื้นที่ผิวจำเพาะ

การหาขนาดอนุภาคและพื้นที่ผิวจำเพาะของแมกนีเซียมออกไซด์ทำได้โดยใช้เครื่อง Particle size analyzer, Laser diffraction รุ่น Mastersizer S Ver.2.19 ของบริษัท Malvern Instruments ประเทศสหรัฐอเมริกาโดยตั้งค่า refractive index ของแมกนีเซียมออกไซด์ในซอฟท์แวร์ Mastersizer S ซึ่งเท่ากับ 1.735 หลังจากนั้นตวงน้ำกลั่นที่ไม่มีอิออนปริมาตร 500 มล. ใส่ลงในบีกเกอร์ กวนด้วยความเร็วรอบ 2,500 rpm ค่อย ๆ เติมแมกนีเซียมออกไซด์ลงไปให้อยู่ในช่วง 10 – 30% อ่านค่าที่ปรากฏบนจอคอมพิวเตอร์

◈ ผลการทดลองที่ 1

ผลการศึกษาคุณสมบัติการเป็นบัฟเฟอร์ของโซเดียมไบคาร์บอเนต ความสามารถในการทำปฏิกิริยากับกรด ขนาดอนุภาคและพื้นที่ผิวจำเพาะของแมกนีเซียมออกไซด์ที่ใช้ในการทดลอง แสดงใน Table 1

Table 1 Physical and Chemical properties of $NaHCO_3$ and MgO.

	pH	BC (meq)	TACC (meq H^+/g)	Particle size (μm)	Specific surface area (sq.m/g)
$NaHCO_3$	8.42	2.48	33.09	-	-
MgO	10.85	-	47.46	42.95	0.29

จาก Table 1 จะเห็นว่า pH ของ MgO มีค่าสูงกว่า $NaHCO_3$ ทั้งนี้เป็นเพราะคุณสมบัติทางเคมีของ MgO ที่เมื่อละลายน้ำแล้วจะแตกตัวเป็น Mg^+ และ OH^- ซึ่งมีฤทธิ์เป็นด่างในขณะที่ $NaHCO_3$ ที่แตกตัวเป็น Na^+ และ HCO_3^- และมีคุณสมบัติในการเป็นบัฟเฟอร์ คือสามารถทนต่อสภาพการเปลี่ยนแปลงจากกรดและด่างได้ในช่วงหนึ่ง โดยความจุในการรักษาสภาพความเปลี่ยนแปลง pH หรือ buffering capacity ของ $NaHCO_3$ มีค่าเท่ากับ 2.488 meq ส่วนค่า TACC ซึ่งเป็นค่าความจุกรดของสาร หรือความทนต่อปริมาณกรดที่ใส่ลงไปในสารนั้น ๆ พบว่า MgO มีค่า TACC สูงกว่า $NaHCO_3$ ทั้งนี้เพราะคุณสมบัติในการเป็นด่าง ดังนั้นปริมาณกรดที่ใช้เติมลงไปจนกระทั่ง pH มีค่าเป็นกลาง และจากค่า pH ที่เป็นกลางลดต่ำลงจนมีค่า pH เป็นกรด จึงมีค่าสูงกว่า $NaHCO_3$ นอกจากนี้ผลการทดลองของ Xin *et al.* (1989) ที่แสดงใน Table 2 พบว่าค่า TACC ยังมีความสัมพันธ์กับขนาดอนุภาค และค่าการละลายได้ของสารนั้น ๆ ด้วย โดย MgO - C ซึ่งมีขนาดอนุภาคเล็กที่สุดจะมีค่าการละลายและค่า TACC สูงที่สุด อีกทั้งขนาดอนุภาคของ MgO ที่เล็กกว่ายังทำให้อัตราในการทำปฏิกิริยาเกิดขึ้นเร็วกว่าด้วย

เลขหมู่.....
สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 2 TACC, solubility and other properties of magnesium oxides.

Material	Particle size (μm)	Reactivity rate (second)	Solubility (%)	TACC (meq H+/g)
MgO-A	324.1	10,000	4.30	20.74
MgO-B	425.6	7,664	1.40	15.72
MgO-C	237.9	1,119	22.80	28.52

Source: Xin *et al.* (1989)

ในการทดลองนี้อนุภาคของ MgO ที่ใช้มีขนาด 42.95 μm หรือประมาณ 325 mesh (ผลการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก 2) ซึ่งเล็กกว่า MgO ทั้ง 3 ชนิดที่แสดง ใน Table 2 ทำให้มีค่า TACC สูงกว่าด้วยเหตุผลเดียวกันจึงอาจคาดได้ว่าจะมีอัตราเร็วในการทำปฏิกิริยาสูงกว่าด้วย ทั้ง $NaHCO_3$ และ MgO นอกจากใช้ลดความเป็นกรดในกระเพาะรูเมนได้แล้ว ยังสามารถถูกนำไปใช้เป็นประโยชน์ในตัวสัตว์ โดยเป็นแหล่งของ Na^+, HCO_3^- และ Mg^{++} สำหรับใช้ในกระบวนการต่าง ๆ ในร่างกาย อย่างไรก็ตามการใช้ประโยชน์ได้ของ MgO ในตัวสัตวไม่ได้ขึ้นกับค่าการละลายหรือขนาดอนุภาคเพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับปริมาณแร่ธาตุตัวอื่น ๆ ด้วย เช่น Ca, P และ K โดยถ้าปริมาณ K ในอาหารมากเกินไปจะทำให้การดูดซึม Mg ลดลง (Miller, 1998) หรือถ้าระดับไขมันในสูตรอาหารเพิ่มขึ้นก็จะมีผลต่อการใช้ประโยชน์ของแร่ธาตุต่าง ๆ รวมทั้ง Mg ด้วย (Pantoja *et al.*,1997) นอกจากนี้อายุของสัตว์ก็มีผลต่อการใช้ประโยชน์ได้ของ MgO เช่นกัน โดยพบว่าสัตว์ที่มีอายุน้อยกว่าสามารถดึง Mg จาก body reserves มาใช้ได้ดีกว่าสัตว์ที่มีอายุมาก (Van *et al.*,1990 อ้างโดย Miller, 1998) ผลจากการทดลองแสดงว่า $NaHCO_3$ และ MgO ชนิด feed grade ที่ใช้ในการทดลองนี้มีคุณสมบัติดีเพียงพอสำหรับใช้เพื่อเป็นบัฟเฟอร์หรือใช้ลดความเป็นกรดในกระเพาะรูเมน นอกจากนั้น MgO ยังมีขนาดอนุภาคเล็กกว่าถึง 5 เท่า ซึ่งน่าจะทำให้ความสามารถในการละลายดีขึ้นไปด้วย

❖ **การทดลองที่ 2** ศึกษาศักยภาพของหญ้าแห้งในการป้องกัน acidosis

ทำการศึกษาในโครีดนมโดยใช้แม่โคลูกผสมพื้นเมืองโฮลสไตน์ฟรีเซียนระดับสายเลือดประมาณ 87.5% ขึ้นไปที่อยู่ในระยะรีดนมช่วงแรก-ช่วงกลางของการให้นมจำนวน 6 ตัว น้ำหนักตัวเฉลี่ย 500 กก. ให้น้ำนมประมาณ 20 กก. อาหารทดลองที่ใช้มีสัดส่วนอาหารข้น : อาหารหยาบเป็น 70 : 30 จัดสัดส่วนอาหารให้โคได้รับโภชนะตามความต้องการ ตามมาตรฐาน NRC (1988) คำนวณโดยใช้โปรแกรม XRATION (สมคิด, 2542) โดยมี 3 กลุ่มทดลองดังนี้

T1 = หญ้ารูซี่หมัก + อาหารข้น (เสริม 15% $NaHCO_3$ และ 0.8% MgO)

T2 = หญ้ารูซี่หมัก + หญ้ารูซี่แห้ง + อาหารข้น (เสริม 15% $NaHCO_3$ และ 0.8% MgO)

T3 = หญ้ารูซี่แห้ง + อาหารข้น (ไม่เสริมบัฟเฟอร์)

T4 = หญ้ารูซี่หมัก + อาหารข้น (ไม่เสริมบัฟเฟอร์)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หญ้ารูซี่หมักเป็นหญ้ารูซี่ที่ปลูกในแปลงใหญ่ เนื้อที่ประมาณ 10 ไร่ ตัดเมื่ออายุประมาณ 50 วัน ก่อนตัดทำการพ่นสารละลายกากน้ำตาลที่ผสมน้ำในอัตราส่วน 1 : 1 โดยปริมาตร ลงในแปลงหญ้า คิดเป็นอัตรากากน้ำตาลประมาณ 5% ของน้ำหนักหญ้าสด ใช้รถแทรกเตอร์ตัดหญ้าในแปลงให้มีขนาดประมาณ 20 ซม. นำมาหมักแบบกองบนพื้นซีเมนต์ที่รองด้วยพลาสติกใส ทำการไล่อากาศโดยการใช้รถแทรกเตอร์อัดทับจนแน่นเป็นชั้น ๆ เมื่อได้หญ้าประมาณ 15 ตัน ปิดกองให้ปิดชิดด้วยพลาสติกใส และพลาสติกหนาสีดำอีกครั้งหนึ่ง ทำเช่นนี้ 2 กอง เก็บไว้นานประมาณ 3 เดือนก่อนที่จะเปิดนำมาใช้

ส่วนหญ้ารูซี่แห้งเป็นหญ้าแปลงเดียวกับหญ้าที่นำมาหมัก หลังจากตัดแล้วทำการตากไว้ในแปลงประมาณ 3 – 5 วัน และอัดเป็นฟ่อนขนาดประมาณ 8 – 12 กก. รายละเอียดของการทำหญ้าแห้งแสดงไว้ในโครงการย่อยที่ 2 ก่อนนำหญ้าแห้งมาผสมในสูตรอาหารเลี้ยงโคหั่นให้มีขนาดชิ้นประมาณ 3 – 5 ซม. พร้อมทั้งคัดเอาส่วนที่เป็นก้านแข็งออกเพราะโคไม่ชอบ ปริมาณบัฟเฟอร์ทั้ง 2 ชนิดที่ใช้คิดเป็นร้อยละของอาหารข้น

แผนการทดลองเป็นแบบ Balance design โดยทำการทดลอง 4 ระยะ ๆ ละ 17 วัน ทำการสลับตัวโคให้ได้รับอาหารชนิดใหม่หมุนเวียนกันไปทุกระยะ แต่เนื่องจากอาหารสูตรที่ 4 คาดว่าจะทำให้เกิดแอซิโดสิสอันเนื่องมาจากการใช้อาหารข้นระดับสูงร่วมกับหญ้ารูซี่หมัก จึงได้ทำการทดลองภายหลังโดยทดลองกับโคทุกตัวพร้อมกันหมด ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบของแอซิโดสิสที่มีต่อสมรรถภาพการผลิตเมื่อโคได้รับอาหารสูตรถัดไป แผนการทดลองแสดงไว้ใน Table 3 แต่ละระยะให้โคได้ปรับตัวเข้ากับอาหารทดลองเป็นเวลา 10 วันก่อนทำการเก็บข้อมูลในระยะ 7 วันหลังทำการประเมินน้ำหนักโคโดยการวัดรอบอกทุกครั้งก่อนและสิ้นสุดแต่ละคาบ

Table 3 Experimental design

	Cow 1	Cow 2	Cow 3	Cow 4	Cow 5	Cow 6
Period1	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Period 2	T2	T3	T1	T3	T1	T2
Period 3	T3	T1	T2	T2	T3	T1
Period 4	T4	T4	T4	T4	T4	T4

ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง คือ เวลา 8.30 และ 15.00 น. มีน้ำให้ดื่มตลอดเวลา รีดนมวันละ 2 ครั้ง เวลา 5.30 และ 15.30 น.

ในระยะทดลองทำการบันทึกปริมาณอาหารที่กินได้ ผลผลิตน้ำนม และใน 3 วันสุดท้ายของแต่ละคาบ ทำการวัดค่าความเป็นกรด-ด่างในมูลและปัสสาวะ หาค่าวัตถุแห้งในมูล ประเมินคะแนนความคงตัวของมูล (fecal consistency score) ตามวิธีการของ Hutjens (2002) ในแต่ละคาบทำการวัด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อัตราการหายใจและอัตราการเคี้ยวเอื้องเป็นเวลา 3 วัน นอกจากนี้สุ่มเก็บตัวอย่างหญ้าหมักเพื่อวัดปริมาณกรดอินทรีย์โดยวิธีการกลั่น (Zimmer, 1966 อ้างโดย บุญล้อมและบุญเสริม, 2525) วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (Bal *et al.*, 1997) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่ให้และอาหารเหลือโดยวิธี Proximate analysis (AOAC., 1984) และ Detergent method (Goering and Van Soest, 1970) วิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำนมและคำนวณต้นทุนการผลิต

หลังจากสิ้นสุดคาบที่ 3 แล้วให้โคทุกตัวได้รับอาหารสูตร T3 เพื่อเป็นการปรับสภาพก่อนให้อาหารสูตร T4 ซึ่งประกอบด้วย หญ้าหมักและอาหารข้นที่ไม่ได้เสริมบัฟเฟอร์แต่สัดส่วนอาหารข้นต่ออาหารหยาบยังคงเป็นเช่นเดิม สูตรนี้คาดว่าจะสามารถชักนำให้เกิดแอซิโดสิสได้เพื่อใช้เป็นฐานในการเปรียบเทียบสมรรถภาพการผลิตกับอาหารสูตรอื่น ๆ ที่ทดลองใน 3 คาบแรก สูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงโคทั้ง 4 สูตร แสดงใน Table 4

Table 4 Amount of TMR offered (kg/day, as fed) and the composition of concentrate mixture.

TMR	1	2	3	4		1	2	3	4
Ruzi silage	23.01	10.99	-	22.62	Concentrate (%)				
Ruzi hay	-	3.00	5.64	-	Ground corn	57.42	58.25	60.59	59.03
Concentrate	12.86	12.93	13.08	12.93	Soybean meal	22.49	21.79	21.76	23.13
$NaHCO_3$	0.20	0.20	-	-	Rice bran	10.00	10.00	10.00	10.00
MgO	0.11	0.11	-	-	Fish meal	5.00	5.00	5.00	5.00
Total weight (as fed)	36.18	27.23	18.72	35.55	Limestone	0.23	0.17	0.16	0.31
Total weight (DM)	16.96	17.18	16.75	16.64	Mineral mixed	2.56	2.49	2.49	2.54
Vit.AD3E (g)	2.89	2.57	2.91	2.94					
MgO	0.80	0.80	-	-					
$NaHCO_3$	1.50	1.50	-	-					

◈ ผลและวิจารณ์การทดลองที่ 2

คุณภาพของหญ้ารูซี่หมักและองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร

ในทุกระยะของการทดลองทำการสุ่มเก็บตัวอย่างหญ้ารูซี่หมักนำมารวมกัน แล้ววัดค่าความเป็นกรด – ด่าง และปริมาณกรดอินทรีย์ เพื่อประเมินเป็นคะแนนคุณภาพได้ค่าดัง Table 5

Table 5 Organic acids, pH and quality score of ruzi silage.

		Organic acids (% fresh basis)			Quality
	pH	Acetate	Butyrate	Lactate	score
Ruzi silage	4.74	0.58	1.99	0.34	10

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จาก Table 5 จะเห็นว่าหญ้ารูซี่หมักที่ใช้ในการทดลองนี้มีคุณภาพต่ำคือ มีค่า pH 4.74 (ค่า pH ของพืชหมักคุณภาพดีควรอยู่ในช่วง 3.7 – 4.2) โดยมีปริมาณกรดอะซิติก 0.58% กรดบิวทีริก 1.99% และกรดแลคติก 0.34% การเกิดกรดอะซิติกมาก แต่มีกรดแลคติกต่ำของหญ้าหมักในการทดลองนี้ แสดงว่ามีการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่พึงปรารถนา เช่น พวก Clostridium และ Enterobacteria มากกว่า Lactic acid bacteria ซึ่งอาจเป็นเพราะความชื้นในหญ้าที่นำมาหมักค่อนข้างสูง (79.19%) มากกว่าระดับปกติที่เหมาะสมซึ่งอยู่ในช่วง 65 – 70% (บุญล้อมและคณะ, 2543) การที่ความชื้นของพืชที่นำมาหมักสูงเกินไป ทำให้เกิดการสูญเสียโภชนะไปกับน้ำที่ไหลออกจากพืชหมัก (seepage loss) ซึ่งพบในกองหญ้าหมักที่ทดลอง นอกจากนี้หญ้าที่นำมาใช้หมักมีโปรตีนสูงถึง 8.2% เนื่องจากเป็นหญ้าที่อายุตัดประมาณ 50 วัน ซึ่งการที่พืชมีโปรตีนสูงและมีเยื่อใยต่ำนั้นมีความเสี่ยงสูงที่จะได้หญ้าหมักคุณภาพต่ำ (Tjandraatmadja *et al.*, 1994 อ้างโดย สมสุข, 2544) เพราะปริมาณโปรตีนในพืชหมักจะมีความสัมพันธ์กับค่า buffering capacity นั่นคือ พืชที่มีโปรตีนสูงจะมีค่า buffering capacity สูงตามไปด้วยเพราะโปรตีนมีสมบัติในการเป็นบัฟเฟอร์ (บุญล้อม, 2546) ซึ่งค่า buffering capacity ที่สูงจะมีผลทำให้กระบวนการทำพืชหมักเกิดขึ้นได้ยาก เพราะพืชจะสามารถรักษาหรือควบคุมความเป็นกรด – ด่างได้ ทำให้ pH ของพืชหมักลดต่ำลงช้าเกินไปจนจุลินทรีย์กลุ่มที่สร้างกรดแลคติกไม่สามารถเพิ่มประชากรได้ตามปกติ ทำให้ได้พืชหมักคุณภาพไม่ดี (เมธา, 2529)

องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารแต่ละชนิดที่ใช้เลี้ยงโคนมดังแสดงใน Table 6 จะเห็นได้ว่า หญ้าแห้งมีโปรตีนสูงกว่าหญ้าหมักแต่มี ADF ต่ำกว่าทั้ง ๆ ที่หญ้าหมักและหญ้าแห้งที่ใช้นี้มาจากแปลงเดียวกันและตัดที่อายุเท่ากัน ทั้งนี้เป็นเพราะหญ้าแห้งที่ใช้ทดลองได้มีการแยกเอาส่วนของก้านแข็งออกไปในขณะที่หญ้าหมักไม่ได้แยก ส่วนเปอร์เซ็นต์ของเถ้าในหญ้าหมักซึ่งมีค่าสูงกว่าหญ้าแห้งนั้น อาจเกิดเนื่องมาจากกากน้ำตาลที่พ่นลงไปบนแปลงหญ้าก่อนทำการตัดเพื่อนำมาหมัก เพราะกากน้ำตาลมีเปอร์เซ็นต์เถ้าประมาณ 13.3% (NRC, 2001) และนอกจากนี้อาจมีการปนเปื้อนของเศษดินหรือทรายที่ติดมากับหญ้าหมักบ้าง ส่วนอาหารข้นที่ใช้แต่ละสูตรมีองค์ประกอบทางเคมีต่าง ๆ รวมทั้งค่าพลังงานที่ใกล้เคียงกัน (Table 7)

จาก Table 8 พบว่า TMR สูตร 1 และ 2 มีค่า pH สูง เพราะมีการเสริม $NaHCO_3$ และ MgO ในสูตรอาหาร ซึ่งสารดังกล่าวมีคุณสมบัติในการเป็นบัฟเฟอร์และด่าง ตามลำดับ จึงช่วยให้ pH ไม่ลดลงมาก แม้ว่าจะมีหญ้าหมักในสูตรอาหาร และการที่สูตร 2 มีค่า pH สูงกว่าสูตร 1 นั้นเป็นเพราะมีสัดส่วนของหญ้าหมักต่ำกว่า เนื่องจากมีการแทนที่หญ้าหมักบางส่วนด้วยหญ้าแห้ง สำหรับสูตร 3 แม้ว่าจะไม่มีหญ้าหมัก แต่เนื่องจากอาหารข้นมีค่า pH ต่ำ ประกอบกับไม่มีการเติมบัฟเฟอร์ในสูตรอาหารจึงทำให้ TMR สูตรนี้มี pH ต่ำ ในกรณีของสูตร 4 ซึ่งเป็นหญ้าหมักที่ไม่ได้เสริมบัฟเฟอร์นั้น กรดจากหญ้าหมักจะเป็นตัวการทำให้ pH ของอาหารต่ำลงมากกว่าทุกสูตร การวัด pH ในตัวอาหาร TMR อาจให้ผลที่แตกต่างกับสภาพจริง ๆ ที่เกิดในตัวสัตว์ทั้งนี้เพราะจะมีการหลั่งน้ำลายซึ่งมีลักษณะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เป็นด่างร่วมด้วย โดยเฉพาะสูตร 3 ที่ใช้หญ้าแห้งเป็นส่วนประกอบ ซึ่งน่าจะกระตุ้นการเคี้ยวเอื้องมากกว่าสูตรอื่น

Table 6 Chemical composition of feedstuffs in feeding trial (% of dry matter).

Composition	RS	RH	RB	FM	SBM	GC
DM	20.79	91.68	87.83	88.04	87.41	87.75
CP	7.34	8.33	15.02	70.65	47.71	8.51
EE	3.07	1.85	16.59	9.58	3.78	4.82
Ash	13.29	8.91	10.76	18.36	6.99	1.47
NFC	6.74	11.65	28.62	-	28.40	71.43
NFE	42.88	51.89	49.81	0.31	37.16	84.30
CF	33.42	29.02	7.82	1.10	4.36	0.90
NDF	69.56	69.26	29.01	-	13.12	13.77
ADF	45.05	39.34	11.77	-	7.28	2.78
ADL	7.34	4.84	3.71	-	0.32	0.26
TDN	52.11[1/]	53.72[1/]	70.00[2/]	79.00[2/]	85.00[2/]	85.00[2/]

[1/] Calculated from chemical composition according to Fonnesbeck *et al.* (1984)

TDN of dry forages and roughages (% DM) = -17.26 + 1.212 (CP) + 0.8352 (NFE) + 2.464 (EE) + 0.4475 (CF)

TDN of silages (% DM) = -21.94 + 1.054 (CP) + 0.9736 (NFE) + 3.002 (EE) + 0.4590 (CF)

[2/] NRC (1988)

RS = ruzi silage; RH = ruzi hay; RB = rice bran; FM = fish meal; SBM = soybean meal; GC = ground corn

Table 7 Chemical composition, pH value and TDN of 4 concentrate diets.

Chemical Composition (%DM)	Concentrate feed			
	T1	T2	T3	T4
DM	88.58	88.66	88.87	89.04
CP	17.39	17.58	17.86	17.98
EE	3.58	3.44	3.82	4.83
Ash	7.09	7.02	6.28	7.70
NFC	48.74	50.80	51.16	49.27
NFE	57.78	58.12	58.41	55.84
CF	2.74	2.50	2.50	2.69
NDF	21.38	21.16	20.88	22.46
ADF	5.17	4.86	4.91	5.11
ADL	0.86	0.68	0.72	0.76
pH	8.68	8.80	6.25	6.56
TDN[1/]	83.10	83.11	83.15	83.14

[1/] Calculated from ingredients

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 8 pH and chemical composition of TMRs (%DM basis)

TMR	pH	DM	CP	OM	EE	NDF	ADF	ADL	NFC	Ash
1	6.29	46.89	15.59	91.06	5.03	32.82	17.76	2.61	37.62	8.94
2	6.69	63.11	15.58	92.21	4.84	32.05	16.48	2.13	39.74	7.79
3	5.46	89.46	15.58	93.49	4.95	29.69	16.07	2.20	43.27	6.51
4	5.03	47.95	16.32	92.50	5.45	39.12	18.26	2.77	31.61	7.50

สำหรับปริมาณวัตถุแห้ง พบว่าสูตร 3 มีค่าสูงสุด เนื่องจากในสูตรนี้มีเพียงหญ้าแห้งและอาหารข้น ในขณะที่สูตร 1 และ 4 มีวัตถุแห้งใกล้เคียงกัน เพราะประกอบด้วยหญ้าหมักในปริมาณเกือบเท่ากัน ส่วนสูตร 2 มีวัตถุแห้งปานกลาง เพราะมีหญ้าแห้งประกอบอยู่ด้วย สำหรับค่าโภชนะอื่น ๆ ก็เป็นไปในทำนองเดียวกัน

ในส่วนของค่าพลังงานของอาหารผสมครบส่วนทั้ง 4 สูตร ซึ่งคำนวณจาก ค่าพลังงานของวัตถุดิบ ที่แสดงใน Table 6 ได้ผลดัง Table 9 จะเห็นได้ว่าอาหารทั้ง 4 สูตร มีค่าพลังงานทั้งในรูป TDN, ME และ DE ใกล้เคียงกันและมีค่า TDN ใกล้เคียงกับโครงการย่อยที่ 1 ที่ได้ทำการทดลองหาค่าการย่อยได้ของอาหารผสมครบส่วน ที่มีหญ้ารูซี่หมักเสริมหญ้าแห้งและโซเดียมไบคาร์บอเนต คือ 75.24 โดยหญ้ารูซี่ที่ใช้มีอายุตัดประมาณ 60 วัน

Table 9 TDN, ME and DE of 4 different TMRs.

TMR	1	2	3	4
TDN	73.68	73.67	73.83	73.81
ME[1/] (Mcal/kgDM)	2.83	2.83	2.84	2.84
DE[2/] (Mcal/kgDM)	3.25	3.25	3.26	3.25

[1/] Calculated from : ME = -0.45 + (0.04453 x %TDN)

[2/] Calculated from : DE = 0.04409 x %TDN (NRC, 1988)

ปริมาณวัตถุแห้งที่โคกินได้ของ TMR 3 สูตรแรกมีค่าไม่แตกต่างทางสถิติ (Table 10) แต่มีแนวโน้มว่าโคกินอาหารสูตร 1 ได้น้อยที่สุด ซึ่งในรายงานของ Slyter (1976) ได้กล่าวไว้ว่าความเป็นกรดของพืชหมักมีส่วนทำให้โคกินอาหารได้ลดลง ส่วนอาหารสูตร 2 ซึ่งมีหญ้าหมักเช่นกัน แต่โคมีแนวโน้มกินได้มากกว่า เพราะมีหญ้าแห้งช่วยกระตุ้นให้เกิดการเคี้ยวเอื้องและการหลั่งน้ำลาย ซึ่งมีฤทธิ์เป็นบัฟเฟอร์ ทำให้ pH ในกระเพาะรูเมนไม่ลดลงมากนัก จุลินทรีย์จึงมีการเจริญเติบโตและย่อยอาหารได้ดี ทำให้โคกินอาหารได้มาก อีกทั้งอาหารสูตร 2 นี้มีค่า pH สูงกว่าสูตร 1 ด้วย สำหรับอาหารสูตร 3 ซึ่งประกอบด้วยหญ้าแห้งและอาหารข้นโดยไม่มีหญ้าหมัก พบว่าโคกินอาหารได้ใกล้เคียงกับสูตรอื่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยที่โคทดลองสามารถกินอาหารคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวได้ระหว่าง 2.89 – 3.10% ซึ่งอยู่ในช่วงปกติของโคให้นมในระยะนี้และมีค่าใกล้เคียงกับโครงการย่อยที่ 1 ที่พบว่าโคกินอาหาร TMR ซึ่งประกอบด้วยหญ้ารูซี่หมักเสริมสารบัฟเฟอร์มีค่าระหว่าง 2.83 – 2.89% ของน้ำหนักตัว

Table 10 Dry matter and nutrient intake of cows.

	TMR1	TMR2	TMR3
Dry matter intake			
- kg/day	15.10	16.00	15.79
- % BW	2.89	3.10	3.03
CP intake (kg/cow/day)	2.62	2.75	2.69
TDN intake (kg/cow/day)	11.13	11.79	11.66

ผลผลิตและต้นทุนค่าอาหาร

ผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนมของโคทดลองแสดงใน Table 11 พบว่าโคกลุ่มที่ได้รับ TMR สูตร 3 มีแนวโน้มให้ปริมาณผลผลิตน้ำนมมากกว่ากลุ่มอื่นและโคที่ได้รับ TMR สูตร 1 แสดงแนวโน้มการให้น้ำนมต่ำที่สุด แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างผลผลิตน้ำนมของแต่ละกลุ่ม ค่าเฉลี่ยของการให้นมอยู่ระหว่าง 19.97 – 21.44 กก./วัน เมื่อคิดเป็นน้ำนมปรับไขมัน 4% แล้วพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติเช่นกันและอยู่ในช่วง 18.96 – 20.04 กก./วัน เนื่องจากโคทั้ง 3 กลุ่มได้รับอาหารข้นในปริมาณสูง และอาหารข้นที่โคทุกกลุ่มได้รับมีปริมาณใกล้เคียงกัน การที่โคที่ได้รับ TMR สูตร 3 มีแนวโน้มให้ผลผลิตน้ำนมสูงกว่าโคในกลุ่มอื่น ๆ อาจเป็นเพราะ TMR สูตรนี้ไม่มีหญ้าหมักซึ่งเสริมความเป็นกรดในกระเพาะ จึงทำให้สภาพภายในกระเพาะรูเมนมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ อีกทั้งหญ้าแห้งสามารถช่วยกระตุ้นการเคี้ยวเอื้องและการหลั่งน้ำลาย ซึ่งมีส่วนในการรักษาสภาพความเป็นกรด – ด่างในกระเพาะรูเมน แต่เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ไขมันนมของโคที่ได้รับ TMR สูตร 1 มีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือโคที่ได้รับ TMR สูตร 2 และ 3 ตามลำดับ (4.07 vs 3.96 vs 3.51%) ทั้งนี้เพราะเปอร์เซ็นต์ไขมันนมจะแปรผกผันกับปริมาณนม อย่างไรก็ดีการที่อาหารสูตร 3 ทำให้โคผลิตไขมันต่ำที่สุดทั้งเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์และปริมาณต่อวันด้วยนั้น อาจเนื่องมาจากมีเยื่อใย (ADF และ NDF) ต่ำกว่า เพราะได้แยกส่วนของก้านแข็งซึ่งมีเยื่อใยสูงออกก่อนที่จะนำมาผสมอาหาร ทำให้การเกิดกรดอะซิติกซึ่งมาจากการหมักคาร์โบไฮเดรตพวกที่เป็นโครงสร้าง (structural carbohydrate) และเป็นสารต้นตอในการสร้างกรดไขมันต่ำกว่าโคที่ได้รับ TMR สูตร 1 และ 2 ซึ่งได้รับหญ้ารูซี่หมักที่ไม่มีการแยกเอาส่วนของก้านแข็งออก โคจึงได้รับเยื่อใยสูงกว่า นอกจากนี้อาจเนื่องมาจากการเสริม $NaHCO_3$ และ MgO ซึ่งมีส่วนช่วยป้องกันการลดต่ำลงของไขมันนมได้ (Linn, 1990) จากผลการทดลองในการทดลองที่ 2 พบว่าอาหารสูตร 1 และ 2 มีรูปแบบของการสร้างกรดอะซิติกและบิวทีริก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณมากกว่าสูตร 3 ซึ่งเป็นผลที่สอดคล้องกับผลที่เกิดต่อไขมันนมในการทดลองนี้ รวมทั้งในการทดลองที่ 2 ยังพบว่ารูปแบบการเกิดกรดอะซิติกและบิวทีริกของอาหารสูตร 3 นั้น ค่อย ๆ เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ซึ่งจะมีความปลอดภัยมากกว่าในแง่ของการเกิดแอสิโดสิส แต่ในแง่ของผลต่อไขมันในน้ำนมนั้นพบว่าทำให้มีค่าลดลง

โปรตีนในน้ำนมของโคที่ได้รับ TMR สูตร 3 มีแนวโน้มสูงกว่าโคที่ได้รับอาหารสูตรอื่น ถึงแม้จะไม่แตกต่างทางสถิติ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากสภาพภายในกระเพาะรูเมนที่มีความเหมาะสมและเอื้อต่อการทำงานของจุลินทรีย์ที่อยู่ภายใน ทำให้ได้กรดอะมิโนที่มาจากอาหารและกรดอะมิโนที่ได้จากการย่อยโปรตีนของจุลินทรีย์ (microbial protein) ในปริมาณที่สูงกว่ากลุ่มอื่น และกรดอะมิโนเหล่านี้จะถูกดูดซึมเข้าสู่ต่อมน้ำนมเพื่อนำไปสังเคราะห์เป็นโปรตีนในน้ำนมต่อไป ในแง่ของปริมาณแลคโตส พบว่าโคทุกกลุ่มให้น้ำนมที่มีปริมาณแลคโตสที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน แต่ปริมาณแลคโตสในน้ำนมของโคที่ได้รับอาหารสูตร 3 มีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มอื่นถึงแม้ว่าจะไม่แตกต่างทางสถิติก็ตาม จากการที่น้ำนมของโคที่กินอาหาร TMR สูตร 3 มีค่าเฉลี่ยของโปรตีนและน้ำตาลในน้ำนมค่อนข้างมากกว่ากลุ่มอื่น จึงส่งผลให้มีของแข็งในน้ำนมไม่รวมไขมันมากขึ้นไปด้วย สำหรับปริมาณไขมัน โปรตีน แลคโตส และของแข็งในน้ำนมต่อวันของโคทดลอง มีรูปแบบในทิศทางเดียวกับส่วนประกอบในน้ำนมคือ กลุ่มที่กินอาหาร TMR สูตร 3 แสดงค่าที่ค่อนข้างดีกว่ากลุ่มอื่น เมื่อเปรียบเทียบปริมาณอาหารที่กินต่อการให้ผลผลิตน้ำนม พบว่าโคกลุ่มที่ได้รับ TMR สูตร 3 มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำนมได้ดีที่สุด ทั้งนี้เนื่องมาจากปริมาณน้ำนมที่ได้มากกว่าโคที่ได้รับอาหารสูตรอื่น

Table 11 Amount and chemical composition of milk from cows fed 3 TMR.

	TMR1	TMR2	TMR3
Milk production (kg/day)	19.97	20.31	21.44
4% Fat corrected milk (kg/day)	19.86	20.04	19.86
Fat (%)	4.07[a]	3.96[ab]	3.51[b]
Protein (%)	3.15	3.19	3.24
Lactose (%)	4.86	4.88	4.93
Total solid (%)	12.78	12.73	12.37
Solid not fat (%)	8.71	8.77	8.86
Fat (kg)	0.79	0.80	0.75
Protein (kg)	0.63	0.64	0.69
Lactose (kg)	0.98	0.99	1.06
Total solid (kg)	2.54	2.57	2.65
Solid not fat (kg)	1.76	1.76	1.87
Feed DM/kg milk	0.76	0.79	0.74

[a, b] Means in the same row with different superscripts differ significantly ($p < 0.05$).

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ต้นทุนอาหารข้นและอาหารหยาบต่อการผลิตน้ำนม 1 กก. (Table 12) ของโคกลุ่ม 3 มีค่าต่ำที่สุด เนื่องจากไม่มีค่าใช้จ่ายของ $NaHCO_3$ และ MgO เหมือนกับใน 2 กลุ่มแรก ตลอดจนหญ้าแห้งแม้จะมีราคาแพงกว่าหญ้าหมัก แต่มีวัตถุแห้งมากกว่า จึงใช้ในปริมาณที่น้อยกว่า ทำให้มีต้นทุนต่ำกว่า ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มสัดส่วนของหญ้าแห้งเข้าไปในสูตรอาหาร จะช่วยลดต้นทุนการผลิตลงได้ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตน้ำนม เป็นที่น่าสังเกตว่าต้นทุนค่าอาหารในการทดลองนี้อาจมีค่าสูง ทั้งนี้เป็นเพราะในช่วงที่ทำการทดลองไม่ได้ปรับสูตรและปริมาณอาหารที่ให้ตามปริมาณน้ำนม เพราะต้องการดูผลการให้หญ้าหมักและอาหารข้นในระดับสูงต่อความเสี่ยงในการเกิดปัญหาแอสิโดสิส ซึ่งในงานทดลองนี้ใช้สัดส่วนของอาหารข้นถึง 70% จึงเป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ต้นทุนค่าอาหารค่อนข้างสูง

Table 12 Feed cost for milk production (baht/kg of milk).

	TMR1	TMR2	TMR3
Milk production (kg/day)	19.97	20.31	21.44
4% FCM (kg/day)	19.86	20.04	19.86
Price of concentrate (baht/kg)	8.74	8.68	8.20
Concentrate cost (baht/day)	115.17	115.00	107.30
Roughage cost (baht/day)			
-Ruzi silage	18.41	8.79	0.00
-Ruzi hay	0.00	7.50	14.10
Total feed cost (baht/day)	133.58	131.29	121.40
Cost of milk product (baht/kg)	6.68	6.46	5.66
Cost of 4% FCM (baht/kg)	6.72	6.55	6.11

Note : The price (baht/kg as fed basis) : $NaHCO_3$ = 23, MgO = 35, ruzi silage = 0.8, ruzi hay = 2.5

ในโคที่เกิดแอสิโดสิสนอกจากจะวัดผลที่เกิดกับน้ำนมแล้วยังสามารถดูผลจาก อัตราการหายใจ อัตราการเคี้ยวเอื้องและคุณสมบัติของสิ่งขับถ่ายที่เปลี่ยนแปลงไปจากปกติ ตลอดจนสามารถวัด pH ในปัสสาวะและในมูล ปริมาณวัตถุแห้งในมูล และให้คะแนนความคงตัวของมูล (fecal consistency score; FCS) ด้วย ดังแสดงใน Table 13

จาก Table 13 พบว่าอัตราการหายใจ อัตราการเคี้ยวเอื้อง pH ในปัสสาวะ pH ในมูลและปริมาณวัตถุแห้งในมูลของโคทุกกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จะแตกต่างกันก็เพียงค่าคะแนนความคงตัวของมูลที่พบว่ามูลของโคกลุ่มที่ได้รับอาหารสูตร 3 มีค่าสูงกว่าโคกลุ่มที่ได้รับอาหารสูตร 1 และ 2 คือมีลักษณะค่อนข้างคงตัวมากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับค่าวัตถุแห้งในมูลที่พบว่ากลุ่ม 3 มีค่าสูง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ที่สุด รองลงมาคือ 2 และ 1 ตามลำดับ ส่วนค่า pH ในมูลของโคกลุ่ม 1 มีแนวโน้มต่ำกว่ากลุ่มอื่น คือ มี pH เท่ากับ 5.96 ทั้งนี้มีรายงานว่าโคที่มี pH ในมูลต่ำกว่า 6.00 แสดงถึงการได้รับอาหารข้นในปริมาณมากเกินไป ซึ่งอาจนำไปสู่การเกิดแอสิโดสิสได้ (Looper *et al.*, 2001) แต่เมื่อพิจารณาถึงค่า pH ในปัสสาวะพบว่ามีค่าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับทุกกลุ่ม แต่ไม่ต่างกันทางสถิติและอยู่ในช่วง 7.4 – 8.4 ซึ่งเป็น pH ของปัสสาวะโคปกติ (เทอดชัย, 2542) ส่วนอัตราการหายใจ พบว่าโคทั้ง 3 กลุ่มหายใจเฉลี่ย 42.3 – 44.7 ครั้ง/นาที ซึ่งค่อนข้างสูงกว่าค่าปกติที่โคจะหายใจประมาณ 35 – 40 ครั้ง/นาที ทั้งนี้ขึ้นกับปัจจัยแวดล้อมอื่น ๆ ด้วย เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ รวมทั้งลักษณะเฉพาะตัวของโค เป็นต้น ในการทดลองนี้พบว่าอัตราการหายใจของโคแต่ละกลุ่มไม่ต่างกันทางสถิติ แม้ว่าจะมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ปกติเล็กน้อยก็ตาม โดยอุณหภูมิสภาพแวดล้อมขณะทดลองเฉลี่ย 21.56^{o}c ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 70% โดยทั่วไปเมื่อโคเกิดภาวะความเป็นกรดในกระเพาะ กระเพาะจะมีการเคลื่อนไหวน้อย ทำให้มีอัตราการเคี้ยวเอื้องน้อยลงด้วย แต่ในงานทดลองนี้พบว่าโคแต่ละกลุ่มมีอัตราการเคี้ยวเอื้องไม่ต่างกัน โดยเฉลี่ยจะเคี้ยวเอื้อง 1 ครั้ง/วินาที จากผลการทดลองทั้งหมดในส่วนแรกนี้แสดงให้เห็นว่าการเสริม $NaHCO_3$ ร่วมกับ MgO และ/หรือ หญ้าแห้งช่วยป้องกันการเกิดปัญหาแอสิโดสิสได้ในระดับหนึ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการให้อาหารในรูปของอาหารผสมครบส่วน โดยการให้หญ้าแห้งเป็นแหล่งอาหารหยาบแทนหญ้าหมักจะให้ผลดีที่สุด

Table 13 Respiration rate, rumination rate, urine and fecal pH, fecal DM and fecal consistency

	T1	T2	T3
Respiration rate (time/min)	42.29	44.67	42.67
Rumination rate (time/min)	59.81	60.46	59.80
Urine pH	7.97	7.96	7.68
Fecal pH	5.96	6.43	6.07
Fecal DM (%)	16.20	16.59	17.16
Fecal consistency score (FCS)	2.35^{a}	2.63^{a}	3.51^{b}

^{ab} Means in the same row with different superscript differ significantly. (P< 0.05).

Note : fecal consistency score
Score 1 :fecal is very liquid like pea soup
Score 2 :stack less than 1 inch high
Score 3 :stack 1.5-2 inches high
Score 4 :stack 2-3 inches high
Score 5 :stack over 3 inches

หลังจากเสร็จสิ้นการทดลองในคาบที่ 3 จึงเริ่มการทดลองใน trial 2 ต่อโดยให้โคทุกตัวที่ใช้ใน trial 1 กินอาหารสูตร 3 ซึ่งเป็นสูตรที่มีแนวโน้มดีที่สุด ในแง่ของการป้องกันการเกิดแอสิโดสิส โดยให้กินเป็นเวลา 14 วัน ก่อนที่จะให้อาหารสูตร 4 อีก 16 วัน อาหารสูตร 4 ที่ใช้นี้ประกอบด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หญ้ารูซี่หมักและอาหารข้นที่ไม่ได้เสริมบัฟเฟอร์ ซึ่งเป็นสูตรที่คาดว่าจะสามารถชักนำให้เกิดแอสิโดสิส ได้ผลการทดลองแสดงใน Table 14

Table 14 Comparison of cow performances after fed T3 and T4.

	T3	T4	SEM		T3	T4	SEM
DMI				Fat (kg)	0.72[a]	0.65[b]	0.01
kg/cow/day	16.00[a]	11.47[b]	1.48	Protein (kg)	0.65[a]	0.54[b]	0.01
%BW	2.94[a]	2.12[b]	0.27	Lactose (kg)	0.89[a]	0.76[b]	0.01
Milk production (kg/day)	18.88[a]	16.09[b]	0.65	Total solid (kg)	2.93[a]	2.06[b]	0.01
4% FCM	18.43[a]	16.14[b]	0.35	Solid not fat (kg)	1.67[a]	1.42[b]	0.01
Milk composition				Respiration rate (time/min)	48.08	51.92	3.77
% fat	3.84[b]	4.02[a]	0.07	Rumination rate(time/min)	58.25	56.5	1.47
% protein	3.44	3.35	0.05	Fecal pH	6.18	6.18	0.04
% lactose	4.70	4.75	0.06	Urine pH	7.83[a]	7.68[b]	0.03
% TS	12.68	12.83	0.08	Fecal DM (%)	17.58[a]	15.32[b]	0.63
% SNF	8.83	8.80	0.06	Fecal consistency score	3.65[a]	2.34[b]	0.14

[ab] Means in the same row with different superscript differ significantly. (P< 0.05).

จากการทดลองพบว่าเมื่อโคได้รับอาหารสูตร 3 ซึ่งใช้หญ้าแห้งเป็นส่วนผสมร่วมกับอาหารข้น โคให้นมเฉลี่ย 16 กก./วัน และลดลงอย่างมีนัยสำคัญเป็น 11.47 กก./วัน เมื่อให้อาหารสูตร 4 ซึ่งใช้หญ้าหมักผสมกับอาหารข้นโดยไม่เสริมสารบัฟเฟอร์ ซึ่งเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว พบว่าโคกินอาหารลดลงจาก 2.94% เป็น 2.12% ของน้ำหนักตัว ส่งผลให้ปริมาณน้ำนมของโคลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปลี่ยนอาหารจากสูตร 3 มาเป็นสูตร 4 ทั้งในรูปน้ำนมเฉลี่ยและน้ำนม 4% FCM ในการทดลองใน trial 1 โคทดลองให้น้ำนมเฉลี่ยวันละ 20.6 กก. คิดเป็นน้ำนม 4% FCM วันละ 19.9 กก. เมื่อผ่านการทดลองใน trial 1 มาแล้ว 60 วัน แล้วทดลองต่อใน trial 2 โดยให้กินอาหารสูตร 3 เป็นเวลา 14 วัน น้ำนมโคลดลงเฉลี่ยเหลือ 18.9 กก. และ 18.4 กก. ตามลำดับ โดยลดลงวันละ 0.12 กก. ซึ่งเป็นไปตามปกติของโคที่ให้นมมาแล้ว 5.5 เดือนที่น้ำนมจะค่อย ๆ ลดลง แต่เมื่อทดลองในระยะต่อมาที่ให้โคกินอาหารสูตร 4 อีก 16 วัน น้ำนมจะลดลงเหลือเพียง 16.1 กก. หรือลดลงวันละ 0.18 กก. และเป็นการลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งน่าจะเป็นผลของการเกิดแอสิโดสิสในกระเพาะหมักที่อาหารสูตร 4 ใช้หญ้าหมักที่มีกรดอะซิติกสูงร่วมกับอาหารข้นซึ่งสามารถถูกหมักและเปลี่ยนเป็นกรดแลคติกได้รวดเร็ว ส่งผลให้โคกินอาหารลดลงและทำให้น้ำนมลดลงในเวลาเดียวกัน เมื่อพิจารณารูปแบบของการเกิด VFA ของการหมักอาหารสูตร 4 ในหลอดแก้วในการทดลองที่ 2 ที่พบว่าความเป็นกรดของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หญ้าหมักที่อยู่ในตัวหญ้าหมักนั้นเพียงพอที่จะหยุดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กลุ่มที่สร้างกรดอะซิติก และบิวทีริก แต่ยังคงมีจุลินทรีย์ที่หมักอาหารข้นสามารถเจริญได้ทำให้พบกรดโพรพิโอนิกเพิ่มขึ้น เหตุผลดังกล่าวจึงสนับสนุนผลของการทดลองนี้และชี้ให้เห็นผลชัดเจนของกรดที่อยู่ในพืชหมักที่สามารถส่งผลในทางลบต่อโคถ้าไม่มีการเสริมสารบัฟเฟอร์ การใช้หญ้าแห้งผสมอาหารข้นในระดับสูง (30 : 70) ดังในสูตรอาหาร 3 นั้นสามารถทำให้โคกินอาหารได้มากเป็นปกติและทำให้สามารถผลิตน้ำนมได้เป็นปกติ

ในด้านส่วนประกอบน้ำนมนั้นพบว่าโคที่กินอาหารสูตร 4 จะมีเปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนม 4.02% ซึ่งมากกว่าเมื่อกินอาหารสูตร 3 (3.89%) อย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อคิดเป็นไขมันนมที่โคผลิตต่อวันแล้วพบว่าโคที่กินอาหารสูตร 3 มีค่ามากกว่า ซึ่งน่าจะเป็นผลของการลดปัญหาแอสิโดสิสจากการใช้หญ้าแห้งเป็นแหล่งของเยื่อใยรวมทั้งการกระตุ้นการเคี้ยวเอื้อง ทำให้มีการหลั่งน้ำลายลงไปในกระเพาะหมักและช่วยปรับสภาวะความเป็นกรดได้ดีกว่า ในแง่ส่วนประกอบอื่น ๆ ของน้ำนม เช่น โปรตีน แลคโตส และของแข็งในน้ำนมที่โคผลิตได้ต่อวันนั้นพบว่าโคที่กินอาหารสูตร 4 จะมีการผลิตลดลงอย่างมีนัยสำคัญทุกตัว

สิ่งที่น่าสังเกตคือ เมื่อโคได้รับอาหารสูตร 4 พบว่ามีอัตราการหายใจหอบถี่กว่าเมื่อได้รับอาหารสูตร 3 อย่างไรก็ตามแม้ระหว่างการทดลองที่อุณหภูมิเริ่มสูงขึ้น เพราะอยู่ในช่วงเดือนเมษายน แต่ได้มีการใช้ระบบทำความเย็นแบบ evap และน้ำเย็นให้โคกินทุกตัวตลอดการทดลอง ดังนั้นการหายใจหอบถี่จึงน่าจะมีผลมาจากแอสิโดสิส คือเมื่อความเป็นกรดในกระแสเลือดเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นลักษณะเดียวกับการมีคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดสูง สัตว์จึงต้องระบายคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากร่างกายด้วยการหายใจถี่ขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าโคมีอัตราเคี้ยวเอื้องต่ำกว่าเมื่อได้รับอาหารสูตร 3 อันเป็นลักษณะอาการหนึ่งของแอสิโดสิสด้วย สำหรับค่า pH ในมูลและปัสสาวะของโคที่ได้รับอาหารสูตร 4 นั้นยังถือว่าอยู่ในเกณฑ์ปกติ ส่วนค่าวัตถุแห้งในมูลและคะแนนความคงตัวของมูลในโคที่ได้รับอาหารสูตร 4 จะมีค่าต่ำกว่าสูตร 3 คือมีความเหลวมากกว่า ซึ่งจะสังเกตเห็นได้จากค่าวัตถุแห้งที่ต่ำกว่า ผลจากการทดลองนี้อาจเห็นผลของการเกิดแอสิโดสิสไม่ชัดเจนนัก ซึ่งอาจเป็นเพราะเกณฑ์ที่ใช้วัดผลในการเกิดแอสิโดสิส เช่น อัตราการหายใจ อัตราการเคี้ยวเอื้อง ค่าความคงตัวของมูลหรือค่าวัตถุแห้งในมูล ซึ่งสามารถใช้เป็นดรรชนีบอกถึงภาวะกรดในกระเพาะรูเมนของโคได้ในกรณีที่เกิดอาการรุนแรง ไม่แสดงผลชัดเจนในโคที่เป็นแอสิโดสิสแบบ subclinical หรือแบบเรื้อรัง จึงจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลอื่น ๆ มาประกอบร่วมด้วย เช่น pH ในกระเพาะรูเมน, pH ในเลือด หรือระดับไบคาร์บอเนตและ pCO_2 ในเลือด เป็นต้น ซึ่งไม่ได้วางแผนตรวจสอบไว้ในการทดลองนี้จึงควรมีการศึกษาในรายละเอียดโอกาสต่อไป อนึ่งการได้รับอาหารในรูปอาหารผสมครบส่วน เป็นการช่วยให้โคได้รับอาหารหยาบไปพร้อม ๆ กับอาหารข้น ทำให้ภาวะความเป็นกรดในกระเพาะรูเมนไม่ค่อยแสดงผลที่รุนแรงซึ่งนับเป็นข้อดีของการให้อาหารแบบนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตน้ำนม 1 กก. ของโคที่ได้รับอาหารทั้ง 2 สูตรนี้แสดงใน Table 15

Table 15 Feed costs for milk production (baht/kg of milk) of cows fed TMR3 and TMR4 diets.

	TMR3	TMR4
Milk production (kg/day)	18.88	16.09
4% FCM (kg/day)	18.43	16.14
Price of concentrate (baht/kg)	8.20	8.86
Concentrate cost (baht/day)	107.30	114.56
Roughage cost (baht/day)		
-Ruzi hay	14.10	-
-Ruzi silage	-	18.10
Total of feed cost (baht/day)	121.40	132.66
Cost of milk product (baht/kg)	6.43	8.24
Cost of 4% FCM (baht/kg)	6.59	8.22

จาก Table 15 จะเห็นว่าต้นทุนค่าอาหารข้นและอาหารหยาบต่อการให้น้ำนม 1 กก. ของโคที่ได้รับอาหารสูตร 3 ต่ำกว่า 4 ในส่วนของอาหารข้นสูตร 4 สูงกว่า เนื่องจากใช้ปริมาณกากถั่วเหลืองสูงกว่าสูตร 3 และในส่วนของอาหารหยาบนั้นพบว่าสูตร 3 ใช้ปริมาณหญ้าแห้งน้อยกว่าเมื่อเทียบกับปริมาณหญ้าหมักที่ใช้ในสูตร 4 ถึงแม้ราคาหญ้าแห้งจะสูงกว่าหญ้าหมัก แต่เมื่อนำมาคำนวณร่วมกับปริมาณการใช้ยังพบว่าสูตร 3 มีต้นทุนค่าอาหารหยาบต่ำกว่าสูตร 4

ผลสืบเนื่องของแอสิโดสิสต่อโคภายหลังการทดลอง

หลังจากการทดลองใน trial 2 แล้วโคทั้งหมดถูกนำกลับเข้าสู่ฝูงปกติที่เลี้ยงโดยใช้หญ้าหมักร่วมกับหญ้าแห้งโดยให้กินแบบอิสระและเสริมอาหารข้นวันละ 7 – 9 กก. พบว่า โค 4 ตัว จาก 6 ตัว ที่ใช้ในการทดลอง (66.6%) มีอาการเจ็บกีบ โดยโค 2 ตัว (33.3%) มีอาการที่รุนแรงจนไม่สามารถลุกและยืนกินอาหารได้ตามปกติจึงถูกคัดทิ้งออกจากฝูงหลังการทดลอง 2 เดือน ส่วนโคอีก 2 ตัว (33.3%) ใช้เวลารักษาจนเป็นเดินได้เป็นปกติภายในระยะเวลา 6 เดือน มีโคเพียง 2 ตัว (33.3%) เท่านั้นที่เป็นปกติและสามารถให้ผลผลิตและให้ลูกได้ตามกำหนด แสดงว่าแอสิโดสิสเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในฝูงโคนมที่ได้รับอาหารข้นในระดับสูงโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อให้ร่วมกับอาหารหมัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. สรุปผลการทดลองโครงการย่อยที่ 3

อาหารผสมครบส่วนที่มีหญ้าหมักเป็นอาหารหยาบหลัก และมีสัดส่วนของอาหารข้นสูงโดยไม่มีการเสริม $NaHCO_3$, MgO หรือหญ้าแห้งทำให้เกิดปัญหาแอสิโดสิส โดยโคกินอาหารลดลง ให้ผลผลิตน้ำนมลดลง มีส่วนประกอบน้ำนมโดยเฉพาะไขมัน โปรตีน และน้ำตาลในนมลดลง อีกทั้งยังพบปัญหาสุขภาพต่าง ๆ เช่น การเจ็บกีบรุนแรง เป็นเหตุให้ลุกไม่ขึ้นและซูบผอม ทำให้ถูกคัดทิ้งออกจากฝูง (33.3%)

$NaHCO_3$ และ MgO แม้ว่าจะมีค่า buffering capacity และ total acid consuming capacity ค่อนข้างสูง ซึ่งสามารถช่วยป้องกันสภาพกระเพาะรูเมนเป็นกรดจัด (acidosis) ได้ในระดับหนึ่ง แต่ยังไม่ดีเท่ากับการใช้หญ้าแห้ง เพราะโคที่ได้รับหญ้าแห้งเป็นอาหารหยาบหลัก มีสุขภาพดี ไม่มีปัญหากีบ อักเสบหรือถ่ายเหลวในระหว่างการทดลองถึงแม้ว่าจะได้รับอาหารข้นในปริมาณสูง โดยไม่เสริม $NaHCO_3$ และ MgO ก็ตาม อีกทั้งยังมีแนวโน้มช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตน้ำนมและช่วยลดต้นทุนการผลิตน้ำนมลงได้

ผลจากการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การใช้อาหารผสมครบส่วนที่มีหญ้าหมักเป็นอาหารหยาบหลักและมีสัดส่วนของอาหารข้นสูง ควรมีการเสริมบัฟเฟอร์หรือหญ้าแห้ง แต่ถ้าสามารถใช้หญ้าแห้งเป็นแหล่งของอาหารหยาบแทนหญ้าหมักได้จะเป็นการดีที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงหลังคลอด 1 – 3 เดือน ซึ่งเป็นระยะที่โคให้ผลผลิตน้ำนมสูง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โครงการย่อยที่ 4 การใช้หญ้าแห้งหรือหญ้าหมักร่วมกับอาหารข้นระดับสูงที่มีผลต่อค่า pH กรดไขมันระเหยได้ และแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนของโคนม

1. หลักการ เหตุผล และวัตถุประสงค์

จากผลการทดลองในโครงการย่อยที่ 3 พบว่า โคให้นมสูงที่ได้รับหญ้าหมักเป็นอาหารหยาบหลักและได้รับอาหารข้นในระดับสูง แม้ว่าอาหารที่ใช้จะอยู่ในรูปของ TMR ก็ยังมีปัญหาเรื่องสุขภาพ เช่น กีบเจ็บ กินอาหารและให้ผลผลิตลดลง ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากสภาพภายในรูเมนผิดปกติ จึงควรต้องมีการตรวจวัดสภาพดังกล่าวเพื่อเป็นการยืนยัน แต่เนื่องจากโคในการทดลองที่ 2 เป็นโคที่ให้นมสูงที่ไม่ได้ทำการเจาะกระเพาะเอาไว้ จึงไม่สะดวกในการเก็บตัวอย่างของเหลวจากรูเมน คณะผู้วิจัยจึงตัดสินใจใช้โคเจาะกระเพาะที่เป็นโคนมแห้งแทน โดยจำลองสถานการณ์ให้ได้รับหญ้ารูซี่หมักเพียงอย่างเดียว และหญ้าหมักร่วมกับอาหารข้นในระดับสูงเปรียบเทียบกับการให้ได้รับหญ้าแห้งและอาหารข้นในระดับปกติ นอกจากนี้ได้ทำการวัดค่าแอมโมเนียไนโตรเจนด้วย

2. เอกสารและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (บางส่วน)

ความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมน (pH) มีความผันแปรอยู่ตลอดเวลาขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารที่สัตว์เคี้ยวเอื้องได้รับ โดยทั่วไปแล้วค่า pH ลดลงในช่วง 2 – 6 ชั่วโมง หลังการกินอาหาร (เทอดชัย, 2542) pH ในกระเพาะรูเมนมีความสำคัญต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์และการเกิดกรดชนิดต่าง ๆ จุลินทรีย์ที่ย่อยเยื่อใย (cellulotytic flora) จะเจริญและทำงานได้ดีที่ pH ประมาณ 6.2 – 6.8 และจะลดประสิทธิภาพเมื่อ pH ต่ำกว่า 6 เป็นผลให้การผลิตกรดอะซิติกลดลง ส่วนจุลินทรีย์ที่ย่อยแป้ง (amylotytic flora) จะชอบ pH ที่เป็นกรดมากกว่าคือประมาณ 5.2 – 6.0 ทำให้มีสัดส่วนของกรดโพรพิโอนิกเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ดี ที่ pH ต่ำกว่า 6 โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต่ำกว่า 5.5 นอกจากจะมีผลเสียต่อการทำงานของ จุลินทรีย์ที่ย่อยเยื่อใยแล้วยังยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ที่ใช้แลคติก ทำให้มีกรดแลคติกสะสมมาก และถ้า pH ต่ำกว่านี้อีก เช่น pH 5.0 จุลินทรีย์ที่ย่อยแป้งจะทนอยู่ไม่ได้ การสร้างกรดโพรพิโอนิกจะลดลง ดังนั้นการรักษา pH ให้อยู่ที่ระดับ 5.8 – 6.5 จะทำให้การทำงานของจุลินทรีย์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ (บุญล้อม, 2541)

การให้อาหารที่มีความเป็นกรดสูงคืออาหารที่มีแป้งมาก เช่น อาหารข้นมีผลค่อนข้างมากต่อการเปลี่ยนแปลง pH ในกระเพาะรูเมน และสร้างกรดไขมันระเหยได้ทั้ง 3 ชนิด ตลอดจนทำให้เกิดความผิดปกติของเมแทบอลิซึมภายในกระเพาะรูเมน โดยการให้อาหารที่มีเยื่อใยต่ำหรือให้อาหารข้นมากจะทำให้เกิดการสร้างกรดโพรพิโอนิกอย่างรวดเร็ว ทำให้อัตราส่วนของกรดอะซิติกต่อกรดโพรพิโอนิกลดลงต่ำและมีค่าใกล้เคียงกับอัตราส่วน 2 : 1 ซึ่งจะมีความเสี่ยงต่อสภาพความเป็นกรด (acidosis)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในกระเพาะรูเมน แต่ถ้าจัดสัดส่วนอาหารให้เหมาะสม ให้อาหารมีเยื่อใยประมาณ 18 – 20% ของวัตถุแห้งของอาหาร จะทำให้การหมักของจุลินทรีย์มีประสิทธิภาพและเกิดการสร้างกรดทั้ง 3 ชนิด ในอัตราส่วนที่เหมาะสมคือ 3 : 1 อย่างไรก็ดีถ้าให้อาหารหยาบที่มีเยื่อใยสูงหรือย่อยยากมากเกินไป และให้อาหารข้นน้อย จะทำให้เกิดการสร้างกรดอะซิติกมากกว่า เป็นเหตุให้สัดส่วนกรดทั้ง 2 สูงขึ้น ซึ่งมากกว่า 4 : 1 จะทำให้โคขาดสารตั้งต้นในการสร้างกลูโคสโดยเฉพาะโคนมเป็นเหตุให้เสี่ยงต่อภาวะ ketosis (Dorfler, 1977)

แอมโมเนียเป็นผลผลิตที่ได้จากการย่อยสลายโปรตีน ซึ่งแบคทีเรียในกระเพาะรูเมนส่วนใหญ่จะเลือกใช้แอมโมเนียสำหรับการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน 59% ของไนโตรเจนที่เข้าไปในกระเพาะรูเมนจะถูกทำให้สลายตัว โดย 71% จะถูกเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย อีก 29% ถูกใช้ในรูปของกรดอะมิโน ประมาณว่า 80% ของไนโตรเจนในตัวจุลินทรีย์ถูกสร้างจากแอมโมเนีย อีก 20% ถูกสร้างโดยตรงจากกรดอะมิโน (บุญล้อม, 2527) ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียในกระเพาะรูเมนที่เหมาะสมเพื่อให้จุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตสูงสุดนั้น ซึ่งอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ระดับของการให้อาหาร ความสามารถในการละลายได้ของโปรตีนในอาหารแหล่งคาร์โบไฮเดรตและรวมถึงแหล่งแร่ธาตุด้วย (เมธา, 2533) หากระดับของแอมโมเนียมีความเหมาะสมจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการหมักโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน Satter and Slyter (1974) รายงานว่าที่ระดับแอมโมเนียไนโตรเจน 5 – 8 มก.เปอร์เซนต์ ทำให้การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์สูงสุด ส่วน Kanjanapruthipong and Leng (1998) รายงานว่า ประสิทธิภาพการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน (microbialprotein synthesis) ในกระเพาะรูเมนของแกะสูงสุดเมื่อระดับของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนมากกว่า 20 มก.เปอร์เซนต์ สำหรับในกระบือปลัก. Wa napat and Pimpa (1999) รายงานระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 13.6 – 17.6 มก.เปอร์เซนต์ จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของนิเวศวิทยาภายในกระเพาะรูเมน ทำให้การกินได้และการย่อยได้ของฟางข้าวสูงสุด นอกจากจะใช้ประโยชน์สำหรับการเจริญของจุลินทรีย์เป็นส่วนใหญ่แล้ว แอมโมเนียก็ยังถูกดูดซึมผ่านผนังของ reticulo-rumen เปลี่ยนกลับเป็นยูเรียภายในตับเพื่อเป็นการหมุนเวียนไนโตรเจนสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยที่สามารถหมุนเวียนกลับเข้ามาในกระเพาะรูเมนได้สองทางคือ ผ่านทางน้ำลาย และการแพร่ยูเรียในเลือดผ่านผนังกระเพาะรูเมนในรูปของแอมโมเนีย ประมาณ 14% ของไนโตรเจนทั้งหมดที่สัตว์ได้รับจะถูกนำกลับเข้าสู่กระเพาะรูเมน (Van Soest, 1994)

3. การทดลอง

ใช้โคลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียนระดับสายเลือด 87.5% จำนวน 4 ตัว ไม่อยู่ในระยะให้นมและไม่อุ้มท้อง น้ำหนักเฉลี่ย 450 กก. ก่อนทดลองทำการถ่ายพยาธิด้วยยา Ivomec ในอัตรา 9 cc. ต่อตัว และฉีดวิตามิน AD_3E ในอัตรา 5 cc. ต่อน้ำหนักตัว 100 กก. ใช้คอกทดลองแบบซองเดี่ยวผูกยืนโรง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ด้านหน้ามีที่ให้น้ำอัตโนมัติและรางอาหาร นอกจากนี้ยังมีก้อนแร่ธาตุให้โคได้เลียกินตลอดเวลา ทำการทดลอง 3 ระยะ ๆ ละ 4 ซ้ำ (โค 4 ตัว)

โดยให้อาหารระยะละ 1 สูตร รวม 3 สูตรดังนี้คือ

สูตรที่ 1 หญ้ารูซี่แห้งสับและอาหารข้น ซึ่งเป็นสูตรควบคุม

สูตรที่ 2 หญ้ารูซี่หมัก

สูตรที่ 3 หญ้ารูซี่หมักร่วมกับอาหารข้นในอัตราส่วน 30 : 70 (DM)

ส่วนประกอบและปริมาณอาหารแต่ละสูตรคิดเป็นน้ำหนักสดแสดงใน Table 1 และส่วนประกอบอาหารข้นแสดงใน Table 2

Table 1 Composition of ration and average dry matter intake.

	Feed 1 (T1)		Feed 2 (T2)		Feed 3 (T3)	
	kg/day[1]	(%)	kg/day[1]	(%)	kg/day[1]	(%)
Ruzi hay	3.6	64.29	-	-	-	-
Ruzi silage	-	-	18	100	5.40	62.07
Concentrate	2	35.71	-	-	3.30	37.93
Total	5.6	100	18	100	8.70	100
DM intake (%LW)	1.1	-	1.02	-	0.95	-

[1] as fed basis

Table 2 Composition of concentrate used in the experiment.

Concentrate composition	(%)
Ground corn	35.00
Soybean meal	38.50
Rice bran	22.00
Dicalcium-phosphate	3.00
Salt	1.00
Urea	0.50

ในแต่ละระยะการทดลองจะมีช่วงให้สัตว์ปรับตัว (preliminary period) ประมาณ 14 วัน เพื่อให้คุ้นเคยกับอาหารที่ใช้ทดลอง ในระยะ 3 วันสุดท้ายเป็นช่วงเก็บข้อมูล (collection period) ตลอดการทดลองทำการบันทึกปริมาณอาหารที่โคได้รับและเก็บของเหลวในกระเพาะหมัก (rumen fluid) เพื่อวิเคราะห์ ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. วัดความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมน โดยใช้ pH meter แบบพกพา ยี่ห้อ pH Scan BNC™ ที่มีความถูกต้อง ±0.1 และปรับความเที่ยงตรงด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ pH 4 และ 7 ไว้แล้ว ทำการวัดติดต่อกัน 3 วัน วันละ 4 ครั้ง ๆ ละ 2 ซ้ำ คือ ก่อนให้อาหารมื้อเช้า (8.00 น.) ครึ่งชั่วโมง และหลังอาหารเช้าเวลา 10.00, 11.30 และ 15.30 น. โดยสอดแท่ง electrode ลงไปทำการวัดในบริเวณส่วนล่างของกระเพาะรูเมน (ventral sac)

2. วิเคราะห์แอมโมเนียไนโตรเจน ติดต่อกัน 3 วัน วันละ 4 ครั้ง ๆ ละ 2 ซ้ำ คือ ก่อนให้อาหารมื้อเช้า (8.00 น.) ครึ่งชั่วโมง หลังอาหารเช้าเวลา 10.00, 11.30 และ 15.30 น. โดยล้วงลงไปในกระเพาะรูเมนทางช่องที่ได้ผ่าตัดใส่ฝาซิลิโคนสำหรับปิดเปิดไว้แล้ว นำเศษอาหารจากรูเมนมาบีบคั้นน้ำลงในภาชนะขนาด 100 ml. ซึ่งแช่ในน้ำอุ่นอุณหภูมิ 39°c แล้ว นำไปปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ที่ความเร็ว 3,000 รอบ/นาที จากนั้นใช้ปิเปตขนาด 1 มล. ดูดเอาเฉพาะน้ำใส ๆ ข้างบน (supernatant) มาวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนตามวิธี Conway method (Voigt and Steger, 1967)

3. วิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acid, VFA) ที่เกิดขึ้นภายในกระเพาะหมักโดยเก็บตัวอย่างตามเวลาและวิธีการเดียวกันกับกรณีของแอมโมเนีย แต่ละครั้งให้ได้ตัวอย่างประมาณ 250 ml. ใส่ในขวดที่ปิดสนิทเติมกรดซัลฟูริก 6N 1 ml. เพื่อหยุดการทำงานของจุลินทรีย์แล้วนำไปวิเคราะห์หากรดไขมันระเหยได้โดยใช้เครื่อง gas chromatography (Ishler *et al.*, 1996)

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบ Randomized Block Design โดยใช้ระยะเวลาที่เก็บตัวอย่างเป็น block และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 10 (กัลยา, 2542)

4. ผลการทดลอง

- **องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร ค่า pH และ NH_3N ในรูเมน**

ส่วนประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่ใช้เป็นอาหารโคทดลองแสดงใน Table 3 จะเห็นว่าหญ้ารูซี่แห้งที่ใช้ทดลองมีโปรตีน 4.63% ซึ่งใกล้เคียงกับโครงการย่อยที่ 9 นอกจากนั้นยังมี NDF, ADF และ ADL ใกล้เคียงกัน (75.03, 43.03, 5.75 ตามลำดับ เทียบกับ 74.4, 43.8, 5.5 ตามลำดับ) เนื่องจากเป็นหญ้าจากแปลงและปีเดียวกัน หญ้ารูซี่หมักทำโดยใช้กากน้ำตาล 5% พ่นในแปลง แล้วตัดมาหมักในหลุมยาวขนาดความจุ 200 ตัน และปิดไว้อย่างน้อย 1 เดือน เมื่อเปิดมาใช้พบว่ามีคุณภาพปานกลาง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และมีส่วนประกอบทางเคมีในระดับปกติ สำหรับอาหารข้นมีส่วนประกอบทางเคมีอยู่ในช่วงปกติ ซึ่งเป็นอาหารข้นสำหรับโคนมคือ มีโปรตีน 20.35% และมีคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (NFC) 41.8%

Table 3 Chemical composition (%DM) of experimental feed

	DM	CP	EE	ASH	NFC	CF	NDF[1/]	ADF[1/]	ADL[1/]
Ruzi hay	88.89	4.63	1.69	4.82	13.83	34.06	75.03	43.03	5.75
Ruzi silage[2/]	25.60	7.34	3.07	13.29	6.74	33.42	69.56	45.05	7.34
Conc	87.81	20.35	5.12	4.02	41.79	3.71	12.70	5.11	0.94

[1/] ash free [2/] pH=4.74

ความเป็นกรดด่าง (pH) และปริมาณ NH_3N ของน้ำกระเพาะรูเมนของโคทดลองที่เก็บในระยะเวลาต่าง ๆ กัน แสดงใน Table 4 และ Figure 1 จะเห็นว่าน้ำกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับหญ้าแห้งร่วมกับอาหารข้น 2 กก.ต่อวัน (ซึ่งเป็นปริมาณที่ใช้เลี้ยงโคในระยะนมแห้ง) มี pH อยู่ในระดับที่ค่อนข้างคงที่ ทุกระยะเวลาการเก็บโดยอยู่ในช่วง 6.70 – 6.74 (เฉลี่ย 6.73) ทั้งนี้เนื่องจากอาหารข้นที่ได้รับมีปริมาณต่ำอีกทั้งยังมีหญ้าแห้งช่วยกระตุ้นการหลั่งน้ำลายซึ่งมีสมบัติในการเป็นบัฟเฟอร์ลงสู่กระเพาะจึงทำให้ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของ pH มากนัก ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการทำงานของจุลินทรีย์ ที่น่าสนใจคือ pH ในรูเมนของกลุ่ม 2 ซึ่งโคได้รับหญ้าหมักเป็นอาหารแต่เพียงอย่างเดียว ปรากฏว่ามีค่าค่อนข้างคงที่และอยู่ใกล้ 7 มาก (เฉลี่ย 6.88) ทั้ง ๆ ที่หญ้าหมักสภาพเป็นกรด (4.74 ดัง Table 3) ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจาก

1. ปริมาณหญ้าหมักที่โคกินได้อยู่ในระดับไม่สูงนัก H^+ ที่อยู่ในหญ้าหมักจึงถูก neutralize ด้วย HCO_3^- ในน้ำลาย ทำให้เกิดสภาพที่เป็นกลางได้ง่าย

2. พืชหมักที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นหญ้า ซึ่งมี soluble carbohydrate ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับข้าวโพด ดังนั้นการหมักย่อยเพื่อให้เกิดกรดไขมันระเหยได้ในกระเพาะรูเมนจึงเป็นไปอย่างช้า ๆ ดังจะเห็นได้จากข้อมูลใน Table 5 ที่แสดงให้เห็นว่าปริมาณกรดไขมันระเหยทั้ง 3 ชนิดในกระเพาะรูเมนของโคกลุ่มที่ได้รับหญ้าหมักมีต่ำกว่ากลุ่มอื่น ซึ่งถ้าพืชหมักที่โคได้รับเป็นข้าวโพดหมัก ค่า pH ในรูเมนอาจจะแตกต่างไปจากนี้ สำหรับกลุ่มที่ได้รับหญ้าหมักเสริมด้วยอาหารข้นระดับสูง (T3) พบว่ามีค่า pH ต่ำที่สุด (เฉลี่ย 6.36) แต่ยังอยู่ในระดับปกติ ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากโคนมแห้งกินอาหารในปริมาณที่ไม่สูงนักเมื่อเทียบกับโคที่ให้นมสูง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 4 pH and ammonia nitrogen of rumen liquor of 4 non pregnant dry cows fed different diets

O'clock	pH			NH_3N (mg%)		
	Hay+conc[1/]	silage	silage+conc[2/]	Hay+conc[1/]	silage	silage+conc[2/]
7.30	6.70	6.91	6.59	6.49	2.35	17.37
10.00	6.74	6.85	6.41	10.96	3.70	22.29
11.30	6.73	6.85	6.38	7.14	2.57	21.79
15.30	6.74	6.92	6.28	6.84	1.54	20.18
Average[3/]	6.72[b]	6.88[c]	6.36[a]	7.85[b]	2.54[a]	21.96[c]

[1/] low level of conc (2 kg/day)

[2/] high level of conc (3.3 kg/day)

[3/] means from all sampling intervals, each collected from 4 cows (n=16)

[abc] mean in a same rows row with different superscript differ significantly (p<.05)

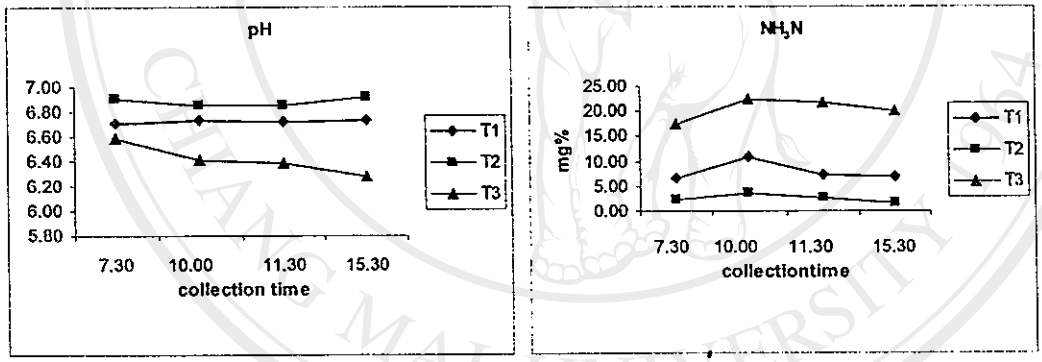


Figure 1 pH and NH_3 N of rumen liquor of 4 cow fed different diets

ระดับของแอมโมเนียไนโตรเจน ในน้ำกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับหญ้ารูซี่หมักอย่างเดียว (T2) มีค่าต่ำที่สุดคือ 1.54 – 3.70 มก.เปอร์เซนต์ (เฉลี่ย 2.54 มก.เปอร์เซนต์) ระดับดังกล่าวนับว่าต่ำมาก อาจไม่เพียงพอต่อต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน เนื่องจาก Satter and Slyter (1974) รายงานว่า ระดับของแอมโมเนียไนโตรเจนที่จะทำให้การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในรูเมนสูงที่สุดคือ 5 – 8 มก.เปอร์เซนต์ แสดงว่าการให้โคนมแห้งได้รับหญ้าหมักเป็นอาหารหยาบเพียงอย่างเดียวอาจทำให้โคได้รับโภชนะไม่เพียงพอโดยเฉพาะในแง่ของไนโตรเจน

เมื่อให้โคกินหญ้าแห้งเสริมอาหารข้น (T1) ระดับแอมโมเนียจะเพิ่มขึ้นและเมื่อเสริมอาหารข้นในระดับสูงขึ้น (T3) ค่านี้จะเพิ่มสูงขึ้นไปอีกอย่างมีนัยสำคัญ (P<.05) ทั้งนี้เนื่องจากโปรตีนในอาหารข้นถูกย่อยสลายเป็นแอมโมเนียโดยจุลินทรีย์ ซึ่งพบว่าโคที่ได้รับอาหารข้นวันละ 2 กก. จะมีแอมโมเนีย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไนโตรเจนระหว่าง 6.5 – 11.0 มก.เปอร์เซนต์ (เฉลี่ย 7.85 มก.เปอร์เซนต์) โดยมีค่าสูงสุดหลังจากให้อาหารข้น 2 ชั่วโมงและเมื่อได้รับอาหารข้นวันละ 3 กก. (T3) จะมีแอมโมเนียไนโตรเจนเพิ่มขึ้นอีกเป็น 20.2 – 22.3 มก.เปอร์เซนต์ (เฉลี่ย 21.96 มก.เปอร์เซนต์) ซึ่งปริมาณแอมโมเนียไนเตรเจนในน้ำรูเมนของโคทั้ง 2 กลุ่มนี้อยู่ในระดับที่เพียงพอต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในรูเมน

Table 5 การสร้างกรดไขมันระเหยได้ในน้ำกระเพาะรูเมน (mg/ml) ของโคที่ได้รับอาหารต่างชนิดกัน และเก็บระยะเวลาต่างกัน

	O'clock	Hay+conc[1/]	silage	silage+conc[2/]
Acetic	7.30	18.15	14.94	18.44
	10.00	17.45	17.31	25.56
	11.30	20.93	16.57	22.15
	15.30	25.57	15.21	13.69
	Average[3/]	7.85 [b]	2.54 [a]	21.96 [c]
Propionic	7.30	3.04	2.07	6.75
	10.00	2.04	3.00	11.84
	11.30	2.90	3.18	8.93
	15.30	6.23	2.17	5.34
	Average[3/]	3.73 [a]	2.64 [a]	8.21 [b]
Butyric	7.30	0.95	0.34	1.80
	10.00	0.71	0.51	2.67
	11.30	0.60	0.53	2.01
	15.30	0.98	0.44	1.16
	Average[3/]	0.83 [b]	0.46 [a]	1.91 [c]
Acetic:Propionic[4/]	7.30	6.23	8.37	2.85
	10.00	9.02	7.28	2.52
	11.30	7.32	5.90	2.84
	15.30	4.51	7.97	2.71
	Average[3/]	6.58 [b]	7.33 [b]	2.73 [a]

[1/] low level of conc (2 kg/day) [2/] high level of conc (3.3 kg/day)

[3/] เป็นค่าเฉลี่ยจากทุกระยะเวลาที่เก็บโดยแต่ละระยะเก็บตัวอย่างจำนวน 4 ซ้ำ (n=16)

[4/] เป็นค่าเฉลี่ยจากการคิดอัตราส่วนของข้อมูลดิบในตัวอย่างที่เก็บจากทุกระยะเวลา ๆ ละ 4 ซ้ำ (n=16)

[abc] means in a same row with different superscripts differ significantly (p<.05)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- **กรดไขมันระเหยได้ในรูเมน**

โคกลุ่มที่ได้รับหญ้าหมักเพียงอย่างเดียว (T2) มีปริมาณกรดไขมันระเหยได้ทุกชนิดต่ำกว่ากลุ่มอื่น ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากอาหารของโคกลุ่มนี้มีโภชนะต่ำกว่ากลุ่มอื่น ส่วนโคที่ได้รับหญ้าแห้งและอาหารข้นระดับต่ำ (T1) มีปริมาณกรดไขมันระเหยได้อยู่ในระดับปานกลางโดยมีกรดอะซิติกสูงกว่ากลุ่มอื่น เพราะหญ้าแห้งมีคาร์โบไฮเดรตประเภทที่เป็นโครงสร้างมาก (NDF) สำหรับโคกลุ่มที่ 3 ซึ่งได้รับหญ้าหมักร่วมกับอาหารข้นระดับสูงจะเป็นไปในทิศทางตรงกันข้ามกับกลุ่ม 2 คือมีปริมาณกรดทุกชนิดรวมกันมากกว่ากลุ่มอื่นโดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดโพรพิโอนิกและกรดบิวทิริกสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ เพราะอาหารข้นมีคาร์โบไฮเดรตประเภทย่อยสลายได้ง่าย (NFC) สูง

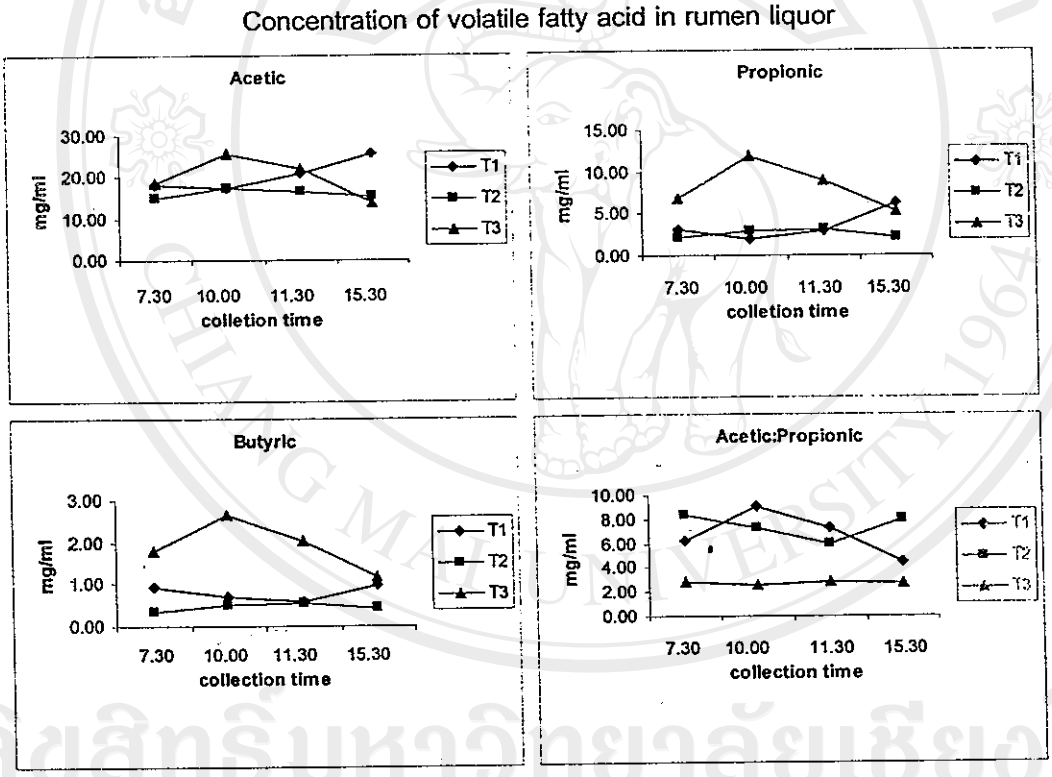


Figure 2 ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ในน้ำรูเมนของโคที่ได้รับอาหารต่างชนิดกัน และเก็บระยะเวลาต่างกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงอัตราการเกิดกรดพบว่า กลุ่มที่ได้รับหญ้าหมักเป็นอาหารเพียงอย่างเดียว (T2) มีอัตราการเกิดกรดต่ำและเกิดค่อนข้างสม่ำเสมอทุกระยะเวลา ส่วนกลุ่มที่ได้รับหญ้าแห้งเสริมอาหารข้นในรับต่ำจะมีกรดทั้ง 3 ชนิดเกิดขึ้นสูงที่สุดหลังจากให้อาหารประมาณ 8 ชั่วโมง เพราะเยื่อใยมีการย่อยสลายอย่างช้า ๆ ในขณะที่กลุ่ม 3 ซึ่งได้รับหญ้าหมักและอาหารข้น

ระดับสูง มีอัตราการเกิดกรดที่รวดเร็วกว่าคือ อะซิติก โพรพิโอนิก และบิวทิริก มีค่าสูงสุดหลังจากกินอาหารได้ประมาณ 2 ชั่วโมง

เมื่อพิจารณาถึงสัดส่วนของกรดอะซิติก : โพรพิโอนิก ($C_2 : C_3$) ในน้ำจากกระเพาะรูเมนได้ผลดัง Table 6 จะเห็นว่าโคที่ได้รับอาหารสูตร 3 ที่ใช้หญ้ารูซี่หมักร่วมกับอาหารข้นในระดับสูง มีอัตราส่วนของ $C_2 : C_3$ ต่ำกว่ากลุ่มอื่นโดยมีค่าเฉลี่ย 2.73 ดังนั้นจึงมีความเสี่ยงต่อการเกิดสภาวะ acidosis มากที่สุด ทั้งนี้เพราะข้อแนะนำของ Dorfler (1977) กล่าวว่าอัตราส่วนของ $C_2 : C_3$ ที่ใกล้เคียง 2 มีความเสี่ยงต่อ acidosis มากและในความเป็นจริงที่ปรากฏระหว่างการทดลองยังพบว่ามีโค 1 ตัวที่กินอาหารชนิดนี้เกิดอาการเจ็บป่วยและถ่ายเหลวด้วย แต่การที่ข้อมูลในการทดลองนี้ทั้งในแง่ของ pH รวมทั้งปริมาณและสัดส่วนของกรดไขมันระเหยได้ไม่ชัดเจนนักอาจจะเป็นเพราะโคได้รับอาหารวันละ 4 ครั้ง (เพื่อเป็นตัวแทนของอาหารผสมครบส่วน ประกอบกับโคที่ทดลองเป็นโคนมแห้งซึ่งกินอาหารไม่มากนัก จึงไม่ทำให้เกิดการผลิตกรดไขมันระเหยได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดโพรพิโอนิกระดับสูงอันเนื่องมาจากการย่อยสลายอาหารข้นในปริมาณสูง เช่นในกรณีของโคที่ให้นมสูง) สำหรับอัตราส่วน $C_2 : C_3$ ของโคกลุ่มที่ใช้หญ้าหมักอย่างเดียวนั้นมีค่าระหว่าง 5.3 – 8.4 และในกลุ่มที่กินหญ้าแห้งเสริมอาหารข้น มีค่าระหว่าง 4.5 – 9.0 ซึ่งอยู่ในระดับปกติของโคที่ไม่ให้ผลผลิต เช่น โคนมแห้งดังที่ใช้ในการทดลองนี้ แต่สำหรับโคนม Dorfler (1977) แนะนำว่าระดับที่เหมาะสมที่สุดของ $C_2 : C_3$ คือ 3 : 1 และถ้าสัดส่วนกรดนี้มากกว่า 4 : 1 จะทำให้เมแทบอลิซึมของพลังงานในโคนมผิดปกติไปและเสี่ยงต่อการเกิด ketosis เพราะสร้างกรดโพรพิโอนิกได้ไม่พอ จะเห็นว่าการที่ใช้หญ้าแห้งเป็นแหล่งเยื่อใยหลักในสูตรอาหารที่มีอาหารข้นระดับสูง เป็นวิธีที่ดีที่สุดในการทำให้อัตราส่วน $C_2 : C_3$ อยู่ในระดับที่เหมาะสม และไม่เกิดปัญหา acidosis

4. สรุปผลการทดลองโครงการย่อย 4

ผลการทดสอบสรุปได้ว่า การให้อาหารโคโดยใช้หญ้าแห้งร่วมกับอาหารข้น มีความเหมาะสมมากที่สุด เนื่องจากทำให้ระดับความเป็นกรดด่างในกระเพาะหมักอยู่ในช่วงที่เหมาะสม ทำให้เกิดแอมโมเนียไนโตรเจนในระดับที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ได้ดี มีการผลิตกรดไขมันระเหยได้โดยเฉพาะกรดอะซิติกและโพรพิโอนิกในระดับที่ค่อย ๆ เพิ่มขึ้น ซึ่งบ่งบอกถึงความสามารถในการดูดซึมได้ทันตลอดจนมีสัดส่วนของกรดอะซิติกต่อกรดโพรพิโอนิกของน้ำในกระเพาะรูเมนในระดับที่ไม่ทำให้เกิดความผิดปกติเนื่องจากสภาวะ acidosis การให้หญ้ารูซี่หมักอย่างเดียว แม้ว่าจะไม่ทำให้เกิดความผิดปกติในส่วนของ pH รวมทั้งปริมาณและสัดส่วนของกรดไขมันระเหยได้ แต่มีแอมโมเนียไนโตรเจนในระดับต่ำซึ่งอาจไม่เพียงพอต่อการทำงานของจุลินทรีย์ และเมื่อเสริมอาหารข้นในระดับสูง (70 ส่วนของอาหารข้นต่อ 30 ส่วนของหญ้าหมัก) พบว่าทำให้ pH ลดลง มีการผลิตแอมโมเนียไนโตรเจน กรดอะซิติก กรด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โพรพิโอนิก และกรดบิวทีริก เพิ่มขึ้น ดังนั้นการให้หญ้ารูซี่หมักร่วมกับอาหารข้นระดับสูงจึงมีความเสี่ยงต่อภาวะ acidosis มากขึ้น

5. ข้อสังเกตและข้อเสนอแนะ

การใช้โคนมแห้งที่ไม่อุ้มท้องเป็นตัวแทนของโคที่ให้นมสูงอาจจะทำให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพในรูเมนไม่ชัดเจนนัก เพราะแม้ว่าจะให้โคทั้ง 2 พวกนี้ได้รับอาหารชนิดเดียวกันและให้ในสัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้นเท่ากัน แต่ปริมาณอาหารที่โคนมแห้งกินได้มีระดับต่ำกว่าของโคนมมาก ดังนั้นการเกิดกรดไขมันระเหยได้จึงเป็นไปอย่างช้า ๆ ในระดับที่สามารถถูกดูดซึมผ่านผนังรูเมนได้ทัน จึงทำให้ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH และสภาพการเกิด acidosis ได้ชัดเจน ดังนั้นถ้าเป็นไปได้ควรทำการศึกษากับโคที่ให้นมสูงโดยตรง ซึ่งในโครงการวิจัยนี้ไม่สามารถทำได้เพราะมีข้อจำกัดดังได้กล่าวมาแล้ว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โครงการย่อยที่ 5 การเปรียบเทียบวิธีวัดแอมโมเนียในของเหลวจากกระเพาะรูเมนด้วยวิธีการต่าง ๆ

1. ความเป็นมาและวัตถุประสงค์

ระดับแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3N) ในกระเพาะรูเมนมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และต่อตัวสัตว์ เพราะจุลินทรีย์จำเป็นต้องใช้ไนโตรเจน (N) ในการสร้างโปรตีนของตัวมันเอง (microbial protein) มีรายงานว่า จุลินทรีย์บางชนิดต้องการ N ในรูปของ NH_3 บางชนิดต้องการในรูปของเพปไทด์และกรดอะมิโน แต่บางชนิดสามารถใช้ไนโตรเจนได้ทั้ง 2 รูปแบบ นักวิจัยจากมหาวิทยาลัย Cornell ได้แบ่งจุลินทรีย์ในรูเมนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มที่ย่อยคาร์โบไฮเดรตประเภทโครงสร้าง (structural carbohydrate) พวกนี้เจริญเติบโตได้ช้า และใช้ NH_3 เป็นแหล่งของ N ในการสร้างโปรตีนของตัวมันเอง มันจะไม่สามารถใช้เพปไทด์และกรดอะมิโนได้

2. กลุ่มที่ย่อยคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (nonstructural carbohydrate, NSC) คือ แป้ง เพคติน และน้ำตาล จะใช้ N ได้ทั้งจาก NH_3 หรือเพปไทด์และกรดอะมิโน และสามารถสร้าง NH_3 ได้ (Russell *et al.*, 1992)

จะเห็นได้ว่า จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ใช้ NH_3 เป็นแหล่งของ N ได้ ซึ่ง NH_3 ในรูเมนเกิดขึ้นจากการย่อยสลายโปรตีน และ/หรือ สารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (NPN) โดยจุลินทรีย์ ระดับของ NH_3 ในรูเมนขึ้นอยู่กับปริมาณ crude protein (CP) ที่สัตว์ได้รับ และธรรมชาติของโปรตีน ซึ่งอาหารแต่ละชนิดจะมีสัดส่วนของโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในรูเมน (RDP) และที่ย่อยสลายไม่ได้ (RUP) แตกต่างกัน ถ้าสัตว์ได้รับ CP ในระดับต่ำ และ/หรือ มี RDP น้อย จะทำให้มีปริมาณ NH_3 ในรูเมนต่ำ ซึ่งถ้าระดับ NH_3 มีต่ำเกินไปอาจจะเป็นอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในรูเมน ในทางตรงกันข้ามถ้าอาหารมี CP สูง และ/หรือ มี RDP สูง จะมี NH_3 ในรูเมนสูง ซึ่งถ้าปริมาณ NH_3 มีสูงเกินไป นอกจากจะมีผลต่อค่า pH ในรูเมนแล้ว ยังอาจเป็นอันตรายต่อตัวโค เพราะ NH_3 ที่จุลินทรีย์จับไปใช้ไม่ทัน (อันเนื่องมาจากอาหารมีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายได้ง่ายไม่เพียงพอ หรือเพราะสาเหตุอื่นก็ตาม) NH_3 ที่มากเกินไปนี้จะถูกดูดซึมผ่านผนังกระเพาะรูเมนเข้าสู่กระแสเลือด ทำให้สมดุลกรด-ด่าง (acid – base balance) ในร่างกายเสียไป นอกจากนี้ยังมีผลกระทบต่อการสืบพันธุ์ด้วย ดังนั้นการควบคุมแอมโมเนียในรูเมนให้อยู่ในระดับที่พอเหมาะจึงเป็นประเด็นที่สำคัญประการหนึ่งในการให้อาหารแก่สัตว์เคี้ยวเอื้อง

ด้วยเหตุนี้การทดลองเกี่ยวกับอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง ถ้าเป็นไปได้ควรทำการวัดปริมาณแอมโมเนียในกระเพาะรูเมนด้วย ซึ่งการวัดค่า NH_3N ในรูเมนมีหลายวิธี เช่น

1. วิธี Conway
2. วิธีกลั่น
3. วิธี Phenol – hypochlorite reaction
4. วิธีใช้ Electrode

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การศึกษาของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ในระยะเวลาที่ผ่านมาได้ใช้ 2 วิธีการแรก แต่เนื่องจากมีข้อจำกัดบางประการ คือ

ก. วิธี Conway ต้องมีอุปกรณ์ซึ่งเป็นจานแก้วชนิดพิเศษที่มีหลุมตรงกลาง หรือใช้ขวดแก้วที่มีลักษณะพิเศษคือ ที่ฝาปิดมีลักษณะเป็นก้านยาวลงมา ตรงปลายมีกะเปาะสำหรับบรรจุสารละลาย ซึ่งขวดดังกล่าวต้องสั่งทำเป็นกรณีพิเศษ และในการวิเคราะห์ต้องใช้เวลาบ่มนานถึง 12 ชั่วโมง

ข. วิธีกลั่นต้องใช้สารเคมี เช่น NaOH เป็นจำนวนมาก คือใช้ NaOH 40% ประมาณ 50 – 80 ml ต่อตัวอย่าง ซึ่งทำให้สิ้นเปลือง

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงอยากหาวิธีการอื่นที่สามารถทำได้สะดวกและประหยัดกว่า จากการตรวจเอกสารและสอบถามกลุ่มวิจัยที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน (ดร.จีระชัย กาญจน-พฤฒิพงษ์) ทำให้ทราบข้อมูลว่า นักวิจัยกลุ่มนี้ใช้วิธีที่ 3 คือ Phenol hypochlorite reaction ดังจะเห็นได้จากรายงานของ Kanjanapruthipong *et al.* (2002) ส่วนนักวิจัยจากมหาวิทยาลัยขอนแก่น ใช้วิธีที่ 4 คือ Electrode ดังรายงานของ Chanthai *et al.* (1988) และ Wanapat *et al.* (1991) เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม การจะตัดสินใจใช้วิธีใดควรต้องมีการทดสอบถึงความถูกต้อง เที่ยงตรง และแม่นยำ ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะเปรียบเทียบวิธีการวัดแอมโมเนียทั้ง 4 วิธี ดังกล่าวข้างต้น โดยทำการวัดทั้งในตัวอย่างมาตรฐานและของเหลวจากกระเพาะรูเมนเพื่อนำผลที่ได้มาประยุกต์ใช้ต่อไป

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียในกระเพาะรูเมนที่เหมาะสมเพื่อให้จุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตสูงสุดนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ระดับของการให้อาหาร ความถี่ในการให้อาหาร ความสามารถในการละลายได้ของโปรตีนในอาหาร แหล่งของคาร์โบไฮเดรต และรวมถึงแหล่งแร่ธาตุด้วย (เมธา, 2533) หากระดับของแอมโมเนียมีความเหมาะสมจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการหมักโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน Satter and Styter (1974) รายงานว่าที่ระดับแอมโมเนีย 5 – 8 มก.เปอร์เซ็นต์ ทำให้การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์สูงสุด ในกระบือปลัก Wanapat and Pimpa (1999) พบว่าความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนที่ระดับ 15 มก.เปอร์เซ็นต์ (13.6 – 17.6 มก.เปอร์เซ็นต์) เป็นระดับที่มีผลให้นิเวศวิทยาในรูเมนมีความเหมาะสม นอกจากนั้นยังมีผลให้ปริมาณการกินได้ และความสามารถในการย่อยได้สูงสุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. วิธีการทดลอง

1. เตรียมสารละลายแอมโมเนียมาตรฐานความเข้มข้น 5, 10, 20 และ 30 มก. N/100 ml โดยขั้นแรกเตรียม

1.1 Stock solution 10 gN/l (หรือ 10 mgN/ml) ด้วยการละลาย $(NH_4)_2SO_4$ 4.7171 g ในน้ำ 100 ml

1.2 ปิเปตสารละลายในข้อ 1.1 มา 5 ml ใส่ใน volumetric flask ขนาด 1,000 ml เติม 0.2% H_2SO_4 จนถึงขีด เขย่าให้เข้ากันจะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 5 mgN/100 ml จากนั้นเตรียมสารมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 10, 20 และ 30 มก. N/100 ml โดยปิเปต stock solution มา 10, 20 และ 30 ml ตามลำดับ แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 ml ด้วย 0.2% H_2SO_4 อย่าให้เข้ากัน

หมายเหตุ : การคำนวณ stock solution ของ $(NH_4)_2SO_4$ ให้มี N 10 g/l :

มวลโมเลกุลของ N = 14.007, H = 1.008, S= 32.066, O = 16.000

รวม $(NH_4)_2SO_4$ = 132.144

N 28.014 g มีใน $(NH_4)_2SO_4$ 132.144 g

N 10 g มีใน $(NH_4)_2SO_4$ $\frac{132.144 \times 10}{28.014}$ = 47.171 g/l

ถ้าละลายในน้ำ 100 ml จะต้องใช้ $(NH_4)_2SO_4$ เพียง 4.7171 g

2. เตรียม 0.2% H_2SO_4 โดยปิเปต H_2SO_4 = 98.08% ปริมาตร 2.04 ml ใส่ในขวดขนาด 1,000 ml ที่น้ำอยู่แล้วประมาณครึ่งขวด ปรับปริมาตรให้ถึงขีด

3. เก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมนมากรองด้วยผ้าขาวบาง แล้วนำมาผสมกับ 0.2% H_2SO_4 ตามรายละเอียดสำหรับการวิเคราะห์แต่ละวิธีดัง Table 1

4. นำสารละลายมาตรฐานทั้ง 4 ความเข้มข้น และของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่ได้เตรียมตามวิธีการในข้อ 3 ไปวัดค่าแอมโมเนียด้วยวิธีการทั้ง 4 วิธี ทำอย่างละ 4 ซ้ำ

5. บันทึกข้อมูลแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (CV) และค่า %recovery พร้อมทั้งหาความแตกต่างทางสถิติซึ่งในกรณีของ standard วิเคราะห์ตามแผนการทดลองแบบ 4 x 4 Factorial arrangement in CRD (4 วิธี x 4 ความเข้มข้น) ส่วนกรณีของ rumen fluid ใช้แผน CRD

หมายเหตุ : $\%Recover = \frac{\text{ค่าที่วัดได้}}{\text{ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน}} \times 100$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 1 การเตรียม rumen fluid เพื่อวิเคราะห์แอมโมเนียด้วยวิธีการต่าง ๆ กัน

Method	Rumen fluid (ml.)*	H_2SO_4 (ml.)	Further detail
Conway	10	10	ปิดฝาทิ้งไว้ 5 นาที ปั่นให้ตกตะกอนที่ความเร็ว 3,000 รอบ เป็นเวลา 10 นาที ดูดเอาเฉพาะส่วนใสไปใช้วิเคราะห์ NH_3N
Distillation	10	20	นำไปวิเคราะห์ NH_3N โดยไม่ปั่น
Phenol	1	60	
Electrode	10	20	

* กรองผ่านผ้าขาวบาง

วิธีวิเคราะห์แอมโมเนียไนโตรเจน

- **วิธี** Conway (Voigt and Steger, 1967)

เป็นการวัดปริมาณไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของแอมโมเนียโดยการบ่มในที่มืด โดยมี Sat. K_2CO_3 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาให้แอมโมเนียไนโตรเจนระเหยออกมาและจับด้วยกรดบอริก แล้วนำไปไตเตรทกับ HCl

อุปกรณ์: ขวดรูปชมพู่ขนาด 100 ml ที่สั่งทำพิเศษมีฝาปิดพร้อมแกนที่มีกระเปาะแก้วที่ปลายแกน

สารเคมี

1. Boric acid 0.5% : (H_3BO_4, ethanol, indicator)
2. Indicator : (bromcresol green, methyl red, ethanol)
3. Sat. K_2CO_3
4. 0.001 N HCl

วิธีเตรียมสารเคมี

1. **การเตรียมสารละลาย** boric acid 0.5 % (w/v)
   - ชั่ง H_3BO_4 5 ก. ใส่ลงในขวด volumetric flask ขนาด 1000 ml เติม ethanol 200 ml แล้วเติม indicator 10 ml เขย่าให้เข้ากัน
   - เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรประมาณ 900 ml แล้วจึงค่อย ๆ หยดสารละลาย sat. K_2CO_3 จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีเขียวอ่อน ๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- ทดสอบโดยการใส่สารละลาย 0.001 N HCl ลงในสารละลายที่เตรียมไว้ ซึ่งจะต้องเปลี่ยนเป็นสีชมพู บันทึกค่า HCl ไว้เป็น blank เพื่อหักลบจากค่าของตัวอย่าง
- เติมน้ำจนได้ปริมาตร 1,000 ml

2. การเตรียม indicator

- ละลาย bromcresol green 0.033 ก. และ methyl red 0.066 ก. ลงใน ethanol 100 ml ในขวดขนาด 250 ml เขย่าให้เข้ากันเก็บไว้ในขวดสีชาเพื่อป้องกันการเปลี่ยนสี

วิธีการ

1. ใส่สารละลาย boric acid 4 ml ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 100 ml ใส่น้ำที่เก็บจากกระเพาะหมัก (ที่ได้ผ่านกรรมวิธีการเตรียมดังแสดงใน Table 1 แล้ว) ปริมาตร 1 ml ลงในกระเปาะแก้วที่ติดอยู่กับฝาขวด แล้วหยดสารละลาย sat. K_2CO_3 ปริมาตร 1 ml ลงไป นำฝานี้ไปปิดขวดแก้ว ที่ได้ทาวาสลินไว้แล้ว หมุนขวดเบา ๆ ให้สารละลายในกระเปาะเข้ากัน เก็บไว้ในที่มืด ณ อุณหภูมิห้องเป็นเวลาอย่างน้อย 12 ชั่วโมง
2. นำตัวอย่างที่บ่มไว้มาไตเตรทกับสารละลาย 0.001 N HCl จนสารละลายเปลี่ยนสี บันทึกปริมาตรของ HCl
3. คำนวณความเข้มข้นแอมโมเนียไนโตรเจนในตัวอย่างด้วยสมการ

$$NH_3N\ (\%) = \frac{(\text{ปริมาตร HCl-blank}) \times 14.01\text{mg} \times 0.001\text{N}}{\text{ปริมาตรตัวอย่าง}} \times 100$$

- **วิธีกลั่น** (Bremner and Keeney, 1965)

เป็นการวัดปริมาณไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของแอมโมเนียโดยใช้กรดซัลฟูริก 0.2% เป็นตัวออกซิไดซ์ (oxidizing agent) แอมโมเนียไนโตรเจน แล้วนำไปกลั่นและจับด้วยกรดบอริกเช่นเดียวกับการกลั่นไนโตรเจนในการหาโปรตีน

อุปกรณ์: เครื่องกลั่นอัตโนมัติ (Buchi distillation unit K-314)

สารเคมี

1. sodium hydroxide 40%
2. boric acid 4%
3. 0.01 N HCl
4. Indicator : (methyl red, bromocresol green, ethanol)
5. 0.2% H_2SO_4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีการ

1. ทำการเจือจาง NH_3 ใน rumen fluid ที่ผ่านการกรองด้วยผ้าขาวบางแล้วด้วยสารละลาย 0.2% H_2SO_4 ในอัตราส่วน 1:2
2. ปิเปตตัวอย่างที่ได้มา 50 ml ใส่หลอดสำหรับกลั่นด้วยเครื่องกลั่นอัตโนมัติ
3. ตวง boric acid 50 ml ลงในขวดรูปชมพู่ และเติม indicator 1 ml
4. ทำการกลั่นด้วยเครื่องกลั่นโดยเติมน้ำกลั่น 30 - 50 ml และ sodium hydroxide 40% 50 – 80 ml ลงในตัวอย่าง กลั่นจนได้ปริมาตร 250 ml
5. นำสารละลายที่ได้จากการกลั่นไปไตเตรทกับ 0.01 N HCl แล้วจดบันทึกปริมาตรของกรดมาตรฐานที่ใช้ในการไตเตรท
6. คำนวณปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนที่เกิดขึ้นด้วยสมการ

$$NH_3N\ (\%) = \frac{\text{ปริมาตร HCl x 14.01 mg x 0.01 N}}{\text{ปริมาตรตัวอย่าง}} \times 100$$

- **วิธี** Phenol-Hypochlorite (Weatherburn,1967)

วัดค่าการดูดกลืนแสงที่อุณหภูมิห้องความยาวคลื่น 625 นาโนเมตร โดยตัวอย่างจะมีสีเข้มถ้าในตัวอย่างมีแอมโมเนียมาก

อุปกรณ์: automatic pipet, calibrate flask

เครื่อง spectrophotometer ยี่ห้อ Chamras Model G20

สารเคมี

1. phenol
2. sodium nitroprusside
3. sodium hydroxide
4. sodium hypochlorite (5% available chlorine)
5. ammonium sulfate

การเตรียมสารเคมี

1. สารละลาย A (Phenol plus nitroprusside)
   - ชั่ง phenol 5.000 ก. และ sodium nitroprusside 0.025 ก.ใส่ใน calibrate flask แล้วเติมน้ำ (deionized) ให้ได้สารละลาย 500 ซีซี.
2. สารละลาย B (Alkaline hypochlorite)
   - ใส่ sodium hydroxide 2.500 ก. และ sodium hypochlorite 4.2 ml ลงใน calibrate flask แล้วเติมน้ำ (deionized) ให้ได้สารละลาย 500 ซีซี.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีการ

1. ทำการเจือจางความเข้มข้น NH_3 ใน rumen fluid ที่ได้กรองผ่านผ้าขาวบางแล้วด้วยสารละลาย 0.2% H_2SO_4 ในอัตราส่วน 1:60

2. ปิเปตสารละลาย A 5 ml ใส่ในหลอดทดลองแล้วใส่สารละลายมาตรฐาน (ammonium sulfate) หรือตัวอย่าง 20 ไมโครลิตร ปิดหลอดทดลองด้วย parafilm แล้วเขย่าแรง ๆ หรือ vortex เพื่อให้สารละลายเข้ากันได้ดี เติมสารละลาย B 5 ml แล้วเขย่าให้เข้ากัน

3. นำหลอดทดลองมา incubate ใน water bath ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสนาน 20 นาที (อุณหภูมิและระยะเวลามีความสำคัญต่อความแม่นยำ ต้องควบคุมอย่างเคร่งครัด)

4. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่อุณหภูมิห้อง ความยาวคลื่น 625 นาโนเมตร โดยใช้ black (ผสมสารละลาย A และ B อย่างละ 5 ml) เป็นตัวปรับ 0

- **วิธีใช้** Ion Selective Electrode (เอกสารจากบริษัท Mettler)

แอมโมเนียในตัวอย่างจะถูกวัดทันทีโดยใช้เครื่องวัด ion selective electrode ซึ่งต้องเติมสาร ISA (ionic strength adjuster) เพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องทำการวัดประจุตัวอื่นที่ไม่ต้องการ

อุปกรณ์: Ammonia electrode ยี่ห้อ Mettler Toledo Model 130 Ion meter

สารเคมี: NH_4Cl (AR grade), sodium hydroxide, electrolyte solution

การเตรียมสารละลาย

1. สารละลาย sample conditioning (ISA, ionic strength adjuster) = 40% NaOH ชั่ง sodium hydroxide 40.0 ก. ละลายในน้ำ (deionized) ประมาณ 80 ml ปรับให้ได้สารละลาย 100 ml

2. อิเล็กโทรด storage solution (= 40% NaOH) เจือจางสารละลาย sample conditioning ด้วยน้ำ (deionized) ในอัตราส่วน 1:100

3. เตรียมสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียความเข้มข้น 1000 ppm (1000 mg/l) โดยละลาย NH_4Cl = 3.14 ก. ด้วยน้ำ (deionized) ปรับปริมาตรให้ได้ 1000 ml จากนั้นทำให้สารละลายมีความเข้มข้น 100, 10 และ 1 ppm ตามลำดับ

หมายเหตุ : NH_3 17 g มีใน NH_4Cl = 53.5 g

$$NH_3\ 1\ g\ \text{มีใน}\ NH_4Cl = \frac{53.5 \times 1}{17} = 3.147\ g$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเตรียมแอมโมเนียอิเล็กโทรด

1. ถอดตัว hydrating cap ออกแล้ว rinse electrode ด้วยน้ำ (demonized) หลายครั้ง

2. เติม electrolyte solution ประมาณ 15 หยด ลงใน membrane module พยายามอย่าให้มีฟองอากาศ แล้วหมุน membrane module เข้ากับตัวอิเล็กโทรด และจุ่มลงในสารละลายอิเล็กโทรด storage solution อย่างน้อย 30 นาที ก่อนนำไปใช้งาน

การ calibration

1. ปิเปตสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียที่เตรียมไว้แต่ละความเข้มข้นออกมาจำนวน 50 ml

2. เริ่ม calibrate จากความเข้มข้นต่ำสุด โดยเมื่อเริ่มทำการวัดให้ใส่สารละลาย sample conditioning 0.5 ml

3. จุ่มแอมโมเนียอิเล็กโทรดลงในสารละลายพร้อมทั้งคนสารละลายตลอดเวลา กดปุ่ม cal เมื่อค่านิ่งเครื่องจะหยุดอ่านค่าโดยอัตโนมัติ

4. ทำซ้ำข้อ 3 จนครบทุกสารละลายมาตรฐาน โดยต้องใส่ sample conditioning solution ทุกครั้ง (ห้ามใส่ทิ้งไว้ก่อนเด็ดขาด ต้องใส่เมื่อต้องการวัด)

การวัดปริมาณแอมโมเนียในสารตัวอย่าง

1. นำตัวอย่าง rumen fluid ที่ผสมกับ 0.2% H_2SO_4 ตามอัตราส่วนที่แสดงไว้ในข้อ 3 ปริมาตร 100 ml เติม sample conditioning solution 1 ml จุ่มแอมโมเนียอิเล็กโทรดพร้อมคนสารละลายตลอดเวลา

2. กดปุ่ม read เพื่ออ่านค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจน

ผลการทดลอง

ค่า NH_3N ของสารละลายมาตรฐานและน้ำจากกระเพาะรูเมนที่วัดด้วยวิธีการต่าง ๆ 4 วิธี แสดงใน Table 2 และ 4 ตามลำดับ

จาก Table 2 จะเห็นได้ว่า เมื่อสารละลายมาตรฐานมีความเข้มข้นมากขึ้น ค่า NH_3N ที่วัดได้จะมีค่าสูงขึ้นและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้การวัดด้วยวิธต่างกันยังให้ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

และเมื่อทำการวัดของเหลวจากกระเพาะรูเมนด้วยวิธีการทั้ง 4 ได้ผลดังแสดงใน Table 4 จะเห็นได้ว่า การวัดด้วยวิธี Conway ให้ผลไม่แตกต่างจากวิธี Phenol และวิธีกลั่นอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ 2 วิธีนี้ได้ค่าที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนวิธี Electrode นั้น ได้ค่าต่ำมาก คือ 2.23 mgN/100 ml ซึ่งคิดเป็นเพียง 20.22% ของค่าเฉลี่ยจาก 3 วิธีแรก (11.03 mgN/100 ml) เท่านั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 2 ค่าแอมโมเนียไนโตรเจน (mgN/100ml) ของสารละลายมาตรฐานความเข้มข้นต่างกันที่วิเคราะห์ด้วยวิธีการต่างกัน 4 วิธี

Standard NH_3N	Method				
(mgN/100 ml)	Conway	Distillation	Phenol	Electrode	เฉลี่ย
5	5.43	4.76	4.53	1.87	4.15[a]
SD	0.35	0.28	0.29	0.15	
CV (%)	6.45	5.88	6.40	8.02	
10	9.46	10.27	10.90	4.13	8.64[b]
SD	0.91	0.31	0.52	0.06	
CV (%)	9.62	3.02	4.77	1.45	
20	18.21	22.35	19.00	6.25	16.45[c]
SD	0.57	0.33	0.60	0.10	
CV (%)	3.13	1.43	3.16	1.60	
30	28.02	31.21	29.90	10.00	24.78[d]
SD	0.99	0.31	0.60	0.04	
CV (%)	3.53	0.99	2.01	0.40	
เฉลี่ย	15.23[b]	17.15[d]	16.08[c]	5.56[a]	
SD	11.91	11.91	10.95	3.46	
CV	4.61	3.13	1.79	1.57	

Interaction (concentration x method) p = 0.05

ดังนั้นเพื่อให้เกิดความยุติธรรมมากขึ้นจึงนำค่า NH_3N ที่วัดได้มาเทียบเป็นร้อยละของปริมาณที่มีอยู่ในสารละลายมาตรฐาน จะได้ค่า %recovery ดังแสดงใน Table 3 จะเห็นได้ว่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานส่วนใหญ่ให้ค่า %recovery ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือ เฉลี่ยจากทุกวิธีได้ค่าประมาณ 82.27 – 86.87% ยกเว้นที่ระดับความเข้มข้น 10 mgN/ 100ml ให้ค่าสูงที่สุด คือ 86.87% อย่างไรก็ตาม การที่ %recovery อยู่ในระดับประมาณ 80 – 90% ถือว่าค่อนข้างต่ำ แต่ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากค่าที่วัดได้จากวิธี Electrode อยู่ในเกณฑ์ต่ำมาก เฉลี่ย 35.80% เท่านั้น ซึ่งไม่ถูกต้อง และที่ตัดค่าที่วัดได้จากวิธีการนี้ออกไป พบว่า ค่าที่ได้จาก 3 วิธีที่เหลืออยู่ในช่วง 91.06 – 111.75 เฉลี่ย 99.27 $\pm$ 10.98% ซึ่งนับว่าอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ

และเมื่อเปรียบเทียบระหว่าง 3 วิธีการที่เหลือ จะเห็นได้ว่าวิธีการกลั่นให้ค่าสูงที่สุด (103.40%) ในขณะที่ทั้ง Phenol ได้ค่าใกล้เคียงกับมาตรฐานมากที่สุดคือ 98.56% จึงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากวิธีของ Conway สำหรับวิธีใช้ Electrode นั้น ได้ค่า recovery ต่ำมากเพียง 35.80% เท่านั้น จึงต่ำกว่ามาตรฐานถึง 64.20% แสดงว่าค่าที่วัดได้ไม่ถูกต้อง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 3 %recovery ของ NH_3N ในสารละลายมาตรฐานความเข้มข้นต่างกันที่วิเคราะห์ด้วยวิธีการต่างกัน

	Method				
	Conway	Distillation	Phenol	Electrode	Mean
5	108.50	95.20	90.60	37.35	82.91[b]
10	94.58	102.65	108.98	41.28	86.87[a]
20	91.06	111.75	95.01	31.28	82.27[b]
30	93.40	104.02	99.67	33.33	82.60[b]
Mean	96.89[y]	103.40[x]	98.56[y]	35.80[z]	

abc means in the same column

xyz means in the same row

Table 4 ค่าแอมโมเนียไนโตรเจน (mgN/100ml) ของน้ำจากกระเพาะรูเมนที่วิเคราะห์ด้วยวิธีการต่างกัน

ค่าที่	Conway	Distillation	Phenol	Electrode
1	11.21	11.03	9.21	2.70
2	8.41	12.88	9.21	2.10
3	14.01	11.90	9.83	2.02
4	11.21	13.67	9.83	2.09
เฉลี่ย	11.21b[c]	12.37[c]	9.52[b]	2.23[a]
SD	2.29	1.15	0.36	0.32
CV	20.42	1.30	3.82	14.35

การที่วิธี Electrode ได้ค่าต่ำผิดปกตินี้ คณะผู้วิจัยได้พยายามหาทางแก้ไขและติดต่อกับบริษัทตัวแทนจำหน่ายเพื่อช่วยกันแก้ปัญหาดังกล่าว เพราะเครื่องนี้เพิ่งซื้อมาใหม่และมีวัตถุประสงค์จะใช้เพื่อทำการวัดเรื่องนี้โดยเฉพาะ แต่บริษัทไม่สามารถแก้ปัญหาได้ แม้ว่าจะใช้เวลานานหลายเดือนก็ตาม และเมื่อสอบถามไปยังทีมวิจัยของมหาวิทยาลัยขอนแก่น (ดร.ฉลอง วชิระภากร) ก็พบว่ามีปัญหาเช่นกัน ในปัจจุบันทีมวิจัยของสถาบันดังกล่าวได้เปลี่ยนมาใช้วิธีการกลั่นแล้ว

จากการที่วิธีการวัด NH_3N 3 วิธีแรกได้ค่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของสารละลายมาตรฐาน โดยมี % recover 100 ± 6% นั้น นับว่าเป็นเรื่องที่น่าพอใจ ส่วนการที่จะตัดสินใจใช้วิธีไหน ควรขึ้นอยู่กับความสะดวกและอุปกรณ์ที่มี ตลอดจนต้นทุนการวิเคราะห์เป็นหลัก ซึ่งทั้ง 3 วิธีมีข้อได้เปรียบและเสียเปรียบดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข้อควรคำนึง	Conway	Distillation	Phenol
ต้นทุนค่าสารเคมี	ต่ำ	ปานกลาง	สูง
ต้นทุนค่าไฟฟ้า	ไม่มี	มาก	ปานกลาง
ระยะเวลาที่ใช้	มาก	ปานกลาง	น้อย
เครื่องมือที่ต้องการ	ขวดที่สั่งทำพิเศษ ราคา 400 บาท/ขวด	เครื่องกลั่น ถ้าเป็นแบบอัตโนมัติมีราคาแพง	เครื่อง spectrophotometer ราคาแพง

จากตารางนี้จะเห็นได้ว่า วิธี Conway มีข้อดีตรงที่ใช้สารเคมีที่หาได้ง่ายในห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ทั่วไปและใช้ในปริมาณน้อยมาก แต่มีจุดอ่อนตรงที่ต้องใช้ขวดสั่งทำพิเศษ ซึ่งถ้ามีตัวอย่างมากจะต้องใช้จำนวนขวดมาก นอกจากนี้ยังต้องใช้เวลาบ่มนานถึง 12 ชั่วโมง แต่สามารถทำจำนวนมากได้ในเวลาใกล้เคียงกัน

วิธีการกลั่นใช้สารเคมีที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ทั่วไปเช่นกัน แต่ต้องใช้ในปริมาณมากขึ้น เช่น ใช้ 40% NaOH จำนวน 50 – 80 ml/ตัวอย่าง ระยะเวลาที่ใช้ในการกลั่นประมาณ 15 นาที/ตัวอย่าง สำหรับเครื่องกลั่นถ้าเป็นแบบอัตโนมัติจะสามารถทำงานได้สะดวก แต่มีราคาแพง ถ้าห้องปฏิบัติการมีอยู่แล้วก็ไม่ต้องลงทุนเพิ่ม

วิธี Phenol ใช้สารเคมีที่ต้องสั่งเป็นพิเศษจากต่างประเทศ (เพราะไม่มีในห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ทั่วไป) ต้องใช้เวลาในการสั่งนานไม่ต่ำกว่า 6 สัปดาห์ และมีราคาแพงมาก เช่น sodium hypochlorite ขวดละ 20 มล. ราคาประมาณ 1,900 บาท และ sodium nitroprusside ราคาขวดละ 5,000 บาทเศษ เป็นต้น

4. สรุปผลการทดลองโครงการย่อยที่ 5

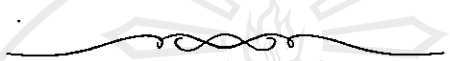
การวิเคราะห์ NH_3N ในสารละลายมาตรฐานด้วยวิธี Conway วิธีกลั่น และ วิธี Phenol ได้ % recover อยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจคือ ต่างจากค่ามาตรฐาน ±6% และเมื่อนำมาวัดตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมนพบว่า วิธี Conway ได้ค่าไม่แตกต่างทางสถิติ จากการกลั่นและวิธี Phenol แต่ 2 วิธีหลังนี้ให้ค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ดีทั้ง 3 วิธีนี้ นับว่าได้ค่าที่ใกล้เคียงกันเมื่อเทียบกับวิธี Electrode เพราะวิธีสุดท้ายนี้ เมื่อนำไปวัดสารละลายมาตรฐานพบว่า ได้ค่า % recover เพียง 34.22% และเมื่อทำการวัดตัวอย่างของเหลวจากรูเมนพบว่า ได้ค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ 3 วิธีแรกถึง 5 เท่า จึงไม่ควรนำมาใช้

จากข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้วิจารณ์ไว้ในผลการทดลอง คณะผู้วิจัยจากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ คงจะตัดสินใจใช้วิธี Conway และ/หรือวิธีการกลั่นต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับข้อมูลที่ได้จากการทดลองนี้นับว่ามีประโยชน์มากต่อการตัดสินใจเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสมและถูกต้อง เพื่อให้ได้ผลการทดลองเป็นที่ยอมรับและน่าเชื่อถือ

การศึกษานี้ควรจะทำการขยายผล โดยวิเคราะห์ตัวอย่างจำนวนมากขึ้น เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สามารถเผยแพร่ได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อนักวิจัยกลุ่มอื่น จะได้ไม่ต้องเสียเงินค่าซื้ออิเล็กโทรดราคากว่า 7 หมื่นบาท โดยเปล่าประโยชน์เช่นที่มหาวิทยาลัยเชียงใหม่และขอนแก่นได้ประสบมา (อาจมีที่อื่นอีกที่ยังมิได้แลกเปลี่ยนข้อมูลกัน)



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โครงการย่อยที่ 6 กรรมวิธีเพิ่มปริมาณโปรตีนไหลผ่านในกากถั่วเหลืองและประสิทธิภาพการใช้ในสูตรอาหารโคที่ให้นมสูง

1. หลักการ เหตุผล และวัตถุประสงค์

การเลี้ยงโคนมในปัจจุบันได้มีการพัฒนามากขึ้นกว่าแต่ก่อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแง่พันธุกรรม กล่าวคือสายเลือดโคโฮลสไตน์สูงขึ้น มีการให้นมเพิ่มขึ้น ดังจะเห็นได้ว่าโคที่ให้นมประมาณ 30 ลิตร ในช่วงสูงสุดของการให้นม (peak of lactation) พบในฟาร์มของเกษตรกรมากราย และคาดว่าจะมีเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ จากการสำรวจแม่โคนมในฟาร์มของเกษตรกรจำนวน 11 ราย ใน อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ พบว่ามีโคที่ให้นมสูงประมาณ 25 – 30 ลิตร/วัน ในช่วงสูงสุดของการให้นม จำนวน 20 ตัว จากจำนวนแม่โคนมทั้งหมด 144 ตัว ซึ่งคิดเป็น 13.89% (สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดเชียงใหม่, 2545)

แม่โคที่ให้นมสูงมักได้รับโภชนะไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย โดยเฉพาะในระยะแรกของการให้นมเพราะโคกินอาหารได้น้อย จึงต้องดึงเอาพลังงานและโปรตีนที่สะสมไว้มาใช้เพื่อการผลิตน้ำนม ทำให้มีผลกระทบต่อการทำงานของระบบสืบพันธุ์ เช่น แม่โคเป็นสัดหลังคลอดช้า แสดงอาการเป็นสัดไม่ชัดเจน และมีอัตราการผสมติดต่ำ การเพิ่มพลังงานอาจให้ในรูปของไขมันไหลผ่าน เพื่อจะได้ไม่เป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน สำหรับในกรณีของโปรตีน แม้ว่าโปรตีนที่เป็นประโยชน์ต่อตัวโคจะได้มาจาก 2 แหล่ง คือ 1. โปรตีนของจุลินทรีย์ ซึ่งเกิดจากโปรตีนในอาหารที่ย่อยสลายได้ง่ายในรูเมน (ruminal degradable protein, RDP) และ 2. โปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (ruminal undegradable protein, RUP) หรือโปรตีนไหลผ่าน (by pass protein) ก็ตาม แต่เนื่องจากโปรตีนส่วนแรกมีปริมาณจำกัดอยู่ในระดับหนึ่ง จึงไม่เพียงพอต่อความต้องการของโคที่ให้นมสูง (Schwab, 1995) ดังนั้นจึงต้องเสริมโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายหรือโปรตีนไหลผ่านเพิ่มขึ้น ยิ่งโคให้นมสูงเท่าใดก็ยิ่งต้องการโปรตีนประเภทหลังเพิ่มขึ้นเท่านั้น (บุญล้อม, 2541)

การที่อาหารมีสัดส่วนของ RDP และ RUP มากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ธรรมชาติของโปรตีน กรรมวิธีที่ปฏิบัติต่ออาหาร และสภาพ pH ในกระเพาะรูเมนที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ เป็นต้น โดยทั่วไปเราต้องการให้โปรตีนคุณภาพต่ำ เกิดการย่อยสลายในรูเมนมาก เพื่อให้จุลินทรีย์นำไปสร้างเป็น microbial protein ซึ่งมีคุณภาพดีกว่าอาหารเดิม ในขณะเดียวกันก็ต้องการให้โปรตีนคุณภาพดีมีการย่อยสลายในรูเมนน้อย เพื่อจะได้ถูกย่อยในกระเพาะแท้และลำไส้เล็กเพิ่มขึ้น ได้กรดอะมิโนที่สามารถดูดซึมนำไปใช้ประโยชน์ต่อตัวสัตว์ได้โดยตรงมากขึ้น ดังนั้นการที่จะทำให้เกิด by pass protein เพิ่มขึ้น จึงต้องหากรรมวิธีป้องกันไม่ให้โปรตีนคุณภาพดีถูก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ย่อยสลายในกระเพาะเมน ซึ่งกรรมวิธีดังกล่าวสามารถทำได้โดยการใช้สารเคมี เช่น formaldehyde และ tannin หรือการใช้ความร้อน เช่น การอบ การคั่ว หรือการนึ่ง เป็นต้น (บุญล้อม, 2541)

กากถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบหลักที่ใช้เป็นแหล่งโปรตีนทั้งในอาหารสัตว์กระเพาะเดี่ยว และสัตว์-เคี้ยวเอื้อง โดยจัดว่าเป็นแหล่งโปรตีนจากพืชที่มีคุณภาพสูงกว่ากากพืชน้ำมันชนิดอื่น เช่น กากงา กากฝ้าย กากนุ่น และกากเมล็ดปาล์ม เป็นต้น เพราะมีกรดอะมิโนที่จำเป็น ยกเว้นไลซีน ในปริมาณและสัดส่วนที่ค่อนข้างสมดุลเหมาะสมกับความต้องการของสัตว์ มีโปรตีนเฉลี่ย 44% และอาจสูงถึง 50% (ในกรณีที่กะเทาะเปลือก) อีกทั้งยังมีราคาต่ำกว่าปลาป่นซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนคุณภาพดี แต่เนื่องจากกากถั่วเหลืองโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่สกัดน้ำมันโดยใช้สารเคมี มีสัดส่วนของโปรตีนไหลผ่านต่ำกว่าปลาป่น (30 – 40 เทียบกับ 60 – 65%; NRC, 2001) ดังนั้นถ้านำกากถั่วเหลืองมาผ่านกรรมวิธีต่าง ๆ เพื่อให้มี bypass protein สูงขึ้น อาจช่วยให้โคให้ผลผลิตน้ำนมเพิ่มขึ้น จากรายงานของบุญเสริมและคณะ (2545) พบว่าการใช้ความร้อนแห้งโดยการคั่วในกะทะขนาดใหญ่ไม่ใช่วิธีการที่เหมาะสม เพราะทำให้อุณหภูมิของกากถั่วเหลืองสูงที่สุดได้เพียง 110 – 120°c เท่านั้น ซึ่งมีผลต่อการย่อยสลายของวัตถุแห้งในกระเพาะรูเมนได้น้อย การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาผลของการใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ในการลดการย่อยสลายโปรตีนของกากถั่วเหลืองในกระเพาะรูเมน โดยยังสามารถย่อยได้ดีในกระเพาะแท้และลำไส้เล็ก เพื่อนำไปประกอบเป็นสูตรอาหารเลี้ยงโคนม รวมทั้งศึกษาถึงผลที่มีต่อการผลิตและคุณภาพของน้ำนมโค ตลอดจนผลตอบแทนทางเศรษฐกิจด้วย

2. ผลงานวิจัยและรายงานที่เกี่ยวข้อง (บางส่วน)

ปัญหาของโคที่ให้นมสูงมักเกิดรุนแรงในช่วงต้น (ประมาณ 100 วันแรกของการให้นม) เพราะโคได้รับโภชนะโดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังงานและโปรตีนไม่เพียงพอต่อความต้องการเพื่อการดำรงชีพและการสร้างน้ำนม Beever and Thomson (1981) พบว่าโคน้ำหนัก 640 กก. จะสูญเสียน้ำหนักตัวในช่วง 6 สัปดาห์แรกหลังคลอดมากถึง 1 กก./วัน หลังจากนั้นน้ำหนักตัวจะเพิ่มขึ้นจนสัปดาห์ที่ 44 จะมีน้ำหนัก 672 กก. ในกรณีของการขาดพลังงานมีการแนะนำให้เสริมไขมัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งไขมันไหลผ่าน เพื่อจะได้ไม่เป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน สำหรับกรณีของโปรตีนควรทำให้โปรตีนคุณภาพดีถูกย่อยสลายในกระเพาะรูเมนลดลง เพื่อให้มีโปรตีนไหลผ่านเพิ่มขึ้น อีกทั้งการลดการย่อยสลายโปรตีนในกระเพาะรูเมน ทำให้มีพลังงานถูกดูดซึมในทางเดินอาหารสูงขึ้น และลดการสูญเสียโปรตีนในรูปของแอมโมเนียอีกทางหนึ่งด้วย (Beever and Thomson, 1981) แต่การที่โปรตีนไหลผ่านจะใช้ประโยชน์ได้ดีเพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับความสามารถในการย่อยสลายและดูดซึมไปใช้ประโยชน์ที่ลำไส้เล็ก ถ้าโปรตีนไหลผ่านถูกย่อยด้วยเอนไซม์จากตัวสัตว์ได้มาก ก็จะมีกรดอะมิโนที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เป็นประโยชน์ต่อตัวสัตว์มาก อย่างไรก็ดีจากการศึกษาหลายรายพบว่าถ้าอาหารมีโปรตีนไหลผ่านเพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณน้ำนมและเปอร์เซ็นต์โปรตีนในน้ำนมสูงขึ้นด้วย ดัง Table 1

Table 1 ผลของอาหารที่มีโปรตีนไหลผ่านสูง (HUP) เปรียบเทียบกับโปรตีนไหลผ่านต่ำ (LUP) ที่มีต่อผลผลิตและเปอร์เซ็นต์โปรตีนน้ำนม

ผลผลิตน้ำนม (กก.)		โปรตีนในน้ำนม (%)		Source
LUP	HUP	LUP	HUP	
26.5	28.7	3.1	3.1	Higginbotham *et al.* (1989)
8.3	9.5	3.6	4.1	พิทยา (2536)
12.3	13.1	3.7	4.8	เกรียงศักดิ์ (2539)
35.7	34.1	2.9	3.1	Winsryg *et al.* (1991)
29.1	29.6	3.1	3.0	Taylor *et al.* (1991)
31.5	31.5	3.0	3.1	Robinson and Kennelly (1988)

LUP = low undegradable protein, HUP = high undegradable protein

เป็นที่น่าสังเกตว่า การทดลองข้างต้นที่ศึกษาในประเทศไทยนั้น พบผลการตอบสนองในเชิงบวกต่อการเพิ่มระดับโปรตีนไหลผ่าน แม้ว่าโคจะให้นมเพียงประมาณ 10 กก./วัน เท่านั้น ซึ่งขัดแย้งกับ Atwal *et al.* (1995) ที่กล่าวว่าการให้ RUP นั้นจะได้ผลดีกับโคนมที่ให้นมมากกว่า 30 กก. ขึ้นไป นอกจากนี้ NRC (2001) ยังได้แนะนำว่าโคนมที่มีน้ำหนักตัว 454 กก. และให้นม 30 กก. ที่มีไขมันนม 4% ในช่วงแรกของการให้นม มีความต้องการ RUP เท่ากับ 45.5% ของ crude protein ซึ่งใกล้เคียงกับ Anonymous (1998) ที่ระบุว่าโคที่ให้นมสูงต้องการ RUP ประมาณ 37 – 42% ของ crude protein ส่วนการให้ RUP กับโคที่ให้นมต่ำจะไม่มีผลและไม่คุ้มค่าในทางเศรษฐกิจด้วย สอดคล้องกับ Dunlap *et al.* (2000) ที่พบว่าการให้ RUP จะไม่มีผลต่อโคที่อยู่ในช่วงท้ายของการให้นม

กากถั่วเหลืองมีปริมาณและคุณภาพของโปรตีนต่ำกว่าปลาป่น เพราะมีเมทไธโอนีนต่ำกว่า (Table 2) อีกทั้งยังปลาป่นเป็นแหล่งของไวตามินบีด้วย (NRC, 2001) แต่เนื่องจากสัตว์เคี้ยวเอื้องที่โตแล้วสามารถสังเคราะห์กรดอะมิโนที่จำเป็น และไวตามินบีได้โดยอาศัยจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก ปลาป่นจึงมีความสำคัญน้อยลง ประกอบกับปลาป่นมีราคาสูงจึงไม่นิยมใช้ในอาหารสัตว์สัตว์เคี้ยวเอื้องทั่วไป อย่างไรก็ดีอาจมีการเสริมปลาป่นให้แก่สัตว์เคี้ยวเอื้องที่ให้ผลผลิตสูงบ้าง เพราะสัตว์ดังกล่าวต้องการกรดอะมิโนที่จำเป็นในปริมาณสูง (Charles, 2000) แต่ระดับที่เสริมมักไม่เกิน 5% ของอาหาร สำหรับสัดส่วนของ RUP ในกากถั่วเหลืองพบว่า ชนิดที่สกัดน้ำมันด้วยสารเคมี มีค่าต่ำกว่าปลาป่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประมาณครึ่งหนึ่ง แต่ชนิดที่อัดน้ำมันด้วยวิธีอัดเกลียว (expeller process) มีค่า RUP ใกล้เคียงกันกับปลาป่น (Table 2)

Table 2 Nutrient composition and variability of some feedstuffs commonly fed to dairy cattle (all values on a dry basis)

Feed	CP	RUP	Lys	Met
	%		%CP	
Fish meal, Menhaden, mech	68.5	59.2-65.8	7.65	2.81
Soybean meal				
Expellers, 45%CP	46.3	58-69	6.27	1.45
Solvent, 44%CP	49.9	24.3-34.6	6.28	1.45
Solvent, 48%CP	53.8	30.8-42.6	6.29	1.44

Source: NRC (2001)

วิธีเพิ่มโปรตีนไหลผ่านเพื่อใช้ประโยชน์ในตัวสัตว์

จากการที่ปลาป่นมีราคาแพงดังได้กล่าวมาแล้ว อีกทั้งการใช้ในปริมาณสูงในอาหารโคนมอาจทำให้น้ำนมมีกลิ่นคาวปลาได้ ดังนั้นจึงพยายามเพิ่มโปรตีนไหลผ่านในกากถั่วเหลือง และ/หรือกากพืชน้ำมันชนิดอื่น โดยใช้ความร้อน เช่น การอบ การคั่ว หรือ การใช้สารเคมี เช่น formaldehyde, tannin หรือกรดอะซิติก เป็นต้น

การใช้**ความร้อน** (heat treatment)

ความร้อนที่ให้แก่อาหารไม่ว่าจะโดยทางตรงหรือทางอ้อม เช่น การอัดเม็ด การสกัดน้ำมัน การคั่ว การอบ นึ่ง ต้ม ฯลฯ มีผลทำให้โปรตีนสลายตัวในรูเมนได้น้อยลงทั้งนั้น แต่การให้ความร้อนนี้ต้องคำนึงถึงอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมด้วย เพราะถ้าให้ความร้อนมากเกินไปก็จะทำให้เกิดกระบวนการที่เรียกว่า Maillard reaction คือ aldehyde group ของน้ำตาลจะไปจับกับ free amino group ของโปรตีน ได้เป็น amino-sugar complex ซึ่งทนต่อการย่อยของเอนไซม์มากกว่าเปปไทด์บอนด์ตามปกติ ถึงแม้ว่าจะไม่มีน้ำตาลหรือคาร์โบไฮเดรต การให้ความร้อนสูงเกินไปก็อาจทำให้ amino group ของไลซีนทำปฏิกิริยากับ free amino group หรือ carbonyl group ของโปรตีนอื่น เกิดเป็น amide bond ขึ้น ทำให้โปรตีนนั้นไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้เช่นกัน แต่ถ้าให้ความร้อนในระดับที่พอเหมาะจะทำให้โปรตีนทนต่อการย่อยสลายในรูเมน แต่ไปถูกย่อยในลำไส้เล็ก ได้เป็นกรดอะมิโนซึ่งสัตว์สามารถดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรง ทำให้มีการสะสมโปรตีนหรือไนโตรเจนในร่างกายสูงขึ้น (บุญล้อม, 2527)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บุญเสริมและคณะ (2545) ได้ทดลองให้ความร้อนแก่กากถั่วเหลืองโดยการคั่วในกะทะขนาดใหญ่ เป็นเวลา 10 และ 20 นาที โดยใช้น้ำมันเป็นสื่อความร้อนในอัตราต่าง ๆ กัน คือ 0, 5, 8 และ 10% ของน้ำหนักกากถั่วเหลือง พบว่าแม้การให้ความร้อนจะทำให้กากย่อยสลายลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แต่ยังอยู่ในระดับที่ไม่น่าพอใจ เพราะลดได้เพียง 12 – 18% เท่านั้น การใส่น้ำมันระดับต่าง ๆ ไม่มีผลทางสถิติและไม่มีปฏิสัมพันธ์กับระยะเวลาในการคั่ว โดยสรุปผู้ทดลองไม่แนะนำให้ใช้วิธีการนี้ เพราะเสี่ยงต่อการไหม้ได้ง่าย และสามารถทำให้อุณหภูมิของกากถั่วเหลืองสูงขึ้นได้เพียง 110 – 120°c เท่านั้น

Kaufmann and Luepping (1982) ได้เปรียบเทียบผลของการใช้ความร้อนแห้งและความร้อนเปียก (autoclave) ในการทรีตกากถั่วเหลืองพบว่า autoclave จะให้ผลดีกว่าคือใช้เวลาสั้นกว่าเพียง 15 นาที ที่อุณหภูมิ 120 – 130°c ก็จะทำให้การละลายได้ลดลงอย่างมาก โดยมีผลกระทบต่อการย่อยได้น้อยมาก

จากการศึกษาในห้องปฏิบัติการ (*in vitro* method) พบว่าการอบ (roasting) ถั่วเหลืองทั้งเมล็ดที่อุณหภูมิ 143°c และ 146°c ทำให้มีโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะรูเมนประมาณ 50 – 60% และเอนไซม์ lipase ทำงานได้ลดลง แต่เมื่ออุณหภูมิสูงถึง 163°c จะเกิดการไหม้ของกากถั่วเหลือง ทำให้โปรตีนย่อยได้ลดลงและเอนไซม์ lipase หยุดการทำงาน และพบว่าการใช้อุณหภูมิไม่เกิน 146°c ทำให้น้ำหนักตัวของลูกโคนมเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิอย่างมีนัยสำคัญ (Reddy *et al.*,1993) ผลเหล่านี้สอดคล้องกับ Hillman (1999, อ้างโดย บุญล้อม, 2527) ที่ให้ความร้อนแห้งแก่กากถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 120 – 140°c เทียบกับการใช้ formaldehyde พบว่าการให้ความร้อนแก่กากถั่วเหลืองทำให้โปรตีนคงทนต่อการย่อยสลายเพิ่มขึ้นตามลำดับ และสูงกว่ากากถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านความร้อนหลายเท่า โดยการให้ความร้อนแก่กากถั่วเหลือง 140°c ทำให้โปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายใกล้เคียงกับการใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ และสูงกว่าปลาป่นปกติด้วย

การใช้สารเคมี (chemical treatment) **หรือใช้สารบางอย่างช่วยในการเคลือบโปรตีน**

สารเคมีที่ใช้ป้องกันการย่อยสลายของโปรตีนในกระเพาะรูเมนมีหลายชนิด เช่น formaldehyde, tannin, formic, glyoxal, glutaraldehyde (Ortega-Cerrilla *et al.*, 1999), volatile fatty acid, alcohol, lignosulfonate (heated with sulfite liquor and xylose) NaOH (Santos *et al.*, 1998) cation เช่น zinc, reducing sugar และ bentonite clay เป็นต้น ส่วนสารอื่น ๆ ที่ช่วยเคลือบโปรตีนไว้ได้แก่ fat (Rossi *et al.*, 1999), blood, albumin, Ca-soap, wood molasses, egg white หรือ whey protein ฯลฯ ซึ่งส่วนใหญ่ใช้โดยการ spray (Atwal *et al.*, 1995) แต่สารที่นิยมใช้กันมากคือ formaldehyde และ tannin

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ฟอร์มัลดีไฮด์ เป็นสารประกอบอัลดีไฮด์ที่มีสูตรทางเคมี คือ HCHO มีสถานะเป็นก๊าซไม่มีสี มีน้ำหนักโมเลกุล 30.03 ก./โมล ละลายได้ดีในน้ำที่อุณหภูมิห้อง ฟอร์มัลดีไฮด์ที่อยู่ในรูปสารละลายเรียกว่า ฟอร์มาลิน มีฟอร์มัลดีไฮด์อยู่ 37 – 50% โดยน้ำหนัก มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และสามารถลดการย่อยสลายโปรตีนในกระเพาะรูเมนได้ โดยฟอร์มัลดีไฮด์จะทำปฏิกิริยากับโปรตีนและเกิดเป็นสารประกอบ methylol compound ซึ่งเป็นการจับกันแบบ methylene cross-linkages ภายในสายโซ่ของโปรตีน (protein chain) ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเข้าไปย่อยโปรตีนเหล่านี้ได้ แต่การจับกันระหว่างฟอร์มัลดีไฮด์กับโปรตีนสามารถแยกออกจากกันได้ภายใต้สภาวะที่เป็นกรดในกระเพาะแท้ (abomasum) ทำให้เอนไซม์จากตัวสัตว์สามารถย่อยโปรตีนเหล่านี้ได้ (Barry, 1976) ซึ่งเหตุผลนี้สอดคล้องกับ Metcalf (2001) ที่พบว่าเอนไซม์ peptidase ไม่สามารถย่อย methylene bridge ของฟอร์มัลดีไฮด์กับโปรตีนได้ แต่เมื่อผ่านไปถึงที่กระเพาะแท้ซึ่งมีสภาพเป็นกรด (pH 2.2) เส้นสายโมเลกุลของโปรตีนจะคลายออกทำให้เอนไซม์ protease เข้าย่อยได้อย่างสมบูรณ์

Nitchman *et al.* (1943 อ้างโดย Ørskov,1992) ได้เริ่มศึกษาวิธีการป้องกันไม่ให้โปรตีนย่อยสลายในกระเพาะรูเมนโดยใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ ซึ่งต่อมาได้นิยมกันอย่างแพร่หลาย

Kaufmann and Luepping (1982) ทดลองใช้ฟอร์มัลดีไฮด์กับกากถั่วเหลืองในระดับ 1, 2, 3, 4 และ 5 ก./กก.วัตถุแห้ง พบว่าระดับที่เหมาะสมคือ 2 ก./กก.วัตถุแห้ง เพราะถ้าใช้เกินนี้ก็ไม่ทำให้การละลายได้หรือปริมาณแอมโมเนียลดลงมากกว่านั้น แต่จะทำให้การย่อยได้ในลำไส้เล็กลดลง และถ้าใช้ในปริมาณต่ำกว่านี้ก็จะทำให้มีโปรตีนจากอาหารไปถึงลำไส้เล็กลดลง

วิธีประเมินค่าการย่อยสลายในลำไส้เล็ก

การทราบตำแหน่งการย่อยได้ของวัตถุดิบอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง ถือว่าเป็นข้อมูลสำคัญในการตัดสินใจเลือกชนิดของวัตถุดิบเพื่อประกอบสูตรอาหาร การศึกษาการย่อยได้ในรูเมนนิยมใช้วิธี nylon bag (*in situ* ; *in sacco*) technique ซึ่งริเริ่มโดย Mehrez and Ørskov (1977, อ้างโดย Ørskov, 1992) Cone *et al.* (2002) ได้ศึกษาการย่อยสลายของวัตถุดิบอาหารสัตว์ในกระเพาะรูเมนด้วยวิธี nylon bag และการย่อยด้วยเอนไซม์ protease (*S. griseas*) ที่ 24 ชั่วโมงของกากถั่วเหลืองที่ทรีตด้วยฟอร์มัลดีไฮด์ พบว่ามีค่าของโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (rumen undegradable protein) 81% และ 82.1% ตามลำดับ ต่อมาวิธีการ nylon bag ได้พัฒนาดัดแปลงมาใช้ประเมินการย่อยได้ในลำไส้เล็กของโคนมโดย Antoniewicz *et al.* (1992) เรียกว่า mobile nylon bag (MNG) หรือ combined bag (Vanhatalo *et al.*, 1995; Sauer *et al.*, 1989; de Bore *et al.*, 1987) มีข้อดีในแง่ที่สามารถประเมินวัตถุดิบจำนวนมาก ๆ แต่ข้อเสียคือต้องมีโคที่เจาะลำไส้เล็กส่วนต้นและใส่ T-type proximal duodenal cannula การวัดการย่อยสลายของโปรตีนในกระเพาะแท้และลำไส้เล็ก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อีกวิธีหนึ่งที่กำลังนิยมกันมากคือ *in vitro* enzymatic technique (three-step procedure) หรือ pancreatin method ซึ่งพัฒนาโดย Calsamiglia and Stern (1995) จากการศึกษากับวัตถุดิบอาหารสัตว์ต่าง ๆ พบว่าการย่อยได้ที่ลำไส้เล็กของกากถั่วเหลืองมีค่า 90% ในขณะที่ Kopecny *et al.* (1998) ได้ค่าที่สูงกว่าคือ 96.74%

Antoniewicz *et al.* (1992) ได้เปรียบเทียบวิธีหาการย่อยได้ในลำไส้เล็กด้วยวิธี mobile bag กับวิธี *in vitro* pepsin pancreatin โดยทำการทดลองกับวัตถุดิบหลายชนิด เช่น ถั่วลูปิน (lupines) ถั่วเมล็ดกลม (pea) กากเรปซีด และ field bean ที่ได้รับการทรีตด้วยฟอร์มัลดีไฮด์ระดับ 10, 20, 30 และ 40 g/kg CP พบว่าวิธีการทั้งสองมีสหสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.001$) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (r^2) = 0.90 และสามารถทำนายค่าการย่อยได้ (y, %) โดยวิธี nylon bag จากค่าการละลายของวิธี in vitro enzyme (X, %) ได้ดังสมการ y = 1.01 (±0.08) X-0.66(±2.69), df = 18 แสดงว่าวิธีใช้เอนไซม์สามารถประเมินค่าการย่อยได้ในลำไส้เล็กได้ใกล้เคียงกับวิธี mobile bag โดยวิธีใช้เอนไซม์มีข้อดีกว่าในแง่ที่ไม่ต้องใช้โคที่เจาะลำไส้เล็ก ประหยัดค่าใช้จ่ายและแรงงาน และสามารถทำกับตัวอย่างอาหารได้ทีละมาก ๆ

3. การทดลอง

โครงการย่อยที่ 6 นี้ แบ่งออกเป็น 4 การทดลอง

❖ **การทดลองที่ 1** ศึกษาหาระดับฟอร์มัลดีไฮด์ที่เหมาะสมในการป้องกันการย่อยสลายของกากถั่วเหลืองในรูเมน

ใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ 1[1] 5 ระดับ คือ 0.3, 0.6, 0.9, 1.2 และ 1.5% w/w โดยชั่งกากถั่วเหลืองใส่ในกะละมังครั้งละ 4 กก. เทฟอร์มาลินในอัตราที่กำหนด (โดยคำนวณเป็นปริมาณของฟอร์มัลดีไฮด์คิดเป็นร้อยละของกากถั่วเหลือง) คลุกด้วยมือ เป็นเวลา 2 นาที แล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรง 3 มม. เพื่อให้กากถั่วเหลืองและฟอร์มัลดีไฮด์คลุกเคล้ากันได้ดี ทำ 3 ซ้ำ ใส่ในถุงพลาสติกมัดปากถุงให้แน่น เก็บไว้ 24 ชั่วโมง นำมาศึกษาหาค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้งและโปรตีน โดยใช้ถุงไนล่อนที่มีขนาดรู (pore size) ประมาณ 40 – 60 ไมโครเมตร (µm) ขนาดถุง 70 x 150 มม. บดตัวอย่างผ่านตะแกรง 1 มม. ชั่งตัวอย่างประมาณ 5 ก. ใส่ในถุงไนลอนที่ชั่งน้ำหนักแล้ว นำไปหย่อนในกระเพาะรูเมนของโคที่เจาะกระเพาะไว้แล้ว ให้มีระยะเวลาแช่อยู่นานต่าง ๆ กัน คือ 3, 6, 9, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง โดย

[1] ฟอร์มัลดีไฮด์ที่ใช้อยู่ในรูปของเหลวคือ ฟอร์มาลีน (formalin) ซึ่งเป็นฟอร์มัลดีไฮด์ 37%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ใส่ถุงลงในรูเมนที่ระยะเวลาต่างกันแล้วเอาออกพร้อม ๆ กัน[2] (บุญล้อมและสมคิด, 2539a) ทำ 3 ซ้ำ โดยใช้โค 3 ตัว[3] เมื่อครบกำหนดเวลา นำถุงออกมาล้างด้วยน้ำเย็นเพื่อเอาเศษอาหารที่ติดมากับถุงออกให้หมด แล้วนำไปซักด้วยเครื่องซักผ้าเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำถุงไปอบให้แห้งในตู้อบแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60°c เป็นเวลา 48 ชั่วโมง (Ørskov *et al.*, 1983) นำถุงและตัวอย่างอาหารนั้นไปชั่งน้ำหนักที่เหลือ ส่วนค่า washing loss (A) ทำโดยนำตัวอย่างไปแช่ในอ่างน้ำอุ่น (water bath) ที่อุณหภูมิ 39°c เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำถุงไปอบและชั่งน้ำหนักเช่นเดียวกัน คำนวณค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้ง (dry matter degradation, DMD) โดยใช้สูตร

$$\% \text{ DMD} = \frac{\text{น้ำหนักที่หายไปหลังการหย่อน}}{\text{น้ำหนักแห้งเริ่มต้น}} \times 100$$

ในกรณีการย่อยสลายโปรตีนทำการศึกษาเช่นเดียวกับที่กล่าวข้างต้น แล้วทำการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในตัวอย่างอาหารทั้งก่อนและหลังแช่ในรูเมน แต่เนื่องจากปริมาณอาหารที่เหลืออยู่ในถุงมีน้อยมาก โดยเฉพาะเมื่อแช่ไว้เป็นเวลานานกว่า 12 ชั่วโมง ดังนั้นจึงต้องใช้จำนวนถุงที่แช่เพิ่มขึ้นเป็น 3 เท่า แล้วนำกากอาหารที่เหลือในถุงของทุกซ้ำที่แช่เป็นเวลาเท่ากันมารวมกัน ทำการวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนด้วยวิธี Kjeldahl คำนวณค่าการย่อยได้ของโปรตีน (protein digestibility) โดยใช้สูตร

$$\text{protein digestibility (\%)} = \frac{\text{ปริมาณโปรตีนที่หายไปหลังการหย่อน}}{\text{ปริมาณโปรตีนเริ่มต้น}} \times 100$$

นำค่าการย่อยสลายของตัวอย่างอาหารในแต่ละช่วงเวลามาคำนวณ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จ NEWAY ตามโมเดลของ Ørskov and McDonald (1979) ดังนี้คือ

$$P = a+b\,(1-e^{-ct})$$

เมื่อ P = การย่อยสลายของโภชนะที่เวลา t (degradation at time t)
A = ส่วนที่ละลายได้ทันที (immediately soluble material or washing loss, %)
B = ส่วนที่ไม่ละลายแต่สามารถหมักย่อยได้ (insoluble but potentially fermentable material, %)

[2] จำนวนถุงที่แช่ลงในกระเพาะของโคแต่ละตัวเท่ากับ 48 ถุง คือ 4 ระดับความร้อน, 2 ระดับเวลาคั่ว, 6 ระยะเวลาการแช่

[3] จำนวนถุงทั้งหมดในการศึกษาครั้งนี้เท่ากับ (48 ถุง x โค 3 ตัว) + ถุงที่ใช้หา washing loss อีก 16 ถุง (4 x 2 x 2) รวม 160 ถุง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

A+B = ค่าการย่อยได้สูงสุดของวัตถุแห้ง (potential degradability, %)

a = ค่าของเส้นกราฟที่ตัดแกน y, b = (A+B) – a, e = ค่าคงที่ logarithm

c = ค่าคงที่ของอัตราการย่อยสลาย (degradation rate constant, fraction/h)

L = ระยะเวลาที่รอให้จุลินทรีย์เข้าสัมผัสอาหารและทำการย่อยสลาย (lag phase)

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์สถิติตามแผนการทดลอง CRD และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 9.0

◈ ผลและวิจารณ์การทดลองที่ 1

จาก Table 3 และ Figure 1 พบว่าการใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ทำให้การย่อยสลายลดลงต่ำกว่ากลุ่มไม่ใช้อย่างมีนัยสำคัญในทุกชั่วโมงของการแช่ในกระเพาะรูเมน และการย่อยสลายนี้ลดลงตามระดับฟอร์มัลดีไฮด์ที่สูงขึ้น การที่ฟอร์มัลดีไฮด์ช่วยลดการย่อยสลายของวัตถุแห้งในกระเพาะรูเมนได้นั้นเนื่องมาจากมันทำให้เกิด methylene crosslinkage ภายในสายโซ่ของโปรตีน จึงทำให้การละลายได้ที่ pH ของรูเมนลดลง (Chalupa, 1974) อย่างไรก็ดีพบว่าเมื่อใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ระดับ 1.2 และ 1.5% แม้ว่าจะทำให้ค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้งต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ แต่ค่าดังกล่าวยังสูงกว่าการใช้ที่ระดับ 0.3 – 0.9% แสดงว่าระดับของฟอร์มัลดีไฮด์ที่สามารถใช้ได้ผลดีอยู่ในช่วง 0.3 – 0.9% เท่านั้น การใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ในระดับสูงกว่านั้น นอกจากจะเป็นการสิ้นเปลืองแล้ว ยังทำให้การป้องกันการย่อยสลายมีประสิทธิภาพต่ำลงด้วย เมื่อพิจารณาที่ชั่วโมงที่ 12 ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ 0.3 – 0.9% พบว่ามีค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้ง ใกล้เคียงกับ Crooker *et al.* (1986) คือ 65.2, 34.8, 32.0 และ 29.7% โดยการใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ 0.9% ทำให้ค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้งในกระเพาะรูเมนต่ำที่สุดในทุก ๆ ชั่วโมงของการบ่ม

Table 3 Ruminal DM disappearance (%) at various incubation time of soybean meal treated with formaldehyde

Formaldehyde (%) w/w	Incubation times (h)					
	3	6	9	12	24	48
0	31.79^{a}	37.88^{a}	50.33^{a}	65.23^{a}	93.92^{a}	98.31^{a}
0.3	22.10^{c}	22.60^{c}	23.99^{c}	33.67^{b}	52.72^{bc}	83.64^{b}
0.6	21.10^{cd}	21.35^{c}	22.94^{c}	28.82^{b}	43.98^{cd}	63.26^{c}
0.9	20.59^{d}	20.79^{c}	21.46^{c}	24.89^{b}	35.87^{d}	51.57^{d}
1.2	25.64^{b}	26.99^{b}	28.52^{b}	33.39^{b}	54.43^{bc}	66.28^{c}
1.5	26.29^{b}	26.67^{b}	28.14^{b}	32.86^{b}	60.09^{b}	65.65^{c}

^{a,b,c,d,e} Means in the same column with different superscript differ significantly ($p < 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

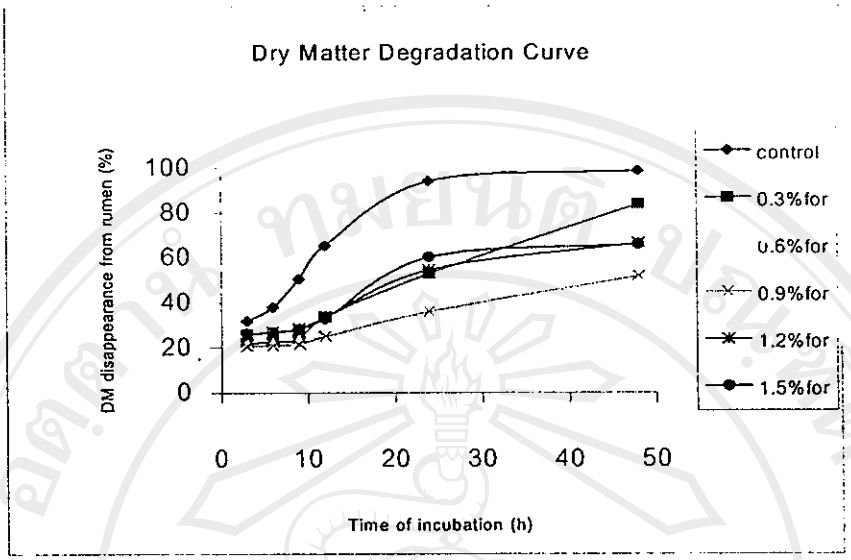


Figure 1 Ruminal DM disappearance (%) at various incubation time of soybean meal treated with formaldehyde

สำหรับค่าลักษณะต่าง ๆ ของการย่อยสลาย (Table 4) พบว่าการ treat ด้วยฟอร์มัลดีไฮด์ระดับ 0.3 – 0.9% ทำให้ค่า L (ระยะเวลาที่รอจุลินทรีย์เข้าย่อยอาหาร) เพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามระดับการเพิ่มของฟอร์มัลดีไฮด์ ในขณะที่ค่า A คือส่วนที่ละลายได้ทันที และค่า B (ส่วนที่ไม่ละลายแต่สามารถเกิดกระบวนการย่อยสลายได้) มีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากฟอร์มัลดีไฮด์ทำให้เกิด crosslinkage ในโปรตีนนั่นเอง จึงทำให้กากถั่วเหลืองมีความคงทนต่อการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนเพิ่มขึ้น สำหรับการใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ที่ระดับ 1.2 และ 1.5% นั้นพบว่าทำให้ค่า B และ A+B (การย่อยได้สูงสุด) ลดลงคือมีค่าต่ำกว่ากากถั่วเหลืองปกติ แต่ก็ยังสูงกว่าการทรีตด้วยฟอร์มัลดีไฮด์ที่ระดับ 0.6 และ 0.9% แสดงว่าการใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ระดับสูง ทำให้การป้องกันการย่อยสลายมีประสิทธิภาพลดลง อย่างไรก็ดีพบว่าค่า A และ B ของกากถั่วเหลืองปกติสูงกว่าที่ ปราโมทย์และคณะ (2543) ได้รายงานไว้ คือ 15.2 และ 69.5% ซึ่งอาจเนื่องมาจากกรรมวิธีผลิตกากถั่วเหลืองที่มีเงื่อนไขต่างกัน

เมื่อพิจารณาปริมาณการย่อยสลายของโปรตีนรวมในกระเพาะรูเมน พบว่าการย่อยสลายโปรตีนรวมของกากถั่วเหลืองปกติ มีค่าต่ำกว่าที่โชคและ Lebzien (2540) ได้รายงานไว้ คือ 81.58 และ 98.92% ที่ 12 และ 24 ชั่วโมงของการบ่ม ตามลำดับ แต่มีค่าสูงกว่าที่ ปราโมทย์และคณะ (2543) ได้รายงานไว้ คือ 71.91% ที่ 24 ชั่วโมงของการบ่ม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกากถั่วเหลืองแต่ละชุดผ่านกรรมวิธีอัดหรือสกัดน้ำมันที่มีเงื่อนไขต่างกัน การใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ทำให้การย่อยได้ของโปรตีนรวมในกระเพาะรูเมนลดลง (Table 5 และ Figure 2) โดยมีค่าต่ำสุดเมื่อใช้ที่ 0.9% ดังจะสังเกตได้ว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โปรตีนรวมไม่ถูกย่อยสลายเลยตลอด 24 ชั่วโมงของการบ่ม แสดงว่าฟอร์มัลดีไฮด์ระดับนี้สามารถป้องกันการย่อยสลายของโปรตีนในกระเพาะรูเมนได้มากที่สุด ไม่จำเป็นต้องใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ระดับสูงกว่านี้แล้ว และเมื่อพิจารณาการใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ที่ระดับ 0.3% พบว่าอาจจะเพียงพอต่อการป้องกันการย่อยสลายของโปรตีนในกากถั่วเหลือง เพราะทำให้ค่าการย่อยสลายในระยะ 12 ชั่วโมงแรกต่ำมากเพียง 0.42% เท่านั้น ซึ่งต่ำกว่ากากถั่วเหลืองปกติอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่แตกต่างจากการใช้ที่ระดับ 0.6 และ 0.9% นอกจากนี้ยังพบว่าที่ 24 ชั่วโมงของการบ่มในรูเมน กากถั่วเหลืองที่ผ่านการป้องกันการย่อยสลายด้วยฟอร์มัลดีไฮด์ 0.3% มีโปรตีนไหลผ่าน 79.16% ซึ่งใกล้เคียงกับ NRC (1988) ที่ได้รายงานไว้ คือ 80% สำหรับการใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ที่ระดับ 1.2 และ 1.5% กลับทำให้การย่อยสลายโปรตีนสูงขึ้นกว่าการใช้ในระดับ 0.3 – 0.9% ซึ่งสอดคล้องกับการย่อยสลายของวัตถุแห้ง

Table 4 Ruminal degradation characteristic of soybean meal treated with formaldehyde

Formaldehyde	Degradation characteristic						
(% w/w)	a	b	C	A	B	P (A+B)	L
	← (%) →		(%/h)	← (%) →			(h)
0	31.8	98.3	0.05	24.8	75.2	100	0.0
0.3	22.1	83.6	0.05	22.4	77.6	100	0.1
0.6	21.1	63.3	0.05	21.7	62.7	84.4	0.2
0.9	20.6	51.6	0.05	21.5	50.6	72.2	0.4
1.2	25.6	66.3	0.05	24.6	67.4	91.9	0.0
1.5	26.3	65.7	0.05	26.3	65.6	91.9	0.0

Table 5 Ruminal CP digestibility (%) at various incubation time of soybean meal treated with formaldehyde

Formaldehyde	Incubation times (h)					
(%) w/w	0	3	6	9	12	24
0	1.40	13.48^{a}	17.06^{a}	31.70^{a}	52.68^{a}	91.02^{a}
0.3	0.00	0.00^{c}	0.00^{d}	0.00^{d}	0.42^{d}	17.72^{d}
0.6	0.00	0.00^{c}	0.00^{d}	0.00^{d}	0.00^{d}	6.53^{e}
0.9	0.00	0.00^{c}	0.00^{d}	0.00^{d}	0.00^{d}	0.00^{f}
1.2	3.69	1.52^{b}	1.75^{b}	3.77^{b}	11.61^{b}	29.71^{c}
1.5	0.00	1.10^{b}	0.77^{c}	1.85^{c}	9.41^{c}	36.13^{b}

^{a,b,c,d,e,f} Means in the same column with different superscript differ significantly ($P<0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

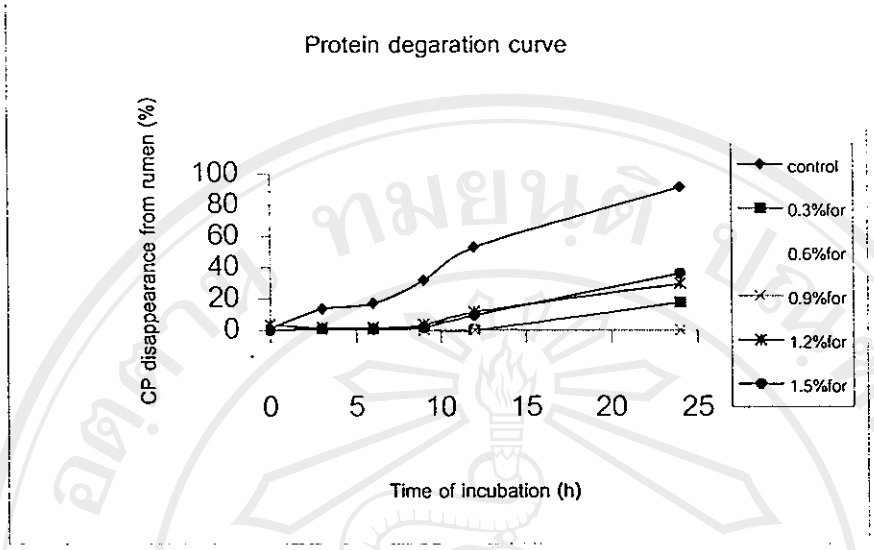


Figure 2 Ruminal CP digestibility (%) at various incubation time of soybean meal treated with formaldehyde

เมื่อพิจารณาค่าการย่อยสลายโปรตีนเปรียบเทียบกับการย่อยสลายวัตถุแห้ง จะเห็นได้ว่าโปรตีนมีการย่อยสลายช้ากว่าวัตถุแห้งมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะ 12 ชั่วโมงแรก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากโปรตีนเป็นสารโมเลกุลใหญ่ที่มีการย่อยสลายได้ยากกว่าวัตถุแห้ง ซึ่งประกอบด้วยโภชนะหลายชนิดทั้งที่ย่อยง่ายและย่อยยาก ดังนั้นการใช้ข้อมูลการย่อยสลายของวัตถุแห้งแทนการย่อยสลายของโปรตีนจึงไม่ถูกต้องนัก แต่เนื่องจากการวัดการย่อยสลายของวัตถุแห้งสามารถทำได้รวดเร็วและประหยัดค่าใช้จ่ายกว่า จึงมีประโยชน์ในแง่ของการทำ screening test กับตัวอย่างจำนวนมาก ซึ่งเมื่อคัดเลือกได้ตัวอย่างที่ศักยภาพจำนวนหนึ่งแล้วจึงค่อยทำการวัดการย่อยสลายโปรตีนต่อไป

❖ **การทดลองที่ 2** การประเมินค่าย่อยสลายของโปรตีนในกระเพาะแท้และลำไส้เล็ก (postruminal digestibility) โดยใช้เอนไซม์ในหลอดทดลอง

นำกากอาหารที่เหลือจากการย่อยในรูเมนที่ 12 ชั่วโมงของการบ่ม มาชั่งน้ำหนักให้ได้ประมาณ 0.5 ก. นำมา incubate กับ สารละลาย pepsin 2 g/l ของ 0.075 M HCL 20 ml ที่อุณหภูมิ 39°c ใน shaking waterbath เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วกรองผ่านผ้า polyamide cloth (pore size 40 µm) ล้างตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นและ 0.1 M phosphate buffer, pH 7.4 ใส่ลงในหลอด vessel จนได้ปริมาตรของสารละลาย 20 ml แล้วเติมสารละลาย pancreatin 3 g/l ของ phosphate buffer 20 ml (Calsamiglia and Stern, 1995) นำมาบ่มที่อุณหภูมิ 39°c ใน shaking waterbath เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นเติม phosphate buffer ลงไปในหลอด vessel อีก 20 ml ทิ้งไว้ข้ามคืนที่อุณหภูมิ 39°c โดย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไม่ต้องเขย่า แล้วนำมากรองผ่านกระดาษกรองไร้เถ้า ล้างกากที่เหลือด้วยน้ำกลั่นอุ่นอีก 5 ครั้ง จากนั้นนำกระดาษกรองที่มีกากอาหารไปหาปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Kjeldahl โดยทำ blank ด้วย (Antoniewicz *et al.*, 1992) แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์สถิติเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

◈ ผลและวิจารณ์การทดลองที่ 2

จากการนำโปรตีนที่เหลือจากการย่อยในกระเพาะรูเมนที่ระยะ 12 ชั่วโมง ไปย่อยด้วยเอนไซม์ในหลอดทดลอง ซึ่งเปรียบเสมือนการย่อยในกระเพาะแท้และลำไส้เล็กของตัวโค พบว่ามีการย่อยได้สูงถึง 98.3% การทรีตด้วยฟอร์มัลดีไฮด์ 0.3 และ 0.6% ไม่ทำให้การย่อยได้ดังกล่าวลดลงต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ เพราะ crosslinkage ในโปรตีนที่เกิดจากปฏิกิริยาของฟอร์มัลดีไฮด์นั้นสามารถถูกทำลายได้ในสภาวะที่เป็นกรดในกระเพาะแท้ของสัตว์ (Chalupa, 1974) แต่การใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ในระดับสูงกว่านั้น ทำให้การย่อยได้ลดลงตามลำดับ โดยเฉพาะเมื่อใช้ในระดับ 1.2 และ 1.5% ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากฟอร์มัลดีไฮด์ระดับสูงทำให้เกิด crosslinkage ที่แข็งแรงขึ้น ทำให้มีพันธะเพียงบางส่วนเท่านั้นที่สามารถถูกทำลายได้ จึงมีการย่อยได้ลดลง

เมื่อนำค่าการย่อยสลายของโปรตีนในกระเพาะรูเมนจากการทดลองที่ 1 มาคำนวณหาสัดส่วนการย่อยได้ของโปรตีนในลำไส้เล็ก รวมทั้งส่วนที่ย่อยไม่ได้ ได้ข้อมูลดัง Table 6 แนวตั้งที่ 4 และ Figure 3 จะเห็นได้ว่ากากถั่วเหลืองปกติมีการย่อยได้ทั้งในรูเมนและลำไส้เล็กรวมกันในระดับที่สูงมากถึง 99.19% จึงเหลือส่วนที่ไม่ถูกย่อย (undigested) ต่ำมากเพียง 0.8% เท่านั้น การใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ระดับ 0.3% สามารถป้องกันการย่อยในรูเมนได้ดีมาก ซึ่งไม่แตกต่างจากการใช้ที่ระดับ 0.6 และ 0.9% แต่ทำให้การย่อยได้ในลำไส้เล็กดีที่สุด คือย่อยได้ถึง 98.68% เป็นเหตุให้มีส่วนที่ไม่ถูกย่อยเพียง 0.93% เท่านั้น ซึ่งไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าการใช้ในระดับนี้ทำให้เกิด crosslinkage ที่เหมาะสม ผลการศึกษานี้เป็นไปในทำนองเดียวกับของ Antoniewicz *et al.* (1992) ที่ใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ 0, 10, 20, 30 และ 40 ก. ต่อ กก.ของโปรตีนรวมในกากเรปซีด พบว่าโปรตีนรวมมีการย่อยได้ในรูเมน 65, 30, 11, 9 และ 4% และย่อยได้ในลำไส้เล็ก 91, 89, 87, 75 และ 65% ตามลำดับ ซึ่งการใช้ฟอร์มัลดีไฮด์มีผลในการปกป้องรักษา (preserving) สัดส่วนของกรดอะมิโนเดิม (original amino acid profile) ในกากถั่วเหลืองไว้ได้ (Crooker *et al.*, 1986)

เมื่อพิจารณาถึงค่าใช้จ่าย พบว่าการทรีตกากถั่วเหลืองด้วยฟอร์มัลดีไฮด์ 0.3% ทำให้เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นเพียง 0.22 บาท/กก. ซึ่งนับว่าถูกมากเพราะฟอร์มาลิน 37% มีราคาเพียง 27 บาท/กก. เท่านั้น อีกทั้งยังมีความปลอดภัยสูงด้วย เพราะจากการวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตกค้างในกากถั่วเหลืองที่ทรีตด้วยฟอร์มัลดีไฮด์ระดับสูง (0.9 – 1.5%) พบว่ามีฟอร์มัลดีไฮด์ตกค้างอยู่น้อยมาก เพียง 0.01 – 0.09% ของกากถั่วเหลืองเท่านั้น อีกทั้งยังพบว่าฟอร์มัลดีไฮด์ดังกล่าวไม่มีผลในการยับยั้งการทำงาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ของจุลินทรีย์ที่ทดสอบโดยวิธี *in vitro* gas production ดังนั้นการใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ในระดับ 0.3% ซึ่งเป็นระดับที่ต่ำกว่าการศึกษาข้างต้น จึงนับว่ามีความปลอดภัยสูง

Table 6 Postruminal CP digestibility (%) by enzymatic method of formaldehyde treated soybean meal

Formaldehyde	Postruminal CP	Ratio of CP being digested in		Undigested CP
	by *in vitro* enzymes	Rumen[2/]	Intestine[3/]	
0	98.30^{ab}	52.68^{a}	46.51^{d}	0.80^{d}
0.3	99.10^{a}	0.42^{d}	98.68^{a}	0.93^{d}
0.6	96.62^{b}	0^{d}	96.62^{b}	3.38^{d}
0.9	82.77^{c}	0^{d}	82.77^{c}	17.23^{c}
1.2	23.61^{d}	11.61^{b}	20.86^{e}	67.53^{b}
1.5	12.56^{e}	9.41^{c}	11.38^{f}	79.21^{a}

[1/] Postruminal CP digestibility (*in vitro*) = (Initial CP – Residual CP × 100) / Initial CP

[2/] The values are CP digestibility from Table 3

[3/] CP digested in intestine (%) = (100 – CP digested in rumen) × Postruminal CP digestibility

[4/] Undigested CP (%) = 100 - % rumen digestibility - % Intestinal digestibility

[a,b,c,d,e,f] Means in the same column with different superscript differ significantly ($p < 0.05$)

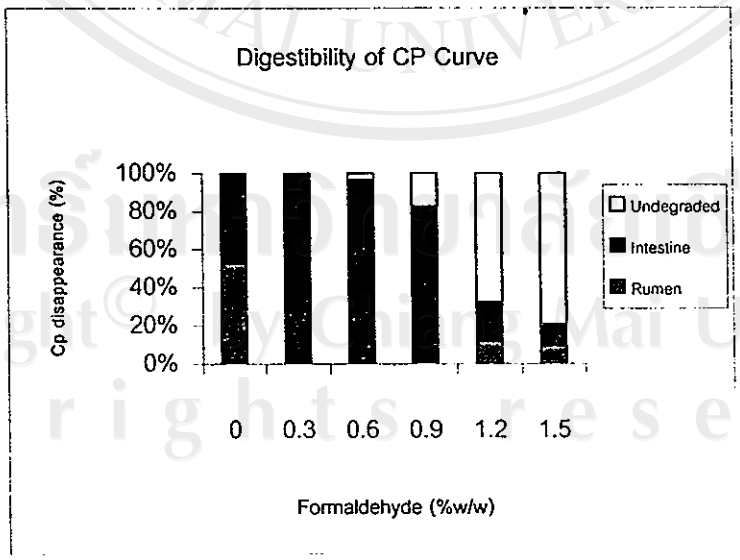


Figure 3 Ruminal (12 h incubation) and intestinal digestibility (*in vitro* enzymatic technique) of crude protein in formaldehyde treated soybean meal

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

❖ การทดลองที่ 3 ศึกษาวิธีไล่ฟอร์มัลดีไฮด์ส่วนเกินและผลที่มีต่อจุลินทรีย์ในรูเมน

ใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ (ในรูปฟอร์มาลิน (formalin) 37%) 3 ระดับ คือ 0.9, 1.2 และ 1.5% w/w ใส่ลงในกากถั่วเหลือง และคลุกด้วยมือแล้วเก็บไว้ในถุงพลาสติกเช่นเดียวกับการทดลองที่ 2.1 ระดับละ 8 ถุง รวม 24 ถุง แล้วศึกษา***การไล่ฟอร์มัลดีไฮด์ส่วนเกิน***โดยแบ่งกากถั่วเหลืองที่ทรีตด้วยฟอร์มัลดีไฮด์แต่ละระดับออกเป็น 4 กลุ่ม ทำกลุ่มละ 2 ซ้ำ

กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม (ไม่มีการไล่ฟอร์มัลดีไฮด์ส่วนเกิน) เก็บในถุงพลาสติก

กลุ่มที่ 2ก. ไล่ฟอร์มัลดีไฮด์ส่วนเกินด้วยการเป่า โดยนำกากถั่วเหลืองที่ทรีตแล้ว 1 คืน ใส่ในถุงผ้ายาว 4 เมตร ใช้พัดลมขนาดเส้นรอบวง 1.6 เมตร เป่าเป็นเวลา 5 นาที แล้วเก็บในถุงพลาสติกมัดปากให้แน่นเพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

กลุ่มที่ 2ข. ทำเช่นเดียวกับกลุ่มที่ 2ก. ทุกประการ แต่ใช้พัดลมเป่าเป็นเวลา 10 นาที

กลุ่มที่ 3 ไล่ฟอร์มัลดีไฮด์ส่วนเกินด้วยการตากแดด โดยนำกากถั่วเหลืองที่ทรีตแล้ว 1 คืน ไปตากแดดบนกระดาษหนังสือพิมพ์ เกลี่ยให้มีความหนา 1 ซม. เป็นเวลา 7 ชั่วโมง ทำการกลับทุก ๆ 2 ชั่วโมง แล้วนำไปเก็บในถุงพลาสติกมัดปากให้แน่นเช่นเดียวกับกลุ่มที่ 2

ทำการวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ โดย spectrophotometric method (AOAC, 1995) ตามรายละเอียดที่แสดงไว้ในภาคผนวก แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

จากนั้น **ศึกษาผลของฟอร์มัลดีไฮด์ตกค้างที่มีต่อจุลินทรีย์ในรูเมนโดยวัดปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้น** (gas production method) โดยชั่งกากถั่วเหลืองที่ผ่านการทรีตด้วยฟอร์มัลดีไฮด์จากขั้นตอนที่ 4.1 และ 4.2 ซึ่งได้บดผ่านตะแกรงขนาด 1 มม. แล้ว จำนวน 200 มก. วัตถุแห้งใส่ลงในหลอด syringe ชนิดพิเศษ เติมสารละลาย rumen liquor buffer จำนวน 30 มล. นำไป incubate ที่อุณหภูมิ 39°c อ่านค่าแก๊สที่เกิดขึ้นในช่วงเวลา 2, 4, 8, 12, 24, 36 และ 48 ชั่วโมง ตามวิธีของ Bluemmel and Ørskov (1993) จากนั้นนำค่าปริมาตรแก๊สสุทธิที่เกิดขึ้น ไปคำนวณอัตราการเกิดแก๊สโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Graph Pad InPlot (GPIP), Universität Hohenheim (Gall, 1990) โดยนำตัวอย่างจากขั้นตอนที่ 4.2 ในแต่ละกลุ่มที่มี 2 ซ้ำมาผสมรวมกัน ซึ่งกลุ่มที่ 1 มี 1 ตัวอย่าง กลุ่มที่ 2ก. 2ข. และ 3. มีกลุ่มละ 3 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 10 ตัวอย่าง ทำตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

◈ ผลและวิจารณ์การทดลองที่ 3

จากการวัดการดูดกลืนแสงของสารละลายฟอร์มัลดีไฮด์มาตรฐาน ได้สมการ regression คือ $y = 1.13 + 25.47x$ โดยที่ y เป็นปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ และ x คือค่า absorbent เมื่อนำสารละลายที่ได้จากการกลั่นตัวอย่างกากถั่วเหลืองที่ผ่านการทรีตด้วยฟอร์มัลดีไฮด์แล้วมาวิเคราะห์ค่าดูดกลืนแสงได้ผลดังแสดงใน Table 7 พบว่าการใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ระดับสูงขึ้นมีผลทำให้ปริมาณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตกค้างในกากถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละกลุ่มพบว่า การตากแดดทำให้ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่เหลือมีค่าน้อยกว่าการเก็บในถุงพลาสติกและการใช้พัดลมเป่าอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และเมื่อพิจารณากลุ่มที่เป่าจะเห็นได้ว่าการใช้เวลาเป่าเพิ่มขึ้นจาก 5 เป็น 10 นาที มีแนวโน้มทำให้ค่าฟอร์มัลดีไฮด์ที่เหลือลดลงแต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) อย่างไรก็ดีเมื่อเทียบกับปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ใช้แล้วพบว่าปริมาณที่เหลือมีน้อยมาก ไม่เกิน 7% ของปริมาณที่ใช้ไม่ว่าจะใช้ที่ระดับใดและมีการกำจัดฟอร์มัลดีไฮด์ส่วนเกินหรือไม่ โดยปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่เหลือตกค้างนี้ระดับต่ำที่สุด คือ 0.0127% หรือ 127 ppm ระดับที่สูงที่สุดคือ 0.0876% หรือ 876 ppm ซึ่งระดับดังกล่าวนี้ยังต่ำกว่าที่ Food and Drug Administration (FDA) อนุญาตให้ใช้ในการทำลายเชื้อ *Salmonella senftenberg* ในอาหารสัตว์ คือ 2.5 ก.ต่อกก.ของอาหารหรือ 2500 ppm ซึ่งการใช้ในระดับนี้ทำให้มีฟอร์มัลดีไฮด์เหลืออยู่ในปลาป่น 667 ppm (European Commission, 1999) ยิ่งถ้าใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ระดับต่ำกว่านี้ก็จะทำให้มีฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตกค้างต่ำกว่านี้ด้วย แสดงว่าการใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ในการศึกษาทั้งหมดนี้อยู่ในระดับที่ปลอดภัย

Table 7 ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่เหลือหลังจากทรีตกากถั่วเหลือง แล้วทำการเป่าหรือตากแดด

Method	Formaldehyde		Formaldehyde residue	
	(%)	Time	% of SBM	% of formaldehyde used
Keeping in an airtight	0.9		0.05^{b}	5.68^{b}
plastic bag	1.2		0.08^{a}	6.37^{a}
	1.5		0.09^{a}	5.84^{ab}
Fan blowing	0.9	5 min	0.02^{e}	4.52^{d}
		10 min	0.03^{e}	5.06^{cd}
	1.2	5 min	0.04^{cd}	3.35^{c}
		10 min	0.04^{d}	3.18^{c}
	1.5	5 min	0.05^{b}	3.30^{c}
		10 min	0.05^{bc}	2.87^{cd}
Sun-drying	0.9		0.01^{f}	1.41^{e}
	1.2		0.02^{ef}	1.58^{e}
	1.5		0.02^{e}	1.61^{e}

^{a,b,c,d,e,f} Mean in the same column with different superscript differ significantly ($P < 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อนำตัวอย่างกากถั่วเหลืองที่ผ่านการทรีตด้วยฟอร์มัลดีไฮด์มาบ่มหมักกับน้ำย่อยจากกระเพาะรูเมนของโคที่ระยะเวลาต่าง ๆ กันในหลอดทดลอง*เพื่อทดสอบผลของฟอร์มัลดีไฮด์ตกค้าง* ได้ผลดังแสดงใน Table 8 และ Figure 4 ซึ่งเมื่อพิจารณาปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้นจากตัวอย่างกากถั่วเหลืองปกติ พบว่าที่ชั่วโมง 4, 8, 12 และ 24 ของการบ่มมีค่าต่ำกว่าที่ วรรณา (2544) ได้รายงานไว้ คือ 21.2, 34.9, 39.5 และ 48.4 ml ตามลำดับ แต่การบ่มที่ 36 และ 48 ชั่วโมงของทั้ง 2 การทดลองมีค่าใกล้เคียงกันคือ วรรณารายงานว่าเท่ากับ 52.8 และ 55.2 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากโคที่ใช้ทดลองได้รับอาหารต่างกัน และเมื่อพิจารณาในกลุ่มที่มีการเป่าและตากแดด พบว่าปริมาตรแก๊สของกลุ่มที่ใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ทั้ง 3 ระดับ ไม่มีความแตกต่างกัน แต่มีค่าต่ำกว่ากากถั่วเหลืองปกติในทุก ๆ ชั่วโมงของการบ่ม ซึ่งค่านี้จะเห็นได้ชัดเจนตั้งแต่ชั่วโมงที่ 4 เป็นต้นไป แสดงว่าฟอร์มัลดีไฮด์สามารถช่วยป้องกันการย่อยสลายของโปรตีนในกระเพาะรูเมนได้ และถ้าพิจารณาค่าแก๊สตั้งแต่ชั่วโมงที่ 8 ขึ้นไป จะเห็นได้ว่ามีค่าที่ค่อนข้างคงที่ไม่ว่าจะใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ระดับใดและไล่ฟอร์มัลดีไฮด์ส่วนเกินด้วยวิธีใด ยกเว้นชั่วโมงที่ 36 ซึ่งมีค่าแปรปรวนเล็กน้อย แสดงว่าฟอร์มัลดีไฮด์ระเหยออกไปได้ง่ายในเวลาอันรวดเร็วจนส่วนที่เหลือไม่เป็นพิษกับจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน (Mangan *et al.*, 1980 อ้างโดย Schwab, 1995) ผลอันนี้เป็นเครื่องบ่งชี้ว่าในทางปฏิบัติอาจไม่จำเป็นต้องไล่ฟอร์มัลดีไฮด์ เพราะระหว่างที่นำกากถั่วเหลืองมาใช้ผสมอาหาร หรือระยะเวลาที่รอสัตว์กินนั้นฟอร์มัลดีไฮด์น่าจะระเหยไปหมดหรือเกือบหมดแล้ว เพราะมันเป็นสารที่ระเหยได้ง่าย จากการสังเกตการนำฟอร์มัลดีไฮด์ปริมาณ 3 มล. มาใส่ภาชนะเปิดรูปทรงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 ซม. พบว่าสามารถระเหยได้หมดในเวลาเพียง 4 ชั่วโมง

Table 8 ปริมาตรแก๊ส (ml/200mgDM) ที่ชั่วโมงต่าง ๆ

Method	Formaldehyde		Incubation time (hrs)						
	(%)	Time	V2	V4	V8	V12	V24	V36	V48
Untreated soybean meal			8.2	14.5	27.0	33.8	45.4	51.7	54.7
Fan	0.9	5 min	9.2	13.3	19.3	23.3	34.3	39.5	42.5
blowing		10 min	9.0	13.2	19.3	23.3	34.9	43.8	43.8
	1.2	5 min	9.2	13.0	18.6	22.5	34.6	40.0	43.4
		10 min	8.6	12.6	18.4	22.1	32.3	41.4	41.4
	1.5	5 min	6.2	10.6	19	22.2	33.5	39.2	43.3
		10 min	8.0	12.0	18.4	22.5	34.9	44.9	44.9
Sun-	0.9		7.8	11.3	17.7	22.3	34.0	39.3	42.0
drying	1.2		8.0	11.8	17.7	21.6	34.0	39.3	42.2
	1.5		8.2	11.9	17.6	21.3	33.6	39.3	43.3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

◈ สรุปผลการทดลองที่ 1 – 3

การใช้ฟอร์มัลดีไฮด์กับกากถั่วเหลืองเพื่อป้องกันการย่อยสลายโปรตีนในกระเพาะรูเมนของโคนม ควรใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ที่ระดับ 0.3% ของน้ำหนักกากถั่วเหลือง เนื่องจากประหยัดค่าใช้จ่าย มีความปลอดภัยสูง มีสารตกค้างน้อยมาก และทำให้โปรตีนในกากถั่วเหลืองมีการย่อยสลายในรูเมนน้อย แต่สามารถถูกย่อยในลำไส้เล็กได้มากกว่า ทำให้มีส่วนที่ย่อยไม่ได้ (undegrade) ต่ำ ซึ่งจะถูกขับออกในมูล นับว่าเป็นการช่วยให้โปรตีนที่มีคุณภาพดีถูกใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อโคที่ให้นมสูง

❖ การทดลองที่ 4 ทดสอบประสิทธิภาพการผลิตและองค์ประกอบของน้ำนม ในโคที่ให้นมสูง

ใช้แม่โคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน ระดับสายเลือด 87.5% จำนวน 6 ตัว น้ำหนักตัว 478 ± 74 กก. จำนวนวันที่ให้นม 110 ± 60 วัน ให้นมประมาณ 22 ± 5 กก. เลี้ยงในซองขังเดี่ยวผูกยืนโรง มีที่ให้น้ำอัตโนมัติและรางอาหารอยู่ด้านหน้าตัวโค บริเวณที่ให้โคยืนรองด้วยผ้ายางสีดำหนา 1 ซม. เพื่อป้องกันการเกิดบาดแผลบริเวณขาของโคขณะลุกยืนและนอน ทำการคำนวณสูตรอาหารข้น 3 สูตร ให้มีโภชนะตามความต้องการของโคแต่ละตัว โดยใช้โปรแกรม Xration (สมคิด, 2542)

สูตรที่ 1 (กลุ่มควบคุม) ใช้กากถั่วเหลืองปกติ

สูตรที่ 2 ใช้กากถั่วเหลืองทรีตด้วยฟอร์มัลดีไฮด์ 0.3% โดยใช้ 7% ของสูตรอาหารข้น

สูตรที่ 3 ใช้ปลาป่น 7% เช่นกัน

โดยอาหารสูตรแรกกำหนดให้มีระดับโปรตีนไหลผ่าน 34% ในขณะที่ 2 สูตรหลังมีโปรตีนไหลผ่าน 38% การทรีตกากถั่วเหลืองด้วยฟอร์มัลดีไฮด์ ทำโดยคลุกกากถั่วเหลืองครั้งละ 30 กก. ด้วยฟอร์มาลิน 243.2 ก. ในเครื่องผสมอาหารแนวนอนเป็นเวลา 15 นาที แล้วเก็บไว้ในกระสอบใยสังเคราะห์เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สำหรับอาหารหยาบ ใช้หญ้ารูซี่สด อายุ 45 – 60 วัน ผลผลิตหญ้าสดประมาณ 2.5 ตัน/ไร่ สัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้นเมื่อคิดเป็นร้อยละของวัตถุแห้ง 50 : 50 ตัวอย่างสูตรอาหารที่ใช้ทดลองแสดงใน Table 9 ส่วนองค์ประกอบทางเคมีแสดงใน Table 10 นอกจากนี้ยังมีการปรับแร่ธาตุและวิตามินให้มีปริมาณตามที่แนะนำโดย NRC (1989)

เนื่องจากข้อจำกัดด้านสัตว์ทดลองดังที่ได้กล่าวไว้ในโครงการย่อยที่ 5 จึงได้วางแผนการทดลองแบบสลับ และสำรวจผลตกค้าง (residual effect) โดยวางทรีตเม้นต์สลับกันภายใน 2 สแควร์ (Balance design) โดยแบ่งออกเป็น 3 ระยะๆ ละ 17 วัน ใช้โคนมสแควร์ละ 3 ตัว รวม 6 ตัว เช่นเดียวกับโครงการย่อยที่ 5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 9 The example of concentrate composition (% of air dry)

Ration	1 (Control)	2 (Treated SBM)	3 (Fish meal)
RUP (as % of CP in the ration)	34	38	38
Soybean meal (SBM)	36.56	28.76	25.01
Rice bran	13.08	15.17	17.97
Cassava chips	44.44	42.76	45.00
Treated SBM	-	7.03	-
Fish meal	-	-	6.97
Mineral premix	3.42	3.56	2.33
Vitamin premix (gm)	3.7	3.87	3.51
Magnesium oxide	0.71	0.78	0.80
Sodium bicarbonate	1.33	1.45	1.58
Calcium carbonate	0.44	0.48	0.33
CP (%)	18.92	19.37	19.93
TDN (%)	72.45	72.36	72.40

* Each cow was offered fresh grass 32 kg/head/day

สำหรับองค์ประกอบทางเคมีของหญ้ารูซี่และอาหารข้นทั้ง 3 สูตรที่เฉลี่ยจากทุกระยะการทดลอง แสดงไว้ใน Table 10 ซึ่งสูตรอาหารข้นที่โคทั้ง 6 ตัวได้รับใน 3 ระยะมีทั้งหมด 18 สูตร เพราะมีการปรับปริมาณโภชนะให้ตรงตามความต้องการของโคแต่ละตัวที่มีสรีระและการให้นมที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ดี พบว่าอาหารข้นแต่ละสูตรมีโภชนะที่ใกล้เคียงกัน ยกเว้นค่าโปรตีนของสูตรควบคุมมีค่าต่ำสุด ทั้งนี้เนื่องมาจากการสร้างสูตรอาหารเป็นไปตามปริมาณผลผลิตของโคดังได้กล่าวมาแล้ว ดังนั้นการที่โคกลุ่มนี้ให้นมน้อยกว่ากลุ่มอื่น จึงมีความต้องการโปรตีนเพื่อการผลิตน้ำนมต่ำกว่า

ให้อาหารตามแผนการทดลอง โดยให้โคได้รับหญ้ารูซี่สดตัวละ 32 กก./วัน แบ่งให้ 3 ครั้ง คือ 12, 8 และ 12 กก. ที่เวลา 08.30, 13.00 และ 17.00 น. ตามลำดับ ส่วนอาหารข้น ทำการผสมทุก 7 วัน ซึ่งใช้ได้หมดภายใน 7 ถึง 10 วัน แบ่งให้วันละ 3 ครั้ง คือที่เวลา 07.30, 12.30 และ 16.00 น. สำหรับเรื่องของการรีดนม การเก็บตัวอย่างน้ำนมและอาหาร รวมทั้งการวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำนมและอาหาร ตลอดจนการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ทำเช่นเดียวกับโครงการย่อยที่ 1 อนึ่งสูตรอาหารข้นและปริมาณอาหารหยาบที่ใช้ทดลองจะทำการปรับทุก 7 วัน เพื่อให้โคได้รับโภชนะที่เพียงพอต่อการผลิตน้ำนม เมื่อเสร็จสิ้นการทดลองในแต่ละคาบจะทำการวัดรอบอกด้วยสายวัดแบบพิเศษที่สามารถอ่านค่าเป็นน้ำหนักตัวได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 10 Chemical composition of ruzi grass and 3 concentrate rations.

Chemical composition (%DM)	Ruzi grass	Concentrate feed		
		Control	TSBM	FM
DM	18.78	89.06	89.28	88.82
CP	7.86	17.57	19.11	22.44
EE	2.62	3.37	4.13	4.62
NDF	56.64	34.45	36.14	27.03
ADF	33.35	15.21	14.80	14.71
Ash	8.00	13.89	12.93	13.54
NFC	24.88	30.72	27.69	32.37
TDN	57.34[1/]	72.61[2/]	72.66[2/]	72.27[2/]
ME[3/]	2.10	2.78	2.79	2.77

[1/] TDN was calculated from the equations of Kearl (1982) as follows :

TDN of dry roughage (%DM) = -17.2649 +1.2120 (%CP) + 0.8352 (%NFE) + 2.4637 (%EE) + 0.4475 (%CF)

TDN of energy feed (%DM) = 40.2625 + 0.1969 (%CP) + 0.4228 (%NFE) + 1.1 (%EE) – 0.1379 (%CF)

TDN of protein supplement (%DM) = 40.3227 + 0.5398 (%CP) + 0.4448 (%NFE) + 1.4218 (%EE) – 0.7007 (%CF)

Note : ADF = 1.61+1.3 CF (Promma *et al.*, 1998)

[2/] Calculated from the value of ingredients

[3/] ME* (Mcal / kgDM) = -0.45 + (0.04453 x TDN (%)); (NRC, 1988)

อนึ่ง สูตรอาหารข้นและปริมาณอาหารหยาบที่ใช้ทดลองจะทำการปรับทุก 7 วัน เพื่อให้โค ได้รับโภชนะที่เพียงพอต่อการผลิตน้ำนม เมื่อเสร็จสิ้นการทดลองในแต่ละคาบจะทำการวัดรอบอก ด้วยสายวัดแบบพิเศษที่สามารถอ่านค่าเป็นน้ำหนักตัวได้

◈ ผลและวิจารณ์การทดลองที่ 4

ปริมาณอาหารที่กินได้และโภชนะที่โคได้รับ

จากการคำนวณสูตรอาหารให้แก่โคทดลองแต่ละตัวในแต่ละระยะโดยปรับตามปริมาณน้ำนม ทำให้โคแต่ละกลุ่มได้รับวัตถุแห้งและโภชนะดังแสดงไว้ใน Table 11 จะเห็นได้ว่าปริมาณวัตถุแห้งที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กินได้ทั้ง 3 กลุ่มไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้เพราะโคทุกตัวได้รับอาหารหยาบในปริมาณที่เท่ากันและกินได้หมด อีกทั้งอาหารข้นก็มีสัดส่วนโภชนะที่ใกล้เคียงกัน และตรงตามความต้องการของโค สอดคล้องกับการทดลองของ Kanjanapruthipong *et al* . (2002) ที่รายงานว่าปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งของสูตรอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองปกติ กับกากถั่วเหลืองที่ผ่านการทรีตด้วยฟอร์มัลดีไฮด์ ไม่มีความแตกต่างกัน สำหรับปริมาณโปรตีนที่โคกลุ่มที่ 1 (Control) ได้รับต่ำกว่ากลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 อาจเนื่องมาจากสูตรอาหารข้นของโคกลุ่มควบคุมมีปริมาณโปรตีนต่ำกว่า เพราะถูกปรับตามปริมาณนมดังได้กล่าวมาแล้ว

Table 11 Amount of dry matter, crude protein and TDN intake of cows per day.

	Control	TSBM	FM
Dry matter intake			
- kg/cow/day	12.93	13.0	12.94
- %BW	2.44	2.47	2.47
- % metabolic weight ($BW^{0.75}$)	11.69	11.82	11.82
Concentrate intake (kg/cow/day)	*8.39*	*8.26*	*7.95*
CP intake (kg/cow/day)	*3.38*	*3.54*	*3.82*
RUP intake from concentrate	*0.50*	*0.62*	*0.69*
RDP intake from concentrate	*0.88*	*0.85*	*0.99*
NFC intake (kg/cow/day)	*2.78*	*2.51*	*2.82*
TDN intake (kg/cow/day)	*7.47*	*7.44*	*7.26*
ME intake (Mcal/cow/day)	*27.46*	*27.29*	*26.51*
Roughage : Concentrate	50 : 50	50 : 50	50 : 50

ผลผลิต และต้นทุนค่าอาหาร

เนื่องจากไม่สามารถคัดเลือกโคที่ใช้ทดลองทั้ง 6 ตัว ให้มีส่วนของน้ำหนักตัว อายุ และจำนวนวันการให้นมเท่ากันได้ ดังนั้นในการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณและส่วนประกอบของน้ำนมจึงต้องนำข้อมูลดังกล่าวของโคแต่ละตัวมาคิดเป็นตัวแปรร่วม

จาก Table 12 พบว่าปริมาณน้ำนมที่ผลิตได้ต่อวันไม่ว่าจะปรับไขมัน (4%FCM) หรือไม่ปรับก็ตาม กลุ่มที่ใช้สูตรอาหารกากถั่วเหลืองทรีตฟอร์มัลดีไฮด์ และกลุ่มที่ใช้ปลาป่นมีแนวโน้มว่าให้นมสูงกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับ Higginbotham *et al*. (1989) และ Crawford and Hoover (1984) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสาเหตุ 2 ประการ คือ 1) อาหารของ 2 กลุ่มหลังนี้มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงกว่า จึงทำให้โคได้รับโปรตีนมากกว่า 2) สูตรอาหาร 2 กลุ่มหลังมีสัดส่วนโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

กระเพาะรูเมนสูงกว่ากลุ่มควบคุม (38 เทียบกับ 34% ของสูตรอาหาร) จึงทำให้มีโปรตีนไปย่อยที่ลำไส้เล็กและดูดซึมนำไปใช้ประโยชน์ได้ดีขึ้น

Table 12 Milk production and milk composition of cows fed different diets.

Animal performance	Treatment		
	Control	TSBM	FM
Milk yield (kg/day)	16.24	17.16	17.42
4FCM[1]	16.64	17.64	18.07
Milk constituent (%)			
-Fat	4.21	4.23	4.13
-Protein	3.01[b]	2.92[a]	3.02[b]
-Lactose	4.58	4.60	4.64
-Total solid	12.49	12.44	12.59
-Solid not fat	8.28	8.22	8.36
Yield of constituent (kg/day)			
-Fat	0.70	0.72	0.72
-Protein	0.50[a]	0.50[a]	0.52[b]
-Lactose	0.76[a]	0.79[b]	0.79[b]
-Total solid	2.07[a]	2.13[b]	2.15[b]
-Solid not fat	1.37[a]	1.41[b]	1.43[c]
Milk urea nitrogen (mg/dl)	12.45	12.40	13.38
FCR (feed DM/kg milk)	0.81	0.78	0.77
FCR (feed DM/4%FCM)	0.81	0.75	0.74

[1]FCM = (0.4)(kg of milk) + (15)(kg of fat), FCR: Feed conversion ratio

[a,b,c] Means in the same row with different superscript differ significantly ($p < 0.05$)

Note : Day in milk, age and weight of cows were used as covariates in comparison between treatments.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อย่างไรก็ดีการที่การทดลองนี้ไม่เห็นผลในเชิงบวกของกากถั่วเหลืองทรีตด้วยฟอร์มัลดีไฮด์ หรือการใช้อาหารที่มีโปรตีนไหลผ่านสูง ชัดเจนนักอาจเนื่องมาจากโคที่ใช้ในการทดลองให้นมไม่สูงมาก เฉลี่ยประมาณ 17 กก. เท่านั้น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Wachira *et al.* (1974) ที่ได้ใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ทรีตกับกากถั่วเหลืองที่ระดับ 0.32% ก็พบว่าไม่มีผลตอบสนองสำหรับโคที่ให้นม 20 – 25 กก./วัน และได้

คาดการณ์ว่าผลการตอบสนองอาจจะเป็นไปในทางบวกสำหรับโคที่ให้นมสูงกว่านี้และกำลังอยู่ในช่วงแรกของการให้นม (early lactation) ส่วนองค์ประกอบของน้ำนมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นโปรตีนในกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองทรีตด้วยฟอร์มัลดีไฮด์ (กลุ่ม 2) มีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุม (กลุ่ม 1) และกลุ่มที่ใช้ปลาป่น (กลุ่ม 3) การที่เปอร์เซ็นต์โปรตีนในน้ำนมของโคกลุ่ม 2 มีค่าต่ำกว่ากลุ่ม 3 อาจเนื่องมาจากโคกลุ่ม 2 ได้รับโปรตีนต่อวัน ทั้งในส่วนของ RUP และ RDP ต่ำกว่าโคกลุ่ม 3 แต่การที่โคกลุ่ม 2 มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนในน้ำนมต่ำกว่าโคกลุ่มควบคุมนั้นอาจเป็นเพราะโคกลุ่ม 2 ให้น้ำนมมากกว่า แต่ได้รับ RUP ต่ำกว่า ผลการทดลองนี้สอดคล้องกันกับการทดลองของ Crawford and Hoover (1984) และ Folman *et al.* (1981) ที่ใช้กากถั่วเหลืองทรีตด้วยฟอร์มัลดีไฮด์ระดับ 0.3 และ 0.17% ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาค่า MUN พบว่าไม่แตกต่างกัน แต่กลุ่มที่ใช้ปลาป่นมีแนวโน้มสูงกว่า ซึ่งอาจเนื่องมาจากโคกลุ่มนี้ได้รับโปรตีนรวมและโปรตีนในรูปของ RDP สูงกว่ากลุ่มอื่น อย่างไรก็ดีค่า MUN อยู่ในช่วง 12 – 16 mg/dl โดยมีความเข้มข้นของโปรตีนในน้ำนมประมาณ 3% ซึ่งเป็นระดับปกติสำหรับสูตรอาหารที่มีระดับพลังงานและโปรตีนเพียงพอต่อการให้ผลผลิตน้ำนม (Amaral-Phillips, No date)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณอาหารที่กินต่อการให้ผลผลิตน้ำนม (FCR) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีแนวโน้มว่ากลุ่มควบคุมใช้อาหารในการผลิตน้ำนม 1 กก. สูงกว่าอีก 2 กลุ่ม ในขณะที่ 2 กลุ่มหลังนี้มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารใกล้เคียงกันมาก แสดงว่าสามารถใช้กากถั่วเหลืองทรีตฟอร์มัลดีไฮด์แทนปลาป่นในสูตรอาหารได้เกือบทั้งหมด

เมื่อพิจารณาจากค่าอาหารในแต่ละวันเฉลี่ยต่อโค 1 ตัว พบว่าสูตรอาหาร TSBM มีค่าต่ำสุด รองลงมาคือสูตรควบคุมและสูตรที่ใช้ปลาป่นตามลำดับ (Table 13) ทั้งนี้เนื่องจากสูตรควบคุมมีการใช้กากถั่วเหลืองปกติคิดเป็นร้อยละของสูตรอาหารมากกว่าการใช้กากถั่วเหลืองปกติรวมกับกากถั่วเหลืองทรีตด้วยฟอร์มัลดีไฮด์ในสูตร TSBM จึงทำให้มีราคาอาหารที่สูงกว่า ส่วนในสูตรปลาป่นนั้น เนื่องจากปลาป่นมีราคาแพงจึงทำให้มีราคาอาหารสูงกว่าสูตรอื่น อย่างไรก็ดีเมื่อคิดเป็นกำไรที่หักต้นทุนค่าอาหารแล้ว พบว่าอาหารสูตร TSBM มีกำไรสูงสุด (บาท/วัน) เพราะมีค่าอาหารต่ำสุด และการให้น้ำนมก็สูงกว่าสูตรควบคุมหรือถ้าคิดเป็นกำไรเมื่อหักค่าอาหารจากการผลิตน้ำนม 1 กก.ไม่ว่าจะปรับหรือไม่ปรับไขมันนมก็ตาม พบว่าการใช้กากถั่วเหลืองทรีตมีกำไรสูงสุด รองลงมาคือสูตรควบคุมและปลาป่นตามลำดับ แต่สูตรควบคุมนั้นมีการให้น้ำนมที่ต่ำกว่าสูตรปลาป่น จึงทำให้ได้กำไรต่อวันต่ำกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 13 Feed cost and income over feed of milk production.

Treatment	*Control*	*TSBM*	*FM*
Feed cost (Baht/day)	87.39	87.06	97.69
Income over feed (Baht/day)	115.61	127.44	120.06
Income over feed (Baht/kg milk)	7.12	7.43	6.83
Income over feed (Baht/4%FCM)	7.25	7.56	7.09

Note : Income over feed (baht/kg milk) = {(milk yield × milk price) – feed cost} / milk yield
Milk price = 12.5 baht/kg milk, soybean meal = 10, fish meal = 30, ruzi grass = 0.5 baht/kg of fresh weight, Concentrate T_1 = 7.47 , T_2 = 7.69 , T_3 = 8.60 baht/kg

◈ สรุปผลการทดลองที่ 4

เมื่อนำกากถั่วเหลืองที่ทรีตด้วยฟอร์มัลดีไฮด์ระดับ 0.3% มาประกอบเป็นสูตรอาหารข้นเพื่อเลี้ยงโคนม โดยใช้ในระดับ 7% ของสูตรอาหารข้นเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองปกติ และกลุ่มที่ใช้ปลาป่น 7% โดยสูตรอาหารควบคุมมีโปรตีนไหลผ่าน 34% ส่วนอีก 2 สูตรมีโปรตีน 38% พบว่าแม้ปริมาณน้ำนมของโคทั้ง 3 กลุ่มจะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าโคกลุ่มที่ได้รับโปรตีนไหลผ่านสูง (กากถั่วเหลืองทรีตด้วยฟอร์มัลดีไฮด์และกลุ่มที่ได้รับปลาป่น) ให้ผลผลิตน้ำนมสูงกว่า และมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารดีกว่ากลุ่มควบคุม เมื่อพิจารณาถึงรายได้ต่อนม 1 กก. ที่หักค่าอาหารออกแล้ว พบว่ากลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองทรีตด้วยฟอร์มัลดีไฮด์สามารถให้ผลตอบแทนได้ดีที่สุด เพราะอาหารสูตรนี้มีราคาสูงขึ้นเพียง 0.015 บาท ต่อ อาหาร 1 กก. เท่านั้น แสดงว่าการทรีตกากถั่วเหลืองด้วยฟอร์มัลดีไฮด์ในระดับ 0.3% ได้ผลดีทั้งในทางทฤษฎีและทางปฏิบัติ คือสามารถลดการย่อยสลายของโปรตีนในกระเพาะรูเมนได้จริง ทำให้มีโปรตีนไหลผ่านเพิ่มขึ้น ซึ่งเมื่อนำไปประกอบสูตรอาหารเลี้ยงโคนมให้มีโปรตีนไหลผ่านในระดับที่เหมาะสมคือ 38% ของโปรตีนทั้งหมด สามารถลดต้นทุนการผลิตและให้ผลกำไรสูงกว่ากลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองธรรมดาและกลุ่มที่ใช้ปลาป่น จึงน่าจะนำไปส่งเสริมเผยแพร่ให้เกษตรกรได้ อย่างไรก็ดี ถ้าราคาปลาป่นต่ำกว่าที่ใช้ในการทดลองนี้ สูตรที่ใช้ปลาป่นก็นับว่าน่าสนใจเช่นกัน

4. สรุปผลการทดลองโครงการย่อยที่ 6

การลดการย่อยสลายของวัตถุแห้งและโปรตีนในกากถั่วเหลืองโดยการทรีตด้วยฟอร์มัลดีไฮด์ในรูปฟอร์มาลินเป็นวิธีการที่เหมาะสมเพราะสามารถปฏิบัติได้ง่าย ไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษ ระดับที่ควรใช้คือ 0.3% ของกากถั่วเหลือง เพราะน่าจะทำให้เกิดพันธะระหว่างโมเลกุลของโปรตีนในระดับที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เหมาะสม เป็นเหตุให้โภชนะดังกล่าวทนต่อการย่อยด้วยน้ำย่อยของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนได้ดี ดังจะเห็นได้จากค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้งและโปรตีนของกากถั่วเหลืองในกระเพาะรูเมนลดลงเหลือเพียง 0.42% ในระยะ 12 ชั่วโมงแรก ซึ่งต่ำกว่าของกากถั่วเหลืองปกติอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อถูกย่อยด้วยเปปซินและแพนครีเอติน ซึ่งเป็นตัวแทนของเอนไซม์ในกระเพาะแท้และลำไส้เล็ก พบว่าโปรตีนในกากถั่วเหลืองที่ทรีตด้วยฟอร์มัลดีไฮด์ 0.3% สามารถย่อยได้สูงถึง 99.10% ซึ่งนับว่าเป็นผลดีต่อตัวสัตว์มาก เพราะทำให้ได้กรดอะมิโนที่โคสามารถดูดซึมนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรง ดังจะสังเกตเห็นได้จากการนำกากถั่วเหลืองนี้ไปผสมในอาหารข้นในระดับ 7% แล้วเลี้ยงโคที่ให้นมประมาณ 17 กก. พบว่าโคมีแนวโน้มกินอาหารได้เพิ่มขึ้น มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารดีขึ้นและให้น้ำนมสูงขึ้นกว่ากลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมกากถั่วเหลืองปกติ นอกจากนี้ยังให้ผลกำไรต่อวันและต่อกิโลน้ำนมมากกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารผสมกากถั่วเหลืองปกติและกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมปลาป่น

การใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ระดับนี้มีความปลอดภัย เพราะเกือบไม่มีสารตกค้างอยู่เลย เนื่องจากใช้ในปริมาณที่ต่ำมากและสารนี้ระเหยได้เร็ว

วิธีการทรีตกากถั่วเหลืองดังกล่าว สามารถทำได้ง่ายโดยใช้ฟอร์มาลิน 37% ซึ่งสามารถหาซื้อได้ง่ายตามร้านขายสารเคมีทั่วไป บรรจุปี๊บละ 20 กก. ราคากิโลกรัมละ 27 บาท ใส่ฟอร์มาลินลงในกากถั่วเหลืองในอัตราที่คำนวณให้มีฟอร์มัลดีไฮด์ 0.3% คลุกให้เข้ากันในถุงพลาสติก รัดปากถุงให้แน่น ทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมาใช้ผสมอาหารเลี้ยงโคได้ โดยกากถั่วเหลืองดังกล่าวมีราคาสูงขึ้นกว่าปกติเพียง 0.22 บาท/กก. เท่านั้น แต่ให้ผลตอบแทนที่ดีกว่ามาก จึงควรนำไปเผยแพร่ให้แก่ผู้ประกอบอาหารเลี้ยงโคนมได้นำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

การทรีตกากถั่วเหลืองด้วยฟอร์มัลดีไฮด์

การทดสอบการย่อยสลายในรูเมน (nylon bag)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โครงการย่อยที่ 7 ความพยายามศึกษาหาวิธีผลิตพืชแห้งคุณภาพดีโดยใช้อุปกรณ์อย่างง่าย

1. หลักการ เหตุผล และวัตถุประสงค์

จากผลการศึกษาในโครงการย่อยที่ผ่านมา ทำให้ทราบว่าการมีหญ้าแห้งในสูตรอาหารโคนมสามารถช่วยป้องกันการเกิดสภาพแอสิโดสิสได้ และยิ่งโคให้ผลผลิตสูงก็ยิ่งต้องการหญ้าแห้งคุณภาพดีเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาการเบียดบังเนื้อที่ในกระเพาะรูเมนของอาหารข้นโดยอาหารหยาบ (substitution effect) แต่การผลิตหญ้าแห้งคุณภาพดีในประเทศไทยไม่ใช่เรื่องที่ทำได้ง่ายนัก เพราะนอกจากจะต้องศึกษาหาระยะการตัดที่เหมาะสมเพื่อให้ได้โภชนะที่เป็นประโยชน์ต่อตัวโคคิดต่อหน่วยพื้นที่มากที่สุดดังที่กำลังศึกษาในโครงการย่อยที่ 10 แล้ว ยังต้องศึกษาหากรรมวิธีการผลิตหญ้าแห้งที่เหมาะสมด้วย ทั้งนี้เพราะหญ้ามักเติบโตได้ดีในฤดูฝน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในท้องที่ที่ไม่มีการชลประทานซึ่งเป็นสภาพโดยทั่วไปของเกษตรกรส่วนใหญ่ และการทำหญ้าแห้งในประเทศไทยมักนิยมใช้วิธีตัดและตากในแปลงโดยอาศัยแสงแดด ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาในการตาก 2 – 3 วัน จึงจะทำให้หญ้ามีความชื้นลดลงเหลือประมาณ 14 – 20% ซึ่งเป็นระดับที่ปลอดภัยต่อการนำไปเก็บไว้ในยุ้งฉาง (บุญล้อมและคณะ, 2543) แต่สภาพอากาศในฤดูฝนนี้เป็นอุปสรรคต่อการทำแห้ง เพราะมีแสงแดดและมีฝนตกชุก ถ้าหญ้าที่ตากไว้โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะใกล้แห้งแล้วเกิดถูกฝนชะจะยิ่งทำความเสียหายมากกว่าการถูกฝนขณะที่พืชเพิ่งตัดใหม่ ๆ เพราะพืชที่ตัดมาใหม่นั้นยังมีไขเคลือบ (waxy coating) ลำต้นและใบช่วยป้องกันไม่ให้น้ำฝนซึมเข้าไปในเซลล์ได้ แต่เมื่อพืชเหี่ยวลง ไขที่เคลือบนี้จะหมดสภาพ ทำให้น้ำสามารถซึมผ่านเข้าไปในเซลล์ได้ง่ายขึ้น และพาโภชนะที่ละลายได้ง่าย เช่น น้ำตาลและสารประกอบไนโตรเจนออกไป เหลือส่วนของผนังเซลล์ไว้ ทำให้มีเยื่อใยสูงขึ้น นอกจากนี้ฝนยังทำให้เอนไซม์ในเซลล์พืชทำงานได้นานขึ้น มีการใช้โภชนะไปมากขึ้น อีกทั้งยังทำให้เกิดราด้วย สำหรับพืชที่ถูกฝนปรอย ๆ หลายครั้งในขณะทำแห้ง จะมีความเสียหายรุนแรงกว่าโดนฝนหนักครั้งเดียว

สำหรับกระถิน ถือว่าเป็นอาหารสัตว์คุณภาพดีเช่นเดียวกัน เพราะนอกจากจะมีสีเขียว น่ากิน มีเบต้าแคโรทีนสูง ซึ่งอาจช่วยปรับปรุงสมรรถภาพในการสืบพันธุ์ และช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันให้แก่สัตว์แล้ว ยังมีโปรตีนสูงอีกด้วย แม้ว่ากระถินจะมีสาร mimosine ซึ่งเป็นพิษ โดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อสัตว์กระเพาะเดี่ยว แต่เนื่องจากสารนี้สามารถทำให้ลดลงได้หลายวิธี โดยวิธีตากแดดนับว่าได้รับความนิยมมากที่สุด ประกอบกับสัตว์เคี้ยวเอื้องมีจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนที่ช่วยเปลี่ยนสารมิโมซีนให้เป็นสาร DHP (3-hydroxy-4 (1H)-pyridone) ซึ่งอาจถูกทำให้สลายตัวเป็นสารที่ไม่มีพิษได้ ดังนั้นจึงสามารถใช้ใบกระถินในสูตรอาหารได้ในระดับสูงกว่าในสัตว์กระเพาะเดี่ยว จากการที่กระถินมีมากในฤดูฝน แต่หาได้ยากในฤดูแล้ง ดังนั้นการจะเก็บไว้ใช้ในฤดูที่ขาดแคลนจึงจำเป็นต้องถนอมไว้โดยการหมักหรือการทำแห้ง ซึ่งการทำแห้งมักมีข้อจำกัดเช่นเดียวกับกรณีของหญ้าแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากข้อจำกัดของสภาพดินฟ้าอากาศต่อการทำหญ้าแห้งในฤดูฝนดังได้กล่าวมาแล้ว จึงมีผู้หาวิธีผลิตหญ้าแห้งโดยใช้เครื่องอบลมร้อน ซึ่งสามารถทำให้หญ้าแห้งได้ในเวลาอันรวดเร็ว มีการสูญเสียโภชนะน้อย ทำให้ได้หญ้าแห้งคุณภาพดี มีการร่วงหล่นของใบน้อย มีโปรตีน และแคโรทีนเหลือติดอยู่มาก แต่มีวิตามินดี 2 ต่ำ เพราะไม่ได้รับแสงอุลตราไวโอเลตมาช่วยในการเปลี่ยนสารเออร์โกสเตอรอล (ergosterol) ในหญ้าสดให้เป็นวิตามินดี 2 นอกจากนี้การทำหญ้าแห้งโดยวิธีนี้ยังต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงทั้งในส่วนของเครื่องมือและเชื้อเพลิงในการอบแห้ง จึงอาจไม่เหมาะสำหรับนำมาใช้เป็นอาหารโคนมเพราะจะทำให้ต้นทุนการผลิตสูงเกินไป คณะผู้วิจัยจึงมีความคิดที่จะหาวิธีผลิตหญ้าแห้งในฤดูฝนโดยใช้เครื่องมืออย่างง่ายที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงนัก ซึ่งอาจช่วยให้ได้หญ้าแห้งคุณภาพดีมาใช้เป็นอาหารโคนมได้

ในโครงการย่อยนี้ได้พยายามพัฒนาอุปกรณ์สำหรับอบหญ้าแห้ง 2 แบบคือ

1. แบบถุงยาว
2. แบบกระโจมปิรามิด

2. ผลงานวิจัยและรายงานที่เกี่ยวข้อง (บางส่วน)

การทำพืชแห้งเป็นการนำพืชอาหารสัตว์ไม่ว่าจะเป็นหญ้าหรือถั่วหรือพืชอื่น ๆ มาลดความชื้นให้เหลือประมาณ 15 – 20% ซึ่งเป็นระดับที่เอนไซม์ในพืชและจุลินทรีย์หยุดกิจกรรมทุกอย่าง ทำให้สามารถเก็บรักษาไว้ได้โดยไม่เกิดการเน่าเสีย สามารถนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ในช่วงฤดูแล้งที่มีพืชอาหารสัตว์ไม่เพียงพอ ซึ่งลักษณะของพืชที่จะนำมาทำแห้งนั้น ควรมีสัดส่วนของใบมากกว่าลำต้นเพราะเป็นส่วนที่มีคุณค่าทางอาหารสูงกว่า เช่น หญ้ารูซี่ หญ้าแพงโกล่า หรือใช้พืชตระกูลถั่วซึ่งมีคุณค่าทางอาหารสูง เช่น กระถิน เป็นต้น สำหรับวิธีการทำหญ้าแห้งในประเทศไทย นิยมทำการตัดหญ้าแล้วตากแดดไว้ในแปลง ซึ่งถ้ามีแดดแรงจะใช้เวลาเพียง 2 – 3 วัน แต่ถ้ามีสภาพท้องฟ้ามืดครึ้ม แดดไม่แรงอาจใช้เวลาถึง 5 – 7 วัน หรือมากกว่านั้น

การสูญเสียในระหว่างการทำแห้ง

ในระหว่างการทำหญ้าแห้งนั้นจะมีการสูญเสียโภชนะที่อยู่ในพืช เนื่องจากสาเหตุต่าง ๆ ดังนี้ (Mc Donald *et al*., 1995)

1. หลังจากที่ทำการตัดหญ้าหรือพืชอาหารสัตว์แล้ว พืชยังคงมีการหายใจและใช้สารอาหารโดยเฉพาะพวกแป้งและน้ำตาลรวมไปถึงสารประกอบไนโตรเจนอยู่ จนกระทั่งความชื้นลดลงต่ำกว่า 40% ซึ่งการสูญเสียในส่วนนี้มีประมาณ 4-15% (Church, 1991)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. การสูญเสียที่เกิดจากจุลินทรีย์ ซึ่งจะเกิดขึ้นในการทำหญ้าแห้งที่ใช้ระยะเวลานานอันเป็นผลมาจากสภาพอากาศที่ไม่เหมาะสม คือมีความชื้นสูงส่งผลให้แบคทีเรียและเชื้อราเจริญเติบโตขึ้นมา ทำให้ได้หญ้าแห้งที่มีคุณภาพและความน่ากินต่ำ

3. การสูญเสียที่เกิดจากการถูกแดดเลียสี จะเห็นได้ชัดเจนจากการสูญเสียสีเขียวของหญ้าแห้ง ซึ่งเป็นแหล่งของเบต้าแคโรทีน (beta carotene) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอนั่นเอง อาจมีการถูกทำลายได้ถึง 80% ถ้าใช้ระยะเวลาในการทำแห้งนาน (พันทิพา, 2547)

4. การสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการถูกชะด้วยฝน จะทำให้สูญเสียพวกวิตามินที่ละลายน้ำได้ รวมทั้งโภชนะที่อยู่ภายในเซลล์ เป็นผลให้สัดส่วนของผนังเซลล์สูงขึ้น นอกจากนี้การถูกฝนชะยังทำให้การแห้งนั้นช้าลงเป็นผลให้เอนไซม์ยังคงทำงานและมีการสูญเสียโภชนะต่อไป

จากปัญหาการสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการตากแดดตามธรรมชาติ จึงได้มีผู้คิดค้นออกแบบเครื่องอบเพื่อใช้ในการทำแห้งขึ้นมาหลายแบบ ส่วนใหญ่ใช้ต้นทุนสูงและมีการใช้แหล่งเชื้อเพลิงที่สิ้นเปลือง เช่น แก๊ส น้ำมันหรือไฟฟ้า Holmes (1989) รายงานว่า ลักษณะของเครื่องอบที่นิยมใช้ในการอบหญ้ามี 2 แบบ คือ เครื่องอบแบบลมร้อนผ่านโดยตรง ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้อบอยู่ระหว่าง 150 – 220^{o}c และแบบเป็นถังกลมหมุนซึ่งอุณหภูมิที่ใช้จะสูงอยู่ในช่วง 600 – 1,000^{o}c ถึงแม้ทั้งสองแบบจะมีค่าใช้จ่ายสูงแต่หญ้าแห้งที่ได้จากการอบจะมีคุณภาพดี

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่น่าสนใจ เนื่องจากมีอยู่ตามธรรมชาติและเป็นพลังงานได้เปล่า เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตเส้นศูนย์สูตร จึงทำให้ได้รับปริมาณความเข้มแสงจากดวงอาทิตย์สูง โดยมีค่าเฉลี่ยต่อวัน 17 MJ/m^{2} (สมชาติ, 2540) และปริมาณความเข้มแสงในแต่ละฤดูกาลในประเทศไทยนั้นค่อนข้างมีความสม่ำเสมอ ทำให้มีประโยชน์ในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ (รัฐธิปัตย์, 2545)

สมคิดและคณะ (2526) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอบ 3 แบบคือ tripod, tripod ที่มีฮีทเตอร์ และแบบ drying rack เพื่อใช้อบทำหญ้าแห้งสำหรับลูกโค ในช่วงฤดูฝนที่มีแสงแดดเฉลี่ยวันละ 4 ชั่วโมง อุณหภูมิเฉลี่ย 30^{o}ซ และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 83% โดยหญ้าที่บรรจุในเครื่องอบแบบที่ 1 และ 3 นั้นได้ทำการผึ่งเป็นเวลาครึ่งวันก่อนนำไปบรรจุในเครื่อง ส่วนแบบที่ 2 ใช้หญ้าสด พบว่า เครื่องอบแบบที่ 3 (drying rack) มีประสิทธิภาพการทำงานได้ดีกว่าแบบอื่น ๆ และสามารถผลิตหญ้าแห้งที่มีคุณภาพดีมากได้เฉลี่ยวันละ 26 กก.

งานวิจัยในการทำเครื่องอบหญ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทยยังมีน้อย ส่วนใหญ่จะเป็นเครื่องอบสำหรับพืชเศรษฐกิจและผลผลิตทางการเกษตร เช่น ข้าวเปลือก ลำไย และกล้วย เป็นต้น อย่างไรก็ดีลักษณะของเครื่องอบสามารถนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกันได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT) ได้สร้างเครื่องอบข้าวเปลือก โดยใช้วัสดุที่มีในท้องถิ่นที่มาประกอบเป็นตัวเครื่อง โดยมีส่วนประกอบสำคัญในตัวเครื่อง 3 ส่วน คือ ส่วนที่รับแสงอาทิตย์ซึ่งใช้ขี้เถาแกลบเป็นตัวดูดความร้อน ส่วนกระบะใส่ข้าวเปลือกซึ่งได้ใช้ไม้ไผ่สาน และส่วนปล่องลมเพื่อให้อากาศที่ผ่านข้าวเปลือกพาความชื้นออกไป ใช้แผ่นพลาสติกพีวีซีหนา 0.15 มม. แทนกระจกใส ลักษณะการถ่ายเทของอากาศเป็นแบบธรรมชาติ อุณหภูมิของอากาศร้อนภายในเครื่องอบมีค่าเฉลี่ย 45°c พบว่า ในสภาพท้องฟ้าแจ่มใสในฤดูผ่นการลดความชื้นของข้าวเปลือกจาก 20% ให้เหลือ 13% ถ้าชั้นข้าวเปลือกมีความหนา 50, 100, 150 และ 200 มม. ต้องใช้เวลาในการอบ 8, 12,20 และ 32 ชั่วโมง ตามลำดับ กระถินเป็นพืชที่พบทั่วไปในประเทศไทยทั้งในฟาร์มเกษตรกร ในที่รกร้างว่างเปล่า และริมถนนหนทาง ในประเทศไทยมีการนำกระถินมาใช้เป็นอาหารสัตว์นานแล้ว เนื่องจากใบมีโปรตีนสูง (25.6% ของวัตถุแห้ง; บุญเสริมและบุญล้อม, 2529) นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งของสารสี โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับสัตว์ปีกคือ ทำให้หนังและไข่มีสีเหลืองเข้มขึ้น แม้ว่ากระถินจะมีสารพิษ เช่น มิโมซีน (minosin) ซึ่งเป็นสารที่จัดอยู่ในกลุ่มของกรดอะมิโนที่ไม่ใช่โปรตีน (non-protein amino acid) มีชื่อทางเคมีคือ β-N-(3 hydroxy–4-pyridone)-α-amino propionic acid และมีสูตรทางเคมีคือ $C_8H_{10}O_4N_2$ เนื่องจากสารนี้มีสูตรโครงสร้างคล้ายกรดอะมิโนไทโรซีน (tyrosine) จึงมีคุณสมบัติเป็นสารแข่งขัน (antagonist) กับกรดอะมิโนดังกล่าว ถ้าสัตว์ได้กินในปริมาณมากจะทำให้เกิดคอพอก ขนร่วง การเจริญเติบโตชะงัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสัตว์กระเพาะเดี่ยว แต่ถ้าใช้ด้วยความระมัดระวัง โดยหาทางกำจัดหรือลดสารพิษ เช่น ตากแดด หรือหมัก รวมทั้งการใช้ในปริมาณที่จำกัดจะสามารถใช้ในอาหารได้อย่างปลอดภัย

การลดปริมาณสารมิโมซีนในกระถินโดยทั่วไปทำโดยวิธีตากแดด ซึ่งสามารถลดได้ 51.13% (ไพโรค, 2526) 14.5% (สุวรรณา, 2527) และ 9.52% (วรรณาและคณะ, 2545) แต่จากการศึกษาโดยการหมัก วรรณาและคณะ (2545) รายงานว่า สามารถลดสารพิษได้มีประสิทธิภาพดีกว่าการตากแดดมากคือลดได้ถึง 92.74% และกระถินหมักสามารถนำมาใช้ทดแทนอาหารข้นได้ถึง 50% ในสูตรอาหารเลี้ยงโคนมโดยไม่มีผลกระทบต่อปริมาณและคุณภาพของน้ำนม อีกทั้งยังทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำลงและทำให้ปริมาณเบต้าแคโรทีนในซีรั่มของโคเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (บุญล้อมและคณะ, 2546)

ในขณะนี้บุญล้อมและคณะ (2548) ได้ทำการทดลองใช้ใบกระถินหมักทั้งในรูปเปียกและในรูปตากแห้งบดผสมอาหาร เลี้ยงสุกรที่จังหวัดน่าน พบว่าสามารถใช้ได้คิดเป็นวัตถุแห้งประมาณ 6% ในระยะสุกรรุ่น และ 12% ในระยะสุกรขุน โดยไม่ทำให้สุกรมีสมรรถภาพการผลิตต่างจากกลุ่มควบคุม แต่มีแนวโน้มว่าทำให้คุณภาพซากดีขึ้นโดยมีพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันใหญ่ขึ้น และความหนาของไขมันสันหลังลดลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เบต้าแคโรทีนเป็นสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์ (carotenoid) ซึ่งนอกจากจะมีบทบาทในการเป็นสารตั้งต้น (precursor) ที่สำคัญในการเปลี่ยนเป็นวิตามินเอ และเป็นแหล่งให้สารสี (pigment) แก่สัตว์แล้ว ยังมีความสจมารถในการเป็น antioxidant คือ ทำหน้าที่ต่อต้านกระบวนการเกิดออกซิเดชั่นในร่างกาย ทำให้สัตว์มีสุขภาพดีด้วย (บุญล้อม, 2546)

Tekpetey *et al.* (1987) รายงานว่าหญ้าสดเป็นแหล่งของเบต้าแคโรทีนที่ดี รองลงมาเป็นอัลฟาฟ่าแห้ง หญ้าแห้ง และพืชหมัก ตามลำดับ โดยข้าวโพดหมักมีค่าต่ำที่สุด เพราะจากการสุ่มตัวอย่างอาหารที่ใช้เลี้ยงโคนมตลอดปีมาวิเคราะห์ พบว่า หญ้าสดมีปริมาณเบต้าแคโรทีนคิดเป็น (มก./กก.วัตถุแห้ง) 101.5 – 228.1 ในขณะที่ถั่วอัลฟัลฟ่าอัดเม็ดมี 50.6 – 72.2 หญ้าแห้งมี 23.3 – 62.7 ถั่วหมัก (Faba bean silage) มี 35.4 – 42.5 หญ้าหมักมี 31.1 – 48.5 และข้าวโพดหมักมี 1.6 – 6.9 ตามลำดับ สอดคล้องกับรายงานของวรินทร์ดาและคณะ (2540) ที่พบว่า พืชตระกูลหญ้าและถั่วในสภาพสดเป็นแหล่งของเบต้าแคโรทีนตามธรรมชาติสำหรับสัตว์ โดยค่าที่วิเคราะห์ได้จากตัวอย่างหญ้าขน เนเปียร์ และรูซี่สดที่เก็บตามที่ต่าง ๆ ในฤดูกาลต่างกัน แล้วมาทำแห้งแบบเยือกแข็ง มีค่าเบต้าแคโรทีนอยู่ในช่วง 20.40 – 110.78 มก./กก.วัตถุแห้ง ส่วนของถั่วฮามาต้ามีค่า 41.57 – 61.14 มก./กก.วัตถุแห้ง แต่พืชที่ถนอมไว้ในสภาพแห้งหรือหมักมีเบต้าแคโรทีนต่ำกว่านี้ คืออยู่ในช่วง 1.76 – 27.32 มก./กก.วัตถุแห้ง ใบกระถินนับว่าเป็นแหล่งของเบต้าแคโรทีนที่ดี เพราะใบกระถินที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบเยือกแข็ง (freeze drying) มีเบต้าแคโรทีน (140.5 – 170.0 มก./กก.วัตถุแห้ง) ส่วนการทำแห้งแบบตากแดดจะมีสารดังกล่าวน้อยกว่าคือ 116.5 มก./กก. จะเห็นได้ว่ากระบวนการทำแห้งมีผลต่อเบต้าแคโรทีนในพืชอาหารสัตว์ ถ้าใช้วิธีการที่มีประสิทธิภาพจะยิ่งรักษาปริมาณสารนี้ไว้ได้มาก สำหรับกระถินป่นที่มีขายในท้องตลาดมีเบต้าแคโรทีนเพียง 18.9 มก./กก.วัตถุแห้งเท่านั้น ทั้งนี้เป็นผลมาจากทั้งกระบวนการทำแห้งและการปลอมปนด้วยส่วนของกิ่งก้านเพื่อเพิ่มน้ำหนัก

Smith (1981) พบว่าระยะเวลาในการเก็บพืชแห้ง เช่น ถั่วอัลฟัลฟ่าไว้นานขึ้น มีผลทำให้ปริมาณเบต้าแคโรทีนลดลงตามลำดับ อายุของพืชก็มีผลต่อเบต้าแคโรทีนเช่นกัน โดย Ballet *et al.* (2000) รายงานว่า พืชตระกูลหญ้าและถั่วที่แก่ขึ้นจะมีปริมาณเบต้าแคโรทีนลดลง

Shelton and Brewbaker (1994) รายงานว่า ใบกระถินมีเบต้าแคโรทีน 536.0 มก./กก. ซึ่งสูงกว่าแอลฟัลฟ่าประมาณ 2 เท่า (253 มก./กก.)

มีรายงานในต่างประเทศหลายราย เช่น Lotthammer (1979), Smith (1981), Block and Farmer (1987) และ Weiss (1998) ที่กล่าวถึงบทบาทของเบต้าแคโรทีนต่อความสมบูรณ์พันธุ์ของโคนม เช่น ถ้าขาดจะทำให้มีการตกไข่ช้า เป็นสัดเงียบ มีระยะท้องว่างนานขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นเหตุให้มีอัตราการผสมติดลดลง มีคอร์ปัสลูเทียมขนาดเล็กลง มีการผลิตฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนน้อยลง เกิดถุงน้ำที่รังไข่ เกิดการแท้ง มีรกค้าง มีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อที่ช่องคลอดและมดลูก หรือให้ลูกที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อ่อนแอ เป็นต้น จากงานทดลองของ Michael *et al.* (1994) พบว่า การเสริมเบต้าแคโรทีนในระดับ 600 มก./วัน ให้กับโคนม ทำให้ภูมิคุ้มกันของร่างกายดีขึ้น ส่งผลให้การเกิดรกค้างและมดลูกอักเสบลดลงต่ำกว่ากลุ่มควบคุมหรือกลุ่มที่เสริมวิตามินเอ 120,000 IU/วัน อย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับงานทดลองของวรินทร์ดาและคณะ (2540) ที่พบว่า การเสริมเบต้าแคโรทีนสังเคราะห์ปริมาณ 100 มก./ตัว/วัน โดยโรยลงบนอาหารตั้งแต่ 2 สัปดาห์ก่อนคลอด และเมื่อคลอดแล้วให้สารนี้เพิ่มขึ้นอีก 20 มก./น้ำนม 1 กก. ทำให้โคมีอัตราการผสมติดดีขึ้น มีจำนวนครั้งต่อการผสมติดลดลง (1.62 vs 1.44) ทำให้จำนวนวันท้องว่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (94.56 vs 140.13) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม

ศักดิ์และสดใส (2544) ได้ทำการเสริมใบกระถินแห้ง 0.8 – 1.0 กก./ตัว/วัน เป็นเวลา 2 สัปดาห์ก่อนคลอด และ 2.0 – 2.5 กก./ตัว/วัน ตั้งแต่หลังคลอดจนถึงผสมติด เทียบกับการเสริมเบต้าแคโรทีนสังเคราะห์ 100 มก./ตัว/วัน ตั้งแต่ก่อนคลอด 2 สัปดาห์ แล้วเพิ่มเป็นอีก 20 มก./กก.นน.ในระยะหลังคลอด ปรากฏว่าการเสริมใบกระถินช่วยปรับปรุงสมรรถภาพในการสืบพันธุ์ได้ดีทัดเทียมกับการเสริมเบต้า-แคโรทีนสังเคราะห์ โดยทำให้จำนวนวันกลับสัดของกลุ่มที่ได้รับสารเสริมดังกล่าวสั้นลง (47.4 – 54.6 vs 89.6) วันท้องว่าง (54.0 – 65.6 vs 129.0) และจำนวนครั้งที่ผสมต่อการผสมติด (1.20 – 1.6 vs 2.6) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่การเสริมเบต้าแคโรทีนสังเคราะห์ทำให้มีต้นทุนค่าอาหารสูงขึ้นกว่ากลุ่มควบคุม ในขณะที่การใช้ใบกระถินทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญ

ผลจากรายงานทั้งหมดนี้แสดงให้เห็นว่า ในสูตรอาหารโคนมควรมีการเสริมใบกระถิน ซึ่งปัญหาของการทำกระถินแห้งเพื่อให้สามารถใช้ผสมอาหารได้ตลอดทั้งปีนั้น มีดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ดังนั้นจึงควรศึกษาหาวิธีการผลิตกระถินแห้งในกระโจม

3. การทดลอง

โครงการย่อยที่ 6 แบ่งเป็น 3 การทดลอง ดังนี้

❖ **การทดลองที่** 1 ศึกษาประสิทธิภาพของอุปกรณ์อบหญ้าแห้งแบบถุงยาว

ทำการประดิษฐ์เครื่องอบอย่างง่ายซึ่งประกอบด้วยส่วนที่เป็น blower ทำหน้าที่อัดอากาศกับส่วนที่เป็นตัวถุงซึ่งทำด้วยพลาสติกพีวีซีสีดำ ความยาว 24 ม. ภายในมีตะแกรงเหล็กสำหรับวางหญ้า ตะแกรงนี้มีขนาด 1.5 x 2 ม. ขาสูงจากพื้น 15.5 ซม. วางเรียงต่อกันตามแนวยาวจำนวนทั้งสิ้น 12 อัน รวมความยาว 24 ม.

นำหญ้ารูซี่สดอายุประมาณ 30 - 45 วัน ที่ตัดมาจากแปลงประมาณ 400 กก. ซึ่งมีความชื้น 71.08% ไปผึ่งแดดเป็นเวลา 4.5 ชั่วโมง (11.00 - 15.30 น.) เพื่อลดความชื้นลงเหลือเพียง 58.13% แล้วนำมาวางเกลี่ยลงบนตะแกรง ปิดคลุมด้วยพลาสติกดำทุกด้านยกเว้นด้านท้ายของเครื่องเพื่อเป็น

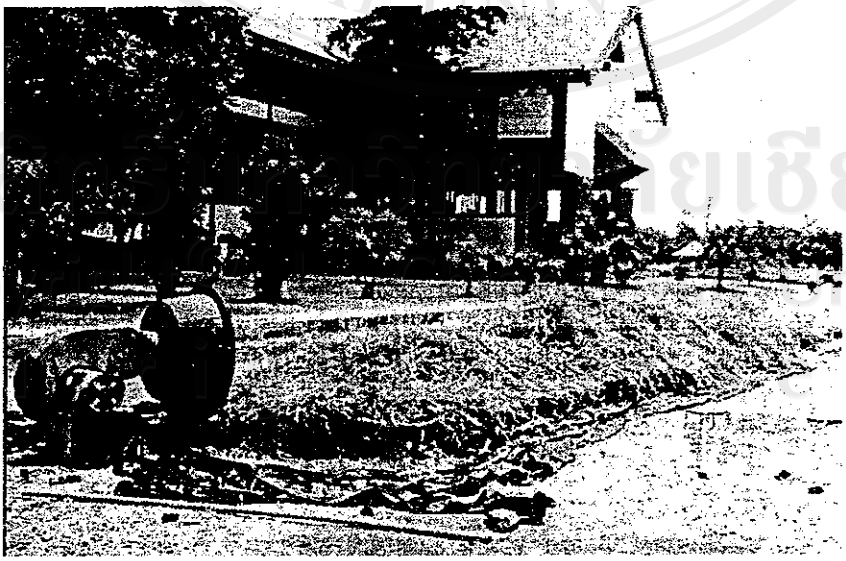
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทางระบายลมและความชื้น ส่วนด้านหน้านั้นใช้ blower เป็นตัวอัดอากาศเข้าสู่ถุง เมื่อลมที่ดูดโดย blower เข้าสู่เครื่องเต็มที่แล้วจะทำให้ถุงพอง มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.8 ม. ลักษณะของหญ้าที่วางไว้บนตะแกรงและลักษณะของถุงพลาสติกดำที่ปิดหุ้มกองหญ้า โดยมีลมร้อนจาก blower เป่าเข้าไปในถุง แสดงไว้ในภาพที่ 1 และ 2 เครื่องอบนี้อาศัยหลักการที่ว่าพลาสติกดำจะเป็นตัวดูดความร้อนจากแสงอาทิตย์ ทำให้อากาศภายในถุงร้อนขึ้น ส่วน blower ทำหน้าที่เป่าลมร้อนในถุงผ่านกองหญ้าแล้วนำไอน้ำที่ระเหยจากหญ้าออกไปด้านท้ายของถุง

ทำการวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมมิเตอร์ และวัดความชื้นสัมพัทธ์ด้วยเครื่อง hygrometer ทั้งภายในและภายนอกถุงทุกชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 9.00 - 16.00 น. และเนื่องจากถุงมีความยาวมาก การวัดค่าดังกล่าวภายในถุง จึงทำการวัด 3 จุด คือ ที่ส่วนต้น ส่วนกลาง และส่วนท้ายของถุง นำค่าของอุณหภูมิที่วัดในแต่ละวันทั้ง 3 ตำแหน่งมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อนำไป plot graph หาความแปรปรวนระหว่างชั่วโมงในช่วงวัน (นับจาก blower)

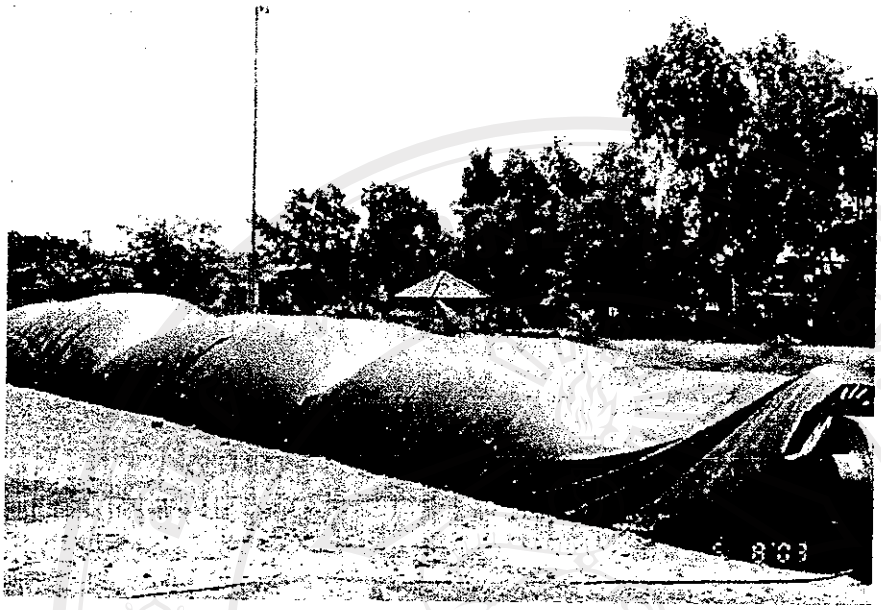
สำหรับอุณหภูมิที่เฉลี่ยจากการวัดทุกระยะเวลาและทุกตำแหน่งในถุง นำมาเปรียบเทียบกับอุณหภูมิภายนอกตามแผนการทดลองแบบ RBD โดยใช้วันเป็น block ในกรณีของความชื้นสัมพัทธ์ก็ทำการทดสอบทางสถิติในทำนองเดียวกัน นอกจากนี้ได้วัดพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนผิวอุปกรณ์ด้วยเครื่อง solar detector ด้วย

ทำการสุ่มตัวอย่างหญ้ามาอบหาความชื้นเป็นระยะ ๆ ที่อุณหภูมิ 60^{o}c แล้วทำการประเมินลักษณะทางกายภาพของหญ้าที่แห้งแล้วด้วยการใช้ประสาทสัมผัสตามวิธีที่แนะนำโดย AID (1986, อ้างอิงโดยบุญล้อมและคณะ, 2542) การทดลองนี้ทำในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม ซึ่งเป็นฤดูฝน



ภาพที่ 1 หญ้ารูซี่ที่ตัดแล้ว นำมาเกลี่ยบนตะแกรงพร้อมทั้ง blower ที่ทำหน้าที่ดูดอากาศจากภายนอกแล้วพ่นเป็นลมผ่านแนวหญ้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 2 ลักษณะของพลาสติกพีวีซีสีดำที่ต่อด้วยกาวพิเศษ หุ้มกองหญ้าที่วางบนตะแกรง พร้อมทั้ง blower ที่พ่นลมเข้าไปในถุง

◈ ผลและวิจารณ์การทดลองที่ 1

จากการวัดอุณหภูมิภายในเครื่อง 3 จุด ทุก ๆ หนึ่งชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 9.00 – 16.00 น. แล้วนำค่าของทุกชั่วโมงมาเฉลี่ยเป็นค่าในแต่ละวัน จากนั้นนำค่าเฉลี่ยของทุกจุดภายในถุงมาคำนวณทางสถิติเปรียบเทียบกับค่าที่วัดภายนอกถุงตามแผนการทดลองแบบ RBD โดยใช้วันเป็น block ได้ผลแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ (^{o}c) ที่วัดตำแหน่งต่าง ๆ ในวันต่างกันทั้งภายในและนอกถุงยาว

วัน/ตำแหน่ง	ในถุง				นอกถุงยาว
	ต้น	กลาง	ท้าย	**ค่าเฉลี่ย**	
1	39.50	45.50	50.50	**45.17**	37.25
2	43.71	48.43	54.57	**48.90**	36.86
3	46.30	49.00	56.56	**50.62**	38.00
เฉลี่ย	**43.17**	**47.64**	**53.88**	**48.23**[a]	**37.37**[b]

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

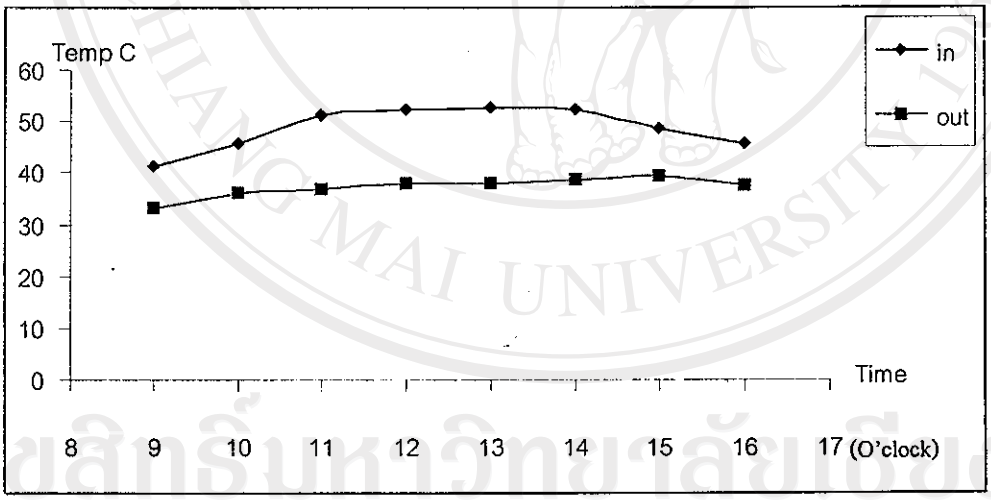
จากตารางจะเห็นได้ว่า อุณหภูมิในเครื่องมีค่าต่างกันเมื่อวัดที่ตำแหน่งต่างกัน โดยอุณหภูมิวัดที่ส่วนต้นของถุงมีค่าต่ำกว่าส่วนกลางและส่วนท้ายตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในส่วนต้นของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ถุงมีเนื้อที่ของพลาสติกดำในการดูดความร้อนจากแสงอาทิตย์ได้น้อย แต่อุณหภูมิส่วนท้ายที่มีค่าสูงเป็นผลของความร้อนที่สะสมมาจากส่วนต้นแล้วถูกลมพัดพามาตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าอุณหภูมิที่วัดในแต่ละวันก็มีค่าต่างกันด้วย โดยในวันแรกมีค่าต่ำกว่าวันที่ 2 และ 3 อาจเป็นเพราะความร้อนถูกสะสมไว้ในถุง แต่ความแตกต่างนี้ไม่มีนัยสำคัญ

อย่างไรก็ดี เมื่อนำค่าเฉลี่ยจากทุกวันของการวัดทุกตำแหน่งและทุกระยะเวลามาเปรียบเทียบกันระหว่างค่าที่วัดได้ภายในเครื่องกับค่าที่วัดได้ภายนอกเครื่อง (48.23 vs 37.37°c) พบว่า อุณหภูมิภายในเครื่องสูงกว่าภายนอก 10.86°c ซึ่งความแตกต่างนี้มีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากพลาสติกดำช่วยดูดความร้อนจากแสงอาทิตย์ไว้แล้วกระจายให้แก่กองหญ้าภายในถุง ซึ่งนับว่าเป็นผลดีในการช่วยให้ความชื้นในกองหญ้าสามารถระเหยได้เร็วขึ้น

เมื่อพิจารณาอุณหภูมิที่เฉลี่ยจากการวัดทุกวันในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน ดังแสดงในกราฟ (ภาพที่ 3) พบว่า อุณหภูมิภายในถุงจะมีค่าสูงสุดในช่วง 11.00 – 14.00 (เฉลี่ย 52.07°c) ในขณะที่อุณหภูมินอกถุงมีค่าสูงสุดที่เวลา 12.00 – 15.00 น. (เฉลี่ย 38.38°c) ในขณะที่ตอนช่วงเช้าและเย็นซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่ากลางวัน ความแตกต่างของอุณหภูมิภายในและภายนอกถุงจะมีเพียงประมาณ 9.28°c (45.35 vs 36.07) เท่านั้น



ภาพที่ 3 อุณหภูมิทั้งภายในและภายนอกถุงที่เปลี่ยนแปลงไปในเวลาต่าง ๆ

ในกรณีของความชื้นสัมพัทธ์พบว่า ความชื้นที่วัดตำแหน่งต่างกันมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากลมพัดพาความชื้นออกไปจากกองหญ้าได้ในอัตราที่พอเหมาะ จึงไม่ทำให้เกิดความชื้นสะสมที่จุดใดจุดหนึ่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

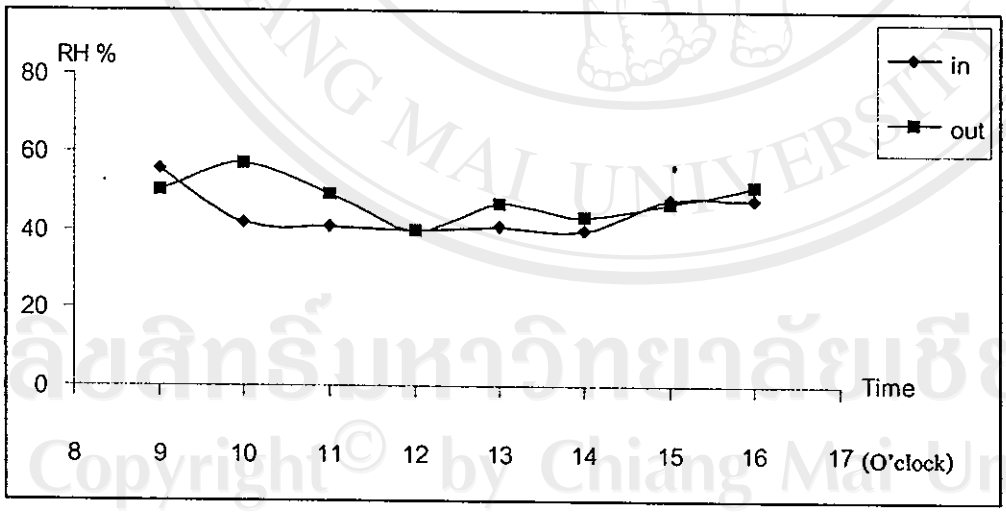
สำหรับปริมาณความชื้นที่วัดต่างวันกันพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยในวันที่ 2 และ 3 มีค่าต่ำกว่าวันแรก เพราะความชื้นบางส่วนได้ถูกลมพัดพาออกจากกองหญ้าไปตามลำดับเมื่อเวลาการอบนานขึ้น

อย่างไรก็ดีพบว่าความชื้นเฉลี่ยในถุงมีค่าต่ำกว่านอกเครื่องอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการที่ความชื้นต่ำนี้บ่งบอกถึงปริมาณน้ำในอากาศที่มีน้อย การระเหยน้ำภายในถุงจึงเป็นไปได้ดีกว่าภายนอก และในกรณีที่มีฝนตก การอบหญ้าในถุงจะช่วยให้ฝนไม่เปียกหญ้า ซึ่งน่าจะเป็นผลดี

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) ที่วัดตำแหน่งต่าง ๆ ในวันต่างกันทั้งภายในและนอกถุง

วัน/ตำแหน่ง	ในถุง				นอกถุง
	ต้น	กลาง	ท้าย	ค่าเฉลี่ย	
1	47.00	49.00	51.50	49.17	52.00
2	47.29	46.00	43.79	45.69	50.00
3	39.10	38.40	37.40	38.30	44.40
เฉลี่ย	44.46	44.47	44.23	44.39^{a}	48.80^{b}

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

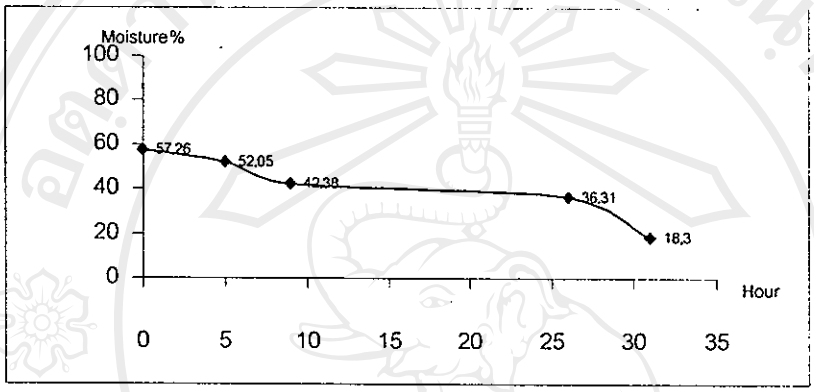


ภาพที่ 4 ความชื้นสัมพัทธ์ทั้งภายในและภายนอกที่เปลี่ยนแปลงไปในช่วงเวลาต่างกัน

สำหรับความชื้นที่เปลี่ยนแปลงในขณะอบภายในเครื่องแสดงดังภาพที่ 5 เนื่องจากหญ้าที่ใช้ทดลองนั้นได้มีการผึ่งแดดมาแล้วเป็นเวลา 4 ชั่วโมงครึ่ง (11.00 – 15.30 น.) ทำให้เหลือความชื้นเริ่มต้นเมื่อนำมาเข้าเครื่องอบประมาณ 57% เมื่อทำการอบเป็นเวลานานขึ้น เปอร์เซ็นต์ความชื้นจะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลดลงตามลำดับ แสดงว่าความชื้นมีการระเหยออกไปโดยลมร้อนที่เกิดจากพลาสติกดำดูดแสงอาทิตย์แล้วกระจายความร้อนมายังกองหญ้า ขณะเดียวกัน blower ก็จะทำหน้าที่เป่าลมออกทางด้านปลายสุดของถุงที่เปิดไว้ แต่การลดลงของความชื้นเมื่อเทียบกับระยะเวลา พบว่าไม่เป็นไปในแนวเส้นตรง ทั้งนี้เนื่องมาจากความร้อนในถุงอบแปรผันไปตามสภาพอากาศว่ามีความแรงของแสงแดดมากน้อยเพียงใด นอกจากนี้ยังผันแปรตามช่วงเวลากลางวันและกลางคืนด้วย



ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ความชื้นตามจำนวนชั่วโมงที่ใช้ในการอบในถุง

เมื่อสุ่มตัวอย่างหญ้าที่แห้งแล้วมาประเมินลักษณะทางกายภาพด้วยการให้คะแนนตามวิธีของ AID (1986, อ้างโดย บุญล้อมและคณะ, 2542) พบว่า ได้คะแนนดังตาราง

ตารางที่ 3 คะแนนลักษณะทางกายภาพของหญ้าแห้งที่อบในถุงยาว

ลักษณะ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	ลักษณะ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
สี	7.0	3.5	กลิ่น	3.0	1.7
ลักษณะใบและลำต้น	7.0	6.0	สิ่งแปลกปลอม	3.0	3.0
			รวม	20.0	14.2

คะแนนรวม 20 – 16 = ดีมาก – ดี; 15 – 10 = เกือบดี; 9 – 5 = พอใช้; 4 – 0 = เลว

จะเห็นได้ว่า หญ้าที่อบให้แห้งในถุงยาวนี้มีคุณภาพอยู่ในขั้นเกือบดีเท่านั้น นอกจากนี้ยังมีปัญหาด้านความแห้งไม่สม่ำเสมอ กล่าวคือหลังจากอบได้ 31 ชั่วโมง ได้หญ้าแห้งเฉพาะบริเวณผิวบนที่มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจคือ ลดลงเหลือ 18.30% แต่หญ้าที่วางอยู่ข้างล่างยังมีความชื้นสูงถึง 48.35% ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากธรรมชาติของหญ้าที่มีลักษณะลำต้นและใบยาว ทำให้เกิดการซ้อนทับกันได้ง่าย ซึ่งถ้าไม่มีการกลับเพื่อให้ได้รับความร้อนอย่างทั่วถึง การระเหยน้ำจะเป็นไปได้ยาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับพลังงานที่ตกกระทบบนผิวอุปกรณ์ วัดโดยใช้เครื่อง solar detector มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 834.11 ± 237.70 W/m^2 จะเห็นได้ว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในเกณฑ์ที่สูงมาก ซึ่งเป็นผลมาจากสภาพดินฟ้าอากาศดังได้กล่าวมาแล้ว และถึงแม้ว่าในระหว่างที่ทำการทดลองนี้จะไม่มีฝนตก แต่เนื่องจากอยู่ในช่วงฤดูฝน ดังนั้นจึงมีเมฆหมอกมากพอสมควรในบางเวลา

❄ **สรุปผลการทดลองที่ 1**

จากผลการทดลองนี้ แม้ว่าการใช้เครื่องอบหญ้าแบบถุงยาวจะทำให้อุณหภูมิสูงและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าภายนอก อันเป็นผลเนื่องมาจากการดูดความร้อนโดยพลาสติกดำ และมี blower ช่วยในการนำอากาศที่มีความชื้นออกสู่ภายนอก ซึ่งส่งผลให้หญ้านั้นมีการระเหยความชื้นได้เร็วขึ้น แต่ผลดังกล่าวนี้เกิดขึ้นเฉพาะกับหญ้าส่วนบนซึ่งมีพื้นที่ในการระเหยได้มากเท่านั้น ส่วนหญ้าที่อยู่ด้านล่างและตรงกลางที่โดนทับอยู่นั้น การระเหยความชื้นเป็นไปได้ยาก เนื่องจากไม่สามารถสัมผัสกับความร้อนได้หรือได้ในปริมาณน้อย ดังนั้นการระเหยจึงเป็นไปได้ช้าทำให้มีสีเหลือง เกิดเชื้อราและคุณภาพต่ำ ประกอบกับเครื่องอบชนิดนี้ทำงานได้เฉพาะในสภาพที่มีความเข้มแสงแดดสูงเป็นเวลานาน ๆ เท่านั้น เพราะถ้าทำในช่วงที่มีฝนตกหรือท้องฟ้ามืดครึ้ม จะทำให้หญ้าเสียทั้งหมด ดังนั้นการใช้อุปกรณ์ชนิดนี้ในช่วงฤดูฝนจึงไม่มีความเหมาะสม จำเป็นต้องออกแบบพัฒนาเครื่องอบใหม่โดยเปลี่ยนเป็นแบบกระโจมเพื่อให้หญ้ามีพื้นที่ผิวในการระเหยได้มากขึ้น

หมายเหตุ: 1. ก่อนที่จะพัฒนาเครื่องอบแบบถุงยาวดังที่ได้รายงานไว้นี้ คณะผู้วิจัยได้ทดลองทำเครื่องอบแบบถุงยาวปลายปิดทั้ง 2 ด้าน แต่เจาะรูด้านข้างและพื้นล่างเป็นระยะ ๆ จำนวน 24 รู ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 นิ้ว เพื่อให้ลมพาความชื้นจากหญ้าออกไป แต่ปรากฏว่าไม่ได้ผลเพราะลมพัดออกทางรู โดยผ่านเฉพาะผิวบนของกองหญ้าเท่านั้น แต่ไม่แทรกเข้าไปในกองหญ้าจึงไม่สามารถทำให้หญ้าแห้งได้

2. ในการศึกษากับเครื่องอบแต่ละแบบ ได้ทำการทดลองหลายครั้ง แต่เนื่องจากสภาพดินฟ้าอากาศมีความแปรปรวนมาก ทำให้เป็นอุปสรรคต่อการศึกษาเป็นอย่างมาก และมีบ่อยครั้งที่ไม่สามารถดำเนินการทดลองได้จนเสร็จตามแผนที่วางไว้ได้

❖ **การทดลองที่ 2 การศึกษาประสิทธิภาพของอุปกรณ์อบหญ้าแบบกระโจมปิรามิด**

จากการทดลองที่ 1 ทำให้ทราบว่าลักษณะของอุปกรณ์ที่ใช้อบหญ้าแห้งแบบถุงยาวนั้นมีข้อจำกัดในการใช้คือใช้ได้เฉพาะช่วงที่มีแสงแดดแรงเท่านั้น นอกจากนี้ขั้นตอนในการใช้อุปกรณ์ก็ค่อนข้างยุ่งยาก เนื่องจากว่าเมื่อเลิกใช้งานในช่วงกลางวันแล้ว ช่วงกลางคืนจะต้องเปิดผ้ายางที่คลุมหญ้าออก เพื่อไม่ให้เกิดการอับชื้นซึ่งอาจทำให้หญ้าขึ้นราได้ ดังนั้นจึงได้ออกแบบเครื่องใหม่ให้มีลักษณะที่ใช้งานได้ง่ายและสามารถทำงานได้ในขณะที่ฝนตก โดยนำตะแกรงเหล็กของที่ใช้ในการอบแบบถุงยาวมาวางซ้อนกันทั้ง 12 อัน แล้วคลุมด้วยพลาสติกใสในลักษณะกระโจมปิรามิด ด้านบนมี

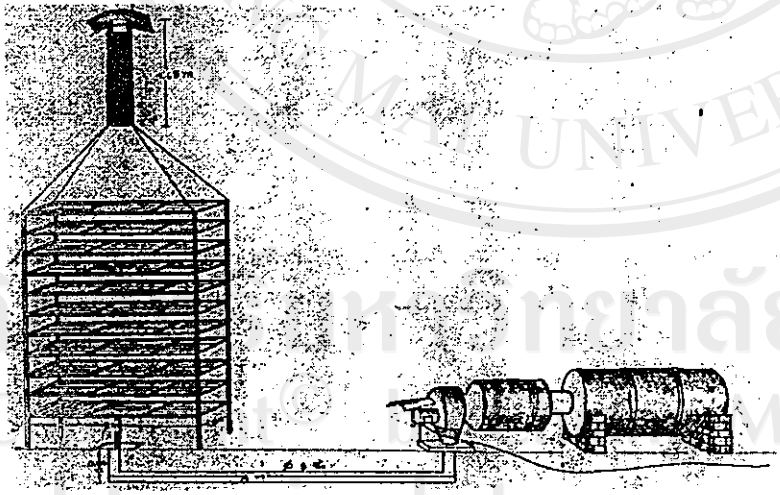
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปล่องขนาดความสูง 1.65 ม. เพื่อเป็นทางระบายไอน้ำ เหนือปล่องมีหลังคาครอบเพื่อกันฝน พื้นปูด้วยแผ่นพลาสติกสีดำเพื่อทำหน้าที่ดูดความร้อนจากแสงอาทิตย์ ในการทดลองครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 การทดลองย่อย ดังนี้

การทดลองที่ 2.1 การอบหญ้าในกระโจมที่ใช้แหล่งความร้อนจากแสงอาทิตย์และถ่าน

นำหญ้ารูซี่สดอายุประมาณ 45 วัน ที่ตัดมาจากแปลงจำนวน 150 กก. ซึ่งมีความชื้น 78.76% มาวางบนตะแกรงเหล็ก ทำการเกลี่ยหญ้าให้กระจายไม่หนาเกินไป และใส่หญ้าชั้นบนสุดมากกว่าชั้นอื่น ๆ แล้วทำการปิดด้วยแผ่นพลาสติกใสที่คลุมตัวเครื่องเมื่อเวลา 12.30 น. เริ่มทำการอบโดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ จนถึงเวลา 17.00 น. หลังจากนั้นทำการจุดไฟโดยใช้ถ่านไม้ในเตาที่ทำด้วยถังน้ำมันผ่าซีกซึ่งวางไว้นอกกระโจม จากนั้นทำการเปิดโบลเวอร์ให้ดูดความร้อนเข้าสู่ตัวเครื่องจนถึงเวลา 19.00 น. จึงทำการปิดโบลเวอร์ ในวันที่ 2 เริ่มทำการจุดไฟอีกครั้งในช่วงระหว่าง 9.00 – 14.00 น. หลังจากนั้นทำการอบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์อย่างเดียว

ทำการวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และพลังงานแสงอาทิตย์เช่นเดียวกันกับอุปกรณ์อบแบบถุงยาวแต่การวัดภายในกระโจมนั้นทำที่จุดเดียว ทำการให้คะแนนปริมาณฝนที่ตกโดยคะแนน 1 = ฝนตกเบา ๆ, 2 = ฝนตกปานกลาง, 3 = ฝนตกหนัก นอกจากนี้ยังทำการวัดความชื้นและประเมินลักษณะทางกายภาพเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1



ภาพที่ 6 ลักษณะของเครื่องอบหญ้าแห้งแบบกระโจมปิรามิด

- **ผลและวิจารณ์การทดลองที่** 2.1

นำค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่ได้ของทั้งภายในและภายนอกมาหาค่าเฉลี่ยและวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธี t-test ได้ผลดังตารางที่ 4

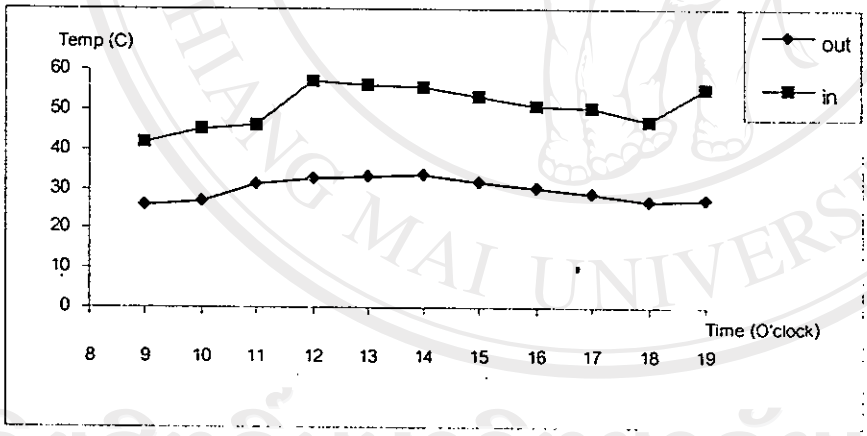
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกและภายในกระโจม

	ภายนอก	ภายใน	ความแตกต่าง
อุณหภูมิ (^{o}c)	31.10^{a}	52.13^{b}	21.03
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	68.43^{b}	53.03^{a}	15.4

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรยกกำลังในบรรทัดเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

จากตารางที่ 4 พบว่าอุณหภูมิภายในกระโจมสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในกระโจมต่ำกว่าภายนอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วย ($p<0.05$) โดยค่าอุณหภูมิสูงสุดภายในกระโจมอยู่มีค่าสูงกว่าภายนอก (65 vs 35.5^{o}c) ซึ่งมีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 12.00 – 15.00 น. ทั้งนี้เนื่องจากในกระโจมได้รับความร้อนทั้งจากพลังงานแสงอาทิตย์และจากถ่านที่เผาไฟในวันที่ 2 ของการอบ ในส่วนของความชื้นสัมพัทธ์นั้นภายในเครื่องจะมีค่าต่ำสุดที่ 44% ซึ่งเป็นการอบในวันที่ 2 ที่มีการใช้ความร้อนจากทั้ง 2 แหล่งเช่นเดียวกัน ส่วนภายนอกเครื่องนั้นจะมีค่าต่ำสุดที่ 54%

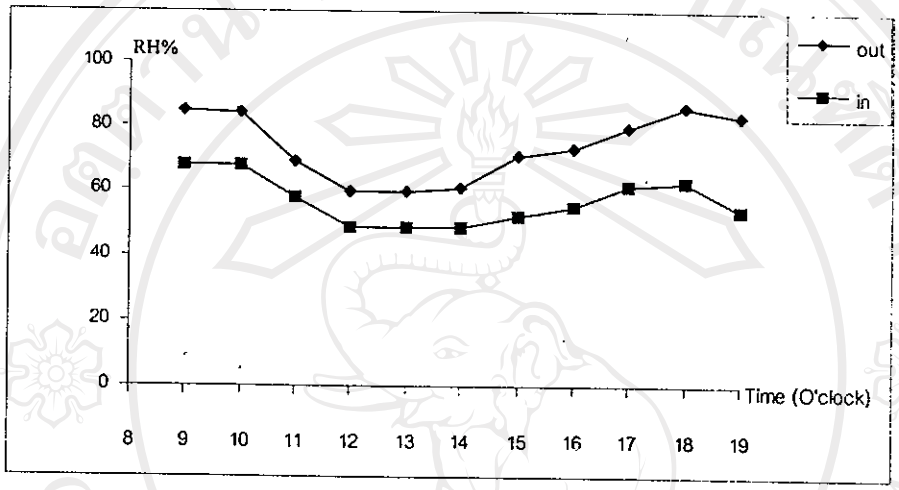


ภาพที่ 7 อุณหภูมิทั้งภายในและภายนอกกระโจมในเวลาต่างๆ

เมื่อนำค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่ทำการวัดในแต่ละวัน ในช่วงเวลา 9.00 – 19.00 น. มาแสดงเป็นกราฟดังภาพที่ 7 พบว่า อุณหภูมิภายในกระโจมในช่วงเวลา 10.00 – 17.00 น. นั้นค่อนข้างสูงคือมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 47 – 57^{o}c ในขณะที่อุณหภูมิภายนอกจะสูงขึ้นเฉพาะในช่วง 11.00 – 15.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่มีแสงแดดแรงกว่าช่วงอื่น ๆ นอกจากนี้ยังพบว่าอุณหภูมิภายในกระโจมในช่วง 17.00 – 19.00 น. ยิ่งมีค่าสูงซึ่งเป็นผลมาจากการใช้แหล่งความร้อนจากการติดไฟโดยใช้ถ่านเป็นแหล่งเชื้อเพลิง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในส่วนของความชื้นสัมพัทธ์ที่ช่วงเวลาต่าง ๆ แสดงดังภาพที่ 8 พบว่า ทั้งภายในและภายนอกกระโจมค่าความชื้นสัมพัทธ์จะต่ำลงในช่วง 12.00 – 15.00 น. โดยมีค่าต่ำสุดที่ 48.33% แต่หลังจากเวลา 15.00 น. ความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกกระโจมจะเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ภายในกระโจมมีค่าสูงขึ้นเล็กน้อยและลดต่ำลงอีกครั้งที่เวลา 19.00 น. เนื่องจากความร้อนจากการเผาถ่านนั้นเอง

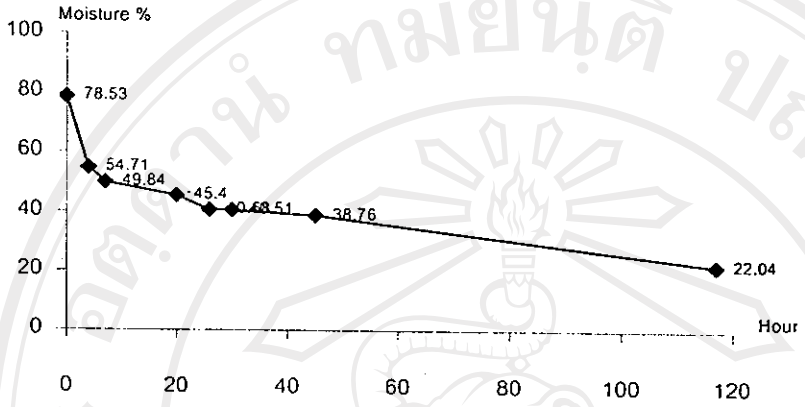


ภาพที่ 8 ความชื้นสัมพัทธ์ทั้งภายในและภายนอกกระโจมในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน

การเปลี่ยนแปลงความชื้นของหญ้าที่อยู่ในกระโจม แสดงดังภาพที่ 9 ซึ่งหญ้าที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีความชื้นเริ่มต้นที่ 78.53% หลังจากอบเป็นเวลา 4 ชั่วโมง (12.30 – 16.30 น.) โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวพบว่า ความชื้นของหญ้าลดลงเหลือ 54.71% หลังจากนั้นจึงได้ใช้พลังงานความร้อนจากการติดไฟเผาถ่านเพราะหลัง 16.30 น. การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์เริ่มน้อยลง พบว่าความชื้นในชั่วโมงที่ 7 (หลังจากการเผาไหม้ของถ่านหมด) ความชื้นของหญ้าลดลงเหลือ 49.84% คือลดลงจากเดิม 4.87% ในวันที่สองพบว่าความชื้นของหญ้าซึ่งทำการสุ่มเก็บที่เวลา 8.30 น. (ชั่วโมงที่ 20) ลดลงเหลือ 45.4% แสดงว่าในเวลากลางคืนการระเหยความชื้นของหญ้ายังเกิดขึ้นแต่จะค่อนข้างช้า หลังจากนั้นทำการใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ร่วมกับการติดไฟในช่วงเวลา 9.00 – 14.00 น. พบว่าความชื้นของหญ้าที่เกิดจากการใช้ความร้อน 2 แหล่งนั้นมีผลให้ความชื้นของหญ้าลดลงเหลือ 40.68% จะเห็นได้ว่าการลดลงของความชื้นของหญ้าเป็นไปค่อนข้างช้าถึงจะใช้พลังงานความร้อนจาก 2 แหล่งก็ตาม ดังนั้นในวันที่ 3 ถึงวันที่ 5 จึงทำการอบโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์แต่เพียงอย่างเดียว ซึ่งพบว่าความชื้นของหญ้าเมื่อครบ 5 วันแล้ว (ชั่วโมงที่ 117) มีความชื้นสุดท้ายที่ 22.04% การทดลองอบหญ้าในครั้งนี้ใช้เวลาค่อนข้างนานเพราะเป็นช่วงเวลาที่มีฝนตก ถึง 3 วัน โดยตกในชั่วโมงที่ 51 เป็นเวลา 2 ชั่วโมง มีความแรงระดับปานกลาง (2) ในชั่วโมงที่ 75 ตกนาน 1 ชั่วโมง มีความแรง1 (เบาบาง) แต่การตกในชั่วโมงที่ 93 นั้นจะตกนานถึง 4 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยมีความแรงเป็น 2 นอกจากนี้ค่าเฉลี่ยของความเข้มแสงตลอดระยะเวลาที่ใช้ในการอบครั้งนี้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 403.9 ± 403.12 W/m^2 ซึ่งทำให้การรับพลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นไปได้น้อย



ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์ความชื้นตามจำนวนชั่วโมงที่ใช้ในการอบในกระโจม

เมื่อทำการสุ่มตัวอย่างหญ้าแห้งที่ได้มาทำการประเมินลักษณะทางกายภาพด้วยการให้คะแนนตามวิธีของ AID (1986, อ้างโดย บุญล้อมและคณะ, 2542) พบว่าได้คะแนนดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 คะแนนลักษณะทางกายภาพของหญ้าแห้งที่อบในกระโจมโดยใช้แสงแดดและถ่าน

ลักษณะ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	ลักษณะ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
สี	7	5	กลิ่น	3.0	3.0
ลักษณะใบและลำต้น	7	7	สิ่งแปลกปลอม	3.0	3.0
			รวม	20.0	18.0

คะแนนรวม : 20-16 = ดีมาก-ดี; 15-10 = เกือบดี; 9-5 = พอใช้; 4-0 = เลว

หญ้าแห้งที่อบในกระโจมโดยอาศัยความร้อนจากแสงอาทิตย์และถ่านไม้มีคุณภาพดีมาก - ดี ถึงแม้จะใช้ระยะเวลาในการอบนานถึง 5 วัน ซึ่งเป็นผลมาจากลักษณะของเครื่องมือทำให้หญ้ามีการระบายความชื้นอยู่ตลอดเวลา ประกอบกับจำนวนหญ้าที่ใส่นั้นน้อยกว่าแบบถุงยาว จึงเกิดเชื้อราได้น้อยกว่า คือเกิดเฉพาะบริเวณที่มีการซ้อนทับของหญ้าในปริมาณมากเท่านั้น ปริมาณของหญ้าแห้งที่มีความชื้นต่ำอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถเก็บรักษาได้ในการทดลองครั้งนี้คือ 32 กก.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- **สรุปการทดลองที่** 2.1

การใช้อุปกรณ์อบแห้งแบบกระโจมปิรามิดโดยใช้แหล่งพลังงานความร้อนถึง 2 แหล่ง คือ จากพลังงานแสงอาทิตย์และจากถ่านไม้นั้นสามารถทำให้หญ้ามีการระเหยความชื้นได้แต่เป็นไปอย่างช้า ๆ ซึ่งสามารถใช้งานได้แม้ในขณะที่ฝนตก โดยไม่ส่งผลกระทบต่อหญ้าที่อบมากนักเพราะคุณภาพหญ้าที่ได้ยังถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดี แต่การเพิ่มแหล่งพลังงานความร้อนจากการติดไฟนั้นเมื่อเทียบกับอัตราการลดลงของความชื้นแล้วพบว่า ได้ผลค่อนข้างน้อย จึงไม่แนะนำให้ใช้ เนื่องจากจะไปเพิ่มค่าใช้จ่าย

การทดลองที่ 2.2 การอบหญ้าแบบกระโจมปิรามิดที่ใช้แหล่งความร้อนจากแสงอาทิตย์เท่านั้น

จากการทดลองที่ 2.1 นั้น พบว่าการใช้ถ่านไม้เพิ่มความร้อนให้กับกระโจมปิรามิดเป็นการสิ้นเปลือง ดังนั้นในการทดลองนี้จึงทำการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องอบโดยใช้แหล่งพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว

ทำการตัดหญ้ารูซี่สดอายุประมาณ 45 วัน จากแปลงประมาณ 146 กก. นำมาเกลี่ยในตะแกรงที่วางในกระโจมและทำการบันทึกข้อมูลต่าง ๆ เช่นเดียวกับการทดลองที่ 2.1

- **ผลและวิจารณ์การทดลองที่** 2.2

นำค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่ทำการวัดในแต่ละวันของทั้งภายในและภายนอกอุปกรณ์อบมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธี t-test แล้วได้ผลดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกและภายในกระโจมเมื่อใช้แสงแดดเป็นพลังงานแหล่งเดียว

	ภายนอก	ภายใน	ความแตกต่าง
อุณหภูมิ (^{o}c)	31.47^{a}	42.04^{b}	10.57
ความชื้นสัมพัทธ์(%)	73.56^{b}	53.40^{a}	20.16

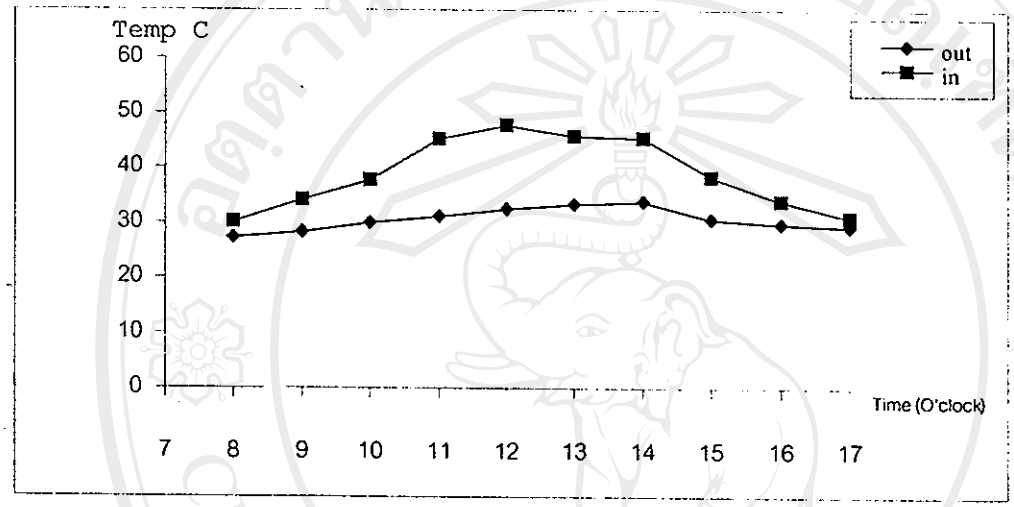
ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรยกกำลังในบรรทัดเดียวกันคือแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

จากตารางพบว่าความอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในกระโจมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับภายนอก โดยอุณหภูมิภายในกระโจมครั้งนี้มีค่าเฉลี่ยเพียง 42.04 ^{o}c ส่วนความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกกระโจมมีค่าเฉลี่ยสูงถึง 72.76% ซึ่งเนื่องมาจากในการอบหญ้าครั้งนี้เป็นช่วงที่ฝนตกหนักถึง 4 วัน ทำให้ต้องใช้เวลาในการอบหญ้าถึง 6 วัน

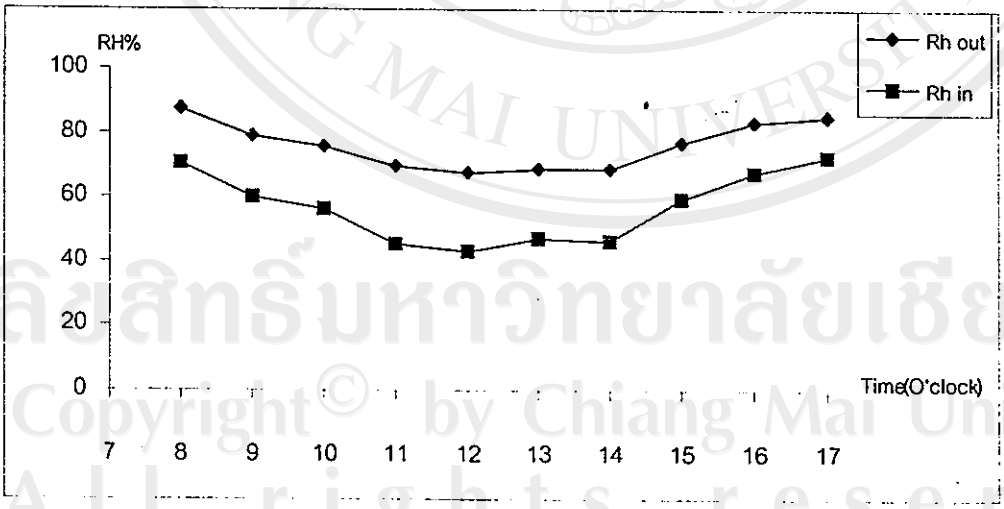
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อนำค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงเวลา 8.00 – 17.00 น. มาแสดงผลดังภาพที่ 10 และ 11 พบว่าอุณหภูมิภายในอุปกรณ์นี้มีค่าสูงสุดที่ 47.67°c เมื่อเวลาประมาณ 12.00 น. และมีความชื้นต่ำสุดที่ 43.17% ในช่วงเวลาเดียวกัน

สำหรับการเปลี่ยนแปลงความชื้นของหญ้าภายในอุปกรณ์อบแสดงดังภาพที่ 12

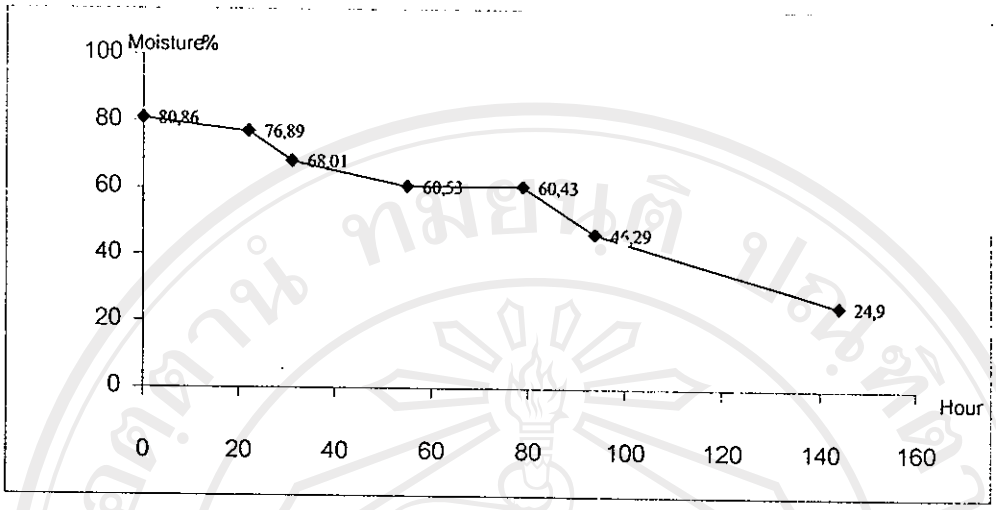


ภาพที่ 10 อุณหภูมิทั้งภายในและภายนอกกระโจมในเวลาต่างๆ



ภาพที่ 11 ความชื้นสัมพัทธ์ทั้งภายในและภายนอกกระโจมในเวลาต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 12 การเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์ความชื้นตามจำนวนชั่วโมงที่ใช้ในการอบ

จากภาพ พบว่าการลดลงของความชื้นเป็นไปอย่างช้า ๆ และความชื้นสุดท้ายหลังจากอบ 144 ชั่วโมง มีค่า 24.9% ซึ่งเป็นค่าที่ยังไม่ค่อยปลอดภัยนักในการเก็บรักษา การที่ครั้งนี้ต้องใช้เวลาในการอบนานเนื่องมาจากมีฝนตกถึง 4 วันดังที่ได้กล่าวมาแล้ว โดยมีระยะเวลาในการตกและความแรงของฝนดังนี้ คือ ชั่วโมงที่ 4 ตกเป็นเวลา 1.30 ชั่วโมง มีความแรงในการตกเท่ากับ 3 (ตกหนัก) ในชั่วโมงที่ 44 ตกเป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง มีความแรงเท่ากับ 1 ในชั่วโมงที่ 76 ตกเป็นเวลา 4 ชั่วโมง มีความแรงความแรงเท่ากับ 2.5 และการตกที่ชั่วโมงที่ 85 ตกนานถึง 7 ชั่วโมง มีความแรงเท่ากับ 2 สำหรับค่าความเข้มแสงโดยเฉลี่ยตลอดเวลาที่ใช้ในการอบนั้นมีค่าเท่ากับ 423.53 ± 397.70 W/m^2

เมื่อทำการสุ่มเก็บตัวอย่างหญ้าแห้งที่ได้มาประเมินลักษณะทางกายภาพ พบว่าได้คะแนนดังนี้

ตารางที่ 7 คะแนนลักษณะทางกายภาพของหญ้าแห้งที่อบในกระโจมโดยอาศัยแสงแดดอย่างเดียว

ลักษณะ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	ลักษณะ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
สี	7	2	กลิ่น	3.0	1.0
ลักษณะใบและลำต้น	7	5.5	สิ่งแปลกปลอม	3.0	2.5
			รวม	20.0	11.0

คะแนนรวม : 20-16 = ดีมาก-ดี; 15-10 = เกือบดี; 9-5 = พอใช้; 4-0 = เลว

จากตารางจะเห็นได้ว่าหญ้าที่ได้จากการทดลองครั้งนี้มีคุณภาพเกือบดีเท่านั้น เนื่องจากมีฝนตกอยู่หลายวันทำให้การทำแห้งเป็นไปได้ช้า เป็นผลให้สีของหญ้าแห้งเริ่มซีดและเนื่องจากการอบโดยวิธีนี้มีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำ คือได้หญ้าในแห้งสภาพที่สามารถเก็บรักษาได้เพียง 25 กก. เท่านั้น จึงไม่ค่อยเหมาะแก่การนำไปใช้ในทางปฏิบัตินัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- **สรุปการทดลองที่ 2.2**

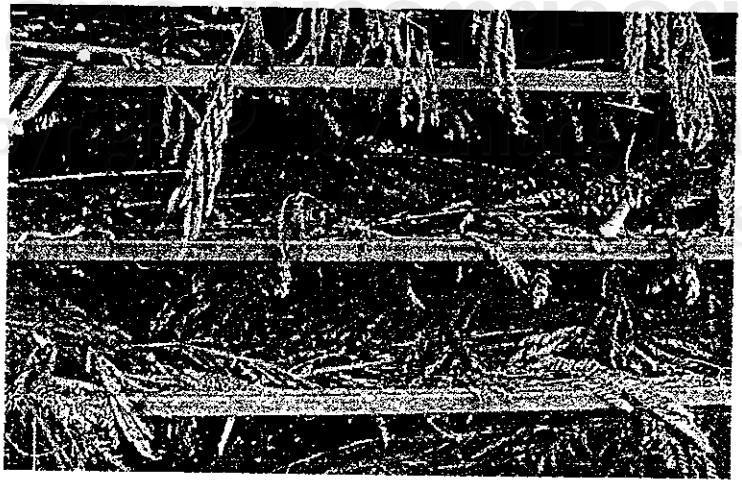
การใช้อุปกรณ์อบแห้งแบบกระโจมปิรามิดโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์อย่างเดียวนั้น สามารถทำให้หญ้าแห้งได้แม้ในขณะที่มีฝนตก แต่ต้องใช้เวลาค่อนข้างนาน ซึ่งเป็นผลมาจากลักษณะของหญ้าที่เป็นเส้นยาวเมื่อวางซ้อนทับกันจึงทำให้การระเหยความชื้นเป็นไปได้ยาก โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน ส่งผลให้หญ้าแห้งที่ได้มีคุณภาพต่ำลง ดังนั้นจำเป็นต้องหาพืชอาหารสัตว์ชนิดอื่นที่เหมาะสมในด้านลักษณะทางกายภาพและความคุ้มทุนเช่นกระถินมาทำการทดลองอบต่อไป

❖ **การทดลองที่ 3 การผลิตกระถินแห้งในฤดูฝน**

ทำการตัดกระถินทั้งกิ่งจำนวนประมาณ 80 กก. ในช่วงต้นถึงกลางเดือนตุลาคม 2546 ซึ่งเป็นระยะปลายฤดูฝน นำมาเกลี่ยบนตะแกรงทั้ง 12 ชั้น ที่อยู่ในกระโจมปิรามิดซึ่งมีพลาสติกใสช่วยกันฝนแต่แสงสามารถส่องผ่านเข้ามาในกระโจมได้ รายละเอียดของกระโจมเหมือนกับกรณีที่ใช้ทำหญ้าแห้ง การทดลองครั้งนี้ทำการศึกษาผลของ 2 ปัจจัย คือ

1. การทำแห้งโดยใช้กระโจมเทียบกับการตากแดดตามธรรมชาติ
2. การทำแห้งในสภาพที่มีฝนตกเทียบกับสภาพไม่มีฝน

ใช้แผนการทดลองแบบ 2 x 2 factorial arrangement in CRD โดยมีจำนวนซ้ำ 2 ซ้ำ วัดตัวแปรตาม โดยวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกและในกระโจมทุกชั่วโมงตั้งแต่เวลา 9.00 – 17.00 น. โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์และไฮโกรมิเตอร์วัดบริเวณพื้นของกระโจม นอกจากนี้ทำการสุ่มตัวอย่างของกระถินออกมาวัดความชื้นเป็นระยะ ๆ และบันทึกระยะเวลาที่ใช้ในการทำแห้งรวมทั้งให้คะแนนลักษณะทางกายภาพโดยดูลักษณะของสี ใบ กลิ่น และสิ่งแปลกปลอมของกระถินแห้งเช่นเดียวกับการทดลองทำหญ้าแห้ง



ภาพที่ 13 ลักษณะกระถินสดที่วางบนตะแกรงในกระโจมปิรามิด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- **ผลและวิจารณ์การทดลองที่ 3**

ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิภายนอกและในกระโจมในสภาพที่ไม่มีฝนและมีฝนตก แสดงไว้ในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 อุณหภูมิ (^{o}c) ภายนอกและภายในกระโจมอบกระถินในสภาพอากาศต่างกัน

				ความแตกต่าง (ใน vs. นอก)	
	ใน	นอก	เฉลี่ย	^{o}c	% ของภายนอก
ฝนไม่ตก	52.43	33.78	43.10[a]	18.65	55.21
ฝนตก	49.96	30.89	40.42[a]	19.07	61.74
เฉลี่ย	50.95[B]	32.04[A]			
ความแตกต่าง (ใน vs. นอก) (^{o}C)		18.91			
% ของภายนอก		59.02			

[A, B] แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$)

[a, b] ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับเหมือนกัน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

จากตารางจะเห็นได้ว่า อุณหภูมิภายในกระโจมไม่ว่าจะเป็นวันที่ฝนตกหรือฝนไม่ตกมีค่าสูงกว่าภายนอกเฉลี่ย 18.91% หรือเท่ากับ 59.02% ซึ่งความแตกต่างนี้มีนัยสำคัญยิ่ง และสอดคล้องกับการทดลองทำหญ้าแห้ง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่องกระทบพืชโดยตรงและความร้อนจากพลาสติกดำที่ดูดพลังงานแสงอาทิตย์ไว้แล้วกระจายให้กับอากาศที่อยู่ภายในกระโจม

อย่างไรก็ดีพบว่าในสภาพที่มีฝน อุณหภูมิทั้งภายนอกและภายในกระโจมต่ำกว่าสภาพที่ไร้ฝน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอิทธิพลของเมฆหมอกทำให้ความแรงของแสงอาทิตย์อ่อนลง อีกทั้งสายฝนที่โปรยลงมาทำให้ความร้อนลดลงบ้าง อย่างไรก็ดีความแตกต่างของสภาพอากาศในช่วงที่มีและไม่มีฝนนี้ไม่ทำให้อุณหภูมิต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากตารางจะเห็นได้ว่า ในสภาพที่มีฝน ความชื้นสัมพัทธ์จะสูงกว่าสภาพที่ไม่มีฝน (68.10 vs. 67.06%) แต่ความแตกต่างนี้ไม่มีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังพบว่าความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกมีค่าสูงกว่าภายใน (69.95 vs. 65.41%) ซึ่งความแตกต่างนี้มีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) โดยเฉพาะในสภาพที่ฝนไม่ตก ความชื้นทั้ง 2 ตำแหน่งนี้มีค่าต่างกัน 5.52 หน่วย หรือ 7.91% ในขณะที่สภาพฝนตกความแตกต่างนี้มีเพียง 3.88 หน่วย (หรือ 5.54%) เท่านั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 9 ความชื้นสัมพัทธ์ (%) ภายนอกและภายในกระโจมอบกระถินในสภาพอากาศต่างกัน

	ใน	นอก	เฉลี่ย	ความแตกต่าง (ใน vs. นอก) หน่วย	% ของภายนอก
ฝนไม่ตก	64.30	69.82	67.06[a]	5.52	7.91
ฝนตก	66.16	70.04	68.10[a]	3.88	5.54
เฉลี่ย	65.41[B]	69.95[A]			
ความแตกต่าง (ใน vs. นอก) (หน่วย)	4.54				
% ของภายนอก	6.49				

[A, B] แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$)

[a, b] ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับเหมือนกัน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

คุณภาพของกระถินแห้งที่ผลิตได้

จากการสุ่มตัวอย่างกระถินที่ทำให้แห้งในกระโจมเทียบกับที่ตากแดดโดยตรงนอกกระโจมในสภาพที่ไม่มีฝนและมีฝน แล้วนำมาประเมินลักษณะทางกายภาพ ได้ค่าดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 คะแนนเฉลี่ยของกระถินทำแห้งด้วยวิธีการต่างกันในสภาพแตกต่างกัน ($n = 2$)

รายการ	ฝนไม่ตก		ฝนตก		สภาพอากาศ		วิธีการทำแห้ง		ปฏิสัมพันธ์
	กระโจม	ตากแดด	กระโจม	ตากแดด	ฝนตก	ฝนไม่ตก	กระโจม	ตากแดด	F
ลักษณะทางกายภาพ									
- สี	6.25[n]	6.00[n]	6.25[n]	1.00[y]	3.62[a]	6.13[b]	6.25[a]	3.50[b]	.266
- ใบ6.25	6.25	6.50	5.25	5.88	6.25	6.38	5.75		.116
- กลิ่น	3.00[n]	3.00[n]	3.00[n]	2.00[y]	2.50	3.00	3.00	2.50	-
- สิ่งแปลกปลอม	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	.000
คะแนนรวม	18.50[n]	18.25[n]	18.75[n]	11.25[y]	15.00[a]	18.38[b]	18.63[a]	14.75[b]	.010
เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง)	28.00[n]	24.00[n]	46.50[y]	23.50[n]	35.00[a]	26.00[b]	37.25[a]	23.75[b]	.009

ค่าเฉลี่ยภายใต้ปัจจัยหลักเดียวกันในบรรทัดเดียวกันที่มีตัวอักษรยกกำลังต่างกันคือ มีความแตกต่างแบบมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตารางจะเห็นได้ว่า การทำกระถินแห้งในสภาพที่ไม่มีฝนได้กระถินที่มีคุณภาพใกล้เคียงกัน ไม่ว่าจะทำในกระโจมหรือตากแดดตามธรรมชาติ อีกทั้งยังใช้เวลาไม่แตกต่างกันมากนัก (28 vs 24 ชั่วโมง) ซึ่งความแตกต่างนี้ไม่มีนัยสำคัญ แต่ในสภาพที่มีฝน การทำแห้งในกระโจมได้กระถินแห้งที่มีคุณภาพดีกว่าการตากแดดอย่างมีนัยสำคัญทั้งในแง่ของสีและกลิ่น เป็นเหตุให้มีคะแนนรวมสูงกว่า

อย่างมีนัยสำคัญ แต่การทำแห้งในกระโจมต้องใช้เวลามากกว่า (46.5 vs 23.5 ชั่วโมง) เพราะความชื้นในอากาศสูง การระบายความชื้นออกจากกระโจมเป็นไปได้ยากกว่าการระเหยน้ำภายนอกมาก อีกทั้งกระถินที่อยู่ในกระโจมอยู่บนตะแกรงที่วางซ้อนกันอยู่ถึง 12 ตะแกรง อาจทำให้ได้รับแสงไม่ทั่วถึง แม้ว่าพลาสติกดำที่ปูพื้นจะช่วยดูดความร้อนไว้ และคายความร้อนออกมาในลักษณะของลมร้อนพัดผ่านใบกระถิน แต่ประสิทธิภาพของลมในการช่วยระเหยน้ำก็ยังต่ำกว่าการตากแดดโดยตรง อย่างไรก็ดีแม้ว่าการตากแดดโดยตรงภายนอกกระโจมจะใช้เวลาน้อยกว่าในกระโจมประมาณ 1 เท่า แต่คุณภาพของกระถินแห้งที่ได้โดยเฉพาะในเรื่องสีและกลิ่นด้อยกว่าภายในกระโจมมาก นอกจากนี้โภชนะที่ละลายได้ง่ายยังสูญเสียไปเป็นปริมาณมากด้วย เมื่อพิจารณาผลของปัจจัยหลักทั้ง 2 ปัจจัย พบว่าสภาพอากาศมีผลต่อสีของกระถินโดยสภาพอากาศที่ฝนตกจะทำให้กระถินแห้งที่ได้มีสีคล้ำเป็นผลให้ได้คะแนนเฉลี่ยด้านสีน้อยกว่าสภาพอากาศที่ฝนไม่ตกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แม้ลักษณะทางกายภาพอื่น ๆ คือ ใบ กลิ่น และสิ่งแปลกปลอมจะไม่มีความแตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาคะแนนรวมแล้วพบว่า สภาพที่ฝนตกนั้นได้คะแนนรวมเฉลี่ยน้อยกว่าสภาพที่ฝนไม่ตก ($p<0.05$) อีกทั้งยังต้องใช้ระยะเวลาในการทำแห้งมากกว่าอีกด้วย

ในส่วนของวิธีการทำแห้งนั้นพบว่า การใช้อบในกระโจมนั้นได้ใบกระถินแห้งที่มีสีเขียว ดูน่ากิน ไม่ว่าจะอยู่ในสภาพที่มีฝนหรือไม่ จึงทำให้คะแนนเฉลี่ยด้านสีมากกว่าการตากแดดธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนในด้านใบ กลิ่น และสิ่งแปลกปลอมนั้นไม่มีความแตกต่างกัน อย่างไรก็ดี พบว่าในส่วนของคะแนนเฉลี่ยรวม การอบในกระโจมจะมีค่ามากกว่าการตากแดดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ต้องใช้เวลาในการอบแห้งนานกว่าการตากแดดตามธรรมชาติ ($p<0.05$)

ในการทดลองนี้พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยหลักทั้ง 2 ชนิดในส่วนของคะแนนรวมและเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ทั้งนี้เนื่องมาจากวิธีการทำแห้งโดยใช้กระโจมนั้น แม้ว่าจะได้กระถินแห้งที่มีคุณภาพดีกว่าแต่ต้องใช้เวลานานกว่า ส่วนการตากแดดต้องเสี่ยงกับสภาพอากาศซึ่งถ้าฝนไม่ตกและมีแดดจัดจะสามารถทำแห้งได้เร็ว เพราะแสงแดดสัมผัสกับกระถินโดยตรง แต่ถ้าสภาพอากาศไม่ดีเช่นครึ้มฟ้าครึ้มฝน หรือมีฝนตก จะทำให้ได้กระถินที่มีคุณภาพต่ำ

ด้านปริมาณของกระถินแห้งที่สามารถบรรจุได้ในกระโจมนั้นพบว่า สามารถบรรจุกระถินน้ำหนักสดได้ประมาณ 80 กก. ซึ่งจะได้ปริมาณกระถินแห้งออกมาประมาณ 13 กก. หรือประมาณ 16% น้ำหนักสด โดยใช้เนื้อที่ในการตากเท่ากับพื้นที่ของกระโจมคือ 2.86 x 6.58 = 18.82 ม.^{2} ในขณะที่การตากแดดตามธรรมชาตินั้น ถ้ามีการเกลี่ยบาง ๆ ไม่มีการซ้อนทับกันจะใช้พื้นที่ประมาณ 0.5 x 0.6 = 0.30 ม.^{2} ต่อน้ำหนักสดกระถิน 1 กก. หรือ 24 ม.^{2} สำหรับตากกระถิน 80 กก. แสดงว่าการทำแห้งในกระโจมใช้พื้นที่ประหยัดกว่า 27.5%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 14 ลักษณะกระถินแห้งที่ได้จากการใช้อุปกรณ์และตากแดดตามธรรมชาติในสภาวะฝนตก

- **สรุปผลการทดลองที่ 3**

การทำกระถินแห้งในหน้าฝนอาจทำได้โดยการตากในกระโจม เพราะได้กระถินแห้งที่มีคุณภาพดีกว่าการตากภายนอก แม้ว่าจะใช้เวลาในการทำแห้งนานกว่าก็ตาม แต่การที่กระโจมสามารถกันไม่ให้ฝนตกลงเปียกใบกระถินโดยเฉพาะในช่วงเวลาที่กระถินได้ตากไประยะหนึ่งแล้วนั้น นับว่าเป็นข้อดีมากเพราะสามารถป้องกันการสูญเสียโภชนะและรักษาความน่ากินของกระถินไว้ได้ ส่วนในฤดูกาลที่ไม่มีฝนนั้น ควรทำกระถินแห้งโดยการตากแดดโดยตรง เพราะสามารถทำใบกระถินให้แห้งอย่างคุณภาพดีโดยใช้ระยะเวลาในการตากเพียง 24 ชั่วโมง เท่านั้น ทั้งนี้แล้วแต่ความหนาบางของกองกระถินที่นำมาตากนั้นด้วย

กระถินแห้งคุณภาพดีที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้จะรวบรวมไว้ใช้ในการประกอบสูตรอาหารคุณภาพดีสำหรับโคนมในการศึกษาช่วงถัดไป นอกจากนี้จะทำการสุ่มตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีต่อไปด้วย

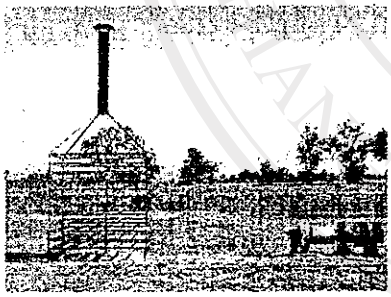
4. สรุปผลการทดลองโครงการย่อยที่ 7

จากการทดลองสร้างอุปกรณ์ผลิตพืชแห้งอย่างง่ายโดยใช้ลมร้อนเป่าผ่านหญ้าที่วางบนตะแกรงในถุงดำยาว ลักษณะคล้ายไส้กรอกปลายเปิด โดยอาศัยหลักการถ่ายเทความร้อนด้วยการแผ่รังสี การระเหยน้ำ และการพาความร้อน กล่าวคือความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่แผ่มายังถุงดำ จะถูกดูดไว้แล้วส่งต่อมายังกองหญ้า ทำให้น้ำในหญ้าระเหยโดยมีลมจาก blower ช่วยพาความชื้นออกไปทางด้านปลายถุง แม้ว่าวิธีการนี้จะทำให้อุณหภูมิภายในถุงสูงกว่าภายนอก เป็นเหตุให้ความชื้นสัมพัทธ์ในถุงต่ำกว่าภายนอกแต่การทำแห้งด้วยวิธีนี้นับว่ามีประสิทธิภาพต่ำ ซึ่งอาจเนื่องมาจากตำแหน่งของ blower อยู่สูงเกินไป ลมจึงพัดผ่านเฉพาะผิวบนของกองหญ้าเท่านั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

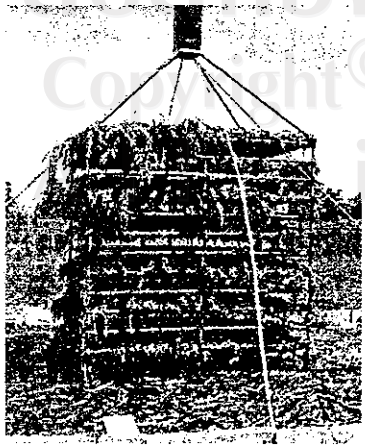
เมื่อทำการปรับรูปแบบของอุปกรณ์ใหม่ ในลักษณะกระโจมพลาสติกใสที่มีปล่องระบายอากาศด้านบน มีตะแกรงใส่หญ้าซ้อนกันเป็นชั้น ๆ และมีพลาสติกดำปูไว้ที่พื้นเพื่อดูดความร้อนจากแสงอาทิตย์ พบว่าแม้กระโจมจะช่วยกันฝนได้ แต่ประสิทธิภาพในการอบและคุณภาพของหญ้าแห้งที่ได้ยังไม่เป็นที่น่าพอใจไม่ว่าจะใช้แสงแดดอย่างเดียวหรือใช้แสงแดดร่วมกับเตาถ่านในบางเวลา ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากลักษณะของหญ้าที่มีใบยาวซ้อนทับกัน ทำให้การระเหยน้ำเป็นไปได้ยาก จึงสรุปได้ว่าอุปกรณ์ทั้ง 2 แบบนี้ไม่เหมาะแก่การทำหญ้าแห้ง

อย่างไรก็ตาม เมื่อนำอุปกรณ์อบแบบกระโจมนี้ไปทดลองใช้ในการอบกระถิน พบว่าได้กระถินแห้งที่มีคุณภาพดีเป็นที่น่าพอใจและดีกว่าการตากนอกกระโจมโดยเฉพาะอย่างยิ่งในวันที่มีฝนตก แต่วันที่ไม่มีฝน ไม่แนะนำให้ทำการอบในกระโจมเพราะต้องใช้เวลานานกว่า ซึ่งสรุปได้ว่า การอบกระถินแห้งในกระโจมสามารถใช้ได้ผลค่อนข้างดี แต่ควรใช้เฉพาะเวลาที่จำเป็นเท่านั้น

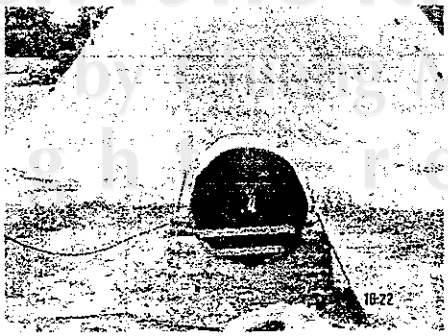


เครื่องอบแบบกระโจมปิรามิด พร้อมเตาให้ความร้อน

การบรรจุหญ้าสดใส่ในเครื่องอบและการประกอบกระโจม



หญ้าสดที่บรรจุลงในอุปกรณ์อบ



การใช้แหล่งความร้อนจากการเผาถ่านให้กับเครื่องอบ

การอัดฟ่อนหญ้าแห้งที่ได้จากอุปกรณ์อบแบบกระโจมปิรามิด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โครงการย่อยที่ 8 อายุการตัดหญ้ารูซี่ที่เหมาะสมรวมทั้งการปรับคุณภาพหญ้าสดด้วยการเสริมแหล่งโปรตีนและพลังงานเพื่อเลี้ยงโคในระยะต้นถึงกลางของการให้นม

1. หลักการ เหตุผล และวัตถุประสงค์

จากผลงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าหญ้าแห้งเป็นวัตถุดิบที่จำเป็นต้องใช้ในสูตรอาหารโคนม เพราะช่วยกระตุ้นกระเพาะรูเมนให้เกิดการบีบตัว ขยอกอาหารออกมาเคี้ยวเอื้อง ทำให้เกิดการหลั่งน้ำลายซึ่งมีคุณสมบัติเป็นบัฟเฟอร์ ช่วยต้านความเป็นกรดในกระเพาะ ป้องกันการเกิดแอซิโดสิสได้ แต่การทำหญ้าแห้งไม่มีความสะดวกในฤดูฝน อีกทั้งหญ้าแห้งที่แก่มักเบียดบังเนื้อที่ของอาหารข้นในกระเพาะหมักของโค (substitution effect) จึงต้องมีการควบคุมระยะการตัดให้เหมาะสม

หญ้าสดเป็นอาหารหยาบคุณภาพดีและมีปริมาณมากในฤดูฝนซึ่งเกษตรกรนิยมนำมาใช้เลี้ยงโคนม แต่หญ้าสดมีความชื้นสูงประมาณ 75 - 85% ทำให้โครับน้ำเข้าสู่ร่างกายในปริมาณสูง ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ ซึ่งเป็นปัญหาโดยเฉพาะอย่างยิ่งกับโคที่ให้นมสูงที่ต้องการโภชนะมาก จึงควรหาวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้หญ้าสดเพื่อเป็นอาหารหยาบคุณภาพดีในฤดูฝน เพราะนอกจากจะช่วยให้กระเพาะหมักทำงานเป็นปกติแล้ว ยังอาจช่วยลดปริมาณอาหารข้น ทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตลงได้

หญ้ารูซี่ (Ruzi grass) เป็นพืชอาหารสัตว์ที่นิยมปลูกในประเทศไทย เพราะชอบอากาศร้อนชื้น โดยเฉพาะที่มีฝนตกมากกว่า 1,000 มม. ทนแล้งได้นานถึง 5 เดือน แต่ไม่ทนน้ำท่วมขัง สามารถปรับตัวได้ดีในทุกภูมิภาคของประเทศ มีรายงานการศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของฤดูกาล การเขตกรรม ความสมบูรณ์ของดินและอายุการตัดที่มีต่อผลผลิตของหญ้ารูซี่พอสมควร แต่เนื่องจากข้อมูลด้านปริมาณโภชนะโดยเฉพาะอย่างยิ่ง โภชนะย่อยได้ต่อหน่วยพื้นที่ในระยะเวลาเท่ากัน เช่น โปรตีน อินทรียวัตถุที่ย่อยได้ และพลังงานที่สัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ยังไม่มีผู้รายงานไว้ นอกจากนี้ในการนำอาหารหยาบมาใช้ประกอบสูตรอาหารโคนม ควรต้องทราบค่าพลังงานที่สัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้และการย่อยได้ของอาหารนั้น ซึ่งอาจใช้วิธีศึกษาทดลองกับตัวสัตว์โดยตรง (*In vivo* digestibility) แต่เนื่องจากต้องเสียเวลา แรงงานและค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นจึงมีการพัฒนาวิธีประเมินในห้องปฏิบัติการ ซึ่งวิธีที่ได้รับความนิยมมากวิธีหนึ่งคือ วิธี *In vitro* gas production technique ของ Menke and Steingass (1988) วิธีนี้นอกจากจะสะดวกและรวดเร็วแล้ว ยังได้ข้อมูลทั้งในแง่การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุและค่าพลังงานด้วย

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาอายุการตัดที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ปริมาณโภชนะที่เป็นประโยชน์ต่อตัวสัตว์และต่อหน่วยพื้นที่ให้สูงที่สุด รวมทั้งศึกษาการปรับปรุงคุณภาพหญ้ารูซี่สด ด้วยการเสริมแหล่งโปรตีนและพลังงานที่เหมาะสมเพื่อใช้เลี้ยงโคในระยะต้นถึงกลางของการให้นม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. ผลงานวิจัยและรายงานที่เกี่ยวข้อง (บางส่วน)

ประวัติความเป็นมาของหญ้ารูซี่

หญ้ารูซี่มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brachiaria ruziziensis* มีชื่อเรียกท้องถิ่นว่า Ruzi grass, Congo grass, Congo signal grass (En.) มีถิ่นกำเนิดจาก Ruzizi valley in eastern Zaire and Burundi ปลูกกันแพร่หลายในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ และสถานีวิจัยต่าง ๆ ในประเทศเขตร้อน รวมทั้งแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และแปซิฟิก ('t Mannetje and Jones, 1992) ซึ่งตรงกับรายงานของกองอาหารสัตว์ (2538) ว่าหญ้ารูซี่มีชื่อเรียกต่างๆ กัน เช่น คองโก, เคนเนดี้รูซี่ และรูซี่ มีถิ่นกำเนิดในทวีปอัฟริกา แถบประเทศคองโก นำเข้าครั้งแรกจากประเทศออสเตรเลีย เมื่อปี พ.ศ. 2511 โดยฟาร์มโคนมไทย – เดนมาร์ก นำไปปลูกที่มวกเหล็ก และศูนย์วิจัยอาหารสัตว์ปากช่อง แต่ไม่ได้มีการขยายพันธุ์มากนัก ต่อมาในปี พ.ศ. 2523 ศูนย์ส่งเสริมการขยายพันธุ์สัตว์ของ กรป.กลาง ได้นำเข้ามาอีกครั้งจากประเทศไอวอรีโคส นำไปปลูกแล้วปรากฏว่าหญ้ารูซี่สามารถผลิตเมล็ดพันธุ์ได้ดี จึงขยายพันธุ์ในพื้นที่แปลงใหญ่เพิ่มขึ้นหลายแห่ง

ลักษณะทั่วไป

หญ้ารูซี่มีลักษณะการเจริญเติบโตแบบกึ่งเลื้อยกึ่งตั้ง สูง 60 – 100 ซม. ลำต้นกลม แข็งเรียวเล็ก ไม่มีขนที่ลำต้น มีรากแตกแขนงบริเวณโคนต้น (กรมปศุสัตว์, 2545) แตกกอหนาแน่นและมีใบมาก ใบมีขนอ่อนนุ่มปกคลุม มีสีเขียวอ่อนลักษณะคล้ายหอก ช่อดอกเป็นแบบ racemes มีการปรับตัวเจริญได้ดีในเขตร้อนที่มีฝนตกมากกว่า 1,000 มล. ทนทานร่มเงาพอสมควร ทนแล้งได้นานถึง 5 เดือน ต้องการดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ แต่ก็สามารถขึ้นได้ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีการระบายน้ำดี ไม่ทนน้ำท่วมขัง ให้ผลผลิตเมล็ดสูง คือ 230 – 250 เมล็ด/กรัม ('t Mannetje and Jones, 1992) เป็นหญ้าประเภทค้างปี โตเร็ว ปลูกง่าย สามารถปลูกได้ด้วยหน่อพันธุ์หรือเมล็ด ซึ่ง Humphreys and Partridge (1995) รายงานว่า ในตระกูล Brachiaria ด้วยกัน แม้ว่าหญ้ารูซี่จะไม่ทนเท่าหญ้าซิกแนล แต่ผลิตเมล็ดได้มาก และมีความงอกสูง สะดวกต่อการขยายพันธุ์ นอกจากนี้ยังทนต่อการเหยียบย่ำและแทะเล็ม สามารถปล่อยสัตว์ลงแทะเล็ม หรือตัดเกี่ยวไปใช้ประโยชน์ได้หลายครั้งในรอบปี ถ้ามีการให้น้ำ ให้ปุ๋ย และการจัดการที่เหมาะสม หญ้ารูซี่จะเติบโตเต็มที่เมื่ออายุ 100 - 120 วันขึ้นไป เป็นหญ้าที่ไวต่อช่วงแสง จะออกดอกเมื่อช่วงแสงสั้น (เดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายน) และเมล็ดจะสุกแก่เต็มที่เมื่อประมาณ 21 วันหลังดอกบาน (กรมปศุสัตว์, 2545)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การจัดการแปลง

ควรปลูกในช่วงต้นฤดูฝน เตรียมพื้นที่ปลูกโดยการไถพรวน 2 ครั้งในการปลูกครั้งแรก การปรับปรุงแปลงหญ้าเก่าควรไถพรวนทุก 3 ปีโดยไม่จำเป็นต้องหว่านเมล็ดหรือใช้หน่อพันธุ์ใหม่ ควรใส่ปุ๋ยรองพื้นสูตร 15-15-15 ในอัตรา 50 – 100 กก.ต่อไร่ และใส่ปุ๋ยไนโตรเจนหลังเก็บเกี่ยวทุกครั้ง อัตรา 10 - 20 กก./ไร่ ขณะดินมีความชื้น (กรมปศุสัตว์, 2545)

การเก็บเกี่ยวควรตัดครั้งแรกเมื่อหญ้าตั้งตัวดีแล้วประมาณ 60 วันหลังปลูก หลังจากนั้นตัดทุก 40 – 45 วัน จะทำให้ได้หญ้าที่มีคุณภาพดี

Regrowth / Defoliation (ดัดแปลงจาก เฉลิมพล, 2524)

Defoliation หมายถึง กระบวนการใดๆ ที่ทำให้ต้นพืชอาหารสัตว์หลุดขาดออกจากกัน หรือขาดออกจากต้น อาจเกิดจากการปล่อยสัตว์ลงแทะเล็ม หรือการตัดแล้วนำไปให้สัตว์กิน ซึ่งมีผลต่อการฟื้นตัว (regrowth) ของพืช

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการฟื้นตัวของหญ้า และส่งผลต่อผลผลิตหญ้าทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพได้แก่ ความสูง และความถี่ของการปล่อยสัตว์ลงแทะเล็มหรือการตัด ซึ่งมีปฏิสัมพันธ์กัน

Defoliation Intensive / height คือ ความรุนแรง หรือความสูงในการแทะเล็ม/ตัด ซึ่งมีผลต่อพื้นที่ใบที่เหลือ และตาเจริญของหญ้า ถ้ามีการแทะเล็ม/ตัดต่ำเกินไป จนทำให้พื้นที่ใบในการสังเคราะห์แสงเหลือน้อย และตาเจริญถูกทำลายไปมาก จะทำให้พืชฟื้นตัวช้า ผลผลิตลดลง ซึ่งความสูงที่แนะนำในการตัดพืชตระกูลหญ้าคือ 10 – 15 ซม.จากพื้นดิน เพราะพืชตระกูลหญ้ามีจุดเจริญอยู่ระดับต่ำค่อนข้างติดพื้นดิน และไม่มีการยืดตัวสูงขึ้น ยกเว้นช่วงที่หญ้าจะแทงช่อดอก

Defoliation Interval / frequency คือช่วงห่าง หรือความถี่ของการแทะเล็ม/ตัด ซึ่งมีผลต่อการสะสมอาหารสำรองของหญ้าเพื่อใช้ในการเจริญฟื้นตัวใหม่ ถ้ามีการแทะเล็มหรือตัดถี่เกินไป พืชจะสะสมอาหารสำรองไว้ได้น้อย ทำให้ได้ผลผลิตที่มีคุณค่าโปรตีนสูง แต่ได้ปริมาณหญ้าต่ำ พืชฟื้นตัวได้ช้า แต่ถ้ามีความถี่ในการแทะเล็มหรือตัดลดลง จะทำให้ได้ผลผลิตปริมาณเพิ่มขึ้น แต่คุณค่าลดลง

ผลผลิตและคุณค่าทางอาหารของหญ้ารูซี่

ผลผลิตและคุณภาพของหญ้ารูซี่จะสูงในช่วงฤดูฝน และลดลงมากในช่วงฤดู ในแต่ละสภาพพื้นที่ผลผลิตจะแตกต่างกันออกไป โดยจะมีผลผลิตน้ำหนักแห้งอยู่ระหว่าง 600 – 3,000 กก./ไร่/ปี ขึ้นอยู่กับสภาพความสมบูรณ์ของดิน และลักษณะภูมิอากาศ ดังมีรายงานที่เกี่ยวข้องดังนี้ จีระวัชร์ และคณะ (2526) รายงานการทดสอบปลูกเปรียบเทียบพันธุ์ที่จังหวัดลำปาง เมื่อตัดหญ้ารูซี่ ทุก 34 – 40 วัน ได้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง 630 กก./ไร่/ปี ในดินชุดสรรพยา จังหวัดชัยนาทซึ่งมีระบบชลประทาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง ตัดทุก 30 วันในปีแรก (แปลงของเกษตรกร) เท่ากับ 2,822 กก./ไร่/ปี (กานดา และคณะ, 2536) ผลผลิตน้ำหนักแห้งตัดทุก 40 วัน ในปีแรก (ทดสอบปุ๋ย N) เท่ากับ 2,636 กก./ไร่/ปี (ทิพา และคณะ, 2534) และในงานทดลองบนดินชุดโคราช ระหว่างเดือนมิถุนายน - ตุลาคม 2536 ของชิงชัย (2537) พบว่าผลผลิตหญ้ารูซี่มีช่วงการตัด 15, 30 และ 45 วัน มีผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมในระยะเวลา 5 เดือนเท่ากับ 529.5, 696.5 และ 706.0 กก./ไร่ ตามลำดับ

เมื่อหญ้ารูซี่มีอายุสูงขึ้น จะได้ผลผลิตมาก แต่เปอร์เซ็นต์โปรตีนจะลดลง ในขณะที่ปริมาณผนังเซลล์, ลิกโนเซลลูโลส และลิกนินสูงขึ้น ในทางตรงข้ามการตัดที่อายุน้อย แม้จะมีโปรตีนสูง เยื่อใยต่ำ แต่ผลผลิตมีปริมาณน้อย ฉายแสง และคณะ (2530) รายงานว่าการตัดหญ้าที่อายุประมาณ 45 วัน จะมีคุณค่าทางโภชนะที่เหมาะสม (มี CP 11.62%, NFE 45.92%) มีระดับเยื่อใยที่ไม่สูงมาก (คือ 28.75% CF, 65.67% NDF, 37.69% ADF และ 3.85% ADL)

สำหรับคุณค่าทางอาหารของหญ้ารูซี่ที่ตัดอายุต่างๆ กัน จากรายงานการทดลองต่างกันแสดงในตารางที่ 1 ส่วนการย่อยได้และพลังงาน แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมี (%) ของหญ้ารูซี่ที่อายุต่างกัน จากรายงานต่าง ๆ

อายุตัด(วัน)	CP	EE	Ash	NDF	ADF	ที่มา
30	10.2	-	-	60.7	35.7	กานดา และคณะ (2535; อ้างโดยกองอาหารสัตว์; 2538)
45	11.62	3.61	10.10	65.67	37.69	ฉายแสง และคณะ (2530)
45	7.50	1.41	13.10	64.40	46.30	รำไพร และคณะ (2546)
45 (เขียงยืน)	10.1	-	-	60.19	35.9	พิมพาพร และคณะ (2535)
60 (เขียงยืน)	8.0	-	-	57.90	40.8	พิมพาพร และคณะ (2535)
75 (เขียงยืน)	4.8	-	-	68.30	41.9	พิมพาพร และคณะ (2535)

ตารางที่ 2 ค่าการย่อยได้และค่าพลังงานของหญ้ารูซี่ที่อายุต่างกัน จากรายงานต่าง ๆ

อายุ (วัน)	ME	NEL	%OMD	%TDN	%PC	%NB	ที่มา
45	2.8	1.64	55.43	-	-	-	วีระ (2544) แปลงทดลองแม่เหียะ
45	1.7	-	60.80	65.60	-	-	รำไพร และคณะ (2546)
45 (เขียงยืน)	-	-	-	-	73.3	78.2	พิมพาพร และคณะ (2535)
60 (เขียงยืน)	-	-	-	-	69.0	77.1	พิมพาพร และคณะ (2535)
75 (เขียงยืน)	-	-	-	-	51.1	64.5	พิมพาพร และคณะ (2535)
ก่อนออกดอก	-	-	-	51.40	-	-	ฉายแสง และคณะ (2536; อ้างโดยกองอาหารสัตว์; 2538)

หมายเหตุ %PC = การย่อยได้ของวัตถุแห้ง วัดโดยวิธี Pepsin Cellulase

%NB = การย่อยได้ของวัตถุแห้ง วัดโดยวิธี Nylon bag ที่ 72 ชั่วโมง

ME และ NEL หน่วย Mcal/kgDM

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

't Mannetje and Jones (1992) รายงานว่าหญ้ารูซี่มีความน่ากินและคุณค่าทางโภชนะค่อนข้างดี มีค่าไนโตรเจนระหว่าง 1.5 – 2.5% และค่าวัตถุแห้งย่อยได้ (*in vitro*) ระหว่าง 50 – 75% (อายุ 4 – 16 สัปดาห์)

In vitro gas production technique (ดัดแปลงจาก Menke et.al., 1979; อ้างโดย บุญล้อม 2541)

เป็นวิธีประเมินคุณค่าทางอาหารในห้องปฏิบัติการ โดยวัดปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้น อาศัยหลักการที่ว่าการหมักอาหารของจุลินทรีย์ในกระเพาะส่วนหน้าจะทำให้เกิดแก๊สขึ้น ซึ่งจะมีปริมาตรมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับอัตราการย่อยได้ของอาหารนั้น

จากการศึกษาหาค่าพลังงานหญ้ารูซี่ อายุ 45 วัน (แปลงทดลองแม่เหียะ) โดยวิธี gas production ของวีระ (2544) พบว่าค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (OMD) เท่ากับ 55.43 %, ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) เท่ากับ 2.85 Mcal/kgDM และค่าพลังงานสุทธิเพื่อการให้นม (NEL) เท่ากับ 1.64 Mcal/kgDM

ความจำเป็นของอาหารหยาบ

ในปัจจุบันนี้จากการสำรวจการให้อาหารของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมพบว่า การให้อาหารข้นเสริมยังไม่ถูกต้องตามคุณภาพของหญ้าและอาจไม่เพียงพอต่อความต้องการของสัตว์ ซึ่งถ้าสัตว์ได้รับโภชนะไม่เพียงพอจะมีผลเสีย แต่ถ้าได้รับมากเกินไปจะเกิดความสิ้นเปลือง เป็นการเพิ่มต้นทุน ดังเช่นจินดาและคณะ (2543) ได้ทดลองเลี้ยงโคนมด้วยอาหารหยาบคุณภาพดี ซึ่งเป็นหญ้ารูซี่สดตัดที่อายุ 35 - 45 วัน มีโปรตีน 10.61% และให้อาหารข้น 3 ระดับ คือโปรตีนร้อยละ 16, 18 และ 20 โดยให้ในอัตรา 1 กก.ต่อปริมาณน้ำนมที่ผลิตได้ 2 กก. พบว่าโคให้ผลผลิตน้ำนมไม่แตกต่างกัน (ประมาณ 11 กก. 4% FCM) แต่การให้อาหารข้นที่มีระดับโปรตีนร้อยละ 16 มีแนวโน้มของประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารดีกว่า ส่วนกรณีที่ให้โคได้รับอาหารหยาบคุณภาพต่ำ ซึ่งเป็นหญ้ารูซี่หมักมีโปรตีน 4.25% ร่วมกับหญ้ารูซี่แห้งโปรตีน 2.64% โดยปริมาณอาหารหยาบที่ได้รับทั้งหมดคิดเป็นวัตถุแห้งประมาณ 7.3 กก./ตัว/วัน และให้อาหารข้น 3 ระดับ คือโปรตีนร้อยละ 16, 18 และ 21 โดยให้ในอัตรา 1 กก. ต่อปริมาณน้ำนมที่ผลิตได้ 2 กก. พบว่าโคให้ผลผลิตน้ำนมไม่แตกต่างกัน (ประมาณ 12 กก. 4% FCM) แต่มีแนวโน้มว่าอาหารข้นโปรตีน 18% ช่วยทำให้โคให้นมมากกว่าและมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารดีกว่า นอกจากนี้ผู้ทดลองได้ให้ข้อสรุปว่าคุณภาพและปริมาณอาหารข้นควรเปลี่ยนแปลงไปตามคุณภาพอาหารหยาบ และควรปรับระดับโปรตีนในอาหารข้นให้เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำนม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และจากการที่โคนมในปัจจุบันได้รับการปรับปรุงทางด้านพันธุกรรมเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงขึ้น โดยเฉพาะโคในช่วงต้นของการให้นมจะให้ปริมาณน้ำนมสูง จึงต้องการโภชนะสูง ดังนั้นจึงต้องพยายามให้โคกินอาหารได้มากที่สุด และให้อาหารที่มีคุณภาพดี แต่ถ้าให้อาหารข้นมากเกินไปอาจส่งผลให้เกิดสภาวะความเป็นกรดในกระเพาะรูเมนสูง (acidosis) ตามมา ซึ่งวิธีการป้องกันสภาวะ acidosis ที่ดีคือการใช้อาหารหยาบเส้นยาวกระตุ้นให้สัตว์เคี้ยวเอื้องและหลั่งน้ำลายอันมีคุณสมบัติเป็น buffer ออกมาเพื่อรักษาความเป็นกรด - ด่างในกระเพาะรูเมน โดยในโครงการย่อยที่ 3 พบว่าอาหารผสมครบส่วนที่ใช้หญ้าแห้งเป็นแหล่งเยื่อใยหลัก และให้ร่วมกับอาหารข้นในระดับสูงไม่ก่อให้เกิดสภาวะ acidosis

Chamberlian (2001) รายงานเกี่ยวกับระดับของเยื่อใย ที่ส่งเสริมการเกิดเป็นแผ่นอาหารหยาบ (fiber mat) ในกระเพาะรูเมน ซึ่งกระตุ้นให้เกิดการเคี้ยวเอื้องและการหลั่งน้ำลาย โดยกำหนดค่า Physically effective NDF (peNDF) ของหญ้าแห้งเส้นยาวเท่ากับ 1 เป็นค่าดีที่สุด ในขณะที่กลุ่มอาหารอัดเม็ดมีค่าต่ำสุดคือ 0.33 สำหรับหญ้าสดในช่วงผลิตเมล็ดมีค่าเท่ากับ 0.95 หญ้าสดคุณภาพปานกลางเท่ากับ 0.90 และหญ้าสดคุณภาพสูงเท่ากับ 0.80 ซึ่งสอดคล้องกับ Grant (1997) ที่ว่าถ้าอาหารหยาบมีคุณภาพสูงมาก จะมีค่า NDF ต่ำ ซึ่งจะทำให้สูตรอาหารมีค่า NDF ไม่เพียงพอ แต่ถ้าอาหารหยาบมีคุณภาพต่ำเกินไป จะทำให้ค่า NDF สูงเกินไป ส่งผลให้ค่าการกินได้ลดลง

การปรับปรุงการใช้ประโยชน์ได้ของอาหารหยาบ

เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมรายย่อย มักเลี้ยงโคด้วยอาหารหยาบหลากหลายชนิดตามแต่จะหามาได้ ในฤดูที่ขาดแคลน หญ้าที่หามาได้มักจะมีอายุมากแล้วซึ่งมีความน่ากินต่ำ อาจทำให้ปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้ลดลง จึงควรมีการเสริมแหล่งของพลังงานและโปรตีนเพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพการใช้ประโยชน์ได้ของหญ้าให้ดีขึ้น ดังการทดลองของ Shem *et al.* (2003) ที่ศึกษาการใช้หญ้าเนเปียร์ (wild Napier grass) ระยะออกดอก ตัดให้มีขนาดชิ้น 10 ซม. เลี้ยงโคนมลูกผสมโดยให้ในสภาพสดเต็มที่ เสริมแหล่งคาร์โบไฮเดรต และไนโตรเจนให้แก่จุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก แบ่งโคทดลองเป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ให้หญ้าสดอย่างเดียวเป็นกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ 2 เสริมรำข้าวโพดและปลาป่น กลุ่มที่ 3 เสริมกากน้ำตาล และกลุ่มที่ 4 เสริมกากน้ำตาลและปลาป่น พบว่าการเสริมอาหารต่าง ๆ ทำให้โคทุกกลุ่มกินวัตถุแห้งได้เพิ่มขึ้น (6.1, 5.8 และ 7.4 เทียบกับ 4.9 กก./วัน ตามลำดับ) รวมทั้งผลผลิตน้ำนมก็เพิ่มขึ้นด้วย

การทดลองของ Ovenell *et al.* (1991) พบว่าการใช้หญ้าแห้งเป็นอาหารหยาบร่วมกับการเสริมกากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีน และการใช้รำข้าวสาลีละเอียดหรือข้าวโพดบดเป็นแหล่งพลังงาน เปรียบเทียบกับการเสริมข้าวโพดอย่างเดียวพบว่า ปริมาณการกินหญ้าแห้งและการย่อยได้ของกลุ่มแรกมากกว่ากลุ่มหลังอย่างมีนัยสำคัญ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นอกจากนี้มีรายงานการใช้ใบกระถินแห้งเป็นแหล่งโปรตีนเสริมอาหารเลี้ยงโคนมของ Waipanya and Srichoo (2004) พบว่ากลุ่มที่ให้หญ้าพื้นเมืองและอาหารข้น 2.5 กก.เสริมใบกระถินแห้ง 2.1 กก. ให้ผลผลิตน้ำนมไม่แตกต่าง แต่มีผลตอบแทนต่อกก.น้ำนมสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ให้เฉพาะหญ้าพื้นเมืองและอาหารข้น 5 กก.

และจากการทดลองในโครงการย่อยที่ 9 ซึ่งใช้หญ้ารูซี่แห้งมาผลิตเป็นอาหารหยาบคุณภาพดี โดยเสริมด้วยแหล่งพลังงาน คือข้าวโพดบด กากน้ำตาล และแหล่งโปรตีน คือรำละเอียดผสมกากถั่วเหลือง หรือใบกระถินแห้ง เลี้ยงโครีดนมโดยใช้อาหารข้นโปรตีน 20% เสริมในอัตราน้ำนม 2.2 กก. ต่ออาหารข้น 1 กก. พบว่าโคสามารถให้นมได้ดีเท่ากับเมื่อใช้เลี้ยงด้วยข้าวโพดหมัก โดยมีส่วนประกอบน้ำนมที่ดี ใช้ต้นทุนการผลิตในระดับที่เหมาะสม และได้ทำการเปรียบเทียบการใช้หญ้าแห้งตัดที่อายุ 45 วัน และ 65 วัน มาผลิตเป็นอาหารหยาบคุณภาพดี ใช้เลี้ยงโครีดนมพบว่า หญ้าแห้งที่มีอายุ 65 วัน มีระดับเยื่อใยที่เหมาะสมในการช่วยให้โคกินอาหารได้ดี เพิ่มการให้ผลผลิตและไขมันในน้ำนม ซึ่งให้ผลดีกว่าหญ้าแห้งอายุ 45 วัน สัดส่วนที่เหมาะสมคือ ก) หญ้าแห้ง 5 กก., ข้าวโพด 2 กก., รำละเอียด 1.3 กก., กากน้ำตาล 1.5 กก. และกากถั่วเหลือง 0.2 กก. และ ข) หญ้าแห้ง 5 กก., ข้าวโพด 2 กก., กากน้ำตาล 1.5 กก. และใบกระถินแห้ง 1.5 กก.

3. การทดลอง

โครงการย่อยที่ 8 แบ่งเป็น 3 การทดลองย่อยดังนี้ .-

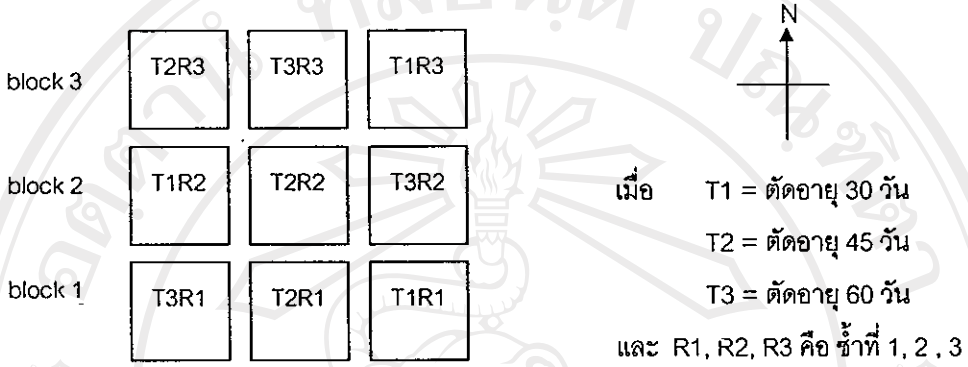
❖ **การทดลองที่ 1** ศึกษาผลผลิตและคุณภาพของหญ้ารูซี่ตัดที่อายุ 30, 45 และ 60 วัน

เตรียมแปลงทดลอง โดยใช้แปลงหญ้ารูซี่เก่าอายุ 2 ปี ของศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์เชียงใหม่ ต.ยุหว่า อ.สันป่าตอง จ.เชียงใหม่ พื้นที่ 2.4 ไร่ ได้รับน้ำฝนตามธรรมชาติโดยไม่มีการชลประทาน ทำการเก็บตัวอย่างดินส่งวิเคราะห์ แล้วใช้รถแทรคเตอร์ลงตัดปรับครั้งแรกต้นฤดูฝนหลังจากปล่อยโตเต็มที่ ใส่ปุ๋ยรองพื้นตามเอกสารแนะนำเรื่องหญ้ารูซี่ของกรมปศุสัตว์ (2545) สูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ และใส่ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) อัตรา 20 กก./ไร่ หลังการตัดวัดผลผลิตทุกครั้ง เนื่องจากพื้นที่ค่อนข้างลาดเอียงจากแนวทิศใต้ไปทางทิศเหนือ จึงวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) โดยแบ่งพื้นที่ตามแนวเหนือ - ใต้ออกเป็น 3 blocks แต่ละ block มี 3 แปลงย่อย แต่ละแปลงย่อยมีขนาด 20 x 20 เมตร ตัดหญ้าที่อายุต่างกัน 3 ระยะคือ 30, 45 และ 60 วัน ระหว่างแปลงมีทางเดินกว้าง 0.5 เมตร ดังภาพที่ 1 ทำการทดลองเป็นเวลา 120 – 135 วัน

เมื่อครบอายุตัดแต่ละอายุ (หญ้าอายุ 30 วัน ตัดได้ 4 ครั้ง, 45 วัน ตัดได้ 3 ครั้ง และ 60 วัน ตัดได้ 2 ครั้ง) วัดความสูงต้นหญ้า แล้วตัดวัดผลผลิตโดยใช้เคียวตัดจากกรอบสุ่ม (quadrat) ขนาด 100x100 ซม. ตัดสูงจากพื้นดิน 15 ซม. จำนวนแปลงละ 5 จุด สุ่มเก็บตัวอย่างหญ้าที่ตัดแต่ละครั้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประมาณ 500 กรัม ชั่งน้ำหนักสด นำเข้าตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60°c นาน 48 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักอีกครั้ง บดตัวอย่างผ่านตะแกรงขนาด 1 มล. เพื่อนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยวิธี Proximate (AOAC., 1984) และ Detergent method (Goering and Van Soest, 1970)



ภาพที่ 1 ลักษณะผังของแปลงหญ้าที่ใช้ทดลอง

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ Analysis of Variance ตามแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 10.0 (กัลยา, 2543)

◈ ผลการทดลองที่ 1

ผลผลิตและส่วนประกอบทางเคมี

ผลผลิตของหญ้าที่ตัดในแต่ละครั้งที่อายุต่างกัน ทั้งผลผลิตเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและผลผลิตรวมจากการตัด 4 ครั้งที่อายุ 30 วัน, 3 ครั้งที่อายุ 45 วัน และ 2 ครั้งที่อายุ 60 วัน แสดงในตารางที่ 3

จากตารางจะเห็นได้ว่า การตัดหญ้าที่อายุเดียวกัน แต่ตัดต่างครั้งกัน ได้ผลผลิตแตกต่างกัน ไม่ว่าจะคิดเป็นน้ำหนักสดหรือน้ำหนักแห้ง (แม้ว่าในกรณีของการตัดที่ระยะ 30 วัน ความแตกต่างนี้จะไม่มีนัยสำคัญก็ตาม) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสภาพดินฟ้าอากาศที่แตกต่างกันในแต่ละช่วง ทำให้หญ้ามีการเจริญเติบโตต่างกันก็ได้

สำหรับในกรณีขององค์ประกอบทางเคมีพบว่า มีความแตกต่างกันในการตัดแต่ละครั้งเช่นเดียวกัน สอดคล้องกับรายงานของฉายแสง และคณะ (2530) ที่พบว่าหญ้ารูซี่ตัดที่อายุ 45 วัน ครั้งที่ 1 และ 2 มีค่าโภชนะเท่ากับ 11.62 vs 5.92% CP, 3.61 vs 3.07% EE, 10.10 vs 8.33% Ash และ 65.67 vs 64.89% NDF ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3 ผลผลิตและส่วนประกอบทางเคมีเฉลี่ยของการตัดแต่ละครั้งของหญ้ารูซี่ ตัดที่อายุต่าง ๆ

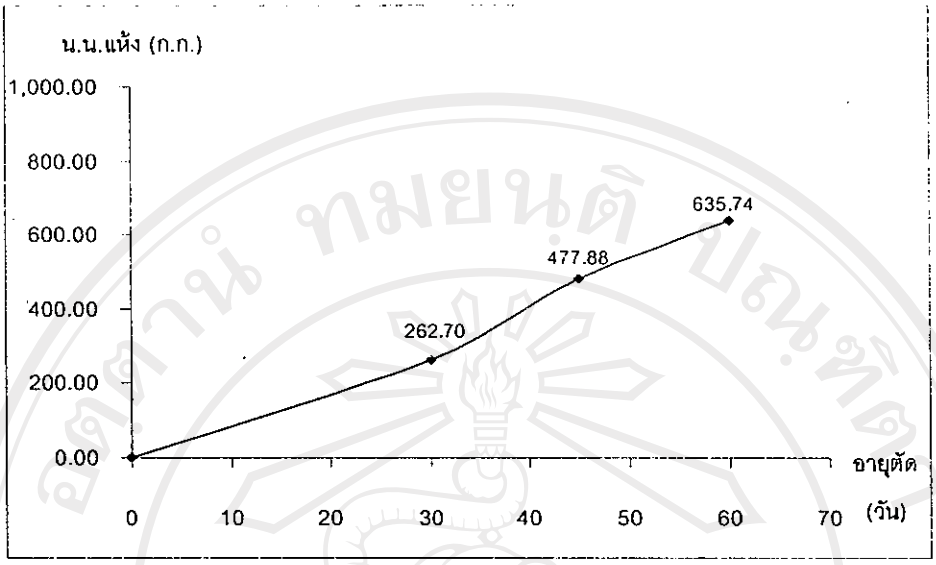
ครั้งที่	ผลผลิต (กก./ไร่)		%DM	ส่วนประกอบทางเคมี (% DM)						
	น.น.สด	น.น.วัตถุแห้ง		OM	CP	EE	Ash	NDF	ADF	ADL
ตัดที่อายุ 30 วัน (n = 12)										
1	1,275.43[a]	263.54[a]	20.69[a]	91.42[a]	13.71[c]	3.93[ab]	8.58[b]	56.05[a]	24.74[a]	2.53[a]
2	1,344.00[a]	258.22[a]	19.21[b]	91.44[a]	12.16[b]	4.28[b]	8.56[b]	55.37[a]	29.09[b]	2.53[a]
3	1,381.33[a]	266.30[a]	19.29[b]	93.17[b]	11.65[ab]	4.04[ab]	6.83[a]	60.91[b]	30.45[bc]	2.82[ab]
4	1,317.33[a]	262.71[a]	19.95[b]	92.65[b]	10.78[a]	3.33[a]	7.35[a]	60.94[b]	31.45[c]	3.04[b]
เฉลี่ย	1,329.52	262.70	19.79	92.17	12.08	3.90	7.83	58.31	28.93	2.73
SD	65.00	8.43	0.73	0.87	1.22	0.53	0.87	2.88	2.75	0.29
รวม	5,318.09	1,050.78								
ตัดอายุ 45 วัน (n = 9)										
1	2,776.95[b]	560.38[b]	20.18[a]	92.42[a]	9.63[b]	2.89[a]	7.58[b]	64.22[a]	32.40[a]	2.66[a]
2	2,096.00[a]	415.19[a]	19.81[a]	92.71[a]	10.74[c]	4.46[b]	7.29[b]	67.46[b]	33.12[ab]	2.76[a]
3	1,952.00[a]	458.06[a]	23.44[b]	93.72[b]	7.41[a]	4.04[b]	6.28[a]	70.41[c]	34.24[b]	3.30[b]
เฉลี่ย	2,274.98	477.88	21.15	92.95	9.26	3.80	7.05	67.36	33.26	2.91
SD	389.79	68.27	1.81	0.65	1.52	0.73	0.65	2.79	1.05	0.33
รวม	6,824.95	1,433.64								
รวม [1/]	6,174.29	1,305.86								
ตัดอายุ 60 วัน (n = 6)										
1	2,986.67[b]	678.58[a]	22.73[a]	92.89[a]	6.46[a]	2.46[a]	7.11[a]	67.68[a]	36.20[a]	3.21[a]
2	2,560.00[a]	592.90[a]	23.13[a]	93.62[a]	6.40[a]	2.65[a]	6.38[a]	74.96[b]	38.53[a]	3.38[a]
เฉลี่ย	2,773.33	635.74	22.93	93.26	6.43	2.56	6.75	71.32	37.37	3.30
SD	271.09	60.94	0.53	0.82	1.05	0.24	0.82	4.87	1.99	0.25
รวม	5,546.67	1,272.31								

[abc] อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันของแต่ละอายุตัด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < .05$)

[1/] ปรับปริมาณโภชนะในกลุ่มที่ตัด 45 วันให้เป็น 120 วันเท่ากับกลุ่มอื่น ๆ โดยใช้สมการ regression

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอายุการตัด พบว่าการตัดเมื่อหญ้ามีอายุมากขึ้น ทำให้ได้ผลผลิตต่อครั้งที่ตัด (ทั้งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้เพราะหญ้ามีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น แม้ว่าการเจริญเติบโตของหญ้าในช่วง 30 วันแรก และในช่วง 15 วันหลังคือจากอายุ 45 – 60 วันหลัง จะมีอัตราที่ต่ำกว่าช่วงกลาง คืออายุ 30 – 45 วัน ดัง slope ที่เห็นในกราฟ (ภาพที่ 2) ก็ตาม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 2 ผลผลิตเฉลี่ยของการตัดแต่ละครั้งของหญ้ารูซี่ ตัดที่อายุต่าง ๆ กัน

เมื่อทำการพิจารณาผลผลิตของการตัดหญ้าที่อายุต่างกันโดยปรับระยะเวลาให้เท่ากันเป็น 120 วัน ซึ่งในกรณีของการตัดที่อายุ 30 และ 60 วัน ทำโดยการรวมผลผลิตที่ได้จากการตัด 4 ครั้ง และ 2 ครั้ง ตามลำดับ ส่วนการตัดที่อายุ 45 วัน ไม่สามารถรวมผลผลิตได้โดยตรง เพราะถ้ารวมผลผลิตจากการตัด 3 ครั้ง จะเท่ากับ 135 วัน ดังนั้นเพื่อความยุติธรรมจึงต้องทำการปรับให้ได้ผลผลิตในระยะ 120 วัน เท่ากับการตัดที่อายุอื่น โดยอาศัยสมการ regression: $y = a + bx$

เมื่อ x เป็นระยะเวลา (วัน) และ y เป็นผลผลิตของหญ้า (กก.น้ำหนักสด/ไร่) ที่ระยะเวลานั้น ๆ โดยสร้างสมการขึ้นสำหรับแต่ละ block (ซ้ำ) พบว่าได้สมการดังนี้

$y1 = 844.193 + 44.089X \quad (r = 0.9999, n = 3)$

$y2 = 846.667 + 44.444X \quad (r = 0.9987, n = 3)$

$y3 = 640.000 + 46.400X \quad (r = 0.9999, n = 3)$

เมื่อแทนค่า X = 120 จะได้ค่า y = 6134.86, 6180.00 และ 6208.00 กก.น้ำหนักสด ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าระยะเวลาและผลผลิตหญ้ามีสหสัมพันธ์กันสูงมาก ($r>0.99$) ซึ่งแสดงถึงความแม่นยำของสมการ และเมื่อนำค่าดังกล่าวมาหาค่าเฉลี่ยจะได้เท่ากับ 6174.29 กก./ไร่/120 วัน

ข้อมูลจากการปรับให้เป็นผลผลิตของหญ้าในระยะเวลา 120 วันเท่ากัน แสดงไว้ในตารางที่ 4

จากตารางจะเห็นได้ว่า เมื่อปรับให้มีระยะเวลา 120 วันเท่ากัน การตัดหญ้าที่อายุ 45 วัน ให้ผลผลิตทั้งในแง่ของน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งสูงที่สุด การตัดที่อายุ 60 วัน ให้ผลผลิตรองลงมา ส่วนการตัดที่อายุ 30 วัน ให้ผลผลิตต่ำที่สุด คือได้ 6,174.29 vs 5,546.67 vs 5,318.09 กก./ไร่/120 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

น้ำหนักสด หรือได้ 1,305.66 vs 1,272.31 vs 1,052.15 กก./ไร่/120 วัน น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ทั้งนี้เพราะหญ้ามีอัตราการเจริญเติบโตในช่วงอายุ 30 – 45 วัน มากกว่าช่วงอายุก่อนและหลังจากนี้ ดังจะสังเกตเห็นได้จากความชันของเส้นกราฟในภาพที่ 2 ดังได้กล่าวมาแล้ว

ตารางที่ 4 ผลผลิตเฉลี่ยต่อครั้งของการตัด และผลผลิตรวมในระยะเวลา 120 วัน ของหญ้ารูซี่ตัดที่อายุต่างๆ กัน (n = 3)

อายุตัด (วัน)	ผลผลิตเฉลี่ย (กก./ไร่/ครั้งที่ตัด)		ผลผลิตเฉลี่ย (กก./ไร่/120 วัน)[1/]	
	น.น.สด	น.น.วัตถุแห้ง	น.น.สด	น.น.วัตถุแห้ง
30	1,329.52 [a]	262.70 [a]	5,318.09 [a]	1,052.15 [a]
45	2,274.98 [b]	477.88 [b]	6,174.29 [b]	1,305.86 [b]
60	2,773.33 [c]	635.74 [c]	5,546.67 [a]	1,272.31 [b]

[abc] อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < .05$)

[1/] ปรับปริมาณโภชนะในกลุ่มที่ตัด 45 วันให้เป็น 120 วันเท่ากับกลุ่มอื่น ๆ โดยใช้สมการ regression

อย่างไรก็ดี เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางเคมี (ตารางที่ 5) พบว่า เมื่อตัดหญ้าที่อายุมากขึ้น หญ้าจะมีวัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุสูงขึ้น แต่มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนและไขมัน ตลอดจนแร่ธาตุลดลงตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับกรณีของเยื่อใย เช่น NDF มีปริมาณสูงขึ้นตามอายุการตัด สอดคล้องกับรายงานของฉายแสง และคณะ (2530) ที่พบว่าหญ้ารูซี่ตัดที่ 45 และ 60 วันมีโปรตีนและไขมันลดลง คือ 11.26 vs 7.24 และ 3.61 vs 2.59% แต่มีเยื่อใยเพิ่มขึ้นโดย NDF เท่ากับ 65.67 vs 67.79% ตามลำดับ

สำหรับปริมาณโภชนะต่อไร่ต่อครั้งที่ตัดพบว่า วัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุตลอดจนแร่ธาตุมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามอายุการตัด เพราะหญ้ามีระยะเวลาในการเติบโตนานขึ้นดังได้กล่าวมาแล้ว แต่มีโปรตีนและไขมัน ปริมาณสูงที่สุดเมื่อตัดที่อายุ 45 วัน เพราะเมื่อหญ้าแก่ขึ้นจะมีสารอาหารดังกล่าวนี้ลดลง

สำหรับปริมาณโภชนะที่ได้ต่อหน่วยพื้นที่ในระยะเวลา 120 วันเท่ากัน พบว่า การตัดหญ้าที่อายุ 45 วัน ให้ปริมาณโภชนะทั้งวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ ไขมัน และเถ้าสูงที่สุด รองลงมาคือการตัดที่อายุ 60 วัน ยกเว้นกรณีของไขมัน ที่พบว่าการตัดที่อายุ 30 วัน มีปริมาณมากกว่าการตัดที่อายุ 60 วันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการตัดที่อายุ 30 วัน แม้ว่าจะมีโภชนะอื่นๆ ต่ำกว่าการตัดที่ระยะอื่น แต่กลับมีโปรตีนสูงที่สุด เพราะหญ้าอ่อนมีโปรตีนสูงกว่าหญ้าแก่ (12.08 vs 9.26 vs 6.43% CP และค่าโปรตีนเท่ากับ 127.06 vs 120.92 vs 81.56 กก./ไร่/120 วัน สำหรับหญ้าตัดที่อายุ 30 vs 45 vs 60 วันตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 5 ส่วนประกอบทางเคมี ปริมาณโภชนะต่อครั้งที่ตัด และปริมาณโภชนะในระยะเวลา 120 วัน ของหญ้ารูซี่ตัดที่อายุต่าง ๆ กัน

อายุตัด(วัน)	DM	OM	CP	EE	Ash	NDF	ADF	ADL
ส่วนประกอบทางเคมี (% DM)								
30	19.79 ^{a}	92.17 ^{a}	12.08 ^{c}	3.90 ^{b}	7.83 ^{b}	58.32 ^{a}	28.93 ^{a}	2.73 ^{a}
45	21.15 ^{b}	92.95 ^{ab}	9.26 ^{b}	3.80 ^{b}	7.05 ^{ab}	67.37 ^{b}	33.26 ^{b}	2.91 ^{a}
60	22.93 ^{c}	93.26 ^{b}	6.43 ^{a}	2.56 ^{a}	6.75 ^{a}	71.32 ^{b}	37.37 ^{c}	3.30 ^{b}
ปริมาณโภชนะ (กก./ไร่/ครั้งที่ตัด)								
30	262.70 ^{a}	242.13 ^{a}	31.72 ^{a}	10.23 ^{a}	20.56 ^{a}	153.21 ^{a}	76.01 ^{a}	7.18 ^{a}
45	477.88 ^{b}	444.19 ^{b}	44.26 ^{b}	18.16 ^{b}	33.69 ^{b}	321.91 ^{b}	158.92 ^{b}	13.89 ^{b}
60	635.74 ^{c}	592.78 ^{c}	40.76 ^{b}	16.23 ^{b}	42.96 ^{c}	453.76 ^{c}	237.89 ^{c}	20.97 ^{c}
ปริมาณโภชนะ (กก./ไร่/ 120 วัน) $^{\prime\prime}$								
30	1,052.15 ^{a}	969.79 ^{a}	127.06 ^{b}	40.98 ^{b}	82.36 ^{a}	613.61 ^{a}	304.42 ^{a}	28.76 ^{a}
45	1,305.86 ^{b}	1,213.61 ^{b}	120.92 ^{b}	49.77 ^{c}	92.44 ^{a}	879.54 ^{b}	434.21 ^{b}	37.95 ^{b}
60	1,272.31 ^{b}	1,186.33 ^{b}	81.56 ^{a}	32.49 ^{a}	85.99 ^{a}	908.12 ^{b}	476.09 ^{b}	41.97 ^{b}

$^{\prime\prime}$ ปรับปริมาณโภชนะในกลุ่มที่ตัด 45 วันให้เป็น 120 วันเท่ากับกลุ่มอื่น ๆ โดยใช้สมการ regression

❖ **การทดลองที่** 2 การหาค่าอินทรีย์วัตถุย่อยได้และพลังงานของหญ้ารูซี่ตัดที่อายุต่างกัน โดยวิธี *In Vitro* Gas Production Technique

ประเมินตามวิธีของ Menke and Steingass (1988) โดยวิธีวัดปริมาตรดังรายละเอียดในภาคผนวก จากนั้นนำข้อมูลค่าพลังงานและการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุมาคำนวณหาค่าโภชนะที่สัตว์นำไปใช้ประโยชน์ได้ต่อหน่วยพื้นที่ต่อระยะเวลาที่เท่ากันต่อระยะที่เท่ากันคือ 120 วัน (ตลอดช่วงฤดูฝนที่หญ้ามีการเจริญเติบโตดี)

แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ Analysis of Variance ตามแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 10.0 (กัลยา, 2543)

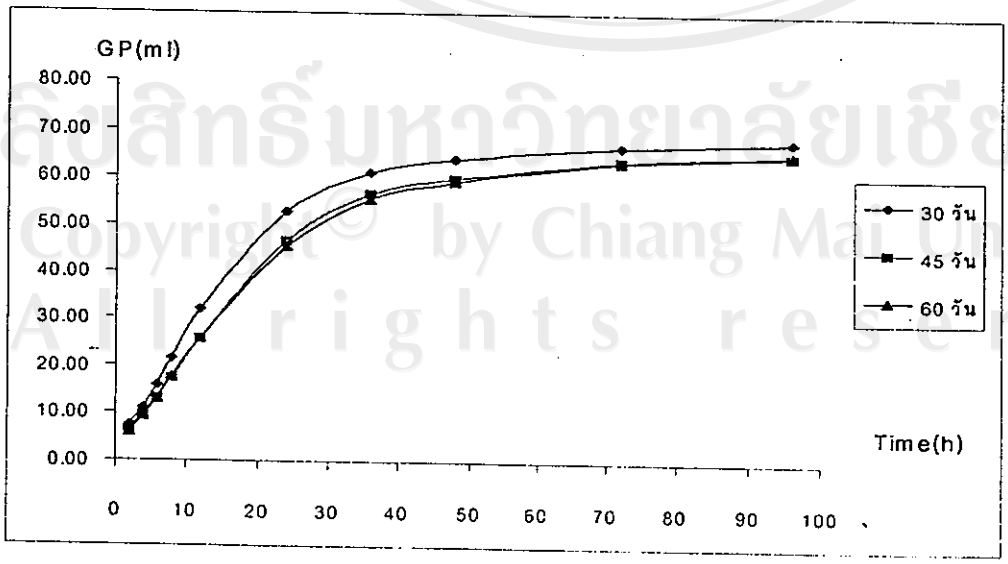
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

◈ ผลการทดลองที่ 2

- ปริมาตรแก๊ส

ตารางที่ 6 ปริมาตรแก๊สสุทธิที่ชั่วโมงต่าง ๆ ของหญ้ารูซี่ตัดที่อายุต่าง ๆ กัน

อายุ/ซ้ำที่	2	4	6	8	12	24	36	48	72	96
30/1	5.34	8.09	10.62	13.61	21.91	47.55	56.66	59.07	62.40	63.08
30/2	5.72	7.74	10.16	12.63	19.44	43.64	53.75	56.71	60.34	61.61
30/3	9.45	14.23	21.34	30.42	43.26	60.10	67.13	70.06	72.04	73.09
30/4	9.33	14.29	20.90	28.80	42.23	59.84	66.51	69.70	71.67	72.87
เฉลี่ย	7.46	11.09	15.75	21.36	31.71	52.78	61.01	63.88	66.61	67.66
SD (n=12)	2.17	3.45	5.65	8.67	11.59	7.70	6.33	6.52	5.85	5.88
45/1	5.33	7.28	9.76	12.19	18.97	40.23	51.29	54.36	59.06	60.43
45/2	4.58	6.81	8.76	11.22	17.52	41.03	52.29	55.90	60.31	61.99
45/3	9.88	14.75	20.49	28.61	40.57	58.13	65.54	68.65	71.44	72.53
เฉลี่ย	6.60	9.61	13.00	17.34	25.69	46.46	56.38	59.64	63.60	64.98
SD (n=9)	2.53	3.89	5.65	8.48	11.20	9.06	7.69	7.82	7.18	7.21
60/1	5.26	7.48	9.50	11.72	17.52	38.35	50.55	54.53	59.90	61.69
60/2	6.91	10.92	15.99	23.37	33.49	51.82	60.11	63.74	67.06	68.74
เฉลี่ย	6.09	9.20	12.75	17.55	25.51	45.09	55.33	59.13	63.48	65.22
SD (n=6)	0.99	1.93	3.58	6.42	8.80	7.50	5.53	5.53	4.62	4.60



ภาพที่ 3 ปริมาตรแก๊สสุทธิที่ชั่วโมงต่าง ๆ ของหญ้ารูซี่ตัดที่อายุต่าง ๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อนำตัวอย่างหญ้าที่ตัดอายุต่างกันมาวัดปริมาตรแก๊สตามวิธีการของ Menke and Steingass (1988) พบว่า หญ้าที่ตัดอายุ 30 วัน มีการผลิตแก๊สสูงที่สุด ซึ่งแตกต่างจากที่อายุ 45 และ 60 วัน อย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในภาพที่ 3

เมื่อนำค่าแก๊สสุทธิที่ 24 ชั่วโมงเฉลี่ยจากการตัดทุกครั้งสำหรับหญ้าที่ตัดในแต่ละอายุ มาคำนวณการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (OMD) และพลังงาน (ME และ NEL) พบว่า การตัดที่อายุ 30 วัน มีค่าสูงที่สุด รองลงมาเป็นการตัดที่อายุ 45 และ 60 วัน ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ปริมาตรแก๊สสุทธิที่ปรับแล้ว (GP) ค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (OMD) พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นม (NEL)

อายุตัด	GP (ml) ชั่วโมงที่ 24					OMD	Mcal / kgDM	
(วัน)	ครั้ง 1	ครั้ง 2	ครั้ง 3	ครั้ง 4	เฉลี่ย	(%)	ME	NEL
30	47.55	43.64	60.10	59.84	52.78^{b}	61.46^{c}	2.26^{b}	1.35^{c}
45	40.23	41.03	58.13	-	46.46^{a}	55.68^{b}	2.05^{a}	1.20^{b}
60	38.35	51.82	-	-	45.09^{a}	54.33^{a}	2.00^{a}	1.17^{a}

^{abc} อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < .05$)

- **การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ และค่าพลังงาน**

ตารางที่ 8 ค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (OMD) พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) พลังงานสุทธิเพื่อการให้นม (NEL) คิดเฉลี่ยต่อพื้นที่ต่อครั้งที่ตัด และรวมในระยะเวลา 120 วัน

อายุตัด	โภชนะ/ไร่/ครั้งที่ตัด				โภชนะ/ไร่/ 120 วัน [1/]			
(วัน)	Kg		Mcal		Kg		Mcal	
	DOM	CP	ME	NEL	DOM	CP	ME	NEL
30	160.88^{a}	31.72^{a}	592.42^{a}	354.75^{a}	644.36^{a}	127.06^{b}	2,372.75^{a}	1,420.85^{a}
45	266.15^{b}	44.26^{b}	978.14^{b}	575.07^{b}	727.13^{b}	120.92^{b}	2,672.29^{b}	1,571.07^{a}
60	345.60^{c}	40.76^{b}	1,264.69^{c}	743.47^{c}	691.66^{ab}	81.56^{a}	2,542.81^{ab}	1,487.94^{a}

^{abc} อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < .05$)

[1/] ปรับปริมาณโภชนะในกลุ่มที่ตัด 45 วันให้เป็น 120 วัน เท่ากับกลุ่มอื่น ๆ โดยใช้สมการ regression

สำหรับปริมาณอินทรีย์วัตถุและพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) รวมทั้งพลังงานสุทธิ (NEL) ต่อไร่ต่อครั้งของการตัด (ตารางที่ 8) พบว่า การตัดที่อายุ 60 วัน มีค่าสูงที่สุด เนื่องจากหญ้ามีระยะเวลาในการสะสมโภชนะมากกว่าดังได้กล่าวมาแล้ว แต่โปรตีนมีค่ามากที่สุดเมื่อตัดที่อายุ 45 วัน อย่างไรก็ดี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อคิดเป็นโภชนะย่อยได้และพลังงาน ME ต่อไร่ในระยะเวลา 120 วัน พบว่าการตัดที่อายุ 45 วัน ให้อินทรีย์วัตถุย่อยได้และพลังงานที่สัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้สูงที่สุด ซึ่งแตกต่างจากการตัดที่อายุ 30 วันอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่การตัดอายุ 30 วันให้โปรตีนสูงที่สุด สูงกว่าการตัดที่อายุ 60 วันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่แตกต่างจากการตัดที่อายุ 45 วัน ($p>0.05$)

❖ **การทดลองที่ 3** การใช้หญ้ารูซี่สดเสริมแหล่งโปรตีนและพลังงานต่อประสิทธิภาพการผลิตและองค์ประกอบของน้ำนมโค

ใช้แม่โคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน ระดับสายเลือด 87.5 - 96.875% จำนวน 6 ตัว น้ำหนักตัว 501.89 ± 40.42 กก. อายุ 4 - 6 ปี จำนวนวันที่ให้นม 101 ± 26 วัน ให้นมประมาณ 16 กก. นำมาเลี้ยงในซองขังเดี่ยวผูกยืนโรง มีที่ให้น้ำอัตโนมัติและรางอาหารอยู่ด้านหน้าตัวโค บริเวณที่ให้โคยืนรองด้วยผ้ายางสีดำหนา 1 ซม. เพื่อให้โคมีความสบายในตอนยืนและนอน

ให้โคได้รับหญ้ารูซี่สดตัดที่อายุ 60 วันเป็นอาหารหยาบหลัก โดยเตรียมแปลงล่วงหน้า 60 วันก่อนการทดลอง แล้วแบ่งเป็นแปลงย่อยจำนวน 60 แปลง ขนาด 2.5 x 60 เมตร รวมพื้นที่ 9,000 ตร.ม. ซึ่งเป็นพื้นที่แปลงเดิมที่ใช้ในการทดลองที่ 1 ทำการตัดปรับ และใส่ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) อัตรา 20 กก./ไร่ วันละแปลงจนครบ 60 แปลง แล้วจึงเริ่มตัดหญ้าจากแปลงแรกนำไปใช้เลี้ยงโคทดลอง ทำเช่นนี้หมุนเวียนกันไปตลอดระยะการทดลอง ซึ่งจะทำให้โคได้รับหญ้าที่มีอายุ 60 วันเท่ากันตลอดการทดลอง ทำการหั่นหญ้าด้วยเครื่องหั่นหญ้าแบบโยกด้วยมือให้มีความยาวประมาณ 1 ฟุต เพื่อสะดวกในการให้และป้องกันโคสะบัดหล่นเสียหาย

อาหารทดลองแบ่งเป็น 3 กลุ่ม (ทรีตเมนท์) ดังนี้

ทรีตเมนท์ที่ 1 หญ้ารูซี่สด + อาหารข้น (กลุ่มควบคุม; T1)

ทรีตเมนท์ที่ 2 หญ้ารูซี่สด + อาหารข้น + อาหารเสริม (T2)

ทรีตเมนท์ที่ 3 หญ้ารูซี่สด + อาหารข้น + อาหารเสริม (T3)

ปริมาณอาหารหยาบ อาหารข้น และส่วนประกอบของอาหารเสริม ใช้วิธีคำนวณโดยใช้ข้อมูลเฉลี่ยของโคนมดังกล่าวข้างต้น มาจัดสัดส่วนให้ได้โภชนะตามความต้องการของโคตามที่แนะนำโดย NRC (1988) โดยใช้โปรแกรม XRATION (สมคิด, 2542) กำหนดให้โคทุกตัวได้รับอาหารรวมซึ่งมีเยื่อใย ADF ประมาณ 25 - 26% และมี NFC ประมาณ 25 - 27% ซึ่งจะเป็นหญ้ารูซี่สดวันละ 30 กก. และอาหารข้นวันละ 9 กก. เท่ากันทุกกลุ่ม ในกลุ่มที่ให้อาหารเสริม (กลุ่มที่ 2 และ 3) จะให้อาหารเสริมวันละ 1 กก. ซึ่งอาหารเสริมประกอบด้วยข้าวโพดบดและกากน้ำตาล โดยอาจให้ร่วมกับรำและกากถั่วเหลือง หรือใบกระถินแห้ง แล้วแต่กรณีดังแสดงไว้ในตารางที่ 9 อาหารข้นที่ใช้ทดลองเป็นอาหารทางการค้ามีโปรตีนหยาบร้อยละ 20 ซึ่งเป็นอาหารอัดเม็ดขนาด 0.4 มม. และใช้ชนิดเดียวกันตลอดการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 9 ส่วนประกอบของอาหารเสริมที่ให้ (กก.สด/วัน/ตัว)

Composition	T2		T3	
	Kg / Day	%	Kg / Day	%
Molasses	0.12	12	0.12	12
Ground corn	0.50	50	0.50	50
Rice bran	0.33	33	-	0
Soybean meal	0.05	5	-	0
Dry Leucaena leaves	-	-	0.38	38
Total	1.0	100	1.0	100

การวางแผนการทดลอง การให้อาหาร การรีดนม การเก็บตัวอย่างน้ำนมและตัวอย่างอาหาร การวิเคราะห์องค์ประกอบของตัวอย่าง รวมทั้งการวิเคราะห์ทางสถิติ ทำเช่นเดียวกับโครงการย่อยที่ 1 ยกเว้นระยะการทดลองในแต่ละ period ใช้เวลา 15 วันแทน 17 วัน นอกจากนี้มีการสุ่มตัวอย่างอาหารหยาบและอาหารข้นไปหาค่าพลังงานโดยวิธี *in vitro* gas production ตามรายละเอียดในภาคผนวกด้วย

◈ ผลการทดลองที่ 3

องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร

จากตารางที่ 10 พบว่าหญ้ารูซี่ในการทดลองนี้เมื่อเทียบกับหญ้าอายุ 60 วันจากผลการทดลองที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงกว่า (7.37 เทียบกับ 6.43) มีเยื่อใย %NDF ต่ำกว่า (67.80 เทียบกับ 71.32), %ADF สูงกว่าเล็กน้อย (39.32 เทียบกับ 37.37) ส่วนค่าพลังงานคิดในรูปโภชนะย่อยได้ (TDN) คำนวณจากค่า NEL ที่ได้จากการทำ *In Vitro* gas production technique พบว่าสูงกว่า (58.00 เทียบกับ 52.65) ทั้งๆ ที่หญ้าทั้ง 2 การทดลองนี้เป็นหญ้าจากแปลงเดียวกัน มีการปฏิบัติเหมือนกัน แต่ตัดคนละปี การที่มีคุณภาพต่างกันอาจเป็นเพราะสภาพอากาศและปริมาณน้ำฝนในปีหลังค่อนข้างดีกว่าปีแรก สังเกตได้จากลักษณะหญ้าที่มีความอวบน้ำมากกว่า ทำให้มีค่าวัตถุแห้งต่ำกว่า (18.45 เทียบกับ 22.93)

ในส่วนของวัตถุดิบที่ใช้เป็นแหล่งพลังงานและโปรตีนในอาหารเสริม คือ กากน้ำตาล ข้าวโพดบด รำละเอียด และกากถั่วเหลืองหรือใบกระถินแห้ง มีส่วนประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยโดยทั่วไปตามที่รายงานโดย NRC (1988) สำหรับใบกระถินที่ใช้ทดลอง เก็บจากต้นที่ขึ้นตามธรรมชาติและไม่ได้ใส่ปุ๋ย พบว่ามีโปรตีนเฉลี่ย 23.6% ซึ่งอยู่ในช่วงปกติของใบกระถินที่เก็บโดยวิธีเดียวกันนี้ในโครงการย่อยที่ 9 และ 11

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 10 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง (% ของวัตถุแห้ง)

Composition (%)	Ruzi grass	Molasses	Ground corn	Rice bran	Soy bean meal	Leucaena leaves	Con-Centrate
DM	18.45	74.21	85.79	87.96	86.73	89.59	88.80
CP	7.37	4.96	7.67	12.66	45.75	23.62	21.50
EE	3.04	0.63	3.02	15.00	1.79	4.59	4.11
Ash	8.14	9.59	1.25	9.71	7.04	8.06	8.70
CF	32.25	-	2.51	8.94	6.34	13.63	12.12
NDF	67.80	-	13.79	30.78	15.97	33.72	33.34
ADF	39.32	-	3.08	12.93	8.95	16.48	17.15
ADL	4.11	-	0.43	3.69	0.89	8.20	5.79
NFC	13.65	84.82	74.27	31.85	29.45	30.01	32.35
NFE	49.20	84.82	85.55	53.69	39.08	50.10	53.57
NEL (Mcal/kg	1.301	-	-	-	-	-	1.574
TDN	58.00 [1/]	72.00 [2/]	85.00 [2/]	70.00 [2/]	85.00 [2/]	72.33 [3/]	69.15 [1/]

[1/] TDN was calculated from the equations of Moe and Tyrrell (1976) cited by NRC (1988) using NEL value from gas test as follow : NEL(Mcal/kg of DM) = 0.0245 x TDN(% of DM) - 0.12

[2/] TDN value from NRC (1988)

[3/] TDN was calculated from the equations of Kearl (1982) as follow :

TDN of protein supplement (%DM)= 40.3227+0.5398(%CP)+0.4448(%NFE)+1.4218(%EE)–0.7007(%CF)

ในส่วนของอาหารข้นที่ใช้ทดลองเป็นอาหารข้นที่ผลิตโดยบริษัทซึ่งมีโปรตีน 21.5% ของวัตถุแห้ง ซึ่งเมื่อคิดเป็นโปรตีนในสภาพที่ใช้เลี้ยงจะเท่ากับ 19.1% ซึ่งค่อนข้างต่ำกว่าค่าที่บอกไว้ข้างถุงอาหาร คือ 20% และอาหารข้นมีคาร์โบไฮเดรทที่ไม่ใช่เยื่อใย (NFC) เท่ากับ 32.4% และADL 5.79% ซึ่งใกล้เคียงกับที่วิเคราะห์ได้ในโครงการย่อยที่ 9 ที่ใช้อาหารข้นชนิดเดียวกันนี้ นอกจากนั้นอาหารข้นยังใช้กากปาล์มเป็นส่วนผสม เพราะเมื่อนำอาหารมาละลายน้ำ พบเศษกะลาปาล์มขนาดเล็กปนอยู่ แต่กากปาล์มปริมาณดังกล่าวไม่มีผลทางลบกับโคนมตามที่ได้รายงานไว้ในโครงการย่อยที่ 9

เมื่อนำส่วนประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่ใช้ในการทำอาหารเสริมมาคำนวณตามปริมาณที่กำหนดในตารางที่ 9 ได้ผลดังตารางที่ 11 จะเห็นว่าอาหารเสริมที่ใช้รำละเอียดและกากถั่วเหลืองเป็นแหล่งของโปรตีน (T2) มีโปรตีน 11.03% ซึ่งน้อยกว่าชนิดที่ใช้ใบกระถินแห้งเป็นแหล่งของโปรตีน (T3) ที่เท่ากับ 13.71% ทั้งนี้เพราะส่วนผสมของรำละเอียด 0.33 กก. และกากถั่วเหลือง 0.05 กก. รวม 0.38 กก. มีโปรตีนคิดเป็นร้อยละของสภาพที่ใช้เลี้ยงเพียง 14.89% ซึ่งต่ำกว่าใบกระถินแห้งที่มีโปรตีน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในสภาพที่ใช้เลี้ยงถึง 21.16% ส่วนพลังงานในรูป TDN ของอาหารเสริมทั้ง 2 ชนิดมีค่ามีค่าใกล้เคียงกัน คือ 78.53 และ 78.63% ตามลำดับ ส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใย (NFC) ก็มีค่าใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามเนื่องจากรำละเอียดมีไขมันสูงกว่า ดังนั้นเมื่อนำไปผสมในอาหารเสริมสูตร T2 จึงทำให้มีไขมันสูงกว่าสูตร T3

ตารางที่ 11 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารเสริมทั้ง 2 สูตร (จากการคำนวณ)

Composition (%)	T2	T3	Composition (%)	T2	T3
DM	85.16	85.84	ADF	6.41	8.07
CP	11.03	13.71	Ash	5.30	4.82
EE	6.79	3.39	NFC	58.63	57.81
CF	4.63	6.66	TDN	78.53	78.63
NDF	18.25	20.26			

ปริมาณอาหารที่กินได้

เมื่อพิจารณาการกินอาหารของโคแต่ละกลุ่ม (ตารางที่ 12) พบว่า ปริมาณอาหารหยาบคิดเป็นน้ำหนักสดของหญ้าที่โคแต่ละกลุ่มได้กินไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าเฉลี่ยระหว่างวันละ 27.6 - 28.7 กก./ตัว ซึ่งคิดเป็น 91.9 - 95% ของปริมาณหญ้าที่ให้กิน การที่โคกินหญ้าไม่หมดในแต่ละวัน เพราะมีการปฏิเสธส่วนของก้านและต้นหญ้าที่มีความแข็งซึ่งพบในทุกทรีทเมนต์ จากการที่มีการกำหนดปริมาณอาหารหยาบคิดเป็นน้ำหนักสดให้แต่ละกลุ่มเท่ากันคือวันละ 30 กก. ทำให้โคไม่มีโอกาสเลือกอาหารหยาบได้มากนัก ดังนั้นถ้าให้หญ้าสดปริมาณมากขึ้น อาจมีผลให้โคเลือกส่วนที่น่ากินในอาหารหยาบเพิ่มขึ้นและสามารถกินหญ้าสดได้มากกว่านี้

สำหรับอาหารข้นที่โคทุกกลุ่มได้รับมีปริมาณเท่ากัน คือคิดเป็นน้ำหนักแห้งวันละ 7.9 กก. คิดเป็น 1.55 - 1.57% ของน้ำหนักตัว แต่โคในกลุ่ม 2 และ กลุ่ม 3 ได้รับอาหารเสริมคิดเป็นวัตถุแห้งวันละ 0.85 - 0.86 กก./ตัว ซึ่งมีผลไปลดพื้นที่ในกระเพาะรูเมนให้เหลือน้อยกว่าโคในกลุ่มที่ 1 ที่ไม่ได้รับอาหารเสริม ส่งผลให้โคมีแนวโน้มกินอาหารหยาบได้ลดลงในกลุ่ม 2 และ 3 และเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวแล้วพบว่าการลดลงนั้นมีนัยสำคัญ ($p<.05$) ทั้งนี้เพราะโค 2 กลุ่มนี้มีการเพิ่มน้ำหนักตัวมากกว่ากลุ่ม 1 โดยมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัวในกลุ่ม 1, 2 และ 3 เท่ากับ 498.1, 504.4 และ 502.9 กก.ตามลำดับ ปริมาณอาหารที่โคแต่ละกลุ่มได้รับโดยรวมคิดเป็นน้ำหนักแห้งของโคกลุ่ม 1 น้อยกว่ากลุ่มที่ 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญ (2.62 เทียบกับ 2.70 และ 2.72% ของน้ำหนักตัว) ทั้งนี้เนื่องจากโคในกลุ่ม 1 ไม่ได้กินอาหารเสริมดังเหตุผลที่กล่าวมาแล้ว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 12 ปริมาณอาหารที่กินได้และโภชนะที่โคได้รับ

	T1	T2	T3	S.E.M.
Intake of roughage (kg.fresh/day)	28.65	27.60	27.56	0.19
Roughage dry matter				
Offered				
- kg/cow/day	5.54	5.54	5.54	-
- %BW	1.103	1.103	1.103	-
Intake				
- kg/cow/day	5.22	4.94	5.00	0.05
- %BW	1.05 [b]	0.98 [a]	0.99 [a]	0.01
- % of feed offered	94.22	89.17	90.25	-
Dry matter intake from concentrate				
- kg/cow/day	7.90	7.90	7.90	0.00
- %BW	1.57	1.55	1.56	0.01
Dry matter intake from supplements				
- kg/cow/day	0.00	0.85	0.86	-
- %BW	0.00	0.17	0.17	-
Total dry matter intake				
Roughage : Concentrate ratio	40.9 : 59.1	38.5 : 61.5	38.5 : 61.5	
Offered				
- kg/cow/day	13.53	14.38	14.39	-
- %BW	2.70	2.87	2.87	-
Intake				
- kg/cow/day	13.05 [a]	13.62 [b]	13.68 [b]	0.05
- %BW	2.62 [a]	2.70 [b]	2.72 [b]	0.01
- % of feed offered	96.45	94.71	95.07	-
CP intake (kg/cow/day)	2.07 [a]	2.14 [b]	2.17 [c]	0.00
TDN intake (kg/cow/day)	8.44 [a]	8.95 [b]	8.99 [b]	0.03

[abc] อักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < .05$)

การที่โคในกลุ่มที่ 2 ซึ่งให้อาหารเสริมที่ใช้รำละเอียดและกากถั่วเหลือง และกลุ่มที่ 3 ที่ใช้ใบกระถินแห้งเป็นแหล่งโปรตีน พร้อมแหล่งพลังงานคือข้าวโพดบดและกากน้ำตาล ทั้ง 2 กลุ่มได้รับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โปรตีนและพลังงานเพิ่มมากกว่ากลุ่ม 1 ที่ไม่ให้อาหารเสริม ทำให้โคกลุ่ม 2 และ 3 ได้รับโปรตีนและ TDN มากกว่ากลุ่ม 1 อย่างมีนัยสำคัญ (2.14 - 2.17 เทียบกับ 2.07 กก.CP) และ (8.95 - 8.99 เทียบกับ 8.44 กก.TDN)

เมื่อเทียบกับความต้องการโภชนะตามที่กำหนดโดย NRC (1988) ของโคที่มีน้ำหนัก 501.8 กก. และให้นมที่มีไขมัน 4% วันละ 16.0 กก. ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ในการคำนวณแล้ว โคควรได้รับโปรตีนและ TDN วันละ 2.06 และ 9.16 กก. ตามลำดับ จะเห็นว่าปริมาณโปรตีนที่โคได้รับต่อวันนั้นพอเพียงกับความต้องการ ในขณะที่พลังงานในรูป TDN พบว่าโคทั้ง 3 กลุ่มจะได้รับต่ำกว่าความต้องการ คือได้รับต่ำกว่ามาตรฐาน 0.72, 0.21 และ 0.17 กก.ต่อวันสำหรับกลุ่มที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ซึ่งถ้าโคได้รับ TDN ครบตามความต้องการน่าจะส่งผลให้การให้ผลผลิตดีขึ้นอีก

ในการเพิ่มระดับ TDN ให้พอเพียงกับความต้องการนั้น การเพิ่มการกินได้ของอาหารหยาบคือหญ้าสดนั้นอาจไม่ได้ผลเท่าที่ควร ทั้งนี้เพราะอาหารโดยรวมที่โคแต่ละกลุ่มได้รับมีเยื่อใยในระดับ 26 - 27% ADF อยู่แล้วซึ่งค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับ NRC (1988) กำหนดไว้ที่ 21% ดังนั้นวิธีปฏิบัติที่น่าจะสะดวกคือเพิ่มปริมาณอาหารเสริมให้มากขึ้น และลดปริมาณอาหารหยาบลงโดยไม่ให้เปอร์เซ็นต์ ADF ต่ำกว่า 21% ซึ่งจะเท่ากับการให้อาหารเสริมวันละ 2 กก. ผลการเลี้ยงโครีดนมที่มีระดับเลือด และอยู่ในระยะการรีดนมใกล้เคียงกับโคทดลองของศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ที่ใช้หญ้ารูซี่สดเสริมด้วยอาหารเสริมวันละ 2 กก. และให้อาหารข้นในอัตรา 1 กก. ต่อน้ำนม 2.2 กก. พบว่าโคให้นมเฉลี่ย 19.0 กก. (ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่, 2547)

ปริมาณอาหารที่กินโดยรวมของโคทดลองที่มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.6 - 2.7% ของน้ำหนักตัวใกล้เคียงกับรายงานในโครงการย่อยที่ 6 ที่ใช้หญ้ารูซี่สดเลี้ยงโคนมซึ่งพบว่าโคกินอาหารคิดเป็นวัตถุแห้งโดยรวมเท่ากับ 2.4 - 2.5% ของน้ำหนักตัว แต่ต่ำกว่ารายงานในโครงการที่ 3 และ 9 ที่ใช้หญ้ารูซี่แห้งอายุใกล้เคียงกันที่พบว่าโคกินได้ 3.75 และ 3.0% ของน้ำหนักตัวตามลำดับ ทั้งนี้เพราะอาหารหยาบที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นหญ้าสดที่มีวัตถุแห้งเพียง 18.45% ซึ่งส่งผลให้โคกินได้น้อยลงเพราะมีน้ำเป็นส่วนประกอบในตัวพืช (internal or intracellular water) มาก สอดคล้องกับที่บุญล้อมและทิพย์วรรณ (2531) ที่รายงานว่าปริมาณวัตถุแห้งของเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนที่ให้และกินได้ในรูปสดน้อยกว่ารูปแห้ง (1.6 เทียบกับ 2.7% ของน้ำหนักตัว) ยิ่งถ้าให้ในรูปหมักจะยิ่งกินได้น้อย (เพียง 1.2% ของน้ำหนักตัวเท่านั้น)

คาดว่าการใช้หญ้าสดที่มีวัตถุแห้งสูงกว่านี้อาจช่วยเพิ่มการกินอาหารได้ อย่างไรก็ตามหญ้าสดมีมากในฤดูฝน ดังนั้นการใช้กระบวนการทางฟิสิกส์เช่นการบีบน้ำโดยใช้เครื่องบีบ (conditioner) อาจช่วยแก้ปัญหาได้ ซึ่งควรมีการทดลองต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณน้ำนมและส่วนประกอบน้ำนม และอัตราการเปลี่ยนอาหาร

การให้ผลผลิตน้ำนมและส่วนประกอบน้ำนมของโคทดลองแสดงในตารางที่ 13 จะเห็นว่าปริมาณน้ำนมของโคทั้ง 3 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน โดยให้น้ำนมเฉลี่ยวันละ 14.6 - 15.8 กก. คิดเป็นน้ำนม 4% FCM วันละ 16.9 - 18.4 กก. แต่มีแนวโน้มว่าโคกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทั้งสูตร T2 และ T3 ที่ใช้รำละเอียดและกากถั่วเหลือง หรือใช้ใบกระถินแห้งเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารเสริม ให้น้ำนมมากกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารข้นเสริมเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้เพราะโคกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริม T2 และ T3 ได้รับโปรตีนและพลังงานเพิ่มขึ้นมากกว่าโคในกลุ่มที่ 1 ที่ได้รับเฉพาะอาหารข้นเสริม จะเห็นว่าการเพิ่มอาหารเสริมมีแนวโน้มช่วยเพิ่มปริมาณน้ำนม

ตารางที่ 13 ปริมาณ และองค์ประกอบน้ำนมของโคที่ได้รับอาหารทั้ง 3 กลุ่ม

	T1	T2	T3	S.E.M.
Milk yield (kg/day)	14.57	15.76	15.26	0.26
4% Fat Corrected Milk (kg/day)	16.96	18.40	17.36	0.52
Milk constituent (%)				
- Fat	5.10	5.11	4.97	0.12
- Protein	3.19	3.30	3.26	0.04
- Lactose	4.70	4.61	4.68	0.05
- Total solid	13.70	13.60	13.65	0.08
- Solid not fat	8.59	8.61	8.65	0.04
Yield of constituent (kg/day)				
- Fat	0.74	0.81	0.75	0.03
- Protein	0.48	0.52	0.48	0.02
- Lactose	0.69	0.73	0.72	0.01
- Total solid	2.00	2.14	2.07	0.04
- Solid not fat	1.25	1.36	1.32	0.02
FCR (feed DM/kg milk)	0.91	0.89	0.91	0.01
FCR (feed DM/kg 4%FCM)	0.79	0.77	0.79	0.02

เมื่อพิจารณาถึงส่วนประกอบน้ำนม จะเห็นว่าไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มทั้ง 3 เช่นกัน โดยนมมีค่าเฉลี่ยไขมัน 5.0 - 5.1% โปรตีน 3.2 - 3.3% ของแข็งไม่รวมไขมัน 8.6 - 8.7% ซึ่งอยู่ในช่วงปรกติของโครีดนมลูกผสมขาวดำ แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าแม่โคในกลุ่มที่ 2 และ 3 จะกินอาหารหยาบเป็นปริมาณค่อนข้างน้อยกว่ากลุ่มที่ 1 แสดงว่าเยื่อใยในอาหารหยาบที่โคกลุ่มที่ 2 และ 3 ได้รับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มีปริมาณพอเพียงสำหรับการใช้ในการสร้างกรดอะซีติก และกรดบิวทีริก ซึ่งเป็นแหล่งของไขมันในน้ำนม เมื่อนำส่วนประกอบทางเคมีของอาหารและปริมาณอาหารที่กินมาคำนวณ พบว่าโคกลุ่มที่ 1, 2 และ 3 ได้รับอาหารที่มีเยื่อใย ADF เท่ากับ 25.1, 23.2 และ 23.5% ตามลำดับ ดังนั้นการให้อาหารที่มี ADF เท่ากับ 23% จึงไม่มีผลเสียต่อไขมันในน้ำนม ในส่วนของโปรตีนนมนั้นพบแนวโน้มเช่นเดียวกันว่า โคที่ได้รับอาหารเสริมทั้งสูตร T2 และ T3 มีโปรตีนนมมากกว่ากลุ่มที่ไม่เสริม โดยมีที่มาจากการได้รับอาหารเสริมดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

สำหรับปริมาณไขมัน โปรตีน และแลคโตสที่โคผลิตต่อวันนั้นเป็นไปในทิศทางเดียวกับส่วนประกอบน้ำนม คือไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม แต่แสดงแนวโน้มว่าโคกลุ่มที่ 2 และ 3 ให้ผลผลิตไขมัน โปรตีน และแลคโตสเพิ่มขึ้น ซึ่งเนื่องจากได้รับอาหารเสริม ดังนั้นการได้รับอาหารเสริมวันละ 1 กก. จึงมีแนวโน้มที่เกิดประโยชน์ทั้งการเพิ่มปริมาณน้ำนมและส่วนประกอบน้ำนม ในส่วนของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำนมพบว่ามีค่าเฉลี่ยการใช้อาหาร 0.9 กก. ต่อน้ำนม 1 กก. และ 0.8 กก. ต่อน้ำนม 4% FCM 1 กก. ซึ่งใกล้เคียงกับโครงการย่อยที่ 3 และ 9 ที่ทำในโคนมลูกผสมเช่นเดียวกัน

ต้นทุนและผลตอบแทน

เมื่อคิดต้นทุนรวมของอาหารทั้ง 3 สูตร ดังตารางที่ 14 พบว่ามีค่าต่ำที่สุดในกลุ่มที่ 1 รองลงมาคือกลุ่มที่ 3 และ 2 (76.93, 81.33 และ 81.54 บาท/ตัว/วันตามลำดับ) แต่เมื่อคิดเป็นต้นทุนค่าอาหารต่อการให้ผลผลิตน้ำนม 1 กก. พบว่ากลุ่มที่ 2 มีต้นทุนต่ำสุด รองลงมาคือกลุ่มที่ 1 และ 3 (5.17, 5.27 และ 5.33 บาทต่อกก. ตามลำดับ) ทั้งนี้เพราะกลุ่มที่ 2 มีแนวโน้มการให้น้ำนมมากกว่ากลุ่มอื่น และมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำนมดีกว่ากลุ่มอื่น ซึ่งเมื่อคิดเป็นกำไรจากการผลิตน้ำนม 1 กก.หลังจากหักค่าอาหารแล้ว พบว่าแม่โคที่รับอาหารสูตร T2 (เสริมด้วยกากน้ำตาล, ข้าวโพดบด, รำละเอียด และกากถั่วเหลือง) มีกำไรสูงที่สุด ไม่ว่าน้ำนมจะปรับหรือไม่ปรับไขมันนมก็ตาม เพราะมีต้นทุนค่าอาหารต่ำที่สุด และมีการให้น้ำนมสูงกว่ากลุ่มอื่น เมื่อคิดต้นทุนรวมของอาหารทั้ง 3 สูตร ดังตารางที่ 14 พบว่ามีค่าต่ำที่สุดในกลุ่มที่ 1 รองลงมาคือกลุ่มที่ 3 และ 2 (76.75, 81.10 และ 81.13 บาท/ตัว/วันตามลำดับ) แต่เมื่อคิดเป็นต้นทุนค่าอาหารต่อการให้ผลผลิตน้ำนม 1 กก. พบว่ากลุ่มที่ 2 มีต้นทุนต่ำสุด รองลงมาคือกลุ่มที่ 1 และ 3 (5.15, 5.27 และ 5.31 บาท/กก. ตามลำดับ) ทั้งนี้เพราะกลุ่มที่ 2 มีแนวโน้มการให้น้ำนมมากกว่ากลุ่มอื่น และมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำนมดีกว่ากลุ่มอื่น ซึ่งเมื่อคิดเป็นกำไรจากการผลิตน้ำนม 1 กก.หลังจากหักค่าอาหารแล้ว พบว่าแม่โคที่รับอาหารสูตร T2 (เสริมด้วยกากน้ำตาล, ข้าวโพดบด, รำละเอียด และกากถั่วเหลือง) มีกำไรสูงที่สุด ไม่ว่าน้ำนมจะปรับหรือไม่ปรับไขมันนมก็ตาม เพราะมีต้นทุนค่าอาหารต่ำที่สุด และมีการให้น้ำนมสูงกว่ากลุ่มอื่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 14 ต้นทุนและผลกำไรจากผลผลิตน้ำนมของโคที่ได้รับอาหารในสูตรต่าง ๆ

	T1	T2	T3
Milk yield (kg/day)	14.57	15.76	15.26
4% FCM (kg/day)	16.96	18.40	17.36
Total feed cost (baht/day)	76.93	81.54	81.33
Price of concentrate (baht/kg)	7.10	7.10	7.10
Concentrate cost (baht/day)	62.60	62.60	62.60
Price of supplement (baht/kg)	0.00	5.14	4.95
Supplement cost (baht/day)	0.00	5.14	4.95
Price of roughage (baht/kg fresh matter)	0.50	0.50	0.50
Roughage cost (baht/day)	14.33	13.80	13.78
Cost of feed : milk production (baht/kg)	5.28	5.17	5.33
Cost of feed : 4% FCM (baht/kg)	4.54	4.43	4.68
Income over feed (baht/kg milk)	7.22	7.33	7.17
Income over feed (baht/4%FCM)	7.96	8.07	7.82

Note : Income over feed (baht/kg milk) = [(milk yield * milk price) – feed cost] / milk yield

Milk price = 12.5 baht/kg milk, Ruzi grass = 0.5 baht/kg of fresh weight

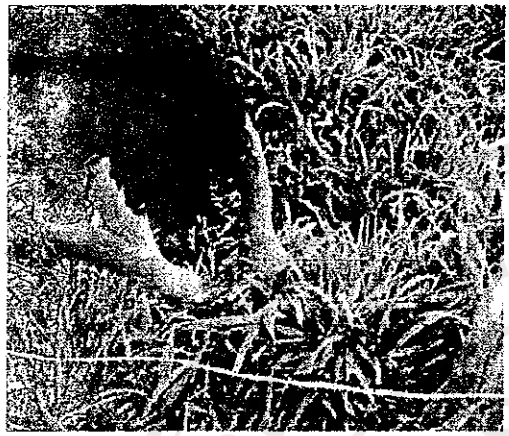
4. สรุปผลการทดลองโครงการย่อยที่ 8

จากข้อมูลทั้งหมดนี้แสดงให้เห็นว่าในการจัดการแปลงหญ้ารูซี่อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อให้สัตว์ได้รับโภชนะที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากที่สุด ควรทำการตัดหญ้าที่อายุ 45 - 60 วัน เพราะมีค่าโปรตีนและเยื่อใยที่เหมาะสม รวมทั้งค่าพลังงานก็ไม่แตกต่างจากหญ้าตัดที่อายุต่ำกว่า

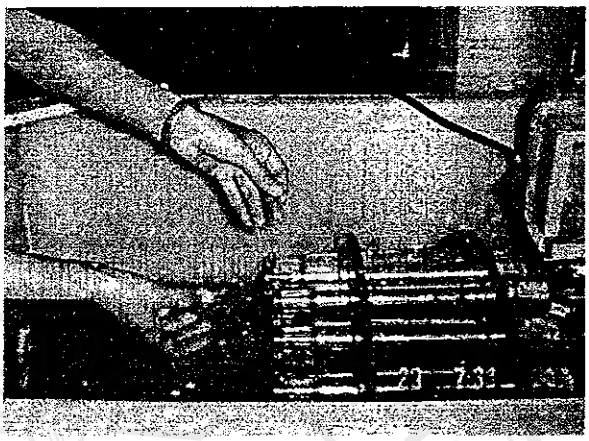
สำหรับการตัดที่อายุ 30 วันนั้น จะทำให้ได้หญ้าที่มีคุณภาพดีที่สุด กล่าวคือมีโปรตีนสูง (ประมาณ 12%) มีการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุสูง (61.46%) และมีพลังงานสูง (2.26 Mcal ME/kgDM และ 1.35 Mcal NEL/kgDM) ซึ่งเหมาะสำหรับลูกโคซึ่งต้องการอาหารที่มีความเข้มข้นของโภชนะที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในร่างกายได้มาก

การนำหญ้ารูซี่สดอายุประมาณ 60 วัน มาใช้เลี้ยงโคนมนั้น ควรมีการเพิ่มโภชนะโดยการเสริมพลังงานด้วยกากน้ำตาล ข้าวโพดบด และรำละเอียด และเพิ่มโปรตีนโดยใช้กากถั่วเหลือง หรืออาจใช้ใบกระถินแห้งทดแทนรำละเอียดและกากถั่วเหลืองก็ได้ โดยให้โคได้รับอาหารข้นตามปกติ จะช่วยให้โคสามารถให้ผลผลิตน้ำนมสูงกว่าการให้หญ้าสดที่ไม่เสริมโภชนะ ผลการทดลองนี้น่าจะนำไปส่งเสริมให้แก่เกษตรกรใช้ในฤดูกาลที่มีหญ้าสดได้ดี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



การสุ่มเก็บตัวอย่างโดยใช้กรอบสุ่ม

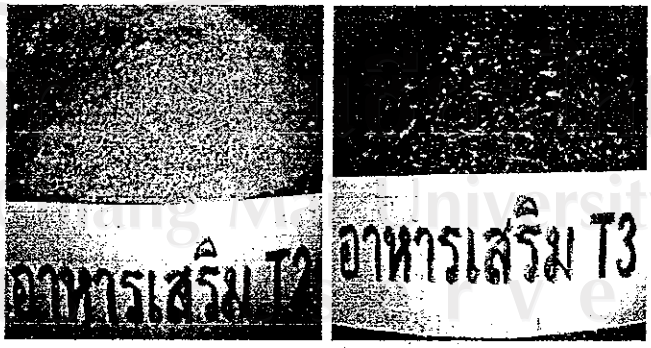


การหาค่าการย่อยได้โดยวิธีวัดปริมาตรแก๊ส

แปลงหญ้าที่ใช้ในการทดลอง

การตัดหญ้าโดยใช้เครื่องตัดแบบสะพายบ่า

การหั่นหญ้าโดยใช้เครื่องหั่นแบบโยกด้วยมือ



อาหารเสริม ST2 และ ST3

โครงการย่อยที่ 9 การพัฒนาอาหารหยาบคุณภาพดีจากหญ้ารูซี่แห้งและการสร้างสูตรอาหารข้นที่เหมาะสมสำหรับโคที่ให้นมสูง

1. หลักการ เหตุผลและวัตถุประสงค์

การเลี้ยงโคนมในระยะแรกของการให้นมมีความสำคัญ ทั้งนี้เนื่องจากความต้องการโภชนะทั้งด้านพลังงาน โปรตีน แร่ธาตุและวิตามิน ที่เพิ่มสูงตามปริมาณน้ำนม จะเห็นว่าการเลี้ยงโคในระยะนี้มักให้อาหารหยาบคุณภาพดีและใช้อาหารข้นในปริมาณค่อนข้างสูงเพื่อให้ได้รับโภชนะเพียงพอกับความต้องการของร่างกายโดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังงาน เพราะโคในระยะนี้มีสมดุลของพลังงานเป็นลบ ซึ่งถ้าเป็นลบมากจะทำให้เกิดผลเสียต่อการให้ผลผลิต การสืบพันธุ์และสุขภาพเพราะอาจเกิดโรคทางเมแทบอลิซึมได้ง่าย (metabolic disorder) อย่างไรก็ดีการใช้อาหารข้นปริมาณมากร่วมกับอาหารหยาบหมักมักมีความเสี่ยงต่อสภาวะความเป็นกรดในกระเพาะ (acidosis) ทั้งนี้เนื่องจากมีการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่สร้างกรดแลคติกมากทำให้เกิดการคั่งค้างของกรดแลคติคและจุลินทรีย์ไม่สามารถเปลี่ยนเป็นกรดโพรพิออนิกได้ทัน ดังนั้นการแสวงหาอาหารที่สามารถป้องกันความเสี่ยงจากการเกิดกรดมากในกระเพาะจึงมีความจำเป็น

จากผลการศึกษาในโครงการย่อยที่ 1 และ 3 พบว่าการใช้หญ้าแห้งเป็นแหล่งของเยื่อใยในอาหารผสมครบส่วนของโคนม ไม่ก่อให้เกิดภาวะแอซิโดสิสแม้จะใช้อาหารข้นเป็นส่วนผสมมากกว่า 70% ของสูตรอาหาร ทั้งนี้เนื่องจากความสามารถในการกระตุ้นการเคี้ยวเอื้องของหญ้าแห้ง ทำให้มีการขับน้ำลายซึ่งมี pH 8.3 ลงมาสู่กระเพาะหมักมากขึ้น ส่งผลให้สภาพในกระเพาะมีความเหมาะสมกับจุลินทรีย์และมีอัตราการเกิดกรด VFA ในระดับที่เป็นปรกติ ในขณะที่โคกลุ่มที่ได้รับหญ้าหมักหรือข้าวโพดหมักเป็นแหล่งของเยื่อใยและได้รับอาหารข้นสูงในระดับเดียวกันเกิดอาการ acidosis อย่างชัดเจนซึ่งส่งผลเสียต่อการให้ผลผลิตและสุขภาพของโค ดังนั้นการใช้หญ้าแห้งมาเป็นแหล่งของเยื่อใยในอาหารผสมครบส่วน และจัดระดับโภชนะอื่น ๆ ให้ครบตามความต้องการในการให้ผลผลิตของโคนมโดยใช้แหล่งของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใย (non fibrous carbohydrate) ซึ่งสลายตัวได้ง่ายจากกากน้ำตาล ข้าวโพดบด และรำ แหล่งโปรตีนจากกากถั่วเหลืองจึงน่าจะเกิดประโยชน์ ทั้งนี้เพื่อให้ได้อาหารหยาบที่มีคุณภาพดีเท่าเทียมข้าวโพดหมัก สำหรับเป็นทางเลือกในการแก้ปัญหาการให้อาหารและความผิดปกติที่เกิดจากเมแทบอลิซึม (metabolic disorder) ต่อไป

อย่างไรก็ดี อายุการตัดหญ้าเพื่อนำมาตากแห้ง มีผลต่อคุณภาพของหญ้า ผลจากโครงการย่อยที่ 8 แสดงให้เห็นว่า เมื่อคิดต่อหน่วยเนื้อที่และต่อระยะเวลาที่เท่ากัน หญ้าที่ตัดอายุ 45 วันให้ปริมาณวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน ไขมัน และเถ้ามากกว่า อีกทั้งยังมีการย่อยได้ดีกว่าแลความน่ากินมากกว่าหญ้าที่ตัดที่อายุ 60 วัน แต่หญ้าที่ตัดอายุ 60 วัน มีปริมาณเยื่อใยสูงกว่าและมีลักษณะทาง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กายภาพที่เหมาะสมในการกระตุ้นการบีบตัวของกระเพาะรูเมนเพื่อให้เกิดการเคี้ยวเอื้องมากกว่าหญ้าที่ตัดอายุน้อย จากการที่หญ้าทั้ง 2 อายุนี้มีข้อดีข้อด้อยต่างกัน จึงน่าจะมีการศึกษาถึงอายุการตัดที่เหมาะสมเนการทำแห้งเพื่อใช้เลี้ยงโคนม

นอกจากนี้ยังทำการศึกษาถึงการใช้ใบกระถินแห้งเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนกากถั่วเหลืองและรำละเอียดเพื่อใช้ในการปรับคุณภาพหญ้าแห้งด้วย เพราะกากถั่วเหลืองและรำละเอียดอาจหาได้ยากในบางท้องถิ่นแต่กระถินเป็นพืชที่มีอยู่ทุกพื้นที่ในประเทศไทย อีกทั้งยังอุดมด้วยโปรตีนและวิตามินโดยเฉพาะอย่างยิ่งเบต้าแคโรทีน การใช้กระถินเป็นแหล่งโปรตีนดังกล่าวอาจช่วยลดต้นทุนค่าอาหารได้

สำหรับอาหารข้นที่ใช้เสริมให้แก่โคนมนั้น ส่วนใหญ่เกษตรกรนิยมให้ตามปริมาณน้ำนมที่โคผลิตได้โดยคิดเป็นอัตราส่วนอาหารข้น 1 กก./น้ำนม 2 – 3 กก. ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพของอาหารหยาบ โดยทั่วไปอาหารข้นที่มีจำหน่ายในท้องตลาดจะอยู่ในรูปอัดเม็ดและใช้ยูเรียเป็นส่วนผสมประมาณ 1.5 – 2% เพื่อให้เป็นแหล่ง NPN รวมทั้งมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิตอาหาร นอกจากนี้ยังอาจมีการเสริมโปรตีนไหลผ่าน (by pass protein) ลงในสูตร โดยเฉพาะสำหรับโคให้นมสูง ซึ่งโปรตีนไหลผ่านที่นิยมใช้ได้แก่ ขนไก่ป่น ปลาป่น และกากถั่วเหลืองทรีตด้วยฟอร์มัลดีไฮด์ 0.3% ซึ่งเมื่อเทียบราคาแล้ว แหล่งโปรตีนไหลผ่านจากกากถั่วเหลืองทรีตด้วยฟอร์มัลดีไฮด์มีราคาถูกที่สุด

ในด้านวัตถุดิบที่ใช้ผสมอาหารข้นในประเทศไทย นิยมใช้แหล่งแป้งจากมันสำปะหลัง แหล่งโปรตีนจากกากถั่วเหลือง กากถั่วลิสง กากเรปซีด กากทานตะวัน กากฝ้ายและกากนุ่น รวมทั้งใช้แหล่งน้ำมันจากกากปาล์มและกากมะพร้าวเพื่อช่วยกระบวนการอัดเม็ดและเพิ่มความมันของเม็ดอาหาร อีกทั้งยังมีการเสริมสารช่วยลดความเป็นกรดในกระเพาะหมัก เช่น โซเดียมไบคาร์บอเนตและแมกนีเซียมออกไซด์ด้วย เพื่อลดปัญหา acidosis ในโคนมที่กินอาหารข้นมาก ดังนั้นการสร้างสูตรอาหารข้นที่เหมาะสมสำหรับโคที่ให้นมสูงเปรียบเทียบกับสูตรอาหารอัดเม็ดที่มีจำหน่ายในท้องตลาดจึงเป็นอีกวัตถุประสงค์หนึ่งของโครงการย่อยที่ 9 นี้ พร้อมกันนี้ก็จะทำการพิสูจน์ด้วยว่า กากปาล์มที่มีกะลาบดผสมมาด้วย ซึ่งนิยมใช้ในสูตรอาหารเชิงการค้านั้น มีผลต่อการให้ผลผลิตของโคนมหรือไม่

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (บางส่วน)

ข้าวโพดหมักจัดว่าเป็นอาหารหยาบคุณภาพดี เนื่องจากมีค่าทางโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมดและพลังงานสูงมีการย่อยได้ดี โดยมีปริมาณวัตถุแห้ง (dry matter, DM) 30 – 38% โปรตีน (crude protein, CP) 7.7 – 8.1% ไขมัน (ether extract, EE) 2 – 3.24% เถ้า (ash) 4 – 5.38% ในส่วนของเยื่อใยนั้นพบว่ามี acid detergent fiber (ADF) 23.2-29.8% (ฉันทนา, 2543; นฤมล, 2544; บุญเสริม, 2542 และ Weiss, 1995) ในส่วนของค่าการย่อยได้และพลังงานของข้าวโพดหมักนั้น นฤมล (2544)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ได้ทำการทดลองในโคนมพบว่า มีค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ 65.19% ค่า TDN 65.22% และค่าพลังงาน NEL ซึ่งคำนวณจากค่า TDN ได้เท่ากับ 1.48 Mcal/kg DM

แต่พืชหมักมักมี pH ต่ำ ซึ่งการใช้พืชหมักเป็นอาหารหยาบหลักต่อเนื่องเป็นเวลานานจะส่งเสริมให้เกิดแอซิโดสิสรุนแรงขึ้น (Slyter, 1976) โดยเฉพาะพืชหมักที่มีคุณภาพต่ำซึ่งต้องเพิ่มคุณค่าทางโภชนะในส่วนของอาหารข้นสูงเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย ทำให้เสี่ยงต่อสภาวะความเป็นกรดในกระเพาะรูเมน (acidosis) ซึ่งสภาวะความเป็นกรดในกระเพาะรูเมนนี้จะแสดงอาการ 2 แบบ คือ แบบแสดงอาการรุนแรง (acute rumen acidosis) ทำให้โคเสียชีวิตได้ถ้าได้รับการรักษาไม่ทัน มักไม่ค่อยเกิดจึงพบเห็นได้ยากและแบบไม่รุนแรง (subclinical ruman acidosis) มักจะพบบ่อย ทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพโคเนื่องจากเป็นสาเหตุให้เกิดโรคต่างๆหลายโรค (Dirken, 1985; Nordlund *et al.*, 1995; Nocek, 1997; อ้างโดย Enermark, 2002) อาการที่แสดงออกมาคือ โคจะกินอาหารลดลง ถ่ายเหลวและปริมาณน้ำนมลดลง (Owen, 1998)

การแก้ปัญหาแอซิโดสิสสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การเสริมสารบัฟเฟอร์ลงในอาหาร หรือการกระตุ้นให้โคหลั่งน้ำลายซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารบัฟเฟอร์ตามธรรมชาติ โดยการใช้อาหารหยาบเส้นใยยาวกระตุ้นให้เกิดการเคี้ยวเอื้องเพื่อหลั่งน้ำลายซึ่งมีค่า pH 8.4 จากการศึกษาของ Cassida and Stokes (1986) cited by Beauchemin (2000) พบว่า การให้อาหารผสมครบส่วนซึ่งมีถั่วอัลฟาฟ่าแห้งต่ออาหารข้น (30 : 70) มีแนวโน้มว่ามีการหลั่งน้ำลายออกมาในปริมาณมากกว่าการใช้ข้าวโพดหมักกับอาหารข้น (40 : 60) แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (3.36 เทียบกับ 3.11)

วีณาพร (2547) พบว่า การใช้หญ้ารูซี่แห้งเป็นอาหารหยาบหลักในอาหารผสมครบส่วนที่มีสัดส่วนอาหารข้นสูง (70%) ในโครีดนมนั้น ไม่ก่อให้เกิดปัญหาภาวะแอซิโดสิสเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่นที่ใช้หญ้าหมักเป็นอาหารหยาบหลักโดยเสริมหรือไม่เสริม $NaHCO_3$ และ MgO ในอาหารผสมครบส่วนที่มีสัดส่วนของอาหารข้นเท่ากัน

คุณค่าทางโภชนะและการย่อยได้ของหญ้านั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ซึ่งอายุการตัดของหญ้าก็เป็นปัจจัยที่สำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณโปรตีนในหญ้านั้นจะผันแปรไปตามความแก่อ่อนของหญ้า ถ้าหญ้าแก่ขึ้นเปอร์เซ็นต์โปรตีนก็จะลดลง นอกจากนี้การย่อยได้ในหญ้ายังลดลงโดยเฉลี่ย 0.1% ต่อวัน ทั้งนี้เป็นผลมาจากการมีเยื่อใยเพิ่มขึ้น (เฉลิมพล, 2524) สอดคล้องกับการทดลองของชาญชัยและคณะ (2529) ซึ่งทำการศึกษาอายุการตัดของหญ้ารูซี่ที่มีผลต่อการย่อยได้ในแกะ พบว่าการใช้หญ้ารูซี่ตัดที่อายุ 50 วันมีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งสูงกว่าหญ้ารูซี่ที่ตัดที่อายุ 70 วัน (55.7 เทียบกับ 52.8%)

กษิดิศและสมเกียรติ (2540) ศึกษาการใช้ฟางข้าวราดด้วยกากน้ำตาลเหลว 2 กก./วัน ร่วมกับการให้อาหารข้นแก่โตให้นมในระยะต้น พบว่าปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งของโคที่ได้รับการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เสริมกากน้ำตาลสูงกว่าการไม่เสริมอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) แต่การให้กินกากน้ำตาลในปริมาณที่สูงเกินไปจะไปมีผลรบกวนการทำงานของจุลินทรีย์ชนิดที่ย่อยเยื่อใยในกระเพาะรูเมน จึงไม่ควรใช้กากน้ำตาลแต่เพียงอย่างเดียวแต่ควรให้ร่วมกับกากธัญพืชต่าง ๆ ที่เป็นแหล่งของโปรตีนที่ย่อยสลายง่าย (นิรันดร, 2536)

Shem *et al.* (2003) ทดลองเสริมโปรตีนและพลังงานลงในหญ้าเนเปียร์ป่าโดยให้ทุกกลุ่มได้รับหญ้าเนเปียร์ป่าและวิตามินแร่ธาตุเสริม (กลุ่มที่ 1) ส่วนกลุ่มที่ 2 มีการเสริมด้วยปลาป่นและรำข้าวโพดอย่างละ 5 ก.ก./วัน กลุ่มที่ 3 เสริมกากน้ำตาล 0.5 ก.ก./วัน และกลุ่มที่ 4 เสริมด้วยปลาป่นและกากน้ำตาลอย่างละ 0.5 ก.ก./วัน พบว่า ปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้และน้ำนม ของโคกลุ่มที่ 4 สูงกว่าทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

Ovenell *et al.* (1991) ทดลองเสริมกากถั่วเหลืองร่วมกับการใช้รำข้าวสาลีละเอียดหรือข้าวโพดบดเป็นแหล่งโปรตีนและพลังงานเปรียบเทียบกับการเสริมข้าวโพดอย่างเดียว โดยมีหญ้าคุณภาพต่ำเป็นอาหารหยาบหลัก พบว่าปริมาณการกินและการย่อยได้ของหญ้าแห้งในกลุ่มที่มีการเสริมกากถั่วเหลืองร่วมกับข้าวโพดมากกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง สอดคล้องกับ Bodine *et al.* (2000) ศึกษาการใช้หญ้าแห้งเสริมด้วยข้าวโพดและกากถั่วเหลืองแก่โคเนื้อ โดยมีหญ้าแห้งคุณภาพต่ำเป็นอาหารหยาบหลัก พบว่าปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของหญ้า ในกลุ่มที่มีการเสริมร่วมกันของกากถั่วเหลืองกับข้าวโพดนั้นดีกว่าการเสริมข้าวโพดอย่างเดียว

3. การทดลอง

โครงการย่อยที่ 9 แบ่งออกเป็น 4 การทดลอง ดังนี้

❖ **การทดลองที่** 1 การพัฒนาอาหารหยาบคุณภาพดีใช้ทดแทนข้าวโพดหมักสำหรับเลี้ยงโคนม ใช้โคลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียน ระดับสายเลือด 87.5% จำนวน 5 ตัว น้ำหนักประมาณ 500 กก. อายุ 4 – 6 ปี จำนวนวันที่ให้นมประมาณ 220 วัน ให้นมประมาณ 15 กก. แบ่งเป็น 2 กลุ่ม โดยให้อาหารหยาบต่างกัน 2 ชนิด คือ 1) ใช้ข้าวโพดหมักเป็นหลัก 2) ใช้อาหารหยาบคุณภาพดี ซึ่งประกอบด้วยหญ้ารูซี่แห้งเป็นหลัก โดยข้าวโพดหมักและหญ้ารูซี่แห้งนั้นผลิตภายในศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ การเตรียมอาหารหยาบคุณภาพดีทำโดยนำหญ้ารูซี่แห้ง (ที่ผลิตจากหญ้าสดอายุมากกว่า 60 วัน) มาหั่นให้มีขนาด 2 – 5 ซม. แล้วผสมกับกากน้ำตาล ข้าวโพดบด กากถั่วเหลืองและรำตามสัดส่วนที่แสดงในตารางที่ 2 โดยผสมกันก่อนให้โคกินทันทีในแต่ละมื้อ กลุ่มที่ได้รับข้าวโพดหมักนั้น จะได้รับหญ้าแห้งเสริมตัวละ 1 กก./วัน โดยโคทั้ง 2 กลุ่มได้รับอาหารข้นซึ่งมีโปรตีน 20% ในอัตราส่วน น้ำนม 2.2 กก.ต่ออาหารข้น 1 กก.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทำการทดลอง 2 ระยะ แต่ละระยะมีช่วงปรับตัว 5 วันแรกและช่วงเก็บข้อมูล 7 วันหลัง เมื่อครบระยะแรกทำการสลับให้โคกลุ่มที่เคยได้กินข้าวโพดหมักมากินอาหารหยาบคุณภาพดี สภาพคอกทดลอง การรีดนม การเก็บตัวอย่างน้ำนมและตัวอย่างอาหารรวมทั้งการวิเคราะห์องค์ประกอบของตัวอย่างทำเช่นเดียวกับการทดลองที่ 4 โครงการย่อยที่ 1

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยวิธี pair comparison โดยใช้ t-test เพื่อหาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทรีตเมนท์ โดยใช้โปรแกรม SPSS version 10.0

◈ ผลและวิจารณ์การทดลองที่ 1

ส่วนประกอบทางโภชนะของอาหารที่ใช้เลี้ยงโคทดลอง แสดงดังตารางที่ 1 พบว่า ส่วนใหญ่มีค่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยโดยทั่วไปตามที่มีผู้เคยรายงานไว้ (NRC, 1988; สมสุข, 2544) สำหรับหญ้ารูซี่แห้งที่ใช้ในการทดลองเป็นหญ้าที่มีอายุมากกว่า 60 วัน จากแปลงของศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ ซึ่งผ่านการตัดมาแล้ว 3 ระยะในฤดูฝน โดยใส่เฉพาะปุ๋ยคอกหลังการตัดแต่ละครั้ง จึงมีโปรตีนเพียง 4.47% ซึ่งค่อนข้างต่ำกว่าระดับปกติตามที่เคยมีรายงานโดย วีณาพร (2547)ที่มีโปรตีน 8.3% สำหรับค่าพลังงานคิดเป็นยอดโภชนะย่อยได้ซึ่งได้จากการคำนวณโดยใช้สมการ Kearl (1982) นั้น ทั้งข้าวโพดหมักและหญ้าแห้งอยู่ในช่วงปรกติทั่วไป

ตารางที่ 1 Chemical composition (DM basis) of ingredients.

Composition	Ruzi hay	Corn silage	Molasses	Ground corn	Soybean meal	Rice bran
DM	88.23	28.67	71.05	86.80	87.12	87.74
CP	4.47	8.01	4.27	7.63	45.12	15.60
EE	1.30	2.15	0.28	4.45	2.29	18.55
Ash	4.96	5.54	10.50	1.40	6.90	9.16
CF	33.94	18.91	-	0.99	4.91	6.35
NFE	55.33	65.39	84.94	85.53	40.8	50.35
NFC	14.83	24.12	84.94	72.70	29.53	23.96
NDF	74.44	60.19	-	13.82	16.18	32.74
ADF	43.78	26.31	-	4.05	7.78	8.39
ADL	5.52	3.81	-	0.49	0.97	2.77
TDN	52.76[2/]	65.29[1/]	72[2/]	85[2/]	84.0[2/]	70.0[2/]

1/ TDN was calculated from the equations of Kearl (1982) as follows :

TDN of dry roughage (%DM) = -17.2649 +1.2120 (%CP) + 0.8352 (%NFE) + 2.4637 (%EE) + 0.4475 (%CF)

TDN of energy feed (%DM) = 40.2625 + 0.1969 (%CP) + 0.4228 (%NFE) + 1.1 (%EE) – 0.1379 (%GF)

TDN of protein supplement (%DM) = 40.3227 + 0.5398 (%CP) + 0.4448 (%NFE) + 1.4218 (%EE) – 0.7007 (%CF)

[2/] TDN value from NRC (1988)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในส่วนขององค์ประกอบทางโภชนะของอาหารหยาบคุณภาพดี (Good forage equivalent, GFE) ตามที่แสดงในตารางที่ 2 พบว่าเมื่อต้องการให้มีพลังงานใกล้เคียงกับข้าวโพดหมักที่ผสมกับหญ้าแห้งในอัตราส่วน 30 : 1 นั้น ต้องใช้กากน้ำตาล ข้าวโพดบด รำละเอียด และกากถั่วเหลือง ปริมาณ 1.5, 2.0, 1.3 และ 0.2 กก. ตามลำดับ ต่อหญ้าแห้ง 5.0 กก. ซึ่งมีราคา 4.16 บาท/ กก. อย่างไรก็ตาม ถ้าต้องการให้ได้โภชนะเท่ากับข้าวโพดหมักจริง ๆ แล้วต้องใช้อัตราส่วนถึง 0.98, 2.49, 0.85 และ 0.44 กก. ตามลำดับ ต่อหญ้าแห้ง 5.2 กก. ที่มีราคา 4.45 บาท/กก. ซึ่งแพงกว่าตลอดจนใช้ข้าวโพดในส่วนผสมค่อนข้างมากจะมีความเสี่ยงต่อสภาวะความเป็นกรดในกระเพาะ ดังนั้นในงานทดลองนี้จึงเลือกสูตรดังปรากฏในตารางที่ 2 ซึ่งมีราคาถูกกว่าข้าวโพดหมักที่ราคาคิดเป็นน้ำหนักแห้ง 5.23 บาท/กก.

ตารางที่ 2 Composition of good forage equivalent (GFE) compared to corn silage plus hay.

	Corn silage		GFE	
	Kg/day	%	Kg/day	%
Composition of feed (as fed)				
Corn silage	30	96.77	-	
Ruzi hay	1.0	3.23	5.0	50
Supplement [1/]	-	-	5.0	50
TDN (%)	64.12		64.67	
CP (%)	7.68		7.41	
ADF (%)	27.94		24.75	
Cost (baht/kg)				
- dry basis	5.23		4.16	
- fresh basis	1.5		3.55	

[1/] Supplements 5 kg (50%) : ground corn 2 kg (20%), rice bran 1.3 kg (13%), soybean meal 0.2 kg (2%), molasses 1.5 kg (15%)

โคทดลองกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบคุณภาพดีจะกินอาหารคิดเป็นน้ำหนักแห้งโดยรวมต่อวันมากกว่ากลุ่มที่ให้ข้าวโพดหมักอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) แต่เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวแล้วพบว่าไม่แตกต่างกัน เมื่อคิดเป็นปริมาณอาหารหยาบที่โคกินต่อวันแล้ว พบว่ากลุ่มที่กินอาหารหยาบคุณภาพดีจะกินได้มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทั้งในรูปของน้ำหนักรวมต่อวันหรือคิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว แสดงถึงความน่ากินของอาหารหยาบคุณภาพดีที่มีมากกว่า จะเห็นว่าการที่โคกินอาหารหยาบคุณภาพดีมากกว่าทำให้โคได้รับ TDN มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญ โดยได้รับโปรตีนต่อวันไม่แตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3 Feed and nutrient intake of milking cows fed different rations.

Roughage	Corn silage	GFE	SEM
Dry matter intake			
-kg/day	13.77[a]	15.43[b]	0.51
-%BW	3.02	3.23	0.18
Roughage intake			
-kg/day	6.61[a]	8.27[b]	0.51
-%BW	1.40[a]	1.74[b]	0.11
CP intake (kg/cow/day)	2.16	2.23	0.04
TDN intake (kg/cow/day)	9.41[a]	10.60[b]	0.33

[a,b] Means in the same row with different superscripts differ significantly ($p<0.05$)

ตารางที่ 4 Performances of cows fed different rations.

Animal performance	Roughage		
	Corn silage	GFE	SEM
Milk yield (kg/day)	15.00	14.28	1.27
4%FCM[1]	16.63	16.64	1.08
Milk constituent (%)			
-Fat	4.72	5.16	0.45
-Protein	3.51	3.58	0.06
-Lactose	4.40	4.35	0.04
-Total solid	13.33	13.79	0.25
-Solid not fat	8.62	8.63	0.09
Yield of constituent (kg/day)			
-Fat	0.71	0.74	0.04
-Protein	0.53	0.51	0.04
-Lactose	0.66	0.62	0.05
-Total solid	2.00	1.96	0.14
-Solid not fat	1.29	1.23	1.01
FCR (feed DM/kg milk)	0.92	1.10	0.06

[1] FCM = 0.4(kg of milk) + 15(kg of fat) , FCR: Feed conversion ratio

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4 แสดงปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบในน้ำนม จะเห็นว่าปริมาณน้ำนมของโคคิดในรูปน้ำนมรวมต่อวันและนมที่ปรับไขมันแล้ว (4% FCM) เมื่อกินข้าวโพดหมักและอาหารหยาบคุณภาพดีไม่แตกต่างกัน โดยอยู่ในช่วง 14.3 – 15 กก./วัน และ 16.6 กก. 4% FCM/วัน ส่วนองค์ประกอบในน้ำนมของโคทั้ง 2 กลุ่มก็ไม่ต่างกันเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าสังเกตว่า โคที่กินอาหารหยาบคุณภาพดีมีแนวโน้มของไขมันในน้ำนมมากกว่าโคที่กินข้าวโพดหมัก ทั้งนี้เนื่องจากอาหารหยาบคุณภาพดีมีหญ้าแห้งเป็นส่วนประกอบหลัก ซึ่งหญ้าแห้งสามารถช่วยกระตุ้นการเคี้ยวเอื้องได้มากกว่า ทำให้มีการหลั่งน้ำลายลงสู่กระเพาะหมักและเกิดสมดุลได้ดีกว่าข้าวโพดหมักที่มีความเป็นกรด ซึ่งแม้จะมีการผสมหญ้าแห้งลงไปด้วย 1 กก./วัน แต่ก็อาจไม่เพียงพอ ในส่วนของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำนมนั้น ไม่มีความแตกต่างกันระหว่าง 2 กลุ่ม โดยมีค่าระหว่าง 0.92 – 1.1 กก. อาหารต่อน้ำนม 1 กก.

ตารางที่ 5 Feed cost and income over feed

	Corn silage	GFE
Milk production (kg/day)	15	14.28
4% FCM (kg/day)	16.63	16.64
Price of concentrate (baht/kg)	8.30	8.30
Concentrate cost (baht/day)	68.64	68.64
Price of roughage (baht/kg)	1.5	3.55
Roughage cost (baht/day)	34.58	33.27
Total feed cost (baht/day)	103.22	101.91
Cost of milk production (baht/kg)	6.88	7.14
Cost of 4% FCM (baht/kg)	6.21	6.12
Income over feed (baht/kg milk)	5.62	5.36
Income over feed (baht/4%FCM)	6.29	6.38

Note : Income over feed (baht/kg milk) = {(milk yield × milk price) – feed cost} / milk yield

Milk price = 12.5 baht/kg milk

Cost of feed (baht/kg as fed basis) : concentrate = 7.1, ruzi hay = 2.5, molasses = 2.5, ground corn = 5.5, rice bran = 4.5, soybean meal = 12, corn silage = 1.5

ในส่วนของต้นทุนการผลิตน้ำนมแสดงดังตารางที่ 6 พบว่าโคกลุ่มที่กินข้าวโพดหมักมีรายรับหลังจากหักค่าอาหารแล้วมากกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบคุณภาพดี (5.62 เทียบกับ 5.36 บาทต่อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

น้ำนม 1 กก.) แต่เมื่อคิดเป็นน้ำนมที่ปรับให้มีไขมัน 4% แล้ว พบว่า โคที่กินอาหารหยาบคุณภาพดีจะมีรายรับต่อน้ำนม 1 กก. มากกว่า (6.38 เทียบกับ 6.29 บาทต่อน้ำนม 1 กก.)

ตารางที่ 6 Chemical composition (DM basis) and TDN of hay cut different date, GFE 65 and GFE 45

	DM	CP	EE	Ash	CF	NDF	ADF	ADL	NFC	TDN
Hay.65	88.23	4.47	1.30	4.96	33.94	74.44	43.78	5.52	14.83	52.76[1/]
Hay.45	90.23	7.16	1.99	7.46	23.69	65.62	30.65	4.13	17.77	56.77[1/]
GFE65	86.71	7.36	4.12	5.54	18.81	46.21	24.88	3.36	36.76	66.62[2/]
GFE45	86.68	8.76	4.48	6.84	13.47	41.61	18.04	2.64	38.30	68.72[2/]

[1/] TDN was calculated from the equations of Kearl (1982)

[2/] TDN was calculated from ingredients

❄ **สรุปการทดลองที่ 1**

ผลการทดลองสรุปได้ว่า การใช้อาหารหยาบคุณภาพดีซึ่งมีส่วนผสมของหญ้ารูซี่แห้ง กากน้ำตาล ข้าวโพดบด รำละเอียด ละกากถั่วเหลือง และกากน้ำตาล ปริมาณ 5.0, 1.5, 2.0, 1.3 และ 0.2 ตามลำดับ สามารถนำมาเลี้ยงโครีดนมได้ดีเทียบเท่ากับข้าวโพดหมัก เมื่อใช้อาหารข้นโปรตีน 20% เสริมในอัตรา 1 กก. ต่อน้ำนม 2.2 กก. โดยโคสามารถให้ผลผลิตน้ำนมที่ดีเท่าเทียมกัน รวมทั้งมีองค์ประกอบน้ำนมและต้นทุนการผลิตนมใกล้เคียงกัน อาหารหยาบคุณภาพดีจึงสามารถใช้ทดแทนข้าวโพดหมักสำหรับโครีดนมได้

❖ **การทดลองที่ 2** อายุการตัดของหญ้าแห้งที่เหมาะสมในการนำใช้ทำอาหารหยาบคุณภาพดีเพื่อเลี้ยงโคนม

ใช้โคลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน ระดับสายเลือด 87.5% จำนวนวันที่ให้นมประมาณ 200 วัน ให้นมประมาณ 15 กก. จำนวน 3 ตัว เลี้ยงในซองขังเดี่ยวเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

ส่วนของอาหารหยาบที่ใช้ทดลองเป็นหญ้ารูซี่แห้งตัดที่อายุ 45 วัน จากแปลงศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ เปรียบเทียบกับหญ้าแห้งชุดเดียวกับที่ใช้ในการทดลองที่ 1 (อายุ 65 วัน) นำหญ้าแห้งแต่ละระยะมาหั่นให้มีขนาด 2 – 5 ซม. แล้วเสริมด้วยข้าวโพดบด รำ กากถั่วเหลืองและกากน้ำตาลตามสัดส่วนที่แสดงไว้ในตารางที่ 2 (การทดลองที่ 1) เก็บตัวอย่างหญ้าตลอดการทดลองนำมารวมแล้ววิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมีและคำนวณค่าพลังงานได้ผลแสดงดังในตารางที่ 6 ในส่วนของอาหารข้นให้อาหารข้นซึ่งมีโปรตีน 20% ในอัตราส่วน น้ำนม 2.2 กก.ต่ออาหารข้น 1 กก. โดยสุ่มให้โคได้รับอาหารสลับกัน 2 ระยะ ๆ ละ 12 วัน แต่ละระยะให้โคปรับตัว 5 วัน และเก็บข้อมูล 7 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทำการให้อาหารวันละ 3 เวลา และทำการบันทึกข้อมูลน้ำนม ปริมาณการกินได้ และเก็บตัวอย่างอาหารเหลือตลอดจนตัวอย่างน้ำนมรวมทั้งทำการวิเคราะห์ทางสถิติเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

◈ ผลและวิจารณ์การทดลองที่ 2

องค์ประกอบทางเคมีของหญ้ารูซี่แห้งตัดที่อายุ 45 และ 65 วัน แสดงผลดังตารางที่ 6 ซึ่งพบว่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนและ TDN ของหญ้าตัดที่อายุ 65 วันต่ำกว่าหญ้าที่ตัดเมื่ออายุ 45 วัน แต่มีเยื่อใยสูงกว่า ซึ่งเป็นไปตามปกติของพืชอาหารสัตว์ที่อายุมากขึ้น จากการทดลองนี้พบว่า โปรตีนของหญ้าตัดที่อายุ 45 วัน ต่ำกว่าที่รำไพรและคณะ (2546) รายงานไว้ (7.16 เทียบกับ 7.50) แต่มีเถ้า NDF และ ADF ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้อาจเนื่องจากสภาพความสมบูรณ์ของดินที่ต่างกันในแต่ละพื้นที่และปริมาณการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ในส่วนของค่าพลังงานของหญ้าที่ตัดทั้ง 2 ระยะ พบว่าต่ำกว่าหญ้ารูซี่แห้งตัดที่อายุ 50 วัน ที่โครงการย่อยที่ 2 รายงานไว้ว่ามีค่า TDN เท่ากับ 59.09% ซึ่งเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมการจัดการและการผลิตที่แตกต่างกัน ซึ่งเมื่อนำหญ้ารูซี่แห้งที่ตัดทั้ง 2 ระยะ มาประกอบเป็นอาหารหยาบคุณภาพดี (GFE) แล้ววิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีได้ผลแสดงดังตารางที่ 6 ซึ่งพบว่าอาหารหยาบคุณภาพดีที่ใช้หญ้ารูซี่แห้งตัดที่อายุ 65 วัน(GFE 65) มีโปรตีนและ TDN น้อยกว่า GFE 45 แต่มีเยื่อใยสูงกว่า

จากตารางที่ 7 พบว่าโคในกลุ่มที่ได้รับ GFE 45 กินอาหารคิดเป็นน้ำหนักแห้งต่อวันและเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวมากกว่ากลุ่ม GFE 65 อย่างมีนัยสำคัญ โดยเป็นผลมาจากปริมาณของอาหาร-หยาบที่กินได้มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทั้งเมื่อคิดในรูปน้ำหนักรวมต่อวันและเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวนั้นเอง ทั้งนี้เนื่องมาจาก GFE 45 ใช้หญ้าตัดที่อายุ 45 วัน ที่มีเยื่อใยน้อยกว่าทำให้มีความนุ่มน่ากินมากกว่า นอกจากนี้ยังย่อยได้ดีกว่าด้วยจึงทำให้โคได้รับโปรตีนมากกว่าเมื่อได้รับ GFE 65 อย่างมีนัยสำคัญ และมีแนวโน้มว่าจะได้รับค่า TDN มากกว่าแต่ความแตกต่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ในส่วนของปริมาณ NDF ที่กินได้นั้นทั้ง 2 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกันซึ่งก็เนื่องมาจากปริมาณอาหารหยาบที่กินได้ในกลุ่ม GFE 45 สูงกว่าทำให้ได้รับ NDF มากกว่า แต่เมื่อคิดเป็นสัดส่วนในอาหารพบว่ากลุ่ม GFE 65 มีเปอร์เซ็นต์ของ NDF ในสูตรอาหารมากกว่ากลุ่ม GFE 45 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในส่วนของ ADF ที่กินได้นั้น พบว่าทั้งในรูปที่กินต่อวันและสัดส่วนในสูตรอาหารของกลุ่ม GFE 65 มีค่าสูงกว่ากลุ่ม GFE 45 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ค่า ADF ทั้ง 2 กลุ่มนี้ยังอยู่ในระดับต่ำกว่าที่ NRC (1988) แนะนำไว้ให้มีเปอร์เซ็นต์ ADF ในอาหาร 21% อย่างไรก็ดีโคในกลุ่ม GFE 65 ไม่ได้แสดงอาการผิดปกติแต่อย่างใด ส่วนโคกลุ่ม GFE 45 นั้นสังเกตพบได้ว่ามูลมีลักษณะเหลวขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 7 Feed and nutrient intake of milking cows fed different rations

	GFE 65	GFE 45	SEM
Dry matter intake			
-kg/day	15.92[a]	16.65[b]	0.12
-%BW	3.22[a]	3.32[b]	0.02
Roughage intake			
-kg/day	8.71[a]	9.45[b]	0.03
-%BW	1.76[a]	1.88[b]	0.02
CP intake (kg/cow/day)	2.27[a]	2.47[b]	0.02
TDN intake (kg/cow/day)	10.96	11.81	0.24

[a,b] Means in the same row with different superscripts differ significantly ($p < 0.05$)

ตารางที่ 8 Performances of cows fed different rations

Animal performance	GFE 65	GFE 45	SEM
Milk yield (kg/day)	16.71	16.46	0.85
4%FCM[1]	17.48	17.02	0.38
Milk constituent (%)			
-Fat	4.33	4.23	0.18
-Protein	3.14	3.40	0.22
-Lactose	4.28	4.35	0.04
-Total solid	12.44	12.42	0.18
-Solid not fat	8.12[a]	8.18[b]	0.005
Yield of constituent (kg/day)			
-Fat	0.72[b]	0.70[a]	0.004
-Protein	0.52	0.57	0.07
-Lactose	0.72	0.72	0.04
-Total solid	2.08	2.05	0.07
-Solid not fat	1.36	1.35	0.07
FCR (feed DM/kg milk)	0.95	1.02	0.06

[a,b] Means in the same row with different superscripts differ significantly ($p < 0.05$)

[1]FCM = 0.4(kg of milk) + 15(kg of fat) , FCR: Feed conversion ratio

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตารางที่ 8 พบว่า ปริมาณน้ำนมที่ผลิตได้ต่อวันและนมปรับไขมัน (4%FCM) ของโคที่กินอาหารหยาบคุณภาพดีทั้ง 2 ชนิด ไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้องค์ประกอบในน้ำนมส่วนใหญ่ก็ไม่แตกต่างกันด้วย ยกเว้นของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน (solid not fat) ซึ่งพบว่าโคที่ได้รับ GFE 45 จะสูงกว่ากลุ่ม GFE 65 อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเนื่องมาจากน้ำนมของกลุ่ม GFE 45 มีโปรตีนและแลคโตสสูงกว่า GFE 65 อย่างไรก็ดีเมื่อพิจารณาผลผลิตน้ำนมพบว่าโคที่ได้รับ GFE 45 มีแนวโน้มว่าจะให้ผลผลิตทั้งปรับและไม่ปรับไขมันในน้ำนมต่ำกว่า GFE 65 ซึ่งอาจเนื่องมาจากหญ้าแห้งที่นำมาใช้มีเยื่อใยน้อยเกินไป ทำให้การกระตุ้นให้เกิดการเคี้ยวเอื้องเพื่อหลั่งน้ำลายไม่เพียงพอกับการปรับสภาพกรดที่เกิดจากการกินคาร์โบไฮเดรตที่สลายตัวได้ง่าย จึงอาจทำให้เกิดความไม่สมดุลในกระเพาะรูเมน ส่งผลให้ผลผลิตลดลง นอกจากนี้ไขมันนมในกลุ่ม GFE 65 ยังมีแนวโน้มสูงกว่า GFE 45 ซึ่งน่าจะมาจากการได้รับเยื่อใยมากกว่าทำให้มีการผลิตกรดอะซิติกและบิวทิริกเพื่อนำไปสร้างเป็นไขมันในน้ำนมได้ดีกว่า ในส่วนของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำนมนั้น ไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 9 Feed cost and income over feed

	GFE 65	GFE 45
Milk production (kg/day)	16.71	16.46
4% FCM (kg/day)	17.48	17.02
Price of concentrate (baht/kg)	8.30	8.30
Concentrate cost (baht/day)	68.89	68.89
Price of roughage (baht/kg)	3.55	3.80
Roughage cost (baht/day)	35.65	41.41
Total feed cost (baht/day)	104.54	110.3
Cost of milk production (baht/kg)	6.26	6.70
Cost of 4% FCM (baht/kg)	5.98	6.48
Income over feed (baht/kg milk)	6.24	5.80
Income over feed (baht/4%FCM)	6.52	6.02

ตารางที่ 9 แสดงต้นทุนการผลิตน้ำนม ซึ่งพบว่า โคที่กิน GFE 65 เสริมอาหารข้นมีกำไรหลังจากหักค่าอาหารแล้วเท่ากับ 6.24 บาท/น้ำนม 1 กก. ในขณะที่กลุ่ม GFE 45 มีกำไร 5.80 บาท/น้ำนม 1 กก. และเมื่อคิดเป็นผลผลิตน้ำนมที่ปรับไขมันนม 4% พบว่า กลุ่มที่ได้รับ GFE 65 จะมีรายรับ 6.52 บาทต่อน้ำนม 1 กก. ซึ่งมากกว่าโคที่ได้รับ GFE 45 ดังนั้นการใช้อาหารหยาบคุณภาพดีที่ผลิตจากหญ้าที่มีอายุ 65 วัน จึงมีความคุ้มค่ากว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

❄ สรุปการทดลองที่ 2

ผลการทดลองสรุปได้ว่า การใช้หญ้ารูซี่แห้งที่ตัดที่อายุ 65 วันมาทำเป็นอาหารหยาบคุณภาพดี เมื่อนำมาใช้เลี้ยงโคนมมีแนวโน้มว่าจะทำให้ผลผลิต องค์ประกอบของน้ำนมและต้นทุนการผลิตดีกว่าการใช้หญ้ารูซี่แห้งที่ตัดที่อายุ 45 วันโดยเป็นผลจากการได้รับเยื่อใยในสัดส่วนที่เหมาะสม ทำให้เกิดการสร้างไขมันนมได้ในปริมาณที่สูงกว่า ดังนั้นในการทำอาหารหยาบคุณภาพดีจึงควรกำหนดให้มีเยื่อใยในระดับที่พียงพอโดยเป็นหญ้ารูซี่ที่อายุประมาณ 65 วัน

❖ **การทดลองที่ 3** การใช้ใบกระถินแห้งเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนการใช้รำและกากถั่วเหลืองในอาหารหยาบคุณภาพดีเพื่อใช้เลี้ยงโคที่ให้นมสูง

ใช้โคลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียน ระดับสายเลือด 87.5% จำนวน 6 ตัว น้ำหนักประมาณ 500 ± 53.43 กก. อายุ 4 – 6 ปี จำนวนวันที่ให้นม 123 ± 17.01 วัน ให้นมประมาณ 19.08 ± 1.45 กก. เลี้ยงในซองขังเดี่ยวผูกยืนโรงเช่นเดียวกับในโครงการย่อยที่ 1

ใช้หญ้ารูซี่แห้งซึ่งเป็นหญ้าแห้งที่อายุ 65 วัน ของศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ โดยทำการหั่นหญ้าให้เป็นท่อนยาวประมาณ 2 นิ้ว ก่อนนำไปผสมอาหาร โดยโคจะได้รับอาหารหยาบต่างชนิดกันดังนี้

กลุ่มที่ 1 หญ้ารูซี่แห้งราดกากน้ำตาลผสมกับข้าวโพดบดและใบกระถินแห้ง

กลุ่มที่ 2 หญ้ารูซี่แห้งราดกากน้ำตาลผสมกับข้าวโพดบด รำและกากถั่วเหลือง

กลุ่มที่ 3 หญ้ารูซี่แห้งราดด้วยกากน้ำตาล

ในส่วนของอาหารข้นนั้น ใช้อาหารผสมสำเร็จรูปชนิดอัดเม็ดซื้อจากบริษัทมีโปรตีน 20% ซึ่งเป็นชนิดเดียวกับที่ใช้ในการทดลองที่ 4 โดยให้ตามปริมาณน้ำนมที่รีดได้ในสัดส่วนที่ต่างกันคือ กลุ่มที่ 1 และ 2 ให้ได้รับอาหารข้น 1 กก.ต่อน้ำนมที่รีดได้ 2.2 กก. ส่วนกลุ่มที่ 3 ให้อาหารข้น 1 กก./น้ำนมที่รีดได้ 2.0 กก. สัดส่วนของอาหารที่ให้แสดงในตารางที่ 10

ให้อาหารข้นวันละ 3 เวลา ทำการทดลอง 3 ระยะ ๆ ละ 16 วัน แต่ละระยะให้สัตว์ปรับตัวในช่วง 7 วันแรกและเก็บข้อมูล 9 วันหลัง การวางแผนการทดลอง การบันทึกข้อมูล การเก็บตัวอย่างอาหาร ตัวอย่างน้ำนมรวมทั้งการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทำเช่นเดียวกับการทดลองที่ 4 ในโครงการย่อยที่ 1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 10 Composition of roughage mixeds and amounts of concentrate

Ingredient[a]	RM1		RM2		RM3	
	(%)	(kg/d)	(%)	(kg/d)	(%)	(kg/d)
Roughages						
-Ruzi hay	50	5.9	50	5.7	85	7.4
- Molasses	15	1.8	15	1.7	15	1.3
- Ground corn	20	2.4	20	2.3	-	
- Leucaeena	15	1.8	-	-	-	
- Rice bran	-	-	13	1.5	-	
- Soybean meal	-	-	2	0.2	-	
Total	100	11.9	100	11.4	100	8.7
Concentrate (kg/day)		9.25		9.25		10.25

a = as fed basis , RM = roughage mix

◈ ผลและวิจารณ์การทดลองที่ 3

ตารางที่ 11 Chemical composition (DM basis) of leucaena leaves and roughage mixeds

composition (%DM)	Leu	RM1	RM2	RM3
Roughage				
CP.	21.23	7.69	7.41	4.45
EE	5.14	2.41	4.14	1.17
CF	11.28	19.49	18.71	29.72
Ash	10.10	5.73	5.53	5.65
NFE	40.72	-	-	-
NDF	31.51	46.16	46.03	65.18
ADF	16.62	26.02	24.75	38.33
NFC	32.03	38.02	36.89	23.55
TDN	69.82[2/]	64.56[1/]	66.73[1/]	56.56[1/]

[1]/ TDN was calculated from ingredients

[2]/ TDN was calculated from the equations of Kearl (1982)

จากตารางที่ 11 พบว่า คุณค่าทางอาหารของใบกระถินแห้งที่ใช้ในการทดลองมีโปรตีนต่ำกว่าที่ Cheva-isarakul (1982) รายงานไว้ว่ามีเปอร์เซ็นต์โปรตีน 26% แต่ค่า NFE ของกระถินที่ใช้ในการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทดลองนี้จะต่ำกว่า (40.72 เทียบกับ 45.5%) ซึ่งก็อาจเนื่องมาจากความแตกต่างในด้านความอ่อนแก่ของกระถินและพื้นที่เพาะปลูก ส่วนค่าการย่อยได้ของโภชนะรวม (TDN) จากการคำนวณโดยใช้สมการของ Kearl (1982) ของใบกระถินที่ใช้ในการทดลองนี้พบว่าให้ค่าสูงกว่าที่ Göhl (1975) รายงานไว้ในการศึกษากับโคเนื้อ (69.82 เทียบกับ 56) จากตารางที่ 11 จะเห็นว่าวัตถุแห้งของอาหารหยาบผสมทั้ง 3 สูตร มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนค่าโปรตีน ไขมัน NFC และค่าพลังงานของสูตรที่ 1 และ 2 มีค่าใกล้เคียงกัน แต่ในสูตรที่ 3 มีค่าต่ำที่สุด เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ในสูตรที่ 3 มีเฉพาะหญ้าแห้งกับกากน้ำตาลโดยไม่มีการเสริมวัตถุดิบที่เป็นแหล่งโปรตีนและพลังงาน ซึ่งกากน้ำตาลมีโปรตีนและพลังงานต่ำ นอกจากนี้ยังพบว่า ค่า NDF และ ADF ในสูตรที่ 3 มีค่าสูงกว่าสูตรอื่น ๆ ซึ่งก็เนื่องมาจากมีสัดส่วนของหญ้ารูซี่แห้งสูง (85%) นั้นเอง

ปริมาณอาหารที่กินได้ของโคทั้ง 3 กลุ่มแสดง ในตารางที่ 12 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณวัตถุแห้งที่โคแต่ละกลุ่มกินได้พบว่า โคในกลุ่มที่ 1 และ 2 กินอาหารโดยรวมคิดเป็นวัตถุแห้งใกล้เคียงกัน ทำให้ได้รับโปรตีนและพลังงานใกล้เคียงกัน แต่ในกลุ่มที่ 3 โคกินได้น้อยกว่า ($p<0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแม้ว่าในกลุ่มที่ 3 จะมีการเสริมอาหารข้นในอัตราที่มากกว่า 2 กลุ่มแรกก็ตาม แต่มีสัดส่วนของหญ้าแห้งสูงกว่า อาหารจึงมีความฟ่ามและมี NDF มากกว่า ทำให้มีการย่อยได้ช้า อาหารจึงค้างในกระเพาะรูเมนนานกว่า เป็นเหตุให้ปริมาณการกินได้ลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของอาหารหยาบ ซึ่งสอดคล้องกับที่ Forbes (1985) และ Miller *et al.*(1990) ได้รายงานไว้และจากการที่โคกลุ่ม 3 กินอาหารหยาบได้น้อยกว่านี้เองจึงทำให้ได้รับโปรตีนและพลังงานน้อยกว่ากลุ่มที่ 1 และ 2 ($p<0.05$) อย่างไรก็ดีปริมาณอาหารที่กินได้ของโคทั้ง 3 กลุ่มยังสูงกว่าค่าที่ NRC (1989) แนะนำไว้ คือ โคที่มีน้ำหนักตัวประมาณ 500 กก. ให้น้ำนมที่มีไขมันนม 4% จำนวน 20 กก. จะกินอาหารคิดเป็นวัตถุแห้งได้ประมาณ 3.2% ของน้ำหนักตัว อนึ่งปริมาณการกินได้ที่สูงของทั้ง 3 สูตรนี้ อาจเนื่องมาจากการใช้กากน้ำตาลราดหญ้ารูซี่แห้งทำให้ช่วยเพิ่มความน่ากินของพืชอาหารหยาบซึ่ง Preston and Leng (1987; cited by Shem,2003) ได้เคยรายงานไว้เช่นกัน อีกทั้งกากน้ำตาลยังสามารถสลายตัวได้รวดเร็วในกระเพาะรูเมน จึงเป็นแหล่งพลังงานเพื่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จึงทำการย่อยอาหารโดยเฉพาะอย่างยิ่งจำพวกเยื่อใยมีประสิทธิภาพดีขึ้น ส่งผลให้โคกินอาหารได้เพิ่มขึ้น

จากตารางที่ 13 พบว่า ปริมาณน้ำนมที่รีดได้จากโคทั้ง 3 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่เมื่อปรับเป็นน้ำนมที่มีไขมัน 4% แล้วโคทั้ง 3 กลุ่มจะให้ปริมาณน้ำนมที่ต่างกัน ($p<0.05$) โดยในกลุ่มที่ 3 จะต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ ซึ่งเนื่องมาจากปริมาณการกินได้และโภชนะที่ได้รับต่ำกว่านั่นเอง ดังแสดงในตารางที่ 18 ส่งผลให้มีพลังงานสำหรับใช้ในการผลิตน้ำนมน้อยกว่า ส่วนโคในกลุ่มที่ 1 พบว่าให้ผลผลิตน้ำนมที่ปรับไขมันแล้วน้อยกว่ากลุ่มที่ 2 เนื่องมาจากเปอร์เซ็นต์ไขมันนมในกลุ่มที่ 2 มีมากกว่าเมื่อปรับเป็นน้ำนมที่มีไขมัน 4% จึงได้ปริมาณมากกว่า อย่างไรก็ตามองค์ประกอบน้ำนมของโคทุกกลุ่มอยู่ในช่วงปรกติของโครีดนมโดยทั่วไป สำหรับปริมาณโปรตีนที่โคผลิตต่อวัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พบว่า โคกลุ่ม 3 ผลิตโปรตีนน้อยกว่ากลุ่ม 1 และกลุ่ม 2 อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้เพราะน้ำนมของโคกลุ่มนี้มีโปรตีนต่ำที่สุด (3.18 เทียบกับ 3.34 – 3.48%) ส่งผลให้การผลิตของแข็งรวมในน้ำนมเป็นไปในทิศทางเดียวกันคือมีค่าต่ำสุดในกลุ่ม 3

ตารางที่ 12 Feed and nutrient intake of milking cows fed different rations

	T1	T2	T3
Dry matter intake			
-kg/day	18.81[b]	18.40[b]	16.81[a]
-%BW	3.75[b]	3.62[b]	3.33[a]
Roughage intake			
-kg/day	10.72[b]	10.32[b]	7.84[a]
-%BW	2.14[b]	2.04[b]	1.56[a]
CP intake (kg/cow/day)	2.56[b]	2.49[b]	2.27[a]
TDN intake (kg/cow/day)	12.60[b]	12.63[b]	10.74[a]

[a,b,c] Means in the same row with different superscripts differ significantly ($p < 0.05$)

ตารางที่ 13 Performances of cows fed different rations

Animal performance	T1	T2	T3	SEM
Milk yield (kg/day)	19.29	20.29	17.92	0.58
4%FCM[1]	20.18[b]	20.94[c]	19.50[a]	0.08
Milk constituent (%)				
- Fat	4.11	4.32	4.35	0.14
- Protein	3.48	3.34	3.18	0.12
- Lactose	4.65	4.73	4.62	0.03
- Total solid	13.10	12.95	13.04	0.21
- Solid not fat	8.74	8.72	8.55	0.06
Yield of constituent (kg/day)				
- Fat	0.83	0.80	0.77	0.04
- Protein	0.67[b]	0.68[b]	0.57[a]	0.01
- Lactose	0.90	0.96	0.83	0.03
- Total solid	2.49[ab]	2.61[b]	2.35[a]	0.04
- Solid not fat	1.67	1.64	1.52	0.05
FCR (feed DM/kg milk)	0.98	0.91	0.94	0.03

[1]FCM = (0.4)(kg of milk) + (15)(kg of fat), FCR: Feed conversion ratio

[a,b,c] Means in the same row with different superscripts differ significantly ($p < 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นอกจากนี้ยังพบแนวโน้มว่ากลุ่มที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์ไขมันน้อยกว่ากลุ่มที่ 2 และ 3 ซึ่งเนื่องจากกลุ่มที่ 3 นั้นได้รับอาหารหยาบที่มีเยื่อใยสูง (NDF=65.18%) มากกว่ากลุ่มอื่น ๆ ส่งผลให้การหมักย่อยของกระเพาะรูเมนได้อะซิเตตและบิวทิเรตสูง ซึ่งอะซิเตตในส่วนที่เหลือจากการเป็นแหล่งพลังงานแล้วก็จะถูกใช้สร้างไขมันในน้ำนม ส่วนการที่โคในกลุ่มที่ 2 มีแนวโน้มว่ามีเปอร์เซ็นต์ไขมันนมสูงกว่ากลุ่มที่ 1 ก็อาจเนื่องมาจากไขมันในอาหารหยาบของกลุ่มที่ 2 นั้นสูงกว่ากลุ่มที่1 ดังนั้นก็อาจมีกรดไขมันส่วนหนึ่งที่นำไปสร้างเป็นไขมันในน้ำนม

ส่วนปริมาณอาหารที่ใช้ในการให้ผลผลิตน้ำนม (FCR) ทั้ง 3 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่มีแนวโน้มว่ากลุ่มที่ 2 มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำนมได้ดีที่สุด ซึ่งอาจเป็นผลจากการมีแหล่งของโปรตีนและพลังงานที่เหมาะสมเสริมลงในหญ้าแห้งทำให้การเจริญและสร้างโปรตีนของจุลินทรีย์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

เมื่อพิจารณาในส่วนของต้นทุนค่าอาหารในการผลิตน้ำนมผลแสดงในตารางที่ 14 พบว่าค่าอาหารข้นที่โคกินต่อวันของกลุ่มที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 65.68, 65.68 และ 72.76 บาท ซึ่งกลุ่มที่ 3 เสียค่าอาหารข้นสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ เนื่องจากได้รับอาหารข้นมากกว่ากลุ่มอื่น ๆประมาณ 1 กก. เพื่อทดแทนโภชนะในอาหารหยาบที่ต่ำกว่ากลุ่มอื่น แต่เมื่อคิดค่าอาหารหยาบรวมด้วย พบว่ากลุ่มที่ 3 แสดงแนวโน้มให้ผลกำไรมากกว่ากลุ่มที่ 2 และ 1 ตามลำดับ เนื่องจากกลุ่มที่ 3 กินอาหารหยาบน้อยกว่าและอาหารหยาบมีราคาต่ำกว่า

ตารางที่ 14 Feed cost and income over feed

	T1	T2	T3
Milk production (kg/day)	19.29	20.29	17.92
4% FCM (kg/day)	20.18	20.94	19.50
Price of concentrate (baht/kg)	7.1	7.1	7.1
Concentrate cost (baht/day)	65.68	65.68	72.76
Price of roughage (baht/kg)	3.48	3.55	2.5
Roughage cost (baht/day)	43.68	42.97	22.88
Total feed cost (baht/day)	109.36	108.65	95.64
Cost of milk production (baht/kg)	5.67	5.35	5.34
Cost of 4% FCM (baht/kg)	5.42	5.19	4.90
Income over feed (baht/kg milk)	6.83	7.15	7.16
Income over feed (baht/4%FCM)	7.08	7.31	7.60

Note : Income over feed (baht/kg milk) = {(milk yield × milk price) – feed cost} / milk yield

Milk price = 12.5 baht/kg milk

Cost of feed (baht/kg as fed basis) : concentrate = 7.1, ruzi hay = 2.5, molasses = 2.5, ground corn = 5.5, leucaena leaves = 5, rice bran = 4.5, soybean meal = 12, corn silage = 1.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

❄ **สรุปการทดลองที่ 3**

ผลการทดลองสรุปได้ว่าการใช้หญ้ารูซี่แห้งเสริมแหล่งพลังงานคือ กากน้ำตาล ข้าวโพด และเสริมแหล่งของโปรตีนจากใบกระถินแห้งให้ผลใกล้เคียงกับเมื่อใช้แหล่งโปรตีนจากรำละเอียด และกากถั่วเหลืองทั้งในแง่ปริมาณอาหารที่กิน ปริมาณน้ำนม ส่วนประกอบของน้ำนมและต้นทุนที่ใช้ในการผลิตน้ำนม การให้อาหารข้นในปริมาณที่สูงขึ้นเพื่อทดแทนโภชนะให้กับโคที่ได้รับเฉพาะหญ้าแห้งเสริมกากน้ำตาล ให้ผลไม่ดีเท่ากับการใช้วิธีการปรับปรุงอาหารหยาบคุณภาพต่ำโดยการเสริมแหล่งของโปรตีนและพลังงานลงไปในหญ้าแห้งให้เป็นอาหารหยาบคุณภาพดี ผลการทดลองนี้น่าจะนำไปประยุกต์ใช้กับการให้อาหารหยาบชนิดอื่น ๆ ได้

❖ **การทดลองที่ 4 อาหารข้นที่เหมาะสมกับการใช้เลี้ยงโคนมร่วมกับอาหารหยาบคุณภาพดี**

อาหารข้นที่ใช้ในการทดลองมี 2 ชนิด คือ ชนิดที่ผลิตจำหน่ายในท้องตลาด และชนิดที่คำนวณสูตรขึ้นเอง โดยอาหารชนิดที่จำหน่ายในท้องตลาดเป็นอาหารโคนมที่จดทะเบียนโปรตีน 20% เป็นอาหารชนิดที่มีผู้นิยมใช้กันมากในแถบ จ.สระบุรี และผลิตจากโรงงานมาตรฐานที่มียอดการผลิตเกิน 3,000 ตัน/เดือน นำมาตรวจสอบหาปริมาณยูเรียและส่วนประกอบทางเคมีโดยทำการวิเคราะห์แบบ Proximate analysis และ Detergent method ส่วนอาหารข้นสูตรที่คำนวณเองใช้วัตถุดิบและปริมาณตามที่แสดงในตารางที่ 15 โดยใช้ยูเรียเป็นส่วนผสม 1% ไม่ผสมกากปาล์ม ใช้บายพาสโปรตีนจากกากถั่วเหลืองทรีตด้วยฟอร์มัลดีไฮด์ 0.3% ตามกรรมวิธีที่ระบุไว้ในโครงการย่อยที่ 6 โดยใช้ผสมในปริมาณ 7% ของสูตรอาหาร พร้อมทั้งผสมบัฟเฟอร์และสารปรับ pH ในกระเพาะรูเมน คือ $NaHCO_3$ และ MgO ในปริมาณ 1.5 และ 0.8% ตามลำดับ ทำการอัดเม็ดให้มีขนาดเดียวกับสูตรแรกโดยใช้เครื่องจักรและวัตถุดิบจากโรงงานเดียวกัน สูตรของอาหารข้นที่ใช้ในการทดลองมีส่วนประกอบดังแสดงในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ส่วนผสมของอาหารข้นสูตรที่คำนวณเอง

วัตถุดิบ	ปริมาณ (กก.)	วัตถุดิบ	ปริมาณ (กก.)
รำละเอียด	15	กากมะพร้าว	7
มันสำปะหลังบด	30.5	กากทานตะวัน	6
กากเรปสีด	6	กากน้ำตาล	7
กากถั่วเหลือง	10	ยูเรีย	1
กากถั่วเหลืองทรีตฟอร์		แร่ธาตุผง	3.6
มัลดีไฮด์ 0.3%	7	โซเดียมไบคาร์บอเนต	1.5
กากถั่วลิสง	4.6	แมกนีเซียมออกไซด์	0.8
รวม 100% = โปรตีน 20.4%, TDN 70%, NFC 40% และ Fat 4%			

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อาหารหยาบที่ให้โคทั้ง 2 กลุ่มกินเป็นอาหารหยาบคุณภาพดี (GFE) ที่เตรียมจากหญ้าแห้งอายุมากกว่า 60 วัน ที่ตัดให้มีขนาด 2 – 5 ซม. ชุดเดียวกับที่ใช้ในการทดลองที่ 1 โดยนำมาผสมกับกากน้ำตาล ข้าวโพดบด รำละเอียด และกากถั่วเหลือง ในปริมาณ 5, 1.5, 2, 1.3 และ 0.2 กก. ตามลำดับ เช่นเดียวกับงานทดลองที่ 1 และ 2 ให้โคกินอย่างเต็มที่ สำหรับปริมาณอาหารข้นที่ให้โคกินจะใช้ในอัตราส่วน 1 กก.ต่อน้ำนม 2.2 กก.

ใช้โคลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน 6 ตัว ระดับสายเลือด 87.5% จำนวนวันที่ให้นมประมาณ 180 วัน ให้นมประมาณ 17 กก. เลี้ยงในซองขังเดี่ยวเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 แบ่งโคเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 3 ตัว สุ่มให้แต่ละกลุ่มได้รับอาหารสลับกัน 2 ระยะ ๆ ละ 18 วัน โดยให้โคปรับตัวในช่วง 8 วันแรก และเก็บข้อมูล 10 วันหลัง ทำการให้อาหาร 3 เวลา และทำการบันทึกข้อมูลน้ำนม ปริมาณการกินได้ และเก็บตัวอย่างอาหารเหลือตลอดจนตัวอย่างน้ำนมเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยวิธี pair comparison โดยใช้ t-test เพื่อหาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทรีตเมนท์ โดยใช้โปรแกรม SPSS version 10.0

◈ ผลและวิจารณ์การทดลองที่ 4

องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณอาหารที่กินได้ของอาหารข้นสูตร 1 (ที่ผลิตทางการค้า) และสูตร 2 (ที่คิดเอง) แสดงไว้ในตารางที่ 16 จะเห็นว่า สูตร 1 มีโปรตีน 21.48% ของวัตถุแห้ง ซึ่งเมื่อคำนวณเป็นร้อยละของสภาพแห้งปกติ (air dry) พบว่ามีโปรตีน 18.79% ต่ำกว่าที่ระบุในฉลากข้างถุงอาหารเล็กน้อย ส่วนสูตร 2 มีโปรตีน 22.84% ของวัตถุแห้งหรือ 19.84% ของสภาพแห้งปกติ ซึ่งใกล้เคียงกับที่กำหนดไว้คือ 20.4%

ตารางที่ 16 Chemical composition (DM basis) and cost of concentrates

	DM	CP	EE	Ash	CF	NFC	NDF	ADF	ADL	TDN	Urea	Cost (Baht/kg)
Conc.1	87.48	21.48	3.54	8.66	10	30.32	35.99	15.36	5.69	70.81[1/]	1.69	7.18
Conc.2	86.86	22.84	2.98	10.27	7.87	33.01	30.91	14.10	4.67	70.65[1/]	1.29	8.30
GFE	85.26	7.41	4.14	5.53	18.71	36.89	46.03	24.75	-	66.73[1/]	-	3.55

[1/] TDN was calculated from the equations of Kearl (1982)

Note: Conc. 1 = commercial , Conc. 2 = self formulated

จากการวิเคราะห์พบว่าอาหารข้นสูตร 1 ใช้ยูเรียเป็นส่วนประกอบ 1.69% ส่วนสูตร 2 มียูเรียผสมอยู่ 1.29% ของวัตถุแห้ง ซึ่งเมื่อคิดเป็นร้อยละของสภาพแห้งปกติ พบว่าทั้ง 2 สูตรมียูเรีย 1.48 และ 1.12% ตามลำดับ จะเห็นว่าระดับยูเรียในสูตร 2 มีค่าสูงกว่าที่กำหนดไว้ คือ 1% เพียงเล็กน้อย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับปริมาณลิกนิน (ADL) ในอาหารนั้นพบว่าสูตร 1 มีค่าสูงกว่าสูตร 2 ซึ่งเนื่องมาจากการมีกากปาล์มที่ไม่กะเทาะเปลือกผสมอยู่ด้วย เพราะตรวจพบจากการนำมาละลายในน้ำเห็นชิ้นส่วนของกะลาปาล์มได้ชัดเจน ในขณะที่สูตร 2 ไม่ได้ใช้กากปาล์มเป็นส่วนผสม สำหรับปริมาณ TDN ในอาหารนั้น พบว่าทั้งสองสูตรมีค่าใกล้เคียงกัน

ในด้านราคาพบว่าสูตร 2 ที่คำนวณเองมีการใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพดี มียูเรียในปริมาณที่น้อยกว่าและไม่ผสมกากปาล์มจึงมีราคา 8.3 บาท/ 1 กก. ซึ่งแพงกว่าสูตรที่ผลิตเพื่อจำหน่ายในทางธุรกิจ อย่างไรก็ดีส่วนประกอบทางเคมีของอาหารทั้งสองสูตรอยู่ในช่วงปกติของอาหารโคนมโดยทั่วไป

เมื่อพิจารณาในด้านปริมาณการกินอาหารรวม ทั้งอาหารหยาบและอาหารข้นคิดเป็นน้ำหนักแห้ง/วัน พบว่าโคที่ได้รับอาหารข้นทั้ง 2 กลุ่มกินอาหารได้ไม่แตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มว่าโคที่ได้รับอาหารสูตร 1 จะกินอาหารคิดเป็นน้ำหนักแห้งต่อวันมากกว่าซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณของอาหารหยาบที่กินได้ แต่เมื่อพิจารณาปริมาณการกินคิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวนั้นพบว่ากลุ่ม 2 มีแนวโน้มมากกว่า ทั้งนี้เนื่องมาจากโคในกลุ่มนี้น่าจะมีการเพิ่มน้ำหนักตัวน้อยกว่า

จะเห็นว่าอาหารที่ผลิตจำหน่ายทางธุรกิจที่มีการใช้กากปาล์มเป็นส่วนผสมมีส่วนประกอบของลิกนินเพียง 5.7% จึงไม่มีผลต่อการกินได้ของโคนมทั้งในส่วนของอาหารข้น (8.36 เทียบกับ 8.37 กก./วัน) และปริมาณอาหารหยาบที่โคกินได้

ในด้านของโปรตีนที่ได้รับนั้นพบว่าโคที่ได้รับอาหารข้นสูตร 2 มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารข้นสูตร 1 อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเนื่องมาจากอาหารข้นสูตร 2 มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงกว่าสูตร 1 แต่ในส่วนของค่า TDN นั้นพบว่าค่าใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 17 Feed and nutrient intake of milking cows fed different rations

	Conc.1	Conc.2	SEM
Dry matter intake			
-kg/day	17.21	17.17	0.39
-%BW	3.39	3.50	0.13
Roughage intake			
-kg/day	8.85	8.80	0.39
-%BW	1.73	1.79	0.09
Concentrate intake (kg/cow/day)	8.36	8.37	-
CP intake (kg/cow/day)	2.38[a]	2.49[b]	0.03
TDN intake (kg/cow/day)	11.50	11.55	0.16

[a, b] Means in the same row with different superscripts differ significantly ($p < 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตารางที่ 18 พบว่าผลผลิตน้ำนมและปริมาณน้ำนมที่ปรับไขมัน (4% FCM) รวมทั้งองค์ประกอบในน้ำนมของโคที่ได้รับอาหารข้นทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารข้นสูตร 1 มีเปอร์เซ็นต์ไขมันนมสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารข้นสูตร 2 ส่งผลให้ปริมาณน้ำนมที่ปรับไขมันนมแล้วสูงขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอาหารข้นสูตร 1 มีเยื่อใยสูงกว่าทำให้มีการนำไปสร้างเป็นกรดอะซิติกและบิวทิริกมากกว่า อีกทั้งอาหารข้นสูตรนี้ยังมีไขมันมากกว่าจึงอาจนำไปสร้างเป็นไขมันในน้ำนมได้ดีกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารข้นสูตร 2 นอกจากนี้ยังพบว่าเปอร์เซ็นต์ของโปรตีนในน้ำนมของโคที่ได้รับอาหารข้นสูตร 1 มีแนวโน้มว่าสูงกว่าสูตร 2 ถึงแม้ว่าโคที่ได้รับอาหารข้นสูตร 2 จะมีปริมาณโปรตีนที่กินได้สูงกว่าสูตร 1 ก็ตาม ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของอาหารข้นสูตร 2 ที่ต่ำกว่าสูตร 1 นอกจากนี้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำนมก็พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 18 Performances of cows fed different rations

Animal performance	Conc.1	Conc.2	SEM
Milk yield (kg/day)	17.69	17.50	0.64
4%FCM[1]	18.87	18.37	0.45
Milk constituent (%)			
-Fat	4.47	4.34	0.17
-Protein	3.36	3.28	0.08
-Lactose	4.61	4.62	0.04
-Total solid	13.13	12.96	0.18
-Solid not fat	8.67	8.62	0.05
Yield of milk constituent (kg/day)			
-Fat	0.79	0.76	0.02
-Protein	0.59	0.57	0.02
-Lactose	0.81	0.81	0.03
-Total solid	2.32	2.27	0.07
-Solid not fat	1.53	1.51	0.06
FCR (feed DM/kg milk)	0.97	0.98	0.05

[1]FCM = 0.4(kg of milk) + 15(kg of fat), FCR = Feed conversion ratio

เมื่อพิจารณาด้านต้นทุนค่าอาหารที่ใช้ในการผลิตน้ำนมพบว่าต้นทุนค่าอาหารข้นของโคที่ได้รับอาหารข้นสูตร 1 นั้นต่ำกว่าอาหารข้นสูตร 2 เนื่องจากมีราคาถูกกว่าเพราะใช้ยูเรียเป็นส่วนผสม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มากกว่าและมีการใช้วัสดุที่มีราคาถูกกว่าคือ กากปาล์มเป็นส่วนผสมทำให้ต้นทุนค่าอาหารรวมลดลง ซึ่งเมื่อคิดเป็นกำไร (รายรับหลังจากหักค่าอาหาร) แล้วพบว่าการให้อาหารข้นสูตร 1 มีกำไรเท่ากับ 6.56 บาท/น้ำนม 1 กก. ส่วนการให้อาหารข้นสูตร 2 มีกำไร 5.85 บาท/น้ำนม 1 กก. และเมื่อคิดเป็นผลผลิตน้ำนมที่ปรับไขมันนม 4% นั้น การให้อาหารข้นสูตร 1 มีรายรับมากกว่าอาหารข้นสูตร 2 เช่นเดียวกัน (6.93 เทียบกับ 6.17 บาท/น้ำนม 1 กก.)

ในการทดลองพบข้อสังเกตคือ เมื่อใช้น้ำฉีดมูลของโคที่กินอาหารข้นสูตร 1 จะพบกะลาปาล์มลักษณะเป็นเม็ดเล็ก ๆ เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 – 2 มม. แยกตัวอยู่ด้านล่าง ในขณะที่มูลของโคที่กินอาหารอาหารข้นสูตร 2 ที่คำนวณขึ้นเองโดยไม่ใช้กากปาล์มผสมไม่พบกะลาปาล์มปนอยู่ในมูล อย่างไรก็ดีโคที่กินอาหารข้นสูตร 1 ไม่แสดงความผิดปรกติทั้งด้านผลผลิตนมและส่วนประกอบน้ำนม อีกทั้งยังกินอาหารข้นได้เร็วโดยไม่เหลือในแต่ละวัน แสดงว่ากากปาล์มรวมที่ผ่านการบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาดเล็กไม่ก่อให้เกิดปัญหาต่อโคนม นอกจากนั้นการใช้ยูเรียผสมในสูตรอาหารในระดับสูงกว่า 1% ดังในอาหารข้นสูตร 1 ไม่ทำให้เกิดความผิดปกติต่อโคนมโดยน้ำนมมีโปรตีน 3.36% ซึ่งอยู่ในช่วงมาตรฐาน แสดงว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใย (NFC) ที่อยู่ในสูตรอาหาร 30.3% นั้นพอเพียงกับความต้องการของจุลินทรีย์สำหรับการสร้างโปรตีนที่มีประสิทธิภาพจึงทำให้น้ำนมมีโปรตีนที่เป็นปรกติ

ตารางที่ 19 Feed cost and income over feed

	Conc.1	Conc.2
Milk production (kg/day)	17.69	17.50
4% FCM (kg/day)	18.87	18.37
Price of concentrate (baht/kg)	7.10	8.30
Concentrate cost (baht/day))	68.18	79.68
Roughage cost (baht/day)	36.85	36.64
Total feed cost (baht/day)	105.03	116.32
Cost of milk product (baht/kg)	5.94	6.65
Cost of 4% FCM (baht/kg)	5.57	6.33
Income over feed (baht/kg milk)	6.56	5.85
Income over feed (baht/4%FCM)	6.93	6.17

Price of roughage = 3.55

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในส่วนขององค์ประกอบอาหารข้นยังพบว่า การใช้กากถั่วเหลืองทรีตด้วยฟอร์มัลดีไฮด์ 0.3% เป็นแหล่งโปรตีนไหลผ่านสำหรับโคที่ให้นมในระดับ 17 กก. ที่ใช้ในการทดลอง ไม่มีผลทำให้ปริมาณน้ำนมและโปรตีนในน้ำนมเพิ่มขึ้นซึ่งอาจเนื่องจากจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักสามารถสร้างโปรตีนได้เพียงพอสำหรับโคที่ให้นมในระดับนี้ แต่ถ้าเป็นโคที่ให้นมมากกว่านี้อาจเห็นแนวโน้มที่ดีขึ้น ดังนั้นการเสริมบายพาสโปรตีนในอาหารโคที่ให้นมต่ำกว่า 20 กก./วัน จึงไม่มีความจำเป็น นอกจากนั้นการเสริมสารบัฟเฟอร์ลงในสูตรอาหารไม่มีผลทำให้การให้ผลผลิตและไขมันนมดีขึ้น เมื่อเทียบกับอาหารข้นสูตร 1 ซึ่งผลิตมาเพื่อการค้า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะโคทดลองได้รับอาหารหยาบคุณภาพดีซึ่งใช้หญ้ารูซี่แห้งเป็นแหล่งเยื่อใยหลักสามารถกระตุ้นการหลั่งของน้ำลายได้ดีเพียงพอ จึงไม่จำเป็นต้องผสมสารบัฟเฟอร์ลงไป อย่างไรก็ตามถ้าใช้อาหารหยาบชนิดอื่นเช่น พืชหมักหรือพืชสดอาจได้ผลแตกต่างออกไป ซึ่งจำเป็นต้องมีการศึกษาในรายละเอียดต่อไป

❄ **สรุปผลการทดลองที่ 4**

ผลการทดลองสรุปได้ว่า อาหารข้นสำหรับโคที่ให้นมระดับปานกลางค่อนข้างสูง (17 – 18 กก./วัน) สามารถใช้กากปาล์มที่ผ่านการบดให้มีขนาดเล็กผสมในสูตรอาหาร ถ้ามีเปอร์เซ็นต์ลิกนิกในอาหารข้นไม่เกิน 5.7% โดยอาหารข้นสำหรับโคนมในระดับนี้สามารถใช้วัตถุดิบแหล่งโปรตีนในอาหารตามปรกติ โดยไม่จำเป็นต้องเสริมแหล่งโปรตีนไหลผ่าน เช่น กากถั่วเหลืองทรีตด้วยฟอร์มัลดีไฮด์ลงในสูตร นอกจากนี้ยังสามารถใช้ยูเรียผสมในสูตรอาหารได้ถึง 1.5% โดยไม่ก่อให้เกิดผลในทางลบต่อโคนม เช่น ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน ปริมาณน้ำนมและโปรตีนในน้ำนม การใช้วัตถุดิบที่มีราคาถูกลงจะทำให้ต้นทุนในการผลิตอาหารถูกลงและต้นทุนการผลิตน้ำนมต่ำลง

4. สรุปผลการทดลองโครงการย่อยที่ 9

การผลิตอาหารหยาบคุณภาพดีโดยประกอบขึ้นจากหญ้ารูซี่แห้ง แล้วใช้กากน้ำตาล ข้าวโพดและรำ เป็นแหล่งของพลังงาน และใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนในปริมาณ 5.0, 1.5, 2.0, 1.3 และ 0.2 ตามลำดับ สามารถใช้เลี้ยงโคนมได้ดีเทียบเท่ากับข้าวโพดหมัก เมื่อเสริมด้วยอาหารข้นโปรตีน 20% ในอัตรา 1 กก./น้ำนม 2.2 กก. พบว่าทั้ง 2 กลุ่ม มีสมรรถภาพการผลิตทั้งในแง่ของผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนม รวมไปถึงต้นทุนค่าอาหารใกล้เคียงกัน โดยหญ้ารูซี่แห้งที่จะนำมาใช้ในการประกอบอาหารหยาบคุณภาพดีนั้น ควรมีอายุการตัดประมาณ 60 – 65 วัน เพื่อให้มีระดับของเยื่อใยที่เหมาะสมสำหรับกระตุ้นให้โคเกิดการเคี้ยวเอื้องและหลั่งน้ำลาย ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารบัฟเฟอร์ตามธรรมชาติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การใช้ใบกระถินแห้งเป็นแหล่งของโปรตีนทดแทนรำและกากถั่วเหลืองเพื่อผลิตอาหารหยาบคุณภาพดีนั้น พบว่าให้ผลใกล้เคียงกันทั้งในแง่ของปริมาณการกิน ผลผลิตและองค์ประกอบในน้ำนม รวมไปถึงต้นทุนการผลิต ส่วนการเสริมอาหารข้นในปริมาณที่สูงขึ้นเพื่อทดแทนโภชนะให้กับโคที่ได้รับอาหารหยาบคุณภาพต่ำ (หญ้าแห้งราดกากน้ำตาล) นั้น ให้ผลไม่ดีเท่ากับการใช้อาหารหยาบคุณภาพดี ดังนั้นการปรับปรุงอาหารหยาบคุณภาพต่ำจึงควรทำโดยการเสริมแหล่งของพลังงานและโปรตีนผสมลงไป จึงจะให้ผลดีทั้งในแง่ของผลผลิตเพื่อใช้เลี้ยงโคให้นมสูง (ประมาณ 20 กก.) และสุขภาพ (ไม่ก่อให้เกิดปัญหาแอซิโดสิส)

ในส่วนของอาหารข้นที่ใช้ในการเลี้ยงโคร่วมกับอาหารหยาบคุณภาพดี ในโคที่ให้นมปานกลาง (ประมาณ 17 กก./วัน) นั้น พบว่าสามารถใช้กากปาล์มที่บดให้มีขนาดเล็กเป็นวัตถุดิบผสมลงไปได้ แต่ไม่ควรใช้ในปริมาณสูงจนค่าลิกนินในอาหารข้นสูงเกิน 5.7% และการใช้โปรตีนไหลผ่านสำหรับโคให้นมในระยะนี้นั้นไม่มีความจำเป็น นอกจากนี้ยังสามารถใช้ยูเรียผสมลงในอาหารได้ถึง 1.5% ซึ่งจากการใช้วัตถุดิบที่มีราคาถูกในระดับที่เหมาะสมนั้นจะเป็นการลดต้นทุนค่าอาหารข้นโดยไม่เกิดผลทางลบกับโคนม

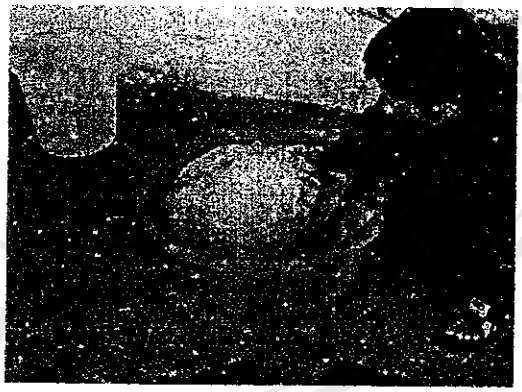
การผลิตอาหารผสมครบส่วนซึ่งมีหญ้ารูซี่แห้งที่ปรับคุณภาพเป็นอาหารหยาบหลัก

อาหารผสมครบส่วนมีข้อดีในแง่ความสะดวกในการจัดการ ใช้แรงงานน้อยและทำให้อาหารที่โคกินมีความสม่ำเสมอทั้งคุณภาพและคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี ทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดปัญหาความเป็นกรดในกระเพาะได้ การทำอาหารผสมครบส่วนนิยมใช้อาหารหยาบหมักมาผสมกับอาหารข้นคลุกเคล้าให้เข้ากันแล้วให้กินทันทีหรือเก็บรักษาไว้ในถุงดับอากาศหรือใช้กรดอินทรีย์ในการเก็บถนอม แต่การใช้อาหารหยาบหมักในปริมาณสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ถนอมไว้โดยใช้กรดอินทรีย์อาจทำให้เกิดปัญหาด้านคุณภาพ ความน่ากิน อีกทั้งยังทำให้เกิดปัญหาคือมีความเป็นกรดในกระเพาะหมัก ผลจากการทดลองครั้งนี้ทำให้ทราบรูปแบบอาหารหยาบที่เหมาะสมกับการนำไปใช้เลี้ยงโคให้นมมาก ที่ไม่ก่อให้เกิดปัญหาความเป็นกรดในกระเพาะและสามารถใช้เลี้ยงได้ดีเทียบเท่ากับข้าวโพดหมัก ตลอดจนไม่มีปัญหาในการเก็บรักษาเพราะอาหารอยู่ในสภาพแห้งทั้งอาหารหยาบและอาหารข้น ซึ่งสามารถเก็บในถุง หรืออัดให้มีปริมาตรลดลงและจำหน่ายเป็นธุรกิจได้ เมื่อนำสัดส่วนที่ดีซึ่งเป็นผลจากการทดลองมาพิจารณา จะเห็นว่าสูตรของอาหารผสมครบส่วนคุณภาพดีมีส่วนประกอบและราคา คือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

	สูตร ก		สูตร ข	
	กก.	%	กก.	%
หญ้ารูซี่แห้งหั่น	5.0	26.32	5.0	26.32
กากน้ำตาล	1.5	7.89	1.5	7.89
ข้าวโพดบด	2.0	10.53	2.0	10.53
รำละเอียด	1.3	6.84	-	-
กากถั่วเหลือง	0.2	1.05	-	-
ใบกระถินแห้ง	-	-	1.5	7.89
อาหารข้นโปรตีน (20 %) ที่มียูเรีย ไม่เกิน 1.5%	9.0	47.37	9.0	47.37
ราคา (บาท/กก.)	5.19		5.15	

การโรยกากน้ำตาลลงบนหญ้า



ผสมแหล่งโปรตีนและพลังงานก่อนโรยลงบนหญ้า

การประกอบอาหารหยาบคุณภาพดีที่ผลิตจากหญ้ารูซี่แห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โครงการย่อยที่ 10 กรรมวิธีการผลิตและอายุการเก็บอาหารผสมครบส่วนความชื้นสูงที่มีฟางหมักเป็นอาหารหยาบหลัก รวมทั้งการใช้เป็นอาหารโคที่ให้นมปานกลาง

1. หลักการ เหตุผล วัตถุประสงค์และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลักสำหรับโคนมในฤดูแล้ง แม้ว่าฟางจะมีคุณค่าทางอาหารต่ำ แต่ก็สามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้โยวิธีทางเคมี ซึ่งวิธีที่นิยมกันในประเทศแถบเอเชียรวมทั้งไทยคือการทรีตด้วยยูเรียหรือที่เรียกกันทั่วไปว่าฟางหมัก ซึ่งช่วยให้ฟางมีคุณค่าทางอาหารและการย่อยได้ดีขึ้น (สมคิดและคณะ, 2527; บุญเสริมและบุญล้อม, 2529; Wannapat, 1990) การใช้ฟางหมักโดยทั่วไปเกษตรกรนิยมให้แยกกับอาหารหยาบ

แต่ปัจจุบันอาหารผสมครบส่วนเป็นที่ต้องการของเกษตรกรมาก และมีการผลิตในเชิงพาณิชย์โดยใช้แหล่งของอาหารหยาบต่างกัน เช่น ข้าวโพดหมัก หญ้าแห้งและกากสับปะรด เป็นต้น บุญเสริมและคณะ (2544ก)ได้ทดลองและส่งเสริมให้สหกรณ์การเกษตรไชยปราการทำการผลิตอาหารผสมครบส่วนที่ประกอบด้วยข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบหลัก พบว่าได้อาหารที่มีคุณภาพดี เกษตรกรนิยมซื้อไปใช้และพอใจในผลิตภัณฑ์ดังกล่าว เพราะมีคุณค่าทางอาหารสูง มีความสะดวกในการใช้และช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนอาหารหยาบคุณภาพดีของเกษตรกรได้ ในกรณีของฟางหมัก การนำมาประกอบเป็นอาหารผสมครบส่วนน่าจะเป็นผลดีเพราะอาจช่วยเพิ่มมูลค่า (value added) ให้แก่ฟาง และช่วยให้การใช้ฟางหมักในอาหารโคนมมีประสิทธิภาพดีขึ้น นอกจากนี้แอมโมเนียเกิดขึ้นเนื่องจากการสลายตัวของยูเรียโดยเอนไซม์ยูริเอสของจุลินทรีย์ที่ติดมากับฟาง (Lacey, 1979 อ้างโดย Ibrahim, 1983) นอกจากจะมีประโยชน์ในแง่ของการเพิ่มปริมาณไนโตรเจนและช่วยย่อยสลายผนังเซลล์ของฟาง ทำให้ฟางมีคุณค่าทางอาหารดีขึ้นแล้ว ยังอาจช่วยยืดอายุการเก็บอาหารผสมครบส่วนมีความชื้นสูงได้ อย่างไรก็ดีปริมาณยูเรียที่ใช้ในการทำฟางหมักมีปริมาณค่อนข้างสูงคือ 4 ถึง 6% (สมคิดและคณะ, 2537; Cheva-Isarakul and Polikanond, 1986; Cheva-Isarakul and Kanjanapruthipong, 1987; บุญล้อม, 2531; Wa napat, 1990) ซึ่งการใช้ยูเรียในระดับนี้แม้ว่าจะได้ผลดี แต่อาจทำให้มีต้นทุนในการผลิตเพิ่มขึ้น การนำยูเรียมาเสริมในอาหารผสมครบส่วนที่ประกอบด้วยฟางไม่หมัก แล้วทำการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 3 สัปดาห์ ก็น่าจะทำได้โดยใช้ยูเรียในปริมาณต่ำกว่า เช่น 1% ของอาหารทั้งหมด ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยของสัตว์ (บุญล้อม,2541) ยูเรียในระดับนี้สามารถเพิ่มปริมาณไนโตรเจนให้แก่สูตรอาหารได้ระดับหนึ่งและอาจช่วยถนอมอาหารไว้ได้เช่นกัน แต่เนื่องจากข้อมูลนี้ยังไม่มีรายงานไว้ในโครงการย่อยนี้จึงได้ทำการศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมี คุณค่าทางอาหาร และอายุการเก็บรักษาอาหารผสมครบส่วนที่ประกอบด้วยฟางไม่หมักและหมักยูเรีย ตลอดจนศึกษาผลการใช้อาหารผสมครบส่วนที่ประกอบด้วยฟางหมักที่มีต่อสมรรถภาพการผลิตและองค์ประกอบของน้ำนม รวมทั้งผลตอบแทนเมื่อใช้เลี้ยงโคที่ให้นมปานกลางจนถึงระดับต่ำเปรียบเทียบกับหญ้ารูซี่หมักและฟางหมักผสมหญ้ารูซี่หมัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. การทดลอง : โครงการย่อยที่ 10 นี้ แบ่งเป็น 3 การทดลอง

❖ **การทดลองที่ 1** ศึกษาการย่อยได้และพลังงานของอาหารผสมครบส่วน (TMR) ที่ประกอบด้วยฟางหมักยูเรีย 6%

ทำการหมักฟางข้าวด้วยยูเรีย 6% โดยทำเป็นกองขนาด 2.60 x 2.60 x 1.50 เมตร คิดเป็นน้ำหนักฟาง 578 กก. เมื่อหมักครบกำหนด 21 วัน นำไปผสมกับอาหารข้น เพื่อผลิตอาหารผสมครบส่วนที่ได้ทำการคำนวณให้มีโภชนะเพียงพอกับความต้องการของแม่โคซึ่งมีน้ำหนักตัว 450 กก. ให้นมที่มีไขมัน 3.7% วันละ 15 กก. โดยอาศัยโปรแกรมสำเร็จรูป XRATION (สมคิด, 2542) อาหารผสมครบส่วนดังกล่าวมีโภชนะดังแสดงใน Table 1

Table 1 Composition of total mixed ration.

Material	kg/day	% of the ration (as fed)	
Fresh UTS	10.45	38.93	69.48
Water	8.20	30.55	
Rice bran	0.93	3.46	30.52
Leucaena leaf meal	0.50	1.86	
Soybean meal	2.23	8.31	
Ground corn	4.30	16.02	
Minerals	0.23	0.86	
Total	26.84	100.00	
R/C ratio (fresh basis)	10.45 / 8.19		
(DM basis)	45 / 55		

เมื่อเก็บอาหารผสมครบส่วนไว้ครบ 21 วัน (เลียนแบบการผลิตเชิงการค้า ซึ่งต้องมีระยะเวลาในการจัดจำหน่ายและเก็บไว้ใช้เลี้ยงในฟาร์ม) นำอาหารดังกล่าวไปเลี้ยงแม่โคลูกผสม Holstein Friesian ระยะนมแห้ง จำนวน 4 ตัว น้ำหนักตัวระหว่าง 427.6 – 507.4 กก. (เฉลี่ย 468.34 ± 29.24 กก.) ที่ได้ทำการกำจัดพยาธิภายในและภายนอกโดยฉีด IVOMEG เข้ากล้าม และฉีดยาบำรุง AD_3E เรียบร้อยแล้ว โคแต่ละตัวถูกขังเดี่ยวในคอกยืนโรง มีรางอาหารและถ้วยให้น้ำอัตโนมัติอยู่ด้านหน้า มีถาดเก็บมูลอยู่ด้านหลังและมีกรวยครอบช่องขับปัสสาวะของตัวโค โดยมีสายยึดโยงกับลำตัวเพื่อให้เก็บปัสสาวะทั้งหมดได้โดยไหลผ่านท่อลงสู่ถุงเก็บที่บรรจุกรด 18 N H_2SO_4 ปริมาณ 50 ml และ 100 ml สำหรับกลางวันและกลางคืน ตามลำดับ ให้โคกินอาหารผสมครบส่วนที่มีฟางหมักยูเรีย 6% เป็นอาหารหยาบอย่างเต็มที่ มีน้ำและแร่ธาตุก้อนให้กินอย่างอิสระ ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง (07.30 น. และ 16.00 น.)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ใช้ระยะเวลาในการทดลอง นาน 28 วัน โดยแบ่งเป็น 3 ระยะ คือ 14 วันแรก เป็นระยะปรับตัวให้โคกินอาหารทดลองเต็มที่ บันทึกปริมาณอาหารที่ให้ และที่เหลือเช้า – เย็น วันละ 2 ครั้ง จากวันที่ 15 – 21 เป็นระยะให้กินอาหาร 90% ของการกินได้เพื่อหลีกเลี่ยงอาหารเหลือ ส่วนระยะสุดท้าย วันที่ 22 – 28 เป็นระยะเก็บข้อมูลให้โคกินอาหารทดลอง 90% ของปริมาณที่กินได้ บันทึกปริมาณอาหารที่กิน ปริมาณมูลและปัสสาวะที่ขับถ่ายออกมาทั้งหมด สุ่มเก็บตัวอย่างอาหาร และเก็บตัวอย่างมูล 5% และปัสสาวะ 1% ของปริมาณที่ขับถ่าย วันละ 2 ครั้ง เก็บไว้ในตู้แช่แข็ง –20^{o}c นำตัวอย่างที่เก็บมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยวิธี Proximate analysis (AOAC.,1984) และ Detergent method (Goering and Van Soest, 1970) และวิเคราะห์พลังงานด้วย Bomb calorimeter ตลอดจนคำนวณค่าการย่อยได้ของโภชนะและยอดโภชนะย่อยได้ทั้งหมด (Total digestible nutrient ; TDN) ด้วยสมการต่อไปนี้

$$\% \text{ Digestion coefficient} = \frac{\text{Nutrient intake} - \text{Nutrient excrete}}{\text{Nutrient intake}} \times 100$$

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

เมื่อ DCP, DNDF, DNFC และ DEE คือปริมาณโภชนะ (crude protein, neutral detergent fiber, non-fiber carbohydrate และ ether extract) ที่ย่อยได้ ตามลำดับ (ก./100 ก.)

นอกจากนี้ คำนวณพลังงานในรูป DE, ME และ NEL จากค่า TDN โดยสมการของ NRC (1988) คือ

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

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

$$\text{NEL (Mcal/kgDM)} = -0.12 + (0.0245 \times \% \text{ TDN})$$

และคำนวณ จากค่า DE ที่วัดโดยตรงจากตัวสัตว์โดยใช้สูตรดังนี้ :-

$$\text{ME (Mcal/kgDM)} = -0.45 + (1.01 \times \text{DE})$$

$$\text{* NEL (Mcal/kgDM)} = -0.12 + (0.556 \times \text{DE})$$

* สูตรนี้ดัดแปลงจาก NRC (1988)

คำนวณสมดุลไนโตรเจน (N-balance) จากสูตร

$$\text{N balace (g/d)} = \text{N intake (g/d)} - \text{N in feces (g/d)} - \text{N in urine (g/d)}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

◈ ผลและวิจารณ์การทดลองที่ 1

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมครบส่วนที่มีความชื้นสูงฟางข้าวหมักยูเรียเป็นส่วนผสม

อาหารผสมครบส่วนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วยฟางข้าวหมักยูเรีย 6% และส่วนผสมอาหารข้น ดังแสดงไว้ใน Table 1 จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่า มีอินทรียวัตถุ โปรตีน NDF และไขมัน 87.35, 18.34, 51.11 และ 3.31 % ตามลำดับ ดัง Table 2

Table 2 Chemical composition of 6% urea treated rice straw (UTS) and total mixed ration (TMR) composed of UTS. (DM-basis).

Feed	DM	OM	EE	N	CP	NDF	ADF	NFC	Ash	GE
←			% DM-basis					→		(Mcal/kgDM)
UTS[1/]	57.38	84.60	2.60	2.89	12.24	68.17	46.13	1.59	15.40	3.56
TMR-UTS	55.80	87.35	3.31	2.93	18.34	51.11	28.35	14.59	12.65	4.15

Note: CP was analyzed from wet sample; NDF and ADF are ash free.

[1/] ข้อมูลของฟางหมักยูเรียได้ทำการทดลองก่อนหน้านี้แล้วที่นำมาแสดงในการทดลองนี้เพื่อประโยชน์ในการเปรียบเทียบ

จะเห็นได้ว่า เมื่อนำฟางหมักมาผลิตเป็นอาหารผสมครบส่วน ทำให้ได้อาหารที่มีโภชนะที่ย่อยได้ง่ายสูงขึ้น (CP, EE, NFC) เมื่อเทียบกับฟางหมักธรรมดา ในขณะที่มีเยื่อใย (NDF & ADF) และเถ้าต่ำกว่า นอกจากนี้ยังมีพลังงานรวม (GE) สูงกว่าฟางหมักด้วย ทั้งนี้เนื่องมาจากธรรมชาติของอาหารข้นที่นำมาผสมซึ่งมีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าฟางหมักนั่นเอง

ปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้

โคสามารถกินอาหารผสมครบส่วนคิดเป็นวัตถุแห้งได้ 7.75 – 9.21 กก./วัน หรือคิดเป็น 1.54 – 2.06% ของน้ำหนักตัว (Table 3) ซึ่งสูงกว่าการกินฟางหมักล้วน (1.07% นน.ตัว) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเมื่ออาหารมีโภชนะสูงขึ้น โภชนะดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ต่อจุลินทรีย์ทำให้มีการย่อยอาหารดีขึ้น โคจึงกินอาหารได้มากขึ้น

ประเด็นที่น่าสนใจ คือ โคที่กินฟางหมักเป็นอาหารเดี่ยวมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นและมีสมดุลของไนโตรเจนเป็นบวก แสดงว่าการกินฟางหมักทำให้โคได้รับโภชนะเพียงพอสำหรับการดำรงชีพ และมีเหลือสะสมไว้ในร่างกายเล็กน้อย สอดคล้องกับรายงานของ Wongsrikeao and Wa napat (1985) ที่พบว่าการให้ขณะที่กินฟางหมักยูเรีย 6% ทำให้กระบือมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น 210 ก./วัน ในขณะที่ให้กินฟางธรรมดาหรือฟางหมักยูเรีย 3% มีน้ำหนักตัวลดลง 130 และ 50 ก./วัน ตามลำดับ อย่างไรก็ดี ผลจากการทดลองนี้พบว่า โคกลุ่มที่กินอาหารผสมฟางหมักมีการเจริญเติบโตดีกว่ากลุ่มที่กินฟางหมักเพียงอย่างเดียว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 3 Live weight, nitrogen balance and voluntary feed intake of dry cow fed total mixed ration composed of urea-treated rice straw.

	Initial weight (kg)	Final weight (kg)	Body wt. (kg)	ADG (kg./day)	N-balance (g/day)	Voluntary feed intake (DM-basis)		
						kgDM/day	% BW	$g/kgW^{0.75}$
UTS ($\bar{X}$)	467.38	469.29	468.34	0.07	8.36	5.04	1.07	49.84
SD	±26.75	±32.32	±29.24	±0.41	±25.59	±1.23	±0.23	±10.99
TMR ($\bar{X}$)	457.37	477.88	467.62	0.73	14.71	8.69	1.87	86.69
SD	±22.30	±25.91	±23.99	±0.94	±0.86	±0.57	±0.19	±8.21

[1] ข้อมูลของฟางหมักยูเรียได้ทำการทดลองก่อนหน้านี้แล้วที่นำมาแสดงในการทดลองนี้เพื่อประโยชน์ในการเปรียบเทียบ

สัมประสิทธิ์การย่อยได้

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ ไขมัน โปรตีน NDF และ NFC ของอาหารผสมครบส่วนที่ประกอบด้วยฟางหมักนี้ เท่ากับ 72.49, 76.12, 69.53, 76.16, 77.28 และ 79.30% ตามลำดับ (Table 4) สูงกว่า ฟางหมักยูเรีย 6% ที่มีการย่อยได้ของโภชนะดังกล่าวในช่วง 58.63 – 77.96% ทั้งนี้เนื่องมาจากอาหารผสมครบส่วนดังกล่าวมีส่วนผสมของอาหารข้น จึงทำให้จุลินทรีย์ได้รับพลังงานและโภชนะต่าง ๆ สูงกว่าจึงสามารถย่อยสลายอาหารได้ดีกว่า (บุญล้อม, 2541) อีกทั้งโดยธรรมชาติของวัตถุดิบอาหารข้นที่นำมาผสมก็มีการย่อยได้สูงอยู่แล้ว นอกจากนี้อาหารผสมครบส่วนยังมีค่า TDN สูงกว่าฟางหมักล้วนด้วย (70.21 vs 63.41%) ซึ่งเป็นผลมาจากการย่อยได้ที่สูงกว่าและอาหารข้นมี TDN มากกว่าฟางหมักนั่นเอง

Table 4 Digestion coefficient of urea-treated rice straw (UTS) and total mixed ration (TMR) studied in non-pregnant dry cows.

Cow No.	DM	OM	EE	CP	NDF	ADF	NFC	TDN
UTS ($\bar{X}$)	58.63	66.08	60.69	54.82	77.96	72.26	-	63.41
SD	±3.78	±3.22	±6.92	±4.14	±1.94	±2.82	-	±1.66
TMR ($\bar{X}$)	72.49	76.12	69.53	76.16	77.28	71.60	79.30	70.21
SD	±4.71	±4.10	±3.85	±4.50	±4.17	±6.38	±4.04	±3.67

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การคำนวณค่าพลังงาน

เมื่อนำค่า TDN ของอาหารผสมครบส่วนมาคำนวณหาค่า DE, ME และ NEL โดยใช้สมการ NRC (2001) และนำค่า DE ที่ทดลองได้จากตัวสัตว์ซึ่งวิเคราะห์โดยตรงด้วย bomb calorimeter มาคำนวณเป็นค่า ME และ NEL พบว่าค่า DE ที่วัดได้จากตัวสัตว์มีค่าใกล้เคียงกับที่คำนวณโดยใช้ค่า TDN ในทำนองเดียวกันค่า ME และ NEL ที่คำนวณโดยใช้ค่า DE ก็มีค่าใกล้เคียงกับที่คำนวณจากค่า TDN ซึ่งเมื่อนำค่าที่ศึกษาได้จากทั้ง 2 วิธีมาหาค่าเฉลี่ยได้ค่าดังแสดงใน Table 5

Table 5 Digestible energy (DE), metabolizable energy (ME) and net energy for lactation (NEL) of total mixed ration fed to non pregnant dry cows.

Energy	*In vivo*	Calculated from		Avg.
		TDN	DE	
TDN (%)	70.21	-	-	70.21
DE (Mcal/kgDM)	3.16	3.10	-	3.13
ME (Mcal/kgDM)	-	2.68	2.74	2.71
NEL (Mcal/kgDM)	-	1.60	1.64	1.62

❄ **สรุปผลการทดลองที่ 1**

เมื่อนำฟางหมักยูเรีย 6% ไปผสมกับอาหารข้นเพื่อผลิตเป็นอาหารผสมครบส่วน พบว่าอาหารดังกล่าวมีโภชนะประเภทที่ย่อยได้สูงกว่าฟางหมัก แต่มีเยื่อใยและเถ้าต่ำกว่า ทำให้โคสามารถกินได้มากกว่าและมีการย่อยได้ดีกว่าเมื่อกินฟางหมักล้วน ค่าพลังงานของอาหารผสมครบส่วนในรูป TDN เท่ากับ 70.21% และ NEL เท่ากับ 1.62 Mcal/kg DM ค่าดังกล่าวนี้มีประโยชน์ในการใช้คำนวณสูตรอาหารเพื่อใช้เลี้ยงโคนม

❖ **การทดลองที่ 2 เปรียบเทียบคุณภาพและอายุการเก็บอาหารผสมครบส่วนที่ประกอบด้วยฟางหมักหรือฟางผสมยูเรีย**

ทำการหมักฟางข้าวทั้งฟ่อนสี่เหลี่ยมโดยใช้ยูเรีย 4 และ 6% กองละ 18 ฟ่อน ด้วยการเรียงฟ่อนฟางลงบนพลาสติก PVC ที่ต่อกันเป็นผืนใหญ่ ให้เส้นฟางในฟ่อนอยู่ในแนวตั้ง วางฟ่อนฟางซ้อนกัน 3 ชั้น ๆ ละ 6 ฟ่อน นำสารละลายยูเรีย 4 และ 6 โดยใช้ปริมาณน้ำเท่ากับน้ำหนักฟาง มาราดบนฟ่อนฟางให้ทั่วถึงทุกฟ่อนอย่างสม่ำเสมอด้วยบัวรดน้ำ ปิดด้วยพลาสติกให้มิดชิด เก็บไว้เป็นเวลา 3 สัปดาห์ แล้วนำมาหั่นให้มีขนาด 3 – 8 นิ้ว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทำการผสมอาหารผสมครบส่วน 3 สูตร ที่ได้คำนวณให้มีโภชนะเพียงพอกับความต้องการของโคนมขนาดน้ำหนักตัว 450 กก. ให้นมวันละ 15 กก. มีไขมันนม 3.7% (NRC, 1988 ; สมคิด, 2542) โดยใช้อาหารหยาบที่ประกอบด้วยฟางต่างกัน 3 ชนิด คือ 1) ฟางธรรมดา (ไม่หมักยูเรีย) 2) ฟางหมักยูเรีย 4% 3) ฟางหมักยูเรีย 6% บรรจุในถุงพลาสติก ถุงละ 20 กก. โดยใช้ฟาง 7.8 กก. น้ำ 6.1 กก. และอาหารข้น 6.1 กก. (อาหารข้นประกอบด้วยข้าวโพดบด 52.51% กากถั่วเหลือง 27.20% รำ 11.37% ใบกระถิน 6.07% และแร่ธาตุ 2.85%) มัดปากถุงให้แน่น ทำกองละ 9 ถุง สำหรับฟางข้าวไม่หมักยูเรียใช้ฟาง 5.0 กก. ยูเรีย 100 ก. (ประมาณ 1% ของวัตถุแห้งในสูตรอาหาร หรือ 2% ของน้ำหนักฟาง เพื่อให้โคได้รับยูเรียไม่เกิน 30 ก. ต่อ นน.ตัว 100 กก./วัน, บุญล้อม, 2541) เติมน้ำ 8.8 กก. หรือ 1.76 เท่าของน้ำหนักฟาง (เพื่อให้มีความชื้นใกล้เคียงกับกลุ่มฟางหมัก) ผสมกับอาหารข้น 6.1 กก. เช่นกัน บรรจุอาหารแต่ละสูตรลงในถุงพลาสติก 2 ชั้น ดูดอากาศออกให้หมดและรัดปากถุงให้แน่น สอดท่ออลูมิเนียมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 ซม. ยาว 40 ซม. ให้ปลายด้านปิดอยู่ในถุง อีกปลายหนึ่งมีจุกยางปิดไว้เพื่อสอดปรอทวัดอุณหภูมิโดยทำการวัดที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน ตาม Table 6 ทำเช่นนี้กลุ่มละ 3 ถุง เก็บไว้เป็นเวลา 3 สัปดาห์

Table 6 Temperature inside total mixed ration bags during storage (^{o}c)

Time (hrs.)	Room Temperature	TMR1	TMR2	TMR3
0	27.5	24	24	24
4	22	26.7	28.1	27
12	22	27.3	28	29
16	22	28	26	29
24	25	29	25.4	27
36	21	26.1	25	26
48	27.5	28.8	27	26
60	21	25	24	24
72 (3 days)	22.5	26.1	25	26
96 (4 days)	27.5	27	24.2	25
120 (5 days)	26	27	26.2	26.1
144 (6 days)	30	27.5	27	26.6
168 (7 days)	28	28	27.5	27
192 (8 days)	30	28	28	24.5
216 (9 days)	31	26	24.5	25
240 (10 days)	32	27	27	26.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างที่ระยะเวลา 0, 1, 2 และ 3 สัปดาห์ กลุ่มละ 3 ถุง เพื่อประเมินคุณสมบัติทางกายภาพ (ประเภทสัมผัส) และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีดังนี้

1. ประเมินคุณภาพทางกายภาพของอาหารผสมครบส่วนที่ระยะเวลาการเก็บต่าง ๆ กัน คือ 0, 1, 2 และ 3 สัปดาห์ โดยวิธีใช้ประสาทสัมผัส (รายละเอียดตามตารางภาคผนวก) โดยให้คะแนนในสภาพสด หรือที่ 0 สัปดาห์ เป็นคะแนนเต็ม (20 คะแนน) และใช้เป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบเพื่อให้คะแนนพวกที่เก็บไว้ 1, 2 และ 3 สัปดาห์

2. วัดระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยใช้ตัวอย่าง 50 ก. ผสมกับน้ำกลั่น 200 มล. นำไปปั่นในโถปั่น (blender jar) เป็นเวลา 30 วินาที แล้วกรองผ่านผ้าขาวบาง 2 ชั้น นำน้ำที่กรองได้ไปวัดความเป็นกรด-ด่าง ด้วย glass electrode pH meter (Bal *et al.*, 1997)

3. วัดระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียในอาหารผสมครบส่วนที่ระยะเวลาการเก็บต่าง ๆ กัน (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก)

4. วิเคราะหาเปอร์เซนต์วัตถุแห้งที่หายไป (dry matter loss) เนื่องจากกระบวนการหมักของจุลินทรีย์ (AOAC., 1984) แล้วคำนวณเปอร์เซนต์วัตถุแห้งที่หายไปดังนี้

$$\text{Dry matter loss (\%)} = \frac{[(\%\text{DM เมื่อเริ่มต้น} \times \text{นน.เริ่มต้น}) - (\%\text{DM เมื่อครบระยะเวลาการเก็บ} \times \text{นน.เมื่อครบระยะเวลาเก็บ})] \times 100}{(\%\text{DM เมื่อเริ่มต้น} \times \text{นน.เริ่มต้น})}$$

5. วิเคราะห์เปอร์เซนต์โปรตีนรวม (AOAC., 1984) และองค์ประกอบของผนังเซลล์โดยวิธี Forage Fiber Analysis (Goering and Van Soest, 1970)

6. วิเคราะห์ปริมาณกรดอินทรีย์โดยการกลั่น (Zimmer, 1986 อ้างโดย บุญล้อมและบุญเสริม, 2525)

7. วัดค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (IVOMD) และค่าพลังงาน (ME และ NEL) โดยวิธี *in vitro* gas production technique (Menke and Steingass, 1988)

นำข้อมูลไปวิเคราะห์สถิติตามแผนแบบ 3 x 4 Factorial arrangement in CRD (จรัญ, 2540) แล้วเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างทรีตเม้นต์ด้วยวิธี Duncan new multiple range test

◈ ผลและวิจารณ์การทดลองที่ 2

การเกิดปฏิกริยาเกี่ยวกับการหมักในระหว่างการเก็บรักษา

จาก Table 6 พบว่าในระยะ 3 วันแรกของการเก็บรักษาอาหารผสมครบส่วนทุกกลุ่มมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิห้องเล็กน้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะ 24 ชั่วโมงแรกหลังบรรจุ แสดงว่าอาจมีการหมักบ้างแต่ไม่รุนแรง แต่หลังจากวันที่ 5 อุณหภูมิก็เริ่มคงที่ และอยู่ในระดับที่ต่ำกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อุณหภูมิของสภาพแวดล้อมเล็กน้อย ซึ่งต่างจากกรณีข้าวโพดหมักที่ฉันทนาและคณะ (2543) ได้ศึกษาอายุการเก็บหลังจากนำออกจากไซโลแล้วบรรจุในถุงใยสังเคราะห์โดยไม่เติมสารยับยั้งการหมักพบว่ามีอุณหภูมิสูงขึ้นถึง 44°c หลังจากเก็บไว้ 3 วัน แสดงว่าด่างที่เกิดจากการสลายตัวของยูเรียในการทดลองนี้สามารถยับยั้งการเจริญและการทำงานของจุลินทรีย์ได้ในระดับหนึ่ง

คะแนนลักษณะทางกายภาพของอาหารผสมครบส่วนแสดงใน Table 7 แต่เนื่องจากพบ interaction ระหว่างระดับของยูเรียและระยะเวลาการเก็บที่มีต่อค่าดังกล่าวอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.01$) ดังนั้นจึงไม่สามารถพิจารณาผลของแต่ละปัจจัยได้ ต้องกล่าวถึงผลการทดลองเป็นราย treatment ซึ่งพบว่าคะแนนคุณภาพโดยรวมของอาหารผสมครบส่วนทั้ง 3 สูตร ที่เก็บไว้เป็นเวลาตั้งแต่ 1 สัปดาห์ขึ้นไป มีค่าต่ำกว่าเมื่อผสมใหม่อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.01$) โดยสูตรที่ใช้ฟางธรรมดามีคะแนนต่ำสุด เพราะมีกลิ่นเหม็นเปรี้ยวค่อนข้างรุนแรง ในขณะที่สูตรใช้ฟางหมัก 6% (สูตร 3) เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 3 สัปดาห์ มีแนวโน้มว่าดีที่สุด ซึ่งดีกว่าสูตร 1 อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอิทธิพลของแอมโมเนียมและแอมโมเนียไฮดรอกไซด์ในฟางหมักที่ช่วยถนอมคุณภาพของอาหารไว้ดังได้กล่าวมาแล้ว

ผลดังกล่าวนี้สอดคล้องกับค่า pH (Table 7) ที่พบว่าอาหารผสมครบส่วนชนิดที่ 1 มี pH ต่ำกว่าชนิดที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.01$) และระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 3 สัปดาห์มี pH ต่ำที่สุด แตกต่างจากที่เก็บไว้ 1 และ 2 สัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.01$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเมื่อเก็บไว้นานขึ้น แอมโมเนียในฟางหมักมีปริมาณลดลง จุลินทรีย์จึงทำการผลิตกรดเพิ่มขึ้น

Table 7 Organoleptic test score and acidity of total mixed ration composed of different roughages and being kept at different duration.

Duration	Organoleptic test score				pH			
(wk.)	TMR 1	TMR 2	TMR 3	Avg.	TMR 1	TMR 2	TMR 3	Avg.
0	20.00^{1}	20.00^{1}	20.00^{1}	20.00^{a}	7.97	8.24	8.53	8.25^{a}
1	13.83^{23}	15.77^{23}	15.57^{23}	15.06^{b}	5.50	5.55	5.82	5.62^{b}
2	14.33^{23}	15.83^{23}	15.83^{23}	15.33^{b}	5.53	5.54	5.69	5.58^{b}
3	13.50^{3}	15.13^{23}	16.57^{2}	15.07^{b}	4.93	5.41	5.51	5.28^{c}
Avg.	15.42^{ns}	16.68^{ns}	16.99^{ns}	16.36	6.00^{x}	6.18^{xy}	6.39^{y}	6.18

Interaction (Urea level X Duration) organoleptic test score ($P = 0.01$), acidity ($P = 0.45$)

^{abc} Means with different superscript in the same column differ significantly. ($P<0.01$)

^{xyz} Means with different superscript in the same row differ significantly. ($P<0.01$)

^{123} Means with different superscript among treatment-combination differ significantly. ($P<0.01$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 8 Content of organic acid in total mixed ration composed of different roughages and being kept at different duration (% fresh basis).

Treatment		Duration (wk.)				Avg.
		0	1	2	3	
Acetic acid						
	TMR 1	0.93^{12}	0.95^{12}	1.85^{1}	1.00^{12}	1.18^{A}
	TMR 2	0.55^{2}	0.62^{2}	0.51^{2}	0.94^{12}	0.66^{B}
	TMR 3	0.90^{12}	0.94^{12}	1.30^{12}	0.91^{12}	1.01^{A}
	Avg.	0.79^{a}	0.84^{a}	1.22^{b}	0.95^{ab}	0.95
Lactic acid						
	TMR 1	0.23^{2}	0.53^{2}	0.22^{2}	2.80^{1}	0.94^{x}
	TMR 2	0.38^{2}	1.82^{1}	2.06^{1}	2.57^{1}	1.71^{y}
	TMR 3	0.46^{2}	1.83^{1}	1.90^{1}	2.46^{1}	1.66^{y}
	Avg.	0.36^{a}	1.39^{b}	1.39^{b}	2.61^{c}	1.44
Butyric acid						
	TMR 1	0.00^{4}	0.23^{3}	1.16^{1}	0.42^{2}	0.45^{x}
	TMR 2	0.02^{4}	0.06^{4}	0.33^{23}	0.06^{4}	0.12^{y}
	TMR 3	0.00^{4}	0.00^{4}	0.00^{4}	0.00^{4}	0.00^{z}
	Avg.	0.008^{a}	0.099^{b}	0.497^{c}	0.160^{b}	0.191

Interaction (Urea level x Duration) Acetic acid (P=0.02), Lactic acid (P=0.001), Butyric acid (P=0.001)

^{abc} Means with different superscript in the same row differ significantly. (P<0.01)

^{xyz} Means with different superscript in the same column differ significantly. (P<0.01)

^{ABC} Means with different superscript in the same column differ significantly. (P<0.05)

^{1234} Means with different superscript among treatment-combination differ significantly. (P<0.01)

เมื่อพิจารณาปริมาณกรดที่วิเคราะห์โดยการกลั่น (Table 8) พบว่า ได้รับอิทธิพลร่วมของยูเรียและระยะเวลาการเก็บอาหารผสมครบส่วนอย่างมีนัยสำคัญ โดยอาหารชนิดที่ 1 เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 3 สัปดาห์ มีกรดอะซิติกเพิ่มไม่มากนัก แต่มีกรดแลคติกเพิ่มมากในสัปดาห์ที่ 3 และมีกรดบิวทีริคเพิ่มมากกว่ากลุ่มอื่น แสดงว่ามีการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งประเภทที่ต้องการและไม่ต้องการมากกว่ากลุ่มอื่น ในขณะที่อาหารสูตร 2 มีกรดอะซิติกน้อยที่สุดในระยะแรก แต่เมื่อเก็บไว้ครบ 3 สัปดาห์ มีกรดอะซิติกและแลคติกใกล้เคียงกับสูตรที่ 3 อย่างไรก็ดีอาหารทั้ง 2 ชนิดหลังนี้มีกรดบิวทีริคเกิดขึ้นน้อยมาก ซึ่งเป็นลักษณะที่ดีเพราะไม่มีกลิ่นเหม็น และเมื่อพิจารณาถึงปริมาณกรดทั้งหมดในสัปดาห์ที่ 3 ก็พบว่ามีค่าต่ำกว่าสูตร 1 ค่อนข้างมาก แสดงว่ามีกระบวนการหมักเกิดขึ้นน้อยกว่า สอดคล้องกับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่า pH ที่พบว่ามีสูงกว่า นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับค่าการสูญเสียวัตถุแห้ง (Table 9) ที่พบว่าสูตร 2 และ 3 มีการสูญเสียน้อยมาก ซึ่งต่ำกว่าสูตรที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงอายุการเก็บ ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องจากแอมโมเนียดังได้กล่าวมาแล้ว แสดงว่าแอมโมเนียในฟางหมักช่วยรักษาคุณภาพของอาหารผสมครบส่วนไว้ได้ดีกว่าการใช้ฟางไม่หมัก

Table 9 Dry matter loss of total mixed ration composed of different roughages and being kept at different duration (%).

Duration (wk.)	TMR 1	TMR 2	TMR 3	Avg.
1	1.95^{2}	0.0061^{3}	0.0078^{3}	0.6546^{a}
2	4.64^{1}	0.0046^{3}	0.0055^{3}	1.5500^{b}
3	4.67^{1}	0.0079^{3}	0.0069^{3}	1.5616^{b}
Avg.	3.75^{x}	0.0062^{y}	0.0067^{y}	1.2554
Interaction (Urea level x Duration) P = 0.0001				

^{abc} Means with different superscript in the same column differ significantly. (P<0.01)

^{xyz} Means with different superscript in the same row differ significantly. (P<0.01)

^{123} Means with different superscript among treatment-combination differ significantly. (P<0.01)

Table 10 Ammonia content in total mixed ration composed of different roughages that being kept at different duration (% fresh basis).

Duration (wk.)	TMR 1	TMR 2	TMR 3	Avg.
0	0.0930^{34}	0.1599^{2}	0.2459^{1}	0.1662^{a}
1	0.1430^{23}	0.0830^{34}	0.2360^{1}	0.1540^{a}
2	0.0656^{4}	0.0730^{4}	0.1929^{12}	0.1105^{b}
3	0.0922^{34}	0.0638^{4}	0.0630^{4}	0.0730^{c}
Avg.	0.0984^{x}	0.0949^{x}	0.1844^{y}	0.1259
Interaction (Urea level x Duration) P<0.0001				

^{abc} Means with different superscript in the same column differ significantly. (P<0.01)

^{xyz} Means with different superscript in the same row differ significantly. (P<0.01)

^{1234} Means with different superscript among treatment-combination differ significantly. (P<0.01)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่าแอมโมเนียของอาหารทั้ง 3 สูตร ที่เก็บไว้เป็นเวลาต่าง ๆ กันแสดงใน Table 10 พบว่ามีอิทธิพลร่วมระหว่างเวลาและชนิดของอาหารหยาบต่อค่านี้ ดังจะเห็นได้ว่าอาหารผสมครบส่วนชนิดที่ 1 นั้น มีเปอร์เซนต์แอมโมเนียเมื่อผสมเสร็จใหม่ ๆ น้อย แต่จะสูงขึ้นเมื่อเก็บไว้ 1 สัปดาห์ ทั้งนี้อาจเกิดจากการสลายโปรตีนในอาหารข้นโดยจุลินทรีย์และจากการย่อยสลายยูเรียในระหว่างการเก็บ แต่ในอาหารผสมครบส่วนชนิดที่ 2 และ 3 เมื่อผสมเสร็จใหม่ ๆ จะมีแอมโมเนียสูง แล้วลดลงตามลำดับ ทั้งนี้เพราะในฟางหมักยูเรีย 4 และ 6% ก่อนนำมาผสมกับอาหารข้นนั้นมีแอมโมเนียอยู่แล้ว 0.3228 และ 0.3989% ของสภาพสด

องค์ประกอบของโภชนะในอาหารผสมครบส่วน

ระยะเวลาการเก็บไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนรวมเปลี่ยนแปลง ($p>0.05$, Table 11) แต่ชนิดของอาหารหยาบที่ใช้เป็นส่วนผสมของอาหารมีผลทำให้ค่าดังกล่าวต่างกัน โดยการใช้ฟางหมักยูเรีย 6% จะมีค่าสูงกว่าการใช้ฟางหมักยูเรีย 4% และฟางธรรมดา อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.01$) ดัง Table 11 ทั้งนี้เนื่องจากในฟางหมักยูเรียจะมีปริมาณไนโตรเจนอันเนื่องมาจากยูเรียที่สูงกว่า ในกรณีของเยื่อใยพบว่าระยะเวลาการเก็บทำให้ NDF ลดลงจากอาหารที่ผสมใหม่อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.01$) แต่การเก็บที่ระยะเวลาต่างกันไม่มีผลต่อค่านี้ แสดงว่ากระบวนการหมักมีผลทำให้ NDF ลดลง โดยจะมีผลมากในระยะ 1 สัปดาห์แรกของการเก็บรักษา ในขณะที่ ADF มีแนวโน้มว่าลดลงในสัปดาห์ที่ 2 เป็นต้นไป และฟางไม่หมักมีค่าต่ำกว่าฟางหมัก

Table 11 Nutrient content of total mixed ration composed of different roughages that being kept at different duration.

Duration	Protein (%)				* Neutral detergent fiber (%)				* Acid detergent fiber (%)			
(wk.)	TMR 1	TMR 2	TMR 3	Avg.	TMR 1	TMR 2	TMR 3	Avg.	TMR 1	TMR 2	TMR 3	Avg.
0	16.61	15.72	16.98	16.44^{xy}	46.19	58.30	57.52	54.00^{a}	24.00	29.44	31.70	28.38^{xy}
1	16.39	15.74	17.64	16.59^{xy}	46.03	50.36	51.99	49.46^{b}	25.62	28.77	31.39	28.59^{xy}
2	16.28	16.06	16.86	16.40^{xy}	48.07	48.76	48.99	48.61^{b}	26.33	27.96	28.73	27.67^{xy}
3	16.17	16.09	16.97	16.41^{xy}	44.57	47.08	47.58	46.41^{b}	24.79	27.74	28.16	26.90^{xy}
Avg.	16.36^{x}	15.90^{x}	17.11^{y}	16.46	46.22^{x}	51.12^{y}	51.52^{y}	49.62	25.18^{x}	28.48^{y}	29.99^{y}	27.89

Interaction (Urea level X Duration) Protein (P = 0.469), NDF (P = 0.043), ADF (P = 0.606)

^{abc} Means with different superscript in the same column differ significantly. ($P<0.01$)

^{xyz} Means with different superscript in the same row differ significantly. ($P<0.01$)

* NDF and ADF are ash free.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การย่อยได้และค่าพลังงาน

อาหารผสมครบส่วนที่ประกอบด้วยฟางหมักมีค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (IVOMD) สูงกว่ากลุ่มที่ใช้ฟางไม่หมักโดยค่านี้จะเพิ่มขึ้นตามระดับยูเรียที่ใช้หมักฟาง ทั้งนี้เนื่องมาจากยูเรียที่ใช้ในการหมักฟางนั้นเกิดการย่อยสลายเป็นแอมโมเนีย ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำแล้วเกิดขึ้นเป็นแอมโมเนียม-ไฮดรอกไซด์ที่มีฤทธิ์ในการทำให้พันธะของผนังเซลล์แตกออก จุลินทรีย์จึงสามารถเข้าไปย่อยโภชนะในฟางได้มากขึ้น จึงทำให้การย่อยได้ของอินทรียวัตถุสูงขึ้น ความจริงการใช้ยูเรียเสริมฟางธรรมดาแล้วผสมกับอาหารข้นเก็บไว้ 3 สัปดาห์ ก็น่าจะเกิดปฏิกิริยานี้เช่นกัน แต่เนื่องจากยูเรียที่ใช้มีปริมาณต่ำกว่า (2 vs 4 และ 6%) ผลการย่อยสลายจึงมีน้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบระหว่างฟางหมักทั้ง 2 ชนิด พบว่าอาหารผสมฟางหมักยูเรีย 6% มีค่า IVOMD สูงกว่ากลุ่มที่ใช้ฟางหมักยูเรีย 4% แสดงว่าการใช้ยูเรีย 6% ในการหมักฟางทำให้การย่อยสลายผนังเซลล์มีประสิทธิภาพดีกว่า สอดคล้องกับผลการศึกษาการย่อยได้ของฟางหมักโดยวิธี *in vitro* gas production ที่ดำรัสและคณะ (2545) พบว่าฟางหมักยูเรีย 6% มีค่า IVOMD สูงกว่าฟางหมัก 5 และ 4% ตามลำดับ สำหรับผลของระยะเวลาการเก็บอาหารผสมครบส่วนที่มีต่อการย่อยได้ของอินทรียวัตถุนั้น พบว่าเมื่อเก็บอาหารไว้เป็นเวลานานขึ้น กลุ่มที่ใช้ฟางไม่หมักจะมีค่าดังกล่าวลดลงตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มใช้ฟางหมักมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากจุลินทรีย์ในอาหารที่ประกอบด้วยฟางไม่หมักใช้โภชนะที่ย่อยได้ง่ายเพื่อกิจกรรมของตัวมันเอง ส่วนกลุ่มที่ประกอบด้วยฟางหมักมีแอมโมเนียช่วยยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ สอดคล้องกับค่าการสูญเสียวัตถุแห้งใน Table 10 ที่พบว่ากลุ่มฟางธรรมดามีการสูญเสียมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งในสัปดาห์ที่ 2 และ 3 ในกรณีค่าพลังงาน (ME และ NEL) ของอาหารผสมครบส่วนแต่ละชนิดที่เก็บไว้เป็นระยะเวลาต่างกันนั้นเป็นไปในทำนองเดียวกันกับค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ เพราะเมื่ออาหารมีการย่อยได้ดีขึ้นย่อมทำให้มีการสูญเสียพลังงานในมูลน้อยลง เป็นเหตุให้เหลือพลังงานที่สัตว์จะนำไปใช้ประโยชน์ในร่างกายได้มากขึ้น ในทางตรงกันข้ามถ้าอาหารมีการย่อยได้น้อยก็จะมีค่าพลังงานที่เป็นประโยชน์ต่อสัตว์ต่ำด้วย

สำหรับอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของอาหารผสมครบส่วนกับระยะเวลาในการเก็บรักษาที่มีต่อค่า IVOMD, ME และ NEL ที่พบว่ามีนัยสำคัญนั้น เกิดขึ้นเพราะอาหารผสมฟางธรรมดามีการย่อยได้และพลังงานลดลงมากเมื่อเก็บไว้เป็นเวลานานขึ้น ส่วนอาหารผสมฟางหมักมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยดังได้กล่าวมาแล้ว

❄ **สรุปผลการทดลองที่ 2**

การใช้ฟางข้าวหมักยูเรีย 6% ในอาหารผสมครบส่วนทำให้ได้อาหารที่มีลักษณะทางกายภาพดีที่สุด มีปฏิกิริยาการหมักเกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษาน้อยที่สุด มีค่าโปรตีนรวม ค่าการย่อยได้ ตลอดจน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พลังงาน (ME และ NEL) สูงที่สุด นอกจากนี้ยังสามารถเก็บไว้ได้นานอย่างน้อย 3 สัปดาห์ โดยไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพ ทำให้สามารถนำไปใช้ผลิตในเชิงพาณิชย์ได้

Table 12 *In vitro* organic matter digestibility (IVOMD), metabolizable energy (ME) and net energy for lactation (NEL) of total mixed ration composed of different roughages that being kept at different duration.

Treatment	Duration (wk.)				Avg.
	0	1	2	3	
IVOMD (%)					
TMR 1	55.88^{123}	53.49^{23}	47.23^{3}	46.65^{3}	50.81^{x}
TMR 2	61.53^{12}	62.34^{12}	62.46^{12}	63.41^{12}	62.43^{y}
TMR 3	67.59^{1}	66.79^{1}	65.87^{1}	66.41^{1}	66.66^{z}
Avg.	61.66^{a}	60.87^{ab}	58.52^{b}	58.82^{b}	59.97
ME (Mcal/kgDM)					
TMR 1	2.07^{123}	1.98^{23}	1.76^{3}	1.75^{3}	1.89^{x}
TMR 2	2.20^{123}	2.26^{12}	2.27^{12}	2.32^{12}	2.26^{y}
TMR 3	2.46^{1}	2.43^{12}	2.42^{12}	2.46^{1}	2.44^{z}
Avg.	2.24^{ns}	2.22^{ns}	2.15^{ns}	2.18^{ns}	2.20
NEL (Mcal/kgDM)					
TMR 1	1.20^{123}	1.13^{23}	0.97^{3}	0.96^{3}	1.06^{x}
TMR 2	1.30^{123}	1.34^{12}	1.35^{12}	1.38^{12}	1.34^{y}
TMR 3	1.49^{1}	1.46^{12}	1.45^{12}	1.48^{1}	1.47^{z}
Avg.	1.33^{ns}	1.31^{ns}	1.26^{ns}	1.27^{ns}	1.29

Interaction (Urea X Duration) IVOMD (P = 0.01), ME (P = 0.01), NEL (P = 0.01)

^{abc} Means with different superscript in the same column differ significantly. (P<0.05)

^{xyz} Means with different superscript in the same row differ significantly. (P<0.01)

^{123} Means with different superscript among treatment-combination differ significantly. (P<0.01)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

❖ **การทดลองที่ 3** ทดสอบอาหาร TMR ที่มีฟางหมักเป็นหลักในโครีดนม

ทำการเลี้ยงโคลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซี่ยนที่อยู่ในระยะรีดนม จำนวน 6 ตัว ให้นม 11 – 14 กก. มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 459.5 ± 34.47 กก. อยู่ในระยะการให้นมที่ 2 และ 3 อายุ 4 – 6 ปี เมื่อเริ่มการทดลองโคให้นมมาแล้ว (Day in milk; DIM) 100 – 180 วัน โคถูกเลี้ยงในซองเดี่ยวยืนโรงที่ศูนย์วิจัย

และบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ ให้โคได้รับอาหารผสมครบส่วน 3 สูตร แต่ละสูตรมีอาหารหยาบต่างชนิดกัน ดังนี้คือ สูตรที่ 1 ฟางข้าวหมักยูเรีย สูตรที่ 2 ฟางข้าวหมักยูเรียและหญ้ารูซี่หมัก สูตรที่ 3 หญ้ารูซี่หมักและรูซี่แห้ง ทำการคำนวณอาหารสูตรที่ 1 โดยใช้โปรแกรม XRATION (สมคิด, 2542) ให้มีโภชนะเพียงพอสำหรับโคน้ำหนักตัว 450 กก. ให้นม 15 กก./วัน และน้ำนมมีไขมัน 3.7 % (รายละเอียดแสดงในตารางภาคผนวก) จากนั้นคำนวณสูตรที่ 2 และ 3 โดยกำหนดให้ใช้อาหารข้นสูตรเดียวกันและมีปริมาณเท่ากับที่ใช้ในสูตรที่ 1 แต่สูตรที่ 2 มีฟางหมักยูเรียและหญ้ารูซี่หมักในอัตรา 1 : 1 (น้ำหนักวัตถุแห้ง) และสูตรที่ 3 ใช้หญ้ารูซี่หมักผสมหญ้าแห้ง 1 กก. เพื่อกระตุ้นการบีบตัวของรูเมนและการเคี้ยวเอื้อง ให้ส่วนผสมของอาหารหยาบทั้ง 3 สูตร มีปริมาณวัตถุแห้งเท่ากันและมีสัดส่วนของวัตถุแห้งจากอาหารหยาบต่ออาหารข้นประมาณ 45 : 55

ในอาหารสูตรที่ 1 และ 2 มีการเติมน้ำด้วย ทั้งนี้เพื่อปรับระดับความชื้นของอาหารทั้ง 3 สูตรใกล้เคียงกัน และเพื่อช่วยในการจับตัวของอาหารข้นกับอาหารหยาบด้วย สูตรอาหารทั้ง 3 แสดงใน Table 13 อาหารดังกล่าวนี้ทำการผสมแล้วให้โคกินทันทีทุกวัน

Table 13 Daily ration per cow fed different roughages.

Material	UTS TMR (T_1)			UTS-Ruzi silage TMR (T_2)			Ruzi silage TMR (T_3)		
	Kg/day		% of the	Kg/day		% of the	Kg/day		% of the
	Fresh	DM	ration	Fresh	DM	ration	Fresh	DM	ration
UTS *	10.40	5.97	38.81	5.2	2.98	17.39	-	-	-
Water	8.20	-	30.60	4.1	-	13.71	-	-	-
Ruzi s.	-	-	-	12.4	3.01	41.47	24.1	5.10	72.37
Ruzi h.	-	-	-	-	-	-	1.0	0.89	3.00
Conc.	8.20	7.13	30.60	8.2	7.13	27.42	8.2	7.13	24.62
Total	26.80	13.10	100.00	29.9	13.12	100.00	33.3	13.12	100.00
r/c ratio	45.57/54.43			45.65/54.34			45.65/54.34		

* UTS = 6 % Urea-treated rice straw.

T_1 calculated by XRATION package program.

T_2 &T_3 fixed the amount of concentrated feed and total DM equal to T_1.

องค์ประกอบทางเคมีของฟางหมักยูเรียและหญ้ารูซี่หมักตลอดจนวัตถุดิบอื่นที่นำมาคำนวณเป็นอาหารผสมครบส่วน แสดงใน Table 14

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 14 Percentage of chemical composition of raw material used in the ration.

Material	DM	CP	EE	ADF	NDF	NFC	TDN
(As fed basis)							
UTS	57.38	7.17	1.92	26.47	39.12	1.40	32.71
Ruzi silage*	25.60	2.03	1.20	10.23	16.46	4.74	14.76
Ruzi hay*	88.83	4.78	1.58	37.65	61.91	14.2	47.1
Rice bran*	90.00	14.0	-	14.94	-	22.5	66.0
Leucaena leaf meal*	86.50	15.5	-	23.00	-	3.90	58.0
Soybean meal*	90.90	40.4	-	12.09	-	20.1	73.0
Ground corn*	89.00	7.90	-	4.63	-	66.8	74.0
(DM basis)							
UTS	-	12.5	3.35	46.13	68.18	2.44	57.01
Ruzi silage*	-	7.93	4.69	39.96	64.30	18.52	57.69
Ruzi hay*	-	5.38	1.78	42.38	69.69	15.98	53.02
Rice bran*	-	15.5	-	16.60	-	25.0	73.3
Leucaena leaf meal*	-	17.92	-	26.59	-	4.51	67.05
Soybean meal*	-	44.44	-	13.30	-	22.11	80.31
Ground corn*	-	8.88	-	5.20	-	75.06	83.15

* ข้อมูลจากสมสุข (2544)

เนื่องจากมีข้อจำกัดด้านสัตว์ทดลองดังที่ได้กล่าวไว้ในโครงการย่อยที่ 1 การทดลองที่ 4 จึงได้วางแผนการทดลองแบบสลับ และสำรวจผลตกค้าง (residual effect) โดยวางทรีทเม้นต์สลับกันภายใน 2 สแควร์ (Balance design) โดยแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ๆ ละ 15 วัน โดยใช้โคนมสแควร์ละ 3 ตัว รวม 6 ตัว ทำการเก็บข้อมูล เก็บตัวอย่างอาหาร และตัวอย่างน้ำนม รวมทั้งวิเคราะห์องค์ประกอบของตัวอย่างและคำนวณทางสถิติ เช่นเดียวกับการทดลองที่ 4 โครงการย่อยที่ 1

◈ ผลการทดลองที่ 3

1. องค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมครบส่วนและปริมาณอาหารที่กินได้

อาหารผสมครบส่วนที่เตรียมขึ้นเพื่อใช้เลี้ยงโคนมในการทดลองนี้ มีโภชนะดัง Table 15

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 15 Chemical composition of 3 different total mixed rations (% DM basis).

Composition (%)	UTS TMR	UTS-Ruzi TMR	Ruzi TMR
Dry matter	43.36	44.01	41.12
Organic matter	87.53	88.11	88.61
Crude protein	17.32	12.6	10.49
Ether extract	3.44	4.43	4.45
Ash	12.47	11.89	11.39
Neutral Detergent Fiber [1]	50.52	47.41	46.26
Acid Detergent Fiber [1]	28.39	27.97	28.34
NFC	20.51	23.67	23.15
TDN [2]	70.40	70.78	72.92
pH	8.52	6.50	4.82

[1] NDF and ADF are ash free.

[2] TDN คำนวณจากสมการของ Kearl (1982)

จะเห็นได้ว่าอาหารผสมครบส่วนสูตรที่ 1 ซึ่งประกอบด้วยฟางหมักยูเรียมีโปรตีนรวมสูงที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากฟางหมักมีโปรตีนรวมเมื่อคิดเป็นร้อยละของวัตถุแห้งสูงกว่าหญ้ารูซี่หมัก และรูซี่แห้ง 12.5 เทียบกับ 7.93 และ 5.38% ตามลำดับ (Table 14) และการที่อาหารสูตรนี้มีค่า pH สูงกว่าสูตรอื่น เพราะมีแอมโมเนียและแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ซึ่งมีความเป็นด่างอยู่ ในขณะที่สูตร 3 มี pH เป็นกรดอันเนื่องมาจากหญ้ารูซี่หมัก

โคสามารถกินอาหารผสมครบส่วนที่มีฟางหมักยูเรียทั้ง 2 สูตร ได้มากกว่าอาหารผสมที่ประกอบด้วยหญ้ารูซี่หมัก ($P<0.05$) ดัง Table 16 ทั้งนี้เนื่องจากอาหารทั้ง 2 สูตรมี pH ใกล้เคียงกับสภาพเป็นกลาง เหมาะแก่การทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนทั้งประเภทที่ย่อยเยื่อใยและย่อยแป้ง ซึ่งเจริญเติบโตได้ดีใน pH ประมาณ 6 – 7 จึงทำให้สามารถย่อยอาหารได้ดีและโคกินอาหารได้มาก Erdman (1988) และ Shaver *et al.* (1984) รายงานว่า pH ที่โคกินอาหารได้สูงสุด เท่ากับ 5.6 – 5.7

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณโภชนะที่โคได้รับพบว่าโคได้รับโภชนะจากอาหารผสมครบส่วนที่ใช้ฟางหมักสูงกว่าอาหารผสมครบส่วนที่ใช้รูซี่หมัก (Table 17) และมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นในระหว่างการทดลอง 60 วัน เฉลี่ย 20.5 กก. หรือ 0.34 กก./วัน ในขณะที่โคที่ได้รับอาหารผสมครบส่วนสูตรที่ 2 และ 3 มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น 11.50 และ 2.33 กก. หรือ 0.19 และ 0.04 กก./วัน ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 16 Dry matter intake of 3 different total mixed rations.

Intake	UTS TMR	UTS-Ruzi TMR	Ruzi-TMR
Kg/cow/day	14.02[a]	14.07[a]	11.56[b]
Percentage of BW/day	2.85[a]	2.92[a]	2.38[b]

[a, b] Means with different superscript in the same row differ significantly ($p<0.05$).

Table 17 Nutrient intake and average daily gain of cows from 3 different total mixed rations (kg/day).

Nutrient	UTS TMR	UTS-Ruzi TMR	Ruzi TMR
Dry matter intake	14.02	14.07	11.56
Organic matter intake	12.27	12.40	10.24
Crude protein intake	2.43	1.77	1.21
Ether extract intake	0.48	0.62	0.51
NDF intake	6.48	6.67	5.84
ADF intake	3.98	3.65	3.28
TDN intake	9.87	9.96	8.43
Average daily gain	0.34	0.19	0.04

2. ปริมาณผลผลิต องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

โคที่ได้รับอาหารผสมครบส่วนทั้ง 3 สูตร สามารถให้ปริมาณน้ำนมทั้งที่ไม่ปรับและปรับไขมัน 4% ได้แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่โคที่ได้รับอาหารผสมครบส่วนที่มีฟางหมักให้นมที่มีเปอร์เซ็นต์ไขมันและโปรตีนสูงกว่ากลุ่มอื่น ($p<0.05$) ดัง Table 18 ทั้งนี้เนื่องจากอาหารที่ใช้ฟางหมักล้วนมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนและเยื่อใยสูงกว่านอกจากนี้ยังมีของแข็งทั้งหมด (total solid) หรือเนื้อนมสูงกว่ากลุ่มอื่น และสูงกว่า 12.5% ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานที่กำหนดโดยกรมปศุสัตว์ด้วยจึงนับว่าเป็นข้อดี เพราะในปัจจุบันนี้ปัญหาของน้ำนมที่มีเนื้อนมต่ำกว่ามาตรฐานกำลังเป็นเรื่องที่ต้องแก้ไขอย่างเร่งด่วน เพราะมีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์มาก

จากการคำนวณค่าใช้จ่ายในการทำฟางหมักยูเรีย 6% และหญ้ารูซี่หมักพบว่า เท่ากับ 0.76 บาท และ 0.80 บาท/กก.นน.สด (ตามสภาพที่ใช้เลี้ยง as fed basis) ตามลำดับ ในขณะที่หญ้ารูซี่แห้งมีราคา 2.50 บาท/กก. และอาหารข้นมีราคา 6.95 บาท/กก.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 18 Milk yield and milk component of cows fed on different diets.

Composition	Treatment		
	UTS TMR	UTS-Ruzi TMR	Ruzi TMR
Actual milk yield (kg/cow/day)	13.14^{ns}	13.10^{ns}	12.90^{ns}
4% ıat corrected milk yield (kg/cow/day)	12.80^{ns}	11.32^{ns}	12.00^{ns}
Fat (%)	3.82^{a}	3.15^{b}	3.25^{b}
Total solid (%)	12.59^{ns}	11.76^{ns}	12.04^{ns}
Total solid yield (kg/cow/day)	1.65^{ns}	1.54^{ns}	1.55^{ns}
Solid non fat (%)	8.77^{ns}	8.66^{ns}	8.49^{ns}
Solid non fat yield (kg/cow/day)	1.15^{ns}	1.14^{ns}	1.09^{ns}
Protein (%)	3.52^{a}	3.24^{b}	3.28^{ab}
Protein yield (kg/cow/day)	0.46^{a}	0.42^{b}	0.42^{b}
FCR (kg milk/ kgDM of feed)	0.94	0.93	1.12

^{abc} Means with different superscript in the same row differ significantly (P<0.05)

เมื่อนำค่าดังกล่าวมาคำนวณร่วมกับปริมาณอาหารที่กินพบว่า ค่าอาหารต่อวันของโคที่ได้รับอาหารผสมครบส่วนที่มีฟางหมักสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับฟางหมักร่วมกับหญ้ารูซี่หมัก และหญ้ารูซี่หมักตามลำดับ ในขณะที่รายได้จากการขายน้ำนมของโคดังกล่าว เท่ากับ 160, 141.50 และ 150 บาท ตามลำดับ จึงมีกำไรหลังหักลบค่าอาหารเท่ากับ 81.73, 65.71 และ 83.53 บาท/ตัว/วัน หรือ 6.38, 5.80 และ 6.96 บาท/กก.น้ำนม ตามลำดับ ดัง Table 19

Table 19 Feed cost and income on milk yield of cows fed on different rations.

Item	Cow fed on		
	UTS TMR	UTS-Ruzi TMR	Ruzi TMR
Feed cost* (Baht/cow/day)	78.27	75.79	66.47
Income from milk yield (Baht/cow/day)	160.00	141.50	150.00
Income over feed (Baht/cow/day)	81.73	65.71	83.53
Income over feed (Baht/kg. 4% FCM)	6.38	5.80	6.96

คิดราคาน้ำนม = 12.50 บาทต่อ กก.

แสดงว่าการเลี้ยงโคด้วยอาหารผสมครบส่วนที่เตรียมจากฟางหมักยูเรียทำกำไรต่อการผลิตน้ำนม 1 กก. ได้สูงกว่าการใช้ฟางหมักร่วมกับหญ้าหมัก แต่ยังต่ำกว่าการใช้หญ้าหมัก 100% เล็กน้อย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

❄ **สรุปผลการทดลองที่ 3**

โคสามารถกินอาหารผสมครบส่วนที่มีส่วนผสมของฟางหมักยูเรีย 6% ทั้ง 2 สูตรได้มากกว่ากลุ่มที่ใช้หญ้ารูซี่หมักผสมหญ้าแห้งเป็นอาหารหยาบเล็กน้อย ผลผลิตน้ำนมของโคทั้ง 3 กลุ่มไม่แตกต่างกัน แต่กลุ่มที่ได้รับฟางหมักเป็นอาหารแต่เพียงอย่างเดียวมีเปอร์เซนต์ไขมันและโปรตีนในน้ำนมสูงกว่ากลุ่มอื่น อีกทั้งยังมีน้ำหนักตัวเพิ่มต่อวันมากกว่าคือ 0.34 เทียบกับ 0.19 และ 0.04 กก. ตามลำดับ เมื่อพิจารณาถึงกำไรที่หักค่าอาหารแล้วพบว่า การใช้ฟางหมักยูเรียมีกำไรต่อน้ำนม 1 กก. ถึง 6.38 บาท ซึ่งสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ฟางหมักผสมหญ้ารูซี่หมักมาก แต่ต่ำกว่ากลุ่มที่ใช้หญ้ารูซี่หมักเล็กน้อย อย่างไรก็ดีการทำฟางหมักมีข้อดีในแง่ที่ทำได้ง่ายกว่าและมีความเสี่ยงน้อยกว่าการทำหญ้ารูซี่หมักมาก เพราะไม่ต้องขึ้นอยู่กับฤดูกาลหรือดินฟ้าอากาศ ดังนั้นจึงน่าจะมีการส่งเสริมให้เกษตรกรนำฟางหมักไปใช้ประกอบอาหารผสมครบส่วนเพื่อเลี้ยงโคนมด้วย

4. สรุปผลการทดลองโครงการย่อยที่ 10

การผลิตอาหารผสมครบส่วนที่มีความชื้นสูงโดยมีฟางเป็นอาหารหยาบหลัก ควรนำฟางมาหมักด้วยยูเรีย 6% ก่อน แล้วจึงนำมาผสมกับอาหารข้น เพราะจะทำให้มีลักษณะทางกายภาพดีกว่า มีอายุการเก็บได้นานกว่า และมีการย่อยได้ตลอดจนมีพลังงานที่สัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้สูงกว่าการใช้ฟางธรรมดาเสริมด้วยยูเรีย 1% ของวัตถุแห้งในสูตรอาหาร หรือฟางที่หมักด้วยยูเรีย 4%

เมื่อนำอาหารผสมครบส่วนดังกล่าวไปใช้เลี้ยงโคที่ให้น้ำนมระดับปานกลางถึงต่ำ เปรียบเทียบกับการใช้อาหารผสมครบส่วนที่มีส่วนผสมของหญ้ารูซี่หมัก พบว่าโคสามารถกินอาหารผสมครบส่วนที่มีส่วนผสมของฟางหมักยูเรียได้มากกว่า และได้รับโภชนะมากกว่าเล็กน้อย ถึงแม้จะให้นมและองค์ประกอบทางเคมีในน้ำนมไม่แตกต่างกัน แต่ก็พบว่าโคที่ได้รับอาหารผสมครบส่วนที่ใช้ฟางหมักยูเรียมีน้ำหนักตัวเพิ่มถึง 20.50 กก. เทียบกับโคที่ได้รับอาหารที่ประกอบด้วยหญ้ารูซี่หมักที่มีน้ำหนักตัวเพิ่มเพียง 2.33 กก. ตลอดระยะเวลาการทดลอง 60 วัน เมื่อพิจารณาถึงกำไรหลังจากหักค่าอาหารแล้วพบว่าแม้การใช้ฟางหมักยูเรียจะมีกำไรต่ำกว่าการใช้หญ้ารูซี่หมักเล็กน้อย แต่การเตรียมฟางหมักง่ายกว่าการเตรียมหญ้าหมักมาก การใช้ฟางหมักจึงนับว่าเหมาะสมสำหรับโคที่ให้นมระดับปานกลางถึงต่ำ สำหรับการใช้ฟางหมักยูเรียเป็นส่วนประกอบในอาหารโคที่มีศักยภาพการผลิตสูงนั้นอาจทำให้โคได้รับโภชนะต่าง ๆ ไม่เพียงพอต่อความต้องการได้ จึงควรเลือกใช้อาหารหยาบชนิดอื่นที่มีคุณภาพดีกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โครงการย่อยที่ 11 การผลิตอาหารหยาบผสมจากหญ้าแห้งหรือฟางข้าวและผลิตอาหารข้นที่เหมาะสมสำหรับโครีดนมในระยะกลางถึงปลายของการให้นม

1. หลักการ เหตุผลและวัตถุประสงค์

ผลจากโครงการย่อยที่ 9 พบว่าการใช้อาหารหยาบคุณภาพดีซึ่งผลิตจากหญ้ารูซี่แห้งเสริมแหล่งโปรตีน คือ กากถั่วเหลือง และแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่สลายตัวง่าย คือ กากน้ำตาลผสม ข้าวโพดบดและรำละเอียด หรืออาจใช้ใบกระถินแห้งแทนกากถั่วเหลืองและรำละเอียดก็ได้ อาหารผสมดังกล่าวสามารถใช้ทดแทนข้าวโพดหมักสำหรับโคในระยะต้นของการให้นมได้ โดยมีส่วนประกอบน้ำนมที่ดีและใช้ต้นทุนการผลิตต่ำกว่าข้าวโพดหมัก ดังนั้นหญ้ารูซี่แห้งจึงเป็นทางเลือกอีกทางหนึ่งสำหรับการเลี้ยงโคในระยะให้นมมากที่ต้องการอาหารหยาบที่ย่อยง่าย มีพลังงานและโปรตีนในระดับที่พอเหมาะกับการให้ผลผลิต ส่วนโคที่ให้นมในระยะกลางและระยะปลายที่ให้นมเฉลี่ยประมาณ 10 – 15 กก./วัน นั้น สามารถใช้อาหารหยาบและอาหารข้นที่มีความเข้มข้นของโภชนะลดลง ทั้งนี้เพราะโคสามารถกินอาหารได้มากขึ้น ตลอดจนมีความต้องการพลังงานและโปรตีนลดลงตามระดับการให้ผลผลิต ดังนั้นการใช้อาหารหยาบเช่น ฟางข้าวหรือหญ้ารูซี่แห้งที่มีโภชนะปานกลางมาปรับปรุงโภชนะเพิ่มขึ้นด้วยการเสริมแหล่งพลังงานและโปรตีนโดยให้ร่วมกับอาหารข้นที่มีโปรตีนในระดับปานกลางประมาณ 16% จึงน่าจะนำมาใช้เลี้ยงได้

การกำหนดปริมาณอาหารหยาบและอาหารข้นสำหรับโครีดนม จำเป็นต้องมีการจัดสัดส่วนอาหารเพื่อให้ได้รับโภชนะตรงตามระดับการให้ผลผลิต โดยนิยมใช้มาตรฐานความต้องการโภชนะ เช่น NRC (1988) เป็นแนวทางในการคำนวณสูตรอาหารโดยคำนึงถึงน้ำหนักตัว ปริมาณน้ำนม ระยะการให้นม ส่วนประกอบน้ำนมและอื่น ๆ ด้วย นอกจากนี้ยังต้องให้อาหารมีระดับของเยื่อใยที่เหมาะสม เช่น 21 – 22% ADF (NRC, 1988) และมีคาร์โบไฮเดรตสลายตัวง่าย (NFC) 30 – 45% เป็นต้น (Hoover and Stoke, 1991)

สำหรับการสร้างสูตรอาหารข้นสำหรับโคให้นมระยะกลางถึงปลายของการให้นมนับว่าเป็นเรื่องที่ไม่ซับซ้อนนัก เพราะโคในระยะนี้มีความต้องการโภชนะไม่สูงและไม่ค่อยมีปัญหาเรื่องความผิดปกติอันเนื่องมาจากเมแทบอลิซึม (metabolic disorder) ดังนั้นสูตรอาหารข้นจึงอาจใช้วัตถุดิบที่มีเยื่อใยค่อนข้างสูงและหาได้ง่ายในท้องถิ่น เช่น รำละเอียด และกากมะพร้าว มาเป็นส่วนผสมโดยไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงการใช้โปรตีนไหลผ่าน (by pass protein) หรือสารเสริมเพื่อป้องกันการเกิดกรดในกระเพาะสูง ทั้งนี้เพราะจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนสามารถสังเคราะห์โปรตีนและพลังงานได้พอเพียงกับการให้ผลผลิตของโค อีกทั้งอาหารหยาบที่ให้ในระยะนี้มักมีเยื่อใยสูงจึงสามารถป้องกันความผิดปกติเนื่องจากกรดในกระเพาะได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อย่างไรก็ตามการใช้ยูเรียควรต้องคำนึงถึงระดับที่ปลอดภัย คือ ไม่ควรมากกว่า 30 ก./นน.ตัว 100 กก./วัน ด้วย (บุญล้อม, 2541) แต่อาหารข้นส่วนใหญ่ที่ผลิตในเชิงธุรกิจมักใช้วัสดุที่มี NFC ต่ำ และมีเยื่อใยสูงเช่น กากปาล์ม หรือกากเบียร์เป็นส่วนผสม อีกทั้งยังมีการใช้ยูเรียเป็นส่วนผสมค่อนข้างมากประมาณ 1.5 – 2.5%

ดังนั้นในโครงการย่อยที่ 11 นี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้หญ้าแห้งหรือฟางข้าวในการผลิตอาหารหยาบผสมตลอดจนสร้างสูตรอาหารข้นที่ใช้วัสดุในท้องถิ่นที่หาง่ายและมีราคาถูกในการผลิตอาหารสำหรับโคให้นมในระยะกลางและปลายเปรียบเทียบกับอาหารข้นที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

2. ผลงานวิจัยและรายงานที่เกี่ยวข้อง (บางส่วน)

หญ้ารูซี่เป็นพืชอาหารสัตว์ที่นิยมปลูกในประเทศไทย เป็นหญ้าที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อนชื้นที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,000 มม.ขึ้นไป ชอบดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงและมีการระบายน้ำดีไม่ทนต่อสภาพน้ำขังเป็นระยะเวลายาวนาน (สายัณห์, 2540) มีลักษณะการเจริญเติบโตแบบกึ่งเลื้อยกึ่งตั้ง สูง 60 – 100 ซม. ลำต้นกลม แข็งเรียวเล็ก ไม่มีขนที่ลำต้น มีรากแตกแขนงบริเวณโคนต้น (กรมปศุสัตว์, 2545) ตลอดจนทนต่อการเหยียบย่ำของสัตว์และเครื่องจักรกล จะมีคุณภาพสูงถ้าตัดในระยะไม่แก่นัก คืออายุประมาณ 45 – 60 วัน โดยจะมีโปรตีนมากกว่า 6% ยอดโภชนะย่อยได้มากกว่า 55% และมีเยื่อใยในระดับที่เหมาะสม (สมคิดและคณะ, 2542) โดยจะมีผลผลิตน้ำหนักแห้งอยู่ระหว่าง 900 – 3,000 กก./ไร่/ปี ดังมีรายงานที่เกี่ยวข้องดังนี้ ฉายแสงและคณะ (2528) ได้ทำการศึกษาถึงระยะเวลาตัดที่มีต่อผลผลิตและคุณค่าทางอาหารของหญ้ารูซี่ โดยทำการตัดที่อายุ 60, 90, 120 วัน และ 60 + 60 วัน คือทำการตัดทุก 60 วัน 2 ครั้งผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าที่ได้เท่ากับ 984, 1515, 2008 และ 1672 (956 + 716) กก./ไร่ ตามลำดับผลผลิตน้ำหนักแห้งตัดทุก 40 วัน ในปีแรก (ทดสอบปุ๋ย N) เท่ากับ 2,636 กก./ไร่/ปี (ทิพาและคณะ, 2534) และมีคุณค่าทางโภชนะดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละของวัตถุแห้ง) ของหญ้ารูซี่แห้ง จากรายงานต่างๆ

DM	CP	CF	Ash	EE	NFE	NDF	ADF	ADL	Reference
91.87	2.64	-	9.66	0.77	-	71.82	49.47	-	จินดาและคณะ (2539)
89.6	7.5	30.8	13.1	1.41	47.3	64.4	46.3	5.4	รำไพและคณะ (2546)
88.83	5.38	31.37	7.18	1.78	54.29	69.7	42.39	7.51	สมสุข (2544)
91.68	8.33	29.02	8.91	1.85	51.89	69.26	39.34	4.84	วีณาพร (2547)

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าหญ้าแห้งที่ผลิตได้ในประเทศไทยนั้นคุณค่าทางโภชนะของหญ้าแห้งจัดอยู่ในระดับปานกลางถึงระดับต่ำ เนื่องมาจากสภาพอากาศร้อนชื้น คุณภาพของหญ้าที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตัดมาทำหญ้าแห้งและการจัดการทำหญ้าแห้งจึงไม่ดีเท่าที่ควรอีกทั้งยังมีปริมาณไม่เพียงพอต่อการใช้เลี้ยงโคนม ฟางข้าวจึงถูกเลือกเป็นอาหารหยาบใช้เลี้ยงสัตว์ เพื่อบรรเทาปัญหาขาดแคลนอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้ง ฟางข้าวเป็นพลพลอยได้จากการปลูกข้าวซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มีการเพาะปลูกทั่วทุกพื้นที่ของประเทศ โดยในปีเพาะปลูก 2545/46 ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปี 57.263 ล้านไร่ และมีผลผลิต 19.997 ล้านตันข้าวเปลือก ผลผลิตข้าวเฉลี่ย 349.0 กก./ไร่ ส่วนข้าวนาปรังคาดว่ามีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 8.553 ล้านไร่ ได้ผลผลิตประมาณ 5.948 ล้านตันข้าวเปลือก ผลผลิตข้าวนาปรังเฉลี่ย 695.43 กก./ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร อ้างโดยธำรงศักดิ์, 2547) จากรายงานต่าง ๆ ที่แสดงในตารางที่ 2 เห็นได้ว่าฟางข้าวมีคุณค่าทางอาหารต่ำ มีโปรตีนร้อยละ 3 – 4 มีเยื่อใยในรูปของ NDF ร้อยละ 75 มีความน่ากินปานกลาง มีการย่อยได้ของวัตถุแห้งค่อนข้างต่ำประมาณร้อยละ 45 และมีพลังงานในรูปยอดโภชนะย่อยได้หรือโภชนะทั้งหมดที่ย่อยได้ (TDN) ร้อยละ 45 - 50 (บุญล้อมและคณะ, 2543)

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละของวัตถุแห้ง) ของฟางข้าว จากรายงานต่างๆ

DM	CP	CF	Ash	EE	NFE	NDF	ADF	ADL	Reference
96.7	4.6	-	18.4	2.3	-	64.4	34.1	3.5	เสาวลักษณ์ (2542)
89.02	3.34	-	14.07	2.20	-	72.15	45.23	3.90	ดำรัส (2545)
91.8	2.79	32.5	12.94	1.24	-	71.6	40.9	5.20	วิศิษฐิพรและคณะ(2544)
97.62	2.44	33.10	14.99	0.07	48.77	73.34	45.95	2.88	ทวีศักดิ์และคณะ(2546)
89.3	3.9	-	-	1.0	-	72.9	44.4	-	อิทธิพล (2547)

การใช้อาหารหยาบคุณภาพต่ำหรือฟางข้าวเลี้ยงโคที่ให้ผลผลิตสูง (ระยะต้นของการให้นม)นั้นดงไม่เหมาะสมเพราะโคในระยะนี้มีความต้องการโภชนะสูงการได้รับอาหารหยาบที่มีคุณภาพต่ำนั้นจะไปมีผลต่อการเจริญเติบโตและการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก ส่งผลให้ผลผลิตและน้ำหนักตัวลดลงได้ แต่สำหรับโคที่ให้นมในระยะกลางถึงปลาย (10 – 15 กก./วัน)นั้น การใช้อาหารหยาบคุณภาพต่ำ เช่น หญ้ารูซี่แห้งคุณภาพต่ำหรือฟางข้าว เข้ามาเลี้ยงทดแทนได้เพราะโคนมในระยะนี้ มีความต้องการพลังงานและโปรตีนลดลงตามระดับการให้ผลผลิต แต่คุณค่าทางโภชนะบางอย่าง เช่น โปรตีนและพลังงานอาจจะยังมีไม่เพียงพอต่อความต้องการ จึงควรมีการเสริมด้วยแหล่งพลังงานคือ ข้าวโพดบดและกากน้ำตาลและแหล่งโปรตีนคือ รำละเอียด กากถั่วเหลืองและใบกระถินแห้ง และใช้ร่วมกับอาหารข้นที่มีโปรตีนในระดับปานกลาง เช่น 16% ลงในหญ้าแห้งหรือฟางข้าวด้วยเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ทำงานได้ดียิ่งขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Ovenell *et al.* (1991) ศึกษาการใช้หญ้าแห้งเป็นอาหารหยาบร่วมกับการเสริมกากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีน และการใช้รำข้าวสาลีละเอียดหรือข้าวโพดบดเป็นแหล่งพลังงาน เปรียบเทียบกับการเสริมข้าวโพดอย่างเดียวพบว่า ปริมาณการกินและการย่อยได้ของหญ้าแห้งในกลุ่มที่มีการเสริมกากถั่วเหลืองร่วมกับข้าวโพดมากกว่ากลุ่มหลังอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

ณรงค์และคณะ (2521) ศึกษาการปรับปรุงคุณค่าทางอาหารของฟางข้าวสำหรับโคและกระบือด้วยการให้อาหารเสริมโดยใช้ฟางข้าวเสริมใบมันสำปะหลังแห้งหรือรำโรงสีกลาง (ในจำนวนจำกัดวันละ 1 กก./ตัว/วัน) หรือยูเรีย (ผสมในอาหารแร่ธาตุ 20%) เทียบกับการใช้ฟางข้าวอย่างเดียว พบว่า โคและกระบือในพวกที่ได้รับอาหารเสริมทั้ง 3 ชนิดจะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>.05$) และมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นมากกว่าการให้ฟางข้าวอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญ ($p<.01$)

ทวีศักดิ์และคณะ (2546) ศึกษาการใช้เถามันแกวแห้งในสูตรอาหารข้นเสริมฟางข้าวในช่วงฤดูแล้งโดยกลุ่มที่ 1ให้โคได้รับอาหารข้นประกอบด้วยมันเส้น 60% ใบมันสำปะหลังแห้ง 35% ยูเรีย 3% และแร่ธาตุ 2% กลุ่มที่ 2ให้โคได้รับอาหารข้นประกอบด้วยมันเส้น 60% เถามันแกวแห้ง 35% ยูเรีย 3% และแร่ธาตุ 2% โดยโคทั้ง 2 กลุ่มเลี้ยงด้วยฟางข้าวอย่างเต็มที่ อาหารข้น 2 กก./ตัว/วัน เท่ากัน พบว่าโคทั้ง 2 กลุ่มมีอัตราการเจริญเติบโต ปริมาณอาหารที่กิน และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารไม่แตกต่างกันทางสถิติ

3. การทดลอง

โครงการย่อยที่ 10 แบ่งออกเป็น 2 การทดลองดังนี้

❖ **การทดลองที่** 1 การผลิตอาหารหยาบผสมเพื่อใช้เลี้ยงโครีดนมในระยะกลางถึงปลาย

ใช้แม่โคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียนระดับสายเลือด 87.5% จำนวน 6 ตัว น้ำหนักประมาณ 503.71 ± 59.71 กก. จำนวนวันที่ให้นม 239.05 ± 16.81 วัน ให้น้ำนมประมาณ 14.78 ± 1.10 กก. อยู่ในระยะการให้นมที่ 3 อายุ 4 - 6 ปี เลี้ยงที่คอกสัตว์ทดลองของศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ แบบของเดี่ยวผูกยืนโรง ด้านหน้าเป็นรางอาหาร มีรางน้ำอัตโนมัติที่โคสามารถกินได้ตลอดเวลา บริเวณพื้นคอกที่โคยืนรองด้วยแผ่นยาง เพื่อป้องกันปัญหากีบรวมทั้งบริเวณขาและข้อเข่าของโค การรีดนมใช้เครื่องรีดนมแบบรีดลงถังรายตัว (bucket type) และรีดวันละ 2 ครั้ง (05.00 น.และ 15.30 น.)

ให้โคทดลองได้รับฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลักเสริมด้วยข้าวโพดบดและกากน้ำตาล แล้วเสริมด้วยใบกระถินแห้งหรือกากถั่วเหลืองผสมรำ เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ใช้หญ้ารูซี่แห้งผสมข้าวโพดบด กากน้ำตาล รำ และกากถั่วเหลือง โดยหญ้ารูซี่แห้งที่ใช้เป็นชนิดอัดฟ่อนที่ผลิตจากแปลงเดียวกับที่ใช้ในโครงการย่อยที่ 4 นำหญ้ารูซี่แห้งและฟางข้าวมาสับให้เป็นท่อนยาวประมาณ 2 นิ้ว ก่อนนำไปผสมกับส่วนอื่นเป็นอาหารหยาบผสม 3 สูตร (treatment) ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สูตรที่ 1 ฟางข้าวผสมข้าวโพดบด กากน้ำตาล และ ใบกระถินแห้ง

สูตรที่ 2 ฟางข้าวผสมข้าวโพดบด กากน้ำตาล รำ และ กากถั่วเหลือง

สูตรที่ 3 หญ้ารูซี่แห้งผสมข้าวโพดบด กากน้ำตาล รำ และ กากถั่วเหลือง

สัดส่วนของอาหารหยาบ อาหารข้นและอาหารเสริมในแต่ละทรีตเมนท์คำนวณโดยใช้โปรแกรม XRATION (สมคิด ,2542) ให้มีความแตกต่างไม่เกิน 5% จากความต้องการโภชนะของโคนมที่ให้น้ำนมประมาณ 15 กก.ที่แนะนำโดย NRC (1988) และโดยคำนึงถึงผลผลิตและน้ำหนักตัวของโคก่อนการทดลองด้วย คำนวณให้สูตรอาหารมีเยื่อใย (ADF) ประมาณ 22 – 24% อาหารข้นที่ใช้ในการทดลอง เป็นอาหารผสมสำเร็จรูปชนิดอัดเม็ดจากบริษัทที่ผลิตจำหน่ายและจดทะเบียนที่โปรตีน 16% ส่วนประกอบของอาหารแต่ละทรีตเมนท์และปริมาณการให้อาหารจากการคำนวณแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบ (อาหาร ทั้ง 3 สูตร) และปริมาณที่โคได้รับในแต่ละวัน

	T1		T2		T3	
	kg/day[1]	(%)	kg/day[1]	(%)	kg/day[1]	(%)
Ruzi hay	-	-	-	-	5	64.1
Rice straw	4.4	60.3	5	63.3	-	-
Molasses	0.5	6.8	0.5	6.3	0.5	6.3
Ground corn	1.0	13.7	1.0	12.7	1.0	12.7
Rice bran	-	-	1.1	13.9	1.1	13.9
Soybean meal	-	-	0.3	3.8	0.3	3.8
Leucaena leaves hay	1.4	19.2	-	-	-	-
Total	7.3	100	7.9	100	7.9	100
Concentrate	8.8	-	8.8	-	7.8	-

[1]as fed basis

ให้โคได้รับอาหารข้นวันละ 3 เวลาคือ 06.30, 11.30 และ 16.00 น. ส่วนอาหารหยาบให้กินแบบเต็มที่

วางแผนการทดลองแบบ balance design เนื่องจากข้อจำกัดและเหตุผลที่กล่าวไว้ในโครงการย่อยที่ 1 ทำการทดลอง 3 ระยะแต่ละระยะ ใช้เวลา 15 วัน โดยมีช่วงให้สัตว์ปรับตัวให้เข้ากับอาหารเป็นเวลา 7 วัน ส่วนอีก 8 วันหลังเป็นช่วงเก็บข้อมูล ทำการบันทึกข้อมูล เก็บตัวอาหาร และน้ำนม วิเคราะห์องค์ประกอบของอาหาร และน้ำนม ตลอดจนวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เช่นเดียวกับโครงการย่อยที่ 1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

◈ ผลการทดลองที่ 1

องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร

จากตารางที่ 2 พบว่าหญ้ารูซี่แห้งมีโปรตีนลดลงเมื่อเทียบกับผลจากโครงการย่อยที่ 2 (6.71 เทียบกับ 7.44%) แต่มีเยื่อใย (43.12 เทียบกับ 39.56%) และเถ้าเพิ่มขึ้น (6.38 เทียบกับ 9.14%) มี NFC ลดลง (9.09 เทียบกับ 17.15%) ทั้ง ๆ ที่เป็นหญ้าชุดเดียวกัน แสดงถึงการสลายตัวของโปรตีนและ NFC ในหญ้าที่เกิดขึ้นเมื่อเก็บไว้นานขึ้นเพราะหญ้าแห้งชุดนี้ถูกเก็บในที่ร่มและปิดมิดชิดเป็นเวลา 1½ ปี ในลักษณะอัดฟ่อนและเรียงเป็นชั้น ๆ ค่อนข้างแน่น สอดคล้องกับ McDonald *et al.*(1988) ที่รายงานว่าการเปลี่ยนแปลงของโภชนะของหญ้าแห้งจะเกิดขึ้นได้มากเมื่อเก็บในอุณหภูมิสูงโดยจะมีเยื่อใยเพิ่มขึ้นแต่มีโภชนะอย่างอื่นลดลงแต่ถ้าเก็บที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5°C จะไม่พบการเปลี่ยนแปลงของโภชนะ

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมี (% ของวัตถุแห้ง) ของวัตถุดิบแต่ละชนิดและอาหารข้นที่ใช้ในการทดลอง

Composition	Ruzi	Rice	Leucaena	Soybean	Rice	Ground	Molasses	Conc.
DM	85.01	82.78	88.47	87.08	86.78	84.98	74.56	88.57
CP	6.71	2.89	26.04	54.14	14.25	7.94	6.44	17.76
EE	2.96	1.36	3.11	2.31	17.03	5.20	1.23	5.02
Ash	9.14	18.48	10.15	7.29	8.81	1.43	9.5	9.63
CF	36.69	34.11	17.07	5.39	7.50	2.94	-	14.40
NFE	44.5	43.16	43.63	30.87	52.41	82.49	82.83	53.18
NFC	9.09	9.52	38.96	25.62	43.83	71.72	82.82	33.50
NDF*	72.10	67.75	21.74	10.64	16.09	13.71	-	34.09
ADF*	43.12	41.90	15.30	8.07	8.08	3.63	-	20.19
ADL*	6.56	4.18	6.19	-	3.83	0.70	-	8.20
TDN[1/]	51.75	40.90	66.04	82.79	84.46	82.49	78.01	70.04
TDN[2/]	-	-	-	84.0	70.0	85.0	72.0	-

[1/] Calculated from equations of Kearl (1982)

TDN of dry roughage (%DM) = -17.2649 + 1.2120 (%CP) + 0.8352 (%NFE) + 2.4637 (%EE) + 0.4475 (%CF)

TDN of energy feed (%DM) = 40.2625 + 0.1969 (%CP) + 0.4228 (%NFE) + 1.1903 (%EE) – 0.1379 (%CF)

TDN of protein supplement (%DM) = 40.3227 + 0.5398 (%CP) + 0.4448 (%NFE) + 1.4218 (%EE) – 0.7007 (%CF)

[2/] Value from NRC (1988) * Ash free

ในส่วนของพลังงานคิดในรูปยอดโภชนะย่อยได้ (TDN) ของหญ้าแห้งที่ใช้ในการทดลองนี้มีค่าต่ำกว่าในโครงการย่อยที่ 2 (51.75 เทียบกับ 59.09%) ทั้งนี้ส่วนหนึ่งอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงโภชนะในการเก็บดังได้กล่าวมาแล้ว อีกส่วนหนึ่งอาจเนื่องมาจากวิธีการวัดที่แตกต่างกัน คือใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โครงการนี้ใช้ค่าจากการวิเคราะห์ proximate มาคำนวณโดยอาศัยสมการของ Kearl (1982) ในขณะที่โครงการย่อยที่ 2 ทำโดยวิธี *in vivo* ส่วนฟางข้าวที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีวัตถุแห้งและคุณค่าทางอาหารใกล้เคียงกับที่มีผู้รายงานไว้ คือ DM 86.0 - 97.62 %, CP 2.1 – 4.6 %, NDF 64.4 – 85.6 %, ADF 34.1 – 63.1 % และ Ash 14.07 – 18.4 % (ดำรัส, 2545; ทวีศักดิ์และคณะ, 2546; บุญเสริม, 2531; วิศิษฐิพรและคณะ,2544; สมคิดและคณะ, 2531 และ เสาวลักษณ์, 2542) เมื่อเปรียบเทียบค่า TDN ของวัตถุดิบที่ใช้เป็นแหล่งพลังงานและโปรตีนพบว่า TDN ของกากถั่วเหลือง ข้าวโพดบดและกากน้ำตาล จากการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่แสดงใน NRC (1988) ยกเว้น รำละเอียดที่การคำนวณโดยใช้สมการของ Kearl (1982) ได้ค่าสูงกว่าที่ NRC รายงานไว้มาก (84.46 vs 70%) ซึ่งอาจเป็นเพราะสมการที่ใช้คำนวณยังไม่เหมาะสมในการใช้กับรำละเอียดซึ่งน่าจะมีการแสวงหาสมการที่มีความแม่นยำต่อไป จะเห็นว่าค่าที่รายงานโดย NRC มีความน่าเชื่อถือมากกว่าจึงใช้เป็นพื้นฐานในการประมาณค่า TDN ของรำละเอียด ในส่วนของอาหารข้น อาหารข้นของบริษัทที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีโปรตีน 17.76% ของวัตถุแห้งซึ่งเมื่อคิดเป็นร้อยละของสภาพแห้งปกติ เท่ากับ 15.73 ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่ระบุไว้ที่ถุง (16% FMB)

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารหยาบผสม ทั้ง 3 สูตร จากการคำนวณ

	T1	T2	T3
	←	(% DM)	→
DM	83.61	83.26	84.69
CP	8.51	7.43	9.7
EE	2.24	4.16	4.91
NDF	46.75	47.16	50.22
ADF	28.61	28.33	29.3
NFC	28.63	27.33	26.82
TDN	54.17	54.3	60.9

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารหยาบผสมทั้ง 3 สูตร แสดงในตารางที่ 3 จะเห็นว่าวัตถุแห้งของอาหารหยาบผสมทั้ง 3 สูตร มีค่าใกล้เคียงกันคืออยู่ในช่วง 83.3 – 84.7% แต่โปรตีนของอาหารหยาบสูตร 2 มีค่าต่ำที่สุด เพราะสูตรนี้มีสัดส่วนของฟางข้าวสูงกว่าสูตร 1และแม้ว่าสัดส่วนของฟางข้าวในอาหารหยาบสูตรนี้จะเท่ากับหญ้ารูซี่ในสูตร 3 ก็ตาม แต่เนื่องจากฟางข้าวมีโปรตีนต่ำกว่าหญ้ารูซี่ จึงทำให้สูตร 2 มีโปรตีนต่ำกว่าสูตรอื่น ในแง่ของเยื่อใย (NDF และ ADF) พบว่าสูตร 3 มีค่าสูงที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากหญ้ารูซี่ที่ใช้เป็นหญ้าแก่ที่เก็บไว้ค้างปีจึงมีเยื่อใยสูงและมีคุณค่าทางอาหารต่ำ ส่วนค่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

TDN ของสูตร 1 และ 2 มีค่าประมาณ 54 % ต่ำกว่าสูตร 3 ที่มีค่าเท่ากับ 60.9% ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากรูซี่แห้งมีพลังงานสูงกว่าฟางข้าว ซึ่งสอดคล้องกับค่าพลังงานที่วัดโดยวิธี Gas test ดังแสดงในตารางที่ 4 อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบค่าพลังงานจากการวิเคราะห์โดยวิธีวัดปริมาณแก๊ส (ตารางที่ 4) กับค่าที่ได้จากการคำนวณ (ตารางที่ 3) พบว่า ของอาหารหยาบผสมสูตร 1 มีค่าใกล้เคียงกัน (54.3 เทียบกับ 54.2) แต่ของอาหารหยาบผสมสูตร 2 และ 3 จะมีค่าสูงกว่าเมื่อใช้วิธีวัดปริมาณแก๊ส (58.8 เทียบกับ 54.3 และ 62.9 เทียบกับ 60.95%ตามลำดับ)

ตารางที่ 4 พลังงานรูปแบบต่างๆ ของอาหารหยาบผสม 3 สูตร หาโดยวิธีวัดปริมาณแก๊ส

	T1	T2	T3
ME[1] (Mcal / kg DM)	2.06	2.22	2.35
NE[1] (Mcal / kg DM)	1.21	1.32	1.42
TDN[2] (%DMB)	54.3	58.8	62.9

[1] Calculated by equation of Menke and Steingass (1988)

[2] Calculated from NE_L value

ปริมาณอาหารที่กินและโภชนะที่โคได้รับ

ปริมาณอาหารที่โคกินต่อวันและโภชนะที่ได้รับ แสดงในตารางที่ 5 จะเห็นว่าปริมาณอาหารโดยรวมที่โคกินต่อวันไม่มีความแตกต่างกันระหว่างโคที่กินอาหารหยาบผสมสูตร 1 ที่ใช้ฟางข้าวร่วมกับใบกระถินแห้ง กากน้ำตาลและข้าวโพดบด สูตร 2 ที่ใช้ฟางข้าวและวัสดุอื่น ๆ เหมือนสูตร 1 แต่ใช้รำละเอียด และกากถั่วเหลืองแทนใบกระถินแห้ง และสูตร 3 ที่คล้ายกับสูตร 2 แต่ใช้หญ้ารูซี่แห้งแทนฟางข้าวโดยมีค่าเฉลี่ยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวระหว่าง 2.38 – 2.69% อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบกับอาหารที่ให้กินในแต่ละทรีตเมนท์ พบว่าโคสามารถกินอาหารสูตร 1 ได้มากกว่าสูตร 2 และสูตร 3 โดยกินได้ 90% ของอาหารที่ให้คิดเป็นน้ำหนักแห้ง จากการสังเกตพบว่าอาหารที่เหลือเป็นก้านของอาหารหยาบ (ฟางและหญ้ารูซี่แห้ง) แต่ไม่พบอาหารเสริมเช่น ข้าวโพดบด ใบกระถิน รำละเอียด หรือกากถั่วเหลืองเหลืออยู่ ดังนั้นส่วนที่เหลือจึงเป็นอาหารหยาบที่โคปฏิเสธเนื่องจากความแข็ง สิ่งที่น่าสนใจคือเมื่อเพิ่มปริมาณฟางข้าวของสูตร 2 เป็น 5.0 กก. โคสามารถกินฟางส่วนที่เพิ่มขึ้นได้ สำหรับอาหารสูตร 3 นั้นใช้หญ้ารูซี่แห้งเป็นส่วนผสม ซึ่งพบส่วนของก้านแข็งเหลือในแต่ละวันค่อนข้างมาก ประกอบกับเป็นหญ้าแห้งค้างปี จึงทำให้มีความน่ากินลดลง ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ของการยอมรับอาหารลดต่ำกว่าสูตรอื่น นอกจากนั้นหญ้ารูซี่แห้งยังมีเยื่อใยในรูปของ NDF, ADF และ ADL สูงกว่าฟางข้าวที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งทำให้มีผลต่อการกินอาหารดังกล่าว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 5 ปริมาณวัตถุแห้ง โปรตีน และพลังงานที่โคได้รับในแต่ละวันเทียบระหว่างปริมาณที่ให้และปริมาณที่กินได้

	T1	T2	T3	SEM
Total dry matter				
Offered				
- kg/cow/day	13.91	14.38	13.60	-
- % BW	2.76	2.85	2.70	-
Intake				
- kg/cow/day	12.53	12.93	11.87	0.35
- % BW	2.58	2.69	2.38	0.07
- % from feed offered	90.08	89.91	87.28	-
Mixed roughage dry matter				
Offered				
- kg/cow/day	6.11	6.59	6.70	-
- % BW	1.21	1.31	1.33	-
Intake				
- kg/cow/day	4.73	5.23	4.96	0.37
- % BW	0.98	1.06	1.00	0.07
- % from feed offered	77.41	79.36	74.03	-
Concentrate dry matter intake				
- kg/cow/day	7.81	7.81	6.91	
- % BW	1.61	1.59	1.39	
CP intake (kg/cow/day)	1.86	1.83	1.76	0.10
(NRC requirements)[1]	1.74	1.74	1.74	
TDN intake (kg/cow/day)	8.00	8.36	7.88	0.19
(NRC requirements)[1]	7.98	7.98	7.98	

[1] Requirements for cow 504 kg LW, 12.3 kg milk, 4% milk fat and 3rd lactation : CP=1.74, TDN= 7.98 kg/cow/day

ในส่วนของอาหารหยาบผสมพบว่าฟางข้าวผสมแหล่งโปรตีนคือรำละเอียดและกากถั่วเหลืองมีแนวโน้มทำให้การยอมรับโดยโคมากกว่าสูตรที่ใช้ใบกระถินเป็นแหล่งโปรตีนและสูตรที่ใช้หญ้าแห้งผสมรำละเอียด และกากถั่วเหลือง โดยกินอาหารได้ 79, 77 และ 74% ของน้ำหนักแห้งที่ให้หรือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เท่ากับ 1.06, 0.98 และ 1.00% ของน้ำหนักตัว ตามลำดับ แสดงถึงความน่ากินของฟางข้าวที่ผ่านการหั่นให้มีขนาดเล็กลงและเสริมแหล่งพลังงานและโปรตีนทำให้จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนสามารถใช้ในการเพิ่มประชากรทำให้การย่อยได้ดีขึ้น และโคสามารถกินอาหารได้เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ดีปริมาณการกินอาหารหยาบของโคในการทดลองนี้ยังต่ำกว่าผลการทดลองในโครงการย่อยที่ 9 ซึ่งให้อาหารหยาบผสมคุณภาพดีที่ทำจากหญ้าแห้งอายุ 60 วันที่เก็บไม่เกิน 4 เดือน แต่โคให้นมระยะต้นพบว่าสามารถกินอาหารหยาบผสมได้ 2.04% ทั้งนี้นอกจากจะเป็นผลของคุณภาพอาหารหยาบที่ต่ำกว่าแล้วยังเนื่องมาจากระยะเวลาในการให้นม (stage of lactation) ที่ต่างกันด้วย คือโคที่ใช้ในการทดลองนี้อยู่ในช่วงท้ายของการให้นม ซึ่งโคให้ผลผลิตน้ำนมต่ำกว่าจึงกินอาหารได้น้อยกว่า

อย่างไรก็ตามการที่โคทดลองทุกกลุ่มกินอาหารข้นที่ให้หมดในแต่ละวันมีปริมาณคิดเป็นน้ำหนักแห้งต่อวันได้ 1.4 – 1.6% ของน้ำหนักตัว ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดของทรีตเมนท์ ส่งผลให้โคทั้ง 3 กลุ่มได้รับโภชนะทั้งในส่วนของโปรตีนและพลังงานต่อวันไม่แตกต่างกัน และเมื่อพิจารณาถึงความต้องการโภชนะของโคนมน้ำหนัก 504 กก. ที่ให้น้ำนม 4% FCM เฉลี่ย 12.3 กก. ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของทุกทรีตเมนท์แล้ว พบว่าปริมาณอาหารหยาบผสมและอาหารข้นที่โคกินได้สามารถให้โปรตีนและพลังงานเพียงพอกับความต้องการโภชนะตามที่แนะนำโดย NRC (1988)

ปริมาณน้ำนมและส่วนประกอบน้ำนม

ปริมาณน้ำนมของโคที่ได้รับอาหารหยาบผสมทั้ง 3 สูตร แสดงในตารางที่ 6 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยคิดเป็นน้ำนมรวมระหว่าง 11.1 – 11.4 กก./วัน หรือคิดเป็นนมปรับไขมัน 4% ระหว่าง 11.6 – 13.0 กก./วัน แต่มีแนวโน้มว่าโคที่ได้รับอาหารหยาบผสมสูตร 2 ที่ใช้ฟางข้าวร่วมกับกากน้ำตาล ข้าวโพดบด รำละเอียด และกากถั่วเหลือง จะให้นมมากกว่ากลุ่มอื่น ซึ่งเนื่องมาจากโคในกลุ่มนี้สามารถกินอาหารโดยรวม และกินอาหารหยาบผสมได้มากกว่ากลุ่มอื่นตลอดจนได้รับพลังงานมากกว่ากลุ่มอื่น ดังแสดงในตารางที่ 5 การที่โคได้รับพลังงานบางส่วนจากแหล่งโปรตีนในอาหารหยาบผสมคือ รำละเอียดและกากถั่วเหลืองอาจทำให้ประสิทธิภาพการสร้างโปรตีนของจุลินทรีย์ในโคกลุ่มนี้ดีกว่า กลุ่มที่ใช้เฉพาะใบกระถินแห้งเป็นแหล่งโปรตีนเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้เพราะโปรตีนในน้ำนมของโคกลุ่มที่กินอาหารหยาบผสมสูตร 2 แสดงแนวโน้มของค่าเฉลี่ยที่สูงกว่ากลุ่ม 1 ที่ใช้เฉพาะใบกระถิน ในขณะที่ปริมาณโปรตีนที่โคได้รับต่อวันของโคกลุ่มที่ 1 นั้นสูงกว่า ส่งผลให้องค์ประกอบน้ำนมอื่น ๆ เช่น ของแข็งโดยรวม และของแข็งไม่รวมไขมันของกลุ่ม 2 มีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มอื่น อย่างไรก็ตามเนื่องจากจำนวนสัตว์ทดลองมีจำนวนเพียง 6 ตัว ทำให้ค่า degree of freedom ของ error มีขนาดเล็ก จึงทำให้ไม่เห็นความแตกต่างระหว่างทรีตเมนท์ชัดเจน ดังนั้นจึงน่าจะมีการศึกษาซ้ำกับโคในกลุ่มที่มากกว่านี้ต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 6 ปริมาณและองค์ประกอบน้ำนมของโคที่กินอาหาร 3 สูตร

	T1	T2	T3	SEM
Milk production (kg/day)	11.06	11.28	11.43	0.27
4 % FCM (kg/day)	11.56	13.02	12.31	0.31
Milk composition (%)				
Fat	4.32	5.20	4.56	0.32
Protein	3.71	3.90	3.55	0.12
Lactose	4.12	3.98	4.27	0.09
Total solid	12.85	13.78	13.09	0.37
Solid not fat	8.53	8.58	8.52	0.07
Yield (kg/day)				
Fat	0.48	0.57	0.52	0.02
Protein	0.41	0.43	0.41	0.01
Lactose	0.46	0.45	0.49	0.02
Total solid	1.42	1.53	1.49	0.02
Solid not fat	0.94	0.96	0.98	0.02
FCR (feed DM/kg milk)	1.13	1.16	1.04	0.04

ในส่วนของไขมันในน้ำนมนั้นแสดงแนวโน้มเช่นเดียวกับส่วนประกอบน้ำนมอื่น ๆ ที่กล่าวมาแล้วคือ กลุ่ม 2 ที่ใช้กากถั่วเหลืองและรำละเอียด เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารหยาบผสมมีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่น (5.2 เทียบกับ 4.3 และ 4.6%) แสดงถึงประสิทธิภาพการสังเคราะห์ VFA สำหรับการสร้างไขมันที่ดี ในกลุ่มนี้โดยเฉพาะจากการย่อยเยื่อใยในฟางข้าว ทั้งนี้เพราะโคกลุ่มนี้สามารถกินอาหารหยาบผสมดังแสดงในตารางที่ 5 ได้มากกว่ากลุ่มอื่น เมื่อเทียบกับกลุ่ม 3 ที่ได้รับอาหารหยาบผสมที่ทำจากหญ้าแห้งซึ่งใช้แหล่งโปรตีน และพลังงานเสริมเช่นเดียวกับกลุ่ม 2 แต่มีแนวโน้มเปอร์เซ็นต์โปรตีนในน้ำนมน้อยกว่านั้น น่าจะเนื่องมาจากการได้รับอาหารข้นเสริมปริมาณน้อยกว่า (7.8 เทียบกับ 8.8 กก./วัน) ถึงแม้จะมีการจัดสัดส่วนให้ได้รับโปรตีนเท่า ๆ กัน และอาจเนื่องจากประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนจากหญ้าแห้งที่ด้อยกว่าอาหารข้น เนื่องมาจากเป็นหญ้าที่เก็บในสภาพอุณหภูมิสูงในโรงเก็บเป็นเวลามากกว่า 1 ปี ส่งผลให้เกิดการรวมตัวกับผนังเซลของหญ้า (Mcdonald *et al.*,1988) สำหรับผลผลิตโภชนะจากน้ำนมต่อวันนั้นพบว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างแต่ละกลุ่มและมีแนวโน้มในทำนองเดียวกันกับส่วนประกอบน้ำนมดังที่กล่าวมาแล้วคือ กลุ่ม 2 ที่ใช้แหล่งโปรตีนเสริมในอาหารหยาบผสมจากรำละเอียดและกากถั่วเหลืองมีแนวโน้มดีกว่ากลุ่มอื่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โคนมทดลองทุกกลุ่มมีค่าการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำนมไม่แตกต่างกันโดยอยู่ในช่วง 1.06 – 1.17 กก.อาหาร/น้ำนม ซึ่งมากกว่าค่าจากผลการทดลองในโครงการย่อยที่ 9 เพราะงานทดลองนี้ใช้อาหารหยาบและอาหารข้นคุณภาพต่ำกว่า

ในการทดลองมีข้อสังเกต คือโคที่เลี้ยงทุกกลุ่มต้องการอาหารข้นที่มีโปรตีน 16% เสริมในปริมาณที่ค่อนข้างมาก จึงจะเพียงพอกับความต้องการของการให้ผลผลิตตามที่กำหนดโดย NRC จากการคำนวณพบว่าต้องให้อาหารข้น 1 กก./น้ำนม 1.28 – 1.47 กก.ซึ่งสูงกว่าอัตราปกติที่นิยมปฏิบัติกัน (อาหารข้น 1 กก./น้ำนม 2 กก.) ทั้งนี้เนื่องจากใช้อาหารหยาบที่มีโปรตีนและพลังงานต่ำเป็นแหล่งเยื่อใย เช่น ฟางข้าว การใช้อาหารหยาบที่มีคุณภาพสูงกว่านี้ หรือใช้อาหารข้นที่มีโปรตีนสูงกว่านี้ เช่น หญ้ารูซี่แห้งที่อายุ 60 วัน หรืออาหารข้นโปรตีน 20% จะสามารถลดปริมาณอาหารข้นลงไปได้อีก จากข้อมูลเบื้องต้นพบว่า ก่อนนำโคเข้าทดลอง 2 สัปดาห์ โคทั้งหมดถูกเลี้ยงด้วยอาหารหยาบคุณภาพดีที่ใช้หญ้าแห้งอายุ 60 วัน ร่วมกับแหล่งโปรตีนและพลังงานชนิดเดียวกันและใช้ปริมาณเท่ากัน โดยใช้อาหารข้นโปรตีน 20% เสริมในอัตรา 1 กก./น้ำนม 2.2 กก. พบว่าให้นมเฉลี่ย 14.78 ± 1.1 กก./วัน แต่เมื่อเริ่มให้อาหารตามทรีตเมนท์ทั้ง 3 ในระยะก่อนการทดลอง 2 สัปดาห์ พบว่าน้ำนมเฉลี่ยของโคกลุ่มนี้ลดลงเหลือเพียง 11.73 ± 1.31 กก./วัน ซึ่งแสดงให้เห็นผลค่อนข้างชัดเจนว่าการได้รับโปรตีนและพลังงานเพิ่มขึ้นร่วมกับอาหารหยาบที่มีคุณภาพดีทำให้โคสามารถให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ดังนั้นการให้โคได้รับโภชนะอย่างพอเพียงกับความต้องการจึงมีความสำคัญต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำนม

ต้นทุนการผลิตน้ำนมและกำไรหักค่าอาหารของโคกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารหยาบผสมทั้ง 3 สูตร ดังแสดงในตารางที่ 7 พบว่าต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำนม 1 กก. และน้ำนม 4% FCM 1 กก.ของกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารหยาบผสมสูตรที่ใช้หญ้าแห้งร่วมกับแหล่งโปรตีน คือ รำละเอียดและกากถั่วเหลือง มีค่าต่ำสุด (5.75 และ 5.34 บาทต่อน้ำนม 1 กก.ตามลำดับ) ทั้งนี้เพราะใช้อาหารข้นน้อยกว่ากลุ่มอื่น ส่งผลทำให้มีกำไรหักค่าอาหารแล้ว 6.75 บาท ซึ่งมากกว่ากลุ่มที่ 1 และ 2 ที่ให้อาหารข้นมากกว่า แต่เนื่องจากกลุ่มที่ 2 ที่ใช้ฟางข้าวร่วมกับแหล่งโปรตีนจาก รำละเอียดและกากถั่วเหลือง ให้น้ำนมที่มีเปอร์เซ็นต์ไขมันมากกว่า ดังนั้นกำไรต่อน้ำนม 4% FCM ของกลุ่มนี้ จึงใกล้เคียงกับกลุ่มที่ 3 อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ 1 ที่ใช้ใบกระถินเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารหยาบผสมที่มีต้นทุนค่าอาหารหยาบถูกกว่าแต่น้ำนมมีไขมันต่ำกว่าทำให้กำไรหักค่าอาหารแล้วต่อน้ำนม 4%FCM ของโคกลุ่มนี้น้อยกว่ากลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3

ผลการทดลองสรุปได้ว่า อาหารหยาบผสมสำหรับโครีดนมในระยะกลางที่ให้นมวันละประมาณ 11 - 13 กก. สามารถผลิตจากฟางข้าวที่หั่นให้มีขนาด 2 - 5 ซม. ผสมกับแหล่งพลังงาน คือ กากน้ำตาลและข้าวโพดบด และแหล่งโปรตีนคือ กากถั่วเหลืองและรำละเอียด ซึ่งจะดีเท่ากับเมื่อใช้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หญ้าแห้งคุณภาพปานกลางที่หั่นให้มีขนาดเดียวกัน และผสมวัสดุเสริมชนิดเดียวกัน โดยให้โคกินอาหารหยาบผสมแบบเต็มที่และเสริมด้วยอาหารข้นโปรตีน 16% การใช้ใบกระถินแห้งเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารหยาบผสมให้ผลดีเท่ากับ เมื่อใช้รำละเอียดและกากถั่วเหลือง

ตารางที่ 7 ต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิตน้ำนม 1 กก. การเปลี่ยนอาหาร ต้นทุนค่าอาหารและรายได้หักค่าอาหารของโคที่ได้รับอาหารหยาบต่างกัน 3 สูตร

	T1	T2	T3
Milk production (kg/day)	11.06	11.28	11.43
4% FCM (kg/day)	11.56	13.02	12.31
Concentrate cost (baht/kg DM)	7.11	7.11	7.11
Concentrate cost (baht/day)	55.53	54.82	49.13
Roughage cost (baht/kg DM)	3.01	3.11	3.34
Roughage cost (baht/ day)	14.24	16.27	16.57
Total feed cost (baht/day)	69.77	71.09	65.70
Feed cost/kg milk (baht/day)	6.31	6.30	5.75
Feed cost/4% FCM (baht/kg)	6.04	5.46	5.34
FCR (feed DM/kg milk)	1.15	1.17	1.06
Income over feed (baht/kg milk)[1/]	6.19	6.20	6.75
Income over feed (baht/ day)	68.48	69.92	77.18
Income over feed (baht/ 4% FCM)	6.46	7.04	7.16
Income over feed (baht/ day)	74.73	91.67	88.18

[1/] Income over feed (baht/kg milk) = $\frac{[\text{milk yield (kg/d)} \times \text{milk price (baht/kg)}^{2/}] - \text{feed cost}}{\text{Milk yield (kg/d)}}$

[2/] Milk price = 12.5 baht / kg milk

❖ **การทดลองที่ 2 อาหารข้นที่เหมาะสมสำหรับโครีดนมในระยะกลางถึงปลายของการให้นม**

ใช้โคทดลองต่อเนื่องจากการทดลองที่ 1 โดยให้มีระยะพักเพื่อปรับตัว 1 สัปดาห์ และคัดเลือกให้เหลือโคเพียง 4 ตัว ที่ให้น้ำนมประมาณ 11.73 ± 1.31 กก. อยู่ในระยะการให้นมที่ 3 และมีน้ำหนักตัว 470.34 ± 45.94 กก. นำมาทดลองต่อโดยใช้คอก อุปกรณ์ทดลอง วิธีการเลี้ยงดู และรีดนมเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

ให้โคทดลองได้รับอาหารหยาบผสมสูตรที่ 3 ที่ใช้หญ้าแห้งชุดเดียวกับการทดลองที่ 1 โดยหั่นให้มีขนาด 2 - 5 ซม. และผสมกับแหล่งพลังงานคือ กากน้ำตาลและข้าวโพดบด และแหล่งโปรตีนคือ รำละเอียดและกากถั่วเหลืองในอัตราส่วน 5 : 0.5 : 1 : 1.1 : 0.3 โดยน้ำหนัก เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 ให้โคทุกตัวกินแบบอิสระ ศึกษาการใช้อาหารข้นเสริมโดยเปรียบเทียบระหว่างอาหารข้นโปรตีน 16%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แบบเม็ดที่มีจำหน่ายในท้องตลาดชนิดเดียวกับที่ใช้ในการทดลองที่ 1 (Conc. 1) กับสูตรที่คำนวณขึ้นเอง (Conc. 2) ให้มีโปรตีน 16% เท่ากันโดยใช้ยูเรีย 1% และไม่ใช้กากปาล์มมี NFC มากกว่า 35% ทำการผสมอาหารดังกล่าวด้วยเครื่องโดยไม่อัดเม็ด และผสมทุกๆ 1 สัปดาห์ สูตรอาหารข้นและราคาแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ส่วนผสมของอาหารข้นสูตร 2 (ผสมเอง)

วัตถุดิบ	จำนวน (กก.)	ราคา / กก. (บาท)	
รำละเอียด	46	สภาพสด	5.97
ข้าวโพดบด	25	สภาพแห้ง	6.86
กากถั่วเหลือง	8		
กากมะพร้าว	10		
แร่ธาตุผง	3		
กากน้ำตาล	7		
ยูเรีย	1		
รวม	100		

ทำการเสริมอาหารข้นวันละ 3 เวลาโดยคำนวณให้ได้รับโภชนะเพียงพอกับความต้องการของโคโดยใช้โปรแกรม XRATION(สมคิด, 2542)เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 ซึ่งเท่ากับตัวละ 8.2 กก./วัน ทั้ง 2 สูตร

การจัดสัตว์ทดลองใช้วิธีแบ่งโคออกเป็น 2 กลุ่มให้ได้รับอาหารทั้ง 2 สูตรสลับกัน สูตรละ 15 วัน โดยในช่วง 7 วันแรก เป็นระยะปรับตัว ส่วน 8 วันหลังเป็นระยะเก็บข้อมูลคือ ปริมาณอาหารที่กิน ปริมาณน้ำนม ทำการเก็บตัวอย่างน้ำนมและตัวอย่างอาหารเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเช่นเดียวกับงานทดลองที่ 1 และนำตัวอย่างอาหารมาหาพลังงานโดยวิธีทดสอบแก๊สและคำนวณพลังงานสุทธิเช่นเดียวกัน นอกจากนั้นตัวอย่างอาหารข้นจะถูกนำมาหาปริมาณยูเรียตามวิธีของ Naumann (1976 อ้างโดยบุญล้อมและบุญเสริม,2525 ตามรายละเอียดในภาคผนวก) โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ยี่ห้อ Eppendorf ที่ช่วงแสง 420 นาโนเมตร

การวิเคราะห์ทางสถิติใช้วิธีวิเคราะห์แบบ paired sample t-test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 10

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

◈ ผลการทดลองที่ 2

คุณค่าทางโภชนะและราคา

ส่วนประกอบทางเคมีของอาหารหยาบผสมที่ใช้ในการทดลองนี้ อาศัยผลการวิเคราะห์อาหารหยาบผสมสูตร T3 ที่แสดงในตารางที่ 3 ในส่วนการทดลองที่ 1 เป็นค่าอ้างอิง ทั้งนี้เนื่องจากใช้วัตถุดิบ คือ หญ้าแห้ง กากน้ำตาล ข้าวโพดบด รำละเอียดและกากถั่วเหลือง ชุดเดียวกัน และเมื่อนำส่วนประกอบทางเคมีของวัตถุดิบแต่ละอย่างไปหาส่วนประกอบโดยวิธี Proximate และ detergent แล้วปรากฏว่ามีค่าใกล้เคียงกันกับของการทดลองที่ 1 จึงนำเฉพาะผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของอาหารข้นทั้ง 2 สูตร ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่ศึกษาในครั้งนี้มาแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 องค์ประกอบทางเคมี พลังงานย่อยได้ พลังงานใช้ประโยชน์ได้ และพลังงานสุทธิ เพื่อการให้นมของอาหารข้น 2 ชนิด (%DMB)

	DM	CP	EE	CF	NDF[1/]	ADF[1/]	ADL	NFC
Conc.1	88.57	17.76	5.02	14.40	34.09	20.19	8.20	33.50
Conc.2	87.02	17.04	11.72	7.05	24.24	8.98	2.56	37.41

	TDN[2/]	ME[3/]	NEL[3/]	Urea	cost
		(Mcal/kgDM)		(%FM)	(B/kgFM)
Conc.1	70.04	2.76	1.74	1.71	6.30
Conc.2	79.28	2.68	1.68	0.95	5.97

[1/] Ash free [2/] Calculated from equation of Kearl(1988)

[3/] Determined by Gas production technique (Menke and Steingass,1988)

จากตารางที่ 9 จะเห็นว่าวัตถุแห้งของอาหารผสมสูตรที่ผสมเอง (Conc.2) มีค่าน้อยกว่า Conc.1 ซึ่งเป็นอาหารที่ซื้อมาจากโรงงานซึ่งมีลักษณะเป็นเม็ด ทั้งนี้เป็นเพราะอาหารที่ผสมเองไม่ผ่านกระบวนการเป่าไล่ความชื้นเหมือนกับที่ใช้ในโรงงานหลังการอัดเม็ดแล้ว อีกทั้งอาหารบริษัทมีการบรรจุถุงที่มิดชิดกว่า ในขณะที่อาหารผสมเองนั้นบรรจุกระสอบธรรมดาและมัดปากถุงด้วยเชือก อย่างไรก็ตามวัตถุแห้งในระดับนี้ไม่ทำให้เกิดผลเสียต่อคุณภาพของอาหารข้น ในส่วนของโปรตีนนั้น อาหารที่ผสมเองมีโปรตีน 17.04% ของวัตถุแห้งซึ่งมีค่าเท่ากับ 14.82% ของสภาพแห้งปกติ (air dry) ซึ่งค่อนข้างต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ที่ 16% ทั้งนี้น่าจะเกิดจากความแตกต่างของโปรตีนในวัตถุดิบที่ใช้ผสมที่ต่ำกว่าค่าที่ใช้ประมาณการในการคำนวณ ตลอดจนการดูดความชื้นของอาหารและวัตถุดิบเอง ในส่วนของอาหารจากบริษัทนั้นมีโปรตีน 17.76% ของวัตถุแห้งซึ่งเท่ากับ 15.73% ของสภาพแห้งปกติซึ่งต่ำกว่าค่าที่แจ้งไว้ข้างถุงที่ 16% เล็กน้อย เมื่อพิจารณาถึงปริมาณยูเรียในอาหารข้นจากการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการพบว่าอาหารที่ผสมเองมียูเรีย 0.95% ผู้วิจัยได้ชั่งด้วยตัวเองโดยใช้ตาชั่งไฟฟ้าทุกครั้งปริมาณที่อยู่ในอาหารจึงต้องเท่ากับ 1% ในส่วนของอาหารชนิดเม็ดที่ซื้อมาจากบริษัทนั้น พบว่ามียูเรียผสมอยู่ 1.71% ดังนั้นเมื่อคำนวณโดยคิดจากปริมาณอาหารข้นที่ให้วันละ 8.2 กก. แล้ว โคที่ได้รับอาหารสูตร Conc.1 ของบริษัทจะได้รับยูเรียวันละ 140.0 ก. และอาหาร Conc.2 ที่ผสมเองจะได้รับวันละ 78 ก. ซึ่งเมื่อคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักตัวในการทดลองนี้ที่มีค่าเฉลี่ย 474 กก. แล้วจะเท่ากับ 29.5 และ 16.46 ก./น้ำหนักตัว 100 กก. ซึ่งยังอยู่ในระดับที่ปลอดภัยสำหรับโครีดนมตามที่แนะนำโดยบุญล้อม (2541) คือไม่เกินกว่า 30 ก./น้ำหนักตัว 100 กก.

ในส่วนขององค์ประกอบอื่น ๆ เช่น เยื่อใยพบว่าอาหารที่ผสมเองมี ADF 8.98% และมี ADL 2.56% ซึ่งเป็นปกติสำหรับอาหารที่ไม่ผสมกากปาล์มหรือกากเบียร์ แต่ในส่วนของอาหารทางบริษัทนั้นมี ADF และ ADL 20.19 และ 8.20% ตามลำดับ เพราะมีการใช้กากปาล์มผสมโดยตรวจสอบได้จากการนำอาหารมาบดและละลายน้ำจะพบเศษกะลาปาล์มชิ้นเล็ก ๆ อย่างไรก็ตาม ADF และ ADL ในระดับนี้รวมทั้งกากปาล์มในอาหารของบริษัทไม่มีผลต่อโคนมดังผลการทดลองในข้อ ก. สำหรับส่วนประกอบด้านพลังงานนั้นอาหารผสมเองมี TDN มากกว่าอาหารของบริษัท 9 หน่วยเปอร์เซ็นต์ (79.28 เทียบกับ 70.04) โดยเป็นส่วนของไขมันจากรำละเอียดและกากมะพร้าว และแป้งจากข้าวโพดบดและรำละเอียด ดังจะเห็นได้จากอาหารผสมเองมี NFC มากกว่าอาหารบริษัท 4 หน่วยเปอร์เซ็นต์ เป็นที่น่าสังเกตว่าเมื่อนำอาหารทั้งสองสูตรไปหา ME โดยวิธี gas test แล้วปรากฏว่าได้ผลตรงกันข้าม คืออาหารบริษัทมี ME มากกว่าเล็กน้อยซึ่งน่าจะเป็นผลของไขมันที่มีสูงในอาหารผสมเองซึ่งมีที่มาจากรำละเอียดและกากมะพร้าวทำให้อาหารข้นมีไขมันสูงถึง 11.7% ซึ่งอาจไปรบกวนการทำงานของจุลินทรีย์ในการหมักอาหารด้วยน้ำจากกระเพาะรูเมนตามวิธี gas test โดยที่อาหารข้นบริษัทมีไขมันเพียง 5.02% จึงทำให้เกิดการสร้างแก๊สได้ดีกว่า ทั้ง ๆ ที่อาหารผสมเองมีพลังงานมากกว่า ดังนั้นระดับไขมันในอาหารที่ใช้วัดพลังงานโดยวิธีหาแก๊สจึงไม่ควรมากเกิน 8% ตามข้อจำกัดของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน อย่างไรก็ตามในอาหารที่ให้โคกินนั้น โคได้รับรวมกับอาหารหยาบผสม ซึ่งมีหญ้ารูซี่แห้งเป็นหลัก ซึ่งอาหารดังกล่าวมีไขมัน 4.9% โดยได้รับในอัตราส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้นเท่ากับ 34 : 66 ซึ่งเมื่อคำนวณเป็นไขมันของสูตรอาหารทั้งหมดพบว่าได้ค่า 8.99% นับว่าค่อนข้างสูงสำหรับการทำงานที่เป็นปกติของจุลินทรีย์ ดังนั้นในการแนะนำให้เกษตรกรใช้ควรมีการปรับสูตรให้มีไขมันต่ำลงเล็กน้อย

สำหรับราคาอาหารข้นนั้นพบว่า อาหารผสมเองมีราคา 5.97 บาท/ กก. และของบริษัทราคา 6.30 บาท/ กก. ซึ่งอาหารผสมเองมีราคาถูกกว่า แม้ว่าในการทดลองนี้จะใช้วิธีซื้อปลีกซึ่งเป็นเหตุให้วัตถุดิบมีราคาค่อนข้างสูงก็ตาม ถ้าเกษตรกรหรือสหกรณ์ซื้อในปริมาณมากน่าจะมีราคาถูกกว่านี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณอาหารที่กินและโภชนะที่โคได้รับ

ปริมาณอาหารที่โคกินคิดเป็นน้ำหนักแห้งต่อวัน เมื่อได้รับอาหารผสมทั้งสองสูตรแสดงในตารางที่ 10 จะเห็นว่าปริมาณอาหารที่โคทั้งสองกลุ่มกินได้ไม่แตกต่างกัน ทั้งในรูปน้ำหนักแห้งรวมต่อวันและเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว แต่มีแนวโน้มว่าโคที่กินอาหารข้นผสมเองกินอาหารโดยรวมและกินอาหารหยาบผสมต่ำกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องจากคุณสมบัติทางกายภาพของอาหารข้นที่อยู่ในลักษณะผง ขณะที่โคที่กินอาหารข้นของบริษัท (Conc.1) ซึ่งเป็นลักษณะอัดเม็ดขนาดประมาณ 4 มม. จะกินอย่างรวดเร็วและหมดในเวลาไม่เกิน 15 นาที หลังจากให้แต่ละครั้งทำให้มีเวลามากขึ้นในการกินอาหารหยาบต่อเนื่องจากนั้น แต่ในกลุ่มที่กินอาหารผสมเอง (Conc.2) ซึ่งมีลักษณะเป็นผงจะมีการฟุ้งกระจายโดยเฉพาะตอนที่โคก้มลงไปกินและหายใจรด ตลอดจนอาหารข้นสามารถแทรกไปในอาหารหยาบผสมซึ่งไม่ได้เก็บออกตอนให้อาหารทำให้โคใช้เวลามากกว่า 1 ชั่วโมง จึงจะกินอาหารข้นได้หมดและเหลือเวลาน้อยลงในการกินอาหารหยาบ

ตารางที่ 10 ปริมาณการกินได้และโภชนะที่โคได้รับเมื่อเสริมอาหารข้น 2 ชนิด

	Conc.1	Conc.2	SEM
Dry matter intake			
- kg/day	12.17	10.74	1.21
- %BW	2.54	2.29	0.26
Roughage intake			
- kg/day	4.91	3.60	1.09
- %BW	1.02	0.77	0.22
Concentrate intake (kg/cow/day)	7.26	7.14	0.24
CP intake (kg/cow/day)	1.82	1.66	0.11
NRC (1988)[1/]	1.65	1.65	
TDN intake (kg/cow/day)	8.24	8.14	0.70
NRC (1988)[1/]	7.56	7.56	

[1/] Requirements for cow 479 kg LW, 11.5 kg milk, 4% milk fat

จากที่ปรากฏพบว่า โคมีความคุ้นเคยกับอาหารอัดเม็ดมากกว่าเพราะเคยได้กินต่อเนื่องมานานก่อนการทดลอง รวมทั้งในระหว่างการทดลองที่ 1 นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาถึงองค์ประกอบของอาหารข้นทั้ง 2 ชนิด ที่มีการผสมยูเรียซึ่งมีรสเฝื่อนลงในอาหารซึ่งโคจะไม่สัมผัสรสชาติของยูเรียโดยตรงในอาหารอัดเม็ดจนกว่าอาหารจะแตกตัวซึ่งอาหารได้ลงไปสู่กระเพาะรูเมนแล้ว ในขณะที่อาหารผสมเองนั้นมีลักษณะผงซึ่งเมื่อโคกินเข้าไปยูเรียสามารถละลายได้ทันทีในน้ำลายทำให้สัมผัสรสเฝื่อนได้ แม้จะใช้กากน้ำตาลปริมาณ 7% ผสมในสูตรแล้วก็ตาม นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาถึง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คาร์โบไฮเดรทสลายตัวง่าย (NFC) ในอาหารข้นที่น่าจะมีการแตกตัวช้า ๆ เมื่ออยู่ในรูปแบบอาหารอัดเม็ดทำให้จุลินทรีย์ในกระเพาะหมักสร้างกรด VFA โดยเฉพาะกรดแลคติกและโพรพิออนิกได้อย่างช้า ๆ แต่ในอาหารผสมเองซึ่งเป็นแบบผงนั้น NFC จะละลายตัวรวดเร็วกว่าทำให้เกิดกรดดังกล่าวในอัตราที่รวดเร็วและส่งผลทำให้ความอยากอาหารลดลงเพราะมีระดับกรดในเลือดสูง ในการทดลองนี้ไม่ได้วางแผนเพื่อวัดอิทธิพลดังกล่าว ดังนั้นจึงน่าจะมีการศึกษาในรายละเอียดต่อไป อย่างไรก็ดีผลจากการทดลองนี้ ชี้ให้เห็นความจำเป็นในการอัดเม็ดอาหาร ซึ่งถ้าใช้อาหารสูตร Conc.2 มาอัดเม็ดแล้วน่าจะทำให้โคกินได้รวดเร็วขึ้นจึงควรมีการทดสอบต่อไป สำหรับปริมาณอาหารข้นที่โคกินคิดเป็นน้ำหนักแห้งพบว่าโคได้รับวัตถุแห้งจากอาหาร Conc.1 มากกว่า Conc.2 ทั้ง ๆ ที่ให้ในปริมาณ 8.2 กก./วัน เท่ากัน ซึ่งเป็นเพราะอาหารข้น Conc.2 มีวัตถุแห้งน้อยกว่า (87.02 เทียบกับ 88.57)

สำหรับโภชนะที่โคได้รับต่อวันทั้งในรูปพลังงานและโปรตีนพบว่าโคทั้งสองกลุ่มได้รับเพียงพอกับความต้องการเมื่อเทียบกับมาตรฐานของ NRC (1988) โดยโคกลุ่มที่ใช้อาหารของบริษัทเสริมจะได้รับโปรตีนมากกว่ามาตรฐานกำหนดประมาณ 11% สำหรับพลังงานพบว่าโคได้รับ TDN มากกว่ามาตรฐาน 9% และ 7.7% ในกลุ่มที่เสริมอาหาร Conc.1 และ Conc.2 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วงที่แนะนำ สำหรับโคลูกผสมขาวดำเลี้ยงในประเทศไทยตามที่สมสุข (2544) รายงานไว้ว่าควรมากกว่าข้อกำหนดของ NRC 10%

ผลผลิตน้ำนม ส่วนประกอบน้ำนมและต้นทุนการผลิตนม

การให้ผลผลิตน้ำนมและส่วนประกอบน้ำนมของโคทดลองที่ได้รับอาหารข้นทั้ง 2 ชนิด แสดงในตารางที่ 11 จะเห็นได้ว่าการให้น้ำนมของโคที่ได้รับอาหารข้นของบริษัท (Conc.1) และอาหารข้นที่ผสมเอง (Conc.2) ไม่แตกต่างกันโดยมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 9.5 – 10.0 กก. คิดเป็นน้ำนม 4% FCM ระหว่าง 11.1 – 11.9 กก./วัน จากการที่โคในกลุ่มที่กินอาหาร Conc.1 ได้รับอาหารข้นที่มีเยื่อใยสูงกว่า (20.19 เทียบกับ 8.98% ADF) น่าจะส่งผลให้มีการสังเคราะห์กรด acetic โดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนได้มากกว่าเมื่อให้อาหาร Conc.2 ทำให้มีการนำไปสร้างไขมันเพิ่มขึ้น เป็นเหตุให้ไขมันนมของกลุ่มที่กินอาหารของบริษัทมีแนวโน้มมากกว่ากลุ่มที่กินอาหารข้นผสมเอง (5.7 เทียบกับ 4.8) นอกจากนั้นจากการที่อาหารข้นของบริษัทมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงกว่าตลอดจนมีการพบยูเรียเป็นส่วนผสมมากกว่าดังที่ได้กล่าวมาแล้วจึงทำให้โปรตีนน้ำนมของโคที่กินอาหารสูตร Conc.1 มีแนวโน้มมากกว่าไปด้วย (4.16 เทียบกับ 3.76) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงเปอร์เซ็นต์น้ำตาลนมในกลุ่มที่กินอาหารข้น Conc.2 จะเห็นแนวโน้มของน้ำตาลแลคโตสในกลุ่มนี้ที่มากกว่ากลุ่มที่กินอาหาร Conc.1 ทั้งนี้เนื่องจากอาหารข้นที่ผสมเองมีค่า NFC สูงกว่าดังแสดงในตารางที่ 9 (37.4 เทียบกับ 33.5%) จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนจึงนำไปสร้างกรดโพรพิออนิก ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสร้างกลูโคสและสร้างน้ำตาล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในน้ำนมได้มากกว่า ดังจะเห็นได้จากปริมาณน้ำนมในกลุ่มนี้มีแนวโน้มมากกว่าเช่นเดียวกัน จากการเพิ่มขึ้นของโปรตีนและไขมันในน้ำนมของโคที่กินอาหารสูตร Conc.1 จึงส่งผลให้ของแข็งในน้ำนมทั้งในรูปรวมและไม่รวมไขมันมากตามขึ้นไปด้วย สำหรับผลผลิตของไขมันและโปรตีนที่โคสร้างต่อวันนั้นพบว่าเป็นไปในทิศทางเดียวกับส่วนประกอบน้ำนม แต่เนื่องจากโคที่กินอาหารสูตรที่ผสมเองมีแนวโน้มการให้นมมากกว่าและโคมีการเพิ่มน้ำตาลในน้ำนมดังที่กล่าวมาแล้ว ทำให้ของแข็งในน้ำนมทั้งในรูปรวมและไม่รวมไขมันนมในกลุ่มที่กินอาหารข้น Conc.2 ซึ่งผสมเองสูงกว่ากลุ่มที่กินอาหารข้น Conc.2 ของบริษัท

ตารางที่ 11 การให้ผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนมของโคที่ได้รับอาหารข้น 2 ชนิด

Animal performance	Conc.1	Conc.2	SEM
Milk yield (kg/day)	9.49	10.02	0.50
4%FCM[1]	11.86	11.13	0.99
Milk constituent (%)			
-Fat	5.7	4.78	0.90
-Protein	4.16	3.76	0.33
-Lactose	3.98	4.23	0.19
-Total solid	14.52	13.47	1.05
-Solid not fat	8.82	8.69	0.17
Yield of constituent (kg/day)			
-Fat	0.54	0.48	0.07
-Protein	0.40	0.38	0.03
-Lactose	0.38	0.43	0.04
-Total solid	1.38	1.35	0.08
-Solid not fat	0.84	0.87	0.04
FCR (feed DM/kg milk)	1.23	1.01	0.16

[1]FCM = 0.4(kg of milk) + 15(kg of fat), FCR: Feed conversion ratio

สำหรับต้นทุนการผลิตน้ำนมและกำไรต่อน้ำนม 1 กก. ดังแสดงในตารางที่ 12 พบว่าต้นทุนการผลิตน้ำนมของโคกลุ่มที่ใช้อาหารข้นผสมเองต่ำกว่า (6.09 เทียบกับ 7.17 บาท/น้ำนม 1 กก.) ซึ่งเป็นผลมาจากราคาของอาหารข้นที่ผสมเองที่ถูกกว่าประมาณ 0.33 บาท/ กก. ตลอดจนโคกลุ่มที่กินอาหารข้นสูตรที่ผสมเองมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำนมดีกว่า (1.01 เทียบกับ 1.23 กก./น้ำนม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1 กก.) ทำให้โคในกลุ่มนี้สามารถสร้างกำไรเมื่อหักค่าอาหารแล้วได้มากกว่ากลุ่มที่ใช้อาหารข้นที่ซื้อมาจากบริษัท (7.02 เทียบกับ 6.76 บาท/น้ำนม 1 กก.)

ตารางที่ 12 ต้นทุนค่าอาหารในการผลิตน้ำนมของโคที่กินอาหารข้นทั้ง 2 ชนิด

	Conc.1	Conc.2
Milk production (kg/day)	9.49	10.02
4% FCM (kg/day)	11.86	11.13
Price of concentrate (baht/kg)	7.11	6.86
Concentrate cost (baht/day))	51.62	48.98
Roughage cost (baht/day)	16.4	12.02
Total feed cost (baht/day)	68.02	61.0
Cost of milk (baht/kg)	7.17	6.09
Cost of 4% FCM (baht/kg)	5.74	5.48
Income over feed (baht/kg milk)	5.33	6.41
Income over feed (baht/4%FCM)	6.76	7.02

ผลการทดลองสรุปได้ว่า อาหารข้นที่เหมาะสมกับโครีดนมในระยะกลางสามารถผสมเองโดยใช้วัสดุที่มีในท้องถิ่น เช่น รำละเอียด ข้าวโพดบด กากถั่วเหลือง กากมะพร้าว กากน้ำตาลและยูเรียโดยมีโปรตีนประมาณ 16% และใช้ยูเรียเป็นแหล่งโปรตีนไม่เกิน 1% ถ้าทำเป็นลักษณะผงหรือไม่เกิน 1.8% ถ้าทำเป็นเม็ด ตลอดจนมีองค์ประกอบด้านคาร์โบไฮเดรทประมาณ 37% NFC การใช้กะลาปาล์มเป็นส่วนผสมในอาหารโดยทำให้อาหารข้นมี ADF ไม่เกิน 20.2% และ ADL ไม่เกิน 8.2% ไม่ทำให้เกิดผลเสียต่อการให้นมและส่วนประกอบน้ำนม

4. สรุปผลการทดลองโครงการย่อยที่ 11

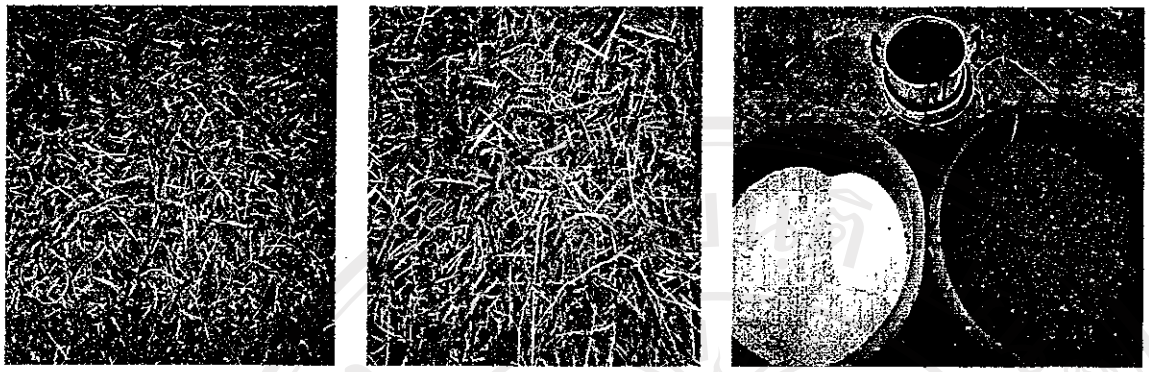
การเลี้ยงโคที่ให้นมปานกลาง (ประมาณวันละ 11 – 13 กก.) ซึ่งอยู่ในระยะกลางถึงปลายของการให้นมสามารถใช้หญ้ารูซี่แห้งคุณภาพปานกลางหรือฟางข้าวซึ่งจัดว่าเป็นอาหารหยาบคุณภาพต่ำนำมาเพิ่มโภชนะโดยการผสมกับแหล่งพลังงานคือ ข้าวโพดบดและกากน้ำตาลและแหล่งโปรตีนคือรำละเอียดและกากถั่วเหลือง เพื่อปรับปรุงให้มีโปรตีนประมาณ 7 – 8% และมีพลังงานคิดเป็นยอดโภชนะย่อยได้ประมาณ 54 – 60% ซึ่งดีเทียบเท่าอาหารหยาบคุณภาพดี นอกจากนี้ยังสามารถใช้แหล่งโปรตีนที่มีในท้องถิ่น เช่นใบกระถินแห้งมาทดแทนรำละเอียดและกากถั่วเหลือง ได้เช่นกันซึ่งจะช่วยทำให้ต้นทุนการผลิตอาหารหยาบผสมลดลง ส่วนผสมโดยน้ำหนักของหญ้าแห้งหรือฟางข้าว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กากน้ำตาล ข้าวโพดบด รำละเอียดและกากถั่วเหลืองคือ 63.3, 6.3, 12.7, 13.9 และ 3.8 ตามลำดับ ซึ่งในกรณีของใบกระถินแห้งสามารถใช้ทดแทนรำละเอียดและกากถั่วเหลืองได้ในปริมาณเดียวกัน อาหารหยาบผสมจะมีต้นทุนการผลิต 3.0 – 3.3 บาท/1 กก.น้ำหนักแห้ง เมื่อใช้อาหารหยาบนี้เลี้ยงโคนมเสริมด้วยอาหารข้นโปรตีน 16% ในสัดส่วนอาหารข้น 1 กก./น้ำนม 1.3 – 1.5 กก. พบว่าโคสามารถให้นมได้ดีและมีส่วนประกอบน้ำนมที่ดี และมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำนมที่ดี โดยมีกำไรหลังหักค่าอาหารแล้วคิดเป็น 49 – 54% ของรายรับจากการจำหน่ายน้ำนม

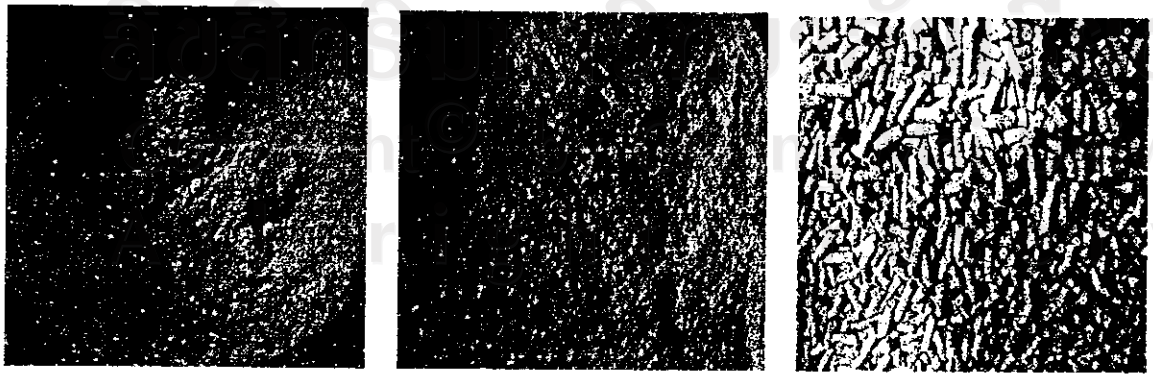
อาหารข้นที่ใช้เสริมร่วมกับอาหารหยาบผสมเพื่อใช้เลี้ยงโคให้นมในระยะกลางจนถึงระยะปลายนั้นสามารถผสมเองโดยใช้วัตถุดิบที่มีในท้องถิ่น เช่น รำละเอียด ข้าวโพดบด กากถั่วเหลือง กากมะพร้าว กากน้ำตาลและยูเรียโดยมีโปรตีน 16% และสามารถใช้ยูเรียเป็นแหล่งโปรตีนไม่เกิน 1% ในอาหารผงและไม่เกิน 1.8% สำหรับอาหารอัดเม็ด อาหารข้นที่เหมาะสมกับโครระยะนี้ควรมีคาร์โบไฮเดรตย่อยง่าย (NFC) ประมาณ 37% โดยสามารถใช้กากปาล์มที่บดให้มีขนาดเล็กได้ในอัตราที่ทำให้อาหารข้นมี ADF และ ADL ไม่เกิน 20.2 และ 8.2% ตามลำดับ ซึ่งจะเป็นการลดต้นทุนการผลิตอาหารข้นโดยไม่ทำให้เกิดผลเสียต่อผลผลิตและส่วนประกอบน้ำนม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



หญ้ารูซี่แห้ง ฟางข้าว และวัตถุดิบที่เป็นแหล่งโปรตีนและพลังงาน

การผสมอาหารหยาบเลี้ยงโครีดนม



อาหารข้นสูตรที่ผสมเอง (แบบผง) และอาหารข้นบริษัท (แบบอัดเม็ด)

โครงการย่อยที่ 12 การใช้หญ้ารูซี่แห้งเสริมแหล่งโปรตีนและพลังงานจากใบมันสำปะหลังหมักและแห้ง เพื่อผลิตอาหารหยาบคุณภาพดีเลี้ยงโคที่ให้นมปานกลาง

1. หลักการ **เหตุผล และวัตถุประสงค์**

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta*, Crantz) เป็นพืชหัวที่มีการปลูกอย่างกว้างขวางในพื้นที่เขตร้อนและกึ่งร้อน สามารถเจริญได้ดีในดินร่วนปนทราย (sandy-loam) ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีฝนตกน้อย และมีอุณหภูมิสูง จึงมีการปลูกเพื่อเป็นแหล่งรายได้ของเกษตรกรในหลายประเทศ หัวมันสำปะหลังมีระดับของพลังงานสูงแต่มีระดับโปรตีนต่ำ ส่วนใบมีโปรตีน 23.70% ของวัตถุแห้ง (ดุทัยและสุกัญญา, 2547) ซึ่งสามารถใช้เป็นแหล่งของโปรตีนสำหรับสัตว์ โดยทำการเก็บเกี่ยวพร้อมกับการเก็บหัวมัน อย่างไรก็ตามใบมันมีผลทำให้ปริมาณการกินได้และความสามารถในการย่อยได้ของสัตว์ลดลง เนื่องจากมีระดับของแทนนินและไซยาไนด์สูง (Reed *et al*., 1982; Onwuka, 1992) แต่ถ้ามีการจัดการที่ดี โดยทำการเก็บใบมันในช่วงต้นของการเจริญเติบโต (3 เดือน หลังปลูก) แล้วนำไปตากแดดเพื่อผลิตเป็นมันเฮย์จะสามารถลดแทนนินลง และใช้เป็นแหล่งโปรตีนเสริมในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยเฉพาะอาหารโคนมได้เป็นอย่างดี (Wannapat *et al*,. 2000)

ใบและหัวมันสำปะหลังมีสารพิษคือ กรดไฮโดรไซยานิกหรือกรดพรัสสิก (HCN) ซึ่งอยู่ในรูป cyanogenic glucosides ที่ไม่มีความเป็นพิษโดยตรง แต่เมื่อถูกเปลี่ยนแปลงโดยจุลินทรีย์ หรือเอนไซม์บางชนิดจะแตกตัวได้กรด HCN อิสระซึ่งมีความเป็นพิษสูง โดยเฉพาะกับโค อย่างไรก็ดีกรดพรัสสิกสามารถสลายตัวได้เมื่อถูกความร้อนหรือเมื่อนำมาตาก โดยอุทัยและสุกัญญา (2547) พบว่าการนำใบมันสำปะหลังมาตากจะทำให้กรดพรัสสิกเหลือเพียง 30.04 ppm ซึ่งไม่เป็นพิษต่อสัตว์จึงนำมาเลี้ยงโคได้ดี แต่การตากแดดจำเป็นต้องทำในฤดูที่ไม่มีฝน ในขณะที่การหมักสามารถทำได้ทุกฤดูกาล ดังนั้นการหมักจึงน่าจะเป็นทางเลือกอีกทางหนึ่ง

แต่เนื่องจากใบมันสำปะหลังมีโปรตีนสูงและมีแป้งน้ำตาลต่ำ การนำไปหมักเพื่อถนอมไว้เลี้ยงสัตว์จึงต้องเสริมสารบางอย่างลงไป การเสริมแหล่งของแป้งเช่น รำละเอียด มันเส้นบด หรือแหล่งของน้ำตาล เช่น กากน้ำตาล พร้อมทั้งดูดอากาศออกให้มากที่สุด สามารถใช้ได้ดีในการหมักใบพืชที่มีโปรตีนสูง เช่น ใบกระถิน (เรณู, 2544) ดังนั้นวิธีการดังกล่าวจึงน่าจะนำมาใช้กับใบมันสำปะหลังได้เช่นกัน นอกจากนั้นวรรณา (2545) พบว่าการหมักใบกระถินโดยใช้รำละเอียดเป็นสารเสริม สามารถลด mimosin ซึ่งเป็นสารพิษในใบกระถินได้มากกว่า 90% การหมักใบมันสำปะหลังจึงน่าจะมีส่วนลดสารพิษ HCN ด้วย ประกอบกับรำละเอียดเป็นวัตถุดิบที่สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น

การหมักใบมันเพื่อใช้เป็นแหล่งของโภชนะเสริมในโคนมจึงเป็นเรื่องที่ควรศึกษา จากผลการทดลองในโครงการย่อยที่ 9 พบว่าสามารถเห็นคุณค่าทางอาหารของหญ้ารูซี่แห้งโดยการเสริม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กากน้ำตาล ข้าวโพดบด และรำละเอียดผสมกากถั่วเหลือง หรือใบกระถินแห้ง ในอาหารหยาบผสมดังกล่าวจะมีคุณภาพทัดเทียมกับข้าวโพดหมัก สามารถนำไปเลี้ยงโครีดนมได้ดีโดยโคสามารถกินอาหารและให้ผลผลิตน้ำนมดีตลอดจนใช้ต้นทุนการผลิตไม่แตกต่างจากการใช้ข้าวโพดหมักเป็นอาหารหลัก อีกทั้งยังช่วยลดความเสี่ยงจากการเกิดกรดในกระเพาะสูงได้ด้วย ดังนั้นในการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาศักยภาพผลการใช้ใบมันสำปะหลังทั้งในรูปหมักและแห้งเป็นแหล่งโปรตีนเสริมหญ้ารูซี่ร่วมกับกากถั่วเหลือง ข้าวโพดบด รำ และกากน้ำตาล เพื่อใช้เป็นอาหารหยาบผสมเลี้ยงโคนม ซึ่งผลที่ได้จะเป็นแนวทางในการส่งเสริมให้แก่เกษตรกรต่อไป

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (บางส่วน)

โปรตีนในใบมันสำปะหลังแห้งสามารถใช้ทดแทนโปรตีนจากแหล่งวัตถุดิบอื่นที่มาจากพืช เช่น กากถั่วเหลืองในอาหารสัตว์ได้ วัชรพงษ์และคณะ (2531) รายงานว่า สามารถใช้ใบมันสำปะหลังแห้งในสูตรอาหารสุกรระยะรุ่น-ขุนได้สูงสุดที่ระดับ 15% โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิต และคุณภาพซากของสุกร อย่างไรก็ดีระดับการใช้ใบมันสำปะหลังแห้งในสูตรอาหารสัตว์จะขึ้นอยู่กับระดับเยื่อใยด้วย หากใบมันมีระดับเยื่อใยสูง เนื่องจากมีส่วนของต้น และก้านใบผสมอยู่มากก็จะทำให้สามารถใช้ใบมันแห้งนั้นได้ต่ำกว่าขีดจำกัดสูงสุดที่แนะนำไว้ในสูตรอาหาร

Bui Huy *et al.* (2000) ได้ทำการศึกษา พบว่าการใช้โปรตีนในใบมันสำปะหลังแห้งทดแทนโปรตีนในกากถั่วเหลือง 35% ในอาหารสุกรระยะรุ่น-ขุน หรือเท่ากับการใช้ใบมันแห้งในระดับ 14% ในสูตรอาหาร มีผลทำให้มีการย่อยได้ของโภชนะและปริมาณการสะสมโปรตีนในแต่ละวันไม่แตกต่างจากสูตรอาหารที่ใช้โปรตีนจากกากถั่วเหลืองล้วน แต่การทดแทนในระดับสูงขึ้นมีผลทำให้การย่อยได้ของโภชนะและการสะสมโปรตีนของร่างกายต่อวันลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผู้วิจัยสรุปว่าใบมันสำปะหลังแห้งสามารถใช้กับสุกรระยะรุ่น-ขุน ได้ไม่เกิน 15% ของสูตรอาหาร

Rajuguretal *et al.* (1979) ได้ทดลองใช้ใบมันสำปะหลังตากแห้งทดแทนกากมะพร้าวระดับสูง 30% ในสูตรอาหารสุกรระยะรุ่น - ขุน พบว่าไม่มีผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิตของสุกรแต่ประการใด โดยในระยะสุกรรุ่น กลุ่มที่ได้รับใบมันแห้งมีสมรรถภาพการผลิตดีกว่ากลุ่มที่ได้รับกากมะพร้าว ทั้งนี้อาจเนื่องจากใบมันแห้งมีกรดอะมิโนต่าง ๆ สูงแต่มีเยื่อใยต่ำกว่านั่นเอง จึงมีผลทำให้สามารถใช้ใบมันสำปะหลังแห้งทดแทนได้ในปริมาณมากขึ้นในสูตรอาหาร

Wannapat and Pimpa (1999) ศึกษาผลของการใช้มันเฮย์เป็นอาหารโคนมเพศผู้ตอน พบว่าปริมาณกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด (total volatile fatty acids, TVFA) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 0 – 4 หลังการให้อาหาร (40 - 50.4 มิลลิโมล/ลิตร) ระดับของกรดอะซิติก เฉลี่ย 72 โมล ต่อ 100 โมล ระดับของกรดโพรพิโอนิก เฉลี่ย 17 โมล ต่อ 100 โมล และเมื่อเปรียบเทียบผลของการเสริม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มันเฮย์ในโครีดนมระยะปลายที่ได้รับฟางหมักยูเรียเป็นอาหารหยาบหลักในช่วงฤดูแล้ง พบว่าการเสริมมันเฮย์ที่ระดับ 0.6 – 1.7 กก./ตัว/วัน สามารถลดการใช้อาหารข้นได้จาก 0.1 – 1.6 กก./ตัว/วัน และการเสริมที่ระดับ 0, 0.8 และ 1.7 กก./ตัว/วัน สามารถเพิ่มผลผลิตน้ำนมจาก 1 : 2 เป็น 1 : 3 และ 1 : 4 และสามารถลดการใช้อาหารข้นลงได้ 0, 30 และ 42% ตามลำดับ (Wannapat *et al.*, 2000) นอกจากนี้แทนนินและส่วนตกค้างของไธโอไซยาเนตในมันเฮย์ยังมีผลดีต่อคุณภาพน้ำนมด้วย โดย Chaesson (1994 อ้างโดย Wannapat, 1999) รายงานว่าไธโอไซยาเนตที่ระดับสูงถึง 20 ส่วนในล้านส่วน จะช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (peroxidase) ในการช่วยรักษาคุณภาพของน้ำนมให้อยู่ได้นานขึ้น โดยเฉพาะภายใต้สภาวะอากาศร้อน

3. การทดลอง

❖ **การทดลองที่ 1** วิธีการและการประเมินคุณภาพของใบมันสำปะหลังหมัก

1.1 **การปลูก**

ทำการปลูกมันสำปะหลังโดยใช้พันธุ์ระยอง 90 ในแปลงที่มีการไถแบบไม่ยกร่องจำนวน 2 แปลง เนื้อที่รวม 7 ไร่ ระยะปลูก 50 x 50 ซม. ให้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 25 กก./ไร่ ในครั้งแรกของการปลูก และหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตทุกครั้ง ตัดมันสำปะหลังที่มีอายุประมาณ 3 เดือนและตัดหลังจากนั้นทุก ๆ 2 เดือน โดยหักยอดยาวประมาณ 30 – 50 ซม. นำใบและก้านสดไปใช้ในการหมักและการทำแห้งต่อไป

1.2 **การหมักและการประเมินคุณภาพ**

ใช้ใบมันสำปะหลังรวมก้านสด หั่นเป็นชิ้นขนาด 2.5 – 5 ซม. แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ตามแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD)มีดังนี้

1. ใบมันสำปะหลังสด 1 กก. ไม่ใส่สารเสริมใด ๆ ซึ่งเป็นกลุ่มควบคุม
2. ใบมันสำปะหลังสด 1 กก. ผสมมันเส้นบด 200 ก. และน้ำ 200 ก.
3. ใบมันสำปะหลังสด 1 กก. ผสมรำละเอียด 200 ก. และน้ำ 200 ก.
4. ใบมันสำปะหลังสด 1 กก. ผสมกากน้ำตาล 50 ก. ละลายในน้ำ 50 ก.

นำใบมันที่หั่นและเสริมสารช่วยหมักตามที่กำหนดไว้ในแต่ละกลุ่มมาบรรจุในถุงพลาสติกใส ขนาด 12 x 15 นิ้ว ดูดอากาศออกด้วยเครื่องปั๊มสูญญากาศแล้วรัดปากถุงให้แน่นด้วยยางรัด และเก็บไว้ในร่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 เดือน โดยแต่ละทรีทเม้นท์ มี 5 ซ้ำ

ชั่งน้ำหนักเริ่มต้นและเก็บตัวอย่างจากแต่ละถุงเมื่อหมักครบ 1 เดือน ชั่งน้ำหนักอีกครั้งหนึ่ง พร้อมทั้งสุ่มตัวอย่างใบมันหมักแต่ละซ้ำมาประเมินคุณภาพ ทางกายภาพด้วยวิธีใช้ประสาทสัมผัส (organoleptic test) ตามวิธีที่อ้างโดยบุญล้อมและคณะ (2543) และ หาการสูญเสียวัตถุแห้ง (%DM loss) จากสูตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$\text{DM loss(\%)} = \frac{(\%\text{DM ก่อนหมัก} \times \text{น.น.ก่อนหมัก}) - (\%\text{DM หลังหมัก} \times \text{น.น.หลังหมัก})}{(\%\text{DM ก่อนหมัก} \times \text{น.น.ก่อนหมัก})} \times 100$$

ทำการวัดความเป็นกรดโดยใช้ glass electrode pH meter ยี่ห้อ Eutech cybernetics รุ่น pH 1000 โดยใช้ standard pH 4 และ 7 เป็นตัวปรับเครื่อง ทำการวิเคราะห์ปริมาณกรดอินทรีย์ ได้แก่ กรดแลคติก กรดอะซิติก และกรดบิวทีริก โดยวิธีการกลั่น ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี โดยวิธี Proximate (AOAC, 1984) และวิเคราะห์เยื่อใยโดยวิธี Detergent fiber (Göring and Van Soest, 1979) นอกจากนี้ทำการวิเคราะห์กรด prussic acid (HCN) โดยวิธีการกลั่น (AOAC, 1984)

การวิเคราะห์ทางสถิติใช้วิธีวิเคราะห์ variance และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Sheffe's Multiple Contrasts (SMC) และวิเคราะห์สหสัมพันธ์ โดยใช้โปรแกรม SPSS version 10 (กัลยา, 2543)

◈ ผลและวิจารณ์การทดลองที่ 1

การสูญเสียวัตถุแห้งและลักษณะทางกายภาพ

ผลของการหมักใบมันสำปะหลังโดยไม่เสริมและเสริมสารช่วยหมักที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของวัตถุแห้งและคะแนนคุณภาพแสดงในตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าใบมันสำปะหลังสดมีวัตถุแห้งเฉลี่ย 23.92% ซึ่งเมื่อนำไปผสมกับสารเสริมที่มีลักษณะแห้งเช่นมันเส้นและรำละเอียดในปริมาณ 20% ทำให้มีวัตถุแห้งก่อนหมักเพิ่มขึ้น โดยอยู่ในช่วง 28 – 30% แต่การเสริมกากน้ำตาลในปริมาณ 5% ไม่มีผลต่อการเพิ่มวัตถุแห้งมากนัก เพราะกากน้ำตาลมีวัตถุแห้งต่ำกว่ามันเส้นและรำ (75, 95.4 และ 89.13) ประกอบกับปริมาณของกากน้ำตาลก็ใช้น้อยกว่าด้วย (5 เทียบกับ 20% ของน้ำหนักใบมันสด) อย่างไรก็ตามจะเห็นว่าวัตถุแห้งก่อนหมักของใบมันที่ใส่สารช่วยหมักไม่ว่าจะเป็นมันเส้น รำละเอียด หรือกากน้ำตาลอยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับการทำพืชหมักได้คือ 25 - 34% (McDonald et al., 1991)

หลังจากทำการหมักได้ 1 เดือน พบว่า การสูญเสียวัตถุแห้งจากกระบวนการหมัก ของใบมันสำปะหลังทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันคือมีค่าระหว่าง 5.9 – 9.1% โดยวิธีการที่ใช้รำละเอียดผสมมีแนวโน้มการสูญเสียวัตถุแห้งน้อยที่สุด ในขณะที่การหมักโดยไม่ผสมสารใดทำให้วัตถุแห้งหลังหมักมีค่าต่ำที่สุด ซึ่งต่ำกว่าการเสริมสารช่วยหมักอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้เนื่องจากมันหมักกลุ่มนี้ มีวัตถุแห้งก่อนหมักน้อยกว่ากลุ่มอื่นและยังมีแนวโน้มการสูญเสียวัตถุแห้งมากกว่ากลุ่มอื่นด้วย เมื่อเทียบระหว่างการหมักโดยใช้สารเสริมชนิดต่าง ๆ พบว่า การใช้มันเส้นและรำละเอียดทำให้วัตถุแห้งของใบมันหมักไม่แตกต่างกัน เพราะวัสดุทั้งสองชนิดช่วยเพิ่มวัตถุแห้งก่อนหมักได้ใกล้เคียงกัน อีกทั้งยังเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตที่สลายตัวได้ง่ายเช่นเดียวกัน แต่เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ใช้กากน้ำตาล พบว่าทำให้วัตถุแห้งหลังหมักต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับวัตถุแห้งก่อนการหมักของกลุ่มนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ที่แตกต่างจากกลุ่มที่เสริมรำละเอียดและมันเส้นอยู่แล้ว ผลการทดสอบคุณภาพโดยวิธีการทางกายภาพ โดยพิจารณากลิ่น โครงสร้างและส่วนประกอบซึ่งเมื่อคิดเป็นคะแนนแล้ว พบว่าการหมักทุกวิธีได้ใบมันหมักที่มีคุณภาพดีใกล้เคียงกัน จึงจำเป็นต้องเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีและกรดไขมันระเหยง่ายต่อไป

ตารางที่ 1 วัตถุแห้งที่สูญเสียจากกระบวนการหมักของใบมันสำปะหลังหมักวิธีต่าง ๆ (N=20)

Composition	Cassava silage				
	Control	Cassava chips	Rice bran	Molasses	SEM
DM(%) before ensiling	23.92[a]	28.37[b]	30.03[b]	25.25[a]	0.99
DM(%) after ensiling	21.96[a]	26.43[c]	28.54[c]	23.50[b]	0.75
DM loss(%)[1]	9.06	7.60	5.92	8.10	2.03
Organoleptic test score[2]	17.87	17.45	17.86	18.05	0.43

[1] = $((DM*น้ำหนัก)_{ก่อนหมัก} - (DM*น้ำหนัก)_{หลังหมัก})/ (DM*น้ำหนัก)_{ก่อนหมัก}*100$

[2] = การให้คะแนนรวมของสี กลิ่น และส่วนประกอบ

abc: means in the same row with different superscript differ significantly (p<.05)

องค์ประกอบทางเคมี ค่า pH และสภาพกรดอินทรีย์

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบทางเคมี (%DM) ของใบมันสำปะหลังหมักโดยใส่สารเสริม 4 ชนิด (N = 20)

Composition	Fresh leaves	Cassava silage				
		Control	Cassava chips	Rice bran	Molasses	SEM
DM	23.92	21.95[a]	28.47[c]	28.52[c]	23.86[b]	0.50
CP	18.98	18.91[c]	12.56[a]	18.45[bc]	17.93[b]	0.29
EE	5.43	6.42[b]	3.68[a]	9.77[c]	6.20[b]	0.81
ASH	6.28	6.85[b]	5.04[a]	7.32[c]	7.86[d]	0.14
NDF*	42.55	44.79[d]	28.79[a]	33.86[b]	36.59[c]	0.77
ADF*	26.61	37.25[d]	25.14[b]	20.26[a]	28.67[c]	0.57
ADL*	7.11	9.70[c]	5.73[a]	5.58[a]	8.66[b]	0.26
NFE	37.17	44.18[b]	55.50[c]	44.27[b]	41.55[a]	0.93
CF	24.56	23.64[c]	23.22[b]	20.20[a]	26.46[d]	0.11
NFC	19.18	23.04[a]	49.94[c]	30.61[b]	31.43[b]	1.10

* ash free [abc] means in the same row with different superscript differ significantly (p<.05)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการศึกษาส่วนประกอบทางเคมีดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า การหมักโดยไม่เสริมหรือเสริมสารต่างชนิดกันทำให้ใบมันหมักมีส่วนประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน โดยพบว่าเปอร์เซนต์โปรตีนของกลุ่มที่เสริมมันเส้นมีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้เนื่องจากมันเส้นมีโปรตีนเพียง 1.8% เท่านั้น ในขณะที่กลุ่มเสริมรำโปรตีนต่ำกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่เสริมสารใดเลยเล็กน้อยเพราะรำมีโปรตีนค่อนข้างสูง (13.81% ตารางที่ 3) ส่วนกลุ่มที่เสริมกากน้ำตาลมีโปรตีนต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญเพราะกากน้ำตาลมีโปรตีนเพียง 6.45%

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมี (%ของวัตถุแห้ง) ของวัตถุดิบและชนิดที่ใช้เสริมอาหารทดลอง

	Cassava chips	Rice bran	Molasses
DM	95.44	89.13	75.00
CP	1.80	13.81	6.45
EE	0.17	17.93	0.27
ASH	4.96	8.11	10.47
CF	5.79	7.75	-
NFE	6.15	18.63	-
NDF*	86.92	54.08	82.81
ADF*	90.90	41.52	82.81
ADL*	3.25	6.07	-
NFC	1.70	3.11	-

* ash free

ดังนั้นการใช้รำละเอียดเป็นสารเสริมการหมักจึงช่วยทำให้ใบมันหมักมีระดับโปรตีนใกล้เคียงกับในใบมันสดและเป็นวิธีการผลิตอาหารหยาบเสริมโปรตีนสำหรับโคนมที่น่าจะดีกว่าวิธีอื่น

ระดับของไขมันในใบมันหมักขึ้นอยู่กับไขมันที่มาจากสารเสริม โดยพบว่าการใช้รำละเอียดซึ่งปกติมีไขมันสูง (17.93%) ทำให้ใบมันหมักกลุ่มนี้มีไขมันสูงถึง 9.77% ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากการกลุ่มที่หมักโดยไม่เสริมสารอื่นหรือเสริมมันเส้นหรือกากน้ำตาลที่มีไขมันต่ำ รวมทั้งใบมันที่หมัก การที่ใบมันหมักมีไขมันสูงย่อมมีประโยชน์ในการใช้เป็นแหล่งพลังงานเสริมให้แก่โคนม ซึ่งนับเป็นข้อดีของการใช้รำละเอียดเป็นสารเสริม ในส่วนของเถ้าก็เช่นเดียวกับไขมัน คือการใช้สารเสริมที่มีเถ้าสูง เช่น รำละเอียด และกากน้ำตาล (7.99 และ 10.45% ตามลำดับ) ทำให้ใบมันหมักมีเถ้าเพิ่มขึ้น ในส่วนของเยื่อใยนั้นพบว่าการใช้สารเสริมที่มีเยื่อใยต่ำเช่นมันเส้นทำให้เยื่อใย (NDF) ลดต่ำกว่าการหมักโดยไม่ใส่สารเสริมมากที่สุด ในขณะที่การใช้กากน้ำตาลซึ่งใช้ผสมในระดับน้อยกว่ามันเส้นและรำละเอียดทำให้มีการลดลงของเยื่อใยน้อยที่สุด เมื่อคำนวณระดับคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใย (NFC) โดยวิธีการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

หักลบองค์ประกอบต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วจึงได้ผลในทำนองเดียวกัน คือ การใส่สารเสริมที่มี NFC สูง เช่น มันเส้น (NFC 72.6%, เจริญศักดิ์, 2519 อ้างโดย บุญเสริมและคณะ, 2545) ทำให้ใบมันหมักมี NFC มากที่สุด รองลงมาคือการใส่กากน้ำตาลและรำละเอียด ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 2 กลุ่มมีค่า NFC ไม่แตกต่างกัน (p>.05)

ตารางที่ 4 ปริมาณกรด คุณภาพ และค่าความเป็นกรด-ด่าง ของใบมันสำปะหลังหมักโดยไม่เสริมและเสริมสารช่วยหมักชนิดต่าง ๆ (N=20)

Acid/additive	No additive	Cassava chips	Rice bran	Molasses	SEM
pH	4.53^{b}	4.12^{a}	4.09^{a}	4.01^{a}	0.02
Organic acid (%FMB)					
- acetic acid	0.29^{a}	0.48^{b}	0.39^{ab}	0.34^{ab}	0.02
- lactic acid	1.32^{a}	1.55^{a}	2.43^{b}	2.41^{b}	0.15
- butyric acid	0.02	0.05	0.00	0.02	0.03
Lactic acid (%total acid)	81.29^{a}	81.36^{a}	85.66^{ab}	86.78^{b}	2.11
Quality score[1]	89.00	91.80	98.50	95.60	5.05
HCN before ensiling (mg/kg DM)	190.49^{b}	161.48^{a}	151.76^{a}	180.19^{b}	5.14
HCN after ensiling (mg/kg DM)	175.93^{b}	112.68^{a}	113.30^{a}	106.52^{a}	7.15
HCN disappearance	10.25^{a}	24.51^{b}	25.38^{b}	40.01^{c}	3.32

[1] 0 - 20 = bad, 21 – 40 = fair, 41 – 60 = average, 61 – 80 = good, 81 - 100 = very good

^{abc} means in the same row with different superscript differ significantly (p<.05)

ปริมาณกรดและสภาพความเป็นกรดของใบมันสำปะหลังหมักโดยใช้สารเสริมชนิดต่าง ๆ เปรียบเทียบกับการไม่ใส่สารเสริม แสดงในตารางที่ 4 พบว่า ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของใบมันสำปะหลังที่ใส่สารเสริมทั้ง 3 ชนิด คือ มันเส้น รำละเอียดและกากน้ำตาลไม่มีความแตกต่างกัน (p>.05) โดยมีค่าเท่ากับ 4.12, 4.09 และ 4.01 ตามลำดับ แต่ต่ำกว่ามันที่หมักโดยไม่ใส่สารเสริมอย่างมีนัยสำคัญ (p<.05) แสดงให้เห็นว่าสารเสริมที่ใช้ซึ่งเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตที่สลายตัวได้ง่าย ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปแป้ง (มันเส้นและรำละเอียด) และน้ำตาล (กากน้ำตาล) สามารถกระตุ้นการสร้างกรดไขมันระเหยง่าย (VFA) ได้เป็นอย่างดีจึงทำให้ pH ลดลงมากกว่าใบมันล้วน ๆ ที่มีคาร์โบไฮเดรตสลายตัวง่าย (NFC) เพียง 19.2% โดยกรดที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักนั้นพบว่า ใบมันล้วน ๆ ที่หมักโดยไม่เสริมสารใดมีปริมาณกรดอะซีติก 0.29% ซึ่งไม่แตกต่างจากเมื่อใช้รำละเอียดและกากน้ำตาล แต่น้อยกว่ากลุ่มที่ผสมมันเส้นทั้งนี้เนื่องจากมันเส้นมีแป้งเป็นส่วนประกอบหลักซึ่งจุลินทรีย์สามารถใช้ในการสร้างกรดอะซีติกได้รวดเร็ว ส่วนการเปรียบเทียบระหว่างการใช้สารเสริมทั้งสามชนิด พบว่าปริมาณกรด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อะซีติกไม่แตกต่างกันเพราะสารเสริมทุกตัวล้วนเป็นแหล่งของ NFC ในการหมัก สำหรับปริมาณกรดแลคติกซึ่งเป็นกรดหลักที่ใช้ในการถนอมและกำหนดคุณภาพของใบมันสำปะหลังนั้นพบว่า การไม่ใส่สารเสริมและการใส่มันเส้นทำให้เกิดกรดแลคติกไม่แตกต่างกันโดยมีค่าเพียง 1.32 – 1.55% แต่เมื่อใช้รำละเอียดและกากน้ำตาลพบว่าปริมาณกรดแลคติกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่า 2.43 และ 2.41% ตามลำดับ เมื่อคิดเป็นเปอร์เซนต์สัมพัทธ์ของกรดแลคติกต่อกรดที่เกิดขึ้นทั้งหมด ก็ได้ผลทำนองเดียวกัน คือ การใช้รำละเอียดและกากน้ำตาลเสริมทำให้เกิดกรดแลคติกคิดเป็นเปอร์เซนต์สัมพัทธ์มากกว่าการไม่ใส่สารเสริม และการใส่มันเส้นอย่างมีนัยสำคัญ (85.66 - 86.78% เทียบกับ 81.3 - 81.4%) อย่างไรก็ดี เมื่อคิดเป็นคะแนนคุณภาพแล้วพบว่าใบมันสำปะหลังหมักทั้ง 4 ชนิด มีคุณภาพไม่แตกต่างกันทางสถิติ เพราะมีกรดบิวทีริกปริมาณน้อยมาก (0 – 0.5%) แต่ใบมันสำปะหลังหมักที่ผสมกับรำละเอียดแสดงแนวโน้มการให้คะแนนคุณภาพมากที่สุด (98.5 คะแนน) โดยกลุ่มที่เหลือได้คะแนน 79 - 95.6 คะแนน

จากการที่ใบมันหมักโดยเสริมรำละเอียดมีคะแนนคุณภาพมากที่สุด และมีโปรตีนไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญดังได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น แสดงว่าการหมักโดยเสริมรำเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งผลนี้จะนำไปใช้ในการทดลองเลี้ยงโคนมต่อไป

ปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกก่อนและหลังหมัก

ใบมันสำปะหลังสดที่ใช้ในการทดลองมีกรดพรัสสิก (HCN) 190.49 ppm ซึ่งค่อนข้างสูงใกล้เคียงกับระดับอันตรายตามที่ Blood และ Henderson (1974) ได้กล่าวไว้ว่าพืชที่มี HCN มากกว่า 200 ppm จัดว่ามีอันตรายต่อสัตว์เมื่อกินในปริมาณมาก โดยโคที่ได้รับ HCN มากกว่า 2 มก./น้ำหนักตัว 1 กก. หรือคิดเป็นวันละ 900 มก. สำหรับโคน้ำหนัก 450 กก. จุะมีอาการผิดปกติ อย่างไรก็ดีพบว่ากลุ่มที่เสริมสารช่วยหมักจะมีปริมาณ HCN ต่ำลงเนื่องจากถูกเจือจางด้วยสารเสริมแต่ปริมาณที่ลดลงนี้จะแตกต่างกันแล้วแต่ชนิดและปริมาณของสารเสริม อย่างไรก็ดีพบว่าเมื่อนำไปหมักในสภาพอับอากาศเป็นเวลา1 เดือนแล้วปริมาณ HCN ในมันหมักทุกกลุ่มลดลงโดยกลุ่มที่ไม่เสริมสารใดมีปริมาณ HCN ลดลงน้อยที่สุด (10.25%) กลุ่มที่ผสมมันเส้นหรือผสมรำละเอียดลดลง 24.5 – 25.4% ส่วนกลุ่มที่ผสมกากน้ำตาลมีการสลายตัวได้มากที่สุดถึง 40% ซึ่งมากกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อนำปริมาณ HCN ที่เหลืออยู่ในใบมันหมักแต่ละกลุ่มมาคำนวณหาปริมาณต่ำสุดที่สามารถทำให้เกิดพิษโดยใช้ระดับ HCN วันละ 900 มก. เป็นหลักแล้ว พบว่าใบมันหมักกลุ่มที่ไม่เสริมสารใด กลุ่มที่เสริมมันเส้น กลุ่มที่เสริมรำและกลุ่มที่เสริมกากน้ำตาล จะทำให้เกิดพิษได้ถ้าใช้มากกว่าวันละ 5.1, 7.99, 7.94 และ 8.45 กก. น้ำหนักแห้งหรือคิดเป็นน้ำหนักสด 21.3, 28.2, 26.1 และ 33.5 กก. ตามลำดับ ดังนั้นการใช้ใบมันสำปะหลังหมักเพื่อเป็นอาหารเสริมโปรตีน จึงควรใช้ปริมาณน้อยกว่านี้เพื่อความปลอดภัย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สหสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อคุณภาพใบมันสำปะหลังหมัก

เพื่อให้สามารถวิจารณ์ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กับการสลายตัวของกรด HCN ในกระบวนการหมักใบมันสำปะหลัง จึงนำตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ สัดส่วนใบมันในส่วนผสมก่อนหมัก ปริมาณกรดอะซีติก แลคติก บิวทีริก และ pH รวมทั้งปริมาณ HCN และวัตถุแห้งก่อนหมักมาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ได้ผลดังตารางที่ 5 จะเห็นว่าการใช้ใบมันสำปะหลังในสัดส่วนมากขึ้นมีผลทำให้ pH และ ระดับ HCN หลังหมักเพิ่มขึ้น แต่ทำให้วัตถุแห้งก่อนหมักและกรดอะซีติกหลังหมักลดลง การใช้สารเสริมจึงมีความจำเป็นเพราะทำให้สัดส่วนของใบมันลดลง ในส่วนของกรดแลคติกที่เกิดขึ้นพบว่า มีความสัมพันธ์สูงมากกับการลด pH และ HCN ดังนั้นการใช้สารเสริมที่ช่วยเร่งการเพิ่มปริมาณกรดแลคติกดังได้กล่าวมาแล้ว จึงทำให้ pH ลดลงได้ดี ทำให้การถนอมคุณภาพใบมันเป็นไปได้ดีและช่วยลด HCN ในเวลาเดียวกัน นอกจากนี้การลดลงของ pH ยังมีความสัมพันธ์กับการลดสัดส่วนของใบมันก่อนหมักและการเพิ่มวัตถุแห้งของส่วนผสมก่อนหมัก ดังนั้นการลดสัดส่วนใบมัน เช่น ในกลุ่มใช้รำละเอียดเป็นส่วนผสม จึงทำให้ HCN เจือจางลง

ตารางที่ 5 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกในใบมันสำปะหลัง (N=20)

	Leaf level	Acetic acid	Lactic acid	Butyric acid	pH value	HCN at start	HCN of silage	DM at start
Leaf level	1.000	-0.539*	-0.292	-0.037	0.580**	0.878**	0.618**	-0.971**
Acetic acid	-0.539*	1.000	-0.140	-0.201	-0.268	-0.553	-0.342	0.470*
Lactic acid	-0.292	-0.140	1.000	-0.108	-0.744**	-0.358	-0.776**	0.271
Butyric acid	-0.037	-0.201	-0.108	1.000	-0.105	0.214	-0.001	0.053
pH value	0.580**	-0.268	-0.744**	-0.105	1.000	0.536*	0.932**	-0.570**
HCN at start	0.878**	-0.553*	-0.358	0.214	0.536*	1.000	0.626**	-0.872**
HCN of silage	0.618**	-0.342	-0.776**	-0.001	0.932**	0.626**	1.000	-0.573**
DM start	-0.971**	0.470*	0.271	0.053	-0.570**	-0.872**	-0.573**	1.000

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

ในการสลายตัวของ HCN ในกระบวนการหมักนั้นสารกลุ่ม cyanogenic glucoside จะถูกจุลินทรีย์ที่เพิ่มปริมาณในระยะวันแรก ๆ ของการหมัก ปล่อยเอนไซม์บางชนิดออกมาทำให้ HCN ถูกปลดปล่อยเป็นอิสระ แต่เนื่องจากสภาพความเป็นกรดขัดขวางการเกิด HCN ดังเช่นในสัตว์กระเพาะเดี่ยวที่มีกรด HCl ในกระเพาะซึ่งพบว่าไม่ค่อยมีปัญหาต่อการเป็นพิษของ HCN เมื่อเทียบกับสัตว์สี่กระเพาะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(Blood and Henderson, 1974) ดังนั้นการเกิดกรดแลคติกที่รวดเร็วและมีกรดเกิดขึ้นปริมาณมาก จึงสามารถยับยั้งการเกิด HCN ซึ่งในการทดลองนี้เห็นความสัมพันธ์ในทางลบในระดับสูง ($p<.01$) ระหว่างปริมาณ HCN ในใบมันกับปริมาณกรดแลคติก ดังนั้นวิธีการใด ๆ ที่สามารถทำให้เกิดกรดแลคติกได้อย่างรวดเร็ว และเกิดในปริมาณมากจะทำให้เกิดกรด HCN ในใบมันหมักน้อยลง นั่นคือจะได้ใบมันสำปะหลังหมักที่มีคุณภาพดีและมีความปลอดภัยสูงในเวลาเดียวกัน

❄ **สรุปผลการทดลองที่ 1**

ผลการทดลองสรุปได้ว่า การนำใบมันสำปะหลังสดรวมก้านมาหั่นให้เป็นชิ้นเล็กและผสมกับรำละเอียดและน้ำในอัตราส่วน 100 : 20 : 20 โดยน้ำหนักและหมักในสภาพอับอากาศเป็นเวลา 1 เดือน เป็นวิธีการที่เหมาะสมในการหมักใบมันเพื่อใช้เป็นแหล่งโปรตีนและพลังงานเสริมสำหรับโคนม โดยมีการสูญเสียวัตถุแห้งระหว่างการหมักน้อย มีโปรตีนสูงเทียบเท่าใบมันสด (18.5%) มีพลังงานโดยเฉพาะส่วนของไขมันสูง (9.8%) มีกรดแลคติกเกิดขึ้นมาก (85.7% ของกรดทั้งหมด) และมีคุณภาพดีมาก ซึ่งแตกต่างจากการหมักโดยไม่เสริมสารใด หรือผสมด้วยมันเส้นและกากน้ำตาล การเกิดกรดแลคติกปริมาณมากในการหมักใบมันร่วมกับรำละเอียด มีผลทำให้ใบมันหมักมีความเป็นกรดด่างที่เหมาะสม (pH 4.1) และช่วยลดปริมาณกรดพรัสสิก (HCN) เหลือเพียง 32 ppm ของน้ำหนักสด จึงมีความปลอดภัยในการนำไปใช้เป็นอาหารเสริมโปรตีนและพลังงานสำหรับโคนม

❖ **การทดลองที่ 2** การใช้ใบมันสำปะหลังหมักหรือแห้งเพื่อเพิ่มคุณค่าให้แก่อาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโครีดนม

ใช้โคลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียนระดับสายเลือด 87.5% จำนวน 6 ตัว น้ำหนักประมาณ 504.5 ± 45.4 กก. จำนวนวันที่ให้นม 143.5 ± 25.4 วัน ให้น้ำนมประมาณ 16.43 ± 2.73 กก. อยู่ในระยะการให้นมที่ 2 และ 3 อายุ 4 - 6 ปี เลี้ยงในคอกขังเดี่ยวผูกยืนโรงและรีดนมวันละ 2 ครั้งเช่นเดียวกับการทดลองที่ 4 ในโครงการย่อยที่ 1

ให้โคทดลองได้รับหญ้ารูซี่แห้งเป็นอาหารหยาบหลัก โดยนำหญ้ารูซี่แห้งที่อัดฟ่อนมาสับเป็นท่อนยาวประมาณ 2 นิ้ว ด้วยเครื่องสับก่อนนำไปทำเป็นอาหารหยาบผสม 3 สูตร โดยทุกสูตรมีการเสริมแหล่งพลังงานและโปรตีน คือ กากน้ำตาล ข้าวโพดบด รำ และกากถั่วเหลือง ให้แก่หญ้ารูซี่เหมือนกัน แต่สูตร 2 และ 3 เป็นใบมันสำปะหลังแห้งและใบมันสำปะหลังหมักทดแทนรำ และกากถั่วเหลืองบางส่วน

ใบมันสำปะหลังแห้งเตรียมโดยใช้ใบมันรวมก้านสดจากแปลงในการทดลองที่ 1 โดยหักยอดยาวประมาณ 30 – 50 ซม. นำมาหั่นเป็นชิ้นขนาด 2.5 – 5 ซม. แล้วตากแดด กลับวันละ 2 – 3 ครั้ง ตากประมาณ 2 วันจนแห้ง และเก็บใส่ถุงไว้ใช้ตลอดการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ใบมันสำปะหลังสดเตรียมโดยใช้ใบมันสำปะหลังที่ปลูกแปลงเดียวกับที่ใช้ทำใบมันแห้ง โดยหักจากต้นยาวประมาณ 30 – 50 ซม. จากยอด หั่นเป็นชิ้นประมาณ 2.5 – 5 ซม. เช่นเดียวกัน แต่นำมาผสมกับสารเสริมที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 1 คือรำละเอียดในอัตราส่วน 5 : 1 โดยไม่ผสมน้ำ เพราะมีความชื้นอยู่แล้ว บรรจุในถังพลาสติกขนาด 180 ลิตร ที่มีฝาล็อก ให้คนย่ำใบมันในถังจนแน่น ปิดฝาให้สนิทเก็บไว้ในที่ร่มเป็นเวลา 1 เดือน

ให้โคทุกตัวได้รับอาหารข้น ชนิดเม็ดที่มีขายในท้องตลาดซึ่งมีโปรตีน 20% มีเยื่อใย (ADF) 22 – 2 4% ให้เสริมในอัตราน้ำนม : อาหารข้น 2.5 : 1 ปริมาณของอาหารหยาบและอาหารเสริมในแต่ละทรีตเมนท์คำนวณโดยใช้โปรแกรม XRATION (สมคิด, 2542) ให้อาหารทั้งสูตร (รวมทั้งอาหารข้น) มีโภชนะเพียงพอกับการให้ผลผลิตของโคตามที่แนะนำโดย NRC (1988) โดยใช้ค่าเฉลี่ยการให้ผลผลิตและน้ำหนักตัวก่อนการทดลองเป็นเกณฑ์ในการคำนวณ

ให้อาหารข้นวันละ 3 เวลาคือ 7.00, 11.00 และ 16.00 น. ส่วนอาหารหยาบผสมให้กินเต็มที่

ตารางที่ 6 ส่วนประกอบและปริมาณอาหารหยาบผสมที่โคได้รับในแต่ละวัน

	T1		T2		T3			
	kg/day[1]	(%)	kg/day[1]	(%)	kg/day[1]	(%)[1]	kg/day[2]	(%)[2]
Ruzi hay	8.0	72.7	8.0	72.7	8.0	59.3	7.1	72.7
Mollases	1.0	9.1	1.0	9.1	1.0	7.4	0.7	7.5
Ground corn	0.5	4.6	0.6	5.5	0.6	4.4	0.5	5.4
Rice bran	1.2	10.9	0.2	1.8	0.2	1.5	0.2	1.8
Soybean meal	0.3	2.7	0.2	1.8	0.2	1.5	0.2	1.8
Cassava hay	-	-	1.0	9.1	-	-	-	-
Cassava silage	-	-	-	-	3.5	25.9	1.0	10.8
Total	11	100	11	100	13.5	100	9.8	100

[1] as fed basis [2] DM basis

แผนการทดลอง

เนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องของจำนวนสัตว์ทดลองซึ่งมีน้อย (6 ตัว) ในการทดลองครั้งนี้จึงใช้แผนการทดลองแบบสลับ (change - over balance design) โดยการทดลองแต่ละระยะให้สัตว์ได้ปรับตัวเป็นเวลา 7 วัน และเก็บข้อมูล 8 วันหลัง

การเก็บตัวอย่างอาหาร ตัวอย่างนม การวิเคราะห์ทางเคมีและวิเคราะห์สถิติ ทำเช่นเดียวกับการทดลองที่ 4 โครงการย่อยที่ 1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

◈ ผลและวิจารณ์การทดลองที่ 2

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

จากตารางที่ 7 จะเห็นได้ว่าหญ้ารูซี่แห้งที่ใช้มีโปรตีน 6.74% ซึ่งสูงกว่าโปรตีนของหญ้าแห้งในโครงการย่อยที่ 9 ในพื้นที่เดียวกัน แต่ตัดคนละปี นอกจากนั้นยังมี NDF, ADF และ ADL ต่ำกว่า (65.8, 34.0, 4.5 เทียบกับ 74.4, 43.8, 5.5 ตามลำดับ) แสดงว่าหญ้าที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้อ่อนกว่า 60 วันแต่แก่กว่า 45 วันที่มีโปรตีน 7.2%, NDF 65.6%, ADF 30.7% และ ADL 4.1% (โครงการย่อยที่ 9) เมื่อนำส่วนประกอบทางเคมีไปคำนวณค่า TDN โดยใช้สมการของ Kearl (1982) พบว่าได้ค่าเท่ากับ 55.4% ซึ่งสูงกว่าหญ้ารูซี่แห้งอายุ 60 วัน (52.8%) แต่ต่ำกว่าอายุ 45 วัน (56.8%) ตามที่โครงการย่อยที่ 9 รายงานไว้เล็กน้อย

ตารางที่ 7 องค์ประกอบทางเคมี (% ของวัตถุแห้ง) ของวัตถุดิบแต่ละชนิดซึ่งได้แก่หญ้ารูซี่แห้ง (RH) ข้าวโพด (GC) กากถั่วเหลือง (SB) รำละเอียด (RB) กากน้ำตาล (Mol) ใบมันแห้ง (CH) ใบมันหมัก (CS) และอาหารข้น (Conc) ที่ใช้ในการทดลอง

	DM	CP	EE	ASH	CF	NFE	NDF*	ADF*	ADL*	NFC	TDN
RH	88.89	6.74	1.69	5.82	29.08	56.67	65.79	34.03	4.50	19.96	55.41[1/]
Mol	72.50	5.55	0.21	10.45	-	83.80	-	-	-	83.80	72.00[2/]
GC	88.15	7.48	3.26	1.14	2.60	85.52	15.52	3.58	0.72	72.59	85.00[2/]
RB	89.18	13.85	17.02	7.99	6.02	55.12	18.92	7.81	3.13	42.22	70.00[2/]
SB	86.47	47.62	2.33	6.30	5.19	40.08	12.63	7.43	0.32	33.38	84.00[2/]
CH	91.69	18.45	5.22	8.24	19.87	40.08	40.77	25.64	6.82	27.33	67.12[1/]
CS	29.87	13.91	11.02	9.67	17.61	48.23	37.28	22.97	6.46	28.11	72.41[1/]
Conc.	89.95	21.09	2.31	8.26	11.03	57.31	30.73	18.06	5.88	37.61	72.75[1/]

[1/] calculated from equations of Kearl (1982)

TDN of dry roughage (%DM) = - 17.2649 + 1.2120 (%CP) + 0.8352 (%NFE) + 2.4637 (%EE) + 0.4475 (%CF)

TDN of energy feed (%DM) = 40.2625 + 0.1969 (%CP) + 0.4228 (%NFE) + 1.1903 (%EE) – 0.1379 (%CF)

TDN of protein supplement (%DM) = 40.3227 + 0.5398 (%CP) + 0.4448 (%NFE) + 1.4218 (%EE) – 0.7007 (%CF)

[2/] TDN value from NRC (1988) * ash free

ใบมันสำปะหลังแห้งที่ใช้มีโปรตีน 18.45% ซึ่งต่ำกว่ารายงานของ Wanapat (1999) และใบกระถินซึ่งโครงการย่อยที่ 9 และ 11 (24.90, 21.2% และ 23.6% ตามลำดับ) ทั้งนี้เนื่องจากใบมันสำปะหลังที่ใช้มีส่วนของก้านใบและลำต้นอ่อนปนอยู่ เพราะใช้วิธีเก็บโดยหักจากยอดประมาณ 30 –

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

50 ซม. ทำให้มีโปรตีนลดลงตลอดจนมีเยื่อใย (NDF) สูงขึ้น อย่างไรก็ตามใบมันสำปะหลังแห้งยังมีโปรตีนสูงเพียงพอที่จะให้เป็นแหล่งโปรตีนเสริมให้กับโคนม จากผลการวิเคราะห์ HCN ในใบมันสำปะหลังสดที่ใช้ในการทดลองนี้ (ตารางที่ 8) พบว่ามีค่าเท่ากับ 178.93 ppm และเมื่อนำไปตากจนแห้งพบว่า HCN สลายตัวเหลือเพียง 63.46 ppm จึงจัดว่าอยู่ในระดับที่ปลอดภัยสำหรับโค ตามที่ Blood and Henderson (1974) แนะนำไว้ ในด้านลักษณะทางกายภาพนั้นพบว่าใบมันแห้งมีคุณภาพดีมากคือ มีสีเขียว และกลิ่นหอม

ตารางที่ 8 ส่วนประกอบกรด และคุณภาพใบมันสำปะหลังแห้งและใบมันสำปะหลังหมัก

	HCN (ppm)	pH	Acetic acid	Lactic acid	Butyric acid	Quality score
Cassava leaf hay	63.46	-	-	-	-	18[1/]
Cassava leaf silage	109.77	3.92	0.33	2.48	0.00	99[2/]
Fresh cassava leaf	178.93	-	-	-	-	-

[1/] organoleptic evaluation score of hay (บุญล้อมและคณะ, 2543) range from 0-20

[2/] quality assermrant of silage (บุญล้อมและคณะ, 2543) range from 0-100

ใบมันสำปะหลังหมักที่ใช้ในการทดลองนี้มีคุณภาพดีมาก (คะแนนมากกว่า 80) โดยมีกรดอะซิติก 0.33% ไม่มีกรดบิวทีริก และมีกรดแลคติก 2.48% มีค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) เท่ากับ 3.92 ผลการวิเคราะห์ HCN พบว่าเท่ากับ 109.77 ppm ซึ่งลดลงจากใบมันสดแต่มากกว่าใบมันแห้ง (63.46 ppm) ส่วนประกอบของกรดและคุณภาพใบมันหมักในถังวิธีการนี้ มีค่าใกล้เคียงกับผลจากการทดลองที่ 1

สำหรับส่วนประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่ใช้เป็นแหล่งโปรตีนเสริมในการทดลองนี้ คือ กากถั่วเหลืองและรำละเอียดมีค่าอยู่ในช่วงปกติและใกล้เคียงกับที่รายงานในโครงการย่อยที่ 8, 9 และ 11 รวมทั้งวัตถุดิบที่ใช้เป็นแหล่งพลังงานเสริมได้แก่ ข้าวโพดบดและกากน้ำตาลก็มีส่วนประกอบอยู่ในช่วงปกติเช่นเดียวกัน สำหรับอาหารข้นที่ใช้ในการทดลองนี้มีโปรตีน 21.09% และมี TDN 72.75% มีค่าใกล้เคียงกับที่ระบุไว้ข้างถุงและใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์ในโครงการย่อยที่ 8 และ 9 ซึ่งเป็นอาหารชนิดเม็ดที่ผลิตจากโรงงานเดียวกัน

จากการคำนวณคุณค่าทางโภชนะของอาหารหยาบผสมที่ใช้ในการทดลอง โดยใช้ปริมาณที่ระบุในตารางที่ 6 และส่วนประกอบทางเคมีในตารางที่ 7 ได้ผลดังตารางที่ 9 จะเห็นว่าอาหารหยาบผสมสูตร 1 ที่ใช้รำและกากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนเสริม และสูตร 2 ที่ใช้ใบมันแห้งเป็นแหล่งโปรตีนมีคุณค่าทางโภชนะใกล้เคียงกัน คือ มีโปรตีน 8.4 – 8.6% และมี TDN 60.4 – 60.6% แต่ค่อนข้างต่ำกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สูตร 3 ที่ใช้ใบมันสำปะหลังหมักเป็นแหล่งโปรตีนเสริม เนื่องจากใบมันสำปะหลังหมักมีโปรตีนและพลังงานมากกว่าแต่ใช้เสริมในปริมาณคิดเป็นวัตถุแห้งเท่ากับสารเสริมในสูตร 1 และสูตร 2 อย่างไรก็ตาม ระดับโปรตีน พลังงาน และองค์ประกอบอื่น ๆ เช่น ไขมัน เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรตที่สลายตัวง่าย (NFC) จากอาหารทั้ง 3 สูตร จัดอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน เมื่อเทียบโปรตีนและพลังงานในรูปของ TDN ของอาหารทั้ง 3 สูตรที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.73 และ 61.34% ตามลำดับ กับทั้งข้าวโพดหมักซึ่งจัดเป็นอาหารหยาบคุณภาพดีของโคนมที่มีค่าเท่ากับ 9.05 และ 65.9% (นฤมล, 2544) แล้วพบว่ามีค่าเกือบใกล้เคียงกัน อาหารหยาบผสมที่ใช้ในการทดลองนี้จึงมีคุณภาพดีเพียงพอสำหรับใช้กับโครีดนม

ตารางที่ 9 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารหยาบผสม ทั้ง 3 สูตร จากการคำนวณ

	DM	CP	EE	NDF	ADF	NFC	TDN	(B/kg DM)
	(%)	◄		(%DM)			►	
T1	87.33	8.41	3.32	50.96	25.96	37.32	60.64	3.08
T2	87.57	8.57	2.25	52.97	27.55	36.21	60.38	2.76
T3	71.80	9.22	4.31	49.81	26.50	36.66	63.00	2.95

ปริมาณอาหารที่กินและโภชนะที่โคได้รับ

โคทดลองกินอาหารทั้ง 3 สูตรคิดเป็นน้ำหนักแห้งไม่แตกต่างกัน ทั้งในรูปน้ำหนักรวมต่อวันและในรูปเปอร์เซนต์น้ำหนักตัว โดยกินอาหารได้เฉลี่ยระหว่าง 3.03 – 3.05% ของน้ำหนักตัว และสามารถกินอาหารได้เฉลี่ย 93.12 – 93.7% ของปริมาณน้ำหนักแห้งของอาหารที่ให้ (ตารางที่ 10) โดยอาหารที่เหลือในแต่ละวันเป็นส่วนของก้านและโคนของหญ้าแห้ง ที่โคเลือกกินส่วนที่อ่อนไปแล้ว สำหรับอาหารเสริมและอาหารข้นไม่พบเหลืออยู่ ซึ่งในการทดลองนี้โคกินอาหารข้นเฉลี่ยระหว่าง 1.18 – 1.19% ของน้ำหนักตัว และกินอาหารหยาบผสมระหว่าง 1.85 – 1.88% ของน้ำหนักตัว

การกินอาหารของโคทดลองคิดเป็นน้ำหนักรวมในการทดลองนี้ มีค่าค่อนข้างต่ำกว่าโครงการย่อยที่ 9 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.33 - 3.75% ของน้ำหนักตัว ทั้งนี้เพราะในโครงการย่อยดังกล่าวใช้อาหารหยาบผสมที่มีสัดส่วนของสารเสริม 50% ต่อหญ้าแห้ง 50% และเลี้ยงร่วมกับอาหารข้นในสัดส่วน 51.9 : 48.1 แต่ในการทดลองนี้ใช้อาหารหยาบผสมที่มีสัดส่วนของอาหารเสริม 27.3% ต่อหญ้าแห้ง 72.7% และเลี้ยงร่วมอาหารข้นในสัดส่วน 62.6 : 37.4 ซึ่งมีความฟ่ามและมีเยื่อใยสูงกว่าจึงทำให้การกินอาหารลดลง อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบกับผลการทดลองในโครงการย่อยที่ 11 ที่ใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งเยื่อใยหลัก เสริมแหล่งโปรตีนและพลังงานในลักษณะเดียวกับการทดลองนี้ ซึ่งโคกินอาหารรวม 2.38 – 2.69% ของน้ำหนักตัว พบว่าการกินอาหารของโคทดลองนี้มีค่ามากกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 10 ปริมาณวัตถุแห้งและโปรตีนที่โคได้รับในแต่ละวันเทียบระหว่างปริมาณที่ให้และปริมาณที่กินได้

	T1	T2	T3	SEM
Total dry matter				
• offered				
- kg/cow/day	16.19	16.22	16.28	-
- %BW	3.24	3.27	3.26	-
• intake				
- kg/day	15.17	15.24	15.16	0.29
- %BW	3.03	3.05	3.03	0.06
- % from feed offered	93.70	93.34	93.12	-
Mixed roughage dry matter				
• offered				
- kg/cow/day	10.28	10.31	10.38	-
- %BW	2.06	2.09	2.08	-
• intake				
- kg/cow/day	9.26	9.33	9.25	0.03
- %BW	1.88	1.88	1.85	0.06
- % from feed offered	90.08	90.49	89.11	-
Concentrate dry matter intake				
- kg/cow/day	5.91	5.91	5.91	-
- %BW	1.18	1.19	1.18	-
CP intake (kg/cow/day) (NRC requirements)[1]	2.04	2.07	2.13	0.03
TDN intake (kg/cow/day) (NRC requirements)[1]	9.97	10.05	10.21	0.18

[1] Requirements of cow 496.8 kg LW, 14.98 kg milk, 4% milk fat and 3rd lactation milking

[abc] means in the same row with different superscript differ significantly (p<.05)

ปริมาณโปรตีนและพลังงานในรูปย่อยได้ (TDN) ที่โคได้รับต่อวันของทุกกลุ่มไม่แตกต่างกันและมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่แนะนำโดย NRC (1988) โดยโคที่ใช้ทดลองมีความต้องการโปรตีนวันละ 2.09 กก. และ TDN วันละ 9.26 กก. แต่โคในกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมสูตร 1 ได้รับโปรตีน 2.04 กก./วัน กลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบผสมที่ใช้ใบมันแห้งเป็นแหล่งโปรตีนเสริมได้รับวันละ 2.07 กก. คิดเป็น 97.6 และ 99% ของ NRC ตามลำดับ แต่กลุ่มที่ใช้ใบมันหมักเสริมได้รับโปรตีน 2.13 กก./วัน คิดเป็น 101.9% ของ NRC ตามลำดับ ทั้งนี้เพราะใบมันหมักมีโปรตีนและพลังงานมากกว่าใบมันแห้งดังที่กล่าวมาแล้ว อย่างไรก็ตามถ้าโคในกลุ่ม 1 และกลุ่ม 2 สามารถกินอาหารหยาบผสมได้หมดตาม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณที่ให้แล้วน่าจะได้รับโปรตีนเท่ากับระดับที่ NRC กำหนด ในส่วนของพลังงานนั้น โคทุกกลุ่มได้รับพลังงานในรูป TDN มากกว่าระดับที่ NRC กำหนด 10.08% ซึ่งนฤมล (2544) พบว่าการเพิ่มระดับ TDN ในอาหารผสมมีผลทำให้โคกินอาหารได้ขึ้น และในการทดลองนี้พบว่า การที่กินใบมันหมักได้รับโปรตีนและพลังงานมากกว่าส่งผลที่ให้โคมีการเพิ่มน้ำหนักวันละ 200 ก. ในขณะที่อีก 2 กลุ่มมีการสูญเสียน้ำหนักวันละ 80 - 450 ก. เพราะได้รับโปรตีนไม่เพียงพอ

ปริมาณน้ำนม ส่วนประกอบน้ำนมและต้นทุนการผลิต

ตารางที่ 11 ปริมาณ และองค์ประกอบน้ำนมของโคที่กินอาหารทั้ง 3 สูตร

	T1	T2	T3	SEM
Weight change (kg/d)	-0.45	-0.08	0.2	0.33
Milk production (kg/day)	14.65	15.23	14.82	0.39
4% Fat corrected milk (kg/day)	17.19	15.76	15.86	0.31
Milk composition (%)				
Fat	5.21[b]	4.25[a]	4.54[a]	0.15
Protein	3.39	3.40	3.40	0.04
Lactose	4.57	4.68	4.74	0.02
Total solid	13.46	13.01	13.39	0.18
Solid not fat	8.66[a]	8.78[ab]	8.84[b]	0.03
Milk composition (kg/day)				
Fat	0.76[b]	0.64[a]	0.67[a]	0.02
Protein	0.49	0.52	0.50	0.01
Lactose	0.67	0.72	0.71	0.02
Total solid	1.96	1.98	1.98	0.06
Solid not fat	1.27	1.34	1.31	0.03

[abc] means in the same row with different superscript differ significantly ($p<.05$)

ผลผลิตน้ำนมของโคกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบผสมทั้ง 3 สูตร ดังตารางที่ 11 มีค่าไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 14.65 – 15.23 กก./วัน ทั้งนี้เพราะได้รับโปรตีนและพลังงานจากอาหารผสมแต่ละสูตรใกล้เคียงกัน สำหรับองค์ประกอบของน้ำนมนั้นในโครงการย่อยที่ 8,9 และ 11 พบว่าที่ไขมันนมของ โคลูกผสมที่ได้รับหญ้าแห้ง ฟางข้าวหรือหญ้ารูซี่สดเป็นอาหารหยาบโดยมีรำละเอียดและกากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนเสริมมีค่าระหว่าง 5.11 - 5.20% ในการทดลองนี้พบว่าไขมันนม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ของโคกลุ่ม 1 ที่ได้รับอาหารหยาบผสมที่ใช้รำละเอียดและกากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนมีค่าเท่ากับ 5.21 ซึ่งมากกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบผสมที่ใช้ใบมันแห้ง (4.25%) และใบมันหมัก (4.54%) อย่างมีนัยสำคัญ ส่งผลให้น้ำนม 4%FCM ของโคในกลุ่มแรกมีแนวโน้มสูงกว่า 2 กลุ่มหลัง การที่ใบมันหมักมีส่วนทำให้ไขมันนมลดลงนั้น น่าจะมีผลมาจากสารที่อยู่ในใบมัน ได้แก่ แทนนิน ที่พบว่ามีส่วนทำให้การย่อยได้ลดลง (Reed *et al.*, 1982) ซึ่งอาจจะกระทบต่อการย่อยได้ของเยื่อใยด้วย จึงทำให้ acetate และ butyrate ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ไขมันในน้ำนมของโคที่กินอาหารสูตร 2 และ 3 มีค่าต่ำกว่า ในขณะที่สูตร 1 ไม่มีแทนนินอยู่ แต่เนื่องจากการทดลองนี้ไม่ได้วางแผนในการวัดอิทธิพลดังกล่าวจึงไม่สามารถวิจารณ์ในรายละเอียดได้ ดังนั้นจึงน่าจะมีการทดลองเกี่ยวกับเรื่องนี้ต่อไป อย่างไรก็ตาม ไขมันนมของโคกลุ่มที่ใช้ใบมันหมักและ ใบมันแห้งเป็นแหล่งโปรตีนเสริมในอาหารหยาบผสม อยู่ในช่วง 4.25 – 4.54 ซึ่งเป็นระดับปกติของโคลูกผสมขาวดำที่ให้นมในระยะนี้

ตารางที่ 12 ต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิตน้ำนม 1 กก. การเปลี่ยนอาหาร ต้นทุนค่าอาหารและรายได้หักค่าอาหารของโคที่ได้รับอาหารหยาบต่างกัน 3 สูตร

	T1	T2	T3
Milk production (kg/day)	14.73	15.15	14.90
4% FCM (kg/day)	17.19	15.76	15.86
Concentrate cost (baht/kg DM)	7.89	7.89	7.89
Concentrate cost (baht/day)	46.63	46.63	46.63
Roughage cost (baht/kg DM)	3.08	2.76	2.95
Roughage cost (baht/day)	28.52	26.10	28.10
Total feed cost (baht/day)	75.15	72.73	73.93
Feed cost/kg milk (baht/day)	5.10	4.80	4.96
Feed cost/4% FCM (baht/kg)	4.37	4.62	4.66
FCR (feed DM/kg milk)	1.04	1.01	1.03
Income over feed (baht/kg milk)[1/]	7.40	7.70	7.54
Income over feed (baht/ day)	108.97	116.64	112.32
Income over feed (baht/ 4% FCM)	8.13	7.88	7.84
Income over feed (baht/ day)	139.72	124.27	124.32

[1/] Income over feed (bath/kg milk) = $\frac{[\text{milk yield(kg/d)} \times \text{milk price (baht/kg)}^{2/}] - \text{feed cost}}{\text{Milk yield (kg/d)}}$

[2/] Priec (baht/kg):milk = 12.5 ; cassava hay = 2 ; cassava silage = 0.08 (fresh matter)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนประกอบน้ำนมอื่น ๆ เช่นโปรตีนนั้นพบว่า ทุกกลุ่มไม่แตกต่างกันโดยมีค่าระหว่าง 3.39 – 3.4% ตลอดจนมีน้ำตาลนมไม่แตกต่างกันและมีค่าระหว่าง 4.57 – 4.74% ทำให้มีของแข็งโดยรวมในน้ำนมไม่แตกต่างกัน แต่เนื่องจากโคที่ได้รับอาหารสูตร 1 มีไขมันนมมากกว่ากลุ่มอื่นจึงทำให้ของแข็งไม่รวมไขมันของกลุ่มนี้ต่ำกว่ากลุ่มที่ใช้ใบมันหมักเป็นแหล่งโปรตีนเสริมอย่างมีนัยสำคัญ (8.66 เทียบกับ 8.84%) สำหรับผลผลิตของโภชนะในน้ำนมต่อวันนั้นเป็นไปในทิศทางเดียวกับไขมันนม คือ โคที่ใช้ใบมันแห้งและใบมันหมักเสริม ให้ผลผลิตไขมันได้น้อยกว่ากลุ่มที่ใช้รำละเอียดและกากถั่วเหลืองเสริมจากเหตุที่กล่าวมาแล้ว ส่วนผลผลิตโปรตีน น้ำตาลนม และของแข็งในน้ำนมต่อวันนั้นไม่มีความแตกต่างกัน

ต้นทุนการผลิตน้ำนมและกำไรหักค่าอาหารของโคกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารหยาบผสมทั้ง 3 สูตร แสดงในตารางที่ 12 พบว่าต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำนม 1 กก. ของกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสูตร 2 ที่ใช้ใบมันสำปะหลังแห้งมีค่าต่ำที่สุด (4.80 บาท/น้ำนม 1 กก.) เนื่องจากใบมันสำปะหลังแห้งมีราคาถูก แต่คิดเป็นน้ำนม 4% FCM 1 กก.พบว่ากลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสูตร 1 มีค่าต่ำที่สุด (4.37 บาท/น้ำนม 1 กก.) ทำให้กำไรต่อน้ำนม 1 กก. เป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือมีค่ามากที่สุดในกลุ่มที่ใช้ใบมันสำปะหลังแห้งแต่เมื่อคิดเป็นกำไรต่อน้ำนม 4% FCM 1 กก. พบว่าสูงที่สุดในกลุ่มที่ใช้รำและกากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนเสริม

❄ **สรุปผลการทดลองที่ 2**

การใช้ใบมันสำปะหลังตากแห้งหรือใบมันสำปะหลังที่หมักร่วมกับรำละเอียดในอัตรา 20% เป็นแหล่งโปรตีนเสริมหญ้ารูซี่เพื่อผลิตอาหารหยาบผสม โดยใช้ข้าวโพดและกากน้ำตาลเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตเสริมโดยมีสัดส่วนของหญ้ารูซี่ ข้าวโพดบด กากน้ำตาล ใบมันแห้ง 8.0 : 0.6 : 1.0 : 1.0 กก. หรือใช้ใบมันสำปะหลังหมัก 3.5 กก. ทดแทนใบมันแห้ง พบว่าสามารถนำมาใช้เลี้ยงโครีดนมได้ดีเทียบเท่าอาหารหยาบผสมที่ใช้หญ้าแห้งผสมกับแหล่งโปรตีนจากรำละเอียดและกากถั่วเหลือง โดยโคมีกินอาหารได้ดี ให้ผลผลิตน้ำนมและมีส่วนประกอบน้ำนมที่ดี แต่มีต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยใบมันหมักมีต้นทุนสูงกว่าใบมันแห้ง อย่างไรก็ดี การใช้ใบมันหมักหรือใบมันแห้งเลี้ยงโคนม ถือว่าเป็นการใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้ทางการเกษตรและเป็นการเก็บถนอมพืชอาหารสัตว์ ซึ่งจะช่วยลดภาระการจ่ายค่าอาหารของเกษตรกรรายย่อยได้ ดังนั้นจึงนับว่าเป็นทางเลือกที่น่าสนใจได้ทางหนึ่ง

4. สรุปผลการทดลองโครงการย่อยที่ 12

การหมักใบมันในสภาพอับอากาศในถุงพลาสติก โดยไม่ใส่สารเสริมเปรียบเทียบกับที่ใส่มันเส้นบดหรือรำละเอียด และน้ำในอัตราใบมันสดต่อวัสดุเสริมและน้ำ 1 : 0.2 : 0.2 หรือเสริม

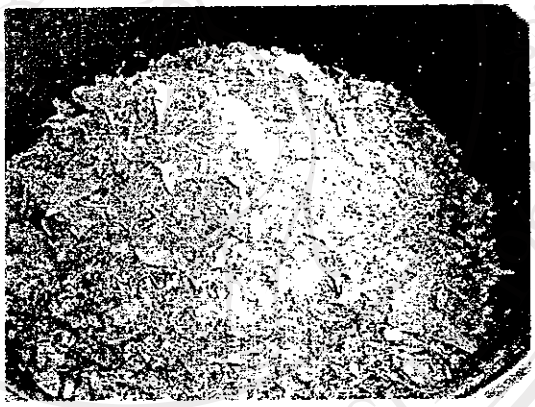
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กากน้ำตาลและน้ำ ในอัตรา 0.05 : 0.05 กก./ใบมันสด 1 กก. พบว่าใบมันที่หมักร่วมกับรำละเอียดมีคุณภาพดีมาก มีกลิ่นหอม มีกรดแลคติกสูง (85.6% ของกรดไขมันระเหยง่ายที่เกิดขึ้นทั้งหมด) มีกรดอะซิติกน้อยและไม่พบกรดบิวทีริก มีระดับความเป็นกรดด่าง (pH) ที่เหมาะสม การเกิดแลคติกที่รวดเร็วและมีปริมาณมาก สามารถช่วยลดการเกิดกรดพรัสสิก (HCN) ลงได้ถึง 25.38% จนอยู่ในระดับที่ปลอดภัย (113.30 mg/kg DM) ใบมันหมักดังกล่าวมีโปรตีน 18% และมีพลังงานสูง

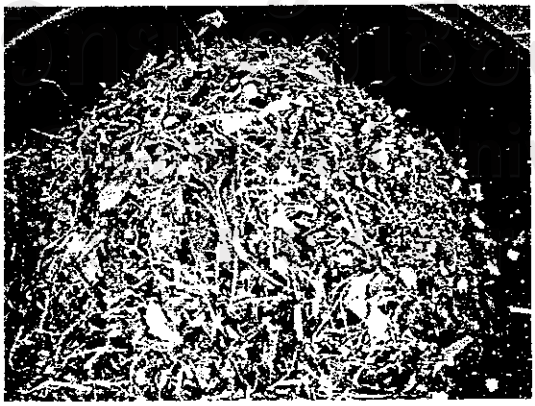
ใบมันที่หมักในถังพลาสติกซึ่งมีฝาปิดล็อกสนิทมีคุณภาพดีเช่นเดียวกันกับที่หมักในถุงเมื่อนำมาเป็นแหล่งโปรตีนเพื่อผลิตอาหารหยาบผสมที่ใช้หญ้ารูซี่แห้งเป็นแหล่งเยื่อใยหลัก เสริมด้วยกากน้ำตาล ข้าวโพดบด รำและกากถั่วเหลือง โดยใช้ใบมันแห้งหรือใบมันสดทดแทนรำและกากถั่วเหลืองบางส่วน โดยโคทุกกลุ่มได้รับอาหารข้นโปรตีน 20% เสริมในอัตรา 1 กก./น้ำนม 2.5 กก. พบว่าโคกินอาหารได้ 3.0% ของน้ำหนักตัว ให้น้ำนมได้ดีและมีส่วนประกอบน้ำนมใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุม แสดงว่าใบมันสำปะหลังทั้งในรูปหมักและแห้งสามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีนและพลังงานเสริมให้กับโครีดนมได้ดีพอสมควร และอาจใช้เป็นทางเลือกหนึ่งในการใช้ประโยชน์จากเศษเหลือในไร่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หักใบมันสำปะหลังสดจากยอดยาวประมาณ 30 – 50 ซม. หั่นเป็นชิ้นขนาด 2.5 – 5 ซม.



การทำใบมันหมักโดยผสมใบมันกับรำละเอียด เก็บไว้ในถังที่มีฝาปิดสนิทเป็นเวลา 1 เดือน



การทำใบมันแห้งโดยการตากแดด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยี

กิจกรรมที่ 1 เสนอผลงานวิจัยในการประชุมสัมมนาและ/หรือตีพิมพ์ในวารสาร

- ❄ เสนอผลงานวิจัยระดับชาติ จำนวน 5 เรื่อง
- ❄ เสนอผลงานวิจัยระดับนานาชาติ (ภาคนิทรรศน์) จำนวน 1 เรื่อง

กิจกรรมที่ 2 การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน

- ❖ แสดงโปสเตอร์ในงานโคนมแห่งชาติ จำนวน 2 เรื่อง
- ❖ ทำเอกสารแผ่นพับเพื่อเผยแพร่ จำนวน 4 รายการ
- ❖ จัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ จำนวน 7 ครั้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยี

กิจกรรมที่ 1 เสนอผลงานวิจัยในการประชุมสัมมนาและ/หรือตีพิมพ์ในวารสาร

❄ **เสนอผลงานวิจัยระดับชาติ** จำนวน 5 เรื่อง

1. ดำรัส ชาตรีวงศ์, สมคิด พรหมมา, บุญเสริม ชีวะอิสระกุล และ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2545. การย่อยได้และพลังงานของฟางข้าวหมักยูเรีย 6% ในโคนมแห้ง. ประชุมวิชาการสัตวศาสตร์ภาคใต้ ครั้งที่ 2 สาขาสัตว์ ม.สงขลานครินทร์, สงขลา. หน้า 135 – 142.
2. วีณาพร จันทะสินธุ์, สมคิด พรหมมา, บุญเสริม ชีวะอิสระกุล และ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2547. การเสริมโซเดียมไบคาร์บอเนตร่วมกับแมกนีเซียมออกไซด์ และหญ้าแห้งในอาหารผสมครบส่วนที่มีหญ้ารูซี่หมักเป็นอาหารหยาบหลักเพื่อแก้ปัญหาแอซิโดสิสในโครีดนม. ประชุมวิชาการ ครั้งที่ 42 สาขาสัตว์ ม.เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. หน้า 262 – 270.
3. บุญล้อม ชีวะอิสระกุล, ภมร ปันมาเรือน, สมคิด พรหมมา และ บุญเสริม ชีวะอิสระกุล. 2547. ผลของการใช้กากถั่วเหลืองทรีตด้วยฟอร์มัลดีไฮด์ต่อการผลิตน้ำนมโค. ประชุมวิชาการ ครั้งที่ 42 สาขาสัตว์ ม.เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. หน้า 271 – 279.
4. บุญล้อม ชีวะอิสระกุล, ดำรัส ชาตรีวงศ์, สมคิด พรหมมา และ บุญเสริม ชีวะอิสระกุล. 2547. การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและคุณค่าทางอาหารของอาหารผสมครบส่วนความชื้นสูงที่ประกอบด้วยฟางข้าวและฟางหมักยูเรีย. ประชุมวิชาการสัตวศาสตร์ภาคใต้ ครั้งที่ 3 ม.สงขลานครินทร์, สงขลา. หน้า 49 – 59.
5. ดำรัส ชาตรีวงศ์ บุญเสริม ชีวะอิสระกุล บุญล้อม ชีวะอิสระกุล สมคิด พรหมมา. 2547. การให้ผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีในน้ำนมของโคลูกผสม 75% โฮลสไตน์ฟรีเซี่ยนที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมครบส่วน. ประชุมวิชาการปศุสัตว์ ครั้งที่ 19 กรมปศุสัตว์, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 111 – 112.

❄ **เสนอผลงานวิจัยระดับนานาชาติ** (ภาคนิทรรศน์) *จำนวน 1 เรื่อง*

Cheva-Isarakul, Boonlom, T. Buranapawang, S. Promma and B. Cheva-Isarakul. 2004. Proper cutting age of ruzi grass (*Brachiaria ruziziensis*) for highest energy (ME and NEL) per acre during 120 days of wet period. เนื้อเรื่องตีพิมพ์ใน Proc. 11th AAAP Congress 2004. Vol.11 : 248 – 251.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การย่อยได้ และพลังงานของฟางข้าวหมักยูเรีย 6% ในโคนมแห้ง

In vivo digestibility and energy value of 6% urea-treated rice straw in dry cows.

ดำรัส ชาตรีวงศ์[1] สมคิด พรหมมา[2] บุญเสริม ชีวะอิสระกุล[3] และ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล[3]

Damras Chatreewong[1], Somkid Promm[2] Boonserm Cheva-Isaraku[3] and Boonloom Cheva-Isarakul[3]

[1]ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์ลำพญากลาง ต. หนองรี อ. ลำสนธิ จ. ลพบุรี 15190

[2]ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ ต. ยี่หว่า อ. สันป่าตอง จ. เชียงใหม่ 50120

[3]ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

[1]Lamphayaklang Livestock Research and Breeding Center, Nong-ree, Lamsonthi, Lopburee 15190

[2]Chiang Mai Livestock Research and Breeding Center, Sanpatong, Chiang Mai 50120

[3]Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University 50200

บทคัดย่อ

ให้แม่โคนมแห้งไม่อุ้มท้องจำนวน 4 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 468.34 ± 29.24 กก. ได้รับฟางหมักยูเรีย 6 % เป็นเวลา 28 วัน โดยให้กินเต็มที่ในช่วง 14 วัน แรก หลังจากนั้นลดลงเหลือ 90% ตั้งแต่วันที่ 15-28 และทำการบันทึกปริมาณที่กินได้ตั้งแต่วันที่ 22-28 พร้อมกับเก็บตัวอย่างอาหาร มูล และปัสสาวะ พบว่าฟางหมักยูเรียมี DM 57.38, OM 84.60%, CP 12.24% และ GE 3.5 Mcal/kgDM โคสามารถกินฟางหมักคิดเป็นวัตถุแห้งได้ 5.04 ± 1.23 กก.ต่อวัน หรือ 1.07 ± 0.23% ของน้ำหนักตัว ค่าการย่อยได้ของ DM, OM, EE เท่ากับ 58.63 ± 3.78, 66.08 ± 3.22, 60.69 ± 6.92 ส่วนของ CP และ NDF เท่ากับ 54.82 ± 4.14 และ 77.96 ± 1.94% ตามลำดับ มีค่า TDN 63.41 ± 1.66% DE, ME และ NEL เท่ากับ 2.41 ± 0.38, 1.98 ± 0.39 และ 1.22 ± 0.22 Mcal/kgDM ตามลำดับ โดยมีสมดุลไนโตรเจนเป็นบวก 9.12 ± 2.02 กรัมต่อวัน เมื่อนำค่าการย่อยได้และพลังงานไปหาค่าเฉลี่ยกับวิธี *in vitro* gas production technique พบว่าฟางหมักยูเรีย 6% มีค่า DE, ME และ NEL เท่ากับ 2.41 ± 0.38, 1.94 ± 0.04 และ 1.16 ± 0.06 Mcal/kgDM ตามลำดับ

Abstract

Four non-pregnant dry cows, average weight of 468.34 ± 34 kg, were fed with 6% urea-treated rice straw for 28 days. During the first 14 days, feed was given *ad lib* and voluntary feed intake was recorded. Only 90% of voluntary intake were offered from the day 15 to 28. The intake and excreta were recorded from the day 22 to 28 during which feed, feces and urine were sampled and analyzed.

The 6% urea-treated rice straw had 57.38% DM, 84.60% OM and 12.24% CP while gross energy (GE) was 3.5 Mcal/kgDM. Voluntary dry matter intake per cow was 5.04 ± 1.23 kg/day or 1.07 ± 0.23% BW. Digestibility of DM, OM, EE were found to be 58.63 ± 3.78, 66.08 ± 3.22, 60.69 ± 6.92 while that of CP and NDF were 54.82 ± 4.14 and 77.96 ± 1.94% respectively. The energy value in the form of TDN was 63.14 ± 1.66% while that of DE, ME and NEL was 2.41 ± 0.30, 1.98 ± 0.39 and 1.22 ± 0.22 Mcal/kgDM

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเสริมโซเดียมไบคาร์บอเนตร่วมกับแมกนีเซียมออกไซด์และหญ้าแห้งในอาหารผสมครบส่วนที่มีหญ้ารูซี่หมักเป็นอาหารหยาบหลักเพื่อแก้ปัญหาแอซิโดสิสในโครีดนม

The supplement of $NaHCO_3$ plus MgO and hay to total mixed ration containing ruzi grass silage as a main roughage for preventing acidosis in milking cows.

วีณาพร จันทะสินธุ์[1] สมคิด พรหมมา[2] บุญเสริม ชีวะอิสระกุล[1] และ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล[1]

Weenapom Juntasin[1], Somkid Promma[2], Boonserm Cheva-Isarakul[1], and Boonlom Cheva-Israkul[1]

บทคัดย่อ

ใช้โครีดนมลูกผสม HF 87.5% จำนวน 6 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 500 กิโลกรัม ให้นมประมาณ 20 กิโลกรัม/วัน อยู่ในช่วงต้นถึงช่วงกลางของการให้นม โคได้รับอาหารผสมครบส่วนที่มีหญ้ารูซี่หมักเป็นอาหารหยาบหลัก 4 สูตร สูตรละ 6 ซ้ำ ทำการทดลอง 4 ระยะๆละ 17 วัน ใช้แผนการทดลองแบบ Modified balanced design โดยสูตรที่ 1 เสริมบัฟเฟอร์ ($NaHCO_3$ และ MgO) สูตรที่ 2 เสริมบัฟเฟอร์ และหญ้ารูซี่แห้ง 3 กก./วัน (แทนที่ส่วนหนึ่งของหญ้าหมัก) สูตรที่ 3 ใช้รูซี่แห้งโดยไม่มีรูซี่หมักและ บัฟเฟอร์ สูตรที่ 4 ไม่เสริมบัฟเฟอร์ และหญ้าแห้ง ซึ่งสูตรนี้ใช้เลี้ยงโคทุกตัวหลังจากเสร็จสิ้นระยะที่ 3 เพื่อเลี่ยงผลภระทบที่อาจมีต่อสูตรอื่น $NaHCO_3$ และ MgO ใช้ในอัตรา 1.5% และ 0.8% ของอาหารข้น ตามลำดับ สัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้น (คิดเป็นวัตถุแห้ง) เท่ากันทุกสูตรคือ 30:70 ปรากฏว่าอาหาร 3 สูตรแรก โคกินได้คิดเป็นวัตถุแห้งและให้ผลผลิตน้ำนมใกล้เคียงกัน (4%FCM เท่ากับ 19.86, 20.04 และ 19.86 กก./วัน) โคทุกตัวไม่แสดงอาการแอซิโดสิสให้เห็นเด่นชัด แต่พวกที่ได้รับอาหารสูตร1 และ 2 มีอาการเจ็บกีบบางตัว ต้นทุนค่าอาหารต่อกิโลกรัมน้ำนมของสูตร 3 มีค่าต่ำที่สุด ในขณะที่สูตร 4 ทำให้ทั้งปริมาณการกินได้และปริมาณน้ำนมต่อวัน (15.76 กก.4%FCM) ต่ำกว่า 3 สูตรแรก อีกทั้งโคยังแสดงอาการเจ็บกีบรุนแรงขึ้นด้วย จึงสรุปได้ว่า การเสริม $NaHCO_3$ ร่วมกับ MgO และหญ้าแห้งช่วยให้โคที่ได้รับอาหารข้นสูงกินอาหารได้มากขึ้น ให้ผลผลิตนมเพิ่มขึ้น ลดต้นทุนค่าอาหารลง นอกจากนี้ยังพบว่าการให้หญ้าแห้งคุณภาพดีเป็นอาหารหยาบหลักสามารถช่วยแก้ปัญหาแอซิโดสิสได้โดยไม่จำเป็นต้องเสริมบัฟเฟอร์

ABSTRACT

Total mixed ration (TMR), composed of ruzi silage as a main roughage, was fed to 6 crossbred Holstein Friesian (HF) cows (87.5% HF blood), average body weight 500 kg, milk production 20 kg in early to mid lactation. The animals were allotted according to the modified balanced design into 4 rations, each with 6 cows. The experiment was done in 4 periods, each lasted 17 days. Ration 1 was supplemented with buffers ($NaHCO_3$ and MgO). Ration 2 supplemented with buffers and 3 kg hay (substituted a part of silage). Ration 3 ruzi hay was the single roughage without buffers. Ration 4, ruzi silage was the single roughage without hay and buffers. This ration was fed to

ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200 โทร.และโทรสาร (053) 944069-73 ต่อ 134

Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University 50200, Tel. (053) 944069-73

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลของการใช้กากถั่วเหลืองทรีตด้วยฟอร์มัลดีไฮด์ต่อการผลิตน้ำนมโค

Effects of formaldehyde treated soybean meal on milk production of cows

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล[1] ภมร ปันมาเรือน[1] สมคิด พรหมมา[2] และ บุญเสริม ชีวะอิสระกุล[1]

Boonlom Cheva-Isarakul[1], Pamom Panmaruan[1], Somkid Promma[2], and Boonserm Cheva-Isarakul[1]

บทคัดย่อ

ศึกษาผลการใช้กากถั่วเหลืองทรีตด้วยฟอร์มัลดีไฮด์ 0.3% (FSBM) เป็นอาหารโคนม โดยใช้กากถั่วเหลืองดังกล่าวในอัตรา 7% ของสูตรอาหารข้น เปรียบเทียบกับกากถั่วเหลืองปกติ (กลุ่มควบคุม) และปลาป่น 7% โดยสูตรอาหารทดลองทั้ง 2 กลุ่มมีโปรตีนไหลผ่านสูงกว่ากลุ่มควบคุม (38 vs 34% ของอาหารข้น) ทำการเลี้ยงโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน ระดับสายเลือด 87.5% ซึ่งให้นมเฉลี่ยวันละ 22±5 กิโลกรัม จำนวน 6 ตัว โดยมีหญ้ารูซี่สดเป็นอาหารหยาบ วางแผนการทดลองแบบ Balance design and covariance ใช้ระยะเวลาทดลอง 51 วัน แบ่งเป็น 3 คาบ คาบละ 17 วัน ทำการปรับสูตรอาหารให้โคแต่ละตัวในแต่ละคาบตามผลผลิตน้ำนม พบว่าปริมาณน้ำนมและนมที่ปรับให้มีไขมัน 4% ของโคทั้ง 3 กลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าโคกลุ่ม FSBM และกลุ่มปลาป่นให้ผลผลิตน้ำนมสูงกว่าและมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารดีกว่ากลุ่มควบคุม ส่วนองค์ประกอบของน้ำนมไม่มีความแตกต่างกัน ยกเว้นความเข้มข้นของโปรตีนในนมของกลุ่ม FSBM มีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่น อย่างไรก็ดีเมื่อพิจารณาถึงรายได้ต่อวันและต่อน้ำนม 1 กก. ที่หักค่าอาหารออกแล้ว พบว่ากลุ่ม FSBM สามารถให้ผลตอบแทนได้ดีที่สุด

ABSTRACT

The use of 0.3% formaldehyde treated soybean meal (FSBM) in dairy cow diet, three concentrated diets were formulated using either untreated SBM or 7% FSBM or 7% fish meal (FM). The last two diets have more bypass protein than the control (38 vs 34%). The rations, having fresh ruzi grass as a roughage, were fed to 6 dairy Holstein Friesian crossbred cows during 3 periods of each 17 days according to balance design and covariant method. The diet of each cow in each experimental period was adjusted according to its milk yield. Although there were no significant difference on milk production and 4% FCM among the 3 groups, the group fed with FSBM and FM tended to give higher milk yield than the control. Milk urea nitrogen of both groups tended to be lower than the control. There was no significant difference among groups on milk composition except the concentration of protein of the group fed with FSBM was lower than the other two groups. However when income over feed cost was taken into consideration, it was found that FSBM gave the highest profit per day and per kg milk.

[1] รองศาสตราจารย์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200 โทร. & โทรสาร (053) 944069-73 ต่อ 134
Department of Animal Science, Faculty of agriculture, Chiang Mai University 50200 Tel. & Fax (053) 944069-73 ext. 134

[2] นยิวิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ อ.สันป่าตอง จ.เชียงใหม่ โทร. & โทรสาร (053) 825176
Chiang Mai Livestock Research and Breeding Center, Sanpatong, Chiang Mai 50120 Tel. & Fax (053) 825176

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

49

การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและคุณค่าทางอาหารของอาหารผสมครบส่วนความชื้นสูง ที่ประกอบด้วยฟางข้าวและฟางหมักยูเรีย

Variation of chemical content and nutritive value of total mixed ration composed of rice straw and urea-treated rice straw

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล[1] ดำรัส ชาตรีวงศ์[1] สมคิด พรหมมา[2] และ บุญเสริม ชีวะอิสระกุล[1]
Boonlom Cheva-Isarakul[1] Damrus Chatreewong[2] Boonserm Cheva-Isarakul[1] and Somkid Promma[3]

บทคัดย่อ

ได้เตรียมอาหารผสมครบส่วน (TMR) ที่มีความชื้นสูง จำนวน 3 สูตร โดยใช้อาหารหยาบต่างกันคือ สูตรที่ 1 ใช้ฟางข้าวธรรมดาเสริมด้วยยูเรีย 2% ของน้ำหนักฟางแห้ง และน้ำ 1.75 เท่า สูตรที่ 2 และ 3 ใช้ฟางหมักยูเรีย 4% และ 6% ตามลำดับ ทุกสูตรมีอาหารข้นสูตรเดียวกันในปริมาณเท่ากัน บรรจุ TMR ทุกสูตรในถุงพลาสติก 2 ชั้น ความจุถุงละ 20 กก. ดูดอากาศออก เก็บไว้เป็นเวลา 1, 2 และ 3 สัปดาห์ ทำการวัดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี รวมทั้งการย่อยได้และค่าพลังงานที่อายุการเก็บต่าง ๆ พบว่ามีการหมักเกิดขึ้นเล็กน้อย ดังจะเห็นได้จากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วง 3 วันแรก ค่า pH ของสูตรอาหารลดลงตามระยะเวลาที่เก็บ โดยเปลี่ยนจาก 7.97, 8.24 และ 8.53 ของอาหารสูตร 1, 2 และ 3 หลังผสมเสร็จใหม่ เป็น 4.93, 5.41 และ 5.51 ตามลำดับในปลายสัปดาห์ที่ 3 เมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณกรดอินทรีย์โดยวิธีกลั่น พบว่า สัปดาห์ที่ 2 และ 3 เกิดกรดสูงกว่าสัปดาห์แรก โดยอาหารสูตร 1 มีกรดอะซิติกและกรดบิวทีริกมากกว่าสูตร 2 และ 3 ในขณะที่ 2 สูตรหลังนี้มีกรดแลคติกมากกว่าสูตรแรก อย่างไรก็ดีองค์ประกอบทางเคมี (CP, NDF และ ADF) ของอาหารทั้ง 3 สูตรมีค่าใกล้เคียงกันและมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษา สำหรับการสูญเสียวัตถุแห้งพบว่า สูตรที่ 1 มีการสูญเสียใน 2 สัปดาห์หลังมากกว่าสัปดาห์แรก (4.64 และ 4.67 vs 1.95%, $P < 0.01$) ในขณะที่สูตร 2 และ 3 สูญเสียน้อยมาก (0.06%) ตลอดอายุการเก็บ ซึ่งสอดคล้องกับค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (IVOMD) และพลังงาน (ME and NEL) ที่คำนวณจากวิธีวัดปริมาณแก๊สในหลอดทดลอง พบว่าสูตรแรกมีค่าต่ำกว่าสูตร 2 และ 3 ตามลำดับ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเก็บไว้เป็นเวลานานขึ้น ค่า IVOMD เฉลี่ยตั้งแต่ผสมเสร็จใหม่จนเก็บไว้ครบ 3 สัปดาห์ของอาหารทั้ง 3 สูตร เท่ากับ 50.81, 62.43 และ 66.66% ค่า ME = 1.89, 2.26 และ 2.44 และค่า NEL = 1.06, 1.34 และ 1.47 Mcal/kg DM ซึ่งทุกค่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง อาหารที่ผสมเสร็จใหม่ๆ มีลักษณะทางกายภาพดีกว่าอาหารที่เก็บไว้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสูตร 1 ผลการทดลองทั้งหมดนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้ฟางหมัก ยูเรีย 6% ในสูตรอาหารผสมครบส่วนที่มีความชื้นสูง มีคุณค่าทางอาหารดีกว่าและสามารถเก็บไว้ได้นานกว่าการใช้ฟางหมักยูเรีย 4% และฟางธรรมดาผสมยูเรีย

คำสำคัญ ฟางข้าว, ฟางหมักยูเรีย, การเปลี่ยนแปลงทางเคมี, อาหารผสมครบส่วน, การย่อยได้และค่าพลังงาน

---

[1]ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200; [2]ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์ยะลา ตู้ ปณ.35 ปทจ.ยะลา อ.เมือง จ.ยะลา 95000; [3]ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ ต.ยุหว่า อ.สันป่าตอง จ. เชียงใหม่ 50120

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประชุมวิชาการสัตว์ ครั้งที่ 19 (26-30 พ.ค. 47) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ หน้า 111-117

การให้ผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีในน้ำนมของโคลูกผสม 75 % โฮลสไตน์ฟรีเซี่ยนที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมครบส่วน*

ดำรัส ชาตรีวงศ์ [1] บุญเสริม ชีวะอิสระกุล [2] บุญล้อม ชีวะอิสระกุล [2] สมคิด พรหมมา [3]

บทคัดย่อ

การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณผลผลิต องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม และต้นทุนการผลิตนมของโคลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียนที่ได้รับอาหารผสมครบส่วน (TMR) ซึ่งมีอาหารหยาบต่างกัน โดยใช้โคลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียน 75% ที่อยู่ในระยะให้นม จำนวน 6 ตัว ให้โคได้รับอาหารผสมครบส่วน 3 สูตร ที่ประกอบด้วยอาหารหยาบ ดังนี้คือ สูตรที่ 1 ฟางหมักยูเรีย สูตรที่ 2 ฟางหมักยูเรียผสมกับหญ้ารูซี่หมักในอัตรา 1:1 โดยน้ำหนักของวัตถุแห้ง และสูตรที่ 3 หญ้ารูซี่หมัก โดยทั้ง 3 สูตรมีอาหารข้นชนิดเดียวกัน ในสัดส่วนที่เท่ากัน คือ 55:45 (วัตถุแห้งของอาหารข้น : อาหารหยาบ) ผสมคลุกเคล้ากับอาหารหยาบดังกล่าว ทำการทดลอง 3 ระยะๆ ละ 20 วัน โดยจัดให้โคทั้ง 6 ตัวได้รับอาหารทดลองสลับกันจนครบทุกสูตร ตามแผนการทดลองแบบ Change-over design ผลปรากฏว่าอาหารผสมครบส่วนทั้ง 3 สูตรมีองค์ประกอบทางเคมีและโภชนะใกล้เคียงกัน แต่สูตรที่ 1 มีโปรตีนรวม 17.32% สูงกว่าสูตรที่ 2 และ 3 (12.60 และ10.49% ตามลำดับ) สูตรที่ 3 มี TDN และความเป็นกรดสูงที่สุด โคกินอาหารสูตรที่ 1 และ 2 คิดเป็นวัตถุแห้งได้ 2.85 และ 2.92% ของน้ำหนักตัว สูงกว่าสูตรที่ 3 ที่กินได้ 2.38% (P< 0.05) แต่ให้ผลผลิตนมไม่แตกต่างกัน (P> 0.05) อาหารสูตรที่ 1 ทำให้โคให้นมที่มีเปอร์เซ็นต์ไขมัน สูงกว่าสูตรที่ 2 และ 3 (3.82% เทียบกับ 3.15 และ 3.25%, P< 0.05) อีกทั้งยังมีเปอร์เซ็นต์โปรตีน 3.52% สูงกว่าสูตรที่ 2 ด้วย 3.52 เทียบกับ 3.24%, P< 0.05) ส่วนกำไรจากการขายน้ำนมพบว่าสูตรที่ 3 มีกำไรเมื่อหักค่าอาหารแล้วสูงที่สุด (6.96, 6.38 และ5.80 บาทต่อกิโลกรัมน้ำนมที่ปรับให้มีไขมัน 4% สำหรับอาหารสูตรที่ 3, 1 และ 2 ตามลำดับ)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คำสำคัญ : การให้ผลผลิตนม องค์ประกอบน้ำนม อาหารผสมครบส่วน โคนมลูกผสม 75% โฮลสไตน์ฟรีเซียน

---

* วารสารวิชาการเกษตร ปีที่ 20 ฉบับที่ 3 (ก.ค. - ก.ย. 2547) หน้า 206 - 215

[1] ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์ยะลา ตู้ปณ 35 ปทจ. ยะลา อ.เมือง จ. ยะลา 95000

[2] ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200. โทร. 053 944 069-73 ต่อ 134 โทรสาร. 053 944 666

[3] ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ ต. ยุหว่า อ. สันป่าตอง จ. เชียงใหม่ 50120 โทร. 053 825 176

มหกรรมเนื้อ นม ไข่

Proper cutting age of ruzi grass (*Brachiaria ruziziensis*) for highest energy (ME and NEL) per acre during 120 days of wet period

Boonlom Cheva-Isarakul[1], *Thanamon Buranapawang*[1], *Somkid Promma*[2] *and Boonserm Cheva-Isarakul*[1]

[1]*Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, 50200, Thailand. E-mail: agibchvs@chiangmai.ac.th,* [2]*Deptment of Livestock Development, Ministry of Agriculture, Thailand.*

Summary

One acre of Ruzi pasture under rainfed condition was divided into 3 blocks, each with 3 subplots of 3 cutting ages at 30, 45 and 60 days. Yield was measured and samples were taken for chemical analysis. Organic matter digestibility and energy value of the grass were evaluated by *in vitro* gas production technique. Available nutrients as well as ME and NEL per acre per 120 days were calculated. It was found that the concentration of DM, NDF, ADF and ADL increased with age while that of CP, EE and ash decreased significantly. The fastest growth rate of ruzi grass was during 30 to 45 days of age. Nutrient concentration of the grass cut at 30, 45 and 60 days of age were :- CP 12.1, 9.3 and 6.4%; NDF 58.3, 67.4 and 71.3%; ADF 28.9, 33.3 and 37.4%; OMD = 61.5, 55.7 and 54.3%, ME = 2.26, 2.05 and 2.00, NEL = 1.35, 1.20 and 1.17 Mcal/kg DM, respectively. Available nutrients per acre per 120 days of wet season were highest when grass was cut every 45 days with the exception of CP which was highest at the 30 days cut.

Introduction

Ruzi, a palatable leafy creeping perennial grass originated from Africa, is widely grown in Thailand and many Southeast Asian and Pacific countries due to its fairly drought resistance, moderate shade tolerance and good feeding value. ('t Mannetje and Jones, 1992). Although the production and chemical composition of the grass at different cutting ages under various conditions are widely reported, the energy value of this grass under our condition which is necessary for feed formulation is still limit. In addition the proper cutting age for highest available nutrient per unit area during three months of wet season in Thailand is required for pasture management and livestock production system. Therefore this work aimed to study on this aspect.

Materials and Methods

One acre of two years old ruzi pasture under rainfed condition were cut off at the full growth after the onset of rainy season. Then it was divided into 3 blocks, each with 3 subplots for 3 cutting periods i.e. 30, 45 and 60 days. The size of each subplot was 20 x 20 m with 0.5 m wide walking path around. Chemical fertilizer (15-15-15) was applied at 125 kg/acre and 50 kg of urea/acre was supplemented after each cut. At each cutting age the grass from 5 spots (1 m^2 each) of each subplot was cut at 10 cm high above the ground and production yield was measured. The samples from these 5 spots were pooled and 1 kg were subsampled for chemical determination. Organic matter digestibility (OMD) and energy value were evaluated using *in vitro* gas production technique (Menke and Steingass, 1988). Available nutrients per unit area of each cut and of the whole 3 month period were calculated. The data were subjected to Analysis of variance according to Randomized Complete Block Design and being tested for Least Significant Difference using SPSS 10.0 program.

Results and Discussion

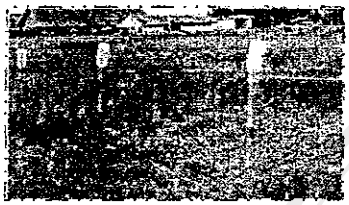
Production yield and growth rate

Fresh weight and dry matter (DM) yield of ruzi grass at different cutting periods are shown in *Table 1*. It may be noticed from standard deviation that even though at the same cutting age the yield and composition at each cut varied. It may be influenced by weather condition and other factors.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Proper cutting age of ruzi grass (*Brachiaria ruziziensis*) for highest energy (ME and NEL) per acre during 120 days of wet period

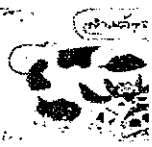
Boonlom Cheva-Isarakul[1], Thanamon Buranapawang[1], Somkid Promma[2] and Boonserm Cheva-Isarakul[1]



Ruzi grass *(Brachiaria ruziziensis)*

- Palatable leafy creeping perennial grass
- Originated from Africa, widely grown in Thailand & many Southeast Asian - Pacific countries
- Fairly drought resistance, moderate shade tolerance & good feeding value.

OBJECTIVES: To investigate a proper cutting age for highest available nutrient per unit area during 3 months of wet season



Materials & methods

Block 1	T2R3	T3R3	T1R3
Block 2	T1R2	T2R2	T3R2
Block 3	T3R1	T2R1	T1R1

T1 = cut at 30 days
T2 = cut at 45 days
T3 = cut at 60 days
R1, R2, R3 : Rep. 1, 2, 3

At each of cutting age → Random with quadrate (1 x 1 m.) and cut at 10 cm. high above the ground and production yield was measure

Sampling

- Dry matter, Proximate analys
- Estimate energy and digestibi by gas production technique

Table 1 Average yield per cut and total yield in 120 days

Cutting age (days)	Yield (Kg/acre/cut)				Yield (kg/acre/120 days)			
	Fresh weight ± SD		DM weight ± SD		Fresh weight ± SD		DM weight ± SD	
30	3,123.81	±40.41	656.74	±9.42	13,295.23	±161.65	2,630.37	±32.38
45	5,687.46	±51.29	1,194.70	±30.52	15,435.72	±92.26	3,264.18	±58.38
60	6,933.33	±370.05	1,589.35	±93.45	13,866.67	±740.09	3,180.78	±191.27

Means in the same column with different superscripts differ significantly ($P < .05$)

Table 2 Composition & yield / acre & cut and per 120 day

Cutting age (days)	DM	OM	CP	EE	Ash	NDF	AD
Chemical composition (%DM)							
30	19.79	92.17	12.08	3.90	7.83	58.32	28.9
45	21.15	92.95	9.26	3.80	7.05	67.37	33.2
60	22.93	93.26	6.43	2.56	6.75	71.32	37.3
Nutrients (kg/acre/cut)							
30	656.74	605.33	79.31	25.58	51.41	383.02	190.0
45	1,194.70	1,110.46	110.65	45.39	84.24	804.77	397.3
60	1,589.35	1,481.95	101.89	40.58	107.41	1,134.39	594.7
Nutrients (kg/acre/120 days)							
30	2,630.37	2,424.47	317.66	102.44	205.91	1,533.64	761.1
45	3,264.18	3,034.02	302.29	123.93	230.15	2,198.85	1,085.2
60	3,180.78	2,965.91	203.90	81.21	214.97	2,270.29	1,190.1

Gas production at 24 h averaged from all cuts and all replicates; Organic matter digestibility

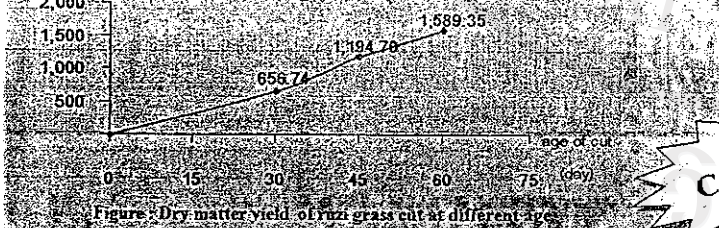


Figure 1 Dry matter yield of ruzi grass cut at different ages

Table 3 Average adjusted net gas volume at 24 hours (GP) and available nutrient of ruzi grass

Cutting age (days)	GP (ml/g DM)	OMD (%)	ME (Mcal/kg DM)	NEL (Mcal/kg DM)	Nutrient/acre/cut DOM (kg)	ME (Mcal)	NEL (Mcal)	Nutrient/acre/120 days DOM (kg)	ME (Mcal)	NEL (Mcal)
30	52.78	61.46	2.26	1.35	403.70	1,481.04	886.89	1,610.91	5,931.87	3,552.13
45	48.46	55.60	2.05	1.20	662.98	2,434.55	1,437.67	1,817.64	6,680.73	3,927.67
60	45.69	54.33	2.00	1.17	864.00	3,176.35	1,858.68	5,177.91	19,037.01	11,139.44

Means in the same column with different superscripts differ significantly ($P < .05$)
Gas production at 24 h averaged from all cuts and all replicates; Organic matter digestibility

Conclusion

It is concluded that the proper cutting age of ruzi grass for highest available nutrients and energy should be at 45 days.

Cutting at every 30 days gave good quality grass with 12 %CP, 61.46 %OMD, 2.26 Mcal ME and 1.35 Mcal NEL/kg DM which is suitable particularly for calves and high producing cows.

Acknowledgement : Thanks Thailand Research Fund (TRF) for research grant

กิจกรรมที่ 2 การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน

❖ **แสดงโปสเตอร์ในงานโคนมแห่งชาติ** ณ องค์การส่งเสริมกิจการโคนม (อสค.) อ.มวกเหล็ก จ.สระบุรี วันที่ 15 – 21 มกราคม 2547 จำนวน 2 เรื่อง คือ

1. การเกิดแอซิโดสิส (กระเพาะหมักเป็นกรด) ในโคนมสูงและแนวทางแก้ไข
   (วีณาพร จันทะสินธุ์, สันติ แพ่งเม้า, ดร.สมคิด พรหมมา, รศ.ดร.บุญเสริม ชีวะอิสระกุล และ รศ.ดร.บุญล้อม ชีวะอิสระกุล)
2. การผลิตโปรตีนไหลผ่านและผลที่มีต่อโคนม
   (ภมร ปันมาเรือน, ดร.สมคิด พรหมมา และ รศ.ดร.บุญล้อม ชีวะอิสระกุล)

ในการนี้นางสาววีณาพร จันทะสินธุ์ และ นายสันติ แพ่งเม้า นักศึกษาปริญญาโทของโครงการได้มีโอกาสทูลถวายรายงานแด่สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา สยามบรมราชกุมารีด้วย

❖ **ทำเอกสารแผ่นพับเพื่อเผยแพร่** จำนวน 4 รายการ

1. การทำอาหารหยาบผสมคุณภาพดีสำหรับโคที่ให้นมสูง
   (ดร.สมคิด พรหมมา, ดุจดาว คนยัง, รศ.ดร.บุญล้อม ชีวะอิสระกุล และ รศ.ดร.บุญเสริม ชีวะอิสระกุล)
2. มาทำอาหารหยาบผสมคุณภาพปานกลางสำหรับโครีดนมกันเถอะ
   (รศ.ดร.บุญล้อม ชีวะอิสระกุล, มณีรัตน์ รักษาชนม์, ดร.สมคิด พรหมมา และ รศ.ดร.บุญเสริม ชีวะอิสระกุล)
3. การปรับปรุงคุณค่าทางอาหารของหญ้าสดเพื่อเลี้ยงโคที่ให้นมปานกลางถึงให้นมสูง
   (ดร.สมคิด พรหมมา, ธนมณ บูรณภาวังค์, รศ.ดร.บุญเสริม ชีวะอิสระกุล และ รศ.ดร.บุญล้อม ชีวะอิสระกุล)
4. ทำใบมันสำปะหลังหมักและใบมันสำปะหลังแห้งเลี้ยงโคนม
   (รศ.ดร.บุญเสริม ชีวะอิสระกุล, จิรวรรณ คำด้วง, ดร.สมคิด พรหมมา, ประสาน จึงอยู่สุข และ รศ.ดร.บุญล้อม ชีวะอิสระกุล)

❖ **จัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ** เรื่อง การให้อาหารโครีดนมและการผลิตอาหารโคนมคุณภาพดี ให้แก่เกษตรกร 7 ครั้ง ดังนี้คือ

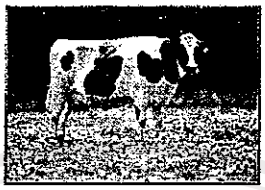
ครั้งที่	วันที่	สถานที่	จำนวนเกษตรกร (คน)
1	27 ธ.ค.46	บ้านข้าวตอกใหม่ ต.หนองแหย่ง อ.สันทราย จ.เชียงใหม่	45
2	28 ธ.ค.46	บ้านห้วยทราย ต.ห้วยทราย อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่	12
3	29 ธ.ค.46	บ้านเจดีย์แม่ครัว ต.แม่แฝกใหม่ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่	17
4	22 มิ.ย.47	สหกรณ์โคนมบ้านป่าตึง-ห้วยหม้อ จ.เชียงใหม่	45
5	28 มิ.ย.47	สหกรณ์โคนมลำพูน ศูนย์อำเภอบ้านโฮ่ง จ.ลำพูน	40
6	24 ก.ค.47	สหกรณ์โคนมแม่วาง อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่	35
7	19 เม.ย.48	สหกรณ์โคนมไชยปราการ อ.ไชยปราการ จ.เชียงใหม่	30

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเกิดแอซิโดสิส (กระเพาะหมักเป็นกรด) ในโคนมสูงและแนวทางแก้ไข

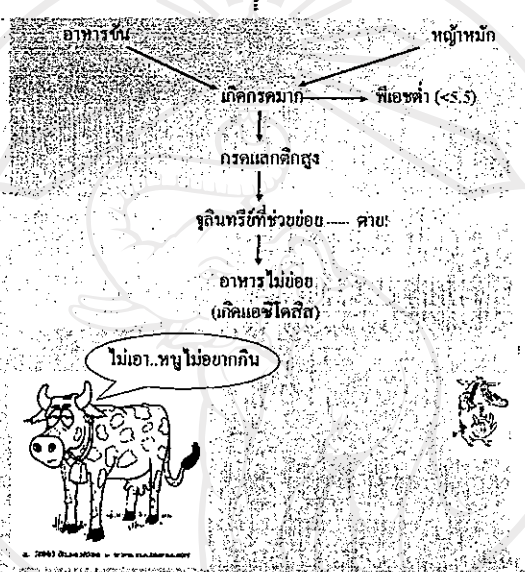
วิลาสา ชัยมะสิทธิ์[1] สันติ แพ่งเม้า[1] สมคิด พรหมมา[2] บุญเสริม ชีวะอิสระกุล[1] และ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล[1]

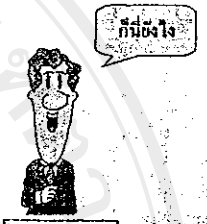
[1/] ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
[2/] ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่

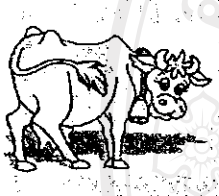


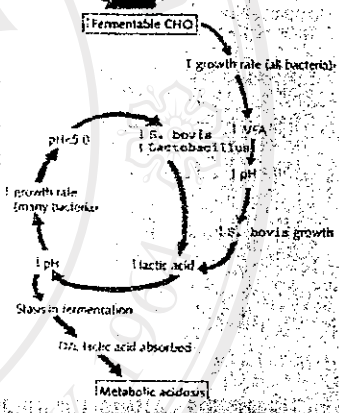
มักโคที่ให้นมสูงในระยะ 2 เดือนหลังคลอด โดยเฉพาะที่ได้รับหญ้าหมักเป็นอาหารหยาบหลักมักเกิดปัญหา แอซิโดสิส (acidosis)

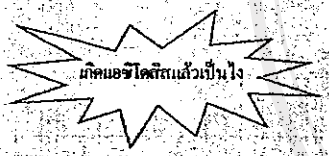
อาหารข้นสูง (เพราะโคต้องการโภชนะมาก) + หญ้าหมัก (ที่นิยมใช้เลี้ยงโค) → **กระเพาะหมักมีความเป็นกรดสูง**







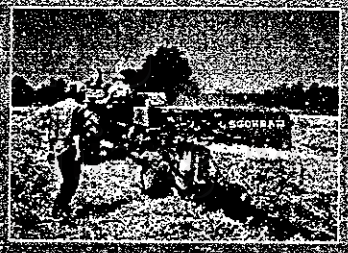


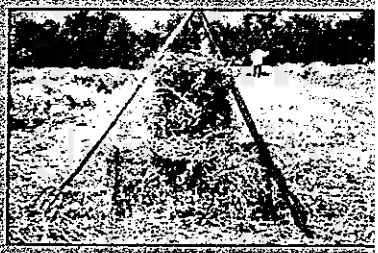


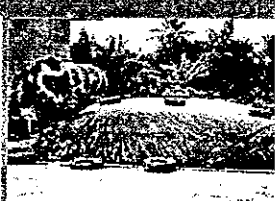
กินอาหารลดลง

กีบอักเสบ
ไขมันนมต่ำ
นมลด
น้ำหนักลด

ขาดพลังงาน
⇓
* คะแนนสภาพร่างกายต่ำ
* คีโตสิส (ketosis)



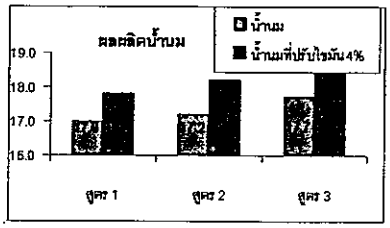


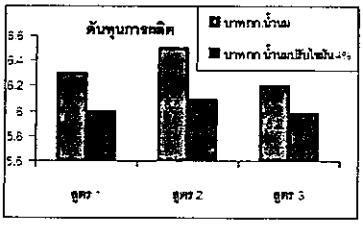


สูตรอาหารที่ใช้ (กิโลกรัม/วัน) ในการทดลองที่ 1

	สูตร1	สูตร2	สูตร3
หญ้าสดที่หมัก	19.0	19.0	11.0
หญ้าสดที่แห้ง	1.0	1.0	3.0
อาหารข้น	13.0	13.0	13.0
โซเดียมไบคาร์บอฯ	0.0	0.2	0.2
รวม	33.0	33.2	27.2

ผสมอาหารทั้งหมดให้เข้ากันเป็นอาหารผสมครบส่วน (ที เอ็ม อาร์)





รทดลองที่ 2 เสริมแมกนีเซียมออกไซด์ หรือใช้หญ้าแห้งเป็นอาหารหยาบหลัก

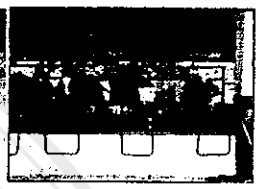
แบ่งโคออกเป็น 4 กลุ่ม ทุกกลุ่มให้อาหาร ที เอ็ม อาร์ ที่มีอาหารข้นสูง (สัดส่วนอาหารข้น : อาหารหยาบ = 70 : 30) เพื่อดูผลแอซิโดสิส

ุ่ม ก ใช้หญ้าหมักเป็นอาหารหยาบหลัก + อาหารข้น เสริมบัฟเฟอร์

ุ่ม ข ใช้หญ้าหมักเป็นอาหารหยาบหลัก + หญ้าแห้ง 3 กิโลกรัม –อาหารข้น เสริมบัฟเฟอร์

ุ่ม ค ใช้หญ้าแห้งเป็นอาหารหยาบหลัก + อาหารข้น ไม่เสริมบัฟเฟอร์

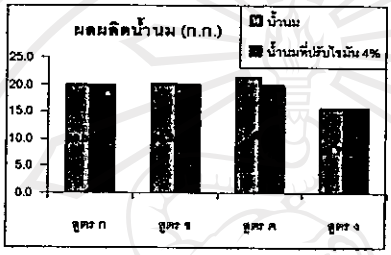
ุ่ม ง ใช้หญ้าหมักเป็นอาหารหยาบหลัก + อาหารข้น ไม่เสริมบัฟเฟอร์

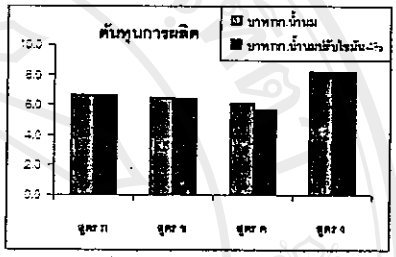


ายเหตุ : บัฟเฟอร์ที่ใช้คือ 0.8% แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) + 1.5% โซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$)

ตรอาหารที่ใช้ (กิโลกรัม / วัน) ในการทดลองที่ 2

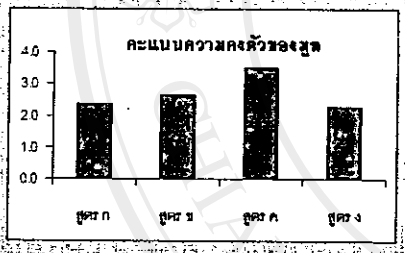
	สูตร ก	สูตร ข	สูตร ค	สูตร ง
ญ้าสดที่หมัก	23.0	11.0	-	22.6
ญ้าสดที่แห้ง	-	3.0	5.6	-
หารข้น	12.9	12.9	13.1	12.9
เดียมไบคาร์บฯ	0.2	0.2	-	-
กนีเซียมออกไซด์	0.1	0.1	-	-
วม	36.2	27.2	18.7	35.5

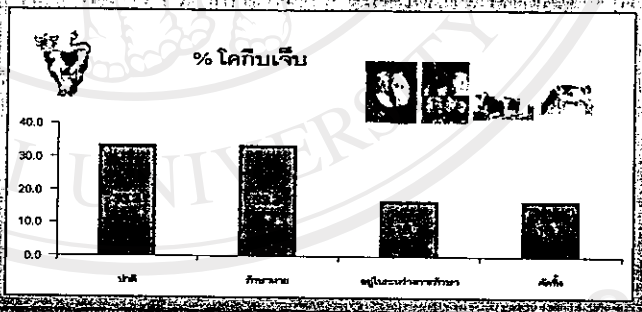




ไร้หญ้าหมักโดยไม่เสริมบัฟเฟอร์และหญ้าแห้งทำให้โค

- ให้ผลผลิตต่ำ
- มีต้นทุนการผลิตสูง
- ฉ่ำชมูลเหลว
- กีบอักเสบ





หลังจากการทดลองมีโคกีบเจ็บต้องคัดทิ้งจำนวน 1 ตัว อยู่ในระหว่างการรักษา 1 ตัว
ารักษาหายได้ 2 ตัว ไม่มีอาการกีบเจ็บ 2 ตัว

าผลการทดลองและรายงานวิจัยข้างต้นเป็นอาหารหยาบหลักในการเลี้ยงโคนมเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดโรค
ะประสิทธิภาพการผลิตน้ำนมที่ดีที่สุด
และควรให้ผลผลิตน้ำนมไม่เกินวันละ 15-20 กก./ตัว/วัน ถ้าให้อาหารหยาบหลักเพียงอย่างเดียวหรือเสริมบัฟเฟอร์
วยนะคะ

ข้อ ! เร่งโตโดย ควรป้องกันแอซิโดสิสเค้าไว้โดย

1. ให้อาหารหยาบสูงสุดเท่าที่ ..... นิยมเค้าเอาอาหารข้นสูง
2. ดูสูตรอาหารต้องมีเยื่อใยเพียงพอต่อการกระตุ้นให้โคเคี้ยวเอื้อง และหลั่งน้ำลายออกมาสะสมในกระเพาะ
3. ใช้สารเสริมที่เป็นด่างหรือบัฟเฟอร์ เช่น แมกนีเซียมออกไซด์ และ / หรือโซเดียมไบคาร์บอเนต
4. ไม่ควรให้พืชหมักเป็นอาหารหยาบเพียงอย่างเดียวเป็นเวลานานๆ ควรเสริมอาหารหยาบอย่างอื่นเข้าไปด้วย เช่น หญ้าแห้ง
5. ให้อาหารครั้งละน้อยๆแต่บ่อยครั้ง หรือให้อาหารผสมครบส่วน (ที เอ็ม อาร์) ก็ลดความเสี่ยงที่จะเกิดแอสิโดสิสได้นะ

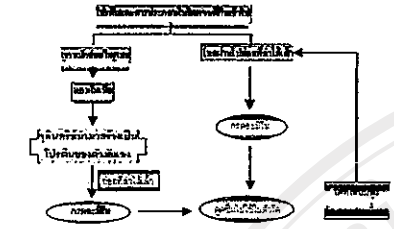
การผลิตโปรตีนไหลผ่านและผลที่มีต่อโคนม

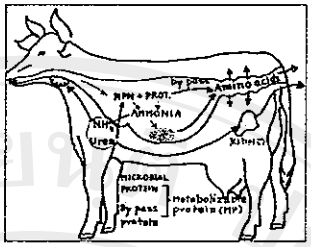
ภมร ปันมาเรือน[1], สมคิด พรหมมา[2] และ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล[1]
[1]ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200 โทร. & โทรสาร (053) 944069-73 ext. 134
[2]ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ อ. สันป่าตอง จ. เชียงใหม่ โทร. (053) 825176

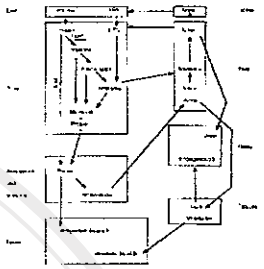
โภชนศึกษาของโคที่ต้องการโภชนะต่าง ๆ กัน

โดยเน้นการผลิตและการใช้โปรตีน

โปรตีนได้จากไหนบ้าง

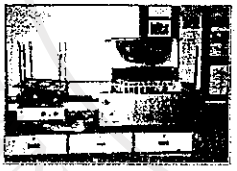






การผลิตโปรตีนไหลผ่าน (by pass or protected protein) ทำได้หลายวิธี ที่นิยม คือ

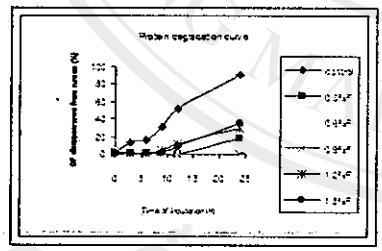
1. ใช้ความร้อน
2. ใช้สารเคมี เช่น ฟอร์มัลดีไฮด์ ในรูปของฟอร์มาลิน สารนี้จะทำให้เกิดพันธะ methylene cross-linkage ในสายโซ่โปรตีน ซึ่งจุลินทรีย์ในรูเมนย่อยไม่ได้ แต่เมื่อไปถึงกระเพาะแท้ (pH ต่ำ) พันธะนี้จะแตกออก ทำให้น้ำย่อยในกระเพาะและลำไส้เล็กย่อยโปรตีนนั้นได้



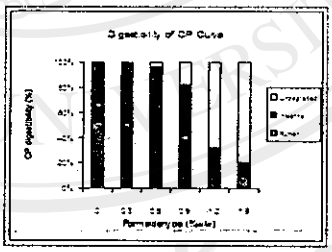
การศึกษาที่มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ร่วมกับศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ ทดลองทำโปรตีนไหลผ่านด้วยการทรีตกากถั่วเหลืองด้วยฟอร์มัลดีไฮด์ระดับต่าง ๆ คือ 0, 0.3, 0.6, 0.9, 1.2 และ 1.5% ซึ่งทำโดย

- ผสมกากถั่วเหลืองกับฟอร์มาลิน แล้วร่อนผ่านตะแกรง
- ใส่ในถุงพลาสติก มัดปากถุงไว้ 24 ชั่วโมง
- นำมาทดสอบการย่อยสลายในรูเมน โดยใช้เทคนิคถุงไนล่อน
- ทดสอบการย่อยได้ของโปรตีนที่กระเพาะแท้และลำไส้เล็กด้วยวิธีใช้เอนไซม์ (*in vitro* enzymatic technique)

ผล



กราฟแสดงการย่อยสลายของโปรตีนในกระเพาะรูเมนที่ชั่วโมงต่าง ๆ ของกากถั่วเหลืองที่ทรีตด้วยฟอร์มัลดีไฮด์



กราฟแสดงการย่อยได้ของโปรตีนในรูเมน (บ่ม 12 ชั่วโมง) และที่ย่อยด้วยเอนไซม์ในหลอดทดลองของกากถั่วเหลืองที่ทรีตด้วยฟอร์มัลดีไฮด์

1. การทรีตด้วยฟอร์มัลดีไฮด์ 0.3% ป้องกันการย่อยในรูเมนได้ดีที่สุด
2. เหลือโปรตีนไปย่อยที่ลำไส้เล็กมากที่สุด
3. มีความปลอดภัยสูง ไม่เป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์ และตัวโค

จากการทดลองนำมาผสมอาหารเลี้ยงโค โดยแบ่งโคเป็น 3 กลุ่ม ได้รับหญ้ารูซี่สดเท่ากัน แต่ได้รับอาหารข้นต่างกัน คือ

กลุ่ม 1. ใช้กากถั่วเหลืองธรรมดา (SBM) สูตรอาหารนี้มีโปรตีนไหลผ่าน 34%
2. SBM + กากถั่วเหลืองทรีตฟอร์มัลดีไฮด์ 0.3% (FSBM) ใช้ 7% ของสูตรอาหาร
3. SBM + ปลาป่น 7% ของสูตรอาหาร

ผล

	Control	TSBM	FM
4% FCM (kg/day)	16.64	17.64	18.07
FCR	0.81	0.75	0.74
Income over feed (Baht/4% FCM)	7.25	7.56	7.09

สรุป

การใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ 0.3% ทรีตกากถั่วเหลือง ช่วยเพิ่มโปรตีนไหลผ่านได้ดี ไม่มีอันตราย ทำได้ง่าย โคให้น้ำนมสูงขึ้นใกล้เคียงกับการใช้ปลาป่น แต่มีต้นทุนการผลิตต่ำกว่า เหมาะสำหรับใช้ในโคที่ให้น้ำนมสูงเกิน 30 กก./วัน

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้ทุนวิจัย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ขอขอบคุณ

- สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้ทุนวิจัย โครงการ "การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำนมโคโดยใช้อาหารผสมครบส่วนและอาหารข้นคุณภาพดี"
- ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ อ.สันป่าตอง จ.เชียงใหม่ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และสัตว์ทดลอง

การทำอาหารหยาบผสมคุณภาพดีสำหรับโคที่ให้นมสูง

ดร.สมคิด พรหมมา[1] ดุจดาว คนยัง[2] รศ.ดร.บุญล้อม ชีวะอิสระกุล[2] และ รศ.ดร.บุญเสริม ชีวะอิสระกุล[2]

ปัจจุบันโคนมมีแนวโน้มการให้ผลผลิตสูง โดยเฉพาะแม่โคหลังคลอดจะให้น้ำนมเพิ่มขึ้นมากในช่วง 4-6 สัปดาห์แรก ทำให้มีความต้องการสารอาหารปริมาณมากเพื่อนำไปสร้างเป็นน้ำนม ดังนั้นเพื่อให้โคได้รับสารอาหารที่เพียงพอจึงต้องให้อาหารข้นในปริมาณสูง แต่การให้อาหารข้นในปริมาณสูง โดยเฉพาะการให้ร่วมกับพืชหมัก เช่น ข้าวโพดหมัก หรือหญ้าหมัก มักจะทำให้เกิดกรดปริมาณมากในกระเพาะของโค ทำให้เกิดแผลในกระเพาะ โคกินอาหารได้น้อยลง และน้ำนมจะลดลงตามไปด้วย

[1] ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ อ.สันป่าตอง จ.เชียงใหม่ โทร. (053) 825176

[2] ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โทร. (053) 944070 ต่อ 134 Email: agibchvs@chiangmai.ac.th

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสัตว์กระเพาะเดี่ยว แต่การตากแห้งสามารถลดสารพิษลงได้ดังนั้นใบกระถินตากแห้งจึงใช้ได้ดีกว่าใบกระถินสด ในโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์เพื่อการค้านิยมใช้ใบกระถินแห้งป่นเป็นแหล่งโปรตีนเพื่อลดต้นทุนการผลิต โดยโปรตีนในใบกระถินแห้งป่นที่มีขายทั่วไปมีประมาณ 14 – 18% ขึ้นอยู่กับปริมาณกิ่งก้านที่ปะปนมา แต่ถ้าเกษตรกรทำการผลิตเองจะได้ใบกระถินที่มีโปรตีนประมาณ 20 – 26% ของวัตถุแห้ง ซึ่งสามารถนำมาใช้เสริมอาหารหยาบเพื่อเพิ่มสารอาหาร และใช้เป็นส่วนผสมในสูตรอาหารข้นได้ดี

วิธีการทำกระถินแห้ง

ทำการตัดกระถินพร้อมกิ่งโดยเลือกใบที่ไม่อ่อนเกินไป เนื่องจากจะทำให้แห้งช้าและได้น้ำหนักน้อย นำมาวางเกลี่ยลงบนผืนผ้าใบหรืออาจใช้กระสอบอาหารมาเย็บต่อกันก็ได้ การวางกระถินนั้นไม่ควรให้หนาเกินไป เมื่อตากแดดไว้จนกระถินด้านบนแห้งแล้วจึงทำการพลิกกลับเอาด้านล่างขึ้นมา ซึ่งถ้ามีแดดแรงและมีการพลิกกลับกระถินอาจใช้เวลาเพียง 1 – 2 วัน เท่านั้น จากนั้นทำการเคาะเอาเฉพาะส่วนใบ แล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงเพื่อแยกก้านใบออก เก็บส่วนใบ

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของอาหารหยาบผสมคุณภาพดีสำหรับโคที่ให้น้ำนม 20 กก./วัน กิน (กก./ตัว/วัน)

ส่วนผสม (สภาพที่ใช้เลี้ยง)	สูตร 1		สูตร 2	
	กก./วัน	ร้อยละ	กก./วัน	ร้อยละ
หญ้าแห้ง	5.9	50	5.7	50
กากน้ำตาล	1.8	15	1.7	15
ข้าวโพดบด	2.4	20	2.3	20
รำละเอียด	-	-	1.5	13
กากถั่วเหลือง	-	-	0.2	2
ใบกระถินแห้ง	1.8	15	-	-
รวม	11.9	100.0	11.4	100

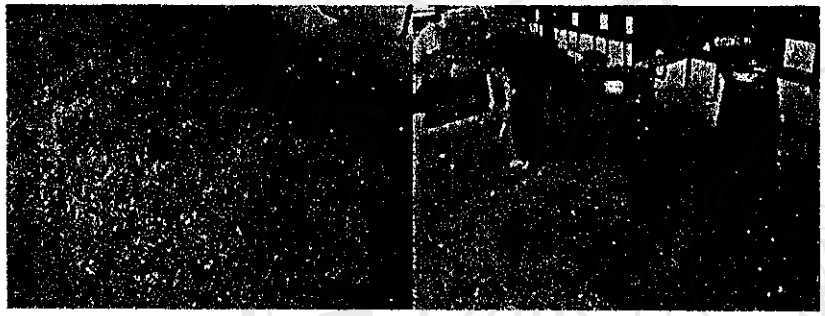
อาหารหยาบผสมมีโปรตีนประมาณ 7% และ TDN 64-65%

หมายเหตุ เลี้ยงร่วมกับอาหารข้น (โปรตีน 20%) วันละ 9 กก.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

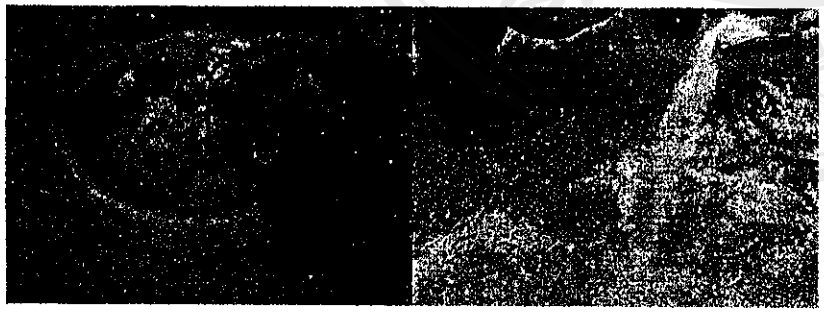
ขั้นตอนการผสม

นำหญ้าแห้งมาหั่นให้มีขนาด 2-5 นิ้ว มาวางเกลี่ยบนพื้นที่สะอาด จากนั้นนำกากน้ำตาลใส่กระป๋องที่เจาะรูตรงก้นกระป๋องหลาย ๆ รู มาราดให้ทั่วหญ้าแห้ง ดังภาพที่ 1 และ 2



263

นำข้าวโพดบดและใบกระถินแห้งหรือถ้าไม่มีให้ใช้รำ และกากถั่วเหลือง ดังแสดงในตาราง ผสมให้เข้ากันแล้วนำไปโรยลงบนหญ้าแห้งที่ราดกากน้ำตาลไว้



ทำการผสมให้เข้ากันแล้วจึงนำไปเลี้ยงโค หรือเก็บไว้ในกระสอบอาหารจะสามารถเก็บได้ประมาณ 1 อาทิตย์ แต่แนะนำว่าควรผสมวันต่อวันดีกว่า

นอกจากนี้อาจนำอาหารหยาบผสมที่ได้ไปทำเป็นอาหาร (ทีเอ็มอาร์) ก็ได้ โดยใช้อาหารข้นอัดเม็ดทางการค้า (โปรตีน 20%) จำนวน 9 กก. มาผสมกับอาหารหยาบผสมจำนวน 12 กก. แล้วจึงนำไปให้โค ซึ่งสามารถเลี้ยงโคได้ 1 ตัว/วัน และสามารถให้นมได้ประมาณวันละ 20 กก.

สำหรับกระถินแห้งที่นำมาใช้มีคุณค่าทางอาหารและวิธีทำดังนี้

กระถินแห้ง: แหล่งโปรตีนราคาถูกและการนำมาใช้เลี้ยงโคนม

กระถินเป็นพืชตระกูลถั่วที่พบได้ทั่วไปในประเทศไทยโดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูฝน มีโปรตีน วิตามินเอและสารสี (เบต้าแคโรทีน) สูง แต่มีข้อเสียคือมีสารมิโมซิน ซึ่งส่งผลเสียต่อสุขภาพและผลผลิตของสัตว์ กล่าวคือ ถ้ากินมากจะทำให้สัตว์มีอาการคอพอก ขนร่วง การเจริญเติบโตชะงัก

ขอขอบคุณ

- สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้ทุนวิจัยโครงการ "การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำนมโคโดยใช้อาหารผสมครบส่วนและอาหารข้นคุณภาพดี"
- ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ อ.สันป่าตอง จ.เชียงใหม่ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และสัตว์ทดลอง

มาทำอาหารหยาบผสมคุณภาพปานกลางสำหรับโครีดนมกันเถอะ

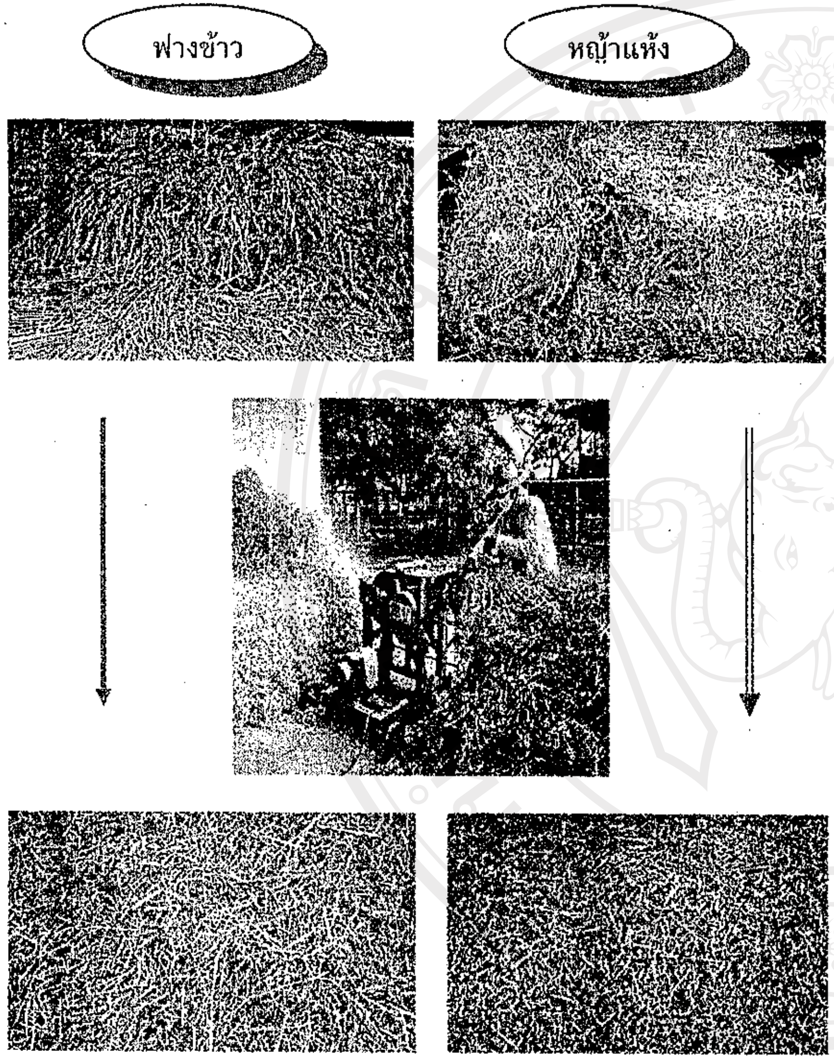
รศ.ดร.บุญล้อม ชีวะอิสระกุล[1], มณีรัตน์ รักษาชนม์[1], ดร.สมคิด พรหมมา[2] และ รศ.ดร.บุญเสริม ชีวะอิสระกุล[2]

การเลี้ยงโคที่ให้นมปานกลาง (ประมาณวันละ 10 – 15 กก.) ซึ่งอยู่ในระยะกลางถึงปลายของการให้นม สามารถใช้อาหารหยาบที่มีความเข้มข้นของโภชนะลดลงได้ เพราะโคในระยะนี้สามารถกินอาหารได้มากขึ้นใช้หญ้ารูซี่แห้งคุณภาพปานกลางหรือฟางข้าวซึ่งจัดว่าเป็นอาหารหยาบคุณภาพต่ำ มีโปรตีนต่ำกว่า 5% พลังงาน (TDN) ประมาณ 48 – 53% นำมาเพิ่มโภชนะโดยการเสริมแหล่งพลังงาน คือ ข้าวโพดบด กากน้ำตาล และรำละเอียด และเสริมแหล่งโปรตีน คือ กากถั่วเหลือง เพื่อปรับปรุงให้มีโปรตีนประมาณ 7 – 8% และมีพลังงานคิดเป็นยอดโภชนะย่อยได้ประมาณ 54 – 60% นอกจากนี้ยังสามารถใช้แหล่งโปรตีนที่มีในท้องถิ่น เช่นใบกระถินแห้งมาทดแทนรำละเอียดและกากถั่วเหลือง ได้เช่นกัน

[1] ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โทร. (053) 944070 ต่อ 134 Email: agibchvs@chiangmai.ac.th

[2] ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ อ.สันป่าตอง จ.เชียงใหม่ โทร. (053) 825176

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
All rights reserved © by Chiang Mai University



นำฟางข้าวและหญ้าแห้งมาสับก่อนแล้วจึงนำไปราดด้วยกากน้ำตาล และคลุกเคล้ากับอาหารเสริมชนิดอื่น ๆ ดังแสดงในตารางที่ 1

มาช่วยกันผลิตอาหารหยาบผสม ให้พวกเราเถอะนะคะ สามารถทำ ได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว ประหยัด และ สามารถทำได้ทุกฤดูกาลแม้ในวัน (ที่ฝนตก) มามาก วัตถุดิบก็สามารถหาได้ภายในท้องถิ่นด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ถ้าต้องการผสมอาหารเพิ่มคุณภาพไว้ก่อนเป็นปริมาณมากแล้วค่อยนำมาใช้เป็นรายวัน หรือรายตัวดังที่กล่าวข้างต้นนี้ สามารถทำได้โดยใช้ส่วนผสมดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวอย่างสูตรอาหารเพิ่มคุณภาพอาหารหยาบ (สำหรับโคที่ให้น้ำนมประมาณ 10 – 15 กก./วัน)

%	สูตร 1	สูตร 2
กากน้ำตาล	9	9
ข้าวโพดบด	34	34
รำละเอียด	47	-
กากถั่วเหลือง	9	-
ใบกระถินแห้ง	-	56
แร่ธาตุผง	1	1

วิธีการให้

1. ให้อาหารหยาบเต็มที่
   - ฟาง/หญ้าแห้ง 5 – 6 กก. หรือ หญ้าสด 25 – 30 กก.
2. ให้อาหารเสริมคุณภาพ วันละ 2 ครั้ง ครั้งละ 1 – 1.5 กก.
3. ให้อาหารข้นเสริมในอัตรา(อาหารข้น : น้ำนม) ดังนี้
   - หญ้าสด 1 : 2.5
   - หญ้าแห้ง 1 : 2.2 – 2.5
   - ฟางข้าว 1 : 2

ตารางที่ 1 ตัวอย่างสูตรอาหารผสม 2 สูตร (สำหรับโคที่ให้น้ำนมประมาณ 10 – 15 กก./วัน)

	สูตร 1		สูตร 2	
	กก./วัน	ร้อยละ	กก./วัน	ร้อยละ
หญ้าแห้ง/ฟางข้าว	6.0	64.5	6.0	64.5
กากน้ำตาล	1.0	10.8	1.0	10.8
ข้าวโพดบด	0.8	8.6	0.8	8.6
รำละเอียด	1.2	12.9	-	-
กากถั่วเหลือง	0.3	3.2	-	-
ใบกระถินแห้ง	-	-	1.5	16.1
รวม	9.3	100	9.3	100

อาหารหยาบผสมมีโปรตีนประมาณ 6.5 – 7.5% และพลังงาน (ทีดีเอน) 55 – 57%

หมายเหตุ: ใช้เลี้ยงร่วมกับอาหารข้นตามปกติ

ในกรณีที่เป็นอาหารหยาบแห้ง ให้ผสมอาหารหยาบกับอาหารเพิ่มคุณภาพก่อนแล้วค่อยนำไปให้สัตว์กินพร้อมกัน

ถ้าเป็นอาหารหยาบสดซึ่งมีความชื้นอยู่สูงควรแยกให้ โดยผสมอาหารเพิ่มคุณภาพแยกไว้แล้วแบ่งให้กินก่อนที่จะให้อาหารหยาบสด เพื่อให้สัตว์สามารถกินอาหารเพิ่มคุณภาพได้หมดไม่เหลือให้หมักบูดในรางอาหาร และจะได้ไม่เป็นการเสียของด้วย นอกจากนี้ยังทำให้สัตว์ได้รับโภชนะครบถ้วนตามความต้องการของร่างกายด้วย

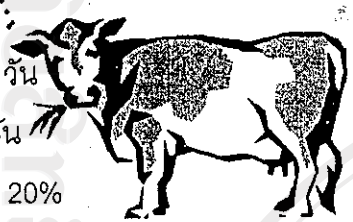
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4

5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แล้วจะให้พวกดิฉันกินกันอย่างไรคะ?



- เหมาะสำหรับแม่โคที่ให้น้ำนมช่วง 90 – 150 วัน ปริมาณน้ำนมประมาณ 15 – 18 กก./ตัว/วัน
- ให้อาหารข้นชนิดอัดเม็ด โปรตีน 20% ในอัตรา 1 กก. ต่อน้ำนมที่ผลิตได้ 1.8 – 2.2 กก.
- ให้หญ้าสดวันละประมาณ 27 – 30 กก. โดยให้แม่โคกินอิสระ ควรเป็นหญ้าอายุประมาณ 60 วัน หรือมีโปรตีนหยาบประมาณ 7% และมีเยื่อใย (ADF) ประมาณ 21%
- ให้อาหารเสริมวันละ 1 - 2 กก. โดยแบ่งให้ก่อนให้หญ้าแต่ละครั้ง

ขอขอบคุณ

- สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้ทุนวิจัยโครงการ"การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำนมโคโดยใช้อาหารผสมครบส่วนและอาหารข้นคุณภาพดี"
- ศูนย์วิจัย และบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และสัตว์ทดลอง

การปรับปรุงคุณค่าทางอาหารของหญ้าสด เพื่อเลี้ยงโคที่ให้นมปานกลางถึงให้นมสูง

ดร.สมคิด พรหมมา[1] ธนมณ บูรณภาวังค์[1] รศ.ดร.บุญเสริม ชีวะอิสระกุล[2] และ รศ.ดร.บุญล้อม ชีวะอิสระกุล[2]

การให้อาหารสำหรับโคในระยะรีดนมนั้นมีความสำคัญต่อปริมาณและคุณภาพของน้ำนม รวมทั้งผลกำไรผู้เลี้ยง หญ้าเป็นอาหารหยาบที่สำคัญสำหรับโคนม เพราะนอกจากจะให้สารอาหารทั้งในแง่ของพลังงาน โปรตีน แร่ธาตุ และวิตามินแล้ว ยังมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นการบีบตัวของกระเพาะรูเมนให้ขยอกอาหารออกมาเคี้ยวเอื้อง เพื่อให้เกิดการขับน้ำลายออกมาฆ่าฤทธิ์กรดซึ่งเกิดจากการหมักย่อยอาหาร (โดยเฉพาะอาหารข้น) ในกระเพาะรูเมน ทำให้โคมีสุขภาพดีด้วย

[1] ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ อ.สันป่าตอง จ.เชียงใหม่ โทร. (053) 825176

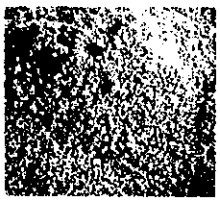
[2] ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โทร. (053) 944070 ต่อ 134 Email: agibchvs@chiangmai.ac.th

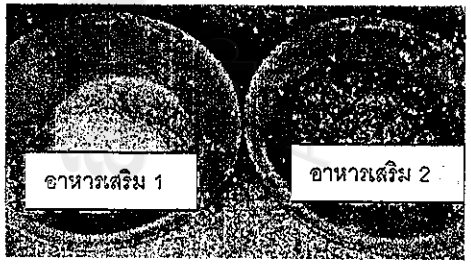
อย่างไรก็ดี หญ้าที่ตัดมาให้โคนมกิน ควรจะมีอายุพอเหมาะ จากการทดลองที่ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ร่วมกับคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พบว่าหญ้าสำหรับโคที่ให้น้ำนมมาก ควรตัดเมื่ออายุประมาณ 60 - 65 วัน เพื่อให้มีเยื่อใยเพียงพอ เพราะถ้าตัดหญ้าที่มีอายุน้อยเกินไป (เช่น 30 หรือ 45 วัน) แม้ว่าจะมีโปรตีนและโภชนะที่ย่อยได้สูง แต่อาจมีปริมาณเยื่อใยไม่เพียงพอสำหรับการบีบตัวของกระเพาะ โดยเฉพาะในกรณีของโคที่ให้น้ำนมปริมาณมาก เพราะต้องกินอาหารข้นมาก เกิดกรดมาก จึงมีผลเสียต่อสุขภาพและการให้ผลผลิตของโคนม

ปัญหาของหญ้าที่ตัดอายุมาก ประมาณ 60 วัน คือมักจะมีโภชนะต่ำ จึงควรต้องทำการเพิ่มคุณค่าทางอาหาร โดยการเสริมด้วยพลังงานและโปรตีน ซึ่งแหล่งของพลังงานที่ใช้เสริม ได้แก่ กากน้ำตาล ข้าวโพดบด

และรำละเอียดส่วนแหล่งของโปรตีน คือ กากถั่วเหลือง หรืออาจจะใช้ใบกระถินแห้งแทนรำละเอียดและกากถั่วเหลืองก็ได้ ดังในตาราง

ส่วนประกอบ	ใน 100 กิโลกรัม	
	สูตร 1	สูตร 2
กากน้ำตาล	12	12
ข้าวโพดบด	50	50
รำละเอียด	33	-
กากถั่วเหลือง	5	-
ใบกระถินแห้ง	-	38
โปรตีน (%)	11.03	13.71
พลังงาน (Mcal/กก.)	1.68	1.68
ราคา (บาท/กก.)	5.14	4.95





สรุป

ใบมันสำปะหลังที่หมักร่วมกับรำละเอียดในอัตรา 100 : 20 : 20 ใส่ในถุงพลาสติก 2 ชั้น ดูดอากาศออกให้หมด เก็บไว้เป็นเวลาอย่างน้อย 3 สัปดาห์ หรือจนกว่าจะใช้ หรืออัดให้แน่นในถังที่มีฝาปิดล็อคกันอากาศเข้าได้สามารถลดไซยาไนด์ลงได้ 38.65% ในขณะที่ใบมันตากแห้งลดสารพิษได้ 64.53%

ใบมันสำปะหลังแห้งและใบมันสำปะหลังหมักมีคุณค่าทางอาหารสูง คือมีวัตถุแห้ง 29.8% และ 91.69% มีโปรตีน 13.91% และ 18.45% ของวัตถุแห้ง สามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีนเสริมหญ้ารูซี่เพื่อผลิตอาหารหยาบคุณภาพดีโดยไม่เป็นอันตรายต่อโค นอกจากนี้ยังเป็นการใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้ทางการเกษตรและเป็นการเก็บถนอมพืชอาหารสัตว์ ซึ่งจะช่วยลดภาระค่าอาหาร ดังนั้นจึงนับว่าเป็นทางเลือกที่น่าสนใจได้ทางหนึ่ง

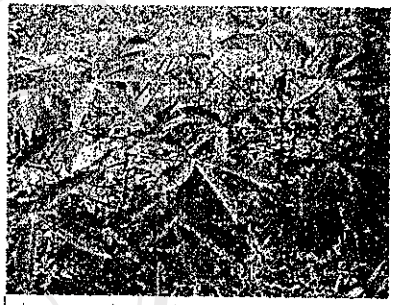
ขอขอบคุณ

- สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้ทุนวิจัยโครงการ "การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำนมโคโดยใช้อาหารผสมครบส่วนและอาหารข้นคุณภาพดี"
- ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธ์สัตว์เชียงใหม่ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และสัตว์ทดลอง

ทำใบมันสำปะหลังหมักและใบมันสำปะหลังแห้งเลี้ยงโคนม

รศ.ดร.บุญเสริม ชีวะอิสระกุล[1] จิรวรรณ คำด้วง[1] ดร.สมคิด พรหมมา[2]
ประสาน จึงอยู่สุข[2] และ รศ.ดร.บุญล้อม ชีวะอิสระกุล[1]

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย เนื่องจากสามารถทนแล้งและปลูกในที่ๆมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำได้ดี นอกจากนี้ยังให้ผลผลิตสูง (เฉลี่ย 2,751 ตัน/ไร่) ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังประมาณ 6.25 ล้านไร่ โดยมีการปลูกกระจายอยู่ทั่วประเทศ หัวมันสำปะหลังมีแป้งสูงแต่มีโปรตีนต่ำ ส่วนใบซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการปลูกมันมีโปรตีนสูงถึง 24% ของวัตถุแห้งสามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีนได้ดี แต่มีข้อจำกัดตรงที่มีสารพิษไซยาไนด์ (HCN) สูงจึงไม่ควรนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ในสภาพสด เพราะอาจจะทำให้สัตว์ตายได้ การลดสารพิษสามารถทำได้โดยการตากแห้งหรือการหมัก แต่การตากแห้งไม่สามารถทำได้ทุกฤดูกาล โดยเฉพาะในฤดูฝนที่มีใบมันสำปะหลังอยู่มาก



[1] ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โทร. (053) 944001
[2] ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ อ.สันป่าตอง จ.เชียงใหม่ โทร. (053) 825176

แม้ว่าการหมักจะทำให้ปริมาณสารพิษไซยาไนด์ลดลงได้น้อยกว่าการตากแห้ง (ดังตารางที่ 1) แต่ปริมาณสารพิษที่เหลืออยู่นี้ก็ไม่เป็นอันตรายต่อโคนมถ้าให้กินวันละ 1 กก./ตัว

ตารางที่ 1 ปริมาณสารไซยาไนด์ (ppm) ในใบมันสำปะหลังสภาพต่าง ๆ

	ใบมันสด	ใบมันหมัก[1/]	ใบมันแห้ง
ไซยาไนด์ (ส่วนต่อล้านส่วน)	178.93	109.77	63.46
(%ที่ลดลง)	-	38.25	64.45

[1/] ใบมันหมักมีความเป็นกรด-ด่าง (pH) 3.92

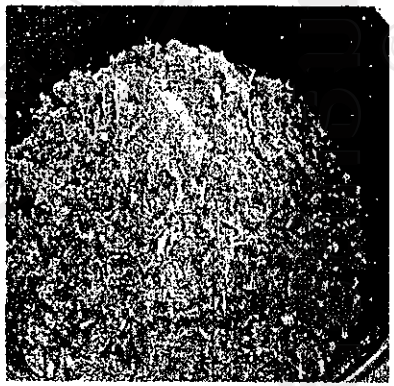
271

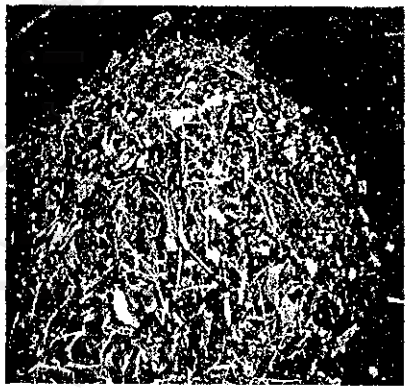
วิธีทำใบมันสำปะหลังหมัก

ใบพร้อมต้นมันยาวประมาณ 30-50 เซนติเมตร หั่นเป็นชิ้นประมาณ 2.5 – 5 ซม. นำมาผสมกับรำละเอียด และน้ำในอัตราส่วน 100 : 20 : 20 ของน้ำหนักใบมันสด ใส่ลงในถุงพลาสติก 2 ชั้น ๆ ในเป็นถุงดำที่ผูกก้นไว้แล้วด้วยเชือก ชั้นนอกเป็นถุงใยสังเคราะห์ นำใบมันสำปะหลังสดใส่ลงในถุงให้เต็ม อัดให้แน่น รวบปากถุงชั้นใน ดูดอากาศออกให้หมดด้วยเครื่องดูดฝุ่นหรือท่อปั๊มสำหรับรีดนม แล้วเย็บปากถุงชั้นนอกแยกจากชั้นใน วิธีนี้จะช่วยให้ถุงไม่ขาดเวลายก หรืออาจจะหมักในถังที่มีฝาปิดสนิทก็ได้ โดยใส่ใบมันที่ผสมกับรำและน้ำแล้วให้เต็มถัง เหยียบให้แน่นแล้วปิดฝาล็อคกันอากาศเข้า หมักทิ้งไว้เป็นเวลาอย่างน้อย 3 สัปดาห์ หรือจนกว่าจะต้องการใช้

ตารางที่ 4 ปริมาณและองค์ประกอบของน้ำนมรวมทั้งต้นทุนค่าอาหารเมื่อใช้หญ้ารูซี่เสริมแหล่งโปรตีนและพลังงานจากใบมันสำปะหลังหมักและใบมันสำปะหลังแห้งผลิตอาหารหยาบคุณภาพดี

	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3
ปริมาณนม (กก./วัน)	14.65	15.23	14.82
นมที่ปรับให้มีไขมัน 4% (กก./วัน)	17.19	15.76	15.86
ไขมันในน้ำนม (%)	5.21	4.25	4.54
โปรตีนในน้ำนม (%)	3.39	3.40	3.40
ของแข็งในนมที่ไม่ใช่ไขมัน (SNF,%)	8.66	8.78	8.84
ของแข็งทั้งหมด	13.46	13.01	13.39
อัตราแลกน้ำหนัก	-0.45	-0.08	0.2
ค่าอาหาร/กก.นมที่ปรับให้มีไขมัน 4%(บาท/กก.)	4.37	4.62	4.66





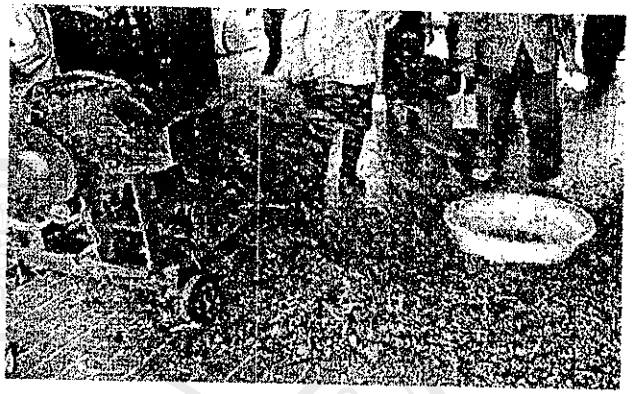
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

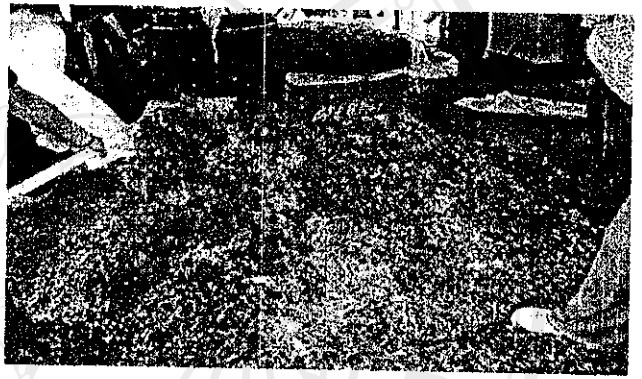
ตารางที่ 3 อาหารหยาบผสมที่ประกอบด้วยหญ้ารูซี่แห้งเสริมแหล่งโปรตีนและพลังงานจากใบมันสำปะหลังหมักหรือใบมันสำปะหลังแห้ง

	สูตร 1		สูตร 2		สูตร 3	
	กก./วัน	ร้อยละ	กก./วัน	ร้อยละ	กก./วัน	ร้อยละ
หญ้ารูซี่แห้ง	8.0	72.7	8.0	72.7	8.0	59.3
กากน้ำตาล	1.0	9.1	1.0	9.1	1.0	7.4
ข้าวโพดบด	0.5	4.6	0.6	5.9	0.6	4.4
กากถั่วเหลือง	0.3	2.7	0.2	1.8	0.2	1.5
รำละเอียด	1.2	10.9	0.2	1.8	0.2	1.5
ใบมันแห้ง	-	-	1.0	9.1	-	-
ใบมันหมัก	-	-	-	-	3.5	25.9
รวมปริมาณที่ให้ (กก.นน.สด/วัน)	11		11		13.5	
(กก.นน.แห้ง/วัน)	9.61		9.63		9.70	

อาหารหยาบผสมมีโปรตีน 8.41, 8.57 และ 9.22% มีพลังงาน (TDN)ร้อยละ 60.64, 60.38 และ 63.00 %

หมายเหตุ : โคทุกกลุ่มได้รับอาหารข้นชนิดเม็ด (โปรตีน 20%) ที่มีขายในท้องตลาดเสริมในอัตรา 1 กก./น้ำนม 2.5 กก.





ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2 คุณค่าทางโภชนะของใบมันสำปะหลังหมักและแห้งเทียบกับใบมันสำปะหลังสด

ร้อยละ	ใบมันสด	ใบมันหมัก[2/]	ใบมันแห้ง
วัตถุแห้ง	23.92	29.8	91.69
โปรตีน[1/]	18.98	13.91	18.45
ไขมัน[1/]	9.43	11.02	5.22
เถ้า[1/]	6.28	9.67	8.24
ผนังเซลล์[1/] (NDF)	42.55	37.28	40.77

[1/] ร้อยละของวัตถุแห้ง [2/]หมักร่วมกับรำละเอียดและน้ำในอัตรา 100:20:20

วิธีทำใบมันสำปะหลังแห้ง

หักยอดยาวประมาณ 30 – 50 ซม. นำมาหั่นเป็นชิ้นขนาด 2.5 – 5 ซม. แล้วตากแดด กลับวันละ 2 – 3 ครั้ง ตากประมาณ 2 วันจนแห้ง เก็บใส่ถุงไว้ใช้

ลักษณะของใบมันสำปะหลังหมักที่ดี

มีสีเขียวปนน้ำตาล มีกลิ่นหอมของกรดแลกติก ไม่มีกลิ่นเหม็นของกรดบิวทีริก มีลักษณะของใบและก้านครบ ไม่มีเมือกลื่นหรือเปื่อยยุ่ย อาจมีเชื้อราบ้างเล็กน้อยบริเวณปากถุง (ถ้าดูดอากาศออกไม่ดี)

ลักษณะของใบมันสำปะหลังแห้งที่ดี

มีสีเขียว มีกลิ่นหอม ไม่มีกลิ่นเหม็นเน่า มีลักษณะของใบและก้านครบ

การนำไปใช้เป็นอาหารโคนม

จากการทดลองใช้ใบมันสำปะหลังตากแห้งหรือใบมันสำปะหลังที่หมัก (ร่วมกับรำละเอียดในอัตรา 20%) เป็นแหล่งโปรตีนเสริมหญ้ารูซี่เพื่อผลิตอาหารหยาบผสม โดยใช้ข้าวโพดและกากน้ำตาลเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตเลี้ยงโครีดนมน้ำหนักตัวประมาณ 500 กก. ให้น้ำนมประมาณ 16 กก./วัน โดยให้โคได้รับอาหารดังตารางที่ 3 ร่วมกับอาหารข้นวันละ 6 กก. พบว่า โคสามารถให้ผลผลิตน้ำนมและมีส่วนประกอบของน้ำนมที่ดีใกล้เคียงกับอาหารหยาบผสมที่ใช้หญ้าแห้งเสริมรำละเอียดและกากถั่วเหลือง (ดังตารางที่ 4)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ถ้าต้องการผสมอาหารเพิ่มคุณภาพไว้ก่อนเป็นปริมาณมากแล้วค่อยนำมาใช้เป็นรายวัน หรือรายตัวดังที่กล่าวข้างต้นนี้ สามารถทำได้โดยใช้ส่วนผสมดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวอย่างสูตรอาหารเพิ่มคุณภาพอาหารหยาบ (สำหรับโคที่ให้น้ำนมประมาณ 10 – 15 กก./วัน)

%	สูตร 1	สูตร 2
กากน้ำตาล	9	9
ข้าวโพดบด	34	34
รำละเอียด	47	-
กากถั่วเหลือง	9	-
ใบกระถินแห้ง	-	56
แร่ธาตุผง	1	1

วิธีการให้

1. ให้อาหารหยาบเต็มที่
   - ฟาง/หญ้าแห้ง 5 – 6 กก. หรือ หญ้าสด 25 – 30 กก.
2. ให้อาหารเสริมคุณภาพ วันละ 2 ครั้ง ครั้งละ 1 – 1.5 กก.
3. ให้อาหารข้นเสริมในอัตรา(อาหารข้น : น้ำนม) ดังนี้
   - หญ้าสด 1 : 2.5
   - หญ้าแห้ง 1 : 2.2 – 2.5
   - ฟางข้าว 1 : 2

ตารางที่ 1 ตัวอย่างสูตรอาหารผสม 2 สูตร (สำหรับโคที่ให้น้ำนมประมาณ 10 – 15 กก./วัน)

	สูตร 1		สูตร 2	
	กก./วัน	ร้อยละ	กก./วัน	ร้อยละ
หญ้าแห้ง/ฟางข้าว	6.0	64.5	6.0	64.5
กากน้ำตาล	1.0	10.8	1.0	10.8
ข้าวโพดบด	0.8	8.6	0.8	8.6
รำละเอียด	1.2	12.9	-	-
กากถั่วเหลือง	0.3	3.2	-	-
ใบกระถินแห้ง	-	-	1.5	16.1
รวม	9.3	100	9.3	100

อาหารหยาบผสมมีโปรตีนประมาณ 6.5 – 7.5% และพลังงาน (ทีดีเอน) 55 – 57%

หมายเหตุ: ใช้เลี้ยงร่วมกับอาหารข้นตามปกติ

ในกรณีที่เป็นอาหารหยาบแห้ง ให้ผสมอาหารหยาบกับอาหารเพิ่มคุณภาพก่อนแล้วค่อยนำไปให้สัตว์กินพร้อมกัน

ถ้าเป็นอาหารหยาบสดซึ่งมีความชื้นอยู่สูงควรแยกให้ โดยผสมอาหารเพิ่มคุณภาพแยกไว้แล้วแบ่งให้กินก่อนที่จะให้อาหารหยาบสด เพื่อให้สัตว์สามารถกินอาหารเพิ่มคุณภาพได้หมดไม่เหลือให้หมักบูดในรางอาหาร และจะได้ไม่เป็นการเสียของด้วย นอกจากนี้ยังทำให้สัตว์ได้รับโภชนะครบถ้วนตามความต้องการของร่างกายด้วย

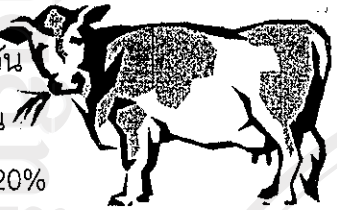
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4

5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
by Chiang Mai University
All rights reserved

แล้วจะให้พวกดิฉันกินกันอย่างไรคะ?



- เหมาะสำหรับแม่โคที่ให้น้ำนมช่วง 90 – 150 วัน ปริมาณน้ำนมประมาณ 15 – 18 กก./ตัว/วัน
- ให้อาหารข้นชนิดอัดเม็ด โปรตีน 20% ในอัตรา 1 กก. ต่อน้ำนมที่ผลิตได้ 1.8 – 2.2 กก.
- ให้หญ้าสดวันละประมาณ 27 – 30 กก. โดยให้แม่โคกินอิสระ ควรเป็นหญ้าอายุประมาณ 60 วัน หรือมีโปรตีนหยาบประมาณ 7% และมีเยื่อใย (ADF) ประมาณ 21%
- ให้อาหารเสริมวันละ 1 - 2 กก. โดยแบ่งให้ก่อนให้หญ้าแต่ละครั้ง

ขอขอบคุณ

- สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้ทุนวิจัยโครงการ"การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำนมโคโดยใช้อาหารผสมครบส่วนและอาหารข้นคุณภาพดี"
- ศูนย์วิจัย และบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และสัตว์ทดลอง

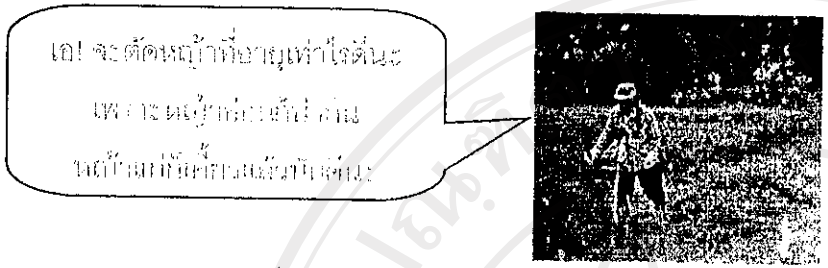
การปรับปรุงคุณค่าทางอาหารของหญ้าสด เพื่อเลี้ยงโคที่ให้นมปานกลางถึงให้นมสูง

ดร.สมคิด พรหมมา[1] ธนมณ บูรณภาวังค์[1] รศ.ดร.บุญเสริม ชีวะอิสระกุล[2] และ รศ.ดร.บุญล้อม ชีวะอิสระกุล[2]

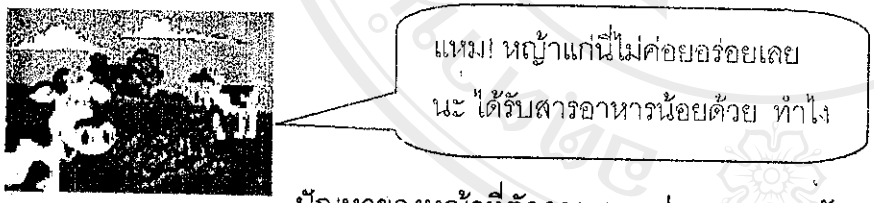
การให้อาหารสำหรับโคในระยะรีดนมนั้นมีความสำคัญต่อปริมาณและคุณภาพของน้ำนม รวมทั้งผลกำไรผู้เลี้ยง หญ้าเป็นอาหารหยาบที่สำคัญสำหรับโคนม เพราะนอกจากจะให้สารอาหารทั้งในแง่ของพลังงาน โปรตีน แร่ธาตุ และวิตามินแล้ว ยังมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นการบีบตัวของกระเพาะรูเมนให้ขยอกอาหารออกมาเคี้ยวเอื้อง เพื่อให้เกิดการขับน้ำลายออกมาฆ่าฤทธิ์กรดซึ่งเกิดจากการหมักย่อยอาหาร (โดยเฉพาะอาหารข้น) ในกระเพาะรูเมน ทำให้โคมีสุขภาพดีด้วย

[1] ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ อ.สันป่าตอง จ.เชียงใหม่ โทร. (053) 825176

[2] ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โทร. (053) 944070 ต่อ 134 Email: agibchvs@chiangmai.ac.th



อย่างไรก็ดี หญ้าที่ตัดมาให้โคนมกิน ควรจะมีอายุพอเหมาะ จากการทดลองที่ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ร่วมกับคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พบว่าหญ้าสำหรับโคที่ให้น้ำนมมาก ควรตัดเมื่ออายุประมาณ 60 - 65 วัน เพื่อให้มีเยื่อใยเพียงพอ เพราะถ้าตัดหญ้าที่มีอายุน้อยเกินไป (เช่น 30 หรือ 45 วัน) แม้ว่าจะมีโปรตีนและโภชนะที่ย่อยได้สูง แต่อาจมีปริมาณเยื่อใยไม่เพียงพอสำหรับการบีบตัวของกระเพาะ โดยเฉพาะในกรณีของโคที่ให้น้ำนมปริมาณมาก เพราะต้องกินอาหารข้นมาก เกิดกรดมาก จึงมีผลเสียต่อสุขภาพและการให้ผลผลิตของโคนม



ปัญหาของหญ้าที่ตัดอายุมาก ประมาณ 60 วัน คือมักจะมีโภชนะต่ำ จึงควรต้องทำการเพิ่มคุณค่าทางอาหาร โดยการเสริมด้วยพลังงานและโปรตีน ซึ่งแหล่งของพลังงานที่ใช้เสริม ได้แก่ กากน้ำตาล ข้าวโพดบด

และรำละเอียดส่วนแหล่งของโปรตีน คือ กากถั่วเหลือง หรืออาจจะใช้ใบกระถินแห้งแทนรำละเอียดและกากถั่วเหลืองก็ได้ ดังในตาราง

ส่วนประกอบ	ใน 100 กิโลกรัม	
	สูตร 1	สูตร 2
กากน้ำตาล	12	12
ข้าวโพดบด	50	50
รำละเอียด	33	-
กากถั่วเหลือง	5	-
ใบกระถินแห้ง	-	38
โปรตีน (%)	11.03	13.71
พลังงาน (Mcal/กก.)	1.68	1.68
ราคา (บาท/กก.)	5.14	4.95

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สรุป

ใบมันสำปะหลังที่หมักร่วมกับรำละเอียดในอัตรา 100 : 20 : 20 ใส่ในถุงพลาสติก 2 ชั้น ดูดอากาศออกให้หมด เก็บไว้เป็นเวลาอย่างน้อย 3 สัปดาห์ หรือจนกว่าจะใช้ หรืออัดให้แน่นในถังที่มีฝาปิดล็อคกันอากาศเข้าได้สามารถลดไซยาไนด์ลงได้ 38.65% ในขณะที่ใบมันตากแห้งลดสารพิษได้ 64.53%

ใบมันสำปะหลังแห้งและใบมันสำปะหลังหมักมีคุณค่าทางอาหารสูง คือมีวัตถุแห้ง 29.8% และ 91.69% มีโปรตีน 13.91% และ 18.45% ของวัตถุแห้ง สามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีนเสริมหญ้ารูซี่เพื่อผลิตอาหารหยาบคุณภาพดีโดยไม่เป็นอันตรายต่อโค นอกจากนี้ยังเป็นการใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้ทางการเกษตรและเป็นการเก็บถนอมพืชอาหารสัตว์ ซึ่งจะช่วยลดภาระค่าอาหาร ดังนั้นจึงนับว่าเป็นทางเลือกที่น่าสนใจได้ทางหนึ่ง

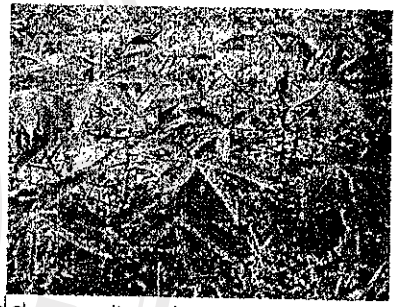
ขอขอบคุณ

- สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้ทุนวิจัยโครงการ "การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำนมโคโดยใช้อาหารผสมครบส่วนและอาหารข้นคุณภาพดี"
- ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และสัตว์ทดลอง

ทำใบมันสำปะหลังหมักและใบมันสำปะหลังแห้งเลี้ยงโคนม

รศ.ดร.บุญเสริม ชีวะอิสระกุล[1] จิรวรรณ ค่าด้วง[1] ดร.สมคิด พรหมมา[2]
ประสาน จึงอยู่สุข[2] และ รศ.ดร.บุญล้อม ชีวะอิสระกุล[1]

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย เนื่องจากสามารถทนแล้งและปลูกในที่ๆมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำได้ดี นอกจากนี้ยังให้ผลผลิตสูง (เฉลี่ย 2,751 ตัน/ไร่) ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังประมาณ 6.25 ล้านไร่ โดยมีการปลูกกระจายอยู่ทั่วประเทศ หัวมันสำปะหลังมีแป้งสูงแต่มีโปรตีนต่ำ ส่วนใบซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการปลูกมันมีโปรตีนสูงถึง 24% ของวัตถุแห้งสามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีนได้ดี แต่มีข้อจำกัดตรงที่มีสารพิษไซยาไนด์ (HCN) สูงจึงไม่ควรนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ในสภาพสด เพราะอาจจะทำให้สัตว์ตายได้ การลดสารพิษสามารถทำได้โดยการตากแห้งหรือการหมัก แต่การตากแห้งไม่สามารถทำได้ทุกฤดูกาล โดยเฉพาะในฤดูฝนที่มีใบมันสำปะหลังอยู่มาก



[1] ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โทร. (053) 944001
[2] ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ อ.สันป่าตอง จ.เชียงใหม่ โทร. (053) 825176

แม้ว่าการหมักจะทำให้ปริมาณสารพิษไซยาไนด์ลดลงได้น้อยกว่าการตากแห้ง (ดังตารางที่ 1) แต่ปริมาณสารพิษที่เหลืออยู่นี้ก็ไม่เป็นอันตรายต่อโคนม ถ้าให้กินวันละ 1 กก./ตัว

ตารางที่ 1 ปริมาณสารไซยาไนด์ (ppm) ในใบมันสำปะหลังสภาพต่าง ๆ

	ใบมันสด	ใบมันหมัก[1/]	ใบมันแห้ง
ไซยาไนด์ (ส่วนต่อล้านส่วน)	178.93	109.77	63.46
(%ที่ลดลง)	-	38.25	64.45

[1/] ใบมันหมักมีความเป็นกรด-ด่าง (pH) 3.92

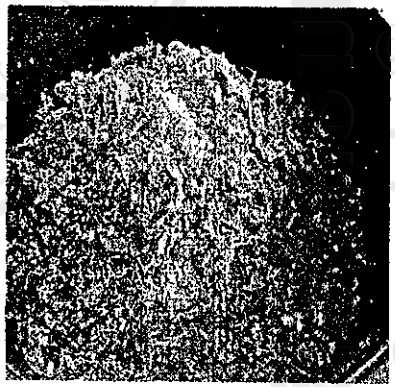
271

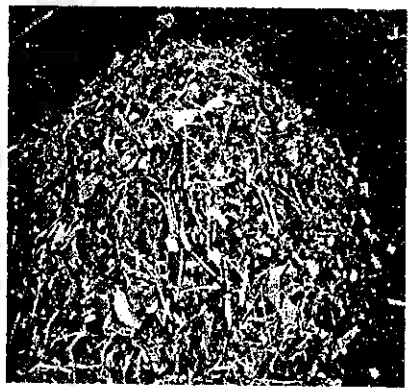
วิธีทำใบมันสำปะหลังหมัก

ใบพร้อมต้นมันยาวประมาณ 30-50 เซนติเมตร หั่นเป็นชิ้นประมาณ 2.5 – 5 ซม. นำมาผสมกับรำละเอียด และน้ำในอัตราส่วน 100 : 20 : 20 ของน้ำหนักใบมันสด ใส่ลงในถุงพลาสติก 2 ชั้น ๆ ในเป็นถุงดำที่ผูกก้นไว้แล้วด้วยเชือก ชั้นนอกเป็นถุงใยสังเคราะห์ นำใบมันสำปะหลังสดใส่ลงในถุงให้เต็ม อัดให้แน่น รวบปากถุงชั้นใน ดูดอากาศออกให้หมดด้วยเครื่องดูดฝุ่นหรือท่อปั๊มสำหรับรีดนม แล้วเย็บปากถุงชั้นนอกแยกจากชั้นใน วิธีนี้จะช่วยให้ถุงไม่ขาดเวลายก หรืออาจจะหมักในถังที่มีฝาปิดสนิทก็ได้ โดยใส่ใบมันที่ผสมกับรำและน้ำแล้วให้เต็มถัง เหยียบให้แน่นแล้วปิดฝาล็อคกันอากาศเข้า หมักทิ้งไว้เป็นเวลาอย่างน้อย 3 สัปดาห์ หรือจนกว่าจะต้องการใช้

ตารางที่ 4 ปริมาณและองค์ประกอบของน้ำนมรวมทั้งต้นทุนค่าอาหารเมื่อใช้หญ้ารูซี่เสริมแหล่งโปรตีนและพลังงานจากใบมันสำปะหลังหมักและใบมันสำปะหลังแห้งผลิตอาหารหยาบคุณภาพดี

	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3
ปริมาณนม (กก./วัน)	14.65	15.23	14.82
นมที่ปรับให้มีไขมัน 4% (กก./วัน)	17.19	15.76	15.86
ไขมันในน้ำนม (%)	5.21	4.25	4.54
โปรตีนในน้ำนม (%)	3.39	3.40	3.40
ของแข็งในนมที่ไม่ใช่ไขมัน (SNF,%)	8.66	8.78	8.84
ของแข็งทั้งหมด	13.46	13.01	13.39
อัตราแลกน้ำหนัก	-0.45	-0.08	0.2
ค่าอาหาร/กก.นมที่ปรับให้มีไขมัน 4%(บาท/กก.)	4.37	4.62	4.66





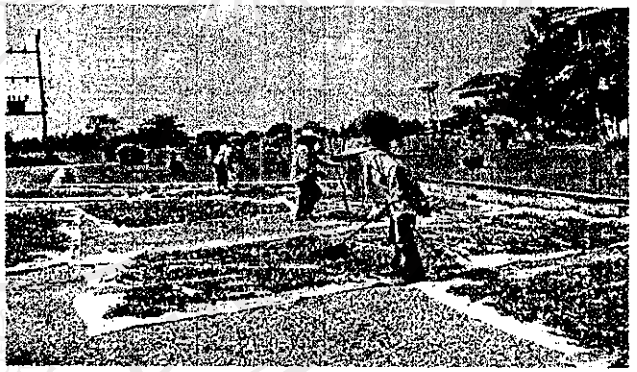
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3 อาหารหยาบผสมที่ประกอบด้วยหญ้ารูซี่แห้งเสริมแหล่งโปรตีนและพลังงานจากใบมันสำปะหลังหมักหรือใบมันสำปะหลังแห้ง

	สูตร 1		สูตร 2		สูตร 3	
	กก./วัน	ร้อยละ	กก./วัน	ร้อยละ	กก./วัน	ร้อยละ
หญ้ารูซี่แห้ง	8.0	72.7	8.0	72.7	8.0	59.3
กากน้ำตาล	1.0	9.1	1.0	9.1	1.0	7.4
ข้าวโพดบด	0.5	4.6	0.6	5.9	0.6	4.4
กากถั่วเหลือง	0.3	2.7	0.2	1.8	0.2	1.5
รำละเอียด	1.2	10.9	0.2	1.8	0.2	1.5
ใบมันแห้ง	-	-	1.0	9.1	-	-
ใบมันหมัก	-	-	-	-	3.5	25.9
รวมปริมาณที่ให้						
(กก.นน.สด/วัน)	11		11		13.5	
(กก.นน.แห้ง/วัน)	9.61		9.63		9.70	

อาหารหยาบผสมมีโปรตีน 8.41, 8.57 และ 9.22% มีพลังงาน (TDN)ร้อยละ 60.64, 60.38 และ 63.00 %

หมายเหตุ : โคทุกกลุ่มได้รับอาหารข้นชนิดเม็ด (โปรตีน 20%) ที่มีขายในท้องตลาดเสริมในอัตรา 1 กก./น้ำนม 2.5 กก.



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2 คุณค่าทางโภชนะของใบมันสำปะหลังหมักและแห้งเทียบกับใบมันสำปะหลังสด

ร้อยละ	ใบมันสด	ใบมันหมัก[2/]	ใบมันแห้ง
วัตถุแห้ง	23.92	29.8	91.69
โปรตีน[1/]	18.98	13.91	18.45
ไขมัน[1/]	9.43	11.02	5.22
เถ้า[1/]	6.28	9.67	8.24
ผนังเซลล์[1/] (NDF)	42.55	37.28	40.77

[1/] ร้อยละของวัตถุแห้ง [2/]หมักร่วมกับรำละเอียดและน้ำในอัตรา 100:20:20

273

วิธีทำใบมันสำปะหลังแห้ง

หักยอดยาวประมาณ 30 – 50 ซม. นำมาห่นเป็นชิ้นขนาด 2.5 – 5 ซม. แล้วตากแดด กลับวันละ 2 – 3 ครั้ง ตากประมาณ 2 วันจนแห้ง เก็บใส่ถุงไว้ใช้

ลักษณะของใบมันสำปะหลังหมักที่ดี

มีสีเขียวปนน้ำตาล มีกลิ่นหอมของกรดแลกติก ไม่มีกลิ่นเหม็นของกรดบิวทีริก มีลักษณะของใบและก้านครบ ไม่มีเมือกลื่นหรือเปื่อยยุ่ย อาจมีเชื้อราบ้างเล็กน้อยบริเวณปากถุง (ถ้าดูดอากาศออกไม่ดี)

ลักษณะของใบมันสำปะหลังแห้งที่ดี

มีสีเขียว มีกลิ่นหอม ไม่มีกลิ่นเหม็นเน่า มีลักษณะของใบและก้านครบ

การนำไปใช้เป็นอาหารโคนม

จากการทดลองใช้ใบมันสำปะหลังตากแห้งหรือใบมันสำปะหลังที่หมัก (ร่วมกับรำละเอียดในอัตรา 20%) เป็นแหล่งโปรตีนเสริมหญ้ารูซี่เพื่อผลิตอาหารหยาบผสม โดยใช้ข้าวโพดและกากน้ำตาลเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตเลี้ยงโครีดนมน้ำหนักตัวประมาณ 500 กก. ให้น้ำนมประมาณ 16 กก./วัน โดยให้โคได้รับอาหารดังตารางที่ 3 ร่วมกับอาหารข้นวันละ 6 กก. พบว่า โคสามารถให้ผลผลิตน้ำนมและมีส่วนประกอบของน้ำนมที่ดีใกล้เคียงกับอาหารหยาบผสมที่ใช้หญ้าแห้งเสริมรำละเอียดและกากถั่วเหลือง (ดังตารางที่ 4)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เนื้อหาโดยสรุปของการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการ

การฝึกอบรม 3 ครั้งแรกเป็นการแนะนำเรื่องการจัดการด้านอาหารแก่โครีดนมให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งเสนอในรูปแบบ PowerPoint ผ่านเครื่องฉายวีดีทัศน์ เป็นเวลาประมาณ 30 นาที หลังจากนั้นทำการสาธิตการผสมอาหารผสมครบส่วน 2 สูตร ที่มีฟางข้าวและหญ้ารูซี่แห้งเป็นอาหารหยาบหลัก

	สูตร 1	สูตร 2
	(กก./วัน)	
หญ้ารูซี่แห้ง	2.5	5
ฟางข้าว	5.0	-
ข้าวโพดบด	2.0	2
ใบกระถินแห้ง	1.5	1.5
กากน้ำตาล	1.5	1.5
แร่ธาตุ	0.1	0.1
อาหารข้น	9	9

ซึ่งอาหารทั้ง 2 สูตรนี้ เหมาะสำหรับโคที่ให้นมประมาณ 12 และ 18 กก./วัน ตามลำดับ

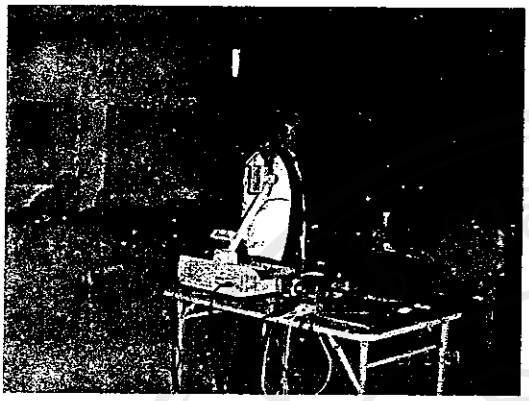
ในระหว่างการสาธิตมีเกษตรกรหลายรายให้ความสนใจโดยมีข้อซักถามเกี่ยวกับสูตรอาหารและความรู้ทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับการจัดการอาหารแก่โครีดนม รวมทั้งจดบันทึกสูตรอาหารและรายละเอียดที่ตนเองสนใจ หลังจากจบการสาธิตได้ทำการจับฉลากมอบอาหารที่ผสมเสร็จแล้วแก่เกษตรกรเพื่อให้นำไปทดลองใช้

ข้อซักถามของเกษตรกร ได้แก่

1. นอกจากการใช้ฟางข้าวและหญ้าแห้งแล้ว สามารถใช้วัสดุเศษเหลือที่มีในท้องถิ่น เช่นเปลือกถั่วเหลืองแทนได้หรือไม่
2. อาหารที่ผสมเสร็จแล้วสามารถเก็บไว้ได้นานเท่าไร
3. กากน้ำตาลที่ใช้ผสมหาซื้อได้ที่ไหน ต้องนำมาละลายในน้ำก่อนนำมาใช้หรือไม่
4. อาหารสูตรนี้เหมาะกับโคที่ให้น้ำนมเท่าไร และให้ในปริมาณเท่าไร
5. กระถินที่ใช้เอามาจากไหน นำส่วนใดมาใช้ วิธีการผลิตกระถินแห้งทำอย่างไรบ้าง
6. กระถินที่ใช้ต่างจากกระถินป่นที่ขายตามท้องตลาดอย่างไรบ้าง
7. กระถินใส่ลงไปเพื่ออะไร
8. ยูเรียในสูตรอาหารควรมีในปริมาณเท่าไร มีความสำคัญอย่างไร
9. ต้นทุนค่าอาหารต่อกิโลกรัมเป็นเท่าไร
10. ฟางหรือหญ้าแห้งที่นำมาใช้ทำไมต้องหั่น ถ้าไม่หั่นได้หรือไม่

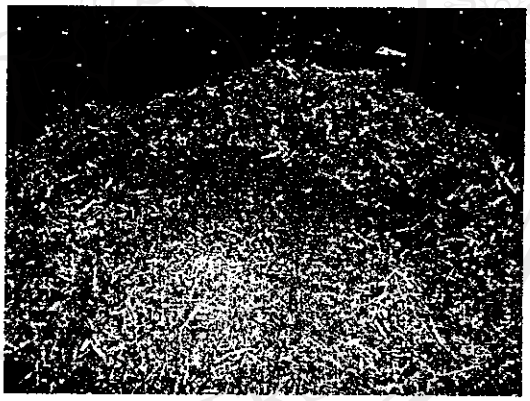
ซึ่งคำถามดังกล่าว วิทยากรได้อธิบายให้แก่เกษตรกรและผู้รับฟังจนเป็นที่เข้าใจ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



บรรยายเรื่องการให้อาหารโครีดนม
โดย ดร.สมคิด

สาธิตการผสมอาหารครบส่วน
ที่มีฟางข้าวเป็นอาหารหยาบ



อาหารหยาบและอาหารข้นก่อนทำการผสม

บรรจุอาหารผสมครบส่วนที่ผสมเสร็จลงในกระสอบ

เกษตรกรบ้านข้าวตอกใหม่ ต.หนองแหย่ง
อ.สันทราย จ.เชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สาธิตการผสมอาหารผสมครบส่วนให้แก่เกษตรกร
บ้านห้วยทราย ต.ห้วยทราย อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่

สูตรอาหารที่มีหญ้ารูซี่แห้งเป็นอาหารหยาบ

บรรจุอาหารที่ผสมเสร็จลงในกระสอบ

การให้คำบรรยายแก่เกษตรกรบ้านเจดีย์แม่ครัว
ต.แม่แฝกใหม่ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่

สาธิตการผสมอาหารพร้อมกับการอธิบาย

เปิดโอกาสให้เกษตรกรมีส่วนร่วมในการสาธิต
และซักถาม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เนื้อหาการฝึกอบรมครั้งที่ 4 – 6 คล้ายคลึงกับ 3 ครั้งแรก แต่เปลี่ยนสูตรอาหารผสมครบส่วนที่ทำการสาธิตเป็นสูตรที่มีฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลัก โดยผสมสูตรละ 10 กก. ประกอบด้วย

	สูตร 1 (กก.)	สูตร 2 (กก.)		สูตร 1 (กก.)	สูตร 2 (กก.)
ฟางข้าว	6.0	6.0	ใบกระถินแห้ง	1.5	-
กากน้ำตาล	1.0	1.0	รำละเอียด	-	1.2
ข้าวโพดบด	0.8	0.8	กากถั่วเหลือง	-	0.3

สูตรอาหารเพิ่มคุณภาพอาหารหยาบ (forage booster)

%	สูตร 1	สูตร 2
ข้าวโพดบด	34	34
ใบกระถินแห้ง	-	56
กากน้ำตาล	9	9
รำละเอียด	47	1.2
กากถั่วเหลือง	-	0.3

<u>วิธีการให้</u>

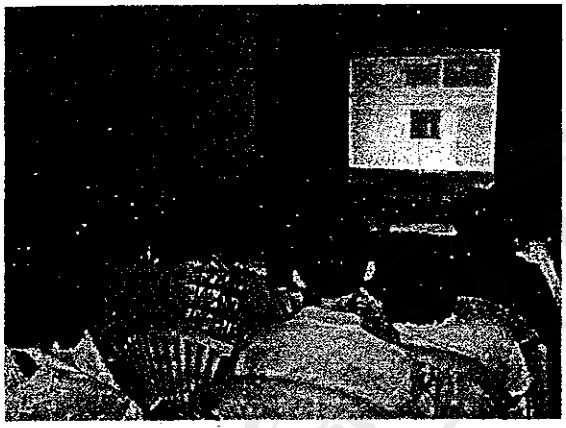
1. ให้อาหารหยาบเต็มที่
   - ฟาง/หญ้าแห้ง 5-6 กก. หรือ
   - หญ้าสด 25 -30 กก.
2. ให้อาหารเสริมคุณภาพ วันละ 2 ครั้ง ครั้งละ 1-1.5 กก.
3. ให้อาหารข้นเสริมในอัตราดังนี้
   - หญ้าสด 2.5 : 1
   - หญ้าแห้ง 2.2 – 2.5 : 1
   - ฟางข้าว 2 : 1

สำหรับ**ข้อซักถามของเกษตรกร** ได้แก่

1. อาหารที่ผสมแล้ววัวจะกินได้มากน้อยเท่าไร
2. เราจะรู้ได้อย่างไรว่าวัวจะกินพอกับความต้องการหรือไม่
3. ต้องให้อาหารข้นเพิ่มเท่าใด
4. ฟางที่นำมาใช้ทำไมต้องหั่น ถ้าไม่หั่นได้หรือไม่
5. อาหารที่ผสมเสร็จแล้วสามารถเก็บไว้ได้นานเท่าไร
6. กากน้ำตาลที่ใช้ผสมหาซื้อได้ที่ไหน ต้องนำมาละลายในน้ำก่อนนำมาใช้หรือไม่
7. อาหารสูตรนี้เหมาะกับโคที่ให้น้ำนมเท่าไร และให้ในปริมาณเท่าไร
8. กระถินที่ใช้เอามาจากไหน นำส่วนใดมาใช้ วิธีการผลิตกระถินแห้งทำอย่างไรบ้าง
9. กระถินที่ใช้ต่างจากกระถินป่นที่ขายตามท้องตลาดอย่างไรบ้าง
10. กระถินใส่ลงไปเพื่ออะไร
11. ยูเรียในสูตรอาหารควรมีในปริมาณเท่าไร มีความสำคัญอย่างไร
12. ต้นทุนค่าอาหารต่อกิโลกรัมเป็นเท่าไร

คำถามเหล่านี้ คณะวิทยากรได้อธิบายจนเป็นที่เข้าใจ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



นำเสนอ โดยใช้เครื่องฉายวีดีทัศน์

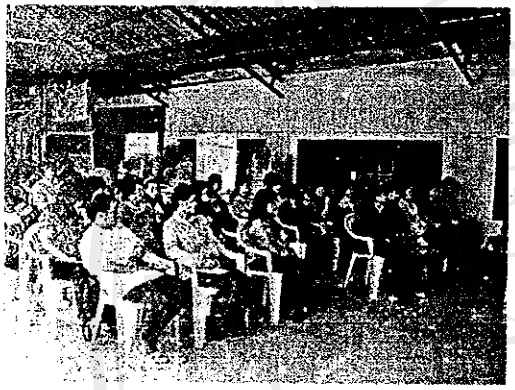
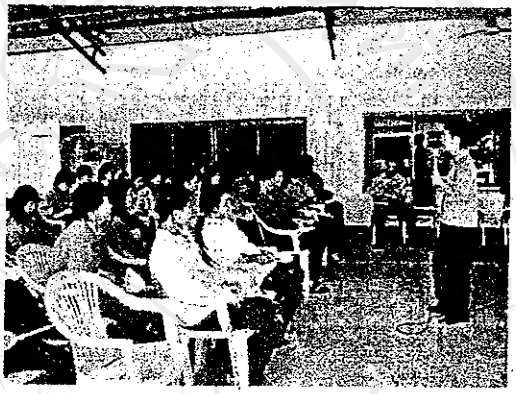
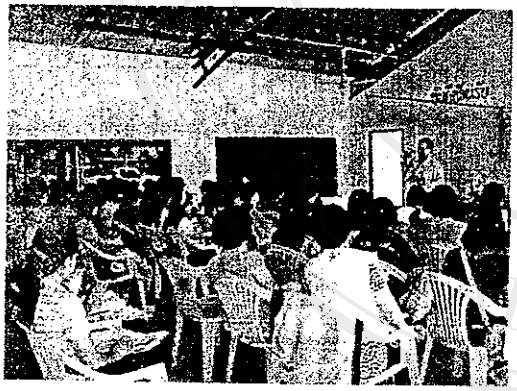
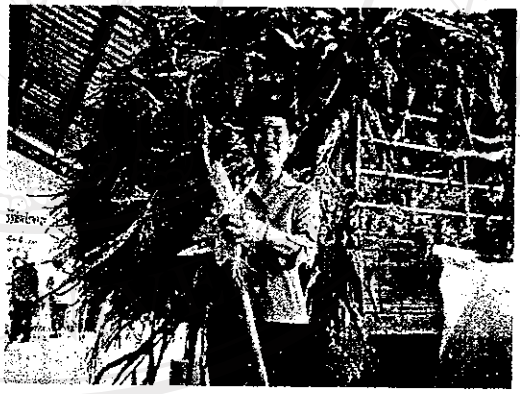
แนะนำวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้ในสูตร

สาธิตการผสมอาหารอาหารครบส่วน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนการฝึกอบรมครั้งที่ 7 นั้น ได้จัดให้แก่กลุ่มแม่บ้านสหกรณ์โคนมไชยปราการ เมื่อวันที่ 19 เมษายน 2548 โดยมีเนื้อหาทั้งในแง่ของการทำข้าวโพดหมักและการผลิตอาหารหยาบผสมคุณภาพดี พร้อมทั้งสาธิตวิธีการทำและให้เกษตรกรได้ฝึกหัดทำเองด้วย

ในการนี้ได้แจกเอกสารส่งเสริมที่เป็นผลงานของโครงการ จำนวน 4 เรื่อง ให้แก่เกษตรกรทุกคน เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีการทดลองและวิธีวิเคราะห์

1. การวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ (โครงการย่อยที่ 6)
2. การวิเคราะห์หาปริมาณยูเรีย
3. การหาค่าการย่อยได้และค่าพลังงานโดยทดลองกับตัวสัตว์ (in vivo)
4. การหาค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้งโดยใช้เทคนิคถุงไนล่อน (nylon bag technique)
5. การหาค่าพลังงานการย่อยสลายโดยวิธีวัดปริมาตรแก๊ส (gas production technique)
6. การประเมินคุณภาพพืชหมักโดยใช้ประสาทสัมผัส (Organoleptic test)
7. การวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของพืชหมัก
8. การวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน
9. วิธีวิเคราะห์หาปริมาณกรดอินทรีย์ (organic acid) โดยวิธีการกลั่น
10. วิธีวิเคราะห์หาปริมาณยูเรียในนม

การวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ (โครงการย่อยที่ 6)

เตรียมสารละลายมาตรฐานของฟอร์มัลดีไฮด์ โดยเจือจางฟอร์มาลินด้วยน้ำกลั่นให้มีความเข้มข้น 3 ระดับคือ 50, 100 และ 200 ppm ของฟอร์มัลดีไฮด์ นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วย spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 405 นาโนเมตร แล้วสร้างเป็นสมการ regression เพื่อทำนายระดับฟอร์มัลดีไฮด์ในสารละลาย ชั่งตัวอย่างกากถั่วเหลืองที่ผ่านการทรีตด้วยฟอร์มัลดีไฮด์ซึ่งได้บดผ่านตะแกรงขนาด 1 มล. ไว้แล้ว จำนวน 10 ก. ใส่ลงใน Kjeldahl flask ขนาด 750 มล. เติมน้ำกลั่น 100 มล. ทำการกลั่นอย่างช้า ๆ ให้ได้ปริมาณ 50 มล. ปิเปตมา 1 มล. เติมน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ได้ 100 มล. ปิเปตสารละลายนั้นมา 10 มล. เติมน้ำกลั่น 10 มล. และเติม Nash's reagent[1/] 20 มล. เพื่อวัดค่าดูดกลืนแสงเช่นเดียวกับสารละลายมาตรฐาน นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่เหลือโดยใช้สมการ regression ข้างต้น

ค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์และค่าดูดกลืนแสง โดยใช้ spectrophotometer จากผลการวิเคราะห์ standard ได้สมการ r egression $y = 1.13 + 25.47x$ โดยที่ y = ปริมาณ formaldehyde ; x = ค่า absorbent

treatment	%	หัก blank(x)	y=1.13+25.47x	ppm	หัก control 126
0.9	0.312	0.212	6.530	653	527
	0.292	0.192	6.020	602	476
	0.313	0.213	6.555	656	530
1.2	0.39	0.29	8.516	852	726
	0.395	0.295	8.644	864	738
	0.43	0.33	9.535	954	828
1.5	0.43	0.33	9.535	954	828
	0.455	0.355	10.172	1017	891
	0.462	0.362	10.350	1035	909
0.9-5 min	0.185	0.088	3.371	337	211
	0.185	0.088	3.371	337	211
	0.2	0.103	3.753	375	249

[1/] Nash's reagent เตรียมโดย ละลาย 150 g NH_4CH_3COO, 3 ml CH_3COOH และ 2 ml acetylacetone ในน้ำกลั่น 200-300 ml แล้วปรับให้ได้ปริมาตร 1 l ของ volumetric flask.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

treatment	%	หัก blank(x)	y=1.13+25.47x	ppm	หัก control 126
0.9-10 min	0.19	0.093	3.499	350	224
	0.205	0.108	3.881	388	262
	0.215	0.118	4.135	414	288
1.2-5 min	0.275	0.178	5.664	566	440
	0.25	0.153	5.027	503	377
	0.255	0.158	5.154	515	389
1.2-10 min	0.255	0.158	5.154	515	389
	0.25	0.153	5.027	503	377
	0.25	0.153	5.027	503	377
1.5-5 min	0.255	0.158	5.154	515	389
	0.32	0.223	6.810	681	555
	0.315	0.218	6.682	668	542
1.5-10 min	0.275	0.178	5.664	566	440
	0.31	0.213	6.555	656	530
	0.265	0.168	5.409	541	415
.9t	0.141	0.041	2.174	217	91
	0.16	0.06	2.658	266	140
	0.164	0.064	2.760	276	150
1.2t	0.176	0.076	3.066	307	181
	0.182	0.082	3.219	322	196
	0.18	0.08	3.168	317	191
1.5t	0.195	0.095	3.550	355	229
	0.195	0.095	3.550	355	229
	0.21	0.11	3.932	393	267

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์หาปริมาณยูเรีย

(อ้างโดยบุญล้อมและบุญเสริม, 2525)

หลักการ

ใช้วิเคราะห์หายูเรียที่ผสมในอาหารไม่เกิน 10% โดยจะใช้ผงถ่านเป็นตัวดูดสารอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ยูเรีย แล้วทำให้ตกตะกอนโดย Carrez solution ส่วนที่เหลือจากการกรองจะถูกทำปฏิกิริยากับ 4-Dimethylaminobenzaldehyde จากนั้นนำไปวัดความเข้มแสงที่ความยาวคลื่น 420 nm เพื่อนำมาคำนวณหาความเข้มข้นของยูเรีย

สารเคมีที่ใช้

1. Activated carbon, R.G. ที่ไม่ดูดซึมยูเรีย
2. Carrez solution I และ II ซึ่งเตรียมโดย
   - Carrez solution I : ชั่ง Zinc acetate $(CH_3COO)2\bullet Zn2H2O$ 21.9 ก. ใส่ในขวดตวง (Volumatic flask) ขนาด 100 ml. แล้วเติมกรด gracial acetic (CH_3COOH) 3 ก. ใช้น้ำกลั่นปรับปริมาตรให้เป็น 100 ml.
   - Carrez solution II : ชั่ง $K_4Fe(CN)_6\bullet 3H_2O$ มา 10 ก. ใส่ในขวดตวงขนาด 100 ml. เติมน้ำจนถึงขีด
3. สารละลาย 4DMAB เตรียมโดยชั่ง 4-dimethylaminobenzadehyde มา 1.6 ก. แล้วใช้ ethanol 96% V/V ปรับให้ได้ปริมาตร 100 ml. เติม HCl (D 1.19) ลงไป 10 ml. สารที่เตรียมนี้ต้องใช้ภายใน 2 อาทิตย์เท่านั้น
4. urea solution 0.1% g/v

วิธีการ

วิธีเตรียมตัวอย่างอาหารสัตว์ที่จะทดสอบ

ชั่งตัวอย่างมา 2 ก. และชั่งผงคาร์บอน 1 ก. ใส่ลงในขวดขนาด 500 ml. เติมน้ำกลั่น 400 ml. และ Carrez solution I และ II อย่างละ 5 ml. เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่าเป็นเวลา 30 นาที แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 500 ml. เขย่าให้เข้ากันอีกครั้ง นำไปกรองผ่านกระดาษกรอง

วิธีเตรียมสารละลายมาตรฐาน

ดูดสารละลาย urea 0.1% g/v มา 1, 2, 4, 5, 10 ml. ใส่ลงในขวด 100 ml. อย่างละขวด ทำการปรับปริมาตรให้ได้ 100 ml. ดังนั้นขวดแต่ละใบจะมีความเข้มข้นเป็น 0.001, .002, .004, .005, .010% ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ขั้นตอนการทำ

1. ดูดสารละลายตัวอย่างอาหารที่กรองแล้วมา 5 ml. ใส่ลงใน tube แล้วดูดสารละลาย 4DMAB 5 ml. ผสมลงไป เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 5 นาที
2. ดูดสารละลายมาตรฐานที่เตรียมไว้มาอย่างละ 5 ml. และใส่สาร 4 DMAB 5 ml. ทำเช่นเดียวกับข้อ 2
3. หลังจากทิ้งไว้ 5 นาที นำตัวอย่างอาหารและสารละลายมาตรฐานรวมทั้ง blank ซึ่งใช้น้ำกลั่น 5 ml. นำทั้งหมดไปวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 nm

การคำนวณ

นำค่าความเข้มข้นมาตรฐานมา plot graph เพื่อได้ standard curve แล้วนำไปใช้คำนวณหาค่าความเข้มข้นของตัวอย่างได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การหาการย่อยได้และค่าพลังงานโดยทดลองกับตัวสัตว์ (*in vivo*)

ดัดแปลงจาก Schneider and Flatt (1975)

ใช้โคลูกผสมพื้นเมืองโฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน ระดับสายเลือด 75% ที่อยู่ในระยะนมแห้ง แต่ไม่อุ้มท้อง จำนวน 4 ตัว น้ำหนักเริ่มต้นประมาณ 445 ± 69.64 กก. เลี้ยงผูกยืนโรงในซองขังเดี่ยวมีรางน้ำและรางอาหารอยู่ด้านหน้าของตัวโค รางน้ำเป็นรางอัตโนมัติ ถ่ายพยาธิด้วยยา Ivomec® ในอัตรา 9 cc/ตัว และฉีดวิตามิน AD_3E ในอัตรา 5 cc ต่อน้ำหนักตัว 100 กก. ให้กับโคก่อนทำการทดลอง

ในกรณีของแกะ ใช้แกะลูกผสมพื้นเมือง x Merino เพศผู้ จำนวน 6 ตัว นำมาตัดขนและถ่ายพยาธิด้วยยา Ivomex® 1 มล./ตัว การทดลอง (metabolism cage) เป็นกรงขังเดี่ยวยกพื้นขนาด 80x40x75 ซม. มีรางอาหารและก๊อกน้ำอยู่ด้านหน้าเพื่อให้แกะกินน้ำได้ตลอดเวลา มีที่รองรับมูลและปัสสาวะแยกกันอยู่ใต้กรง อาหารชั่งน้ำหนักสัตว์เมื่อเริ่มและสิ้นสุดการทดลอง เป็นเวลา 3 วันติดต่อกัน

นำอาหารที่ต้องการศึกษามาให้สัตว์กินวันละ 2 ครั้ง คือ 8.00 และ 16.00 น. (ให้แร่ธาตุผสมด้วยวันละ 80 ในโค และ 10 ก.ในแกะ) แบ่งระยะการทดลองออกเป็น 2 ระยะดังนี้ :-

ระยะเริ่มแรก (preliminary period) ใช้เวลา 21 วัน โดย 14 วันแรกจะให้สัตว์กินอาหารอย่างเต็มที่ เพื่อวัดปริมาณอาหารที่สัตว์กินได้ (voluntary feed intake, VFI) หลังจากนั้นอีก 7 วัน ให้สัตว์กินอาหารในปริมาณ 90% ของปริมาณอาหารที่กินได้เต็มที่เพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้มีอาหารเหลือในช่วงระยะเก็บข้อมูล

ระยะเก็บข้อมูล (collection period) ใช้เวลา 5 วัน ให้โคกินอาหารนั้นในปริมาณ 90% ของที่กินได้เต็มที่ เก็บตัวอย่างอาหารที่ให้กินทุกวัน ๆ ละ 1 ครั้ง ส่วนอาหารเหลือจะเก็บทุกครั้งก่อนให้อาหารมื้อต่อไป บันทึกปริมาณมูลและปัสสาวะที่ขับออกมาวันละ 2 ครั้ง ก่อนให้อาหารเช้าและบ่าย เก็บมูลวันละ 5% และปัสสาวะวันละ 1% ของน้ำหนักที่ขับออกทั้งหมด เก็บมูลโดยใช้ถาดรองรับอยู่ด้านล่าง เก็บปัสสาวะโดยใช้กรวยครอบที่ช่องขับถ่ายปัสสาวะของตัวโค โดยมีสายยึดโยงติดกับลำตัว ให้ปัสสาวะไหลตามท่อลงสู่ถุงเก็บที่มีกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) เข้มข้น 50% ปริมาณ 200 มล./วัน (ในแกะใช้ 20 มล./วัน) เพื่อป้องการระเหยของแอมโมเนีย นำตัวอย่างมูล ปัสสาวะ อาหารที่ให้ และอาหารเหลือของโคแต่ละตัวที่เก็บในแต่ละวันสะสมไส่ไว้ในตู้แช่แข็งอุณหภูมิ -20°c เพื่อรอการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

นำตัวอย่างอาหาร มูล และปัสสาวะที่แช่แข็งมาทิ้งไว้ให้ละลายที่อุณหภูมิห้อง แบ่งตัวอย่างอาหารและมูลออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกนำไปอบที่อุณหภูมิ 60°c เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มม. เพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีโดยวิธี proximate analysis วิเคราะห์เยื่อใยโดยวิธี detergent method และวิเคราะห์พลังงานในอาหารและมูลโดยใช้เครื่อง IKA

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

C400 adiabatic bomb calorimeter อีกส่วนหนึ่งนำไปวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนจากตัวอย่างสด เพื่อนำไปคำนวณหาสมดุลไนโตรเจน (N-balance) ของโคทดลอง ดังสมการ

สมดุลไนโตรเจน (ก./วัน) = ไนโตรเจนที่กิน (ก./วัน) - ไนโตรเจนในมูล (ก./วัน) - ไนโตรเจนในปัสสาวะ (ก./วัน)

- คำนวณค่าการย่อยได้ของโภชนะแต่ละชนิดจากสมการ

$$\text{โภชนะที่ย่อยได้ (\%)} = \frac{\text{โภชนะที่กิน (ก.) - โภชนะที่ขับออกในมูล (ก.)}}{\text{โภชนะที่กิน (ก.)}} \times 100$$

- คำนวณค่าโภชนะย่อยได้ทั้งหมด (total digestible nutrient, TDN) โดยใช้สูตร

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

เมื่อ DCP DNDF DNFC และ DEE คือปริมาณโปรตีน NDF NFC และไขมันที่ย่อยได้ตามลำดับ (ก./100 ก.)

สำหรับค่าพลังงานย่อยได้ (digestible energy, DE) พลังงานเมแทบอไลซ์ (metabolizable energy, ME) และพลังงานสุทธิ (net energy for lactation, NEL) คำนวณจาก TDN โดยใช้สูตรของ NRC (1988) และสูตรที่ดัดแปลงจาก NRC (1988) ดังนี้คือ

$$DE\ (Mcal/kg) = 0.04409\ TDN$$

$$ME\ (Mcal/kg) = -0.45 + 0.04453\ TDN^{*}$$

$$NEL\ (Mcal/kg) = 0.0245\ TDN - 0.12$$

หรือคำนวณจาก DE โดยใช้สูตร

$$ME\ (Mcal/kg) = -0.45 + 1.01\ DE$$

$$NEL\ (Mcal/kg) = 0.556\ DE - 0.12^{*}$$

หมายเหตุ : * คือสูตรที่ดัดแปลงจาก NRC (2001)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การหาค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้งโดยใช้เทคนิคถุงไนลอน (nylon bag technique)

วิธีการของ Ørskov *et al.* (1988)

การเตรียมตัวอย่าง นำตัวอย่างอาหารมาอบที่อุณหภูมิ 60°c เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นบดผ่านตะแกรงขนาด 2 มม.

สัตว์ทดลอง แม่โคนมแห้งไม่อุ้มท้อง พันธุ์ลูกผสมพื้นเมืองโฮลสไตน์ ฟรีเซี่ยน ระดับสายเลือด 75% จำนวน 4 ตัว ซึ่งเป็นโคที่เจาะกระเพาะรูเมนไว้แล้ว เลี้ยงผูกยืนโรงในซองขังเดี่ยว มีรางอาหารและรางน้ำอยู่ด้านหน้า ได้รับอาหารหยาบและอาหารข้นในอัตราประมาณ 60 : 40 ของวัตถุแห้ง (สัดส่วนนี้อาจปรับเปลี่ยนได้ตามสภาพความสมบูรณ์ของแม่โค ข้อสำคัญคือควรให้มีโภชนะเพียงพอต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน) ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง คือ เวลา 8.00 น. และ 16.00 น.

วิธีการทดลอง ใช้ถุงไนลอนที่มีขนาด 7 x 15 ซม. มีขนาดรูผ้า (pore size) 40 – 60 μm ก่อนบรรจุอาหารลงถุงได้ทำการอบถุงที่อุณหภูมิ 60°c เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วนำไปชั่งจดบันทึกน้ำหนักถุง (W_1) ชั่งตัวอย่างประมาณ 3 ก. (W_2) ใส่ในถุงไนลอน ผูกถุงอาหารติดกับสายยางเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 ซม. ยาวประมาณ 40 ซม. แล้วจุ่มแช่ในกระเพาะรูเมนที่ช่วงเวลาต่าง ๆ กัน คือ 4, 8, 12, 24, 48,72 และ 96 ชั่วโมง จากนั้นนำถุงทั้งหมดออกจากกระเพาะรูเมนพร้อมกัน นำมาล้างน้ำสะอาดเพื่อเอาเศษอาหารที่ติดมาออก แล้วล้างในเครื่องซักผ้าเป็นเวลา 15 นาที นำถุงที่สะอาดแล้วไปอบที่อุณหภูมิ 60°c เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักเป็นน้ำหนักของถุงและตัวอย่างที่เหลือ (W_3) ส่วนค่า washing loss (A) หาโดยชั่งตัวอย่างใส่ถุงไนลอนอีก 2 ถุง นำไปแช่ในอ่างน้ำอุ่น (water bath) ที่อุณหภูมิ 39°c เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยทำในช่วงเวลาใกล้เคียงกับที่จะนำถุงไนลอนออกจากกระเพาะรูเมน คำนวณเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งที่หายไป (% dry matter disappearance) ดังสมการ

$$\%DM\ disappearance = \frac{(W_1 + W_2 - W_3)}{W_2} \times 100$$

เมื่อ W_1 = น้ำหนักถุง (ก.)

W_2 = น้ำหนักตัวอย่างอาหารเริ่มต้น (ก.)

W_3 = น้ำหนักถุง และตัวอย่างอาหารที่เหลือในถุงหลังอบ (ก.)

นำค่า %DM disappearance ที่ชั่วโมงต่าง ๆ ไปเข้าโปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY เพื่อคำนวณหาค่าการย่อยได้โดยใช้สมการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$P = a + b\,(1 - e^{-ct})$$

เมื่อ P = การย่อยสลายของโภชนะที่เวลา t (degradation at time t)

A = ส่วนที่ละลายได้ทันที (immediately soluble material or washing loss,%)

B = ส่วนที่ไม่ละลายแต่สามารถหมักย่อยได้ (insoluble but potentialy fermentable material,%)

A + B = ค่าการย่อยได้สูงสุดของวัตถุแห้ง (potential degradability,%)

a = ค่าของเส้นกราฟที่ตัดแกน y

b = (A + B) – a

c = ค่าคงที่ของอัตราการย่อยสลาย (degradation rate constant, fraction/h)

e = ค่าคงที่ logarithm

t = ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง

L = ระยะเวลาที่รอให้จุลินทรีย์เข้าสัมผัสอาหารและทำการย่อยสลาย (lag phase)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การหาค่าการย่อยสลายโดยวิธีวัดปริมาณแก๊ส (gas production technique)

วิธีการของ Menke and Steingass (1988) and Bluemmel and Ørskov (1993)

การเตรียม rumen liquor buffer ให้เติมสารละลายต่อไปนี้ตามลำดับ ดังตารางข้างล่าง เริ่มโดยผสมสารละลายหมายเลข 1 – 5 ก่อนเก็บน้ำรูเมน (rumen fluid) แช่สารละลายในอ่างน้ำอุ่นควบคุมอุณหภูมิที่ 39 องศาเซลเซียส คนด้วย magnetic stirrer ทำให้มีสภาพไร้ออกซิเจนโดยผ่านแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ลงไปตลอดเวลา จากนั้นเติมสารละลาย reduction solution ลงไป สีของสารละลายจะค่อย ๆ เปลี่ยนจากสีฟ้า เป็นสีชมพู และไม่มีสี ตามลำดับ ซึ่งหมายถึงเกิด reduction อย่างสมบูรณ์แล้ว จากนั้นจึงค่อยเติม rumen fluid ที่เก็บได้จากโคลูกผสมขาวดำที่เจาะกระเพาะไว้แล้วจำนวน 3 ตัว และได้กรองเอาเศษอาหารออกแล้วลงไป โคทดลองครั้งนี้มีน้ำหนักประมาณ 500 กก. และได้รับสูตรอาหารที่ประกอบด้วย หญ้าแห้ง (4 กก.) หญ้าสด (14 กก.) อาหารข้น (1 กก.) ให้โคกินอาหารอย่างเต็มที่ โดยให้อาหารวันละ 2 เวลา คือ 8.30 และ 16.00 น. ภายในคอกมีน้ำ และก้อนแร่ธาตุ ให้โคเลียกินตลอดเวลา

ส่วนผสม	ปริมาตร (มล.) ต่อ 1 หลอด
1. น้ำกลั่น	14
2. Buffer solution	10
3. Macro mineral solution	5
4. Resazurine solution	0.025
5. Micro mineral solution	0.0025
6. Reduction solution	1
7. Rumen fluid	10

วิธีการทดลอง ชั่งตัวอย่างอาหารให้ได้น้ำหนักแห้ง 200 มก. ใส่ลงในหลอดแก้ว (glass syringe) ขนาดใหญ่ที่มีขีดบอกปริมาตรข้างหลอด แต่ละตัวอย่างทำ 3 ซ้ำ ใช้วาสลีนทาแกน (piston) แล้วสอดในหลอดแก้ว ในการทดลองทุกครั้งจะต้องมีตัวอย่างมาตรฐานอย่างน้อย 2 ตัวอย่าง คือ อาหารหยาบ และอาหารข้นซึ่งทราบค่าแก๊สแล้ว เพื่อใช้ตรวจสอบกิจกรรมของจุลินทรีย์ในน้ำรูเมนว่าเป็นปรกติหรือไม่ และต้องมี blank (หลอดเปล่าไม่มีตัวอย่างอาหาร) สำหรับใช้หักลบเพื่อคำนวณปริมาตรแก๊สสุทธิที่เกิดขึ้น ดำเนินการตามขั้นตอนต่าง ๆ ดังแผนภาพ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$GP_t(ml/200\ mgDM) = \frac{(V_t - V_0 - GP_0) \times 200 \times (F_H + F_C)/2}{W}$$

เมื่อ GP_t = ปริมาตรแก๊สสุทธิที่เกิดจากการบ่มอาหาร 200 มก. (วัตถุแห้ง) เป็นเวลา t ชั่วโมง

V_t = ปริมาตรที่อ่านได้ข้างหลอด ณ เวลา t ชั่วโมง

V_0 = ปริมาตรเริ่มต้น

GP_0 = ค่าเฉลี่ยของแก๊สที่เกิดขึ้นในหลอด blank ณ เวลา t ชั่วโมง

W = น้ำหนักแห้งของตัวอย่างอาหารทดลอง

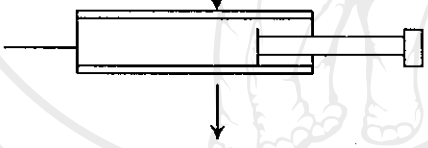
$F_H = 44.16 / (GP_H - GP_0)$; roughage correction factor

$F_c = 62.6 / (GP_c - GP_0)$; concentrate correction factor

GP_H = ปริมาตรแก๊สสุทธิที่เกิดจากการบ่มอาหารหยาบมาตรฐาน

GP_c = ปริมาตรแก๊สสุทธิที่เกิดจากการบ่มอาหารข้นมาตรฐาน

ชั่งตัวอย่างอาหาร และตัวอย่างมาตรฐานใส่หลอดละ 200 มก. และเตรียมหลอด blank



อุ่นในตู้อบที่อุณหภูมิ 39°c

เติม rumen liquor buffer ลงไป 30 มล.ต่อหลอด

ไล่อากาศออกให้หมด อ่านปริมาตรบันทึกเป็นปริมาตรเริ่มต้น (V_0)

incubate ในอ่างน้ำอุ่นอุณหภูมิ 39 °c

อ่านค่าแก๊สที่เกิดขึ้นตามระยะเวลา 4, 6, 8, 12, 24, 48. 72 และ 96 ชั่วโมง

บันทึกปริมาตร(สารละลาย+แก๊ส) เป็น V_4, V_6, V_8, V_{12}, V_{24}, V_{48}, V_{72} และ V_{96}ตามลำดับ

คำนวณค่าแก๊สสุทธิ ที่เกิดขึ้นที่ระยะเวลาต่าง ๆ ดังสูตรข้างบน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นำค่าปริมาตรแก๊สสุทธิที่เกิดขึ้นที่ระยะเวลาต่าง ๆ ไปเข้าสมการ exponential ที่เสนอโดย Bluemmel and Ørskov (1993) เพื่อคำนวณอัตราการเกิดแก๊ส ดังสมการ

$$P = a + b(1 - e^{-ct})$$

เมื่อ P = ค่าการเกิดแก๊สที่เวลา t (gas production at time t)

a = ค่า intercept A = แก๊สที่เกิดขึ้นทันที

b = (A+B)-a B = ปริมาตรแก๊สที่เกิดจากการบ่มหมัก

c = อัตราการเกิดแก๊ส (gas production rate)

นำค่าแก๊ส (GP) ที่ 24 ชั่วโมง มาคำนวณการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (OMD) พลังงาน ME และ NEL ตามสมการของ Menke and Steigass (1988)

$$OMD\ (\%) = 15.38 + 0.8453\ Gb + 0.0595\ XP + 0.0675\ XA$$

$$ME\ (MJ / kgDM) = 2.20 + 0.1357\ Gb + 0.0057\ XP + 0.0002859\ XL^2$$

$$NEL\ (MJ / kgDM) = 0.54 + 0.0959\ Gb + 0.0038\ XP + 0.0001733\ XL^2$$

เมื่อ OMD = การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ

ME = พลังงานเมตาบอไลซ์

NEL = พลังงานสุทธิเพื่อการให้นม

Gb = ค่าแก๊สที่เกิดขึ้นของตัวอย่างอาหารที่เวลา 24 ชม.

XP = ปริมาณโปรตีนในตัวอย่างอาหาร (ก. / กก.วัตถุแห้ง)

XA = ปริมาณเถ้าในตัวอย่างอาหาร (ก. / กก.วัตถุแห้ง)

XL = ปริมาณไขมันในตัวอย่างอาหาร (ก. / กก.วัตถุแห้ง)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การประเมินคุณภาพพืชหมักโดยใช้ประสาทสัมผัส (Organoleptic)

วิธีการของ Gross (1982; อ้างโดย บุญล้อมและคณะ, 2542)

เป็นวิธีการประเมินที่นิยมที่สุดเพราะทำได้ง่ายไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใด ๆ ได้ผลรวดเร็ว และผลที่ได้สามารถบอกคุณภาพของพืชหมักได้ดีพอสมควร เหมาะสำหรับใช้ในทางปฏิบัติ วิธีการมีขั้นตอนคือ

1. **หาข้อมูลทั่วไปของพืชที่นำมาหมัก** สอบถามหรือหาข้อมูลเกี่ยวกับอายุ ความแก่อ่อน การออกดอก ติดเมล็ด ระยะการตัด ฤดูกาล ตลอดจนการให้ปุ๋ยของพืชที่นำมาหมัก เพราะปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อคุณภาพของพืชหมักนอกจากนี้ยังมีผลต่อปริมาณเยื่อใย และค่าการย่อยได้ด้วย
2. **ให้คะแนนตัดสินโดยอาศัยประสาทสัมผัส**

	คะแนน
• กลิ่น (ถ้าเป็นไปได้ให้ตรวจสอบที่อุณหภูมิห้อง)	
- ปราศจากกลิ่นเน่าเสีย มีกลิ่นหอมของกรด	14
- มีกลิ่นเน่าเจือปนบาง ๆ หรือกลิ่นกรดจัด หรือมีกลิ่นน้ำตาลไหม้หอมจาง ๆ ของพืชที่ผึ่งก่อนหมัก	10
- กลิ่นเน่าแรงขึ้น หรือกลิ่นน้ำตาลไหม้ชัด	4
- กลิ่นเน่าแรง หรือมีกลิ่นแอมโมเนีย มีกลิ่นกรดจางมาก	2
- กลิ่นเน่าเสีย	0
• โครงสร้าง	
- มีใบและก้านครบ	4
- ใบ	2
- เมือกลื่น มีสิ่งเจือปน	1
- ใบและก้านยุ่ยเปื่อย หรือปนเปื้อนมาก	0
• โครงสร้าง	
- มีสีของพืชหมัก ปกติ คือเขียวอมเหลือง (ถ้าเป็นพืชหมักที่มีคุณภาพต่ำ หรือมีการผึ่งก่อนหมักสีจะค่อนทางน้ำตาลอ่อน)	2
- สีเปลี่ยนไปมาก คือ มีสีเหลืองค่อนไปทางน้ำตาล	1
- สีผิดปกติมาก คือ เขียวคล้ำออกดำ หรือเหลืองซีด หรือมีรา	0

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นำคะแนนที่ได้จาก 3 หัวข้อ มารวมกัน แล้วอ่านผลตามเกณฑ์ต่อไปนี้

คะแนน	ลำดับชั้นของพืชหมัก	การสูญเสียโภชนะของพืช
20 – 16	1 ดีมาก – ดี	น้อย
15 – 10	2 เกือบดี	ปานกลาง
9 – 5	3 ปานกลาง – เลว	สูง
4 – 0	4 เน่าเสีย	สูงมาก

หมายเหตุ เรื่องกลิ่นของพืชหมักนี้ ถ้าพืชที่นำมาหมักผ่านการตากแดดเพื่อลดความชื้นมาก่อน กลิ่นพืชหมักมักจะไม่แรง ทำให้แยกแยะได้ยาก

การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของพืชหมัก

(Bal *et al.*, 1997)

นำตัวอย่างพืชหมักประมาณ 10 ก. เติมน้ำกลั่น 200 มม. นำไปปั่นด้วยเครื่องปั่น (blender jar) เป็นเวลา 30 วินาที กรองผ่านผ้าฝ้ายบาง 2 ชั้น นำน้ำที่กรองได้ไปวัดค่า pH โดยใช้ glass electrode pH meter

การวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน

(Chen et al., 1994)

นำตัวอย่างพืชหมัก 10 ก. ไปปั่นด้วยเครื่องปั่นกับสารละลายกรดซัลฟูริคเข้มข้น 0.1 N (0.1 N H_2SO_4) จำนวน 100 มม. เป็นเวลาประมาณ 1 นาที กรองผ่านผ้าฝ้ายบาง 2 ชั้น นำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์หาแอมโมเนียโดยวิธีการกลั่นด้วยเครื่อง Tecator Auto-Kjeldah analysis และนำไปไตเตรตกับ 0.1N HCL

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีวิเคราะห์หาปริมาณกรดอินทรีย์ (organic acid) โดยวิธีการกลั่น

(Zimmer, 1966 ; อ้างโดย บุญล้อมและบุญเสริม, 2525)

ใช้พืชหมัก 30 ก. ผสมกับน้ำกลั่น 300 มล. นำไปปั่นในโถปั่น เป็นเวลานาน 2 นาที แล้วกรองผ่านผ้าขาวบาง 2 ชั้น

นำน้ำกรอง 240 มล.ใส่ในบิกเกอร์

↓

เติมน้ำปูน 24 มล. และสารละลาย $CuSO_4$ 12 มล.

↓ คนด้วย magnetic stirrer นาน 5 นาที

กรองแล้วนำของเหลวที่ผ่านการกรองจำนวน 200 มล.

↓ ใส่ในขวดก้นกลมปริมาตร 500 ml

เติมกรดกำมะถันเจือจาง (1:1) 5 มล. และใส่เกล็ดหิน (pumic stone) 3-4 ชิ้น

↓ กลั่น ใน 20 นาที

ได้สารละลาย 100 มล.แรก → phenolphthalein → ไตเตรตกับ NaOH 0.05 N (A)

↓ กลั่น ใน 10 นาที

ได้สารละลาย 50 มล. → phenolphthalein → ไตเตรตกับ NaOH 0.05 N (B)

↓

เติมสารละลาย chromic oxide 55 มล.

↓ reflux 5 นาที

หยุดปฏิกิริยาด้วยน้ำเย็น 100 ml

↓ กลั่น ใน 10 นาที

ได้สารละลาย 50 มล. → phenolphthalein → ไตเตรตกับ NaOH 0.05 N (C)

นำค่าที่ไตเตรตได้ (A, B และC) คูณด้วย 1.25 เป็นค่า D_1, D_2 และ D_3 ตามลำดับนำไปเข้าสมการเพื่อคำนวณหาปริมาณกรดอะซิติก (A) บิวทีริค (B) และแลคติก(L) (Zimmer, 1966 ; อ้างโดย บุญล้อมและบุญเสริม, 2525) ดังนี้

$$\% A = 0.0962\ D_2 - 0.0213\ D_1$$

$$\% B = 0.0431\ D_1 - 0.0680\ D_2$$

$$\% L = 0.1230\ D_3 - (0.0086\ a + 0.0029\ b)$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อ $a = 6.41D_2 - 1.42D_1$ และ

$b = 1.96D_1 - 3.09D_2$

จากนั้นนำค่ากรดแต่ละชนิดที่ได้จากสมการดังกล่าวไปคำนวณเป็นร้อยละของกรดทั้งหมด เมื่อนำคะแนนของกรดทั้ง 3 ชนิดมารวมกันแล้วเทียบเป็นคะแนนจากตารางจะสามารถประเมินคุณภาพพืชหมักได้

การตัดสินคุณภาพพืชหมัก

กรดอะซิติก[1]	คะแนน	กรดบิวทีริก[1]	คะแนน	กรดแลคติก[1]	คะแนน
0 - 15.0	20	0 - 1.5	50	0 - 20.0	-
15.1 - 20.0	18	1.6 - 3.0	30	20.1 - 25.0	0
20.1 - 24.0	16	3.1 - 4.0	20	25.1 - 30.0	2
24.1 - 28.0	13	4.1 - 6.0	15	30.1 - 34.0	4
28.1 - 32.0	10	6.1 - 8.0	10	34.1 - 38.0	6
32.1 - 36.0	7	8.1 - 10.0	9	38.1 - 42.0	8
36.1 - 40.0	4	10.1 - 12.0	8	42.1 - 46.0	10
40.1 - 45.0	2	12.1 - 14.0	7	46.1 - 50.0	12
45.1 - 50.0	0	14.1 - 16.0	6	50.1 - 54.0	14
50.1 - 55.0	0	16.1 - 18.0	4	54.1 - 58.0	16
55.1 - 60.1	0	18.1 - 20.0	2	58.1 - 62.0	18
		20.1 - 25.0	0	62.1 - 66.0	20
		25.1 - 30.0	0	66.1 - 70.0	24
		30.1 - 40.0	-5	70.1 - 75.0	28
		มากกว่า 40	-	มากกว่า 75	30
		มากกว่า 50	-		
		มากกว่า 60	-		

[1] ค่าความเป็นกรด คิดเป็นร้อยละของกรดทั้งหมด

คะแนนรวม 0-20 = เกรด 5 (ต่ำ) 21-40 = 4 (ค่อนข้างพอใช้) 41-60 = เกรด 3 (พอใช้),
61-80 = เกรด 2 (ดี) 81-100 = เกรด 1 (ดีมาก)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีวิเคราะห์หาปริมาณยูเรียในนม

การเตรียมสารละลาย

1. เตรียมสารละลาย 25% (w/v) Diacetylmonoxime (DAM) โดยชั่ง DAM 12.5 ก. เติมน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ได้ 500 มล. เก็บไว้ในขวดสีชา

2. เตรียมสารละลาย 0.5% (w/v) Thiosemicarbazide (TSC) โดยชั่ง TSC 2.5 ก. เติมน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ได้ 500 มล. เก็บไว้ในขวดสีชา

3. เตรียมสารละลาย $FeCl_3.H_3PO_4$ โดยชั่ง $FeCl_3.6H_2O$ จำนวน 1 ก. เติมน้ำกลั่น 10 มล. และเติม Phosphoric acid จำนวน 20 มล. เก็บไว้ในขวดสีชา

4. เตรียมสารละลาย Working DAM (color) โดยตวงสารละลาย Diacetylmonoxime มาจำนวน 67 มล. ใส่ลงใน volummetic flask ขนาด 1 ลิตร เติมสารละลาย Thiosemicarbazide จำนวน 67 มล. จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร

5. เตรียมสารละลาย Working $FeCl_3$ (acid) ตวง $FeCl_3.H_3PO_4$ จำนวน 1 มล. เติมน้ำกลั่น 500 มล. และเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 98% จำนวน 75 มล. จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรครบ 1 ลิตร

6. เตรียมสารละลาย Trichloroacetic acid (TCA) โดยชั่ง TCA มาจำนวน 49.02 ก. เติมน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร จะได้ TCA ที่มีความเข้มข้น 0.3 mol/L

7. เตรียม Urea nitrogen standard stock โดยชั่ง urea ให้ได้น้ำหนักประมาณ 10.714 ก.แห้ง นำไปใส่ใน flask เติมกรดซัลฟูริก 0.01N ให้ได้ปริมาตรครบ 500 มล.

8. เตรียม Working standard โดยดูดสารละลายในข้อ 7 มาจำนวน 15 มล. ปรับปริมาตรด้วยกรดซัลฟูริก 0.01 N ให้ได้ปริมาตรครบ 100 มล. จะได้ working standard ที่มีความเข้มข้น 150 mg/dl

9. นำสารละลาย working standard ที่มีความเข้มข้น 150 mg/dl มาเจือจางให้มีความเข้มข้นต่างกัน 5 ระดับ ดังตารางข้างล่างนี้

Diluted (No.)	Urea 150 mg/dl (ml)	Water (ml)	[Urea] mg/dl
S_1	0.5	4.5	15
S_2	1.0	4.0	30
S_3	1.5	3.5	45
S_4	2.0	3.0	60
S_5	2.5	2.5	75

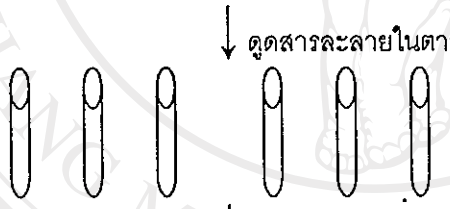
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

10. ขั้นตอนการวิเคราะห์

นำน้ำนมที่เก็บไว้ในตู้เย็นมาตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นดูดน้ำนมมา 1 มล. ใส่ในหลอดทดลองที่มีฝาปิดได้ เติมสารละลาย TCA จำนวน 3 มล. นำไปเข้าเครื่องเหวี่ยง (centrifuge) ที่มีความเร็ว 2700 รอบ/นาที อุณหภูมิ 2°c เป็นระยะเวลานาน 1 ชั่วโมง เพื่อทำให้โปรตีนตกตะกอน ใช้ micropipete แทงผ่านชั้นไขมันที่อยู่ด้านบน แล้วดูดสารละลายใส (supernatant) ที่อยู่ใต้ชั้นไขมันเก็บไว้ใน vial เพื่อรอการวิเคราะห์

การวิเคราะห์ทำโดยดูดสารละลายดังตารางข้างล่างใส่ลงในหลอดทดลองที่มีฝาปิดได้

Solution	Blank	S1	S2	S3	S4	S5	unknown
Working DAM (color) (ml)	3	3	3	3	3	3	3
Working $FeCl_3$ (acid) (ml)	2	2	2	2	2	2	2
Working standard (ml)	-	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	-
Water (ml)	0.02	-	-	-	-	-	-
Supernatant (ml)	-	-	-	-	-	-	0.02



↓ ดูดสารละลายในตาราง

↓

ปิดฝาให้แน่น เขย่าสารละลายให้เข้ากัน

↓

ต้มในน้ำเดือดนาน 10 นาที (พอดี)

↓

รีบแช่ในน้ำเย็นนาน 3 – 5 นาที

↓

สีของสารละลายในหลอดจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองส้มอ่อน ๆ จนถึงสีชมพู

↓

วัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectophotometer

↓

คำนวณหาความเข้มข้นของยูเรียในนม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทคัดย่อ
วิทยานิพนธ์

1. การใช้ฟางข้าวหมักยูเรียในสูตรอาหารผสมครบส่วนสำหรับโคนม (ดำรัส ชาดรีวงศ์ – ตุลาคม 2545)

2. วิธีลดการย่อยสลายโปรตีนของกากถั่วเหลืองในกระเพาะรูเมนและผลต่อการผลิตน้ำนมโค (ภมร ปันมาเรือน – มีนาคม 2546)

3. ผลของอาหารผสมครบส่วนที่มีหญ้าหมักเป็นอาหารหยาบหลักต่อสมรรถภาพการผลิตของโครีดนม (สันติ แพ่งเม้า – ตุลาคม 2546)

4. การตอบสนองของโครีดนมต่ออาหารที่เสริมด้วยหญ้าแห้ง และโซเดียมไบคาร์บอเนตร่วมกับแมกนีเซียมออกไซด์ (วีณาพร จันทะสินธุ์ – สิงหาคม 2547)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ การใช้ฟางข้าวหมักยูเรียในสูตรอาหารผสมครบส่วนสำหรับโคนม

ชื่อผู้เขียน นายดำรัส ชาตรีวงศ์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาสัตวศาสตร์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

รศ.ดร.บุญล้อม ชีวะอิสระกุล	ประธานกรรมการ
ผศ.ดร.บุญเสริม ชีวะอิสระกุล	กรรมการ
อ.ดร.สมคิด พรหมมา	กรรมการ
ศ.เฉลิมพล แซมเพชร	กรรมการ

บทคัดย่อ

การศึกษาแบ่งออกเป็น 4 การทดลอง ในการทดลองที่ 1 ได้ทำการหมักฟางด้วยยูเรีย 4, 5 และ 6 % เป็นเวลา 7, 14 และ 21 วัน แล้ววิเคราะห์เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมี ยูเรียตกค้าง และการย่อยสลายในรูเมนโดยวิธี *in situ* การทดลองที่ 2 ศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาอาหารผสมครบส่วนที่มีฟางไม่หมักและหมักยูเรีย 4 และ 6% เป็นส่วนผสม เก็บไว้เป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 สัปดาห์ แล้วตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง และคุณค่าทางโภชนะ ส่วนการทดลองที่ 3 ได้ศึกษาการย่อยได้และค่าพลังงานของฟางหมักยูเรีย และอาหารผสมครบส่วนโดยวิธี *in vivo* digestibility ในโคลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซี่ยนที่อยู่ในระยะนมแห้งจำนวน 4 ตัว . สำหรับการทดลองที่ 4 ได้ศึกษาการให้ผลผลิตของโคนมที่ได้รับอาหารผสมครบส่วนที่มีฟางหมักยูเรีย เทียบกับการใช้หญ้ารูซี่หมักร่วมกับฟางหมัก และหญ้ารูซี่หมักเสริมด้วยรูซี่แห้งเป็นอาหารหยาบ

จากผลการศึกษาพบว่าการหมักฟางด้วยยูเรีย 6% นาน 14 วัน เป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุด มี CP และการย่อยได้สูงกว่าการใช้ยูเรีย 4 และ 5% ($P<0.05$) การใช้เวลาหมักนานขึ้นทำให้ค่า CP และยูเรียตกค้างลดลง ($P<0.05$) แต่ไม่ทำให้ค่าการย่อยได้แตกต่างกัน เมื่อนำมาประกอบอาหารผสมครบส่วนแล้ว พบว่ามีกระบวนการหมักเกิดขึ้นภายในถุงขณะเก็บรักษาน้อย และมีกรดอินทรีย์เกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น อีกทั้งยังมี pH สูงกว่าการใช้ฟางไม่หมัก ($P<0.05$) การใช้ฟางหมักยูเรีย 4 และ 6% มีการสูญเสียของวัตถุแห้งน้อยกว่า และมีกรดแลคติกเกิดขึ้นมากกว่าการใช้ฟางไม่หมักยูเรีย ($P<0.05$) อาหารผสมครบส่วนที่ใช้ฟางหมักยูเรีย 6 % มีค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (IVOMD), พลังงานเมแทโบไลซ์ (ME) และ พลังงานสุทธิ (NEL) สูงกว่าการใช้ฟางหมักยูเรีย 4% และฟางไม่หมักยูเรีย ($P<0.01$) อาหารที่ผสมใหม่และอาหารที่เก็บไว้ 1 สัปดาห์ มีค่า IVOMD สูงกว่าที่เก็บไว้ 2 และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3 สัปดาห์ (61.66 และ 60.87% เทียบกับ 58.52 และ 58.82%) (P<0.05) อาหารที่ผสมใหม่มีคุณภาพโดยทั่วไปดีกว่าอาหารที่ผสมแล้วเก็บไว้ 1, 2 และ 3 สัปดาห์ แต่ 3 กลุ่มหลังนี้มีคุณภาพไม่แตกต่างกัน โคนมแห้งท้องว่างกินฟางหมักยูเรีย 6% คิดเป็นน้ำหนักแห้งได้ 1.07% ของ น้ำหนักตัว มีโภชนะย่อยได้ทั้งหมด (TDN) 63.41% มีค่า DE, ME และ NEL 2.41, 1.98 และ 1.22 Mcal/kg.DM ตามลำดับ แต่สามารถกินอาหารผสมครบส่วนคิดเป็นวัตถุแห้งได้ 1.87% ของน้ำหนักตัว มี TDN 70.21% DE, ME และ NEL 3.31, 2.71 และ 1.62 Mcal/kg.DM ตามลำดับ เมื่อนำอาหารผสมครบส่วนที่เตรียมจากฟางหมักยูเรีย ฟางหมักยูเรียร่วมกับหญ้ารูซี่หมัก และหญ้ารูซี่หมักมาเลี้ยงโครีดนม พบว่าโคกลุ่ม 1 และกลุ่ม 2 กินอาหารคิดเป็นวัตถุแห้งได้ใกล้เคียงกัน (2.85 เทียบกับ 2.92 % ของน้ำหนักตัว) แต่สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับหญ้ารูซี่หมักเป็นอาหารหยาบหลัก ซึ่งกินได้เพียง 2.38% ของน้ำหนักตัว (P<0.05) โคทั้ง 3 กลุ่มให้น้ำนม ต่อวันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (12.80, 11.32 และ 12.00 กก. FCM 4%) แต่การใช้ฟางหมักยูเรียมีผลให้เปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนมสูงกว่าการใช้หญ้ารูซี่ร่วมกับฟางหมัก และการใช้หญ้าหมัก (3.82 เทียบกับ 3.15 และ 3.25 %) อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) สำหรับองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ ของน้ำนมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม พบว่า การใช้หญ้ารูซี่หมักมีกำไรต่อการผลิตน้ำนม 1 กก. สูงที่สุด แต่การเตรียมหญ้าหมักก็ยุ่งยากซับซ้อนกว่าการทำฟางหมัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ วิธีลดการย่อยสลายโปรตีนของกากถั่วเหลืองในกระเพาะรูเมนและผลต่อการผลิตน้ำนมโค

ชื่อผู้เขียน นายภมร ปันมาเรือน

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาสัตวศาสตร์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

รศ.ดร.บุญล้อม ชีวะอิสระกุล	ประธานกรรมการ
ผศ.ดร.บุญเสริม ชีวะอิสระกุล	กรรมการ
ดร.สมคิด พรหมมา	กรรมการ
ศ.เฉลิมพล แซมเพชร	กรรมการ

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ แบ่งเป็น 5 การทดลองย่อย การทดลองที่ 1: เป็นการป้องกันการย่อยสลายของกากถั่วเหลืองในรูเมนโดยใช้ความร้อน ทำการคั่วกากถั่วเหลืองครั้งละ 5 กก. โดยใส่น้ำมันระดับ 0, 5, 8 และ 10% ของน้ำหนักกากถั่วเหลือง ใช้เวลาคั่ว 10 และ 20 นาที เมื่อนำมาศึกษาการย่อยสลายในรูเมนด้วยวิธีใช้ถุงไนล่อน พบว่าการคั่วทำให้ค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้งในรูเมนลดลงกว่ากลุ่มควบคุมซึ่งไม่ได้คั่ว โดยการคั่วเป็นเวลา 20 นาที มีแนวโน้มว่าทำให้ค่าการย่อยสลายในทุก ๆ ชั่วโมงลดลงมากกว่ากลุ่มที่คั่ว 10 นาที เมื่อพิจารณาค่าลักษณะของการย่อยสลาย พบว่าการคั่วทำให้อัตราการย่อยสลาย (c) ลดลง และมีค่าระยะเวลาที่รอให้จุลินทรีย์เข้าย่อยสลาย (L) เพิ่มขึ้น การใส่น้ำมัน 10 และ 20% ทำให้ค่าการย่อยสลายลดลง แต่การใส่น้ำมัน 5% ไม่มีผลต่อค่าดังกล่าว

การทดลองที่ 2: ศึกษาหาระดับฟอร์มัลดีไฮด์ที่เหมาะสมในการทรีตกากถั่วเหลือง โดยใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ในรูปฟอร์มาลิน 37% ระดับ 0, 0.3, 0.6, 0.9, 1.2 และ 1.5% คลุกกับกากถั่วเหลืองครั้งละ 4 กก. เก็บไว้ในถุงพลาสติกเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาหาค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้งและโปรตีนในกระเพาะรูเมน พบว่าค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้งและโปรตีนลดลงตามการใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ที่สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มไม่ใช้อย่างมีนัยสำคัญในทุกชั่วโมงของการแช่ในรูเมน แต่การใช้ระดับ 1.2 และ 1.5% ทำให้ค่าการย่อยสลายสูงกว่าการใช้ที่ 0.3 – 0.9% ฟอร์มัลดีไฮด์ 0.3% น่าจะเป็นระดับที่เหมาะสมที่สุดในการทรีตกากถั่วเหลือง เพราะทำให้การย่อยสลายของโปรตีนในรูเมนในระยะ 12 ชั่วโมงแรกต่ำมากเพียง 0.42% เท่านั้น ซึ่งต่ำกว่ากากถั่วเหลืองปกติอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่แตกต่างจากการใช้ที่ระดับ 0.6 และ 0.9%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การทดลองที่ 3: ทดสอบการย่อยได้ของกากถั่วเหลืองด้วยเอนไซม์ในหลอดทดลอง โดยนำกากอาหารที่เหลือในถุงไนล่อนจากการแช่ในรูเมน 12 ชั่วโมง มาทดสอบการย่อยได้ของโปรตีนโดยวิธีใช้เอนไซม์เพปซินและแพนครีเอติน พบว่าการใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ระดับ 0.3% มีค่าการย่อยได้ของโปรตีนสูงสุด คือ 99.10% ซึ่งใกล้เคียงกับค่าการย่อยได้ของโปรตีนตลอดทางเดินอาหาร เพราะสัดส่วนของโปรตีนที่ย่อยได้ในกระเพาะรูเมนมีเพียง 0.42% เท่านั้น การใช้ในระดับ 0.60.9% ไม่ให้ผลดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการใช้ที่ระดับ 1.2 และ 1.5% กลับทำให้การย่อยได้ของโปรตีนในรูเมนเพิ่มขึ้นแต่การย่อยได้ในลำไส้เล็กลดลงเมื่อเทียบกับระดับ 0.3% ดังนั้นจึงไม่ควรใช้

การทดลองที่ 4: ตรวจหาปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ตกค้าง ใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ 3 ระดับ คือ 0.9, 1.2 และ 1.5% w/w ใส่ลงในกากถั่วเหลืองและคลุกด้วยมือแล้วเก็บไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ในถุงพลาสติกเช่นเดียวกับการทดลองที่ 2 จากนั้นทำการไล่ฟอร์มัลดีไฮด์ส่วนเกิน โดยแบ่งตัวอย่างออกเป็น 4 กลุ่ม คือกลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ 2, 3 และ 4 ไล่ฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยการเป่าลมเป็นเวลา 5 และ 10 นาที และการตากแดด หลังจากนั้นนำตัวอย่างมาหาปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตกค้างในกากถั่วเหลืองด้วยวิธี spectrophotometry พบว่าการตากแดดทำให้ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่เหลือมีค่าน้อยกว่าการเก็บในถุงพลาสติกและการใช้พัดลมเป่าอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) การใช้เวลาเป่าเพิ่มขึ้นจาก 5 เป็น 10 นาทีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ดีตัวอย่างทุกกลุ่มมีฟอร์มัลดีไฮด์เหลือเพียง 0.01 – 0.09% เท่านั้น ซึ่งต่ำมากเมื่อเทียบกับปริมาณที่ใช้ไป และเมื่อนำไปทดสอบการยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนโดยวิธี *in vitro* gas production พบว่าทำให้ค่าแก๊สลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แสดงว่าไม่มีอันตรายต่อจุลินทรีย์

การทดลองที่ 5: ทดสอบศักยภาพการใช้กากถั่วเหลืองทรีตด้วยฟอร์มัลดีไฮด์ 0.3% เป็นอาหารโคนม โดยใช้กากถั่วเหลืองดังกล่าวในอัตรา 7% ของสูตรอาหารข้น เปรียบเทียบกับกากถั่วเหลืองปกติและปลาป่น 7% ทำการเลี้ยงโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน ระดับสายเลือด 87.5% ซึ่งให้นมเฉลี่ยวันละ 22 ± 5 กิโลกรัม จำนวน 6 ตัว วางแผนการทดลองแบบ balance design and covariance ใช้ระยะเวลาทดลอง 51 วัน แบ่งเป็น 3 คาบ ๆ ละ 17 วัน พบว่าปริมาณน้ำนมและนมที่ปรับให้มีไขมัน 4% ของโคทั้ง 3 กลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าโคกลุ่มที่ได้รับกากถั่วเหลืองทรีตด้วยฟอร์มัลดีไฮด์และกลุ่มที่ได้รับปลาป่นให้ผลผลิตน้ำนมสูงกว่ากลุ่มควบคุม ส่วนองค์ประกอบของน้ำนมไม่มีความแตกต่างกัน ยกเว้นความเข้มข้นของโปรตีนในนมของกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองทรีตด้วยฟอร์มัลดีไฮด์มีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่น อย่างไรก็ดีเมื่อพิจารณาถึงรายได้ต่อวันและต่อน้ำนม 1 กก. ที่หักค่าอาหารออกแล้ว พบว่ากลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองทรีตด้วยฟอร์มัลดีไฮด์สามารถให้ผลตอบแทนได้ดีที่สุด

ผลการทดลองทั้งหมดนี้ แสดงให้เห็นว่าการใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ในระดับ 0.3% ทรีตกากถั่วเหลืองสามารถป้องกันการย่อยสลายของโปรตีนในรูเมนได้ดี โดยโปรตีนนั้นสามารถถูกย่อยด้วยเอนไซม์ใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทางเดินอาหารส่วนถัดไปและใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อตัวโคได้ เมื่อนำกากถั่วเหลืองดังกล่าวมาผสมในอาหาร สามารถทำให้โคมีแนวโน้มให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารดีขึ้น โดยมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่า และให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงกว่าการใช้กากถั่วเหลืองธรรมดาหรือปลาป่น การทรีตกากถั่วเหลืองด้วยฟอร์มัลดีไฮด์สามารถทำได้ง่ายและมีต้นทุนต่ำ ระดับที่ใช้คือ 0.3% มีความปลอดภัย ดังนั้นจึงควรนำไปส่งเสริมเผยแพร่เพื่อให้มีการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ ผลของอาหารผสมครบส่วนที่มีหญ้าหมักเป็นอาหารหยาบหลักต่อสมรรถภาพการผลิตของโครีดนม

ผู้เขียน นายสันติ แพ่งเม้า

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สัตวศาสตร์

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

รศ.ดร.บุญล้อม ชีวะอิสระกุล	ประธานกรรมการ
ผศ.ดร.บุญเสริม ชีวะอิสระกุล	กรรมการ
ดร.สมคิด พรหมมา	กรรมการ

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาวิธีถนอมอาหารผสมครบส่วน (TMR) ความชื้นสูงที่มีหญ้ารูซี่เป็นอาหารฐาน รวมทั้งหาการย่อยได้และค่าพลังงานของอาหารดังกล่าว ตลอดจนติดตามผลการใช้ TMR ที่มีหญ้าหมักและอาหารข้นระดับสูงเลี้ยงโครีดนม โดยแบ่งออกเป็น 3 การทดลองย่อย การทดลองที่ 1: ทำการหมักอาหารผสมครบส่วนที่มีหญ้ารูซี่เป็นอาหารหยาบหลัก แบ่งออกเป็น 2 ชุด คือชุดแรกอาหารหยาบเป็นหญ้าสดที่ผสมกากน้ำตาล 5% ส่วนชุดที่ 2 ใช้หญ้าที่หมักแล้วแทนหญ้าสด แต่ละชุดแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือกลุ่ม I. ไม่เสริมสารเคมี II. เสริม 0.3% กรดฟอร์มิก (F) III. เสริมกรดฟอร์มิกผสมฟอร์มาลิน (FF; 1:3) ในอัตรา 0.3% ของน้ำหนักอาหารผสมครบส่วน บรรจุในถุงพลาสติก 2 ชั้น ที่ดูดอากาศออก เก็บไว้ 45 วัน พบว่าพวกที่ใช้หญ้าสด กลุ่มที่ไม่เสริมสารเคมีมีคุณภาพดีที่สุด เนื่องจากมีการสูญเสียวัตถุแห้งต่ำกว่ากลุ่มที่ 2 และ 3 (2.69 เทียบกับ 8.65 และ 14.20% ตามลำดับ) และมีค่า pH ที่เหมาะสม (4.09) มีปริมาณกรดแลคติกสูง องค์ประกอบทางเคมีของทุกกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นวัตถุแห้งในกลุ่มที่ไม่เสริมสารเคมีมีค่าสูงที่สุด แต่มี NDF ต่ำที่สุด (41.78 เทียบกับ 39.83 และ 37.16% DM และ 33.91 เทียบกับ 37.75 และ 40.84% NDF ตามลำดับ) ส่วนอาหารผสมชุดที่ใช้หญ้าซึ่งหมักแล้วนั้นพบว่า กลุ่มที่เสริมสารเคมีทั้ง 2 กลุ่มมีคุณภาพดีกว่ากลุ่มที่ไม่เสริม โดยมีสัดส่วนของกรดแลคติกสูงกว่า (4.66 และ 1.84 เทียบกับ 1.08%) และมี pH ที่เหมาะสม (4.07 และ 4.47 เทียบกับ 4.80) นอกจากนี้ยังมีการสูญเสียวัตถุแห้งต่ำกว่า (6.45 และ 5.79 เทียบกับ 13.34%) และมีปริมาณโปรตีนสูงกว่า (15.97 และ 16.30 เทียบกับ 15.09%)

การทดลองที่ 2: ศึกษาค่าการย่อยได้และพลังงานของอาหารผสมครบส่วนหมักที่ประกอบด้วยหญ้าหมักแล้วเสริมกรดฟอร์มิก 0.3% โดยศึกษา 2 วิธี วิธีแรกเป็นการวัดปริมาตรแก๊สในหลอดทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนวิธีที่ 2 เป็นการศึกษาในตัวสัตว์ (*in vivo*) โดยใช้โคนมแห้งลูกผสม HF 75% จำนวน 4 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 418 กิโลกรัม เลี้ยงด้วยอาหารผสมครบส่วนที่มีการเสริมหญ้าแห้ง 1 กิโลกรัม และโซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) 140 กรัม โดยมีค่าวัตถุแห้ง 44.30%, โปรตีน 16.93%, ไขมัน 5.21%, NDF 40.52%, NFC 28.44% และพลังงานรวม 4.66 kcal/kg DM พบว่าโคสามารถกินอาหารผสมครบส่วนคิดเป็นวัตถุแห้งเฉลี่ยวันละ 8,410 กรัมหรือ 2.01% น้ำหนักตัว และมีค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (77.04 เทียบกับ 66.70%) และของโภชนะต่าง ๆ รวมทั้งค่าพลังงานสูงกว่าวิธีวัดปริมาตรแก๊ส ค่า TDN เฉลี่ยจากทั้ง 2 วิธีเท่ากับ 69.23% ME และ NEL เฉลี่ยเท่ากับ 2.64 และ 1.58 Mcal/kg DM ตามลำดับ

การทดลองที่ 3: ศึกษาผลการใช้อาหารผสมครบส่วนที่มีหญ้าหมักเป็นอาหารหยาบหลัก (เสริมหญ้าแห้ง 1 กก.) เลี้ยงโครีดนมลูกผสม HF 87.5% จำนวน 6 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 480 กิโลกรัม รีดนมมาแล้ว 140 วัน แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ๆ ละ 6 ตัว คือกลุ่ม 1 ไม่เสริม $NaHCO_3$ กลุ่ม 2 เสริม $NaHCO_3$ 200 กรัม และกลุ่ม 3 เสริม $NaHCO_3$ 200 กรัมและหญ้าแห้งอีก 2 กิโลกรัม สัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้นเท่ากันทุกกลุ่มคือ 30 : 70 เพื่อดูผลของ $NaHCO_3$ และหญ้าแห้งในการป้องกันปัญหา acidosis ใช้แผนการทดลอง Balanced design ระยะเวลาทดลอง 3 คาบ ๆ ละ 17 วัน พบว่าตลอดการทดลองไม่มีโคแสดงอาการ acidosis ให้เห็น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะโคให้นมได้ไม่สูงนักและได้รับอาหารข้นเข้าไปอย่างช้า ๆ ปริมาณและส่วนประกอบของน้ำนมในแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่กลุ่ม 2 และ 3 มีแนวโน้มดีกว่ากลุ่ม 1 (4% FCM =18.25 และ 18.37 เทียบกับ 17.79 ก.ก./วัน) นอกจากนี้ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตน้ำนมที่ปรับไขมัน (4% FCM) ในกลุ่ม 3 ยังต่ำที่สุดด้วย

ผลจากการทดลองทั้งหมดนี้สรุปได้ว่าในการผลิตอาหารผสมครบส่วนหมักเพื่อจำหน่ายหรือเก็บไว้ใช้เป็นเวลานานโดยมีหญ้ารูซี่สดเป็นอาหารหยาบหลักไม่จำเป็นต้องเสริมสารเคมี แต่ถ้านำหญ้ารูซี่ที่หมักแล้วมาใช้ควรเสริมกรดฟอร์มิกหรือฟอร์มิกผสมฟอร์มาลินด้วย ซึ่งจะทำให้ได้คุณภาพดีกว่าเมื่อใช้หญ้าสด การนำอาหารผสมครบส่วนที่มีหญ้าหมักและอาหารข้นสูงมาใช้เลี้ยงโคควรเสริมบัฟเฟอร์และหญ้าแห้งด้วยเพื่อป้องกัน acidosis

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ การตอบสนองของโครีดนมต่ออาหารที่เสริมด้วยหญ้าแห้ง และโซเดียมไบคาร์บอเนตร่วมกับแมกนีเซียมออกไซด์

ผู้เขียน นางสาววีณาพร จันทะสินธุ์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สัตวศาสตร์

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผศ.ดร.บุญเสริม ชีวะอิสระกุล	ประธานกรรมการ
รศ.ดร.บุญล้อม ชีวะอิสระกุล	กรรมการ
ดร.สมคิด พรหมมา	กรรมการ

บทคัดย่อ

การทดลองหาวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดแอสิโดสิสของโครีดนมที่ได้รับอาหารผสมครบส่วนที่ประกอบด้วยอาหารข้นระดับสูงโดยใช้สารบัฟเฟอร์และ/หรือหญ้าแห้งเสริม แบ่งออกเป็น 3 การทดลอง การทดลองที่ 1 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีของสารบัฟเฟอร์และด่าง คือ โซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) และแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) พบว่าสารทั้ง 2 ชนิดมีค่า pH และค่า total acid consuming capacity (TACC) เท่ากับ 8.42, 10.85 และ 33.09, 47.76 meq ตามลำดับ ค่า buffering capacity (BC) ของ $NaHCO_3$ เท่ากับ 2.488 meq ขนาดอนุภาคของ MgO เท่ากับ 42.95 ไมครอน การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของอาหารต่อการเกิดกรดไขมันระเหยได้ (VFA) ในห้องปฏิบัติการ อาหารทดลองประกอบด้วย 1) หญ้ารูซี่หมัก + อาหารข้น (เสริม $NaHCO_3$ และ MgO) 2) หญ้ารูซี่หมัก + หญ้ารูซี่แห้ง + อาหารข้น (เสริม $NaHCO_3$ และ MgO) 3) หญ้ารูซี่แห้ง + อาหารข้น (ไม่เสริมบัฟเฟอร์และด่าง) 4) หญ้ารูซี่หมัก + อาหารข้น (ไม่เสริมบัฟเฟอร์และด่าง) $NaHCO_3$ และ MgO ใช้ในอัตรา 1.5% และ 0.8% ของอาหารข้น พบว่าในช่วงเวลาหลังจากบ่มตัวอย่างอาหารกับของเหลวจากกระเพาะรูเมน (ชั่วโมงที่ 2, 4, 8 และ 12) ปริมาณกรดอะซิติกจะเกิดขึ้นมากที่สุด รองลงมาคือ กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทีริก ตามลำดับ ปริมาณกรดอะซิติกที่เกิดขึ้นของอาหารสูตร 4 สูงกว่าสูตรอื่น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในชั่วโมงที่ 2 (2.96 vs 2.12, 2.19 และ 2.09 mg/ml) ส่วนอาหารสูตร 3 มีปริมาณกรดอะซิติกเกิดขึ้นต่ำสุด ปริมาณกรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทีริกก็เป็นไปในทำนองเดียวกัน นอกจากนั้นยังมีอัตราการสร้างกรดทั้ง 3 ชนิดที่เพิ่มขึ้นตามจำนวนชั่วโมงที่บ่ม ซึ่งเป็นสภาพที่เหมาะกับการนำไปเลี้ยงโคนม การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของอาหารสูตรเดียวกับที่ใช้ในการทดลองที่ 2 โดยทดลองในโคลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน จำนวน 6 ตัว น้ำหนักตัวเฉลี่ย 500 กิโลกรัม รีดนมมาแล้ว 110 วัน แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 6 ตัว ใช้แผนการทดลอง Balanced design ระยะเวลาทดลอง 3 คาบ คาบละ 17 วัน สัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้นเท่ากันทุกกลุ่ม คือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

30:70 โดยทดลองใช้อาหาร 3 สูตรแรกก่อน (trial 1) เพื่อลดผลกระทบของอาหารสูตร 4 ซึ่งเป็นสูตรที่คาดว่าจะสามารถชักนำให้โคเกิดแอสิโดสิสได้ ภายหลังเสร็จสิ้นการทดลองในคาบที่ 3 ทำการทดลองต่อใน trial 2 โดยให้โคทุกตัวโดยให้กินอาหารสูตร 3 ซึ่งเป็นสูตรที่ดีที่สุด เพื่อฟื้นฟูสภาพร่างกายโคให้ดีขึ้น โดยให้กินเป็นเวลา 14 วันก่อนให้อาหารสูตร 4 อีก 16 วัน ในแต่ละคาบบันทึกปริมาณน้ำนมและเก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์ใน 5 วันสุดท้าย ผลการทดลองใน trial 1 พบว่า อาหารสูตร 3 มีแนวโน้มทำให้โคให้ผลผลิตน้ำนมได้สูงสุด (21.44 vs 19.97, 20.31 กิโลกรัม/วัน) มีต้นทุนค่าอาหารต่ำที่สุด (5.66 vs 6.68, 6.46 บาท/กิโลกรัม) แต่มีเปอร์เซ็นต์ไขมันนมต่ำที่สุด (3.51 vs 4.07, 3.96 %) เนื่องจากมีการคัดเอาก้านแข็งของหญ้าแห้งออกก่อนการผสมอาหาร TMR ส่วนดัชนีที่ใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางอ้อมในการเกิดแอสิโดสิส ซึ่งได้แก่ อัตราการหายใจ อัตราการเคี้ยวเอื้อง ค่า pH ในมูลและปัสสาวะ ปริมาณวัตถุแห้งในมูลของโคที่ได้รับอาหาร 3 สูตรแรก ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นคะแนนความคงตัวของมูลโดยโคที่ได้รับอาหารสูตร 3 มีคะแนนความคงตัวของมูลสูงกว่า โคที่ได้รับอาหารสูตร 1 และ 2 (3.51 vs 2.35 และ 2.63) ผลการทดลองใน trial 2 พบว่าอาหารสูตร 4 ทำให้โคให้นมลดลง (16.09 vs 18.88 กิโลกรัม/วัน) กินอาหารคิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวลดลง (2.12 vs 2.94 %) สามารถผลิตไขมันนม โปรตีนนม น้ำตาลในนมและของแข็งในน้ำนมลดลงมากกว่าเมื่อกินอาหารสูตร 3 อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนั้นโคที่กินอาหารสูตร 4 ยังมีอัตราการหายใจสูงกว่า (52.92 vs 48.08 ครั้ง/นาที) แต่มีอัตราการเคี้ยวเอื้องเป็นปกติ สำหรับปริมาณวัตถุแห้งในมูลและคะแนนความคงตัวของมูลของโคที่กินอาหารสูตร 4 จะต่ำกว่าเมื่อกินสูตร 3 อย่างมีนัยสำคัญ และหลังจากเสร็จสิ้น trial 2 แล้วโคบางตัวแสดงอาการเจ็บกีบให้เห็นอย่างรุนแรงและถูกคัดออกจากฝูง ผลการทดลองทั้งหมดแสดงให้เห็นว่า การให้โคได้รับอาหารข้นในระดับสูงร่วมกับการใช้พืชหมักมีผลทำให้เกิดแอสิโดสิสได้ การเสริมอาหารด้วย $NaHCO_3$ ร่วมกับ MgO และ/หรือหญ้าแห้งจะช่วยป้องกันปัญหานี้ได้ระดับหนึ่ง แต่การใช้หญ้าแห้งเป็นแหล่งอาหารหยาบหลักทดแทนหญ้าหมักป้องกันแอสิโดสิสได้ดีที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เอกสารอ้างอิง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เอกสารอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. 2545. หญ้ารูซี่ : เอกสารคำแนะนำ. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ. 22 หน้า.

กษิดิศ อื้อเชี่ยวชาญกิจ และ สมเกียรติ ประสานพานิช. 2540. การเสริมพลังงานในรูปของกากน้ำตาลเหลวแก่โคนมในช่วงต้นระยะการให้นมที่ได้รับฟางข้าวและอาหารข้นต่างระดับโปรตีนในช่วงฤดูแล้ง. รายงานการวิจัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพ.

กองอาหารสัตว์. 2538. หญ้ารูซี่. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ. 49 หน้า.

————————. 2545. รายงานกองอาหารสัตว์ประจำปี 2545. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กอบแก้ว ตรงคงสิน. 2535. พืชอาหารสัตว์เขตร้อน. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพ ฯ

กัลยา วานิชย์บัญชา. 2542. การวิเคราะห์ข้อมูลด้วย SPSS for Windows. ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์การบัญชี. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 317 หน้า.

————————————. 2543. การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล. ซี เค แอนด์ เอส โฟโต้สตูดิโอ้, กรุงเทพฯ. 594 หน้า.

กานดา นาคมณี แสงอรุณ สมุทรักษ์ จำรัส ภักดี และ จีระวัชร์ เข็มสวัสดิ์. 2536. การทดสอบผลผลิตพืชอาหารสัตว์ในฟาร์มของเกษตรกรในเขตจังหวัดชัยนาท. รายงานประจำปี 2536. ศูนย์วิจัยอาหารสัตว์ชัยนาท กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 145 – 153.

คัตสุโอะ อีกาว่า และ วัฒนา โคตรพัฒน์. 2535. ผลการไถย่อยดินหรืออัดหน้าดินต่อการตั้งตัวของหญ้ารูซี่ในสภาพดินชุดบ้านทอน. รายงานผลงานวิจัยพืชอาหารสัตว์. ศูนย์วิจัยอาหารพืชลำปาง กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 251 – 267.

จรัญ จันทลักขณา. 2540. สถิติวิเคราะห์และวางแผนงานวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพฯ. 468 หน้า.

จินดา สนิทวงศ์ฯ ธวัชชัย สุวรรณกำจาย และ ศศิธร ถิ่นนคร. 2539. ผลของระดับโปรตีนในอาหารสำหรับโครีดนมในสภาพการให้อาหารหยาบคุณภาพต่ำ. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2539 ศูนย์วิจัยอาหารสัตว์ กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กรุงเทพฯ.

จินดา สนิทวงศ์ฯ เมืองนนท์ เสาวคตภูมิ และ สมจิตร อินทรมณี. 2543ก. ผลของระดับโปรตีนในอาหารข้นสำหรับโคนม (1) ในสภาพการให้อาหารหยาบคุณภาพดี. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล:

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

http://www.dld.go.th/nutrition/exhibision/RESEARCH/research_full/ 2543/R4312.doc. (17 พฤศจิกายน 2547).

จินดา สนิทวงศ์ฯ ธวัชชัย สุวรรณกำจาย และ ศศิธร ถิ่นนคร. 2543ข. ผลของระดับโปรตีนในอาหารข้นสำหรับโครีดนม (2) ในสภาพการให้อาหารหยาบคุณภาพต่ำ. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.dld.go.th/nutrition/exhibision/RESEARCH/research_full/ 2543/R4313.doc. (17 พฤศจิกายน 2547).

จีระวัชร์ เข็มสวัสดิ์ เสาวคนธ์ โรจนสถิตย์ และ ชาญชัย มณีดุลย์. 2526. ผลการทดสอบผลผลิตหญ้าและถั่วสถานีพืชอาหารสัตว์ลำปาง. รายงานผลงานวิจัยสาขาผลิตปศุสัตว์ประจำปี พ.ศ. 2526. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 42 – 47.

ฉันทนา น่วมนวล สมคิด พรหมมา บุญล้อม ชีวะอิสระกุล และ บุญเสริม ชีวะอิสระกุล. 2543. การหาอายุการตัดที่เหมาะสมและผลของการเสริมยูเรียเพื่อผลิตข้าวโพดหมักคุณภาพดี. ประชุมวิชาการ ครั้งที่ 38 สาขาสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. หน้า 141-147.

ฉันทนา น่วมนวล. 2543. กรรมวิธีการผลิตข้าวโพดหมักคุณภาพดีและการประเมินคุณภาพ และคุณค่าทางโภชนะเพื่อใช้เลี้ยงโคนม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 82 หน้า.

ฉายแสง ไผ่แก้ว พิมพาพร เทวาหุดี และ วัชรินทร์ บุญภักดี. 2530. ผลของระยะเวลาตัดหญ้าและระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดหญ้ารูซี่. ประมวลเรื่องการประชุมทางวิชาการปศุสัตว์ ครั้งที่ 6. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 442 – 459.

ฉายแสง ไผ่แก้ว สมจิตร อินทรมณี พิมพาพร เทวาหุดี วัชรินทร์ บุญภักดี วรพงษ์ สุริยะจันทราทอง อุดร เสนสกัลป์ กานดา นาคมณี และ ไพบูลย์ ผลบุญ. 2528. ผลของระยะเวลาตัดที่มีผลต่อผลผลิตเมล็ดหญ้ารูซี่. รายงานการวิเคราะห์อาหารสัตว์. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กรุงเทพฯ. 114 - 125 หน้า.

เฉลิมพล แซมเพชร. 2524. ทุ่งหญ้าเขตร้อน. ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 244 หน้า.

ชาญชัย มณีดุลย์ จีระวัชร์ เข็มสวัสดิ์ บัญชา สัจจาพันธ์ อนันต์ ภู่สิทธิกุล วัชรินทร์ วากะมะ ปัทมา ธิติธนาพรพงษ์ และ จันทกานต์ อรณนันท์. 2529. โภชนะที่ย่อยได้ของหญ้ารูซี่. รายงานประจำปี 2529. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 156 – 160.

ชิงชัย ทับเที่ยง. 2537. อิทธิพลของช่วงเวลาของการตัดที่มีต่อผลผลิตของหญ้ารูซี่และถั่วเวอราโนเมื่อปลูกอย่างเดียวและปลูกร่วมกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 79 หน้า.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โชค มิเกล็ด และ Peter Lebzien. 2540. การประเมินการสลายตัวของ Soy Pass ในกระเพาะหมักของโค เปรียบเทียบกับกากถั่วเหลืองโดยการใช้เทคนิคถุงไนล่อน. ว.เกษตร.13(1):66 – 75.

ณรงค์ หุตานุวัตร มานิตย์ สนธิไชย และ นิโรจน์ ศรสูงเนิน. 2521. การปรับปรุงคุณค่าทางอาหารของฟางข้าวสำหรับโคและกระบือด้วยการให้อาหารเสริม. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ดำรัส ชาตรีวงศ์ บุญเสริม ชีวะอิสระกุล บุญล้อม ชีวะอิสระกุล และ สมคิด พรหมมา. 2545. ระดับยูเรียและระยะเวลาที่เหมาะสมในการหมักฟางข้าวที่มีผลต่อปริมาณยูเรียตกค้าง และคุณค่าทางอาหาร. ประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 40 สาขาสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. หน้า 130 – 137.

ดำรัส ชาตรีวงศ์. 2545. การใช้ฟางข้าวหมักยูเรียในสูตรอาหารผสมครบส่วนสำหรับโคนม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 142 หน้า.

ทวีศักดิ์ ชื่นประชา สำราญ วิจิตรพันธ์ และ วิทยา สุมามาลย์. 2546. การใช้เถามันแกวแห้งในสูตรอาหารข้นเสริมฟางข้าวเลี้ยงโคในช่วงฤดูแล้ง. รายงานผลงานวิจัยกองอาหารสัตว์ประจำปี 2546. 378 หน้า.

ทิพา บุณยะวิโรจ จีระวัชร์ เข็มสวัสดิ์ แสงอรุณ สมุทรักษ์ จันทกานต์ อรณนันท์ และ ชาญชัย มณีดุลย์. 2534. ระดับปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อการเพิ่มผลผลิตหญ้าเนเปียร์ หญ้ามอริชัส และหญ้ารูซี่ ภายใต้ระบบการชลประทานในดินชุดราชบุรี. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2534. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 289 – 302.

เทอดชัย เวียรศิลป์. 2542. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. พิมพ์ครั้งที่ 4. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 343 หน้า.

ธำรงค์ศักดิ์ พลบำรุง. 2547. การทำนาหญ้าเปรียบเทียบกับนาข้าวในปีเพาะปลูก 2545/46. ข่าวสารพืชอาหารสัตว์. 9(2): 7-9.

นฤมล วงศ์เจริญ. 2544. การตอบสนองของแม่โคที่ให้ผลผลิตนมสูงต่ออาหารผสมครบส่วนซึ่งใช้ข้าวโพดหมักเป็นฐาน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 121 หน้า.

นิรันดร กองเงิน. 2536. การใช้ยูเรีย-กากน้ำตาลเหลวเสริมฟางข้าวเป็นอาหารสัตวเคี้ยวเอื้อง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล บุญเสริม ชีวะอิสระกุล และ สมคิด พรหมมา. 2543. การปรับปรุงคุณภาพและการเก็บถนอมอาหารหยาบ. หน้า 345 – 400. ใน: เอกสารการสอนชุดวิชา หลักโภชนศาสตร์และอาหารสัตว์. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล วรรณา อ่างทอง สมคิด พรหมมา และ บุญเสริม ชีวะอิสระกุล. 2546. การใช้กระถินหมักทดแทนบางส่วนของอาหารข้นเพื่อเลี้ยงโคนม. ประชุมวิชาการ ครั้งที่ 41 สาขาสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. หน้า 170 – 177.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์ องอาจ ส่องสี จำแพน จอมเมือง และ เรืองเดช จอมเมือง. 2548. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีกระบวนการผลิตสุกรแบบครบวงจรเชิงบูรณาการ. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล และ ทิพย์วรรณ ปริพัฒนานนท์. 2531. คุณค่าทางอาหารและการใช้เปลือกและต้นข้าวโพดฝักอ่อนเป็นอาหารสัตว์. ประชุมวิชาการ "การใช้วัสดุในท้องถิ่นเป็นอาหารสัตว์", โครงการอาหารสัตว์ไทย-เยอรมัน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. หน้า 192 – 205.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล และ บุญเสริม ชีวะอิสระกุล. 2525. วิธีวิเคราะห์และทดลองทางโภชนศาสตร์สัตว์. ภาควิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 118 หน้า.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล และ สมคิด พรหมมา. 2539. การวิเคราะห์อาหารหยาบ. เอกสารสนับสนุนทางวิชาการ ฉบับที่ 4 ของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2527. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. พิมพ์ครั้งที่ 2, ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 257 หน้า.

_____. 2531. คุณค่าทางอาหารของฟางข้าวสาลีธรรมดาและฟางข้าวสาลีหมักยูเรีย. ใน: การวางแผนงานวิจัยและพัฒนาธัญพืชเมืองหนาว ปี2531/32, ลำปาง.

_____.2541. โภชนศาสตร์สัตว์ เล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 6. ธนบรรณการพิมพ์, เชียงใหม่. 170 หน้า.

_____.2546. ชีวเคมีทางสัตวศาสตร์ ปรับปรุงครั้งที่ 2. ธนบรรณการพิมพ์, เชียงใหม่. 202 หน้า.

บุญเสริม ชีวะอิสระกุล บุญล้อม ชีวะอิสระกุล และ สมคิด พรหมมา. 2545. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการ "การผลิตและใช้ข้าวโพดหมักคุณภาพดีในสูตรอาหารผสมครบส่วน และความต้องการโภชนะของโคให้นมสูง" เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), กรุงเทพฯ.

บุญเสริม ชีวะอิสระกุล สมคิด พรหมมา ประสาน จึงอยู่สุข เสาวลักษณ์ แย้มหมื่นอาจ และ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2544(ก). การผลิตข้าวโพดหมักและอาหารผสมครบส่วนสำหรับโคนมในเชิงพาณิชย์. ประชุมวิชาการ ครั้งที่ 3 สาขาสัตว์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. หน้า 280 – 291.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บุญเสริม ชีวะอิสระกุล สมคิด พรหมมา ประสาน จิงอยู่สุข เสาวลักษณ์ แย้มหมื่นอาจ และ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2544(ข). รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการ "การผลิตข้าวโพดหมักคุณภาพดีและอาหารผสมครบส่วนสำหรับสหกรณ์" เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) กรุงเทพฯ.

บุญเสริม ชีวะอิสระกุล และ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2529. สมรรถภาพในการผลิตของโครุ่นที่ได้รับฟางข้าวเสริมกระถินและรำเปรียบเทียบกับฟางปรุงแต่งและรำ. ว.เกษตร. 2(1): 1 – 16.

บุญเสริม ชีวะอิสระกุล. 2531. การใช้กระถินเสริมฟางข้าวเป็นอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง. การใช้วัสดุท้องถิ่นเป็นอาหารสัตว์.รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการ, เชียงราย.

_____. 2542. โครงการย่อยที่ 1 การผลิตต้นข้าวโพดหมักคุณภาพดี. รายงานความก้าวหน้า ครั้งที่ 2 (1 เมษายน – 30 กันยายน 2542), โครงการ "การผลิตและใช้ข้าวโพดหมักคุณภาพดีในสูตรอาหารผสมครบส่วน และความต้องการโภชนะของโคให้นมสูง. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.). 68 หน้า.

ประสิทธิ์ วิไลพร. 2516. ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์เขตร้อน. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ปราโมทย์ แพงคำ, J.B. Liang, M. Basery and A.Z. Jelan. 2543. ความสามารถในการย่อยได้ของกากถั่วเหลืองโดยใช้เทคนิค Nylon bag และ Mobile bag ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง. ว.ธุรกิจอาหารสัตว์. 17(74): 42 – 48.

พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. 2547. หลักการอาหารสัตว์ : หลักโภชนศาสตร์และการประยุกต์ เล่ม 2. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 592 หน้า.

พิมพาพร เทวาหุดี ฉายแสง ไผ่แก้ว จิตราภรณ์ ธวัชพันธ์ และ วัชรินทร์ บุญภักดี. 2535. ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการย่อยได้จากการทดสอบโดยวิธีใช้ถุงไนล่อนและวิธีการใช้เอนไซม์เป็บซิน-เซลลูเลส ในพืชอาหารสัตว์เขตร้อนบางชนิด. หน้า 222 – 239. ใน: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2535. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

พิมพาพร พลเสน รำไพร ใจเที่ยง ทวีศักดิ์ ชื่นปรีชา โตโมยูกิ คาวาชิมา และ วัชรินทร์ บุญภักดี. 2543. การศึกษาคุณค่าทางโภชนะของพืชตระกูลถั่วยืนต้น 3 ชนิด โดยวิธีการต่าง ๆ กัน. หน้า 167 – 183. ใน: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2543, กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ไพโรค ปัญจะ. 2526. การศึกษาหาปริมาณสารพิษไมโมซินและวิธีการลดพิษในใบกระถิน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 70 หน้า.

เมธา วรรณพัฒน์. 2529. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 287 หน้า.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมธา วรรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. หจก. ฟันนีพับบลิชชิ่ง, กรุงเทพ.

รัฐธิปัตย์ ปางวัชรากร. 2545. การพัฒนาเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 125 หน้า.

รำไพร นามสีลี พิมพาพร พลเสน ทวีศักดิ์ ชื่นปรีชา และ วิทยา สุมามาลย์. 2546. การศึกษาคุณค่าทางโภชนะของพืชอาหารสัตว์ (1) หญ้ารูซี่ (2) ถั่วฮามาต้า. หน้า 228 – 242. *ใน:* รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2546. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เรณู เทพประการ. 2544. การวิจัยและพัฒนาวิธีการผลิต และการใช้ใบกระถินยักษ์หมักเพื่อเลี้ยงโคนมของเกษตรกร. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตร์มหาบัณฑิต สถาบันราชภัฏเชียงใหม่, เชียงใหม่. 132 หน้า.

วรรณา อ่างทอง สมคิด พรหมมา บุญเสริม ชีวะอิสระกุล และ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2545. วิธีลดปริมาณมิโมซินด้วยการหมัก และการย่อยได้ของใบกระถินหมัก. ประชุมวิชาการ ครั้งที่ 40 สาขาสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. หน้า 113 – 120.

วรรณา อ่างทอง. 2544. ผลกระทบของอาหารที่โคได้รับต่อของเหลวในรูเมนซึ่งใช้ประเมินคุณค่าทางอาหารโดยวิธี *In vitro* Gas Production. ปัญหาพิเศษปริญญาโท มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

_____. 2545. การย่อยได้ ค่าพลังงาน และระดับที่เหมาะสมของใบกระถินหมักในอาหารโคนม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 127 หน้า.

วรินทร์ดา ลำจวน บุญล้อม ชีวะอิสระกุล นุชา สิมะสาธิตกุล และ สมคิด พรหมมา. 2540. ความเข้มข้นของเบต้า-แคโรทีนในอาหารโคนม และผลการเสริมเบต้า-แคโรทีนที่มีต่อการผสมติดของโคนมลูกผสม. *ใน:* Recent Research for the Development of Nutrient Requirements of Thai Dairy Cattle. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ ม.เชียงใหม่. 1(1): 55 - 68.

วัชรพงษ์ วัฒนกูล ณรงค์ กิจพาณิชย์ สาโรช ค้าเจริญ และ สถาพร พาชีรัตน์. 2531. การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของใบมันสำปะหลังป่นในอาหารมันสำปะหลังสำหรับสุกร *ใน:* การใช้วัสดุท้องถิ่นเป็นอาหารสัตว์. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, กรุงเทพฯ.

วิรัช สุขสราญ ประเสริฐศักดิ์ นันทชมชื่น และ จีรพัฒน์ วงศ์พิพัฒน์. 2542. ผลผลิตและส่วนประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์ในพื้นที่ต่าง ๆ อิทธิพลของระยะตัดที่มีต่อผลผลิตและส่วนประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์ 3 สายพันธุ์ (2.4) ในพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2542, กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์, หน้า 41 – 53.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิศิษฐิพร สุขสมบัติ นวลปรางค์ อุทัยดา และ สุวิทย์ เพียสังกะ. 2544. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ "การผลิตอาหารรวมที่มีประสิทธิภาพจากชานอ้อยที่ปรับปรุงคุณภาพแล้วและแนวทางประเมินความต้องการโภชนะของโคนม" เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) กรุงเทพฯ.

วีณาพร จันทะสินธุ์. 2547. การตอบสนองของโครีดนมต่ออาหารที่เสริมด้วยหญ้าแห้งและโซเดียมไบคาร์บร่วมกับแมกนีเซียมออกไซด์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 114 หน้า.

วีระ ชีตารักษ์. 2544. ผลผลิตและคุณค่าทางอาหารของพืชอาหารสัตว์ในสวนลำไย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 139 หน้า.

ศักดิ์ ทองจันทร์ และ สดใส นามตะ. 2544. ผลการเสริมเบต้า-แคโรทีนโดยใช้ใบกระถินแห้งและเบต้า-แคโรทีนสังเคราะห์ต่อสมรรถภาพการสืบพันธุ์ และปริมาณผลผลิตน้ำนมในโคนมพันธุ์ทีเอ็มแซด. ว.โคนม. 18(3): 16 - 24.

ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่. 2547. รายงานประจำปี 2547. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. 2545. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก 2544/45. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สมคิด พรหมมา สมเพ็ชร ตุ้ยคำภีร์ ชาญชัย บุญสัมปทา และ R.W. Froemert. 2526. หน้า 240 – 248. *ใน*: ประมวลเรื่องการประชุมทางวิชาการปศุสัตว์ ครั้งที่ 2. กรมปศุสัตว์, กรุงเทพฯ..

สมคิด พรหมมา สมเพ็ชร ตุ้ยคำภีร์ วิสุทธิ หิมารัตน์ ผลิตเดช พูลสุข อรวรรณ สุวภาพ และ นิพนธ์ วิทยากร. 2531. การใช้เปลือกสับปะรดหมักมันสำปะหลังเส้นร่วมกับฟางข้าวที่ได้รับการปรุงแต่งคุณภาพแล้ว หรือฟางข้าวธรรมดาในการเลี้ยงโคนมรุ่นลูกผสมขาว-ดำ: ผลต่อการเจริญเติบโตหรือคุณภาพซาก. การใช้วัสดุท้องถิ่นเป็นอาหารสัตว์. รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการ. 25 – 27 พฤษภาคม 2531 เชียงราย.

สมคิด พรหมมา สมเพ็ชร ตุ้ยคำภีร์ อภิชาต รัตนวนิช และ นิพนธ์ วิทยากร. 2527. การศึกษาถึงการเลี้ยงโคที่กำลังให้นมด้วยฟางข้าวซึ่งได้รับการปรุงแต่งคุณภาพแล้วเป็นอาหารหยาบหลัก. รายงานผลงานวิจัยสาขาสัตวศาสตร์. ประชุมวิชาการ ครั้งที่ 22 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมคิด พรหมมา สมสุข พวงดี บุญล้อม ชีวะอิสระกุล บุญเสริม ชีวะอิสระกุล และ พิสัณฑ์ ผงทอง. 2542. การผลิตหญ้าหมักคุณภาพสูงสำหรับเลี้ยงโคนม. ว.สัตวบาล. (49)9: 17 – 22.

สมคิด พรหมมา อิวาโอะ ทาซากิ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล และ ธวัชชัย อินทรตุล. 2537. ผลการเลี้ยงโคลูกผสมขาว-ดำ ที่กำลังรีดนมด้วยฟางปรุงแต่งสะเทิน. ประชุมวิชาการ ครั้งที่ 32, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. หน้า 143-152.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สมคิด พรหมมา. 2542. การจัดสัดส่วนอาหารโคนมโดยใช้โปรแกรม XRATION.คู่มือการใช้โปรแกรม XRATION. ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่, กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 6 หน้า.

สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. 2540. การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย. ว.ราชบัณฑิตยสถาน. 20(2): 121 - 136.

สมพล ไวปัญญา สุภาพร มนต์ชัยกุล พันธุ์ศักดิ์ พันธุ์เสือ และ เฉลียว ศรีชู. 2542. ผลผลิตและส่วนประกอบทางเคมีของหญ้าสกุล *Brachiaria spp.* 6 ชนิด ในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2542. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 13 – 25.

สมสุข พวงดี. 2544. การผลิตหญ้ารูซี่หมักคุณภาพสูง การประเมินคุณค่าทางโภชนะและความต้องการพลังงานและโปรตีนของโครีดนมลูกผสมขาวดำ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 137 หน้า.

สายัณห์ ทัดศรี. 2540. พืชอาหารสัตว์เขตร้อน การผลิตและการจัดการ. ภาควิชาพืชไร่นา. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 375 หน้า.

สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดเชียงใหม่. 2545. ศูนย์วิจัยการผสมเทียมเชียงใหม่. กองผสมเทียม, กรมปศุสัตว์.

สุวรรณา ภาคย์วิวัฒน์. 2527. การศึกษาคุณค่าทางโภชนะและวิธีการลดสารพิษไมโมซีนของใบกระถิน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เสาวลักษณ์ แย้มหมื่นอาจ. 2542. การประเมินค่าพลังงานสุทธิและการศึกษาการย่อยได้ของฟางข้าวในโคนมและแกะ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 113 หน้า.

อิทธิพล เผ่าไพศาล. 2547. แนวทางการใช้ต้นอ้อยเลี้ยงสัตว์. ข่าวสารพืชอาหารสัตว์. 9 (2): 7 – 9.

อุทัย คันโธ และ สุกัญญา จัตตุพรพงษ์. 2547. การใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์ : ผลการใช้และข้อมูลการวิจัยในประเทศไทย. ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์ สถาบันสุวรรณวาจกกสิกิจฯ และ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม.

Amaral-Phillips, No date. Milk urea nitrogen. [Online]. Available: http://www.uky.edu/Agriculture/AnimalSciences/dairy/extension/nut00029.pdf [2002, December 11].

Anonymous, 1998. [Online]. Available: http://www.dasc.vt.edu/dasc3274/Lectures/1998/cow10.pdf. [1998, October 21].

Antoniewicz. A.M. A.M. Vuuren, C.J. van der Koelen, and I. Kosmala. 1992. Intestinal digestibility of rumen undegraded protein of formaldehyde treated feedstuffs

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

measured by mobile bag and *in vitro* technique. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 39: 111-124.

AOAC. 1984. Official Methods of Analysis.14th Ed. Assoc. of Official Analytical Chemists Inc., Virginia.

_____. 1995. Official Methods of Analysis. 16th Ed. Assoc. of Official Analytical Chemists international suite 500. Maryland.

Atwal, A.S., S. Mahadevan, and M.S. Wolynetz. 1995. Increased milk production of cows in early lactation fed chemically treated soybean meal. *J. Dairy Sci.* 78(3): 595-603.

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

Ballet, N., J. C. Robert, and P. E. V. Williams. 2000. Vitamin in forages. *In*: (Eds. D. I. Givens, E. Owen, R. F. E. Axford and H. M. Omed). Forage Evaluation in Ruminant Nutrition. CAB International, Wallingford. p. 399 - 431.

Barry, T.N. 1976. The effectiveness of formaldehyde treatment in protecting dietary protein from rumen microbial degradation. *Proc. Nutr. Soc.* 35: 221-229.

Beauchemin, A. 2000. Managing rumen fermentation in barley-based diets: balance between high production and acidosis. [Online] Available: http://www.wcds.afns.ualberta.ca/Proceedings/2000/Chapter11.htm [2004, August 2].

Beever, D.E., and D.J. Thomson. 1981. The potential of protected protein in ruminant nutrition. *In*: (Eds. Haresign, W., and D.J.A. Cole). Recent Developments in Ruminant Nutrition. p. 82-98. Butterworths, London.

Block, E., and B. Farmer. 1987. The status of β-carotene and vitamin A in Quebec dairy herds : factor affecting their status in cows and their effects on reproductive performance. *Can. J. Anim. Sci.* 67: 775-788.

Blood, D.C., and J.A. Henderson. 1974. Veterinary medicine. 14th Ed. The English Language Book Society and Bailliere Tindall, London E.L.B.S. Edition.

Bluemmel, M., and E.R. Orskov. 1993. Comparison of *in vitro* gas production and nylon bag degradability of roughage in predicting feed intake in cattle. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 40 : 109-119.

Bodine, T.N., H.T. Purvis II, C.J. Ackerman, and C.L. Goad. 2000. Effects of supplementing prairie hay with corn and soybean meal on intake, digestion, and ruminal measurements by beef steers. *J. Anim. Sci.* 78 : 3144 - 3154 .

Bremner, J.M., and D.R. Keency. 1965. Steam distillation method of determination of ammonium, nitrate and nitrite. *Anal. Chem. Acta.* 32: 363.

Brent, B.E. 1976. Relationship of acidosis to other feedlot ailments. *J. Dairy Sci.* 43(4): 930-935.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Bui Huy Nhu Phuc, B. Ogle, and J. E. Lindberg. 2000. Effect of replacing soybean protein with cassava leaf protein in cassava root meal based diets for growing pigs on digestibility and N retention. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 83 : 223-235.

Calsamiglia, S., and M.D. Stern. 1995. A three-step *in vitro* procedure for estimating intestinal digestion of protein in ruminants. *J. Anim. Sci.* 73(6): 1459-1465.

Carter, R.R., and W.L. Grovum. 1990. A review of the physiological significance of hypertonic body fluids on feed intake and ruminal function: Salivation, motility and microbes. *J. Anim. Sci.* 68(9): 2811-2832.

Cassida, K.A., and M.R. Stokes. 1986. Eating and resting salivation in early lactation dairy cows. *J. Dairy Sci.*. 69: 1282-1292.

Chalupa, W. 1974. Rumen bypass and protection of proteins and amino acids. *J. Dairy Sci.* 58(8): 1198-1212.

Chamberlain, A T. 2001. Assessment of fibre in the diet - Effective NDF. [Online]. Available: http://www.rumnut.com/epndf.pdf. [2004, November 17].

Chanthai, S., Wanapat, M., and Wachirapakorn, C. 1988. Rumen ammonia-N and volatile fatty acid concentrations in cattle and buffalo given rice straw based diet. *In:* (Ed. R. M. Dixon, IDP). Proc. Ruminant Feeding Systems Utilising Fibrous Agricultural Residues-1987. p. 191-196. Canberra.

Charles, R.S. 2000. Limit these feeds in rations for dairy cattle. [Online]. Available http://www.ext.vt.edu/pubs/dairy/404-119/404-119.html. [2002, December 28].

Cheva-Isarakul, B. 1982. The composition, intake and digestibility of legume tree leaves in North Thailand. *In:*. (Ed. P.T. Doyle). The Utilization of Fibrous Agricultural Residues as animal Feeds, School of Agriculture and Forestry University of Melbourne, Parkville, Victoria. p. 152-158.

Cheva-Isarakul, B., and J. Kanjanapruthipong. 1987. A comparison of untreated rice straw with urea-molasses sprayed rice straw as basal diet for growing cattle. *In*: (Ed. R.M. Dixon). The Ruminant Feeding System Utilizing Fibrous Agricultural Residues-1986. p. 191-198., Canberra

Cheva-Isarakul, B., and N. Potikanond. 1986. Performance of bulls fed diets containing untreated rice straw and leucaena leaves compared to urea – treated rice straw. *Thai J. Agric. Sci.* 19: 49-57.

Church, D.C. 1991. Livestock Feeds and Feeding 3rd edition. Prentice-Hall, Inc., New Jersey. 546 p.

Cone, J.W., A.A. Kamman, A.H. van Gelder, and V.A. Hindle. 2002. Rumen escape protein in concentrate ingredients determined with the nylon bag and enzymatic techniques. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 97 : 247-254.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Crawford, R.J., and W.H. Hoover. 1984. Effects of particle size and formaldehyde treatment of soybean meal on milk production and composition for dairy cows. *J. Dairy. Sci.* 46 : 1945-1952.

Crooker, B.A., J.H. Clark, R.D. Shanks, and E.E. Hatfield. 1986. Effects of ruminal exposure on the amino acid profile of heated and formaldehyde-treated soybean meal. *J. Dairy. Sci.* 69(10): 2648-2657.

de Bore, G., J.J. Murphy, and J.J. Kennelly. 1987. Mobile nylon bag for estimating intestinal availability of rumen undegradable protein. *J. Dairy Sci.* 70(5): 977-982.

Dorfler, J. 1977. Tierische Erzeugung. BLV Verlagsgesellschaft mbH, München, Germany. p. 120-123.

Dunlap, T.F., R.A. Kohn, L.W. Douglass, and R.A. Erdman. 2000. Diets deficient in rumen undegraded protein did not depress milk production. *J. Dairy Sci.* 83(8): 1806-1812.

Elam, C.J. 1976. Acidosis in feedlot cattle: practical observations. *J. Dairy Sci.* 43(4): 898-901.

Enermark, J.M., R.J. Jørgensen, and P.St. Enermark. 2002. Rumen acidosis with special emphasis on diagnostic aspects of subclinical rumen acidosis: A review. Veterinarija ir Zootechnika. 20(42): 1392 - 2130.

Erdman, R.A. 1988. Forage pH effect on intake in early lactation dairy cows. *J. Dairy Sci.* 71: 1198-1203.

Erdman, R.A., R.W. Hemken, and L.S. Bull. 1982. Dietary sodium bicarbonate and magnesium oxide for early postpartum lactating dairy cows : effects on production, acid-base metabolism and digestion. *J. Dairy Sci.* 65: 712-731.

European Commission. 1999. Report of the Scientific Committee for Animal Nutrition on the use of Formaldehyde as a Preserving Agent for Animal Feedingstuff. Consumer policy and consumer health protection, Brussel.

Folman, Y., H. Neumark, M. Kaim, and W. Kaufmann. 1981. Performance rumen and blood metabolites in high-yielding cows fed varying protein percents and protected soybean. *J. Dairy Sci.* 64(5) : 759-768.

Fonnesbeck, P.V., M.F. Wardeh, and L.E. Harris. 1984. Mathemetical models for estimating energy and protein utilization of feedstuffs. International Feedstuffs Institute, Utha State University, Logan, Utah. 33 p.

Forbes, J.M. 1985. The Voluntary Food Intake of Farm Animals Butterworths, London. 201 p.

Gall, C. 1990. Graph Pad InPlot (GPIP) Graph pad Software Inc. Version 3.14, Universität Hohenheim, San Diago.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Goering, H.K., and P.J. Van Soest. 1970. Forage Fiber Analysis. USDA. Agriculture Research Council. Agriculture Handbook No. 379. Washington, D.C.

Göhl, B. 1975. Tropical feeds. FAO Feed International Centre, Rome.

Grant, Rick. 1997. Managing dairy cows to avoid abomasal displacement. [Online]. Available: http://ianrpubs.unl.edu/dairy/nf317.htm. (2004, November 19).

Hall, M.B. 1999. Management strategies against ruminal acidosis. In: 10th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium. p.104-113. Gainesville, FL.

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

Holmes, W. 1989. Grass its Production and Utilization. Black Well Scientific, Oxford.

Hoover, W.H., and R.H. Stokes. 1991.Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. J.*Dairy Sci.* 74: 3630-3644.

Humphreys, L.R., and I.J. Partridge. 1995. Grasses for the tropics ruzi grass (*Brachiaria ruziziensis*). *A guide to better pastures for the tropics and subtropics.* [Online]. Available: http://www.dpi.qld.gov.au/pastures/4577.html [2003, July].

Hutjens, M.F. 2002. Evaluating manure on the farm. [Online]. Available: http://traill. outreach.uiuc.edu/dairynet/paperDisplay.cfm?ContentID=550 [2002, January 20].

Ibrahim, M.N.M. 1983. Physical, chemical, physico – chemical and biological treatments of crop residues. *In*: (Ed. G.R. Pearce). The Utilization of Fibrous Agricultural Residues. p. 53-65, Watson Ferguson and Co., Brisbane.

Ishler, V., J. Heinrichs, and G. Varga. 1996. From feed to milk: Understanding rumen function. The Pennsylvania State University. Extension circular 422.

Kalscheur, K.F., B.B. Teter, L.S. Piperova, and R.A. Erdman. 1997. Effect of dietary forage concentration and buffer addition on duodenal flow of Trans-$C_{18:1}$ fatty acids and milk fat production in dairy cows. *J. Dairy Sci.*80: 2104-2114.

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

Kanjanapruthipong, J., C. Vanjrabukka, and S. Sindhuvanich. 2002. Effects of formalin treated soy bean as a source of rumen undegradable protein on rumen functions of non-lactating dairy cows on concentrate based-diets. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 15(10): 1439-1444.

Kaufmann, W., and W. Luepping. 1982. Protected proteins and protected amino acids for ruminants. *In*: (Eds. Miller, E.L. and Pike I.H.). Protein Contribution of Feedstuffs for Ruminants. p. 37-65. Page Bros. (Norwich) Ltd, London.

Kearl, L.C. 1982. Nutrient Requirement of Ruminant in Developing Countries. p. 117-118. Logan: Utah State U.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Kennelly, J.J., B. Robinson, and G.R. Khorasani. 1999. Influence of carbohydrate source and buffer on rumen fermentation characteristic, milk yield, and milk composition in early–lactation Holstein cows. *J. Dairy. Sci.* 82: 2486-2496.

Keunen, J.E., J.C. Plaizier, L. Kyriazakis, T.F. Duffield, T.M. Widowski, M.I. Lindinger, and B.W. McBride. 2002. Effects of a subacute ruminal acidosis model on the diet selection of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 85(12): 3304-3313.

Kilmer, L.H., L.D. Muller, and P. J. Wangsness. 1980. Addition of sodium bicarbonate to rations of pre- and postpartum dairy cows. *J. Dairy Sci.* 63(12): 2026-2036.

Kopecny, J., O. Tomankova, and P. Hommolka. 1998. Comparison of protein digestibility of rumen undegraded protein estimated by an enzymatic and mobile bag method : feeds for ruminants and anaerobic fungus. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 71: 109-116.

Kossaibati, M.A., and R.J. Esslemont. 1997. The costs of production diseases in dairy herds in England. *Vet. J.* 154(1): 41-51.

Linn, J.G. 1990. Feed additives in dairy rations. [Online]. Available:http://www.inform. umd.edu/EdRes/Topic/AgrEnv/ndd/feeding/FEED_ADDITIVES_IN_DAIRY_ RATIONS.html. [2003, January 25].

Looper, M., S.R. Stokes, D.N. Waldner, and E.R. Jordan. 2001. Managing milk composition: evaluating herd potential. [Online]. Available: http://www.cahe. nmsu.edu/pubs/_d/d-104.html. [2002, January 20].

Lotthammer, K. H. 1979. Importance of β-carotene for the fertility of dairy cattle. Feedstuffs. 22: 36-39.

Maclean, C.W. 1970. The hematology of bovine laminitis. *Vet. Rec.* 86: 710-714.

't Mannetje, L., and R.M. Jones. 1992. Plant Resources of South-East Asia No. 4: Forages. Pudoc Scientific Publishers, Wageningen. 300 p.

McDonald, P., N. Henderson, and S. Heron. 1991. The Biochemistry of Silage. 2nd edition. Chalcombe publications, Marlow.

McDonald, P., R.A. Edwards, and J.F.D. Greenhalgh. 1988. Animal Nutrition. 4th Ed. Longman Scientific and Technical, New York.

McDonald, P., R.A. Edwards, J.F.D. Greenhalgh, and C.A. Morgan. 1995. Animal Nutrition. 5th Ed. Longman Scientific and Technique, John Wiley & Sons. Inc., New York.

Menke, K.H., and H. Steingass. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Anim. Res. Devel.* 28 : 7-55.

Metcalf, J. 2001. Understanding bypass vegetable proteins. Feed Mix. 9(4/5) : 15-16.

Michael, J.J., L. R. Heirman, T.S. Wong, and B.P. Chew. 1994. Modulatory effects of dietary β-carotene on blood and mammary leukocyte function in periparturient dairy cows. J. Dairy Sci. 77: 1408-1421.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Miller, G. 1998. Buffers in dairy rations. [Online]. Available: http://www.premierchemicals.com/corner/articles/buffer.htm. [2002, March 9].

Miller, T.K., W.H. Hoover, W.W. Poland, and R.W. Wood. 1990. Effect of low and high fill diets on intake and milk production in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 73: 2453 - 2459.

Montano, J. F., J. F. Calderon, F. Castrejon, J. D. Garza, F. Perez, and R. A. Zinn. 1999. Ruminal alkalizing potential of brucite (magnesium hydroxide) and sodium bicarbonate for feedlot cattle [Online]. Available:http://animalscience.ucdavis.edu/drec/01.pdf.

Nagaraja, T.G., and M.M. Chengappa. 1998. Liver abscesses in feedlot cattle: a review. *J. Anim. Sci.* 76(1): 287-298.

Nocek, J.E. 1997. Bovine acidosis: implications on laminitis. *J. Dairy Sci.* 80(5): 1005-1028.

NRC. 1988. Nutrient Requirement of Dairy Cattle 6th rev. Ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.

_____. 1989. Nutrient Requirement of Dairy Cattle 6th rev. Ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.

_____. 2001 Nutrient Requirement of Dairy Cattle. 7th rev. Ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.

Onwuka, C.F.I. 1992. Tannin and saponin contents of some tropical browse species fed goats. Trop. Agric. 69:176.

Ørskov, E.R. 1992. Protein Nutrition in Ruminants. Academic Press, Harcourt Brace Jovanovich Publisher, London.

Ørskov, E.R., G.W. Reid, and I. McDonald. 1981. The effect of protein degradability and food intake on milk yield and composition in cows in early lactation. *Br. J. Nutr.* 45: 547-555.

Ørskov, E.R., G.W. Reid, and M. Kay. 1988. Prediction of intake by cattle from degradation characteristic of roughages. *Anim. Prod.* 46 : 29-34.

Ørskov, E.R., M. Hughes-Jones, and M.E. Elimem. 1983. Studies on degradation and outflow rate of protein supplements in the rumen of sheep and cattle. *Livest. Prod. Sci.* 10 : 17-24.

Ortega-Cerrilla, M.E., H.J. Finlayson, and D.G. Armstrong. 1999. Protection of starch in barley against rumen degradation by glutaraldehyde and formaldehyde as assessed by the dacron bag technique. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 77: 83-90.

Ovenell, K.H., K.S. Lusby, G.W. Hom, and R.W. McNew. 1991. Effects of lactational status on forage intake, digestibility, and particulate passage rate of beef cows

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

supplemented with soybean meal, wheat middlings, and corn. *J. Anim. Sci.* 69 : 2617 - 2623.

Owens, F.N., D.S. Secrist, W.J. Hill, and D.R. Gill. 1998. Acidosis in cattle: A review. *J. Dairy Sci.* 76: 275 - 286.

Pantoja, J., B.S. Oldick, J.L. Firkins, and D.L. Palmquist. 1997. Calcium and magnesium absorption by cows fed fat at different amounts and degrees of saturation. *J.Dairy Sci.* 80. Suppl. 1. p. 244. (Abstr.).

Prentice, D.L., D.M. Schaefer, and G.R. Oetzel. 2000. Effect of lasalocid on the forage to concentrate ratio fed to steers maintained at a pre-determined daily average ruminal pH. *J. Dairy Sci.* 83 (Suppl 1): 246. (Abstr.).

Promma, S., P. Jeenklum, and T. Indratula. 1998. Production responses of crossbred Holstein milking cows fed urea-treated rice straw at three different fiber levels and preliminary estimation of nutrient requirements. *ใน:* ผลงานวิจัย การหาความต้องการโภชนะของโคนมไทย. ฉบับที่ 1 หน้า 43-54.

Rajuguretal, A.S.B., V. Ravindran, and R.M. Fanaweera Benda. 1979. Manioc leaves meal as a source of protein for fattening swine. *J. Natl. Sci. Council. Sri Lanka.* 7: 105-110.

Reddy, P.V., J.L. Morrill, and L.S. Bates. 1993. Effect of roasting temperatures on soybean utilization by young dairy calves. *J. Dairy Sci.* 76(5): 1387-1393.

Reed, J.D., E. McDowell, P. J. Van Soest, and P. J. Horvath. 1982. Condensed tannins: A factor limiting the use of cassava forage. *J. Sci. Food Agric.* 33:213

Roseler, D.K., J.D. Ferguson, C.J. Sniffen, and J. Herrema. 1993. Dietary protein degradability effects on plasma and milk urea nitrogen and milk nonprotein nitrogen in Holsteins cow. *J. Dairy Sci.* 76(2) : 525-534.

Rossi, F., L. Fiorentini, F. Masoero, and G. Piva. 1999. Effect of fat coating on rumen degradation and intestinal digestibility of soybean meal. *Anim. Feed. Sci. and Tech.* 81: 309-318.

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

Santos, F.A.P., J.E.P. Santos, C.B. Theurer, and J.T. Huber. 1998. Effects of rumen-undegradable protein on dairy cow performance : A 12 – year literature review. *J. Dairy Sci.* 81(12): 3182-3213.

Satter, L. D., and L. L. Slyter. 1974. Effect of ammonia concentration on rumen microbial production *in vitro*. *Br. J. Nutr.* 32:199.

Sauer, W.C., L.A. den Hartog, J. Huisman, P. van Leeuwen, and C.F.M. Lange. 1989. The evaluation of the mobile nylon bag technique for determining the apparent

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

protein digestibility in awide variety of feedstuffs for pigs. *J. Anim. Sci.* 67: 432-440.

Schneider, B.H., and E.P. Flatt. 1975. The Evaluation of Feeds through Digestibility Experiments. The University of Georgia Press, Athens.

Schwab, C.G. 1995. Protected proteins and amino acids for ruminants. *In*: (Eds. Wallace, R.J. and A. Chesson). Biotechnology in Animal Feeds and Animal Feeding. p. 115-141. VCH Publishers Inc., Weinheim.

Shaver, R.D., R.A. Erdman, and J.H. Vandersall. 1984. Effect of silage pH on voluntary intake of corn silage. *J. Dairy Sci.* 67 : 2045-2049.

Shelton, H. M., and J. L. Brewbaker. 1994. *Leucaena leucocephala*-the most widely used forage tree legume. *In*: (Eds. R. C. Gutteridge and H. M. Shelton). Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture. CAB International, Wallingford. p. 15-29.

Shem, M.N., E.T. Mtengeti, M. Luaga, T. Ichinohe, and T. Fujihara. 2003. Feeding value of wild Napier grass (*Pennisetum macrourum*) for cattle supplemented with protein and/or energy rich supplements. *Anim. Feed Sci. Technol.* 108 : 15-24.

Slyter, L. L. 1976. Influence of acidosis on rumen function. *J. Anim. Sci.* 43(5): 910-929.

Smith, M. W. 1981. The use of beta-carotene in dairy rations. The bovine proceedings. 13: 173-178.

Sprecher, D.J., D.E. Hostetler, and J.B. Kaneene. 1997. A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance. *Therio.* 47(6): 1179-1187.

Stock, R., and R. Britton. 1996. Acidosis. University of Nebraska Cooperative Extension. G91-1047-A, Nebraska.

Stokes, M.R., and L.S. Bull. 1986. Effects of sodium bicarbonate with three ratios of hay crop silage to concentrate for dairy cows. *J. Dairy Sci.*69: 2671-2680.

Taylor, R.B., J.T. Huber, R.A. GoMez-Alarcon, F. Wiresma, and X. Pang. 1991. Influence of protein degradability and evaporative cooling on performance of dairy cows during hot environmental temperature. *J. Dairy Sci.* 74: 243-249.

Teh, T. H., R. W. Hemken, and R. J. Harmon. 1985. Dietary magnesium oxide interactions with sodium bicarbonate on cows in early lactation. *J. Dairy Sci.* 68: 881 – 890.

Tekpetey, F. R., W. M. Palmer, and J. R. Ingalls. 1987. Seasonal variation in serum β-carotene and vitamin A and their association with postpartum reproductive performance of Holstein cows. *Can. J. Anim. Sci.* 67: 491-500.

Van Soest, P.T. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. 2nd Ed. O&B Books, Inc.

Vanhatalo, A., I. Aronen, and T. Varvikko. 1995. Intestinal nitrogen digestibility of heat-moisture treated rapeseed meals as assessed by the mobile-bag method in cows. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 55: 139-152.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Voigt J., and H. Steger. 1967. Zu quantitativen Bestimmung von Ammoniak, Harnstoff und KetonkÖrpern in biologischem Material mit Hilfe eines modifizierten Mikrodiffusionsgefässes. Archev fÚr Tierernährung, Band 17, Heft 4-5, p.289-293.

Wachira, J.D., L.D. Satter, G.P. Brooke, and A.L. Pope. 1974. Evaluation of formaldehyde-treated protein for growing lambs and lactating cows. *J. Anim. Sci.* 39(4): 796-807.

Waipanya, S., and C. Srichoo. 2004. Utilization of *Leucaena leucocephala* as dry season protein supplement for dairy cattle in Southern Thailand. [Online]. Available: http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Newpub/PhilippineProceedings/waipanya.pdf. [2004, November 17].

Wanapat, M. 1990. Nutrition Aspects of Ruminant Production in Southeast Asia with Special Reference to Thailand. Dept. of Anim. Sci. Khon Kaen U., Khon Kaen.

_____. 1999. Feeding of Ruminants in the Tropics based on Local Feed Resources. Khon Kaen Publishing Company, Khon Kaen.

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

Wanapat, M., A. Petlum, and O. Pimpa. 2000. Supplementation of cassava hay to replace concentrate use in lactating Holstein Friesian crossbreds. *Asian-Aus. J. Anim. Sci.* 13: 600.

Wanapat, M., C. Wachirapakorn, P. Palanit, and W. Toburan. 1991. Effects of urea/molasses supplementation and urea-treated rice straw on voluntary feed intake and ruminal fermentation in native cattle fed straw based diets. *In:* (Eds. D. L. Romney, E. R. Orskov. M Gill). Proc. Utilisation of Straw in Ruminant Production Systems. p. 132-136. Natural Resources Institute, ODA, U.K.

Wattiaux, M.A. (no date). Lactation and milking : Milk secretion in the udder of a dairy cow [Online]. Available:http://babcock.cals.wisc.edu/. [2001, September 25].

Weatherburn, M.W. 1967. Phenol-Hypochlorite Reaction for Determination of Ammonia. Analytical Chemistry. 39: 971-974.

Weiss, W.P. 1995. Full lactation response of cows fed diets with different sources and amounts of fiber and ruminal degradable protein. *J. Dairy Sci.* 78 : 1802 - 1814.

_____. 1998. Requirement of fat-soluble vitamins for dairy cows: a review. *J. Dairy Sci.* 81: 2493-2501.

Wongsrikeao, W., and M. Wanapat. 1985. The effects of urea treatment of rice straw on the feed intake and liveweight gain of buffaloes. *In*: (Ed. P.T. Doyle). The Utilization of Fibrous Agricultural Residues as Animal Feeds. p. 81-84. School of Agri. and Forestry, U. of Melbourne, Parkville, Victoria.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Woodford, S.T., and M.R, Murphy. 1988. Effect of physical form of forage on chewing activity, dry matter intake and rumen function of dairy cows in early lactation. *J. Dairy Sci.*71: 674-686.

Xin, Z., W.B. Tucker, and R.W. Hemken.1989. Effect of reactivity rate and particle size of magnesium availability, acid-base balance, mineral metabolism and milking performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72: 462-470.

Xu, S., J.H. Harrison, R.E. Riley, and K.A. Loney. 1994. Effect of buffer addition to high grain total mixed ration on rumen pH, feed intake, milk production and milk composition. *J. Dairy Sci.* 77(3): 782-788.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved