บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

1. การปรับปรุงคุณภาพฟางข้าวด้วยยูเรียและการใช้เป็นอาหารโคนม

โคนมในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2549 มีจำนวนทั้งหมด 412,804 ตัว เป็นโคกำลังรีดนม 163,063 ตัว ผลิตน้ำนมได้ 1,211,026 กก. จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ค่าเฉลี่ยการให้น้ำนมของแม่โคประมาณ 7.4 กก.ต่อตัว ซึ่งก่อนหน้านี้มีผู้รายงานว่าแม่โคนมในประเทศไทยให้นมเฉลี่ยวันละ 7.0 กก. ซึ่งเป็นอัตราที่ค่อนข้างต่ำ และแทบจะไม่เพิ่มขึ้นในช่วงหลายปีที่ผ่านมานี้ ทั้งๆที่ได้มีการนำน้ำเชื้อจากพ่อโคที่มีพันธุกรรมการให้นมดีทั้งจากต่างประเทศและที่คัดเลือกภายในประเทศมาใช้ผสมเทียม สาเหตุสำคัญประการหนึ่งของการที่ศักยภาพการให้นมของแม่โคต่ำกว่าที่ควรจะเป็นคือเรื่องของอาหาร เช่น การขาดแคลนอาหารหยาบคุณภาพดีโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูแล้ง ทำให้ต้องใช้ฟางข้าวเป็นหลัก

1.1 คุณค่าทางอาหารของฟางข้าวและแนวทางการปรับปรุงคุณภาพ

ฟางข้าวเป็นผลพลอยได้จากการปลูกข้าวซึ่งมีในช่วงเดือนพฤศจิกายนเป็นต้นไป เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมมักเก็บรวบรวมฟางข้าวไว้ใช้ตลอดช่วงฤดูแล้ง 6 เดือน แต่ฟางข้าวมีข้อจำกัดหลายอย่าง เช่น มีโปรตีนต่ำ 2-4 % มีแร่ธาตุตลอดจนมีวิตามินโดยเฉพาะเอและอีต่ำ นอกจากนี้ยังมีความฟ่ามขาดความน่ากินและมีการย่อยได้ของอินทรียวัตถุต่ำ ประกอบกับฟางข้าว มีโภชนะภายในเซลล์ที่สามารถย่อยได้ง่าย เช่น โปรตีนที่ละลายได้ (soluble protein) น้ำตาล (sugar) แป้ง (starch) ไขมัน (lipid) และ แร่ธาตุเพียง 20-40 % เท่านั้น แต่มีสัดส่วนของผนังเซลล์ที่ประกอบด้วย cellulose, hemicellulose, lignin และเถ้า ที่เป็นส่วนที่ย่อยยากอยู่สูงถึง 60-80 % (เสาวลักษณ์, 2542) โดยเฉพาะสาร phenolic acid ซึ่งเป็นส่วนประกอบของ lignin ในฟางข้าว จะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์จากจุลินทรีย์ จึงทำให้ฟางข้าวมีการย่อยได้ต่ำ สัตว์กินได้น้อยและได้รับโภชนะไม่เพียงพอกับความต้องการ สัตว์เกิดการสูญเสียน้ำหนักตัว ถ้าหากกินฟางข้าวแต่เพียงอย่างเดียว องค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าวแสดงในตาราง 2. 1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าว (% วัตถุแห้ง)

Table 2.1 Chemical composition of rice straw (% DM)

DM	OM	CP	NDF	ADF	ADL	EE	Ash	Reference
89.2	82.7	4.0	77.5	52.4	5.24	-	-	Cheva-lsarakul (1991)
94.9	81.7	4.11	75.9	56.7	5.1	1.9	-	Cheva-lsarakul and Potikanond(1986)
86.0	82.6	2.3	85.6	63.1	5.2	1.8	-	Cheva-lsarakul and Cheva-lsarakul(1984)
90.5	80.9	4.3	78.6	59.5	3.3	1.4	-	Cheva-lsarakul and Cheva-lsarakul (2529)
95.7	-	3.3	77.6	54.3	4.5	-	16.8	Wanapat and Kongpiroon (1988)
90.0	-	3.1	-	-	-	2.2	16.4	Promma *et al.*(1985)

Source: Adapted from Sawalak (2542) and Doyle *et al.* (1986)

การนำอาหารหยาบที่มีคุณภาพต่ำมาเลี้ยงโคนมจะส่งผลต่อสมรรถภาพการผลิตคือโคจะผอม เจริญเติบโตไม่ดี ให้ผลผลิตน้ำนมลดลง จึงควรทำการปรับปรุงคุณภาพฟางข้าวด้วยวิธีการต่างๆ เช่น วิธีทางกายภาพ ทางเคมี ทางกายภาพร่วมกับทางเคมี และทางชีวภาพ เป็นต้น (Ibrahim และ Schiere, 1985) หรืออาจเสริมฟางข้าวด้วยอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนะสูงกว่า เช่น ยูเรีย กากน้ำตาล ใบกระถิน ใบพืชตระกูลถั่วต่างๆ ใบมันสำประหลัง ต้นถั่วลิสง ถั่วสไตโล ใบปอแก้ว และฝักจามจุรี เป็นต้น (เมธาและฉลอง, 2533; Cheva-Isarakul, 1990) ซึ่งนอกจากจะเป็นการเพิ่มปริมาณโภชนะแก่สัตว์โดยตรงแล้ว ยังเป็นการเร่งการเจริญของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ทำให้การย่อยได้ การกินได้ของฟางข้าว และสมรรถภาพในการผลิตสัตว์เพิ่มขึ้น นอกจากนี้การเสริมยูเรียยังช่วยเพิ่มประชากรและกิจกรรมของจุลินทรีย์ในการย่อยอาหารและสังเคราะห์จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้ส่วนใหญ่จะถูกย่อยในลำไส้เล็กของสัตว์ได้กรดอะมิโนซึ่งถูกดูดซึมไปใช้ประโยชน์แก่ตัวสัตว์ในที่สุด (Hamada, 1989)

1.2 วิธีการและปัจจัยที่มีผลต่อการทำฟางหมัก

การเพิ่มคุณค่าทางโภชนะของฟางข้าวโดยวิธีหมักด้วยยูเรีย นิยมทำเป็นกองหรือหลุมปิดคลุมด้วยผ้าพลาสติกให้สนิททิ้งไว้นาน 21 วัน จากนั้นเปิดกองออกนำฟางหมักไปเลี้ยงโคนมเป็นรายวันและปิดพลาสติกคลุมส่วนที่เหลือไว้ (Promma *et al*, 1985) วิธีนี้สามารถเพิ่มโปรตีนและทำให้ฟางมีการย่อยได้เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากยูเรียที่ถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ยูเรีเอส (urease) จาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จุลินทรีย์ที่เจริญในระยะวันแรกๆของการหมัก (Williams *et al*, 1984) จะกลายเป็นแอมโมเนียและยึดเกาะเซลลูโลส-ลิกนิน และซิลิก้าคลายตัวลง (Chesson and Orakov, 1984) จึงช่วยให้เอนไซม์ของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักเข้าย่อยสลายผนังเซลของฟางได้ดีขึ้น

จากการปรับปรุงคุณภาพฟางข้าวอ้างโดย สมคิด (2538) โดยใส่ฟางข้าวในถุงพลาสติกหนาที่เชื่อมให้ปิดสนิทแล้วเก็บในที่ร่มพบว่า ปฏิกิริยาระหว่างก๊าซกับผนังเซลของฟางข้าวจะทำให้เกิดความร้อนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งจะทำให้ถุงพองโป่งขึ้นโดยปฏิกิริยาเกิดได้ดีทางด้านบนของถุง ซึ่งมีก๊าซแอมโมเนียระเหยขึ้นมา โดยเฉพาะในเวลากลางวัน ปฏิกิริยานี้จะเริ่มตั้งแต่วันที่ 4 ของการหมัก และเกิดต่อเนื่องไปตลอดระยะเวลาที่หมักไว้ 30 วัน ทำให้ฟางส่วนนี้มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้สูงกว่าตอนล่าง การปิดพลาสติกที่ไม่แน่นหรือการใช้พลาสติกปูเหลื่อมกันไม่สนิทจะทำให้ก๊าซที่เกิดขึ้นดันพลาสติกออกทำให้แอมโมเนียระเหยออกไปค่อนข้างมาก อันจะทำให้การปรับปรุงไม่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นการปรับปรุงคุณภาพฟางในลักษณะเป็นกองเปิดจะไม่ได้ผลดีเท่าที่ควรเพราะแอมโมเนียระเหยไป ดังที่ Wanapat *et.al*. (1985) และ Perdok *et al.* (1982) เคยรายงานไว้

ระดับของแอมโมเนียที่เหมาะสมในการปรับปรุงคุณภาพฟางอยู่ในช่วงระหว่าง 3 – 4 % (Sunstol *et al.*, 1978) ในกรณีที่ใช้ยูเรีย บุญล้อม (2531) แนะนำให้ใช้ 4 % ในขณะที่ Wanapat (1985) Promma *et al.* (1985) ให้ใช้ 5 และ 6 % ตามลำดับ ซึ่งเมื่อคำนวณย้อนกลับจะได้แอมโมเนียในระดับ 2.8 – 3.4 % สอดคล้องกับคำแนะนำของ Sunstol *et al.*, (1978) ดังกล่าวข้างต้น

น้ำเป็นปัจจัยสำคัญในการทำให้ยูเรียสลายตัว และทำให้ปฏิกิริยาระหว่างแอมโมเนีย และฟางเกิดได้ดีขึ้น นอกจากนั้น น้ำยังช่วยในการจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และแอมโมเนีย ทำให้ความดันภายในกองฟางหมักไม่สูงเกินไป ก๊าซแอมโมเนียจะ เล็ดลอดออกมาจากกองฟางหมักได้น้อยลง Borhami และ Sunstol (1982) รายงานว่าน้ำแอมโมเนียจะช่วยเพิ่มการย่อยได้ของฟางข้าวดีกว่าก๊าซแอมโมเนียแห้ง และระดับความชื้นในกองฟางจะช่วยเพิ่มการย่อยได้ให้ดีขึ้น โดยระดับความชื้นที่ 50% จะเป็นช่วงที่เหมาะสมที่สุด อย่างไรก็ตามการใช้น้ำในปริมาณที่เท่า ๆ กับน้ำหนักฟางมักง่ายต่อการเข้าใจ และจะทำให้ภายในกองฟางหมักมีความชื้นใกล้เคียงกันระดับที่เหมาะสม ดังกล่าว

ระยะเวลาในการหมักฟางข้าวในสภาพเขตร้อนที่เหมาะสมคือ 3 สัปดาห์ (Promma *et al.*,1985) อย่างไรก็ดี อุณหภูมิภายนอกกองหมักและ การปิดหลุมที่มิดชิด อาจช่วยลดระยะเวลาการหมักลงกว่านี้ได้ การเพิ่มระยะเวลาการหมักเกินกว่า 3 สัปดาห์ ไม่ได้ช่วยเพิ่มการย่อยได้และระดับโปรตีนของฟางหมักให้มากขึ้นกว่านี้ (Promma, 1993; Wanapat, 1985; Jayasuriya and Perera, 1982)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดำรัส (2545) ศึกษาถึงผลของระดับยูเรียและระยะเวลาที่ใช้หมักต่อคุณภาพของฟางหมัก โดยทำการหมักฟางในถุงพลาสติก 2 ชั้น ความจุถุงละ 10 กก. เท่ากันทุกกลุ่ม ใช้น้ำต่อฟางข้าวในอัตรา 1: 1 โดยน้ำหนัก ระดับความเข้มข้นของยูเรียที่ศึกษา 3 ระดับคือ 4, 5 และ 6% ของน้ำหนักฟาง และใช้ระยะเวลาในการหมัก 3 ระยะคือ 7, 14 และ 21 วัน พบว่า การหมักฟางข้าวด้วยยูเรียมีผลทำให้โปรตีนรวม (CP) ในฟางหมักสูงกว่าฟางธรรมดา และ CP เพิ่มขึ้นตามระดับของยูเรียที่ใช้สูงขึ้น แต่ระยะหมักที่นานขึ้น ทำให้ CP ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$) การนำฟางหมักยูเรียไปผึ่งแดดทำให้ไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนีย (NH_3) ระเหยไป มีผลทำให้ค่า CP ลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าระยะเวลาการหมักที่นานขึ้นและการใช้ปริมาณยูเรียที่น้อยลง ทำให้มีปริมาณยูเรียตกค้างในฟางหมักลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p< 0.05$) ผู้วิจัยสรุปว่าการใช้ยูเรีย 6 % หมักฟางตั้งแต่ 14 วันขึ้นไป จะทำให้ได้ฟางหมักที่มีคุณภาพดีและมียูเรียตกค้างอยู่ในระดับที่ยังปลอดภัยต่อสัตว์

1.3 การทำฟางหมักฟ่อนและการตรึงไนโตรเจนในฟางหมัก

การส่งเสริมให้เกษตรกรใช้ฟางปรับปรุงคุณภาพด้วยยูเรียเลี้ยงโคนมดำเนินการมาตั้งแต่ปี พ.ศ.2522 ซึ่งรูปแบบการส่งเสริมเน้นระดับฟาร์มรายย่อย และใช้วิธีการหมักโดยคลุมด้วยพลาสติกกองบนดิน ต่อมาเปลี่ยนเป็นแบบใช้ บ่อคอนกรีตฉาบเรียบด้านในและคลุมพลาสติกเฉพาะด้านบน ฟางข้าวที่ใช้ในระยะนั้นเป็นฟางเส้นได้จากการนวดข้าวนวดด้วยแรงงานคนหรือเครื่องจักร ซึ่งการส่งเสริมได้รับผลสำเร็จในระดับหนึ่ง ระยะต่อมาฟางเส้นมีน้อยลงเพราะมีผู้เก็บไปอัดฟ่อนเพื่อให้ง่ายแก่การขายและขนส่ง

การใช้ฟางอัดฟ่อนมาหมักเหมาะสมในสภาพปัจจุบันที่ฟางได้มาจากเครื่องนวดเป็นส่วนใหญ่และมีผู้จำหน่ายจัดส่งถึงที่ ฟางในลักษณะนี้จะมีความแน่นมากขึ้น ซึ่งช่วยเพิ่มความจุของบ่อหมักฟาง นอกจากนั้นการเก็บรักษาฟางก่อนหมักยังทำได้ง่ายกว่าฟางมัดหรือกองฟาง ฟางอัดฟ่อนมีลักษณะรูปทรงสี่เหลี่ยมทำให้ง่ายต่อการวางลงในบ่อหมักและเรียงเป็นชั้น จากการสังเกตพบว่า มีฟาร์มเกษตรกรขนาดกลางบางรายใช้วิธีการดังกล่าวอย่างได้ผล ซึ่งธรรมโชติ (2536) ได้รายงานการปรับปรุงคุณภาพฟางโดยวิธีดังกล่าวในหลุมคอนกรีตว่าได้ผลดี ฟาร์มโคนมลูกผสมของสถาบันพัฒนาฝึกอบรมและวิจัยโคนมแห่งชาติ (2530) จึงได้ใช้วิธีการหมักฟางอัดฟ่อนมาทดแทนวิธีการเดิมที่ใช้ฟางเส้นโดยแนะนำวิธีหมักในบ่อคอนกรีตดังนี้

ก. เรียงฟ่อนฟางเอาด้านที่ใบมีดตัดขึ้นโดยเรียงให้แน่นและชิดที่สุดเพื่อป้องกันมิให้สารละลายยูเรียไหลลงไปด้านล่างของบ่อ ตามช่องระหว่างฟ่อนฟาง ทำการยูเรียในถัง และสเปรย์โดยใช้เครื่องพ่นให้ทั่วด้านบนของชั้น ทำการสเปรย์ที่ละชั้น หนาชั้นละหนึ่งฟ่อน สัดส่วนของฟางต่อน้ำ ต่อยูเรีย ใช้ที่ระดับ 100 : 100 : 6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข. ใช้พลาสติกสีดำหนาคลุมด้านบน และปิดไว้เป็นเวลา 21 วัน พลาสติกนี้สามารถใช้ได้หลายครั้ง

ค. เปิดกองนำฟางมาใช้ในปริมาณที่พอเพียงกับจำนวนโค และยังสามารถนำฟ่อนฟางหมักสด มากองไว้ด้านนอกนาน 5 วัน โดยยังมีโปรตีนรวมในระดับที่น่าพอใจ ฟางหมักฟ่อนสดที่เก็บไว้ 5 วัน จะมีวัตถุแห้งเฉลี่ย 52 % มีโปรตีนรวมเฉลี่ย 8.9% และไม่พบราขึ้นบนฟ่อนฟาง จากวิธีการดังกล่าวนี้ได้มีข้อแนะนำการใช้ฟางหมักยูเรียมาเลี้ยงโคนมในระดับของฟาร์มเกษตรกร โดยสร้างบ่อหมักขนาดใหญ่ ซึ่งอยู่ไม่ห่างฟาร์มเกษตรกรในละแวกนั้น และหมักฟางครั้งละมาก ๆ แล้วใช้วิธีจัดส่งฟางหมักฟ่อนสดไปยังฟาร์มทุก ๆ 3 – 5 วัน โดยอาจมีการดำเนินการในลักษณะกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตอาหารหยาบและเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมร่วมกัน อันจะทำให้การดำเนินการฟาร์มสะดวกยิ่งขึ้น ซึ่งจะคล้าย ๆ กับระบบการใช้อาหารข้นของเกษตรกรในปัจจุบัน

ฟางหมักอัดฟ่อนแห้งสามารถผลิตและขนส่งให้เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมได้สะดวก ในลักษณะคล้ายกับหญ้าแห้ง ฟางหมักแห้งนี้จะมีโปรตีนรวมใกล้เคียงกับฟางหมักสดตามปกติ และสามารถเก็บรักษาได้โดยมีโปรตีนรวมลดลงไม่มากนัก

1.3.1 การตรึงไนโตรเจนในฟางหมัก

จากการที่แอมโมเนียในฟางหมักสามารถระเหยไปได้เมื่อเปิดกองฟางทิ้งไว้ซึ่งเป็นผลทำให้ค่าโปรตีนรวมลดลงตามลำดับ Borhami *et al.* (1982) รายงานว่าการทำให้แห้งและเก็บไว้เป็นเวลานาน 3 เดือน จะทำให้โปรตีนรวมของฟางหมักลดลงจาก 7.2 % เหลือ 3.8 % ดังนั้นจึงมีผู้พยายามหาวิธีตรึงแอมโมเนียด้วยกรดอินทรีย์และกรดอนินทรีย์ (Promma *et al.*,1992) ซึ่งจะช่วยทำให้โปรตีนรวมของฟางค่อนข้างคงที่ นอกจากนี้การใส่กรดลงไปในฟางหมักยูเรียยังเพิ่มการย่อยได้ของอินทรียวัตถุของฟางอีกด้วย

Promma *et.al.*.(1994) ได้ทดลองผลิตฟางหมักอัดฟ่อนแห้งโดยใช้กรดกำมะถัน (40 กรัม/ฟางปรุงแต่งสด 1.75 ก.ก.) และกากน้ำตาล (100 กรัม/ฟาง ปรุงแต่งสด 1.75 กก.) พบว่า ได้ฟางหมักแห้งที่มี TDN 50 % และมีโปรตีนรวม 9.1 % แม้จะเก็บไว้เป็นเวลา 3 เดือน เมื่อนำไปเลี้ยงโคนมรุ่นพบว่า โคมีการกักเก็บไนโตรเจน 7.6 กรัม/วัน แต่ในทางปฏิบัติการใช้กรดกำมะถันอาจไม่มีความสะดวกอีกทั้งทำให้ต้นทุนสูงขึ้น สมคิดและคณะ (no date) จึงได้ศึกษาการใช้กากน้ำตาลในการตรึงแอมโมเนีย และได้ผลการทดลองดังแสดงในตาราง 2.2 โดยฟางที่หมักด้วยกากน้ำตาลและยูเรีย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผสมจะมีโปรตีนสูงกว่าฟางหมักตามปกติและกากน้ำตาลสามารถช่วยตรึงระดับโปรตีนในฟางแห้งได้ดีเท่ากับกรดกำมะถัน

ตาราง 2.2 โปรตีนของฟางปรุงแต่งแห้งที่ใช้กากน้ำตาล 5 % และกรดกำมะถัน 2 % ตรึงแอมโมเนีย (%DM)

Table 2.2 Crude protein content of dried ammonia fixing urea- treated rice straw using 5% molasses and 2 % sulfuric acid (% DM)

Straw	UTS	UTS	UTS	UTS	SEM
Acid	-	sulfuric acid	-	sulfuric acid	
Additive	-	-	molasses	molasses	
CP, %	7.63[a]	10.90[b]	10.54[b]	12.80[c]	0.48
ammonia CP, %	2.87[a]	4.77[c]	4.03[b]	6.56[d]	0.05
undegraded urea, %	0.35	0.82	0.95	0.86	0.05
DM digestibility, %	54.8[b]	52.7[a]	56.5[c]	56.0[c]	0.35

Source: Promma *et al.* (no date)

ผู้วิจัยได้แนะนำว่าการทำฟางหมักแบบนี้สามารถทำเป็นฟ่อนได้โดยใช้ฟางข้าวลักษณะฟางเส้นราดสารละลายกากน้ำตาลและยูเรียในอัตราส่วนฟาง:น้ำ:กากน้ำตาล:ยูเรียเท่ากับ 100:100:5:6 และหมักในสภาพปิดเป็นเวลา 21 วัน หลังจากนั้นเปิดฟางหมักออกมาผึ่งแดดให้แห้งแล้วนำมาอัดฟ่อน

1.4 คุณค่าทางโภชนะของฟางหมัก

ฟางหมักยูเรียมีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าฟางธรรมดา โดยมีโปรตีนรวมเพิ่มขึ้นประมาณ 4 หน่วยเปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังมีการย่อยได้ดีขึ้น ดังจะเห็นได้จากผลการศึกษาของ Ibrahim (1983) และ Promma *et al.* (1985) ซึ่งรายงานว่า การย่อยได้ของฟางหมักยูเรียจะสูงกว่าฟางธรรมดา 5-17 หน่วย เปอร์เซ็นต์ และสัตว์สามารถกินฟางหมักได้มากกว่าฟางธรรมดา ทำให้สัตว์ได้รับโภชนะเพิ่มขึ้น เป็นเหตุให้ค่ายอดโภชนะย่อยได้ (TDN) ของฟางหมักยูเรียสูงกว่าฟางธรรมดา (44.7 เทียบกับ 49.5%, Promma *et al*. 1992)

อย่างไรก็ตามมีแร่ธาตุหลายตัวที่ฟางหมักมีต่ำกว่าพืชอาหารสัตว์ตามธรรมชาติโดยเฉพาะฟอสฟอรัส กำมะถัน แมกนีเซียม ดังแสดงในตาราง 2.3 ดังนั้นการเสริมแร่ธาตุอาหารให้กับโคที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เลี้ยงด้วยฟางหมักยูเรียจึงเป็นสิ่งจำเป็น สำหรับองค์ประกอบทางเคมีของฟางหมักเมื่อเทียบกับข้าวโพดหมักและอาหารหยาบชนิดอื่นแสดงไว้ในตาราง 2.4

ตาราง 2.3 ส่วนประกอบทางเคมีและยอดโภชนะย่อยได้ของฟางหมักยูเรียเปรียบเทียบกับอาหารหยาบชนิดอื่น ๆ (% DM)

Table 2.3 Chemical composition and total digestible nutrient of urea-treated straw (UTS) comparing with other roughages (% DM)

	Rice straw	UTS	Para grass	Grass silage
DM %	91.7	45.2	21.1	22.0
CP %	3.0	7.2	7.5	7.7
TDN %	44.7	49.5	46.7	43.3
Ca %	-	0.31	0.44	0.6
P %	-	0.07	0.36	0.15
S %	-	0.06	0.37	0.15
Mg %	-	0.10	0.29	0.17
Cu (ppm)	-	10.5	27.0	10.0
Mn (ppm)	-	732	129.0	150.0
Zn (ppm)	-	51.5	83.0	20.0

Adapted from Promma *et. al*.(1992)

ตาราง 2.4 คุณค่าทางอาหารของฟางปรุงแต่งเทียบกับข้าวโพดหมักและอาหารหยาบชนิดอื่น (%วัตถุแห้ง)

Table 2.4 Nutritive value of urea treated rice straw comparing with corn silage and other roughages (% DM)

	Urea- treated rice straw	Corn silage	Ruzi hay	Good quality hay
Dry matter	57	32.7	88	88
Protein	8.1	7.7	5.9	10.8
Crude fiber	37.7	24.6	31.9	28.2
ADF	53.6	29.8	38.5	32.1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

TDN	54.1	66.9	47.1	57.2

Source: Promma *et al.* (no date)

1.5 ผลการใช้ฟางหมักยูเรียเลี้ยงโค

Promma *et al*. (1985) รายงานว่าการใช้ฟางหมักยูเรียเลี้ยงโคนมสามารถให้ผลผลิตน้ำนมได้ในระดับดีเทียบเท่าหญ้าสดเมื่อมีการให้ร่วมกับอาหารข้นดังแสดงในตาราง 2.5

ตาราง2.5 ผลผลิตของแม่โคที่ได้รับฟางหมักยูเรียเปรียบเทียบกับการได้รับหญ้าและเสริมด้วยอาหารข้น

Table2.5 Milk production of cows fed urea treated rice straw (UTS) and fresh grass supplemented with concentrate

	Fresh grass	Grass+ UTS	UTS
DMI (kg/h/d)	5.88	7.37	5.93
Concentrate DM intake (kg/h/d)	4.40	4.40	4.40
4% FCM (kg/h/d)	10.28	11.77	10.33
% milk fat	3.08	3.28	3.25

Source: Promma *et al*. (1985)

Promma (1993) ยังได้รายงานว่า การเลี้ยงโครีดนมลูกผสมขาวดำโดยให้อาหารหยาบแบบเต็มที่และเสริมอาหารข้นในอัตราส่วน 1 กก. ต่อน้ำนมที่รีดได้ 2 กก. โคที่เลี้ยงโดยใช้ฟางหมักยูเรียสดเสริมด้วยอาหารข้นตามอัตราส่วนดังกล่าวสามารถกินฟางหมักยูเรียคิดเป็นน.น.แห้งได้วันละ 5.9 กก. ซึ่งใกล้เคียงกับเมื่อใช้หญ้าขนสดเป็นอาหารหยาบ และกินอาหารรวมคิดเป็นน้ำหนักตัวเท่ากับ 2.6% ได้ผลผลิตน้ำนมวันละ 9.0 กก.เท่ากับเมื่อเลี้ยงด้วยหญ้าขนสด โดยมีไขมันและโปรตีนในน้ำนมใกล้เคียงกัน แสดงว่าฟางหมักยูเรียสามารถใช้เลี้ยงโครีดนมลูกผสมขาว-ดำได้ดีเท่าๆกับอาหารหยาบตามธรรมชาติทั่วไป เช่น หญ้าสด ในส่วนของโคทดแทน Promma *et al.* (1985) รายงานว่า โคสาวทดแทนที่ได้รับอาหารฐาน ได้แก่ หญ้าสดหรือหญ้าแห้ง หรือ ฟางหมักยูเรีย มีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างกันอย่างชัดเจนกับกลุ่มที่ได้รับฟางข้าวธรรมดา (401, 433, 431 และ 79 กรัม/วัน ตามลำดับ)

ดำรัส (2545)ได้ศึกษาการให้ผลผลิตของโคนมที่ได้รับอาหารผสมครบส่วนที่มีฟางหมักยูเรีย(กลุ่มที่ 1) เทียบกับการใช้หญ้ารูซี่หมักร่วมกับฟางหมัก (กลุ่มที่ 2) และหญ้ารูซี่หมักเสริมด้วยหญ้ารูซี่แห้ง (กลุ่มที่ 3) โดยเตรียมอาหารผสมครบส่วนสดๆและนำมาเลี้ยงโคนม พบว่า โคกลุ่มที่ 1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และกลุ่มที่ 2 กินอาหารคิดเป็นวัตถุแห้งได้ใกล้เคียงกัน (2.85 เทียบกับ 2.92 %ของน้ำหนักตัว) แต่สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับหญ้ารูซี่หมักเป็นอาหารหยาบหลัก ซึ่งกินได้เพียง 2.38% ของน้ำหนักตัว ($P<0.05$) โคทั้ง 3 กลุ่ม ให้น้ำนมต่อวันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (12.80, 11.32 และ 12.00 กก. 4% FCM) แต่การใช้ฟางหมักยูเรียมีผลให้เปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนมสูงกว่าการใช้หญ้ารูซี่ร่วมกับฟางหมักและการใช้หญ้าหมักอย่างมีนัยสำคัญ (3.82 เทียบกับ 3.15 และ3.25%, $P<0.05$) สำหรับองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆของน้ำนมพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามพบว่า การใช้หญ้ารูซี่หมักมีกำไรต่อผลผลิตน้ำนม 1 กก.สูงที่สุด แต่การเตรียมหญ้าหมักยุ่งยากซับซ้อนกว่าการทำฟางหมัก

2. การใช้ข้าวโพดหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ

ประเทศในเขตอบอุ่นที่มีการเลี้ยงโคนมให้ผลผลิตสูง นิยมทำข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบหลัก โดยปลูกข้าวโพดเป็นแปลงใหญ่และตัดด้วยเครื่องตัด ทั้งต้นและฝัก หั่นให้เป็นชิ้นเล็กๆ นำมาบรรจุในบ่อหมักหรือถังหมัก สำหรับประเทศไทยนั้นได้มีการศึกษาการผลิตข้าวโพดหมักเพื่อใช้เลี้ยงโคนม ทั้งในระดับฟาร์มและผลิตเชิงการค้าในแถบที่มีการเลี้ยงโคนมหลายท้องที่

ข้าวโพดหมัก (corn silage) หมายถึง ต้นข้าวโพดพร้อมฝักตัดรวมกันอายุประมาณ 80-90 วันแล้วนำมาหมัก ข้าวโพดหมักถือว่าเป็นอาหารหยาบที่ดีที่สุดสำหรับเลี้ยงโคในทุกฤดูกาล เนื่องจากข้าวโพดหมักมีพลังงานทั้งจากคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใย ได้แก่ น้ำตาล แป้ง และคาร์โบไฮเดรตที่เป็นเยื่อใย ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ที่เหมาะสมกับการทำงานของจุลินทรีย์ มีคุณค่าอาหารคิดเป็นน้ำหนักแห้งคือโปรตีน 6-8 % พลังงาน (TDN) 63-68 % ข้าวโพดหมักเหมาะสำหรับนำไปใช้เลี้ยงแม่โครีดนม โดยเฉพาะกลุ่มที่ให้ผลผลิตน้ำนมสูงกว่า 20 กก.ต่อวัน และกลุ่มที่คลอดใหม่ในระยะ 100 วันแรก (สมเพชรและจินตนา , 2549)

2.1 การผลิตและส่วนประกอบทางเคมีของข้าวโพดหมัก

การทำข้าวโพดหมักเริ่มจากการตัดต้นข้าวโพดพร้อมฝักในแปลงโดยเครื่องหั่นข้าวโพดให้มีชิ้นเล็กประมาณ 1-2 ซ.ม. นำมาอัดให้แน่นในหลุมคอนกรีตโดยไม่ต้องเสริมสารใดๆ หลังจากนั้นจึงคลุมด้วยพลาสติกให้มิดชิด เก็บไว้เป็นเวลาอย่างน้อย 21 วัน โคนมที่กินข้าวโพดหมักจะให้ผลผลิตมากกว่าโคนมที่กินอาหารหยาบชนิดอื่น โดยเฉพาะหญ้าเนื่องจากข้าวโพดหมักมีทั้งต้นและเมล็ดข้าวโพดผสมอยู่ และเมล็ดข้าวโพดมีแป้งเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย ทำให้โคนมได้รับพลังงานเพื่อนำไปสร้างน้ำนมมากขึ้น ในขณะที่คาร์โบไฮเดรตในหญ้าส่วนใหญ่เป็นเยื่อใยที่ย่อยยาก ทำให้โคนมได้รับพลังงานน้อยกว่า (สุรศักดิ์, 2544)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข้าวโพดหมักที่ผลิตอย่างถูกวิธีในประเทศไทยมีสภาพค่อนข้างดีคือ มีสีเขียวอมเหลือง มีกลิ่นคล้ายผักดองมีรสเปรี้ยว มีค่าความเป็นกรด – ด่าง หรือ pH ประมาณ 4 มีเนื้อแน่นไม่เปื่อยยุ่ยหรือเป็นเมือก และไม่มีรา (อาจพบบ้างเล็กน้อยตรงบริเวณด้านบนของถุงหรือด้านบนและด้านข้างของหลุมหมัก) ตลอดจนมีการสูญเสียของวัตถุแห้งประมาณ 10 % และมีสัดส่วนของกรดแลกติกซึ่งเป็นกรดที่ต้องการอยู่ในปริมาณที่สูง มีกรดอะซิติกปานกลาง และมีกรดบิวทีริกต่ำมาก (บุญเสริมและคณะ, 2545)

ฉันทนา (2543) ศึกษาระยะตัดที่เหมาะสมและผลการเสริมยูเรียในการผลิตข้าวโพดหมักคุณภาพดี โดยตัดต้นข้าวโพดพร้อมฝักที่มีอายุต่างกัน 3 ระยะคือ ระยะที่เมล็ดเป็นแป้ง 25, 50 และ 75 % ของเมล็ด หั่นต้นข้าวโพดให้มีขนาด 1-3 เซนติเมตร แล้วไม่เสริมและเสริมยูเรีย 1 % ของน้ำหนักข้าวโพดสด นำมาหมักในถุงพลาสติกใสขนาด 50 x 87 เซนติเมตร น้ำหนักบรรจุ 10-13 กิโลกรัม จำนวน 36 ถุง โดยแต่ละถุงมี 4 ซ้ำ เมื่อครบ 45 วัน ได้สุ่มตัวอย่างมาประเมินโดยใช้ประสาทสัมผัสรวมทั้งวัด pH ปริมาณกรดอินทรีย์ และองค์ประกอบทางเคมี พบว่า ข้าวโพดที่ตัดเมื่อเป็นเมล็ดแป้งมากขึ้นจะมีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งสูงขึ้น แต่มี CP, ADF และ NDF ต่ำลงเนื่องจากมีการสะสมแป้งของเมล็ด เมื่อนำมาหมักมีแนวโน้มว่าเกิดการสูญเสียวัตถุแห้งระหว่างการหมักเพิ่มขึ้น มีกลิ่นหอมน้อยกว่า มีความหนาแน่นต่ำกว่า และมี pH สูงกว่า โดยเฉพาะที่ระยะ 75 % แป้ง ($p < 0.05$) การเสริมยูเรีย ทำให้เปอร์เซ็นต์ CP, pH และปริมาณกรดแลคติกสูงกว่าไม่เสริมอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) และทำให้คุณภาพของข้าวโพดหมักดีขึ้น ยกเว้นการเสริมในระยะ 75 % แป้ง สรุปว่า การตัดข้าวโพดในระยะ 50 %แป้ง จะทำให้ข้าวโพดหมักมีคุณภาพดีที่สุด การเสริมยูเรียในอัตรา 1 % ของน้ำหนักสดจะช่วยให้คุณภาพของข้าวโพดหมักดีขึ้นแต่ไม่ควรเสริมในระยะ 75 % แป้ง

นฤมล (2544) ศึกษาคุณค่าทางอาหารของข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 5 ซึ่งปลูกในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ตัดที่ระยะเมล็ดแป้ง 50% ของเมล็ด เพื่อทำข้าวโพดหมัก พบว่ามีส่วนประกอบทางเคมีคือ DM 30.06% CP 7.92% EE 3.24% ADF 28.91% NDF 52.91% และ NFC 30.55% เมื่อนำไปหาค่าการย่อยได้และวัดค่าพลังงานงานโดยใช้โคนมแห้งไม่อุ้มท้องเป็นสัตว์ทดลอง พบว่า โคสามารถกินข้าวโพดหมักคิดเป็น DM ได้ 1.13% ของน้ำหนักตัว โภชนะส่วนใหญ่มีการย่อยได้ประมาณ 50-65 % ยกเว้นไขมันและคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย สามารถย่อยได้สูงมากถึง 78 และ 82% ตามลำดับ

2.2 การเลี้ยงโคนมโดยใช้ข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบหลัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ฉันทนา (2543) ได้ศึกษาการยอมรับข้าวโพดหมักของสัตว์ การย่อยได้และพลังงานในข้าวโพดหมัก ที่มีวัตถุแห้ง 23.17% มีโภชนะอื่นๆคิดเป็นร้อยละวัตถุแห้งดังนี้ คือ อินทรียวัตถุ 93.33 % โปรตีน 8.7 % และไขมัน 2.37% ส่วนของผนังเซล (NDF) เท่ากับ 64.48% และมี ADF 39.13 % โดยทำการทดลองในแกะลูกผสม Merino เพศผู้ 6 ตัว แบ่งเป็น 3 กลุ่มๆละ 2 ตัว ให้ได้รับข้าวโพดหมักร่วมกับกากถั่วเหลืองในอัตราส่วน(คิดเป็นวัตถุแห้ง) ต่างๆกัน 3 ระดับ คือ 91: 9, 82:18 และ 73:27 พบว่า เมื่อแกะได้รับสูตรอาหารที่มีข้าวโพดหมักลดลงจะกินอาหารคิดเป็นปริมาณวัตถุแห้งสูงขึ้น

นฤมล (2544) รายงานว่า การใช้ข้าวโพดหมักที่มีค่า pH 4.1 และมีกรดแลคติก 1.97 % ส่งเสริมให้เกิดภาวะ acidosis รุนแรงขึ้นโดยเฉพาะในโคที่กินอาหารข้นในระดับสูง เนื่องจากจุลินทรีย์ในกระเพาะเปลี่ยนกรดแลคติกเป็นกรดโพรพิออนิกไม่ทัน จึงเกิดการสะสมของกรดแลคติกในกระเพาะและเมื่อนำข้าวโพดหมักเลี้ยงแม่โครีดนมลูกผสมโฮลสไตน์ ฟรีเชี่ยนระดับสายเลือด 87.5% ขึ้นไป โดยใช้ข้าวโพดหมักคิดเป็นน้ำหนักสด 14.25 กิโลกรัม ร่วมกับหญ้ารูซี่แห้ง 1.26 กิโลกรัม และให้อาหารข้นที่มีส่วนผสมประกอบด้วยเมล็ดฝ้าย กากถั่วเหลือง ข้าวโพดบด น้ำมันถั่วเหลือง ปริมาณ 1.59, 4.71, 1.05, 0.65 กิโลกรัม ตามลำดับ เสริมด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนต แคลเซียมคาร์บอเนต และแร่ธาตุผสมในปริมาณ 0.13, 0.06 และ 0.17 กิโลกรัม ตามลำดับ พบว่า แม่โคให้นม 4% FCM ได้เฉลี่ยวันละ 18.16 กิโลกรัม น้ำนมมีส่วนประกอบไขมันนม 3.91% โปรตีน 3.22 % แลคโตส 4.72 % และของแข็งไม่รวมไขมัน 8.83 % ซึ่งอยู่ในระดับที่ดี นอกจากนี้ยังรายงานว่า หญ้ารูซี่แห้งเป็นแหล่งเยื่อใยที่ดี และการใช้กากฝ้ายซึ่งมีพลังงานในรูปไขมัน ทำให้สามารถลด NFC ในอาหารข้นลง ซึ่งช่วยลดปัญหาการเกิด acidosis ในกระเพาะรูเมน การใช้หญ้าแห้งร่วมกับข้าวโพดจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อป้องกันการเกิด acidosis เมื่อใช้ข้าวโพดหมักเลี้ยงโคนม

ดุจดาว (2548) ศึกษาการใช้ข้าวโพดหมักที่มี TDN 67.14 % , NEL 1.55 เมกะแคลลอรีต่อกิโลกรัม และโปรตีน 8.01 % เลี้ยงโคนมลูกผสมขาวดำโดยให้กินแบบเต็มที่ เสริมด้วยอาหารข้นโปรตีน 21 % ในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อน้ำนมที่รีดได้ 2 กิโลกรัม เทียบกับการใช้อาหารหยาบคุณภาพดีผลิตจากหญ้าแห้งผสมกับกากถั่วเหลือง รำละเอียด กากน้ำตาลและข้าวโพดบด เสริมด้วยอาหารข้นในอัตราเดียวกัน พบว่า โคกลุ่มข้าวโพดหมักกินอาหารได้วันละ 12.2 – 14.5 กิโลกรัมหรือคิดเป็น 2.6 – 3.1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ซึ่งค่อนข้างน้อยกว่ากลุ่มที่กินอาหารหยาบผสมที่ทำจากหญ้าแห้ง เพราะข้าวโพดหมักมีความชื้นสูงกว่า โดยโคกินข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบหลักให้นมวันละ 15 กิโลกรัม ซึ่งค่อนข้างสูงกว่าเมื่อกินอาหารหยาบผสมที่ทำจากหญ้าแห้ง (14.3 กิโลกรัม) และโคที่กินข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบหลักมีส่วนประกอบน้ำนมที่ดี และอยู่ในระดับปกติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(ไขมัน 4.7 %, โปรตีน 3.5 %, แลคโตส 4.4 % และของแข็งไม่รวมไขมัน 8.6 %) และมีต้นทุนค่าอาหารในการผลิตน้ำนม 1 กิโลกรัมต่ำกว่าเมื่อใช้อาหารหยาบผสม

3. การประเมินคุณค่าทางอาหารของอาหารหยาบและอาหารข้นสำหรับโคนม

การประเมินคุณค่าทางอาหารเบื้องต้น คือการวิเคราะห์ทางเคมีโดยวิธีของ Weende หรือ Proximate analysis ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมานานและสามารถบอกองค์ประกอบทางเคมีในอาหารได้ระดับหนึ่ง แต่ยังมีข้อเสียหลายประการโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของเยื่อใย ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาการวิเคราะห์เยื่อใยขึ้น เรียกว่า Detergent method หรือ Forage fiber analysis (Goering and Van Soest, 1970) อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีนี้ยังไม่สามารถบอกปริมาณอาหารที่สัตว์กินและโภชนะที่สัตว์จะได้รับได้ ดังนั้นจึงต้องการทดลองหาการย่อยได้ซึ่งมีทั้งวิธีที่ทดลองกับสัตว์โดยตรง *(in vivo)* หรือ *in sacco* และวิธีที่ทดลองในห้องปฏิบัติการ *(in vitro)*

3.1 การหาการย่อยได้กับสัตว์โดยตรง (*in vivo* digestibility)

การหาการย่อยได้กับตัวสัตว์โดยตรงแบบ conventional method ทำได้โดยนำอาหารชนิดนั้นไปให้สัตว์กินโดยตรง ทำการทดลอง 2 ช่วงคือ

1.Preliminary period เป็นช่วงที่ให้สัตว์และจุลินทรีย์คุ้นเคยกับอาหาร และเพื่อให้อาหารทดลองเข้าไปแทนที่อาหารเดิมในทางเดินอาหาร สำหรับสัตว์เคี้ยวถ้าเป็นอาหารปกติใช้เวลา 7-10 วัน แต่ถ้าเป็นอาหารแปลกใหม่อาจจะต้องใช้เวลา 14-21 วัน

2.Collection period เป็นช่วงที่วัดปริมาณอาหารที่สัตว์กินได้จริง และมูลที่สัตว์ขับออกมาทั้งหมด ถ้าให้อาหารระดับคงที่จะใช้เวลาประมาณ 7 วัน แต่ถ้าให้อาหารแบบเต็มที่เพื่อต้องการวัดปริมาณอาหารที่สัตว์กินได้ ต้องใช้เวลานานกว่า คือ 7-10 วัน ทำการสุ่มตัวอย่างอาหารและมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์ทางเคมีแล้วนำค่าต่าง ๆ มาคำนวณหาการย่อยได้จากสูตร

$$\text{Nutrient digestibility (\%)} = \frac{\text{Nutrient consumed (kg)} - \text{Nutrient in feces (kg)}}{\text{Nutrient consumed (kg)}} \times 100$$

ในกรณีที่อาหารนั้นไม่สามารถให้สัตว์กินเป็นอาหารเดี่ยวได้ ควรหาค่าการย่อยได้โดยวิธีหาความแตกต่าง (difference method)แต่อาหารบางอย่างเมื่อให้ร่วมกับอาหารอื่นอาจมีผลทำให้ค่าการย่อยได้เปลี่ยนไป (เกิด associative effect) จึงควรหาการย่อยได้โดยวิธีใช้สมการถดถอย (regression

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

method) โดยให้อาหารทั้งสองชนิดในสัดส่วนต่าง ๆ กันหลายระดับแล้วใช้สมการทำนายค่าการย่อยได้ของโภชนะในวัตถุดิบแต่ละชนิด จะทำให้ได้ค่าถูกต้องยิ่งขึ้น (บุญล้อม, 2541)

3.2 การหาการย่อยสลายและค่าพลังงานของอาหารในห้องปฏิบัติการ

เนื่องจากการวัดการย่อยได้ของอาหารในตัวสัตว์ เป็นวิธีที่ต้องใช้เวลาแรงงาน และค่าใช้จ่ายสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อทำกับสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดใหญ่ จึงได้มีนักวิจัยพยายามค้นคว้าและพัฒนาวิธีการทดลองย่อยอาหารในห้องปฏิบัติการ (*in vitro* technique) ซึ่งนิยมใช้กันอยู่หลายวิธี และบุญล้อม (2541) ได้แนะนำวิธีต่างๆ ไว้คือ

1.วิธีการ 2 ขั้นตอน (2 stages method) ของ Tilley and Terry วิธีนี้ได้รับความนิยมมานาน แต่ในภายหลังเมื่อมีการพัฒนาวิธีอื่นที่สามารถให้ข้อมูลได้มากกว่าและมีความแม่นยำสูงกว่า วิธีนี้จึงได้รับความนิยมลดลง

2.วิธีเป็บซิน – เซลลูเลส ทำโดยใช้เอนไซม์ที่สกัดจากจุลินทรีย์มา incubate กับตัวอย่างอาหาร วิธีนี้มีข้อดีในแง่ที่สามารถทำได้รวดเร็ว ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาทั้งคุณภาพของเอนไซม์และวิธีการวิเคราะห์ทำให้ค่าที่ได้แม่นยำขึ้น สะดวกสำหรับห้องปฏิบัติการที่ไม่มีสัตว์เจาะกระเพาะ โดย De Boever *et al*. (1986) ได้ศึกษาการใช้เอนไซม์ pepsin – cellulase ในการหาการย่อยได้ของอาหาร 40 ชนิด พบว่า ค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุที่วัดโดยวิธีนี้สัมพันธ์กับการย่อยได้ที่ทดลองในตัวสัตว์มากกว่าวิธี *in vitro* ของ Tilley and Terry

3.วิธีใช้ถุงไนล่อน (nylon bag technique) หรือ *in sacco* ได้รับการพัฒนาขึ้นในประเทศอังกฤษ และได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง เพราะให้ข้อมูลเกี่ยวกับอัตราการย่อยสลลายของอาหารซึ่งนับว่าเป็นประโยชน์มาก (รายละเอียดภาคผนวก หน้า 48)

4.วิธีวัดปริมาณแก๊ส (gas production technique) ได้รับการพัฒนาขึ้นในประเทศเยอรมัน เพื่อให้สามารถทำนายการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ และค่าพลังงานในอาหารได้ ต่อมาได้มีการดัดแปลงให้สามารถวัดอัตราการย่อยสลายของอาหารได้ด้วย

5.วิธีใช้อ่างรูเมนเทียม (rumen simulation technique) ทำโดยจำลองสภาพการหมักในกระเพาะรูเมน ทำให้สามารถบอกถึงการย่อยสลายของโภชนะในอาหารเช่นกัน แต่เป็นวิธีการที่ต้องอาศัยเครื่องมือที่ค่อนข้างซับซ้อน จึงไม่เหมาะสมกับประเทศไทยในสภาพปัจจุบัน

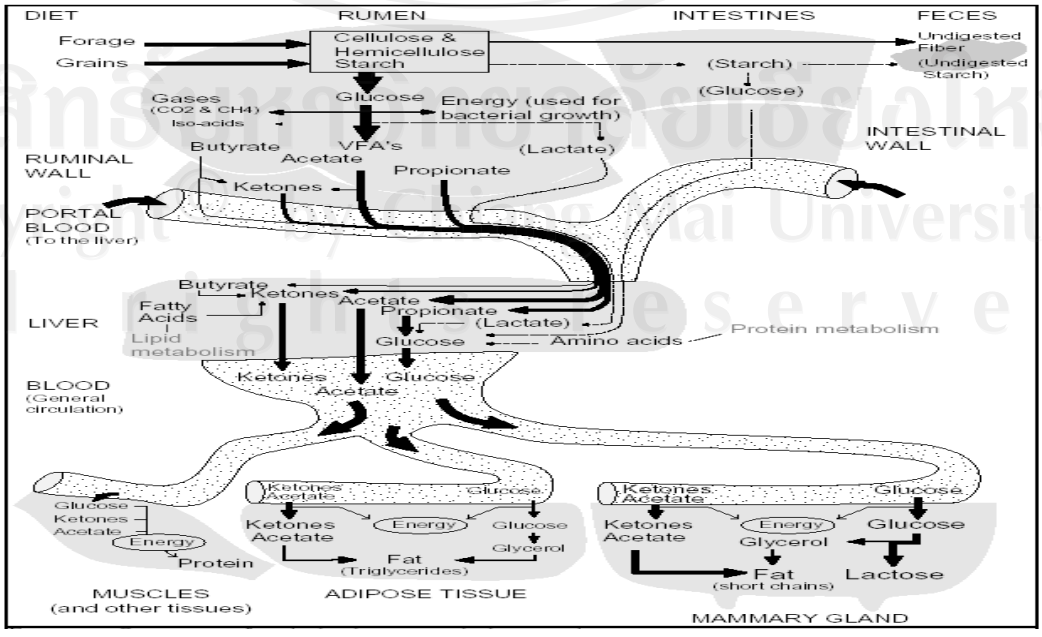
4. บทบาทของเยื่อใยต่อโคนม

นอกจากอาหารเยื่อใยจะถูกใช้เป็นพลังงานในสัตว์เคี้ยวเอื้องแล้วยังมีความสำคัญในการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ช่วยรักษาสภาพการหมักย่อยภายในกระเพาะรูเมนให้อยู่ในสภาพภายในกระเพาะรูเมนให้อยู่ในสภาพเหมาะสมกับการทำงานของจุลิทรีย์ช่วยป้องกันการลดลงของไขมันนมและอาการผิดปกติที่เกิดขึ้นหลังคลอด (NRC,1988) อาหารที่มีเยื่อใยสูงเกินไปจะมีผลไปจำกัดปริมาณการกินได้ของสัตว์เนื่องจากลักษณะทางกายภาพที่มีความฟ่ามสูงและมีการย่อยได้ต่ำเมื่อเทียบกับแป้งอาจส่งผลให้โคได้รับพลังงานไม่เพียงพอ ระดับของเยื่อใยที่เหมาะสม ควรคำนึงถึงสภาพร่างกาย การให้ผลผลิตของโค ชนิดของเยื่อใย ขนาดของชิ้นอาหาร ค่า buffering capacity (BC) ของอาหาร และความถี่ของการให้อาหาร(NRC, 1988)

เซลลูโลสสามารถถูกย่อยได้ดีด้วยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน แต่ถ้ามีปริมาณลิกนินมากจะทำให้จับตัวกับเซลลูโลสมากซึ่งจะทำให้การย่อยได้ของเซลลูโลสต่ำลง อาหารหยาบเป็นแหล่งสำคัญของเยื่อใยอาหารไม่ว่าจะเป็นหญ้า ต้นถั่วต่างๆ ฟางข้าว ยอดอ้อย ต้นข้าวโพด ข้าวฟ่าง เป็นต้น ซึ่งมีความสำคัญในการนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานและรักษาสภาพแวดล้อมของกระเพาะหมัก (สมบัติ, 2545) ความสมดุลระหว่างคาร์โบไฮเดรตประเภทเยื่อใยและคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใย (NFC) จึงเป็นสิ่งจำเป็นในการให้อาหารโคนม ซึ่งโดยทั่วไปแนะนำว่า ค่า NDF หรือ ADF ในอาหารรวมไม่ควรต่ำกว่า 28 % และ 21% ตามลำดับ (NRC, 1988) หรือไม่ควรมี NFC สูงเกินกว่า 40 % (NRC, 2001)ในกระบวนการหมักของจุลินทรีย์ในรูเมนจะได้แก๊สมีเธน, คาร์บอนไดออกไซด์, ความร้อนและกรดไขมันระเหยได้ (Volatile fatty acid , VFA) เช่น acetate, butyrate และ propionate กรดเหล่านี้ถูกดูดซึมใช้เป็นแหล่งพลังงานหลักเพื่อการดำรงชีวิตและการให้ผลผลิตโดย acetate และ butyrate มาจากเยื่อใยเป็นหลักเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ไขมัน ส่วน propionate มาจากอาหารข้นเป็นหลัก เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์กลูโคสและแลคโตสในน้ำนม ดังรูปภาพ 2.1



ภาพ 2.1 เมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตในร่างกายโคนม

Figure 2.1 Carbohydrate metabolism in dairy cattle

Adapted form Wattiaux. (no date)

5. โปรตีนและสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน

โปรตีนเป็นโภชนะสำคัญสำหรับสัตว์ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต โปรตีนในอาหารสัตว์มีทั้งโปรตีนแท้ ซึ่งประกอบด้วยกรดอะมิโนเป็นองค์ประกอบ เช่น โปรตีนในพืชอาหารสัตว์ อาหารข้น และสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (non – protein nitrogen, NPN) ได้แก่ ยูเรีย ไบยูเรต เป็นต้น ซึ่งโปรตีนกลุ่มหลังสามารถใช้ได้เฉพาะในสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนใช้แอมโมเนียจากการย่อยไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนแท้ หรือจากโปรตีนแหล่งอื่นร่วมกับคาร์โบไฮเดรตจากอาหารหยาบ หรืออาหารข้น เช่น มันสำประหลัง ข้าวโพด ปลายข้าว เป็นต้น นำไปสร้างเป็นโปรตีนของตัวมันเอง ซึ่งเมื่อจุลินทรีย์ไปถึงกระเพาะแท้และลำไส้เล็กจะถูกเอนไซม์จากตัวสัตว์ย่อยให้เป็นกรดอะมิโนถูกดูดซึมและนำไปใช้ประโยชน์ในตัวสัตว์ได้ (บุญล้อม, 2541) การที่สัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถสร้างกรดอะมิโนได้จากสารประกอบไนโตรเจน ทำให้สามารถลดต้นทุนค่าโปรตีนในอาหารได้ แต่ต้องให้สาร NPN อยู่ในระดับที่ไม่สูงเกินไปจนเป็นพิษต่อสัตว์

5.1 ยูเรียและข้อจำกัดในการใช้ยูเรียในอาหารโคนม

ยูเรียเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว มีสูตรทางเคมีคือ N_2H_4CO ในทางปฏิบัตินิยมใช้ในรูปของปุ๋ยยูเรีย ซึ่งละลายน้ำได้ดี มีไนโตรเจน 46% หรือเท่ากับ 287.5% CPจากการที่ยูเรียมีไนโตรเจนสูงและมีราคาถูกจึงนิยมใช้ประกอบในสูตรอาหารของโคนมเพื่อให้จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนนำไปสร้างเป็นโปรตีน ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนค่าอาหารได้ โดยเมื่อยูเรียเข้าสู่กระเพาะรูเมนจะถูกแบคทีเรียปล่อยเอนไซม์ยูรีเอส (urease) ออกมาย่อยได้เป็น NH_3 ในระหว่างนี้คาร์โบไฮเดรตในอาหารก็จะถูกน้ำย่อยจากจุลินทรีย์หมักย่อยได้เป็นกรดคีโต (keto acid) ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยากับ NH_3 จะกลายเป็นกรดอะมิโนและโปรตีนของจุลินทรีย์ เมื่อโปรตีนของจุลินทรีย์ไหลผ่านไปยังกระเพาะแท้และลำไส้เล็กก็จะถูกย่อยได้เป็นกรดอะมิโนและถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายต่อไป (บุญล้อม, 2546) อย่างไรก็ตามการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ต้องการคาร์โบไฮเดรตที่สลายตัวได้ง่าย (readily available carbohydrate, RAC) เช่น จากข้าวโพด กากน้ำตาลหรือมันเส้นที่มีเพียงพอกับขบวนการสร้างโปรตีนจาก NH_3 มิฉะนั้นอาจเกิดปัญหาเพราะ ยูเรียสลายตัวได้ดีและรวดเร็ว จึงทำให้เกิดการสะสม NH_3 ภายในกระเพาะรูเมน ถ้า NH_3 ถูกจุลินทรีย์นำไปใช้ไม่ทันและถูกดูดซึมจากกระเพาะเข้าสู่กระแสเลือด ร่างกายสัตว์จะปรับสมดุลโดย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เปลี่ยน NH_3 ให้เป็นยูเรียที่ตับแล้วขับออกทางปัสสาวะ แต่ถ้าระดับของ NH_3 สูงเกินกว่าจะกำจัดออกได้ทันจะทำให้เกิดพิษกับสัตว์ ถ้ารักษาไม่ทันอาจถึงตายได้

การนำยูเรียไปใช้ในอาหารโคนมนั้น Ensminger (1993) แนะนำว่าโดยทั่วไปควรใช้ไม่เกิน 2% ของอาหารข้นหรือ 1% ของวัตถุแห้งที่กินหรือไม่เกิน 30 กรัมต่อน้ำหนักโค 100 กิโลกรัม (บุญล้อม, 2541) เมธาและฉลอง (2533) แนะนำว่าในโคนมที่ให้ผลผลิตต่ำกว่า 20 กิโลกรัม/วัน ควรให้ไม่เกิน 1.5% ของสูตรอาหารข้น แต่ถ้าให้ผลผลิตสูงกว่า 20 กิโลกรัม/วัน ควรให้ไม่เกิน 0.75% ของสูตรอาหารข้นหรือไม่ใช้ยูเรียผสมลงไปและนอกจากนี้ควรระวังไม่ให้ยูเรียจับตัวเป็นก้อนในอาหาร ในการให้กินควรให้ทีละน้อยๆเพื่อให้โคมีเวลาได้ปรับตัวด้วย (ปราจีน, 2548)

5.2 การเป็นพิษจากยูเรียและวิธีการแก้ไข

โคที่ได้รับพิษจากยูเรียจะมีอาการตื่นเต้น ตกใจง่าย ขาสั่น เดินไม่สัมพันธ์กัน ชักกระตุก จากนั้นจะล้มลงนอน หายใจลำบาก ชัก เกร็งเป็นพักๆ ตัวสั่น ปากสั่น ขบฟัน น้ำลายฟูมปาก ท้องอืด และระดับแอมโมเนียในเลือดสูงถึง 30 มก./ลิตร โคจะตายในเวลาต่อมา

วิธีการแก้ไขโดยการกรอกปากด้วยน้ำส้มสายชู หรือกรดอะซิติกผสมน้ำเย็นกรดจะช่วยลดความเป็นด่างในกระเพาะรูเมนและสายเลือด อีกทั้งน้ำเย็นจะช่วยลดอุณหภูมิในกระเพาะรูเมน ทำให้แอมโมเนียถูกดูดซึมช้าลงลดอันตรายลงได้ (บุญล้อม, 2541)

6. การผลิตและใช้อาหารหยาบผสมเสริมด้วยโปรตีนและพลังงานเลี้ยงโคนม

ดุจดาว (2548) ศึกษาการผลิตอาหารหยาบผสมคุณภาพดีจากหญ้ารูซี่แห้งเสริมแหล่งโปรตีนและพลังงานเพื่อใช้เลี้ยงโคให้นม และศึกษาถึงการใช้ใบกระถินแห้งทดแทนการใช้รำและกากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีน โดยอาหารมี 3 สูตร คือ 1)หญ้ารูซี่แห้งคุณภาพดีผสมกากน้ำตาล ข้าวโพดบดและใบกระถินแห้ง(ใช้แทนกากถั่วเหลืองและรำ) 2)หญ้ารูซี่แห้งคุณภาพดีผสมกากน้ำตาล กากถั่วเหลืองข้าวโพดบด รำ ซึ่งโคทั้งสองกลุ่มได้รับอาหารข้น 1กก./น้ำนมที่รีดได้ 2.2กก. 3)หญ้ารูซี่แห้งราดกากน้ำตาลและได้รับอาหารข้น1 กก./น้ำนมที่รีดได้ 2.0 กก. พบว่า โคกินอาหารคิดเป็นวัตถุแห้งไม่แตกต่างกันระหว่างอาหารหยาบผสมทั้งสองแบบแต่มากกว่าเมื่อให้หญ้าแห้งราดกากน้ำตาล ในส่วนผลผลิตนั้นพบว่า ผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนมนั้นไม่มีความแตกต่างกัน นอกจากปริมาณน้ำนมที่ปรับไขมัน4 % พบว่า กลุ่มกินอาหารหยาบผสมที่ใส่ข้าวโพดบด กากน้ำตาล กากถั่วเหลืองและรำละเอียดจะมากกว่ากลุ่มอื่น โดยมีต้นทุนค่าอาหารในการผลิตต่ำสุดในกลุ่มที่ใช้หญ้าแห้งราดกากน้ำตาล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ธนมน (2550) ศึกษาการใช้หญ้ารูซี่ตัดสดที่อายุ 60 วัน เป็นอาหารหยาบหลักเสริมแหล่งโปรตีนและพลังงานเพื่อเลี้ยงโคให้นม แบ่งโคทดลองเป็น 3 กลุ่มให้รับอาหารดังนี้ 1) หญ้ารูซี่สด เสริมอาหารข้น 2) เหมือนกลุ่มที่ 1 แต่ให้อาหารเสริมอีกกลุ่มละ 1 กก. อาหารเสริมประกอบด้วยข้าวโพดบดและกากน้ำตาลเป็นแหล่งพลังงาน แต่แหล่งโปรตีนใช้รำละเอียดและกากถั่วเหลือง 3) ใช้ใบกระถินแห้งแทนกากถั่วเหลืองและรำละเอียด โดยโคทุกกลุ่มได้รับอาหารข้นเสริมอัตรา 1 ก.ก. ต่อน้ำนม 2 ก.ก. ในกลุ่มที่ 3 ผลการทดลองพบว่า ปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้โดยรวมของโคกินหญ้าสดเสริมอาหารข้นต่ำกว่ากลุ่มที่เสริมแหล่งโปรตีนและพลังงานอย่างมีนัยสำคัญ คิดเป็นอาหารรวมที่กินได้ 2.62 , 2.70 และ 2.72 % ของน้ำหนักตัว ตามลำดับ โดยโคให้ผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนมไม่แตกต่างกัน แต่โคกลุ่มที่กินหญ้าสดเสริมแหล่งโปรตีนจากกากถั่วเหลืองและรำละเอียด มีแนวโน้มของต้นทุนค่าอาหารในการผลิตน้ำนมทั้งที่ไม่ปรับและปรับไขมัน 4%น้อยที่สุด

มณีรัตน์ (2550) ศึกษาการใช้หญ้ารูซี่แห้งหรือฟางข้าวเสริมแหล่งโปรตีนและพลังงานเพื่อผลิตอาหารหยาบผสมสำหรับโครีดนม ใช้โคนมลูกผสมโฮสไตน์ฟรีเชียนระดับสายเลือด 87.5% จำนวน 6 ตัว น้ำหนักประมาณ 503.71±59.71 กก. ให้นมมาแล้ว239.05±16.81วัน ผลผลิตน้ำนมประมาณ 14.78±1.10 กก. อายุประมาณ 4-6 ปี แบ่งโคเป็น 3 กลุ่ม ให้ได้รับอาหาร 3 แบบดังนี้ 1) ได้รับฟางข้าวผสมข้าวโพด กากน้ำตาลและใบกระถินแห้ง 2) ได้รับฟางข้าวผสมข้าวโพดบด กากน้ำตาล รำและกากถั่วเหลือง 3) ได้รับหญ้าแห้งผสมข้าวโพดบด กากน้ำตาล รำและกากถั่วเหลือง โดยให้โคกินอาหารหยาบผสมแบบเต็มที่เสริมอาหารข้นในอัตรา 1 ก.ก. ต่อน้ำนม 1.5 ก.ก. พบว่า ปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้โดยรวมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าโคให้การยอมรับอาหารผสมสูตรที่ใช้กากถั่วเหลืองและรำละเอียดเป็นแหล่งโปรตีน 2 มากกว่าสูตรที่เสริมใบกระถินและสูตรที่ใช้หญ้าแห้งเป็นอาหารหยาบ ส่วนผลผลิตและองค์ประกอบของน้ำนม พบว่า ไม่แตกต่างกันโดยมีปริมาณน้ำนมที่ปรับไขมัน 4 % แล้วของสูตร 2 มากกว่า สูตร 1 และ3 และโคที่ได้รับอาหารหยาบสูตร 3 มีแนวโน้มของต้นทุนค่าอาหารในการผลิตนมต่ำกว่าสูตรอื่น

Ovenell *et al.* (1991) ทดลองเสริมกากถั่วเหลืองร่วมกับการใช้รำข้าวสาลีละเอียดหรือข้าวโพดบดเป็นแหล่งโปรตีนและพลังงานเปรียบเทียบกับการเสริมข้าวโพดอย่างเดียว โดยมีหญ้าคุณภาพต่ำเป็นอาหารหยาบหลัก พบว่า ปริมาณการกินและการย่อยได้ของหญ้าแห้งในกลุ่มที่มีการเสริมกากถั่วเหลืองร่วมกับข้าวโพดมากกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง สอดคล้องกับ Bodine *et al.* (2000) ศึกษาการใช้หญ้าแห้งเสริมด้วยข้าวโพดและกากถั่วเหลืองแก่โคเนื้อ โดยมีหญ้าแห้งคุณภาพต่ำเป็นอาหารหยาบหลัก พบว่าปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของหญ้าในกลุ่มที่มีการเสริมร่วมกันของกากถั่วเหลืองกับข้าวโพดนั้นดีกว่าการเสริมข้าวโพดอย่างเดียว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Shem *et al.* (2003) ศึกษาการใช้หญ้าเนเปียร์เสริมด้วยแหล่งของโปรตีนและพลังงานในโคเพศผู้ตอน แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 กินหญ้าเนเปียร์เสริมด้วยวิตามินและแร่ธาตุ กลุ่มที่ 2 เหมือนกลุ่มที่ 1 แต่เพิ่ม ปลาป่น 0.5 กิโลกรัมและ รำข้าวโพด 0.5 กิโลกรัม กลุ่มที่ 3 เหมือนกลุ่มที่ 1 แต่เพิ่ม กากน้ำตาล 0.5 กิโลกรัม และกลุ่มที่ 4 เหมือนกลุ่มที่ 1 แต่เพิ่มปลาป่น 0.5 กิโลกรัมและกากน้ำตาล 0.5 กิโลกรัม พบว่า ปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของวัตถุแห้งของกลุ่มที่มีการเสริมแหล่งของพลังงานและโปรตีนนั้น แตกต่างกับกลุ่มที่ไม่มีการเสริมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved