บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

การทดลองที่1 การผลิตอาหารผสมครบส่วนหมักในถุง 25 กิโลกรัม

คุณภาพของอาหารผสมครบส่วนหมักที่ประกอบด้วยหญ้ารูซี่สด

การประเมินคุณภาพของอาหารผสมครบส่วนที่หมักไว้เป็นเวลา 45 วันด้วยประสาทสัมผัสดังแสดงในตาราง 4.1 พบว่ากลุ่มที่เสริมกรดฟอร์มิก (T2) มีคะแนนคุณภาพต่ำกว่ากลุ่มที่เสริมกรดฟอร์มิกผสมฟอร์มาลิน (T3) อย่างมีนัยสำคัญ คือ 17.24 เทียบกับ 17.84 แต่ไม่ต่างจากกลุ่มควบคุม (T1) อย่างไรก็ตามคุณภาพของอาหารผสมครบส่วนทั้ง 3 กลุ่มอยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องจากมีลักษณะของโครงสร้างครบถ้วน ไม่เปื่อยยุ่ย ไม่มีเมือกลื่น

ในส่วนของกรดอินทรีย์ จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการพบว่าปริมาณกรดอะซิติกและกรดแลคติกในกลุ่ม T3 ต่ำกว่ากลุ่มอื่น ทำให้ค่า pH สูงกว่ากลุ่มอื่นๆด้วย ซึ่งอาจเป็นผลของฟอร์มาลินในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย (Brown and Valentine, 1972; Harris, 1993; Henderson, 1993) นอกจากนี้ McDonald *et al*. (1983) ยังรายงานว่าการใช้ฟอร์มาลินในระดับต่ำ มีแนวโน้มที่จะช่วยเพิ่มการเจริญของแบคทีเรียกลุ่ม clostridium จึงทำให้มีกรดบิวทีริคเกิดขึ้นในกลุ่มที่เสริมกรดฟอร์มิกผสมฟอร์มาลินมากกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ แต่อย่างไรก็ดีปริมาณกรดบิวทีริคที่พบจัดว่ามีปริมาณน้อยมาก สำหรับในกลุ่มที่เสริมกรดฟอร์มิกมีกรดอะซิติกและกรดแลคติกสูงกว่ากลุ่มที่เสริมกรดฟอร์มิกผสมฟอร์มาลินแต่มีปริมาณกรดแลคติกต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่เสริมกรด จะเห็นว่าในกลุ่มที่เสริมกรดฟอร์มิก ยังมีกระบวนการหมักเกิดขึ้น แสดงว่าอัตราการใช้กรดฟอร์มิก 0.3% นี้ยังไม่เพียงพอในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ อย่างไรก็ตามเมื่อนำปริมาณกรดทั้ง 3 ชนิดมาคำนวณเป็นคะแนนคุณภาพ พบว่าทุกกลุ่มมีคะแนนอยู่ในเกณฑ์ของพืชหมักคุณภาพดีมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

636.2142
ส115ผ
c.3
เลขหมู่.....
สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ตาราง 4.1 ลักษณะทางกายภาพ กรดอินทรีย์และค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหารผสมครบส่วนหมักที่ประกอบด้วยหญ้ารูซี่สด

Table 4.1 Physical characteristic, organic acid and pH of TMR prepared from fresh ruzi grass

	T1	T2	T3
Organoleptic test score[1/]	17.56[ab]	17.24[a]	17.84[b]
Organic acid (% fresh weight)			
Acetic acid	0.479[b]	0.515[b]	0.309[a]
Butyric acid	0.000[a]	0.000[a]	0.100[b]
Lactic acid	2.609[c]	2.301[b]	1.648[a]
Quality score[2/]	98.40	97.60	94.40
pH	4.09[a]	4.02[a]	4.70[b]

T1 = ruzi grass TMR (control) T2 = Control + 0.3% formic acid T3 = Control + 0.3% formic acid plus formalin

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

[1/] Organoleptic test score: 0-4 = bad 5-9 = fair 10-15 = good 16-20 = very good

[2/] Quality score: 0-20 = Grade 5 = bad 61-80 = Grade 2 = good
21-40 = Grade 4 = fair 81-100 = Grade 1 = very good
41-60 = Grade 3 = average

องค์ประกอบทางเคมีและการสูญเสียวัตถุแห้งของอาหารผสมครบส่วนหมักที่ประกอบด้วยหญ้ารูซี่สด

องค์ประกอบทางเคมีและการสูญเสียวัตถุแห้งของอาหารผสมครบส่วนหมักที่ประกอบด้วยหญ้าสดหลังจากเก็บไว้เป็นเวลา 45 วันแสดงในตาราง 4.2 พบว่าการเสริมกรดฟอร์มิกและฟอร์มาลิน (T3) ทำให้เกิดการสูญเสียวัตถุแห้งสูงที่สุด คือ 14.20% รองลงมาคือกลุ่มที่เสริมกรดฟอร์มิก (T2) และที่ไม่เสริม (T1) ตามลำดับ (8.65% และ 2.69%) สอดคล้องกับค่าวัตถุแห้งที่ลดลงในกลุ่ม T2 และ T3 ด้วย จะเห็นได้ว่าการเสริมสารเคมีในระดับที่ใช้มีผลทำให้เกิดการสูญเสียวัตถุแห้งสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอาจเนื่องมาจากอัตราที่ใช้ คือ 0.3% นั้นยังไม่เพียงพอในการยับยั้งกิจกรรมของจุลินทรีย์กลุ่มที่ไม่ต้องการ คือ enterobacteria และ clostridium โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีอาหารข้นผสมอยู่ด้วย Henderson (1993) รายงานว่าการใช้กรดฟอร์มิกระดับปานกลาง 3-4 ลิตร/ตัน อาจยับยั้งแบคทีเรียกลุ่มที่ผลิตกรดแลคติกได้มากกว่า enterobacteria ดังนั้นจึงเป็น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลเสียต่อกระบวนการหมัก นอกจากนี้ในการศึกษาของ Chamberlain and Quig (1987) อ้างโดย McDonald *et al.* (1991) ที่ได้ทำการหมักหญ้า ryegrass โดยเสริมกรดฟอร์มิก 0, 2, 4 และ 6 ลิตร/หญ้าสด 1 ตัน พบว่าอัตราการใช้ที่สูงกว่า 2 ลิตร จะยับยั้งการเพิ่มจำนวนของแบคทีเรียกลุ่มที่ผลิตกรดแลคติกในช่วงแรกของการหมัก และพบว่าหญ้าหมักในกลุ่มที่เสริมกรดฟอร์มิก 2 และ 6 ลิตรมีคุณภาพดีกว่ากลุ่มที่เสริม 4 ลิตร โดยฟอร์มาลินระดับต่ำนั้นจะส่งเสริมให้เกิดกระบวนการหมักตามธรรมชาติ ส่วนที่ระดับสูงจะยับยั้งกระบวนการหมัก แต่ที่ระดับปานกลางจะยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียกลุ่มที่ผลิตกรดแลคติกมากกว่ากลุ่ม enterobacteria สอดคล้องกับรายงานของ Henderson *et al.* (1972) ที่เสริมกรดฟอร์มิก 3.3 กรัม/กิโลกรัมหญ้า ryegrass ที่ผึ่งไว้จนมีค่าวัตถุแห้ง 36% พบว่าการเสริมกรดฟอร์มิกทำให้จุลินทรีย์ทุกชนิดมีจำนวนลดลง แต่มีผลต่อแบคทีเรียกลุ่มที่ผลิตกรดแลคติกมากกว่ากลุ่มอื่น

เมื่อพิจารณาค่าโปรตีน พบว่ากลุ่ม T3 มีค่าสูงที่สุด เนื่องจากคุณสมบัติของฟอร์มาลินในการป้องกันการย่อยสลายโปรตีน โดยฟอร์มัลดีไฮด์จะทำปฏิกิริยากับโปรตีนกลายเป็นสารประกอบ methylol ปฏิกิริยาจะดำเนินต่อไปเรื่อยๆ ทำให้เกิดการจับกันแบบ methylene cross linkages ระหว่างหรือภายในโซ่ของโปรตีน (peptide chain) ซึ่งจุลินทรีย์ไม่สามารถเข้าไปย่อยโปรตีนเหล่านี้ได้ แต่การจับตัวกันนี้สามารถถูกแยกออกจากกันได้ภายใต้สภาวะความเป็นกรดในกระเพาะแท้ ทำให้สัตว์สามารถย่อยและดูดซึมโปรตีนเหล่านี้ได้ (Barry, 1976) ส่วนกลุ่มอื่นที่มีโปรตีนต่ำ อาจเนื่องมาจากเกิดการสลายตัวของโปรตีนเป็นแอมโมเนียโดยการย่อยของจุลินทรีย์ ซึ่งแอมโมเนียอาจระเหยไปในระหว่างเก็บตัวอย่าง จึงมีค่าโปรตีนต่ำลง

ส่วนของเถ้าและไขมัน พบว่ามีปริมาณใกล้เคียงกันในแต่ละกลุ่ม เนื่องจากในกระบวนการหมัก เถ้าซึ่งเป็นส่วนของแร่ธาตุมักจะเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างแต่ไม่มีการสูญหายนอกจากจะถูกชะล้าง เช่นเดียวกับไขมันที่มีส่วนเกี่ยวข้องน้อยมากในกระบวนการหมัก อาจมีการลดลงบ้างเนื่องจากถูกละลายโดยกรดอินทรีย์ และสูญเสียไปกับส่วนของน้ำที่ไหลออกจากพืชหมัก (seepage) (วรรณา, 2545) สำหรับส่วนของเยื่อใย NDF และ ADF พบว่ากลุ่ม T3 มีค่าสูงที่สุดซึ่งอาจเกิดจากการย่อยสลายโภชนะที่ย่อยง่ายพวกคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใยโดยจุลินทรีย์ทำให้ค่าดังกล่าวสูงขึ้น

เป็นที่น่าสังเกตว่าการสูญเสียวัตถุแห้งของอาหารผสมครบส่วนในการทดลองนี้เป็นไปในทิศทางเดียวกับการสูญเสียคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใย (NFC) ซึ่งพบว่ากลุ่มที่เสริมกรดฟอร์มิกและฟอร์มาลินมีการสูญเสียน้ำหนักแห้งมากที่สุดและเหลือส่วนประกอบของ NFC หลังการหมักน้อยที่สุด แสดงว่าการสูญเสียวัตถุแห้งส่วนใหญ่เกิดจากการทำลายแป้งและน้ำตาล ซึ่งอาจเกิดจากจุลินทรีย์กลุ่ม enterobacteria และกลุ่ม Clostridium ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว อย่างไรก็ดีในการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทดลองนี้มิได้วางแผนทดสอบชนิดของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการหมัก จึงไม่สามารถชี้ชัดว่าเป็นกลุ่มใด ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาในเรื่องนี้ในรายละเอียดต่อไป

ตาราง 4.2 องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละของวัตถุแห้ง) และค่าการสูญเสียวัตถุแห้งของอาหารผสมครบส่วนหมักที่ประกอบด้วยหญ้ารูซี่สด หลังจากเก็บไว้ 45 วัน

Table 4.2 Chemical composition (% DM basis) and dry matter loss of TMR prepared from fresh ruzi grass after 45 days ensiling

	T1	T2	T3
Dry matter	41.78^{c}	39.83^{b}	37.16^{a}
Dry matter loss (%)	2.69^{a}	8.65^{b}	14.20^{c}
Organic matter	92.71^{c}	92.51^{b}	92.11^{a}
Crude protein	15.25^{a}	15.14^{a}	17.56^{b}
Ether extract	5.10^{a}	4.97^{a}	5.33^{b}
Ash	7.29^{a}	7.49^{b}	7.89^{c}
Neutral detergent fiber	33.91^{a}	37.75^{b}	40.84^{c}
Acid detergent fiber	17.09^{b}	16.53^{a}	19.31^{c}
Non fiber carbohydrate	38.45^{c}	34.65^{b}	28.37^{a}

T1, T2 and T3 same as table 4.1

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

จากผลการทดลองทำให้ทราบว่าการใช้สารเคมี เช่นกรดฟอร์มิกและฟอร์มาลินในระดับไม่เกิน 0.3% เพื่อใช้ยับยั้งจุลินทรีย์และเพิ่มคุณภาพอาหารผสมครบส่วนที่เตรียมจากหญ้าสดแล้วนำไปหมักนั้นอาจไม่มีความจำเป็น เพราะการหมักอาหารผสมครบส่วนโดยใช้หญ้าสดพ่นสารละลายกากน้ำตาล 5% แล้วเก็บในสภาพอับอากาศสามารถทำให้เกิดกระบวนการหมักที่เหมาะสมได้ดีกว่า

คุณภาพของอาหารผสมครบส่วนหมักที่ประกอบด้วยหญ้ารูซี่ที่หมักแล้ว

การประเมินคุณภาพของอาหารผสมครบส่วนที่หมักไว้เป็นเวลา 45 วันด้วยประสาทสัมผัสดังในตาราง 4.3 จะเห็นว่าคะแนนลักษณะทางกายภาพในกลุ่ม T1 มีค่าสูงที่สุดคือ 17.24 ซึ่งแตกต่างจากกลุ่มที่เสริมสารเคมีทั้ง 2 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญ (16.44 และ 14.52) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในกลุ่มที่ไม่เสริมสารใด ๆ ไม่มีกลิ่นของกรดและฟอร์มาลิน ซึ่งมีกลิ่นฉุนคล้ายกับกรดอะซิติก ซึ่งใช้เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพพืชหมักที่มีคุณภาพต่ำ จึงได้คะแนนสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ดีส่วนประกอบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อื่นๆ เช่นสีและโครงสร้างของทุกกลุ่มไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการใช้วิธีทดสอบทางกายภาพกับพืชหมักที่มีการเสริมกรดหรือฟอร์มาลินเพื่อป้องกันการหมักระยะที่ 2 นั้นอาจไม่มีความเที่ยงตรง ทั้งนี้เพราะเมื่อเทียบกับผลการวิเคราะห์กรดอินทรีย์ในห้องปฏิบัติการ พบว่ากลุ่มที่ไม่เสริมสารเคมีมีปริมาณกรดอะซิติกสูงที่สุดคือ 2.047% ซึ่งน่าจะเกิดจากเมื่อเปิดถุงนำหญ้าหมักออกมาผสมอาหารครบส่วนมีกระบวนการหมักของจุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตอะซิติกเกิดขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ Courtin and Spoelstra (1990) ที่กล่าวว่าในช่วงที่นำพืชหมักออกจากหลุมไปเลี้ยงสัตว์ จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคือแบคทีเรียกลุ่มที่ผลิตกรดอะซิติกและยีสต์ นอกจากนี้ยังมีปริมาณกรดแลคติกต่ำที่สุดด้วย แสดงว่ากรดแลคติกที่เกิดขึ้นในหญ้าหมักถูกเปลี่ยนให้เป็นสารอื่น ซึ่งสอดคล้องกับค่า pH ที่สูงกว่ากลุ่มอื่น เมื่อนำมาคำนวณเป็นคะแนนคุณภาพพบว่ามีค่าต่ำที่สุดและจัดอยู่ในกลุ่มของพืชหมักคุณภาพปานกลาง ส่วนกลุ่ม T2 พบว่ามีปริมาณกรดทั้ง 3 ชนิดสูง โดยมีปริมาณกรดแลคติกสูงที่สุด ทำให้ค่า pH ต่ำที่สุด ส่งผลให้มีคะแนนคุณภาพสูงสุดเท่ากับกลุ่ม T3 ที่มีสัดส่วนของกรดแลคติกสูงกว่ากรดอะซิติกเช่นกัน

ตาราง 4.3 ลักษณะทางกายภาพ กรดอินทรีย์และค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหารผสมครบส่วนหมักที่ประกอบด้วยหญ้ารูซี่หมัก

Table 4.3 Physical characteristic, organic acid and pH of TMR prepared from ruzi grass silage

	T1	T2	T3
Organoleptic test score[1/]	17.24[c]	16.44[b]	14.52[a]
Organic acid (% of fresh weight)			
Acetic acid	2.047[c]	1.592[b]	0.494[a]
Butyric acid	0.014	0.035	0.019
Lactic acid	1.076[a]	4.662[c]	1.843[b]
Quality score[2/]	53.20[a]	90.30[b]	90.30[b]
pH	4.80[c]	4.07[a]	4.47[b]

T1 = ruzi silage TMR (control) T2 = Control + 0.3% formic acid T3 = Control + 0.3% formic acid plus formalin

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

[1/] and [2/] same as table 4.1

ในการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าปริมาณกรดฟอร์มิกและกรดฟอร์มิกผสมฟอร์มาลินที่เสริมลงไปนอกเหนือจากกรดที่มีอยู่เดิมในหญ้าหมักน่าจะเพียงพอที่จะยับยั้งแบคทีเรียกลุ่มที่ผลิตกรดอะซิติก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ช่วยถนอมกรดแลคติกในหญ้าหมักไว้ไม่ให้ถูกทำลาย และยังส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียกลุ่มที่ผลิตกรดแลคติกด้วย ดังนั้นการเสริมสารเคมีดังกล่าวจึงมีความจำเป็นสำหรับการผลิตอาหารผสมครบส่วนที่ใช้หญ้าหมักมาผสมกับอาหารข้น

องค์ประกอบทางเคมีและการสูญเสียวัตถุแห้งของอาหารผสมครบส่วนหมักที่ประกอบด้วยหญ้ารูซี่ที่หมักแล้ว

องค์ประกอบทางเคมีและการสูญเสียวัตถุแห้งของอาหารผสมครบส่วนหมักที่ประกอบด้วยหญ้าที่หมักแล้วและเก็บไว้เป็นเวลา 45 วันแสดงในตาราง 4.4 จะเห็นว่า T1 มีค่าวัตถุแห้งต่ำกว่าและมีค่าการสูญเสียวัตถุแห้งสูงกว่า T2 และ T3 อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอาจเกิดจากกระบวนการหมักช่วงที่ 2 เมื่อหญ้าหมักสัมผัสกับอากาศ ทำให้โภชนะที่ย่อยได้ง่ายถูกทำลายไป ส่งผลให้ค่าเยื่อใย NDF และ ADF สูงกว่าด้วย ส่วนค่าโปรตีนพบว่ากลุ่ม T2 และ T3 มีค่าสูงกว่า T1 อย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับรายงานของ Carpintero *et al.* (1979) ที่พบว่าการเพิ่มระดับกรดฟอร์มิกในการหมักหญ้า ryegrass-clover จะช่วยลดกระบวนการสลายโปรตีน (proteolysis and deamination) ส่วนปริมาณไขมันและเถ้า มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย

ตาราง 4.4 องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละของวัตถุแห้ง) และค่าการสูญเสียวัตถุแห้งของอาหารผสมครบส่วนหมักที่ประกอบด้วยหญ้ารูซี่หมัก หลังจากเก็บไว้ 45 วัน

Table 4.4 Chemical composition (%DM basis) and dry matter loss of TMR prepared from ruzi grass silage after 45 days ensiling.

	T1	T2	T3
Dry matter	35.44^{a}	37.56^{b}	37.58^{b}
Dry matter loss (%)	13.34^{b}	6.45^{a}	5.79^{a}
Organic matter	91.54^{a}	92.38^{b}	92.40^{b}
Crude protein	15.09^{a}	15.97^{b}	16.30^{b}
Ether extract	6.57^{ab}	7.02^{b}	6.53^{a}
Ash	8.46^{b}	7.62^{a}	7.60^{a}
Neutral detergent fiber	37.93^{b}	35.65^{a}	36.01^{a}
Acid detergent fiber	19.37^{c}	17.04^{a}	17.92^{b}
Non fiber carbohydrate	31.94^{a}	33.75^{b}	33.56^{b}

T1, T2 and T3 same as table 4.3

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

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการหมักอาหารผสมครบส่วนโดยใช้หญ้าที่หมักแล้วมาผสม พบว่าปริมาณการใช้กรดฟอร์มิกและกรดฟอร์มิกผสมฟอร์มาลินเท่ากับในการทดลองแรกที่ใช้หญ้าสดผสมอาหารข้นและหมักร่วมกัน แต่พบว่ามีค่าการสูญเสียวัตถุแห้งในการทดลองที่ 2 ต่ำกว่าการทดลองแรก และได้อาหารผสมครบส่วนที่มีคุณภาพดีกว่ากลุ่มที่ไม่มีการเสริมสารเคมี ซึ่งได้ผลในทางตรงกันข้าม แสดงให้เห็นว่าการใช้หญ้าหมักซึ่งมีสภาพเป็นกรดอยู่แล้วมาผสมอาหารข้นเพื่อผลิตอาหารผสมครบส่วนจำเป็นต้องเพิ่มสารเคมีเพื่อถนอมคุณภาพมีความเหมาะสมในทางปฏิบัติ ซึ่งทั้งกรดที่มีอยู่เดิมในหญ้าหมักและสารเคมีที่เสริมลงไปนี้จะช่วยส่งเสริมให้อาหารผสมครบส่วนหมักมีคุณภาพดีขึ้น

การทดลองที่ 2 การหาค่าการย่อยได้และประเมินค่าพลังงานของอาหารผสมครบส่วนโดยวิธี *in vitro* gas production และวิธี *in vivo*

การทดลองที่ 2.1 การประเมินค่าการย่อยได้และพลังงานโดยวิธีวัดปริมาตรแก๊ส (*in vitro* gas production technique)

เมื่อนำอาหารผสมครบส่วนมาทดสอบโดยวิธีวัดปริมาตรแก๊สเทียบกับพืชหมักชนิดอื่นที่มีผู้รายงานไว้ ได้ผลดังตาราง 4.5 และภาพ 4.1 เมื่อพิจารณาปริมาตรแก๊สจากการหมักอาหารผสมครบส่วนนั้นพบว่ามีรูปแบบใกล้เคียงกับอาหารข้นมาตรฐานซึ่งใช้เป็นตัวควบคุมในการทดลองทุกช่วงเวลาการหมัก ซึ่งอาจเนื่องจากโภชนะของอาหารผสมครบส่วนมีค่าใกล้เคียงกับอาหารข้นและมีโภชนะหลายอย่าง โดยเฉพาะคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้และโปรตีนมากกว่าพืชหมักชนิดต่าง ๆ ทำให้จุลินทรีย์ใช้ประโยชน์ได้ดีกว่าทั้งกลุ่มที่ย่อยโภชนะที่ละลายง่ายและกลุ่มที่ย่อยเยื่อใย เมื่อเทียบกับอาหารหยาบตามปกติ เช่น ใบกระถินหมัก ข้าวโพดหมัก เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักและหญ้ารูซี่หมักที่ทดสอบแก๊สโดยวิธีเดียวกัน และใช้เครื่องมือและน้ำจากกระเพาะรูเมนจากโคกลุ่มเดียวกัน ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นในทุก ๆ ระยะการหมักของอาหารผสมครบส่วนมีมากกว่าอาหารหยาบตามปกติ โดยเฉพาะในระยะ 4-24 ชั่วโมงแรก แสดงให้เห็นถึงการสลายตัวของอาหารข้นซึ่งเป็นส่วนผสมที่มีในสัดส่วนถึง 55% และสูงกว่าอาหารหยาบคุณภาพดีที่มีแป้ง-น้ำตาลสูง เช่นข้าวโพดหมัก (CS) หรืออาหารหยาบที่มีโปรตีนสูง เช่นกระถินหมัก (LS) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอาหาร TMR ที่ใช้ในการทดลองนี้มีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีค่อนข้างไปทางอาหารข้นมากกว่าอาหารหยาบ ซึ่งน่าจะส่งผลให้การหาการย่อยได้โดยใช้สมการมาตรฐานดังที่ใช้กับอาหารหยาบตามปกตินั้นมีความคลาดเคลื่อน ซึ่งจะได้มีการวิจารณ์ต่อไป

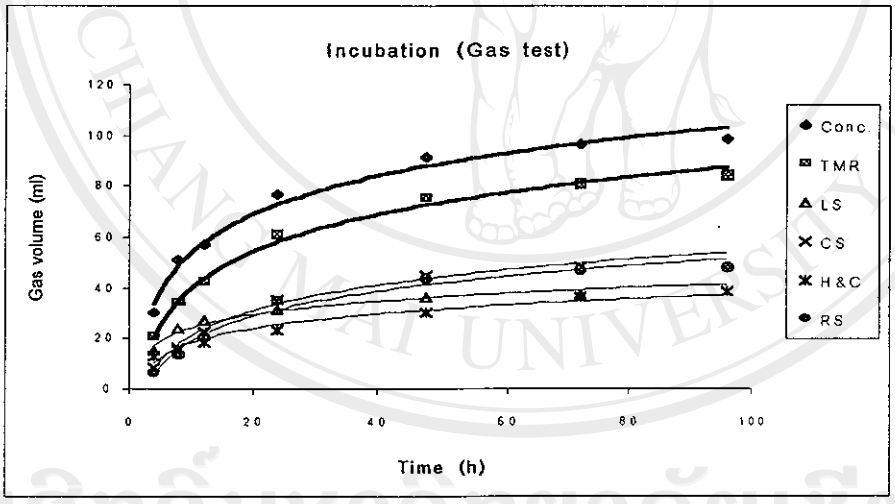
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.5 ปริมาตรแก๊สของอาหารผสมครบส่วน (TMR) เทียบกับอาหารชนิดอื่นเมื่อหมักกับน้ำรูเมนภายในหลอดแก้ว

Table 4.5 *In vitro* gas production of TMR vs other feed

	Gas production (ml) at different time (h)						
	4	8	12	24	48	72	96
This experiment							
TMR	20.50	34.25	42.50	61.25	75.50	81.50	84.50
Standard concentrate	30.50	51.25	57.50	76.75	91.50	96.50	98.75
From literatures							
Leucaena silage[1/]	15.20	23.90	27.50	31.70	36.70	37.90	-
Corn silage[2/]	8.83	16.33	23.06	35.62	45.15	48.62	-
Husk and cob corn silage[3/]	12.90	15.90	18.60	23.40	30.40	36.40	38.80
Ruzi silage[4/]	6.40	13.30	20.90	35.17	44.30	47.20	48.40

[1/]วรรณา (2545) [2/]นฤมล (2544) [3/]สตางค์ (2543) [4/]สมสุข (2544)



ภาพ 4.1 ปริมาตรแก๊สของอาหารผสมครบส่วน(TMR) ใบกระถินหมัก(LS) ข้าวโพดหมัก(CS) เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก(H&C) และหญ้ารูซี่หมัก(RS)

Figure 4.1 *In vitro* gas production of TMR, leucaena leves silage (LS), corn silage (CS), sweet corn husk and cob silage (H&C) and ruzi silage (RS)

เมื่อนำค่าแก๊สที่ 24 ชั่วโมง ของอาหารผสมครบส่วนที่ปรับด้วยแฟคเตอร์แล้วมาทำนายค่า OMD, ME และ NEL ตามสมการที่เสนอโดย Menke *et al.*, 1979 อ้างโดย Close and Menke (1986) ได้ค่าเท่ากับ 66.70%, 2.37 และ 1.38 Mcal/kg DM ตามลำดับ ดังตาราง 4.6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.6 ค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ พลังงานใช้ประโยชน์ได้ และพลังงานสุทธิของอาหารผสมครบส่วนที่ได้จากวิธีวัดปริมาตรแก๊ส

Table 4.6 OMD, ME and NEL of TMR determined by gas production method

Sample	Adjusted GP (ml)	OMD (%)	ME (Mcal/kg DM)	NEL (Mcal/kg DM)
TMR	43.44	66.70	2.37	1.38

เมื่อนำค่า ME ที่ได้จากการคำนวณนี้มาคำนวณกลับหาค่า DE และ TDN โดยใช้สมการของ NRC (1988) พบว่าได้ค่า DE 2.79 Mcal/kg DM และ TDN 63.33% ดังนี้

ME = -0.45 + 1.01 DE DE = 0.04409 x TDN

2.37 = -0.45 + 1.01 DE 2.79 = 0.04409 x TDN

DE = 2.82/1.01 TDN = 2.79/0.04409

= 2.79 = 63.33%

อย่างไรก็ดีเมื่อนำองค์ประกอบของอาหารผสมครบส่วนมาคำนวณหาค่า TDN โดยใช้ตารางส่วนประกอบทางเคมีของ NRC (1988)[1] และค่าจากการรายงานของสมสุข (2544)[2] และมณีรัตน์ (ติดต่อส่วนตัว)[3] ได้ผลคือ

	ปริมาณ	%วัตถุแห้ง	วัตถุแห้ง	%TDN	TDN
หญ้าหมัก	21.43	25.02	5.36	57.69[2]	3.09
หญ้าแห้ง	1.00	90.53	0.90	55[3]	0.50
รำละเอียด	1.22	89.89	1.10	70[1]	0.77
กากถั่วเหลือง	3.20	88.04	2.82	84[1]	2.37
ข้าวโพดบด	4.18	87.53	3.66	85[1]	3.11
			13.84		9.84

ปริมาณวัตถุแห้งของอาหารผสมครบส่วน 13.84 มีค่า TDN = 9.84

ดังนั้นถ้าปริมาณวัตถุแห้งของอาหารผสมครบส่วน 100 มีค่า TDN = $\frac{9.84 \times 100}{13.84} = 71.06\%$

จะเห็นว่าค่าที่คำนวณจากวิธีวัดแก๊สโดยใช้สมการของ Close and Menke (1986) หาค่า OMD, ME และ NEL แล้วคำนวณกลับหาค่า DE กับ TDN โดยใช้สมการ NRC (1988) นั้นแตกต่างจากค่าที่คำนวณจากองค์ประกอบของอาหารผสมครบส่วน (63.33% เทียบกับ 71.06%) ซึ่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อาจเนื่องจากสมการที่ใช้นั้นนำมาจาก 2 แหล่ง ที่ใช้สัตว์ทดลอง อาหารทดลอง สภาพแวดล้อม และการจัดการอาจแตกต่างกัน ทำให้มีผลต่อความแม่นยำในการทำนายค่าได้ และค่าที่ได้จากการคำนวณองค์ประกอบของอาหารผสมครบส่วนนั้นเป็นการประมาณขึ้นจากวัตถุดิบอาหารแต่ละตัว ซึ่งแตกต่างจากการใช้จริงในรูปอาหารผสมที่อาจเกิดปฏิกิริยา associative effect ทั้งในแง่บวกและลบได้เมื่อสัตว์กินเข้าไป ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาการย่อยได้ในตัวสัตว์ต่อไป

การทดลองที่ 2.2 การคำนวณค่าพลังงานจากการย่อยได้ในตัวสัตว์ (*in vivo*)

ค่าองค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมครบส่วนแสดงในตาราง 4.7 จะเห็นว่าส่วนประกอบทางเคมีของอาหารผสมครบส่วนมีความแตกต่างจากการทดลองที่ 1 เนื่องจากสูตรอาหารในการทดลองนี้มีการเสริมหญ้าแห้งเข้าไปเพื่อป้องกันการเกิดปัญหา acidosis ที่อาจเกิดขึ้นกับโค ทำให้ค่าวัตถุแห้ง ค่าเยื่อใย NDF และ ADF สูงกว่าผลการวิเคราะห์จากการทดลองที่ 1 เนื่องจากหญ้าแห้งประกอบด้วยส่วนดังกล่าวสูง

ตาราง 4.7 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมครบส่วน (ร้อยละของวัตถุแห้ง)

Table 4.7 Chemical composition of TMR (%DM)

	DM	OM	CP	EE	Ash	NDF[1/]	ADF[1/]	NFC	ADL	GE
		----------				% of DM		----------		kcal/kg DM
TMR	44.30	91.10	16.93	5.21	8.90	40.52	20.33	28.44	2.65	4.66

[1/] ash free

เมื่อนำอาหารผสมครบส่วนไปให้โคทดลองซึ่งอยู่ในระยะนมแห้งกินได้ผลดังตาราง 4.8 พบว่าปริมาณอาหารผสมครบส่วนที่โคกินได้นั้นมีค่าเท่ากับ 8,410 กรัม/วัน หรือเท่ากับ 2.01 %BW หรือ 90.97 g/kg $BW^{0.75}$ ซึ่งพบว่าปริมาณการกินได้มีค่าสูงกว่าค่าที่สมสุข (2544) ได้รายงานไว้ว่าโคนมแห้งสามารถกินหญ้ารูซี่หมักร่วมกับสารละลายกากน้ำตาล 5% คิดเป็นปริมาณวัตถุแห้งได้วันละ 6,890 กรัม หรือเท่ากับ 1.44%ของน้ำหนักตัว ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอาหารผสมครบส่วนมีคุณค่าทางโภชนะและมีการย่อยได้สูงกว่าหญ้ารูซี่หมัก ทำให้จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนมีการย่อยได้รวดเร็ว ทำให้อัตราการไหลผ่านของอาหารมากกว่า ส่งผลให้โคกินอาหารผสมครบส่วนได้มากกว่าหญ้าหมัก อีกทั้งอาหารผสมครบส่วนมีความน่ากินมากกว่าเพราะมีอาหารข้นผสมอยู่ในปริมาณมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.8 ปริมาณวัตถุแห้งของอาหารผสมครบส่วนที่โคกินได้

Table 4.8 TMR dry matter intake.

	g/day	%BW	g/kg $BW^{0.75}$
Total mixed ration	8,410	2.01	90.97

เมื่อให้โคกินอาหารผสมครบส่วนที่มีหญ้าหมักเป็นอาหารหยาบหลักดังกล่าว พบว่ามีค่าการย่อยได้ของโภชนะต่างๆ และพลังงานในรูป TDN ตลอดจนสมดุลไนโตรเจน ดังแสดงในตาราง 4.9

ตาราง 4.9 ค่าการย่อยได้ของโภชนะ พลังงานและสมดุลไนโตรเจนของโคที่กินอาหารผสมครบส่วน

Table 4.9 Nutrient digestibility, energy values and nitrogen balance of cows fed TMR.

DM	OM	CP	EE	NFC	NDF	TDN	DE	N-balance
----------	----------	----------	%----------	----------	----------	----------	Mcal/kg DM	g/day
73.95	77.04	74.38	77.72	88.63	69.92	75.24	3.52	108.49

จะเห็นว่าค่าการย่อยได้ของอาหารผสมครบส่วนดังกล่าวมีค่าค่อนข้างสูง คือมีค่า TDN เท่ากับ 75.24% โดยมีค่าการย่อยได้ของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใยสูงถึง 88.63% เมื่อเปรียบเทียบกับค่า TDN ที่คำนวณจากองค์ประกอบของอาหารโดยใช้ส่วนประกอบทางเคมีของ NRC (1988) ที่มีค่า 71.06% จะเห็นว่าต่ำกว่าค่าที่ได้จากการทดลองนี้ 4.18% ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการย่อยสลายในส่วนของอาหารข้น ซึ่งเป็นโภชนะที่ย่อยง่ายเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วกว่าส่วนที่ย่อยได้ยากหรือพวกที่เป็นเยื่อใย ทำให้อัตราการไหลผ่านของโภชนะดังกล่าวเร็วกว่า จึงทำให้การย่อยได้มีค่าสูงมาก การที่โคกินอาหารผสมครบส่วนซึ่งมีอาหารข้นอยู่ในระดับสูงน่าจะทำให้สภาพนิเวศน์ในกระเพาะรูเมนเปลี่ยนแปลงไปจากระดับปกติ โดยมีสัดส่วนของจุลินทรีย์ที่ย่อยแป้งและน้ำตาลมากกว่ากลุ่มที่ย่อยเยื่อใย ซึ่งน่าจะส่งผลให้การสลายตัวของเยื่อใยช้าลงและน่าจะตกค้างในกระเพาะรูเมนนานขึ้น ซึ่งควรมีการศึกษาในรายละเอียดด้านนี้ต่อไป

สมดุลไนโตรเจนของโคนมแห้งที่กินอาหารผสมครบส่วนมีค่า +108.49 กรัม/วัน ซึ่งนับว่าสูงมาก ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณโปรตีนที่โคได้รับสูงกว่าที่ NRC (1988) แนะนำไว้ว่าโคนมที่ไม่อุ้มท้อง น้ำหนักตัวอยู่ระหว่าง 450-500 กิโลกรัม ต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพ 341-364 กรัม/วัน แต่โคในการทดลองนี้กินอาหารคิดเป็นวัตถุแห้งได้เท่ากับ 8,410 กรัม/วัน และอาหารมีโปรตีน 16.93% ดังนั้นโปรตีนที่โคได้รับจึงเท่ากับ 1,423.81 กรัม/วัน ซึ่งสูงกว่าที่ต้องการถึง 4 เท่า อย่างไร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ก็ตามโปรตีนที่ได้รับสูงขึ้นนั้นสามารถนำไปเก็บกักในร่างกายได้ ซึ่งนับว่าเป็นประโยชน์ นอกจากนี้ค่าพลังงานย่อยได้ (DE) ก็มีค่าสูงเช่นเดียวกัน

เมื่อนำค่าการย่อยได้ของ TDN และ DE โดยวิธี *in vivo* มาคำนวณหาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) และพลังงานสุทธิ (NEL) ตามสมการของ NRC (1988) ได้ค่าดังแสดงในตาราง 4.10 จะเห็นได้ว่าค่าพลังงาน ME และ NEL ของอาหารผสมครบส่วนที่คำนวณจากค่า TDN มีค่าต่ำกว่า DE เล็กน้อย และเมื่อนำค่าพลังงานต่าง ๆ ทั้งจากวิธี *in vivo* และ *in vitro* มาหาค่าเฉลี่ยได้ค่า TDN 69.23%, DE 3.10, ME 2.64 และ NEL 1.58 Mcal/kg DM

ตาราง 4.10 ค่าพลังงานย่อยได้ (DE) พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นม (NEL) ของอาหารผสมครบส่วน

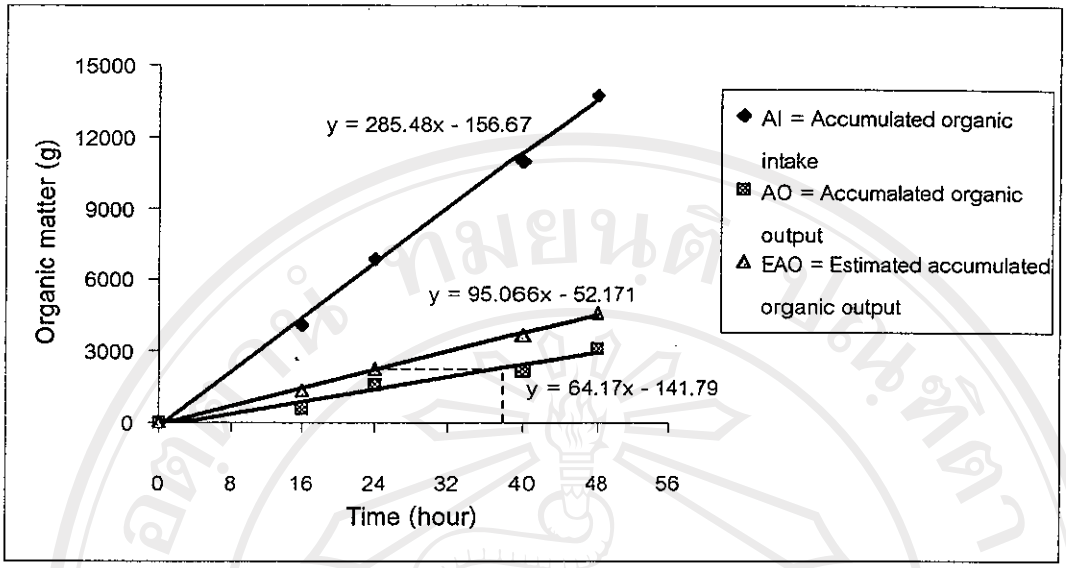
Table 4.10 Digestible energy, metabolizable energy and net energy for lactation of TMR

	Calculated from			Average
	TDN	DE	Gas test	
TDN (%)	75.24*	-	63.33	69.23
DE (Mcal/kg DM)	3.32	3.52*	2.79	3.10
ME (Mcal/kg DM)	2.90	2.89	2.37	2.64
NEL (Mcal/kg DM)	1.72	1.84	1.38	1.58

*From *in vivo*

เป็นที่น่าสังเกตว่าการหาการย่อยได้โดยใช้วิธี *in vivo* นั้นกำหนดให้วัดปริมาณอาหารที่กินและปริมาณมูลที่ถ่ายออกเป็นรายวัน ซึ่งอาจใช้ได้ผลดีในกรณีของอาหารหยาบหรืออาหารที่ประกอบด้วยอาหารหยาบและอาหารข้นในระดับไม่สูงนัก แต่ในการทดลองนี้อาหารผสมครบส่วนมีอาหารข้นเป็นส่วนประกอบประมาณ 55% ทำให้สมดุลของจุลินทรีย์กลุ่มที่ย่อยเยื่อใยกับกลุ่มที่ย่อยแป้งน้ำตาลแตกต่างไปจากปกติ ทำให้ประสิทธิภาพการย่อยเยื่อใยลดลง ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ดังนั้นการใช้ระยะเวลาเก็บมูล 24 ชั่วโมงจึงอาจจะมีความคลาดเคลื่อน เพราะทำให้ได้วัตถุแห้งออกมาน้อยกว่าปกติ โดยเฉพาะจากส่วนของอาหารหยาบ เพื่อให้สามารถแสดงผลสนับสนุนที่ชัดเจนในแง่ของระยะเวลาเก็บมูล จึงนำข้อมูลจากโคแต่ละตัว คือ ปริมาณอินทรีย์วัตถุของอาหารแห้งที่กินและปริมาณมูลที่ขับออกคิดเป็นน้ำหนักแห้งตลอดระยะเวลาที่เก็บมูล (collection period) คือ 48 ชั่วโมงมาทำการศึกษาและนำมาสร้างกราฟของปริมาณอินทรีย์วัตถุที่กินสะสม (AI) และปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ขับออกสะสม (AO) ดังแสดงในภาพ 4.2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.2 ปริมาณอินทรีย์วัตถุที่กินสะสม และปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ขับออกสะสม ตลอดระยะเวลา 48 ชั่วโมง

Figure 4.2 Accumulated organic intake and organic output in 48 hours.

จากกราฟในภาพ 4.2 จะเห็นว่าเมื่อนำค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุที่หาโดยวิธีวัดปริมาตรแก๊ส ซึ่งเท่ากับ 66.70% มาคำนวณปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ขับออกสะสม (EAO) โดยใช้ค่าอินทรีย์วัตถุที่โคกินเป็นพื้นฐาน เพื่อสร้างกราฟเปรียบเทียบ พบว่าความชัน (slope) ของกราฟ EAO นั้นแตกต่างจากกราฟ AO ซึ่งหมายความว่าที่เวลาเท่ากันคือ 24 ชั่วโมงนั้น ปริมาณสะสมของมูลที่วัดจากการหาในสัตว์ทดลองจะมีค่าน้อยกว่าปริมาณสะสมที่น่าจะเป็น เมื่อนำมาคำนวณการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุโดยการนำมาหักลบกันจึงได้ค่าที่สูงกว่าความเป็นจริง จากการลากเส้นจากจุดที่ 24 ชั่วโมงไปตัดกราฟ AO ในแนวราบ พบว่าจุดตัดตรงกับระยะเวลาการเก็บมูลที่ประมาณ 38 ชั่วโมง วิธีและระดับการให้อาหารที่ใช้ทดลองนี้แตกต่างจากวิธีการที่ Schneider (1975) แนะนำไว้ว่าการทำ total collection นั้นใช้ระยะเวลา 24 ชั่วโมงเป็นเกณฑ์ โดยกำหนดให้โคได้รับโภชนะเพียงพอในระดับดำรงชีพเท่านั้น ซึ่งหมายความถึงการใช้อาหารข้นเสริมในระดับต่ำมาก และในกรณีใช้อาหารข้นเสริมระดับมากขึ้นได้มีการแนะนำวิธีการทำ digestibility by difference จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นจึงน่าจะมีการเพิ่มระยะเวลาเก็บให้มากกว่า 24 ชั่วโมง ซึ่งจำเป็นต้องมีการศึกษาต่อไปเพื่อใช้ในกรณีหาการย่อยได้ของอาหารผสมครบส่วนที่ถูกต้อง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดังนั้นเพื่อแสดงแนวโน้มและช่วงต่าง ๆ ของระยะเวลาการเก็บมูลที่น่าจะเป็นไปได้ จึงได้ใช้วิธีการทางสถิติเพื่อหาความสัมพันธ์ (correlation) และสร้างสมการทำนาย (regression equation) โดยนำข้อมูลการเก็บมูลสะสมของโคทดลองตลอดระยะเวลา collection period เป็นเวลา 48 ชั่วโมงมาเป็นตัวแปรต้น (independent variable) และค่าจากการคำนวณหาค่า TDN ที่ชั่วโมงต่าง ๆ โดยใช้ปริมาณการกินได้ของโคคงที่ 24 ชั่วโมง เป็นตัวแปรตาม (dependent variable) ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.11 และภาพ 4.3 จะเห็นว่าเมื่อใช้ปริมาณการกินของโคที่ 24 ชั่วโมง ที่มีค่าคงที่ตลอดระยะเวลาเก็บมูล ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7,564 กรัมมาคำนวณค่า TDN โดยใช้ปริมาณมูลที่ขับออกมาหลังจากกินได้ 16-48 ชั่วโมง พบว่าได้ค่าลดลงตามลำดับ จึงสร้างสมการถดถอยดังแสดงในภาพ 4.3 เพื่อนำค่า TDN จากการทดลองที่ 2.1 และจากการคำนวณมาทำนายระยะเวลาการเก็บที่เหมาะสม จากการใช้ค่า TDN ที่คำนวณจากวิธี gas production technique ซึ่งเท่ากับ 63.33% และค่า TDN จากการคำนวณโดยใช้ข้อมูล TDN ของวัตถุดิบที่เป็นองค์ประกอบซึ่งเท่ากับ 71.06% มาทำนายระยะเวลาเก็บ พบว่ามีค่าเท่ากับ 39.3 และ 31.45 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่า 24 ชั่วโมง ดังนั้นระยะการเก็บมูลของโคที่ใช้หาการย่อยได้ของอาหารผสมครบส่วน (TMR) ที่มีอาหารข้นประกอบมากกว่า 50% จึงน่าจะอยู่ในช่วง 31-39 ชั่วโมง ซึ่งควรมีการศึกษาในรายละเอียดเฉพาะเรื่องนี้ต่อไป

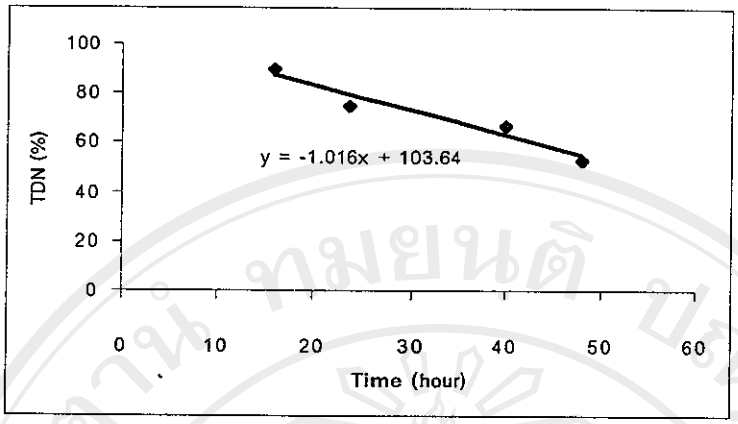
ตาราง 4.11 ค่า TDN ที่ได้จากการคำนวณเมื่อเก็บมูลที่ชั่วโมงต่าง ๆ

Table 4.11 TDN calculated from accumulated feces at different hours.

Nutrient (g/100 gDM)				Feces (g/100 gDM)			
CP	EE	NDF	NFC	CP	EE	NDF	NFC
16.93	5.21	40.52	28.44	16.64	4.46	46.78	12.48

Hour	Intake	Feces	Digestibility (%)				Digestible nutrient (g/100 gDM)				TDN
	(g)	(g)	CP	EE	NDF	NFC	CP	EE	NDF	NFC	(%)
16	7,564	723	90.60	91.82	88.96	95.80	15.34	10.76	36.05	27.25	89.40
24	7,564	1,969	74.41	77.71	69.94	88.58	12.60	9.11	28.34	25.19	75.24
40	7,564	2,692	65.01	69.53	58.91	84.38	11.00	8.15	23.87	24.00	67.02
48	7,564	3,939	48.82	55.42	39.88	77.15	8.26	6.50	16.16	21.94	52.86

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.3 ค่า TDN ที่ชั่วโมงต่าง ๆ

Figure 4.3 TDN at different hours

จากการวัดพลังงานของอาหารผสมครบส่วนโดยใช้วิธี *in vitro* และ *in vivo* ที่มีค่าแตกต่างกันดังที่กล่าวมาแล้ว โดยการหาจากห้องปฏิบัติการได้ค่าต่ำกว่าการหาจากการวัดในตัวสัตว์ ดังนั้นจึงควรนำค่าทั้ง 2 มาหาค่าเฉลี่ยเพื่อใช้ในการประมาณค่าพลังงานในรูปยอดโภชนะย่อยได้ (TDN) ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ (63.33+75.24)/2 เท่ากับ 69.23 %

การทดลองที่ 3 ผลของอาหารผสมครบส่วนที่มีหญ้ารูซี่หมักเป็นอาหารหยาบหลักต่อสมรรถภาพการผลิตของโครีดนม

คุณภาพของหญ้ารูซี่หมักและองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร

ในช่วงทดลองทำการสุ่มเก็บตัวอย่างหญ้ารูซี่หมักตลอดการทดลองนำมารวมกันและนำมาวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดอินทรีย์ เพื่อประเมินเป็นคะแนนคุณภาพ ได้ค่าดังตาราง 4.12

ตาราง 4.12 ปริมาณกรดอินทรีย์ ค่า pH และคะแนนคุณภาพของหญ้ารูซี่หมัก

Table 4.12 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

จากตาราง 4.12 จะเห็นว่าหญ้ารูซี่หมักที่ใช้ในการทดลองนี้มีคุณภาพปานกลาง คือมีค่า pH 4.34 โดยมีปริมาณกรดอะซิติก 1.04% กรดบิวทีริค 0.00% และกรดแลคติก 1.07% การที่เกิดกรดอะซิติกมากแต่มีกรดแลคติกน้อยแสดงว่าเกิดกระบวนการหมักแบบ heterofermentative มากกว่า homofermentative และมีการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่พึงปรารถนา เช่นพวก Clostridium และ Enterobacteria มากกว่าพวก Lactic acid bacteria (LAB) ซึ่งสอดคล้องกับค่า pH ของพืชหมักในการทดลองนี้ที่สูงกว่า 4.2 เล็กน้อย อย่างไรก็ดีการที่ไม่มีกรดบิวทีริกแสดงว่าไม่มีการเจริญเติบโตของคลอสตริเดียมมากนัก แสดงว่าพืชหมักนี้มีคุณภาพดีพอใช้ เมื่อนำมาประเมินคะแนนคุณภาพได้เท่ากับ 63 ซึ่งต่ำกว่าคะแนนของหญ้ารูซี่หมักของวรรณา (2545) ที่รายงานไว้ว่าเท่ากับ 79 แต่ไม่แตกต่างจากงานของสมสุข (2544) ซึ่งเป็นหญ้ารูซี่ผสมกากน้ำตาลหมักในหลุมใหญ่เช่นกัน

องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารแต่ละชนิดที่ใช้เลี้ยงโคนมแสดงในตาราง 4.13 และส่วนประกอบของอาหารผสมครบส่วนทั้ง 3 สูตรแสดงในตาราง 4.14 จะเห็นได้ว่าทุกสูตรมีโปรตีน ไขมัน และพลังงานในระดับที่ใกล้เคียงกัน แต่สูตร 3 มีวัตถุแห้ง NDF และ ADF สูงขึ้นในขณะที่มี NFC ลดลง ทั้งนี้เนื่องจากมีการใช้หญ้าแห้งเพิ่มขึ้น 2 กิโลกรัม โดยลดหญ้าหมักลง 8 กิโลกรัมในสูตรดังกล่าว

ตาราง 4.13 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารแต่ละชนิดที่ใช้ในการทดลอง (% ของวัตถุแห้ง)
Table 4.13 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)

RS=หญ้ารูซี่หมัก RH=หญ้ารูซี่แห้ง Conc.=อาหารข้น RB=รำละเอียด WCS=เมล็ดฝ้าย FM=ปลาป่น SBM=กากถั่วเหลือง GC=ข้าวโพดบด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.14 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมครบส่วน (ร้อยละของวัตถุแห้ง) ทั้ง 3 สูตร

Table 4.14 Chemical composition (% DM) of 3 TMRs.

Chemical composition	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

ตาราง 4.15 แสดงปริมาณอาหารที่โคกินได้และโภชนะที่โคได้รับ พบว่าปริมาณวัตถุแห้งที่โคในกลุ่มที่ 2 (ซึ่งกินอาหาร TMR ที่ผสมหญ้าแห้งและโซเดียมไบคาร์บอเนต) และ 3 (ซึ่งกินอาหาร TMR ที่ผสมหญ้าแห้งมากขึ้นร่วมกับโซเดียมไบคาร์บอเนต) กินได้สูงกว่าในกลุ่มที่ 1 เล็กน้อย จึงทำให้ได้รับโปรตีนและพลังงานสูงกว่าทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผลของการเสริมโซเดียมไบคาร์บอเนต ซึ่งมีคุณสมบัติช่วยลดสภาพความเป็นกรดภายในกระเพาะรูเมน นอกจากนี้สูตรที่ 3 ยังมีการเสริมหญ้าแห้งเพิ่มอีก 2 กิโลกรัมด้วยซึ่งหญ้าแห้งที่เสริมเข้าไปก็มีส่วนช่วยในการกระตุ้นการหลั่งน้ำลายของโคให้เพิ่มมากขึ้น และน้ำลายประกอบด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนตเช่นกัน จึงสามารถแก้สภาพความเป็นกรดสูงที่เกิดจากการย่อยอาหารข้น ซึ่งมีสัดส่วนถึง 67% ของสูตรอาหาร รวมทั้งกรดของหญ้าหมักเองได้ ทำให้ประสิทธิภาพในการย่อยอาหารของโคดีขึ้น อัตราการไหลผ่านของอาหารจึงเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณการกินได้เพิ่มขึ้นด้วย

ตาราง 4.15 ปริมาณอาหารที่กินได้และโภชนะที่โคได้รับ

Table 4.15 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

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลผลิตและต้นทุนค่าอาหาร

ในการทดลองนี้เดิมตั้งเป้าหมายว่าจะทดลองกับโคที่ให้นมสูงตั้งแต่ 20 กก.ขึ้นไป แต่เนื่องจากก่อนการทดลองต้องใช้เวลานานในการคัดเลือกโค เพื่อให้ได้โคที่มีสมรรถภาพในการผลิตที่ไม่แตกต่างกันมากนัก ประกอบกับต้องทำการทดลองถึง 3 ระยะเป็นเวลารวมกันเกือบ 2 เดือน จึงทำให้ปริมาณน้ำนมของโคเหลือค่าเฉลี่ยเพียงประมาณ 17.4 กก.เท่านั้น อย่างไรก็ดีเมื่อพิจารณาปริมาณน้ำนมทั้งที่ปรับและไม่ปรับไขมัน ตลอดจนองค์ประกอบน้ำนมของแต่ละกลุ่ม (ดังแสดงในตาราง 4.16) แล้วพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีแนวโน้มว่ากลุ่มที่ 1 ให้ผลผลิตนมน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น ๆ ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากผลของ subclinical acidosis ที่มิได้แสดงอาการให้ปรากฏอย่างชัดเจน สำหรับองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมทั้ง 3 กลุ่มอยู่ในช่วงปกติทั่วไปของโคลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน และไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติเช่นกัน แต่มีแนวโน้มว่ากลุ่ม 1 มีค่าส่วนใหญ่สูงกว่ากลุ่มอื่นเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากองค์ประกอบน้ำนมมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณน้ำนม อย่างไรก็ดีพบว่าเปอร์เซ็นต์แลคโตสของกลุ่ม 1 มีค่าต่ำที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณน้ำนม เพราะมีรายงานว่าแลคโตสเป็นตัวกำหนดปริมาณน้ำนมตัวหนึ่ง โดยปริมาณแลคโตสที่หลั่งเข้าไปในช่องของ alveoli จะเพิ่มความเข้มข้นของสารที่ละลายได้ (dissolve substance) หรือเพิ่มแรงดันออสโมติก ทำให้ secretory cell ดึงน้ำจากเลือดเข้ามาผสมกับองค์ประกอบอื่นๆของน้ำนมในช่องว่างของ alveoli มากขึ้นเพื่อให้เกิดสมดุลขึ้น โดยเฉพาะเมื่อปริมาณแลคโตสอยู่ที่ 4.5-5% (Wattiaux, no date) ดังนั้นการที่โคกลุ่ม 1 มีแนวโน้มว่ามีเปอร์เซ็นต์แลคโตสในนมต่ำ จึงมีการดึงน้ำเข้าสู่ alveoli น้อยกว่า ทำให้ได้ผลผลิตน้ำนมต่ำกว่ากลุ่มอื่น สำหรับส่วนประกอบของน้ำนมที่คำนวณเป็นกิโลกรัมแล้วนั้น พบว่ากลุ่มที่ 2 และ 3 มีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่ม 1 ส่วนปริมาณอาหารที่ใช้ในการให้ผลผลิตน้ำนม (FCR) พบว่ากลุ่มที่ 3 มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำนมได้ดีที่สุด ซึ่งอาจเป็นผลจากการที่ได้รับทั้งบัฟเฟอร์และหญ้าแห้ง ซึ่งมีผลทำให้สภาพในรูเมนเหมาะสมยิ่งขึ้น

ตาราง 4.17 แสดงต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตน้ำนม 1 กิโลกรัม เมื่อคิดเฉพาะต้นทุนในส่วนอาหารข้น พบว่าโคกลุ่มที่ 1, 2 และ 3 กินอาหารข้นต่อวันเท่ากับ 89.00, 93.60 และ 93.60 บาท สำหรับราคาอาหารข้นต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งเท่ากับ 7.64, 8.04 และ 8.04 บาทตามลำดับ การที่ในกลุ่ม 1 มีราคาต่ำกว่านั้น เนื่องจากอาหารข้นในกลุ่มที่ 2 และ 3 ต้องเสียค่าโซเดียมไบคาร์บอเนตด้วย แต่เมื่อนำส่วนของอาหารหยาบมาคิดร่วมด้วยพบว่า โคกลุ่มที่ 3 มีต้นทุนค่าอาหารต่ำที่สุด และเมื่อคิดเป็นต้นทุนต่อการผลิตน้ำนม 1 กิโลกรัม หรือต่อน้ำนมที่ปรับไขมัน 4% พบว่าโคกลุ่มที่ 3 มีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าโคกลุ่มที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.16 ปริมาณและองค์ประกอบน้ำนมของโคที่กินอาหารผสมครบส่วนทั้ง 3 กลุ่ม

Table 4.16 Amount and chemical composition of milk from cows fed 3 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

ตาราง 4.17 ต้นทุนค่าอาหารในการผลิตน้ำนม (บาท/กก.น้ำนม)

Table 4.17 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 of feed cost (baht/day)	106.70	111.30	109.90
Cost of milk product (baht/kg)	6.29	6.46	6.20
Cost of 4% FCM (baht/kg)	6.00	6.10	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 ไม่ได้มีการปรับสูตรและปริมาณอาหารตามปริมาณน้ำนม เพื่อให้โคได้รับอาหารข้นในระดับเต็มที่ แม้ผลผลิตจะลดลงตามจำนวนวันรีดนมที่เพิ่มขึ้นก็ตาม ทั้งนี้เนื่องจากต้องการดูผลของการได้รับหญ้าหมักและอาหารข้นระดับสูง รวมทั้งแนวทางการแก้ปัญหา acidosis (ถ้ามี) ดังนั้นจึงอาจทำให้ต้นทุนค่าอาหารมีค่าสูงกว่าระดับปกติ ที่มีการปรับอาหารตามปริมาณน้ำนม นอกจากนี้ในการทดลองนี้ยังมีสัดส่วนของอาหารข้นเกือบ 70% จึงทำให้ต้นทุนค่าอาหารสูงขึ้น อย่างไรก็ตามตลอดระยะที่ทำการทดลองไม่พบว่าโคเกิดอาการที่เกี่ยวข้องกับ acidosis เช่น ถ่ายมูลเหลว หยุดกินอาหาร หรือมีนมลดลง ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากอาหารผสมครบส่วนช่วยให้โคได้รับอาหารข้นเข้าไปอย่างช้า ๆ อีกทั้งโคที่ทำการทดลองในครั้งนี้ให้นมไม่มากนัก ดังเหตุผลที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ดังนั้นการเกิดกรดในกระเพาะรูเมนจึงอาจไม่รุนแรงพอที่จะแสดงให้เห็นอาการแอสิโดสิสได้อย่างชัดเจน อย่างไรก็ดีจากการที่อาหารสูตร 3 มีแนวโน้มว่าทำให้ประสิทธิภาพการผลิตดีที่สุด จึงน่าจะมีความเหมาะสมกับการนำไปใช้ คือนอกจากจะมีโภชนะครบถ้วนเพียงพอกับความต้องการของโคที่ให้นมประมาณ 20 กก.แล้ว ยังมีสารบัฟเฟอร์และหญ้าแห้งเพื่อป้องกันปัญหาแอสิโดสิสแบบไม่แสดงอาการสำหรับโคที่ได้รับหญ้าหมักและอาหารข้นระดับสูงได้ ผลจากการทดลองนี้ทำให้ได้ข้อมูลว่าหญ้าแห้งและบัฟเฟอร์มีบทบาทสำคัญในการป้องกันปัญหาแอสิโดสิส อย่างไรก็ตามการทดลองนี้ทำในระยะเวลาสั้นคือเพียง 54 วัน และคิดเป็นอาหารแต่ละสูตรเพียง 17 วัน เนื่องจากข้อจำกัดของโคที่ทดลอง ซึ่งอาจทำให้วัดผลได้ไม่ชัดเจนเท่าที่ควร โดยเฉพาะผลของการได้รับอาหารผสมครบส่วนที่มีอาหารข้นในระดับสูงเป็นระยะเวลานาน ดังนั้นจึงน่าจะมีการศึกษาในรายละเอียดต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved