บทที่ 4

ผลและวิจารณ์การทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาวิธีการผลิตใบมันสำปะหลังหมักและประเมินค่าพลังงาน

1.1 วิธีที่เหมาะสมในการหมักใบมันสำปะหลัง

การสูญเสียวัตถุแห้งและลักษณะทางกายภาพ

ผลของการหมักใบมันสำปะหลังโดยไม่เสริมและเสริมสารช่วยหมักที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของวัตถุแห้งและคะแนนคุณภาพแสดงในตาราง 4.1 จะเห็นได้ว่าใบมันสำปะหลังสดมีวัตถุแห้งเฉลี่ย 23.92% ซึ่งเมื่อนำไปผสมกับสารเสริมที่มีลักษณะแห้งเช่นมันเส้นหรือรำละเอียดในปริมาณ 20% จะทำให้มีวัตถุแห้งก่อนหมักเพิ่มขึ้น โดยอยู่ในช่วง 28 - 30% แต่การเสริมกากน้ำตาลในปริมาณ 5% ไม่มีผลต่อการเพิ่มวัตถุแห้งมากนัก เพราะกากน้ำตาลมีวัตถุแห้งต่ำกว่ามันเส้นและรำ (75 เทียบกับ 95.4 และ 89.13%) ประกอบกับปริมาณของกากน้ำตาลก็ใช้น้อยกว่าด้วย (5 เทียบกับ 20 %ของน้ำหนักใบมันสด) อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าวัตถุแห้งก่อนหมักของใบมันที่ใส่สารช่วยหมักไม่ว่าจะเป็นมันเส้น รำละเอียด หรือกากน้ำตาลอยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับการทำพืชหมักคือ 25 - 34% (McDonald *et al.,* 1991)

ตาราง 4.1 วัตถุแห้งที่สูญเสียจากกระบวนการหมักของใบมันสำปะหลังหมักวิธีต่างๆ (N=20)

Table 4.1 Dry matter loss of cassava leaves ensiled with and without additives

Composition	Cassava silage				
	No additive	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] = $((DM*Wt/100)_{\text{Before ensiling}}-(DM* Wt/100)_{\text{After ensiling}})/ (DM* Wt/100)_{\text{Before ensiling}} *100$

[2] = Quality assessment using colour, odour and silage composition

abc: means in the same row with different superscript differ significantly (p<.05)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

หลังจากทำการหมักได้ 1 เดือน พบว่า การสูญเสียวัตถุแห้งจากกระบวนการหมักของใบมันทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (p>.05) คือมีค่าระหว่าง 5.9 - 9.1 % โดยวิธีการที่ใช้รำละเอียดผสมมีแนวโน้มการสูญเสียวัตถุแห้งน้อยที่สุด ในขณะที่การหมักโดยไม่ผสมสารใดทำให้วัตถุแห้งหลังหมักมีค่าต่ำที่สุด ซึ่งต่ำกว่าการเสริมสารช่วยหมักอย่างมีนัยสำคัญ (p<.05) ทั้งนี้เนื่องจากมันหมักกลุ่มนี้ มีวัตถุแห้งก่อนหมักน้อยกว่ากลุ่มอื่นและยังมีแนวโน้มการสูญเสียวัตถุแห้งมากกว่ากลุ่มอื่นด้วย เมื่อเทียบระหว่างการหมักโดยใช้สารเสริมชนิดต่างๆ พบว่า การใช้มันเส้นและรำละเอียดทำให้วัตถุแห้งของใบมันหมักไม่แตกต่างกัน เพราะวัสดุทั้งสองชนิดช่วยเพิ่มวัตถุแห้งก่อนหมักได้ใกล้เคียงกัน อีกทั้งมันเส้นยังเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตที่สลายตัวได้ง่าย (เจริญศักดิ์, 2519 อ้างโดย สมสุข, 2544) เช่นเดียวกับรำละเอียด แต่เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ใช้กากน้ำตาล พบว่า ทำให้วัตถุแห้งหลังหมักต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับวัตถุแห้งก่อนการหมักของกลุ่มนี้ ที่แตกต่างจากกลุ่มที่เสริมรำละเอียดและมันเส้นอยู่แล้ว ผลการทดสอบคุณภาพโดยวิธีการทางกายภาพโดยพิจารณา กลิ่น โครงสร้างและส่วนประกอบซึ่งเมื่อคิดเป็นคะแนนแล้วพบว่าการหมักทุกวิธีได้ใบมันหมักที่มีคุณภาพดีใกล้เคียงกัน จึงจำเป็นต้องเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีและกรดไขมันระเหยง่ายต่อไป

องค์ประกอบทางเคมี ค่า pH และปริมาณกรดอินทรีย์

ผลการศึกษาส่วนประกอบทางเคมีดังแสดงในตาราง 4.2 พบว่า การหมักโดยไม่เสริมหรือเสริมสารต่างชนิดกันทำให้ใบมันหมักมีส่วนประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน โดยพบว่าเปอร์เซนต์โปรตีนของกลุ่มที่เสริมมันเส้นมีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับรายงานการเสริมมันเส้นช่วยการหมักหญ้ารูซี่ของสมสุข (2544) ทั้งนี้เนื่องจากมันเส้นมีโปรตีนเพียง 1.8 % เท่านั้น ในขณะที่กลุ่มเสริมรำมีโปรตีนไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ไม่เสริมสารใดเพราะรำมีโปรตีนค่อนข้างสูง (13.81 %, ตาราง 4.3) ส่วนกลุ่มที่เสริมกากน้ำตาลมีโปรตีนต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ เพราะกากน้ำตาลมีโปรตีนเพียง 6.45 %

ดังนั้นการใช้รำละเอียดเป็นสารเสริมการหมักจึงช่วยทำให้ใบมันหมักมีระดับโปรตีนใกล้เคียงกับใบมันสดและเป็นวิธีการผลิตอาหารหยาบเสริมโปรตีนสำหรับโคนมที่เหมาะสมกว่าวิธีอื่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.2 ส่วนประกอบทางเคมี (%DM) ของใบมันสำปะหลังหมักโดยใส่สารเสริม 4 ชนิด (N=20)

Table 4.2 Chemical composition (%DM) of cassava leaves ensiled with 4 additives

Composition	Fresh leaves	Leaves ensiled with				
		No additive	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 for 4 additive with different superscript differ significantly (p<.05)

ระดับของไขมันในใบมันหมักขึ้นอยู่กับไขมันที่มาจากสารเสริม โดยพบว่าการใช้รำละเอียดซึ่งปกติมีไขมันสูง (17.93%) ทำให้ใบมันหมักมีไขมันสูงถึง 9.77% ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากกลุ่มที่หมักโดยไม่เสริมสารอื่นหรือเสริมมันเส้นหรือกากน้ำตาล ที่มีไขมันต่ำ รวมทั้งใบมันก่อนหมัก การที่ใบมันหมักมีไขมันสูงย่อมมีประโยชน์ในการใช้เป็นแหล่งพลังงานเสริมให้แก่โคนมซึ่งนับเป็นข้อดีของการใช้รำละเอียดเป็นสารเสริม ในส่วนของเถ้าก็เช่นเดียวกับไขมัน คือการใช้สารเสริมที่มีเถ้าสูงเช่น รำละเอียด และกากน้ำตาล (8.11 และ 10.47% ตามลำดับ) ทำให้ใบมันหมักมีเถ้าเพิ่มขึ้น ในส่วนของเยื่อใยนั้นพบว่าการใช้สารเสริมที่มีเยื่อใยต่ำเช่นมันเส้นทำให้เยื่อใย (NDF) ลดต่ำกว่าการหมักโดยไม่ใส่สารเสริมมากที่สุด ในขณะที่การใช้กากน้ำตาลซึ่งใช้ผสมในระดับน้อยกว่ามันเส้นและรำละเอียด ทำให้มีการลดลงของเยื่อใยน้อยที่สุด เมื่อคำนวณระดับคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใย (NFC) โดยวิธีการหักลบองค์ประกอบต่างๆ ที่กล่าวมาแล้วจึงได้ผลในทำนองเดียวกัน คือ การใส่สารเสริมที่มี NFC สูง เช่นมันเส้น ซึ่งมี NFC 72.6% (เจริญศักดิ์, 2519

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

อ้างโดย บุญเสริม, 2545) ทำให้ใบมันหมักสูตรนี้มี NFC มากที่สุด รองลงมาคือการใส่กากน้ำตาล และรำละเอียด ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 2 กลุ่มมีค่า NFC ไม่แตกต่างกัน (P>.05)

ตาราง 4.3 องค์ประกอบทางเคมี (%ของวัตถุแห้ง) ของวัตถุดิบที่ใช้เสริมในการหมัก

Table 4.3 Chemical composition (% DM basis) of supplements used for ensiling cassava leaves

	DM	CP	EE	ASH	CF	NFE
Cassava chips	95.44	1.80	0.17	4.96	5.79	87.28
Rice bran	89.13	13.81	17.93	8.11	7.75	52.40
Molasses	75.00	6.45	0.27	10.47	-	-

ปริมาณกรดและสภาพความเป็นกรดของใบมันสำปะหลังหมักโดยใช้สารเสริมชนิดต่างๆ เปรียบเทียบกับการไม่ใส่สารเสริม แสดงในตาราง 4.4 พบว่า ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของใบมันสำปะหลังที่ใส่สารเสริมทั้ง 3 ชนิด คือ มันเส้น รำละเอียดและกากน้ำตาลไม่มีความแตกต่างกัน (p>.05) โดยมีค่าเท่ากับ 4.12, 4.09 และ 4.01 ตามลำดับ แต่ต่ำกว่ามันที่หมักโดยไม่ใส่สารเสริมอย่างมีนัยสำคัญ (p<.05) สอดคล้องกับบุญล้อมและคณะ (2543) ที่รายงานว่าพืชหมักที่ดีควรมี pH อยู่ระหว่าง 3.7 – 4.2 แสดงให้เห็นว่าสารเสริมที่ใช้ซึ่งเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตที่สลายตัวได้ง่าย ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปแป้ง (มันเส้นและรำละเอียด) และน้ำตาล (กากน้ำตาล) สามารถกระตุ้นการทำงานของจุลินทรีย์ ทำให้เกิดการสร้างกรดอินทรีย์ ได้เป็นอย่างดี จึงทำให้ pH ลดลงมากกว่าการหมักใบมันล้วนๆ ที่มีคาร์โบไฮเดรตสลายตัวง่าย (NFC) เพียง 19.2% โดยกรดที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักนั้นพบว่า ใบมันล้วนๆที่หมักโดยไม่เสริมสารใดมีปริมาณกรดอะซิติก 0.29% ซึ่งไม่แตกต่างจากเมื่อใช้รำละเอียดและกากน้ำตาล แต่น้อยกว่ากลุ่มที่ผสมมันเส้น ทั้งนี้เนื่องจากมันเส้นมีแป้งเป็นส่วนประกอบหลักซึ่งจุลินทรีย์สามารถใช้ในการสร้างกรดอะซิติกได้รวดเร็ว ส่วนการเปรียบเทียบระหว่างการใช้สารเสริมทั้งสามชนิด พบว่า ปริมาณกรดอะซิติกไม่แตกต่างกัน เพราะสารเสริมทุกตัวล้วนเป็นแหล่งของ NFC ในการหมัก สำหรับปริมาณกรดแลคติกซึ่งเป็นกรดหลักที่ใช้ในการถนอมและกำหนดคุณภาพของใบมันสำปะหลังนั้นพบว่า การไม่ใส่สารเสริมและการใส่มันเส้นทำให้เกิดกรดแลคติกไม่แตกต่างกันโดยมีค่าเพียง 1.32 - 1.55% แต่เมื่อใช้รำละเอียดและกากน้ำตาลพบว่าปริมาณกรดแลคติกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่า 2.43 และ 2.41%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตามลำดับ เมื่อคิดเป็นเปอร์เซนต์สัมพัทธ์ของกรดแลคติกต่อกรดที่เกิดขึ้นทั้งหมด ก็ได้ผลทำนองเดียวกันคือ การใช้รำละเอียดและกากน้ำตาลเสริมทำให้เกิดกรดแลคติกคิดเป็นเปอร์เซนต์สัมพัทธ์มากกว่าการไม่ใส่สารเสริม และการใส่มันเส้นอย่างมีนัยสำคัญ (85.66 - 86.78% เทียบกับ 81.3 - 81.4%) อย่างไรก็ดี เมื่อคิดเป็นคะแนนคุณภาพแล้วพบว่าใบมันสำปะหลังหมักทั้ง 4 ชนิด มีคุณภาพไม่แตกต่างกันทางสถิติเพราะมีกรดบิวทีริกปริมาณน้อยมาก (0 - 0.5%) แต่ใบมันสำปะหลังหมักที่ผสมกับรำละเอียดแสดงแนวโน้มการให้คะแนนคุณภาพมากที่สุด (98.5 คะแนน) โดยกลุ่มที่เหลือได้คะแนน 89 - 95.6 คะแนน

ปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกก่อนและหลังหมัก

ใบมันสำปะหลังสดที่ใช้ในการทดลองมีกรดพรัสสิก (HCN) 190.49 ppm ซึ่งค่านี้ใกล้เคียงกับรายงานของ Du Thanh Hang (1998) แต่ต่ำกว่ารายงานของ Kavana *et al.,* (2005) ที่พบว่าใบมันสดมี HCN สูงถึง 289 ppm ใกล้เคียงกับระดับอันตรายตามที่ Blood และ Henderson (1974) ได้กล่าวไว้ว่าพืชที่มี HCN มากกว่า 200 ppm จัดว่ามีอันตรายต่อสัตว์เมื่อกินในปริมาณมาก โดยโคที่ได้รับ HCN มากกว่า 2 มิลลิกรัม ต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม หรือคิดเป็นวันละ 900 มิลลิกรัม สำหรับโคน้ำหนัก 450 กิโลกรัม จะมีอาการผิดปกติ อย่างไรก็ดีในการทดลองนี้ พบว่ากลุ่มที่เสริมสารช่วยหมักจะมีปริมาณ HCN ต่ำลงเนื่องจากถูกเจือจางด้วยสารเสริม แต่ปริมาณที่ลดลงนี้จะแตกต่างกันแล้วแต่ชนิดและปริมาณของสารเสริม อย่างไรก็ดีพบว่า เมื่อนำไปหมักในสภาพอับอากาศเป็นเวลา1 เดือนแล้วปริมาณ HCN ในมันหมักทุกกลุ่มลดลงสอดคล้องกับการทดลองของ Kavana *et al.*, (2005) และ Du Thanh Hang (1998) ที่พบว่าการหมักใบมัน 21 วันจะช่วยลด HCN ลงได้ โดยกลุ่มที่ไม่เสริมสารใดมีปริมาณ HCN ลดลงน้อยที่สุด (10.25%) กลุ่มที่ผสมมันเส้นหรือผสมรำละเอียดลดลง 24.5 - 25.4% ส่วนกลุ่มที่ผสมกากน้ำตาลมีการสลายตัวได้มากที่สุดถึง 40% ซึ่งมากกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อนำปริมาณ HCN ที่เหลืออยู่ในใบมันหมักแต่ละกลุ่มมาคำนวณหาปริมาณต่ำสุดที่สามารถทำให้เกิดพิษโดยใช้ระดับ HCN วันละ 900 มิลลิกรัมเป็นหลักแล้ว พบว่าใบมันหมักกลุ่มที่ไม่เสริมสารใด กลุ่มที่เสริมมันเส้น กลุ่มที่เสริมรำและกลุ่มที่เสริมกากน้ำตาล จะทำให้เกิดพิษได้ถ้าใช้มากกว่าวันละ 5.1, 7.99, 7.94 และ 8.45 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งหรือคิดเป็นน้ำหนักสดเท่ากับ 21.3, 28.2, 26.1 และ 33.5 กิโลกรัมตามลำดับ ดังนั้นการใช้ใบมันสำปะหลังหมักเพื่อเป็นอาหารเสริมโปรตีน จึงควรใช้ปริมาณน้อยกว่านี้เพื่อความปลอดภัย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.4 ปริมาณกรด คุณภาพ และค่าความเป็นกรด-ด่าง ของใบมันสำปะหลังหมักโดยไม่เสริมและเสริมสารช่วยหมักชนิดต่างๆ (N = 20)

Table 4.4 Acid quantity and pH of cassava leaves ensiled with 4 additives

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)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.5 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกในใบมันสำปะหลังหมัก (N = 20)

Table 4.5 Correlation coefficients of factor related to hydrocyanic in cassava silage (N = 20)

	Leaf level	Acetic acid	Lactic acid	Butyric acid	pH value	HCN before ensiling	HCN of silage	DM before ensiling
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 before ensiling	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 before ensiling	-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)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สหสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อคุณภาพของใบมันสำปะหลังหมัก

เพื่อให้สามารถวิจารณ์ปัจจัยต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กับการสลายตัวของกรด HCN ในกระบวนการหมักใบมันสำปะหลัง จึงนำตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้แก่ สัดส่วนใบมันในส่วนผสมก่อนหมัก ปริมาณกรดอะซิติก แลคติก บิวทีริก และ pH รวมทั้งปริมาณ HCN และวัตถุแห้งก่อนหมักมาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ได้ผลดังตาราง 4.5 จะเห็นว่าการใช้ใบมันสำปะหลังในสัดส่วนมากขึ้นมีผลทำให้ pH และ ระดับ HCN หลังหมักเพิ่มขึ้น แต่ทำให้วัตถุแห้งก่อนหมักและกรดอะซิติกหลังหมักลดลง การใช้สารเสริมจึงมีความจำเป็นเพราะทำให้สัดส่วนของใบมันลดลง ในส่วนของกรดแลคติกที่เกิดขึ้นพบว่า มีความสัมพันธ์สูงมากกับการลด pH และ HCN ดังนั้นการใช้สารเสริมที่ช่วยเร่งการเพิ่มปริมาณกรดแลคติกดังได้กล่าวมาแล้ว จึงทำให้ pH ลดลงได้ดี ทำให้การถนอมคุณภาพใบมันเป็นไปได้ดีและช่วยลด HCN ในเวลาเดียวกัน นอกจากนี้การลดลงของ pH ยังมีความสัมพันธ์กับการลดสัดส่วนของใบมันก่อนหมัก และการเพิ่มวัตถุแห้งของส่วนผสมก่อนหมัก ดังนั้นการลดสัดส่วนใบมัน เช่นในกลุ่มที่ใช้รำละเอียดเป็นส่วนผสม จึงทำให้ HCN เจือจางลง

ในการสลายตัวของ HCN ในกระบวนการหมักนั้นสารกลุ่ม cyanogenic glucoside จะถูกจุลินทรีย์ที่เพิ่มปริมาณในระยะวันแรกๆของการหมัก ปล่อยเอนไซม์บางชนิดออกมาทำให้ HCN ถูกปลดปล่อยเป็นอิสระ แต่เนื่องจากสภาพความเป็นกรดขัดขวางการเกิด HCN ดังเช่นในสัตว์กระเพาะเดี่ยวที่มีกรด HCl ในกระเพาะจึงพบว่าไม่ค่อยมีปัญหาจากการเป็นพิษของ HCN เมื่อเทียบกับสัตว์สี่กระเพาะ (Blood and Henderson, 1974) จะเห็นได้ว่าการเกิดกรดแลคติกที่รวดเร็วและมีกรดเกิดขึ้นปริมาณมากสามารถยับยั้งการเกิด HCN ซึ่งในการทดลองนี้เห็นความสัมพันธ์ในทางลบในระดับสูง ($p<.01$) ระหว่างปริมาณ HCN ในใบมันกับปริมาณกรดแลคติก ดังนั้นวิธีการใดๆที่สามารถทำให้เกิดกรดแลคติกได้อย่างรวดเร็ว และเกิดในปริมาณมากจะทำให้เกิดกรด HCN ในใบมันหมักน้อยลง นั่นคือจะได้ใบมันสำปะหลังหมักที่มีคุณภาพดีและมีความปลอดภัยสูงในเวลาเดียวกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

1.2 ค่าพลังงานของใบมันสำปะหลังหมักวัดโดย *in vitro* gas production technique

จากการนำใบมันหมักที่โดยไม่เสริมและเสริมสารช่วยหมักมาอบแห้งและบดละเอียดแล้วนำมาบ่มกับ rumen fluid buffer ในหลอด syringe ชนิดพิเศษเพื่อวัดระดับแก๊สที่เกิดขึ้นในชั่วโมงต่างๆ ได้ค่าแก๊สดังตาราง 4.5 และภาพ 4.1 จะเห็นได้ว่าใบมันหมักร่วมกับมันเส้นบดมีอัตราการเกิดแก๊สสูงกว่าใบมันหมักชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ที่เป็นเช่นนี้น่าจะมีสาเหตุจากมันเส้นบดมีแหล่ง

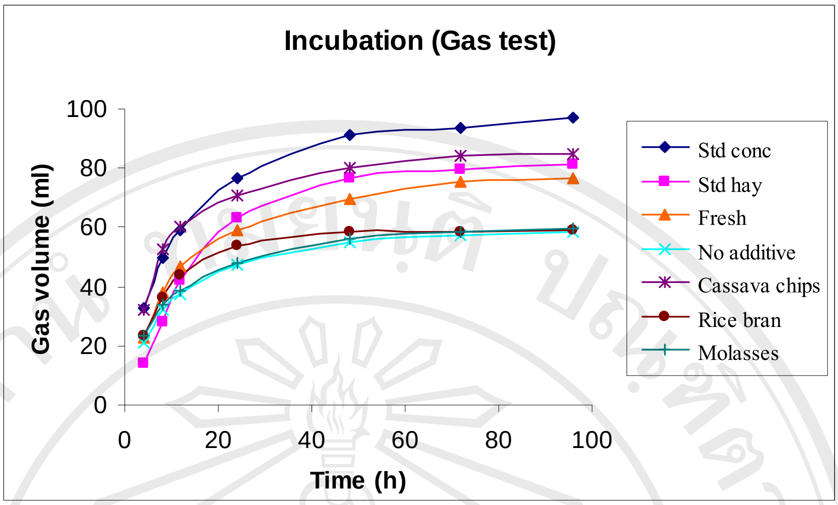
คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย ซึ่งจุลินทรีย์จากกระเพาะรูเมนที่นำมาใส่ในหลอดทดลองสามารถนำไปใช้ได้อย่างรวดเร็ว ข้อสังเกตดังกล่าวสอดคล้องกับ Krishnamoorthy *et al.*, (1995 ; อ้างโดย สมสุข, 2544) ที่พบว่าอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย มีอิทธิพลหลักต่อปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น (NRC, 1988) ในกรณีของใบมันหมักโดยไม่เสริมและเสริมรำละเอียดและกากน้ำตาล ได้ค่าแก๊สต่ำกว่าเนื่องจากใบมันหมักมี NFC น้อย และรำที่ใช้ผสมมีไขมันสูงกว่าใบมันหมักร่วมกับมันเส้น ซึ่งไขมันมีผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ เพราะจะไปเคลือบผิวของอาหารและผิวผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ ทำให้จุลินทรีย์ย่อยโภชนะได้ลำบาก เป็นผลให้ประสิทธิภาพการย่อยได้ลดลง (บุญล้อม, 2541) ส่วนกากน้ำตาลนั้นแม้จะเป็นสารที่มี NFC สูงแต่ใช้ในปริมาณน้อยกว่ามันเส้นบดมากจึงทำให้เกิดแก๊สน้อยกว่า นอกจากนี้สมสุข (2544) ศึกษาการผลิตหญ้ารูซี่หมัก พบว่าหญ้ารูซี่หมักร่วมกับมันเส้นบดมีอัตราการเกิดแก๊สสูงกว่ารำละเอียด สาเหตุหนึ่งคือรำมีโปรตีนสูงซึ่งเมื่อถูกย่อยสลายให้เป็น NH_3 แล้วจะเกิดการจับตัว (binding) กับ CO_2 จึงเป็นเหตุให้เกิดแก๊สน้อยลง (Menke and Steingass, 1988) ซึ่งผลจากการทดลองนี้ก็เป็นไปในทำนองเดียวกัน

ตาราง 4.6 ปริมาตรแก๊สของใบมันหมักเทียบกับอาหารชนิดอื่นเมื่อหมักกับน้ำรูเมนภายในหลอดแก้ว

Table 4.6 *In vitro* gas production of cassava silage and other feed

	Gas production (ml) at different time (h)						
	4	8	12	24	48	72	96
Standard concentrate	32.49	49.68	58.92	76.75	91.41	93.63	96.82
Standard hay	14.23	28.03	42.04	63.06	76.86	79.41	81.11
Fresh leaves	22.56	37.81	46.82	59.30	69.67	75.19	76.60
Leaves ensiled with							
No additive	20.86	32.25	37.54	47.17	55.19	57.12	58.40
Cassava chips	31.90	52.42	59.99	70.97	80.23	84.10	84.53
Rice bran	23.66	36.25	44.06	53.60	58.36	58.77	59.18
Molasses	23.12	33.81	38.61	48.20	56.06	58.24	59.55

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.1 ปริมาตรแก๊สของใบมันสด ใบมันหมักโดยไม่เสริมสาร ใบมันหมักร่วมกับ มันเส้นรำละเอียดและกากน้ำตาล

Figure 4.1 *In vitro* gas production of fresh cassava leaves, cassava leaves ensiled with cassava chips, rice bran and molasses

ตาราง 4.7 ค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ พลังงานใช้ประโยชน์ได้ พลังงานสุทธิ พลังงานย่อยได้และยอดโภชนะย่อยได้ของใบมันจากการประเมินโดยวิธีการวัดปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้นภายใน 24 ชั่วโมงแรก

Table 4.7 OMD, ME, NEL, DE and TDN of cassava leaves silages calculated from gas production within 24 h.

	Fresh leaves	Leaves ensiled with				SEM
		No additive	Cassava chips	Rice bran	Molasses	
Adjusted GP (ml)	59.30	47.17^{a}	70.97^{c}	53.60^{b}	48.20^{a}	1.60
OMD (%)	81.04	71.13^{a}	86.25^{c}	76.60^{b}	72.10^{a}	1.35
ME (Mcal/kgDM)	2.64	2.26^{a}	2.92^{c}	2.45^{b}	2.27^{a}	0.05
NEL (Mcal/kgDM)	1.74	1.51^{a}	1.88^{b}	1.87^{b}	1.52^{a}	0.03
DE (Mcal/kgDM)	3.06	2.68^{a}	3.34^{c}	2.87^{b}	2.70^{a}	0.04
TDN (%)	69.38	60.57^{a}	75.75^{c}	65.18^{b}	61.19^{a}	1.13

abc: means in the same row of 4 additives with different superscript differ significantly (p<.05)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตาราง 4.7 จะเห็นว่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุของกลุ่มที่หมักใบมันร่วมกับมันเส้นมีค่าสูงกว่ากลุ่มทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการเกิดแก๊ส การย่อยได้ที่เพิ่มขึ้นในกลุ่มนี้จึงมีที่มาจากมันสำปะหลังที่ใช้เป็นสารเสริม ที่มีการสลายตัวและถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ได้ดีกว่า สำหรับกลุ่มที่ไม่ใส่สารเสริมและกลุ่มที่ใส่กากน้ำตาลไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีค่าน้อยกว่ากลุ่มที่หมักร่วมกับรำละเอียด ($p<.05$) เนื่องจากใบมันมี NFC น้อย ตลอดจนกากน้ำตาลนั้นใช้เพียง 5% ซึ่งเมื่อคิดเป็นน้ำหนักแห้งจะน้อยกว่ากลุ่มที่ใส่มันสำปะหลังบดและรำละเอียด ดังนั้นจึงทำให้การย่อยได้ของจุลินทรีย์ในสองกลุ่มนี้น้อยกว่า

เมื่อนำค่าแก๊สที่ 24 ชั่วโมง ของใบมันสด ใบมันหมักโดยไม่เสริมและเสริมสารช่วยหมักที่ปรับด้วยค่าแฟคเตอร์แล้วมาทำนายค่า OMD, ME และ NEL ตามสมการที่เสนอโดย Menke *et al*., (1979 ; cited by Close and Menke, 1986) และนำค่า ME ที่ได้จากการคำนวณมาคำนวณกลับหาค่า DE และ TDN โดยใช้สมการของ NRC (1988) คือ

$$ME = -0.45 + 1.01\ DE \qquad DE = 0.04409 \times TDN$$

ผลการคำนวณพบว่าค่าพลังงานในรูป ME, NEL, DE และ TDN เป็นไปในทำนองเดียวกันและสอดคล้องกับค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุคือ กลุ่มที่หมักร่วมกับมันเส้นมีค่าพลังงานสูงสุด รองลงมาคือรำละเอียด ส่วนกลุ่มที่หมักโดยไม่ใส่สารเสริมและหมักร่วมกับกากน้ำตาลมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติและมีค่าต่ำสุด โดยใบมันผสมกับรำละเอียดหมัก มี ME เท่ากับ 2.45 Mcal/kg คิดเป็น TDN เท่ากับ 65.18%

จากการที่ใบมันหมักโดยเสริมรำละเอียดมีคะแนนคุณภาพมากที่สุดและมีโปรตีนและพลังงานที่อยู่ในระดับดี ตลอดจนรำหาได้ง่ายทุกท้องที่ของประเทศ การหมักใบมันสำปะหลังโดยเสริมรำจึงเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งควรนำไปทดลองใช้เลี้ยงโคนมต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

การทดลองที่ 2 การใช้ใบมันแห้งและหมักในอาหารหยาบผสมคุณภาพดีสำหรับเลี้ยงโครีดนม

Copyright © by Chiang Mai University

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

All rights reserved

คุณค่าทางอาหารของหญ้าแห้งและอาหารหยาบคุณภาพดีจากหญ้ารูซี่แห้งดังตาราง 4.8 จะเห็นได้ว่าหญ้ารูซี่แห้งที่ใช้มีโปรตีน 6.74% ซึ่งสูงกว่าโปรตีนของหญ้าแห้งของดุจดาว (2548) ที่ปลูกในพื้นที่เดียวกัน แต่ตัดคนละปี นอกจากนั้นยังมี NDF, ADF และ ADL ต่ำกว่า (65.8, 34.0, 4.5 เทียบกับ 74.4, 43.8, 5.5 ตามลำดับ) แสดงว่าหญ้าที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้อ่อนกว่า 60 วัน แต่แก่กว่า 45 วันที่มีโปรตีน 7.2%, NDF 65.6%, ADF 30.7% และ ADL 4.1% เมื่อนำส่วนประกอบทาง

เคมีไปคำนวณค่า TDN โดยใช้สมการของ Kearl (1982) พบว่าได้ค่าเท่ากับ 55.4% ซึ่งสูงกว่าหญ้ารูซี่แห้งอายุ 60 วัน (52.8%) แต่ต่ำกว่าอายุ 45 วัน (56.8%) (ดุจดาว, 2548)

ใบมันแห้งที่ใช้มีโปรตีน 18.45% ซึ่งต่ำกว่ารายงานของ Wanapat (1999) ทั้งนี้เนื่องจากใบมันที่ใช้มีส่วนของก้านใบและลำต้นอ่อนปนอยู่ เพราะใช้วิธีเก็บโดยหักจากยอดประมาณ 30 - 50 เซนติเมตร ทำให้มีโปรตีนลดลงตลอดจนมีเยื่อใย (NDF) สูงขึ้น อย่างไรก็ตามใบมันสำปะหลังแห้งยังมีโปรตีนสูงเพียงพอที่จะใช้เป็นแหล่งโปรตีนเสริมให้กับโคนม จากผลการวิเคราะห์ HCN ในใบมันสำปะหลังสดที่ใช้ในการทดลองนี้ (ตาราง 4.9) พบว่ามีค่าเท่ากับ 178.93 ppm และเมื่อนำไปตากจนแห้งพบว่า HCN สลายตัวเหลือเพียง 63.46 ppm จึงจัดว่าอยู่ในระดับที่ปลอดภัยสำหรับโค ตามที่ Blork และ Anderson (1974) แนะนำไว้

ในด้านลักษณะทางกายภาพนั้นพบว่าใบมันแห้งมีคุณภาพดีมากคือมีสีเขียว มีกลิ่นหอม และน่าจะเป็นแหล่งที่ดีของเบต้าแคโรทีนด้วย

ตาราง 4.8 องค์ประกอบทางเคมี (% ของวัตถุแห้ง) ของหญ้ารูซี่แห้ง (RH) กากน้ำตาล (Mol) ข้าวโพด (GC) รำละเอียด (RB) กากถั่วเหลือง (SBM) ใบมันแห้ง (CH) ใบมันหมัก (CS) และอาหารข้น (Conc)

Table 4.8 Chemical composition (%DM) of ruzi hay (RH), molasses (Mol), ground corn (GC), rice bran (RB), soybean meal (SBM), cassava hay (CH), cassava silage (CS) and Concentrate (conc)

	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/]
SBM	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	48.23	40.77	25.64	6.82	27.33	67.12[1/]
CS	29.87	13.91	11.02	9.67	17.61	47.78	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

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

มันสำปะหลังหมักร่วมกับรำละเอียดและบรรจุในถังพลาสติกที่เตรียมในการทดลองนี้มีโปรตีน 13.91% ซึ่งต่ำกว่าผลจากการทดลองที่ 1 ที่ได้โปรตีน 18.45% ทั้งนี้เพราะใบมันที่ใช้ในการทดลองนี้ มีเยื่อใยมากกว่าเนื่องจากมีส่วนของลำต้นติดมาด้วยค่อนข้างมาก ดังจะเห็นได้จากการที่ใบมันหมักที่ใช้ในการทดลองนี้มี NDF, ADF, และ ADL สูงกว่า นอกจากนั้นรำละเอียดที่ใช้เป็นคนละชุดกัน จากการคำนวณโปรตีนก่อนหมักของส่วนผสมใบมันหมักและรำละเอียดในการทดลองนี้พบว่ามีโปรตีน 15.76% (ไม่ได้แสดงค่าไว้) ซึ่งเมื่อนำมาหมักแล้วจะเหลือโปรตีนเพียง 13.91% โดยมีโปรตีน 1.85 หน่วยเปอร์เซ็นต์สูญเสียจากการหมัก

สำหรับส่วนประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่ใช้เป็นแหล่งโปรตีนเสริมในอาหารหยาบผสมในการทดลองนี้ คือ กากถั่วเหลืองและรำละเอียดมีค่าอยู่ในช่วงปกติของวัตถุดิบที่ใช้เป็นแหล่งพลังงานเสริมได้แก่ ข้าวโพดบดและกากน้ำตาลก็มีส่วนประกอบอยู่ในช่วงปกติเช่นเดียวกัน สำหรับอาหารข้นที่ใช้ในการทดลองนี้มีโปรตีน 21.09% และมี TDN 72.75% มีค่าใกล้เคียงกับที่ระบุไว้ข้างถุงและใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์ในรายงานของ ดุจดาว (2548) ซึ่งเป็นอาหารชนิดเม็ดที่ผลิตจากโรงงานเดียวกัน

ตาราง 4.9 ส่วนประกอบกรด และคุณภาพใบมันสำปะหลังแห้ง สด และหมัก

Table 4.9 Acid composition and quality of fresh, dry and ensiled cassava leaves

	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 (Boonlom *et al*., 2543) range from 0-20

[2/] Quality assessment of silage (Boonlom *et al*., 2543) range from 0-100

ตาราง 4.10 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารหยาบผสมและราคา จากการคำนวณ

Table 4.10 Chemical composition of mixed roughages and cost calculated from chemical composition

	DM (%)	CP (%DM)	EE (%DM)	NDF (%DM)	ADF (%DM)	NFC (%DM)	TDN (%DM)	(B/kg 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

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการคำนวณคุณค่าทางโภชนะของอาหารหยาบผสมที่ใช้ในการทดลอง โดยใช้ปริมาณที่ระบุในตาราง 3.1 และส่วนประกอบทางเคมีในตาราง 4.8 ได้ผลดังตาราง 4.10 จะเห็นได้ว่าอาหารหยาบผสมสูตรที่ใช้หญ้าแห้งเป็นฐานโดยใช้รำและกากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนเสริม (T1) และสูตรที่ใช้ใบมันแห้งเป็นแหล่งโปรตีน (T2) มีคุณค่าทางโภชนะใกล้เคียงกัน คือ มีโปรตีน 8.4 - 8.6% และมี TDN 60.4 - 60.6% แต่ค่อนข้างต่ำกว่าสูตรที่ใช้ใบมันสำปะหลังหมักเป็นแหล่งโปรตีนเสริม (T3) เนื่องจากใบมันสำปะหลังหมักที่ใช้เสริมในปริมาณคิดเป็นวัตถุแห้งเท่ากับสารเสริมในสูตร 1 และสูตร 2 มีโปรตีนและพลังงานมากกว่าส่วนผสมของรำละเอียดและกากถั่วเหลืองในปริมาณที่เท่ากัน อย่างไรก็ตามระดับโปรตีน พลังงานและองค์ประกอบอื่นๆ เช่น ไขมัน เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรตที่สลายตัวง่าย (NFC) จากอาหารทั้ง 3 สูตร จัดอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน เมื่อนำโปรตีนและพลังงานในรูปของ TDN ของอาหารทั้ง 3 สูตรที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.73 และ 61.34% ตามลำดับ มาเปรียบเทียบกับข้าวโพดหมักซึ่งจัดเป็นอาหารหยาบคุณภาพดีที่มีโปรตีนและ TDN เท่ากับ 9.05 และ 65.9% (นฤมล, 2544) แล้ว พบว่ามีค่าเกือบใกล้เคียงกัน อาหารหยาบผสมที่ใช้ในการทดลองนี้จึงมีคุณภาพดีเพียงพอสำหรับใช้กับโครีดนม

ใบมันสำปะหลังหมักที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งทำโดยอัดส่วนผสมของใบมันกับรำให้แน่นในถังพลาสติกที่สามารถปิดล็อกฝาได้ จึงมีคุณภาพดีมาก (คะแนนคุณภาพมากกว่า 80) ซึ่งผลนี้คล้ายคลึงกับใบมันที่หมักในถุงขนาดเล็กโดยใส่รำละเอียดเช่นเดียวกัน คือมีกรดอะซิติก 0.33% ไม่มีกรดบิวทีริก และมีกรดแลคติก 2.48% มีค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) เท่ากับ 3.92 ผลการวิเคราะห์ HCN พบว่าเท่ากับ 109.77 ppm ซึ่งลดลงจากใบมันสดแต่ยังมีปริมาณมากกว่าใบมันแห้ง (63.46 ppm) แสดงว่าการทำแห้งมีผลต่อการลดปริมาณ HCN ได้ดีกว่าการหมัก

ปริมาณอาหารที่กินและโภชนะที่โคได้รับ

โคทดลองกินอาหารทั้ง 3 สูตรคิดเป็นน้ำหนักแห้งไม่แตกต่างกัน ทั้งในรูปน้ำหนักรวมต่อวันและในรูปเปอร์เซนต์น้ำหนักตัว โดยกินอาหารได้เฉลี่ยระหว่าง 3.03 - 3.05% ของน้ำหนักตัว และสามารถกินอาหารได้เฉลี่ย 93.12 - 93.7% ของปริมาณน้ำหนักแห้งของอาหารที่ให้ (ตาราง 4.11) โดยอาหารที่เหลือในแต่ละวันเป็นส่วนของก้านและโคนของหญ้าแห้ง ที่โคเลือกกินส่วนที่อ่อนไปแล้ว สำหรับอาหารเสริมและอาหารข้นไม่พบเหลืออยู่ ซึ่งโคกินอาหารข้นเฉลี่ยระหว่าง 1.18 - 1.19% ของน้ำหนักตัว และกินอาหารหยาบผสมระหว่าง 1.85 - 1.88% ของน้ำหนักตัว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.11 ปริมาณวัตถุแห้ง อาหารหยาบ อาหารข้นและโภชนะที่โคได้รับจากการให้อาหาร 3 สูตร

Table 4.11 Dry matter, roughage, concentrate and nutrient intake of cows fed 3 different rations

	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
- % of 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
- % of 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)	2.04	2.07	2.13	0.03
(NRC requirements)[1]	2.09	2.09	2.09	-
TDN intake (kg/cow/day)	9.97	10.05	10.21	0.18
(NRC requirements)[1]	9.26	9.26	9.26	-

abc: means in the same row with different superscript differ significantly (p<.05)

[1] Requirements of cows at 505 kg BW, 16.4 kg/d milk and 4% fat

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณโปรตีนและพลังงานในรูปยอดโภชนะย่อยได้ (TDN) ที่โคได้รับต่อวันของทุกกลุ่มไม่แตกต่างกันและมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่แนะนำโดย NRC (1988) โดยโคที่ใช้ทดลองมีความต้องการโปรตีนวันละ 2.09 กิโลกรัม และ TDN วันละ 9.26 กิโลกรัม แต่โคในกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมสูตร 1 ได้รับโปรตีน 2.04 กิโลกรัมต่อวัน กลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบผสมที่ใช้ใบมันแห้งเป็นแหล่งโปรตีนเสริมได้รับวันละ 2.07 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 97.6 และ 99 ของ NRC ตามลำดับ แต่กลุ่มที่ใช้ใบมันหมักเสริมได้รับโปรตีน 2.13 กิโลกรัมต่อวันคิดเป็นร้อยละ 101.9 ของ NRC ตามลำดับ ทั้งนี้เพราะอาหารหยาบที่ผสมใบมันหมักมีโปรตีนและพลังงานมากกว่าที่ผสมใบมันแห้งดังตาราง 4.10 อย่างไรก็ตามถ้าโคในกลุ่ม 1 และกลุ่ม 2 สามารถกินอาหารหยาบผสมได้หมดตามปริมาณที่ให้แล้วน่าจะได้รับโปรตีนเท่ากับระดับที่ NRC กำหนด ในส่วนของพลังงานนั้น โคทุกกลุ่มได้รับพลังงานในรูป TDN มากกว่าระดับที่ NRC กำหนด 10.08% ซึ่งนฤมล (2544) พบว่าการเพิ่มระดับ TDN ในอาหารผสมมีผลทำให้โคกินอาหารได้ขึ้น และในการทดลองนี้ก็พบว่า การที่โคกินใบมันหมักได้รับโปรตีนและพลังงานมากกว่า ส่งผลให้โคมีการเพิ่มน้ำหนักวันละ 200 กรัม ในขณะที่อีก 2 กลุ่มมีการสูญเสียน้ำหนักวันละ 80 - 450 กรัม (ตาราง 4.12) เพราะได้รับโปรตีนไม่เพียงพอ

ปริมาณน้ำนม ส่วนประกอบน้ำนมและต้นทุนการผลิต

ผลผลิตน้ำนมของโคกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบผสมทั้ง 3 สูตรดังตาราง 4.12 มีค่าไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 14.65 - 15.23 กิโลกรัมต่อวัน ทั้งนี้เพราะได้รับโปรตีนและพลังงานจากอาหารผสมแต่ละสูตรใกล้เคียงกัน สำหรับองค์ประกอบของน้ำนมพบว่าไขมันนมของโคกลุ่ม 1 ที่ได้รับอาหารหยาบผสมที่ใช้รำละเอียดและกากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนมีค่าเท่ากับ 5.21 ซึ่งมากกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบผสมที่ใช้ใบมันแห้ง (4.25%) และใบมันหมัก (4.54%) อย่างมีนัยสำคัญ ส่งผลให้น้ำนม 4%FCM ของโคในกลุ่มแรกมีแนวโน้มสูงกว่า 2 กลุ่มหลัง เนื่องจากการที่อาหารมีไขมันสูงกว่าจะมีสารตั้งต้นในการใช้สังเคราะห์ไขมันมากกว่า ส่งผลให้ไขมันนมสูงขึ้น (Webster, 1993) การที่ใบมันหมักมีส่วนทำให้ไขมันนมลดลงทั้งที่ในอาหารมี EE สูง น่าจะมีผลมาจากสารที่อยู่ในใบมันได้แก่ แทนนิน ที่พบว่ามีส่วนทำให้การย่อยได้ลดลง (Reed *et al*., 1982) ซึ่งอาจจะกระทบต่อการย่อยได้ของเยื่อใยด้วย จึงทำให้ acetate และ butyrate ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ไขมันในน้ำนมของโคที่กินอาหารสูตร 2 และ 3 มีค่าต่ำกว่า สูตร 1 ที่ไม่มีแทนนินอยู่ แต่เนื่องจากการทดลองนี้ไม่ได้วางแผนในการวัดอิทธิพลดังกล่าวจึงไม่สามารถวิจารณ์ในรายละเอียดได้ ดังนั้นจึงน่าจะมีการทดลองเกี่ยวกับเรื่องนี้ต่อไป อย่างไรก็ตาม ไขมันนมของโคกลุ่มที่ใช้ใบมันหมักและใบมันแห้งเป็นแหล่งโปรตีนเสริมในอาหารหยาบผสม อยู่ในช่วง 4.25 - 4.54 ซึ่งเป็นระดับปกติของโคลูกผสมขาวดำที่ให้นมในระยะนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.12 ปริมาณ และองค์ประกอบน้ำนมเฉลี่ยของโคที่กินอาหารทั้ง 3 สูตร

Table 4.12 Milk production and milk composition of cows fed 3 different rations

	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)[1/]	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)

[1/] 4% FCM = 0.4 (milk production) + 15 (milk fat)

ส่วนประกอบอื่นๆ ของน้ำนม 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 น้ำตาลนมและของแข็งในน้ำนมต่อวันนั้น ไม่มีความแตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ต้นทุนการผลิตน้ำนมและกำไรหลังจากหักค่าอาหารของโคกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารหยาบผสมทั้ง 3สูตร แสดงในตาราง 4.13 พบว่าต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำนม 1 กิโลกรัม ของกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสูตร 2 ที่ใช้ใบมันสำปะหลังแห้งมีค่าต่ำที่สุด (4.80 บาทต่อน้ำนม 1 กิโลกรัม) เนื่องจากใบมันสำปะหลังแห้งมีราคาถูก แต่เมื่อคิดเป็นน้ำนม 4% FCM 1 กิโลกรัมพบว่ากลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสูตร 1 มีค่าต่ำที่สุด (4.37 บาทต่อน้ำนม 1 กิโลกรัม) ทำให้กำไรต่อน้ำนม 1 กิโลกรัมเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือมีค่ามากที่สุดในกลุ่มที่ใช้ใบมันสำปะหลังแห้ง แต่เมื่อคิดเป็นกำไรต่อน้ำนม 4%FCM 1 กิโลกรัม พบว่าสูงที่สุดในกลุ่มที่ใช้รำและกากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนเสริม

ตาราง 4.13 ค่าอาหารในการผลิตน้ำนม

Table 4.13 Feed cost and cost of milk production[1/]

	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)[2/]	7.40	7.70	7.54
Income over feed (baht/ 4% FCM)	8.13	7.88	7.84

[1/] Price (baht/kg):milk = 12.5 ; cassava hay = 2 ; cassava silage = 0.8 (fresh matter)

[2/] Income over feed (baht/kg milk) = $\frac{\text{[milk yield (kg/d) x milk price (baht/kg)] – feed cost}}{\text{Milk yield (kg/d)}}$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved