บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

การทดลองที่ 1 ศึกษาระยะเวลาการหมักที่มีผลต่อปริมาณเบต้าแคโรทีน มิโมซิน และคุณภาพของใบกระถินหมักที่อายุการหมักต่าง ๆ

◻ องค์ประกอบทางเคมีของกระถิน รำละเอียด และกระถินผสมรำละเอียดก่อนหมัก

วัตถุดิบที่ใช้ในการหมักกระถินแสดงไว้ในตาราง 4.1

ตาราง 4.1 องค์ประกอบทางเคมี ของใบกระถินสด รำละเอียด และใบกระถินผสมรำก่อนหมัก

Table 4.1 Chemical composition of fresh leucaena leaves (LL), rice bran (RB) and leucaena leaves mixed with rice bran (LL+RB) prior to the ensiling.

	DM	(%DM)								pH
		OM	CP	EE	Ash	NFC	NDF*	ADF*	ADL	
LL	30.49	92.01	23.50	3.08	7.99	26.29	39.14	23.70	8.67	6.03
RB	91.01	90.72	12.70	10.55	9.28	47.72	19.75	9.71	1.52	-
LL + RB	37.07	91.89	22.82	7.95	8.11	26.36	34.76	16.54	5.01	5.80

* ash free

จากตาราง 4.1 พบว่าใบกระถินสดที่ใช้ในการทดลองนี้มีคุณค่าทางโภชนะสูง เนื่องจากเป็นส่วนของใบที่รวมก้านใบเท่านั้น ไม่มีกิ่งที่เป็นสีน้ำตาลเจือปน เมื่อพิจารณาค่า CP พบว่าสูงกว่าของ Göhl (1975) แต่ต่ำกว่าที่ Cheva-Isarakul (1982) ได้รายงานไว้ คือ 21.0 และ 26.0 % ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก อายุ สัดส่วนของใบ กิ่งก้าน และฝักที่อาจปะปนมา ตลอดจนช่วงของฤดูกาลและสภาพการปลูกด้วย สำหรับ NDF และ ADF ใกล้เคียงกับที่ Halim (1992), Dalzell *et al.* (1998) และ El hassan *et al.* (2000) ได้รายงานไว้ คืออยู่ในช่วง 20.7-48.4 และ 19.2-23.6 % ตามลำดับ

ส่วนรำที่ใช้ในการทดลองนี้แม้จะเป็นรำละเอียดที่ไม่สกัดไขมัน แต่กลับมีส่วนของไขมันต่ำกว่าปกติ (ประมาณ 20%) อาจเป็นไปได้ที่มีการปลอมปนเนื่องจากรำที่ใช้ซื้อจากโรงสีข้าวขนาดเล็กที่มีอยู่ในท้องที่

□ ลักษณะทางกายภาพและเคมีของใบกระถินหมักที่เวลาต่างกัน

เมื่อประเมินคุณภาพของใบกระถินหมักที่อายุการเก็บต่าง ๆ โดยวิธีใช้ประสาทสัมผัส พบว่าคะแนนโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ที่มีคุณภาพดี ถึง ดีมาก (ตาราง 4.2) ไม่พบกลิ่นอับของเชื้อรา หรือกลิ่นเน่าเสีย อย่างไรก็ดีใบกระถินหมักมีกลิ่นหอมที่ต่างจากข้าวโพดหมัก หรือหญ้าหมักคุณภาพดี คือมีกลิ่นหอมของกรดแลคติกอ่อนมาก แต่มีกลิ่นหอมเนื่องจากรำที่ผสมอยู่ด้วย ชาวบ้านในแถบนั้นมีความเห็นว่าใบกระถินหมักมีกลิ่นคล้ายใบเมี่ยงที่ชนภาคเหนือนิยมเคี้ยวกัน

ใบกระถินหมักมีสีคล้ำกว่าพืชหมักคุณภาพดีอื่น ๆ คือ มีสีเขียว-น้ำตาล ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Watson and Nash (1960) ที่พบว่าในกระบวนการหมักจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีเขียว (chlorophyll) เนื่องจากการทำปฏิกิริยาของกรดอินทรีย์ให้อยู่ในรูปที่ไม่มีแมกนีเซียม เรียกว่า phaeophytin ซึ่งมีสีน้ำตาล โดยสารสีดังกล่าวมีในใบถั่วมากกว่าใบพืชตระกูลหญ้า ดังนั้นใบถั่วที่หมักแล้วจึงมีสีน้ำตาลเข้มกว่า แต่การเปลี่ยนแปลงของสารสีดังกล่าวจะเกิดมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ในการทำพืชหมัก เช่น ปริมาณออกซิเจนที่อยู่ภายในไซโล และความร้อนที่เกิดขึ้น เป็นต้น ซึ่งถ้ามีมากก็จะยิ่งทำให้มีสีน้ำตาลเข้มขึ้น เมื่อพิจารณาลักษณะโครงสร้างของใบกระถินหมักพบว่ามีลักษณะเหมาะสม คือ ไม่มีเมือกลื่น ไม่เปื่อยยุ่ย มีใบและก้านครบ ไม่ต่างจากก่อนหมัก ซึ่งเป็นลักษณะที่ต้องการ (บุญล้อม และคณะ, 2543) ส่วนเชื้อราพบเฉพาะผิวบนตรงบริเวณปากถุงเท่านั้น อาจมีผลเนื่องจากอากาศที่หลงเหลืออยู่ในถุงหมักระหว่างที่ทำการดูดอากาศออกและมัดปากถุง

ตาราง 4.2 ลักษณะทางกายภาพของใบกระถินหมักที่เก็บไว้เป็นระยะเวลาต่างกัน

Table 4.2 Physicsl characteristic of leucaena leaves silage being kept at different duration.

	Ensiling period (days)			
	21	51	81	111
Odor	11.06^{ab}	10.10^{a}	10.92^{a}	11.90^{b}
Color	2.00^{b}	1.68^{a}	1.92^{b}	1.96^{b}
Texture	3.40	3.06	3.60	3.82
Score	16.48^{b}	14.84^{a}	16.48^{b}	17.68^{b}

The value in row with different superscripts differ significantly ($p<0.05$)

Score: 16-20 = grade 1 (good - very good), 10-15 = grade 2 (fairy - good), 5-9 = grade 3 (fair), 0-4 = grade 4 (poor)

การประเมินโดยใช้ประสาทสัมผัส อาจได้ผลต่างกันไปบ้างเพราะขึ้นอยู่กับความเคยชิน ความละเอียดอ่อน และประสบการณ์ในการจำแนกลักษณะที่มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยออกจากกัน อย่างไรก็ตามการประเมินโดยวิธีนี้มีความสะดวกเนื่องจากไม่ต้องใช้อุปกรณ์ใดๆ ในการประเมิน

เมื่อนำตัวอย่างใบกระถินหมักที่สุ่มเก็บจากในถุง ที่ระยะเวลาต่าง ๆ มาวิเคราะห์ปริมาณกรดอินทรีย์ ได้แก่ กรดอะซิติก กรดบิวทีริก และกรดแลคติก ได้ผลดังตาราง 4.3

ตาราง 4.3 ปริมาณกรดอินทรีย์ และค่า pH ของใบกระถินที่หมักระยะเวลาต่างกัน

Table 4.3 Organic acid and pH of leucaena leaves silage at different ensiling period.

Ensiling period	pH	Acids (% of DM)			Acid (mEq/100 gDM)			Score
(days)		Acetic	Butyric	Lactic	Acetic	Butyric	Lactic	
21	4.5	2.00	0.00	6.86[a]	33.35	0.00	76.11[a]	94.00
51	4.4	2.10	0.00	7.62[a]	34.95	0.14	85.59[a]	92.10
81	4.4	2.79	0.00	9.65[b]	46.53	0.21	107.09[b]	84.80
111	4.4	2.88	0.00	8.09[a]	47.97	0.23	89.82[a]	85.30

The value in column with different superscripts differ significantly ($p<0.05$)

Score = 81-100 (very good), 61-80 (good), 41-60 (fair), < 40 (bad)

จากตาราง 4.3 จะเห็นได้ว่าใบกระถินที่หมักร่วมกับรำ 20% ของน้ำหนักสด มีค่าแลคติกค่อนข้างสูง ซึ่งบ่งบอกถึงลักษณะของพืชหมักคุณภาพดี ที่เป็นเช่นนั้นอาจเนื่องมาจากรำที่ผสมอยู่ด้วยเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่ายสำหรับจุลินทรีย์เพื่อใช้ในกระบวนการหมัก เพราะรำมีส่วนของเมล็ดข้าวหักซึ่งเป็นแป้งเจือปนอยู่ แม้ว่าจุลินทรีย์จะไม่สามารถนำส่วนของแป้งไปใช้ได้ดีเท่าน้ำตาล แต่จุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตกรดแลคติกก็สามารถย่อยสลายแป้งได้ถ้ามีน้ำตาลอยู่น้อย (McDonald *et al.*, 1991; Jaurena and Pichard, 2001)

เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาในการหมักพบว่าการหมักนาน 81 วัน ทำให้มีปริมาณกรดแลคติกสูงกว่าที่ 21, 51 และ 111 วัน อย่างมีนัยสำคัญ แต่เนื่องจากมีกรดบิวทีริคเจือปนเล็กน้อย ดังนั้นเมื่อนำมาประเมินคะแนนคุณภาพโดยรวม จึงได้ค่าไม่แตกต่างกัน คือ อยู่ในเกณฑ์ที่มีคุณภาพดีมาก แม้ว่าค่า pH จะสูงกว่าที่ McDonald *et al.* (1991) ได้กล่าวถึงพืชหมักที่มีคุณภาพดีว่าควรมี pH 3.7-4.2 และมีกรดแลคติกในปริมาณสูง คือ 8-12%DM ก็ตาม ที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากกระถินเป็นพืชตระกูลถั่วที่มีโปรตีนและสาร buffering capacity สูงจึงทำให้ pH ไม่ลดลงมาก อย่างไรก็ดีค่า pH และปริมาณกรดของใบกระถินหมักทุกระยะอยู่ในเกณฑ์ที่ Watson and Nash

(1960) และ Alberta (no date) ได้รายงานไว้ คือ พืชหมักคุณภาพดีที่มีค่าความชื้นประมาณ 65% หรือต่ำกว่า ควรมี pH ต่ำกว่า 4.8 มีกรดแลคติก 3-14 % DM และบิวทีริก ต่ำกว่า 0.2% DM แต่อย่างไรก็ดีจากรายงานของ Jaurena and Pichard (2001) ที่ศึกษาในถั่วลูเซิร์น หรือ อัลฟัลฟ่า ที่พบว่าหลังจากหมักร่วมกับเมล็ดข้าวโพดบด เป็นเวลา 47 วัน มีค่า pH เท่ากับ 4.4 มีปริมาณกรดแลคติก อะซิติก และบิวทีริก เท่ากับ 9.9, 2.3 และ 0.0 %DM ตามลำดับ ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกันกับที่ได้กล่าวมาแล้ว

ตาราง 4.4 แสดงถึงปริมาณวัตถุแห้ง และส่วนประกอบทางเคมีของใบกระถินที่ผสมรำ 20% และน้ำ 20 % ของนน.สด ทั้งก่อน และหลังจากหมักที่ 21, 51, 81 และ111 วัน พบว่าการสูญเสียของวัตถุแห้งที่ระยะเวลาต่าง ๆ กันอยู่ในช่วง 10.35-12.32 % ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ สอดคล้องกับรายงานของ McDonald *et al.* (1991) ที่แสดงให้เห็นถึงค่าการสูญเสียของพืชหมักที่เลี่ยงไม่ได้ อันเนื่องมาจากเอนไซม์ที่มีในพืช จุลินทรีย์ในกระบวนการหมัก และการเหี่ยวของพืชก่อนหมักอันเนื่องจากการเก็บเกี่ยว หรือเทคนิคการหมัก เท่ากับ 1-2, 2-4 และ 2-5 % ตามลำดับ

ตาราง 4.4 องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละของวัตถุแห้ง) และปริมาณวัตถุแห้งที่สูญเสียของใบกระถินที่หมักในระยะเวลาต่างกัน

Table 4.4 Composition (DM basis) and dry matter loss of leucaena leaves silage at various ensiling period.

	Ensiling period (days)				
	0	21	51	81	111
Dry matter	37.07	35.56	35.65	35.22	35.65
Dry matter loss (%)	-	10.35	10.92	11.69	12.32
Organic matter	91.89	91.93	91.75	91.57	91.66
Crude protein	22.82^{c}	22.29^{c}	21.56^{ab}	22.22^{bc}	21.49^{a}
Ether extract	7.95	8.03	8.22	7.76	8.02
Ash	8.11	8.07	8.43	8.25	8.34
Non fiber carbohydrate	26.36^{a}	28.80^{ab}	28.09^{ab}	30.60^{b}	28.47^{ab}
Neutral detergent fiber*	34.76^{b}	32.81^{ab}	33.70^{ab}	31.18^{a}	33.68^{ab}
Acid detergent fiber*	16.54^{a}	18.45^{b}	18.37^{b}	18.84^{b}	19.02^{b}
Hemicellulose	18.22^{b}	14.36^{a}	15.33^{ab}	12.34^{a}	14.65^{a}
Cellulose	11.53	11.87	11.86	12.22	12.11
Lignin	5.01^{a}	6.59^{b}	6.51^{b}	6.63^{b}	6.91^{b}

The value in row with different superscripts differ significantly ($p<0.05$), * ash free

เมื่อพิจารณาค่าโปรตีน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทั้งก่อนและหลังหมัก ยกเว้นที่ 111 วันมีค่าต่ำกว่าก่อนหมัก สาเหตุที่มีการสูญเสียของโปรตีนน้อยมาก อาจเนื่องมาจากกระบวนการหมักอยู่ในสภาพดี มีออกซิเจนในถุงพืชหมักน้อยมากหรือไม่มีเลย เพราะมีการดูดอากาศออกด้วยเครื่องปั๊มสุญญากาศ ประกอบกับพืชที่นำมาหมักมีความชื้นไม่สูงมาก คือ 63% และในระหว่างการหมักมีความร้อนไม่สูงเกินไป ทำให้มีการสูญเสียของวัตถุแห้งและโภชนะน้อย (Aberta, no date; Watson and Nash, 1960; McDonald *et al.*, 1991; Mahanna, 1993)

เหตุผลอีกประการหนึ่งที่ทำให้มีการสูญเสียโปรตีนน้อย อาจเนื่องมาจากในใบกระถินเองมีสารแทนนินชนิด condensed tannin ประมาณ 4-6 % DM (Balogun *et al.*, 1998) ซึ่งสารดังกล่าวจะจับกับโปรตีน ช่วยให้ถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์หรือจุลินทรีย์ได้น้อยลง (Albrecht and Muck, 1991; Salawu *et al.*, 1999) อีกทั้งมีรายงานว่าในรำข้าวมีสารที่เป็น trypsin inhibitor ซึ่งมีผลยับยั้งการย่อยสลายของโปรตีน โดยสารนี้มีในส่วนของคัพภะ 85-90% รำที่ไม่มีจมูกข้าว 5-10% ส่วนในข้าวที่ขัดขาวมีน้อยกว่า 1 % (Juliano, 1985)

ส่วนของเถ้า และไขมัน ในใบกระถินซึ่งหมักเป็นระยะเวลาต่างกัน พบว่าเกือบจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลย เนื่องจากในกระบวนการหมักเถ้าซึ่งเป็นส่วนของแร่ธาตุมักจะเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างแต่ไม่มีการสูญหายนอกจากจะถูกชะล้าง เช่นเดียวกับไขมันที่มีส่วนเกี่ยวข้องน้อยมากในกระบวนการหมัก อาจมีการลดลงบ้างเนื่องจากถูกละลายโดยกรดอินทรีย์ และสูญเสียไปกับส่วนของน้ำที่ไหลออกจากพืชหมัก (seepage) แต่ในการทดลองนี้ไม่พบส่วนดังกล่าวเนื่องจากใบกระถินมีความชื้นต่ำกว่า 65%

สำหรับปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใยพบว่ามีสูงกว่าก่อนหมักเล็กน้อยโดยค่าที่ได้จากการหมักที่ระยะ 81 วัน สูงกว่าระยะก่อนหมักอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากค่าดังกล่าวเป็นค่าที่ได้จากการคำนวณ ดังสูตร NFC = 100 - (CP + EE + Ash + NDF) หากค่าที่เกี่ยวข้องมีการเปลี่ยนแปลงย่อมส่งผลให้ค่าของ NFC มีการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกันซึ่งในการทดลองนี้พบว่า CP และ NDF มีค่าลดลงจึงทำให้ NFC มีค่าเพิ่มขึ้น

Hemicellulose มีค่าลดลงหลังการหมักอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ในขณะที่ cellulose ไม่เปลี่ยนแปลงแต่ลิกนินกลับเพิ่มขึ้น ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับ Jaurena and Pichard (2001) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของถั่วอัลฟัลฟ่าก่อน และหลังหมัก (เฉลี่ยจากที่เสริมและไม่เสริมข้าวโพดบด หรือ ข้าวบาร์เลย์) พบว่าวัตถุแห้ง (25.7 vs 26.47%), cellulose (20.83 vs 26.47% DM) และลิกนิน (5.53 vs 5.60%DM) เพิ่มขึ้น ในขณะที่ hemicellulose มีค่าลดลง (36.70 vs 34.43%DM)

ปริมาณเบต้าแคโรทีน และมิโมซินที่เปลี่ยนไปในใบกระถินหมัก

เบต้าแคโรทีนในการทดลองนี้พบว่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญหลังการหมักดัง ตาราง 4.5 สาเหตุดังกล่าวยังไม่มีคำอธิบายที่แน่ชัด แต่มีบางรายงานที่ให้ผลเช่นเดียวกัน เช่น Peterson *et al.*, 1935; cited by Watson and Nash, 1960) พบว่าถั่วอัลฟัลฟ่าที่เสริมกรด ก่อนหมักมีแคโรทีนเท่ากับ 129 และ 57 หลังหมักเพิ่มขึ้นเป็น 139 และ 78-83 mg% DM ซึ่งต่างจาก Hellberg (1945; cited by Watson and Nash, 1960) ที่รายงานว่า แคโรทีนจะมีการสูญเสียเนื่องจากกระบวนการออกซิเดชั่นในระหว่างการหมัก เท่ากับ 11-75% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณออกซิเจน และความร้อนที่เกิดในพืชหมัก แต่สาเหตุของการเพิ่มขึ้นนั้นสันนิษฐานว่าน่าจะมีผลมาจากกรดที่เกิดขึ้นในกระบวนการหมักซึ่งเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์สารแคโรทีนอยด์ เพราะสารตั้งต้นในกระบวนการสังเคราะห์สารสีต่าง ๆ คือ acetyl-CoA ที่ได้มาจากไพรูเวต หรือจากกระบวนการเบต้าออกซิเดชั่น (β-oxidation) ของกรดไขมัน (Bauernfeind, 1972) ซึ่งในการหมักมีการเปลี่ยนน้ำตาลและ/หรือแป้งโดยจุลินทรีย์ให้เป็นไพรูเวตและกรดอินทรีย์อยู่แล้ว ดังนั้นจึงอาจเปลี่ยนเป็น acetyl-CoA และสารสี เช่น เบต้าแคโรทีนได้ ซึ่งเรื่องนี้คงต้องมีการศึกษาต่อไป

ส่วนปริมาณสารมิโมซินก่อน และหลังการหมัก พบว่าการหมักสามารถลดปริมาณมิโมซินลงได้ 91-93 % ส่วนระยะเวลาในการหมักไม่มีผลต่อระดับมิโมซิน สอดคล้องกับรายงานของ Hongo *et al.* (1986) และ Sunagawa *et al.* (1989) ที่พบว่าการหมักกระถินด้วยการใช้สารเสริม หรือไม่ใช้ ทำให้มิโมซินลดลงได้มากกว่า 90 % หลังจากหมักได้ 7 วัน แสดงว่าการหมักกระถินเป็นทางเลือกที่น่าสนใจมากในการใช้ถนอมใบกระถินเป็นอาหารสัตว์ เพราะสามารถลดปริมาณมิโมซินลงได้อย่างดียิ่ง

ตาราง 4.5 เบต้าแคโรทีน และมิโมซินที่เปลี่ยนแปลงไปในใบกระถินที่หมักในระยะเวลาต่างกัน

Table 4.5 β-carotene and mimosine content of leucaena leaves silage being ensiled at different duration.

Ensiling period	β-carotene		Mimosine	
(days)	mg/kgDM	% increment	%DM	% lost
0	88.50^{a}	0	1.79^{b}	0
21	99.92^{ab}	12.90	0.13^{a}	92.74
51	116.29^{bc}	31.40	0.14^{a}	92.18
81	120.28^{c}	35.91	0.16^{a}	91.06
111	105.21^{abc}	18.88	0.12^{a}	93.30

The value in the same colume with different superscripts differ significantly ($p<0.05$)

เมื่อนำใบกระถินสดมาลดปริมาณสารมิโมซินโดยการตากแห้ง และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 ^{0}C นาน 36 ชั่วโมง เพื่อเปรียบเทียบกับการหมักที่ 21 หรือ 90 วัน ได้ผลดังตาราง 4.6 จะเห็นได้ว่าสารมิโมซินในใบกระถินสดมีปริมาณ 1.26 %ของวัตถุแห้ง การตากแห้งทำให้มิโมซินลดลงเพียง 9.81% ซึ่งให้ผลการลดลงได้ต่ำเช่นเดียวกับรายงานของ สุวรรณา (2527) ที่พบว่าการตากแห้งช่วยลดมิโมซินลงได้ 14.5% ในขณะที่ ไพโชค (2526) รายงานว่าลดได้ถึง 51.1% Wee and Wang (1987) ได้นำตัวอย่างใบกระถินในประเทศไทย มาตาก 2 วันจนแห้ง แล้วบดด้วยโกร่ง (pestle and mortar) พบว่ามีโมซินลดลง 46.0% (จาก 5.56 เป็น 3.00 %ของวัตถุแห้ง)

ตาราง 4.6 ปริมาณสารมิโมซินในใบกระถินที่ผ่านกระบวนการต่าง ๆ

Table 4.6 Mimosine content of LL being subjected to different treatments.

	Leucaena leaves[1/]			Leucaena leaves with rice bran 20%[2/]		
	Fresh	Sundried	Ovendried	Initial	Fermented 21 day	Fermented 90 day
Dry matter (%)	30.88	-	-	36.11	35.56	35.22
Mimosine (% DM)	1.26	1.14	0.96	1.79	0.13	0.16
Mimosine reduction (%)	0	9.52	23.81	0	92.74	91.06

1/ and 2/ are from different experiments

สาเหตุที่มิโมซินลดลงต่างกัน อาจเนื่องมาจากกระบวนการก่อนตาก เช่น การหั่น วิธีการหั่น และขนาดชิ้น เป็นต้น ทั้งนี้เพราะการหั่น หรือการทำให้เซลล์พืชแตกออกอาจช่วยให้เอนไซม์เข้าย่อยสลายสารมิโมซินได้ง่ายขึ้น หรือในทางตรงกันข้ามแดดที่แรงจัดเกินไปอาจมีผลทำให้เอนไซม์เสียสภาพได้เร็วขึ้น (Lowry *et al.*, 1983; Wee and Wang, 1987) ส่วนการอบแห้งที่ 60^{0}C มีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ Wood and Cater (1983) ที่พบว่าเมื่อนำส่วนของใบหลังตากแห้งไปอบแห้งที่ 60^{0}C นาน 2.5 ชม. ช่วยลดมิโมซินจาก 3.2 เป็น 2.5 % หรือลดลง 22%

สำหรับใบกระถินก่อนหมักมีมิโมซิน 1.79% ซึ่งสูงกว่าใบกระถินสดเพราะเป็นกระถินคนละชุดกัน โดยปริมาณดังกล่าวนี้อยู่ในช่วงที่ ไพโชค (2526), วิสุทธิ์ (2530) และ Vearasilp *et al.* (1981) ได้รายงานไว้ การหมักที่ 21 วัน หรือ 90 วัน ทำให้ปริมาณมิโมซินลดลงเกือบหมด (>90%) ซึ่งมากกว่าการตากแห้งและการอบ ใกล้เคียงกับรายงานของ Hongo *et al.* (1986) ที่พบว่าการหมักกระถินด้วยการใช้สารเสริม หรือไม่ใช้ ทำให้มิโมซินลดลงได้มากกว่า 90 % หลังจากหมักได้ 7 วัน

การทดลองที่ 2 ประเมินค่าพลังงาน และการย่อยได้ของใบกระถินหมัก

ในการทดลองที่ 2 นี้ ทำการศึกษาทั้งในตัวสัตว์โดยตรง (*in vivo*) โดยวิธี total collection และประเมินทางห้องปฏิบัติการ โดยวิธีถุงไนล่อน (*in sacco* nylon bag technique) และวิธีการวัดแก๊ส (gas production technique)

□ **ค่าการย่อยได้ของโภชนะและค่าพลังงานของใบกระถินหมัก โดยวิธี *In vivo***

จากตาราง 4.7 จะเห็นได้ว่าใบกระถินหมักมีโปรตีน และไขมันสูง เนื่องจากกระถินเป็นพืชตระกูลถั่ว ประกอบกับในการหมักได้ผสมรำละเอียดในปริมาณ 20% ของน้ำหนักกระถินสด จึงมีผลให้ใบกระถินหมักมีโภชนะสูงกว่าพืชอาหารหยาบทั่ว ๆ ไป นอกจากนี้ในใบกระถินหมักยังมีส่วนของ NDF และ ADF เท่ากับ 30.92 และ 16.92% ซึ่งนับว่าต่ำกว่าอาหารหยาบโดยทั่วไป เช่นหญ้ารูซี่หมัก เป็นต้น (สมสุข, 2544)

ตาราง 4.7 องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละของวัตถุแห้ง) ของใบกระถินหมัก

Table 4.7 Chemical composition (%DM basis) of leucaena leaves silage

DM	OM	CP	EE	Ash	NDF[1/]	NFC	ADF[1/]	ADL	GE[2/]	pH
35.22	91.70	22.23	7.71	8.30	30.92	30.84	16.92	6.34	5.06	4.34

1/ ash free; 2/ unit = kcal/g

ตาราง 4.8 ปริมาณวัตถุแห้งของใบกระถินหมักที่โคนมแห้งไม่อุ้มท้องกินได้

Table 4.8 Leucaena silage dry matter intake of nonpregnant dry cows.

	g/day	% BW	g /kg $BW^{0.75}$
Leucaena silage	7021.99 ± 44.03	1.47 ± 0.12	68.83 ± 3.99

จากการให้โคกินใบกระถินหมักเป็นอาหารเดี่ยว ได้ค่าดังตาราง 4.8 อย่างไรก็ดีปริมาณวัตถุแห้งที่โคกินได้ในการทดลองนี้ไม่ได้วัดจากการให้กินอย่างเต็มที่ (*ad libitum*) แต่วัดจากปริมาณที่ให้กินอย่างจำกัด คือคิดเป็นวัตถุแห้งประมาณ 1.5%ของน้ำหนักตัว ทั้งนี้เนื่องจากใบกระถินหมักมีส่วนประกอบทางเคมีต่างจากพืชอาหารหยาบอื่นทั่วไป คือมีโภชนะค่อนไปทางอาหารข้น อีกทั้งยังมีส่วนของ NDF และ ADF เท่ากับ 30.92 และ 16.92% ซึ่งเป็นปริมาณต่ำกว่าที่ NRC (1988) แนะนำให้มีในสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงโคนมแห้ง คือ 35 และ 27 % ตามลำดับ ประกอบกับกระถินเป็นพืชตระกูลถั่วซึ่งมีความชื้นน้ำสูงการให้กินอย่างเต็มที่อาจทำให้สัตว์เกิดอาการท้องอืด (bloat) ได้ง่าย ซึ่งในทางปฏิบัติย่อมไม่ให้ใบกระถินหมักเป็นอาหารเดี่ยวแก่สัตว์อยู่

แล้ว เพราะมีโภชนะ เช่น โปรตีน และพลังงานสูงเกินความต้องการของสัตว์ ดังนั้นจึงได้จำกัดปริมาณใบกระถินหมักที่ให้โคกินดังได้กล่าวมาแล้ว อย่างไรก็ดีปริมาณวัตถุแห้งที่โคกินได้ในการทดลองนี้ต่ำกว่าของแกะที่กินใบกระถินแห้ง (2.3%BW) ซึ่ง Cheva-Isarakul (1982) ได้รายงานไว้ที่เป็นเช่นนี้นอกจากเหตุผลเรื่องการจำกัดปริมาณอาหารดังกล่าวข้างต้นแล้ว ยังอาจเนื่องมาจากชนิดของสัตว์ที่มักพบว่าแกะกินอาหารได้มากกว่าโค ดังรายงานของ บุญล้อมและคณะ (2542) ที่ทดลองในฟางข้าว ไกรสิทธิ์ และคณะ (2543) ในต้นอ้อยแห้ง บุญเสริมและคณะ (2543) ในต้นถั่วเหลืองติดฝักแห้ง นอกจากนี้ยังอาจเนื่องจากความเป็นกรดและปริมาณความชื้นในอาหารด้วย บุญล้อมและทิพย์วรรณ (2531) ได้สรุปจาก 3 การทดลองว่าปริมาณวัตถุแห้งของเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนที่แกะกินได้ในรูปของพืชแห้งจะสูงกว่าพืชสด และพืชหมัก คือ 2.7 vs 1.6 และ 1.2 % ของน้ำหนักตัว ตามลำดับ สอดคล้องกับรายงานของ Verbič *et al.* (1999) ที่พบว่าแกะกินหญ้า meadow ตากแห้งได้สูงกว่าหญ้าหมัก (1.15 vs 1.33 kgDM/h/d)

โคสามารถกินใบกระถินหมักคิดเป็นน้ำหนักแห้งประมาณ 1.47%ของน้ำหนักตัว ได้ด้วยความปลอดภัยโดยไม่แสดงอาการเป็นพิษจากมิโมซิน ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจากมิโมซินส่วนใหญ่ได้ถูกทำลายลงด้วยกระบวนการหมัก (Hongo *et al.*, 1986) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่ 1

หลังจากให้โคกินใบกระถินที่หมักร่วมกับรำข้าวเป็นอาหารเดี่ยวโดยมีแร่ธาตุให้เลียกินได้ตลอดเวลา พบว่ามีค่าการย่อยได้ของโภชนะต่าง ๆ และพลังงานในรูป TDN ตลอดจนสมดุลไนโตรเจน ดังแสดงในตาราง 4.9

ตาราง 4.9 ค่าการย่อยได้ พลังงาน และสมดุลไนโตรเจนของโคที่กินใบกระถินหมักเป็นอาหารเดี่ยว

Table 4.9 Nutrient digestibility, energy values and nitrogen balance of cows fed leucaena silage as a sole diet. (n = 4)

	DM	OM	CP	EE	NFC	NDF	TDN	DE	N-balance
	---------- % ----------							Mcal/kgDM	g/day
Average	56.49	60.20	52.46	70.18	98.56	25.91	62.27	2.98	60.58
SD	*0.52*	*0.53*	*1.89*	*0.77*	*0.81*	*1.29*	*0.33*	*0.11*	*16.87*
CV	*0.92*	*0.88*	*3.61*	*1.10*	*0.82*	*5.00*	*0.54*	*3.81*	*27.85*

ตาราง 4.9 พบว่าค่าการย่อยได้ของโปรตีน (52.46%) และ TDN (62.27%) แตกต่างจากที่ Sunagawa *et al.* (1989) ได้ทดลองให้แกะกินกระถินหมักอัดเม็ด (leucaena-silage pellets) เท่ากับ 64.86 และ 55.94 % ตามลำดับ ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจาก Sunagawa *et al.* (1989) ได้นำ

กระถินที่หมักแล้วมาอัดเม็ดอีกครั้งจึงอาจทำให้เซลล์พืชบางส่วนแตกออก ช่วยให้โปรตีนถูกย่อยได้ดีขึ้น ส่วนค่า TDN ในการทดลองนี้สูงกว่า เนื่องจากมีการเสริมรำ ซึ่งรำมีไขมันสูง

แม้ว่าค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ และโปรตีน ของใบกระถินหมักมีค่าต่ำกว่าใบกระถินแห้งที่ Cheva-Isarakul (1982) ได้ศึกษาในแกะ คือ 64.1, 68.9 และ 64.8 % ตามลำดับ แต่การย่อยได้ของวัตถุแห้งในใบกระถินหมักก็อยู่ในช่วงปกติของพืชตระกูลถั่ว คือ 50-70% (Sethi and Kulkarni, no date) ส่วนการที่ค่าการย่อยได้ของโปรตีนในใบกระถินหมักต่ำกว่ากระถินแห้งนั้นอาจเนื่องมาจากบางส่วนของโปรตีนถูกย่อยสลายให้กลายเป็นกรดอะมิโนอิสระ แอมโมเนียไนโตรเจน และอะมีน เป็นต้น ซึ่งอยู่ในรูปที่ใช้ประโยชน์ไม่ได้ (Alberta, no date; McDonald *et al*, 1991) สอดคล้องกับที่ Watson and Smith (1956) ได้รายงานว่าค่าการย่อยได้ของโปรตีนในพืชตระกูลถั่วหลังการหมักจะลดลงจากเดิม 18 %

ค่าพลังงานย่อยได้ที่วัดโดยตรงในตัวสัตว์ของใบกระถินหมักสูงกว่าถั่วอัลฟัลฟ่าหมักซึ่งเป็นถั่วคุณภาพดีในเขตหนาวเล็กน้อย (2.86 vs 2.78 Mcal/kg; NRC, 1988) ทั้งนี้อาจมีผลมาจากรำที่ผสมอยู่ เพราะรำมีไขมันซึ่งเป็นโภชนะที่ให้พลังงานสูงกว่าคาร์โบไฮเดรตถึง 2.5 เท่า

สมดุลไนโตรเจนของโคนมแห้งแต่ไม่อุ้มท้องที่กินใบกระถินหมักเป็นอาหารเดี่ยว มีค่า +60.58 กรัม/วัน ซึ่งนับว่าสูงมาก ทั้งนี้เพราะโคนมที่มีน้ำหนัก 450-500 กก. ต้องการปริมาณโปรตีนเพื่อใช้ในการดำรงชีพเพียง 341-364 กรัมต่อวัน เท่านั้น (NRC, 1988) แต่ในงานทดลองนี้โคกินใบกระถินหมักที่มีโปรตีน 22.23 % คิดเป็นปริมาณวัตถุแห้งได้เท่ากับ 7021.99 กรัมต่อวัน หรือเท่ากับโปรตีน 1560.99 กรัมต่อวัน ซึ่งสูงเกินกว่าความต้องการถึง 4.5 เท่า จึงมีผลทำให้ค่าสมดุลไนโตรเจนเป็นบวกอย่างมาก

เมื่อนำค่าการย่อยได้ของ TDN และ DE มาหาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นม (NEL) ของใบกระถินหมัก (ตาราง 4.10) พบว่ามีค่าสูงกว่าของอัลฟัลฟ่าหมัก คือ 2.86 vs 2.78, 2.44 vs 2.36 และ 1.47 vs 1.42 Mcal/kg ตามลำดับ (NRC, 1988) อาจมีผลมาจากค่า EE ของใบกระถินหมักที่สูงกว่าอัลฟัลฟ่าหมัก เมื่อเปรียบเทียบค่าพลังงานย่อยได้ (DE), พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) และพลังงานสุทธิ (NEL) ที่ได้จากสมการของ NRC (1988) โดยใช้ค่า TDN และ DE มาเปรียบเทียบกัน พบว่าค่าต่าง ๆ ใกล้เคียงกันแต่ค่าที่ได้จากการนำ DE มาคำนวณมีค่าสูงกว่าที่คำนวณจากค่า TDN สอดคล้องกับรายงานของ ไกรสิทธิ์ และคณะ (2543) รายงานของบุญเสริมและคณะ (2543) และ สมสุข (2544)

ตาราง 4.10 พลังงานย่อยได้ (DE) พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นม (NEL) ที่ คำนวณจาก TDN เทียบกับที่คำนวณจากค่าพลังงานย่อยได้จากตัวสัตว์

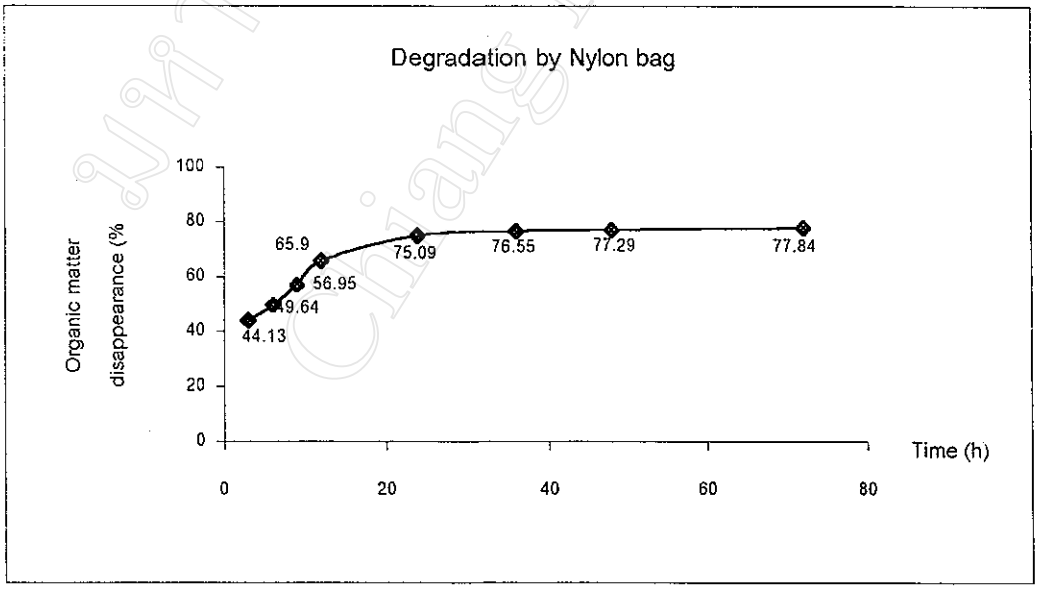
Table 4.10 Digestible energy, metabolizable energy and net energy for lactation calculated from TDN vs from *in vivo* DE.

	Calculated from		Average
	TDN	DE	
TDN (%)	62.27*	-	-
DE (Mcal/kgDM)	2.75	2.98*	2.86
ME (Mcal/kgDM)	2.32	2.56	2.44
NEL (Mcal/kgDM)	1.41	1.54	1.48

*From *in vivo*

❑ ประเมินการย่อยได้โดยวิธีถุงไนล่อน (*in sacco*)

เมื่อนำตัวอย่างใบกระถินหมักไปหาค่าการย่อยสลายโดยวิธีใช้ถุงไนล่อน พบว่าค่าวัตถุแห้งของใบกระถินหมักมีการย่อยสลายได้รวดเร็วในชั่วโมง ที่ 3-12 หลังจากนั้นการย่อยสลายเป็นไปอย่างช้า ๆ และค่อนข้างคงที่หลังชั่วโมงที่ 24 เป็นต้นไป ดังภาพ 4.1



ภาพ 4.1 การย่อยสลายของวัตถุแห้งที่ ชั่วโมงต่าง ๆ ของใบกระถินหมัก

Figure 4.1 Dry matter disappearance (%) of leucaena silage at various incubation time

ตาราง 4.11 ค่าการย่อยสลายวัตถุแห้งของใบกระถินหมัก ที่วัดโดยวิธี Nylon bag

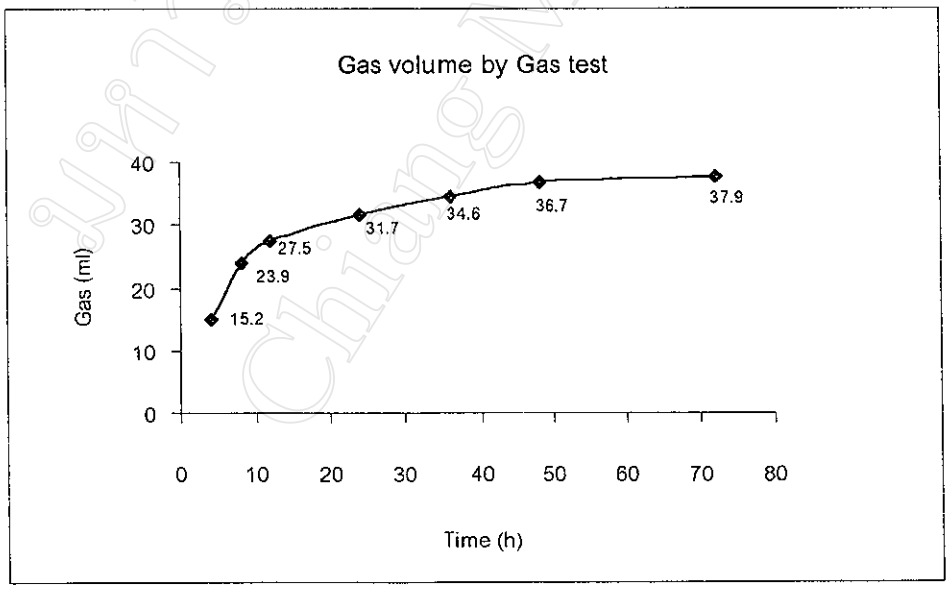
Table 4.11 Degradation characteristic of leucaena silage incubated *in sacco*.

a	b	c	L	A	B	A+B
---------- % ----------		% / h	h	---------- % ----------		
30.1	48.1	0.100	3.0	42.6	35.5	78.2

เมื่อนำค่าการย่อยสลายที่ชั่วโมงต่าง ๆ มาคำนวณตามสมการ NEWAY ได้ค่าดังตาราง 4.11 พบว่าส่วนที่ละลายได้ (A) มีค่าใกล้เคียงกับถั่วอัลฟัลฟ่า และกระถินแห้ง ที่ El hassan *et al.* (2000) ได้ศึกษาไว้ด้วยวิธีเดียวกัน คือ 42.0 และ 43.5 % ตามลำดับ ส่วนค่าการย่อยได้ของส่วนที่ไม่ละลายแต่สามารถหมักย่อยได้ (B) และค่าการย่อยสลายได้ทั้งหมด (A+B) มีค่าใกล้เคียงกับอัลฟัลฟ่า คือ 35.7 และ 77.7 % แต่ต่ำกว่ากระถินแห้ง คือ 42.5 และ 86.0 % นอกจากนี้ อัตราการย่อยสลาย (c) พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับอัลฟัลฟ่า แต่เร็วกว่ากระถินแห้ง คือ 0.105 และ 0.036 %/h ตามลำดับ

□ **ประเมินค่าพลังงานโดยวิธีวัดปริมาตรแก๊ส** (Gas production technique)

เมื่อนำใบกระถินหมักมาทดสอบโดยวิธีวัดปริมาตรแก๊ส ได้ผลดังภาพ 4.2



ภาพ 4.2 ปริมาตรแก๊ส (มล./200มก.วัตถุแห้ง) ของใบกระถินหมัก

Figure 4.2 *In vitro* gas production (ml/200mgDM) of leucaena leaves silage.

จากปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น สามารถบ่งบอกการย่อยได้ของอินทรียวัตถุในตัวอย่างนั้นได้ พบว่าใบกระถินหมักมีปริมาณแก๊สสูงและเกิดได้เร็วในชั่วโมงต้น ๆ หลังจากนั้นจะเกิดขึ้นช้าลง ที่เป็นเช่นนี้อาจมีผลมาจากใบกระถินหมักมีทั้งโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตสูง (ตาราง 4.7) เพียงพอที่จุลินทรีย์พวก amylolytic จะนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้อย่างรวด แต่หลังจาก 20 ชั่วโมงขึ้นไปเกิดการย่อยได้ช้าลงซึ่งช่วงนี้เป็นการย่อยสลายส่วนของผนังเซลล์แม้ใบกระถินหมักจะมีส่วนของผนังเซลล์ต่ำแต่ก็ย่อยได้ยาก สอดคล้องกับค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์ (NDF) ในตัวสัตว์มีค่าต่ำ (25.91)

เมื่อนำค่าแก๊สที่ 24 ชั่วโมง ของใบกระถินหมักที่ปรับด้วยค่าแฟคเตอร์แล้วมาทำนายค่า OMD, ME และ NEL ตามสมการที่เสนอโดย Menke and Steingass (1988) ได้ผลดังตาราง 4.12

ตาราง 4.12 ค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ พลังงานใช้ประโยชน์ได้ และพลังงานสุทธิของใบกระถินหมักที่ทำนายจากค่าแก๊สซึ่งปรับแล้วที่ 24 ชั่วโมง

Table 4.12 OMD ME and NEL of leucaena silage predicted by the adjusted gas volume at 24 h.

Sample	Adjusted GP	OMD (%)			ME	NEL
	(ml)	(cow)	(gas)	Aver	(Mcal/kgDM)	
Leucaena silage	33.23	60.20	62.30	61.25	2.67	1.55

พบว่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุในใบกระถินหมักที่ทำนายโดยวิธีวัดปริมาตรแก๊สใกล้เคียงกับที่วัดจากตัวโค แสดงว่าการประเมินการย่อยได้ด้วยวิธีวัดปริมาตรแก๊สเป็นวิธีที่ค่อนข้างแม่นยำ สอดคล้องกับรายงานของ สมสุข (2544) ที่ศึกษาในหญ้ารูซี่หมัก (55.5 vs 59.27%) อย่างไรก็ดีการย่อยได้ของอินทรียวัตถุและพลังงานในรูป ME และ NEL ของใบกระถินหมักจากวิธีวัดปริมาตรแก๊สมีค่าสูงกว่าที่ศึกษาโดยตรงจากตัวสัตว์ ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากวิธีวัดปริมาตรแก๊สใช้ค่าโปรตีนมาคำนวณในสมการทำนายด้วย ซึ่งใบกระถินหมักมีค่าโปรตีนสูง จึงมีผลให้ค่าการย่อยได้และพลังงานที่ทำนายด้วยสมการมีค่าสูงกว่าที่ได้จากการย่อยได้จริง

เมื่อนำค่าแก๊สที่เกิดขึ้นที่ 24 ชั่วโมงที่ปรับแล้วของใบกระถินหมักมาเข้าสมการทำนายค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของสัตว์กระเพาะรวม ตามที่เสนอโดย MAFF (Ministry of Agriculture, Fisheries and Feeds) (1975; อ้างโดย Close and Menke, 1986) ดังนี้

$$MEr\ (kJ/kg) = 146\ GP + 7\ XP + 22.4\ XL + 1242 \quad (r = 0.97)$$

(MEr = metabolizable energy for ruminant, GP = gas production (24 hr from 200mgDM), XP, XL = crude protein, crude fat g/kgDM)

ซึ่งสมการนี้แนะนำให้ใช้ทำนายตัวอย่างที่มีค่า CP สูง พบว่าใบกระถินหมัก มีค่า MEr เท่ากับ 2.39 Mcal/kgDM ต่ำกว่าค่าที่ได้จากสมการของ Menke and Steingass (1988) แต่ใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณจาก TDN (62.27%) ซึ่งได้จากการย่อยได้ของตัวสัตว์โดยตรง คือ 2.32 Mcal/kg แสดงว่าในกรณีที่ทำการศึกษากับอาหารหยาบซึ่งมีโปรตีนสูง การใช้สมการของ MAFF น่าจะถูกต้องกว่า แต่เรื่องนี้ยังไม่สามารถสรุปได้แน่ชัด ควรต้องมีการศึกษากับตัวอย่างเป็นจำนวนมากเสียก่อน

เมื่อนำค่า พลังงานที่ประเมินได้จากทุกวิธีมาหาค่าเฉลี่ย ได้ค่าดังแสดงในตาราง 4.13

ตาราง 4.13 ยอดโภชนะย่อยได้ พลังงานย่อยได้ พลังงานใช้ประโยชน์ได้ และพลังงานสุทธิของใบกระถินหมักที่ทำนายโดยวิธีต่าง ๆ

Table 4.13 TDN, DE, ME and NEL of leucaena silage predicted by different methods.

	TDN	DE[1/]	ME (Mcal/kg DM)			NEL (Mcal/kg DM)		
	(%)	Mcal/kg DM	In vivo[2/]	Gas[3/]	Avg	In vivo[2/]	Gas	Avg
Leucaena silage	62.27	2.86	2.44	2.53	2.49	1.48	1.55	1.52

[1/] เฉลี่ยจากวิธีวัดโดยตรงและคำนวณจาก TDN [2/] เฉลี่ยจาก DE และTDN [3/] เฉลี่ยจากสมการ Menke and Steingass และ MAFF

เมื่อนำค่าพลังงานที่ศึกษาด้วยวิธีการต่าง ๆ ของใบกระถินหมักมาเปรียบเทียบกัน (ตาราง 4.14) พบว่า ME และ NEL ของใบกระถินหมักที่ได้จากการศึกษาในตัวสัตว์มีค่าใกล้เคียงกับที่ทำนายโดยวิธีวัดแก๊ส ซึ่งสอดคล้องกับสมสุข (2544) ที่ศึกษาในหญ้ารูซี่หมัก (1.87 vs 1.92 และ 1.16 vs 1.10 Mcal/kg DM) บุญเสริม (2544) ได้รวบรวมข้อมูลการศึกษาจากอาหารหยาบ 8 ชนิด พบว่าค่า ME และ NEL ซึ่งทำนายโดยวิธีวัดแก๊สมีสหสัมพันธ์กับการศึกษาในตัวสัตว์ โดยมีค่า r = 0.9064 และ 0.8780 ตามลำดับ เมื่อนำค่าที่วัดจากทั้ง 2 วิธีมาสร้างสมการถดถอย พบว่าได้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.8216 และ 0.7708 ตามลำดับ แสดงว่าสมการมีความแม่นยำค่อนข้างสูง อย่างไรก็ดีการนำค่าที่ศึกษาจากทั้ง 2 วิธีมาหาค่าเฉลี่ยน่าจะทำให้ได้ค่าที่ถูกต้องยิ่งขึ้น

□ ทดสอบค่าความเป็นกรด-ด่างของกระเพาะรูเมน

เมื่อนำน้ำจากกระเพาะรูเมนมาวัดด้วย pH meter ก่อนกินใบกระถินหมักในตอนเช้า (8.00 น.) และหลังจากกินทุก ๆ 2 ชั่วโมง จนถึงเวลา 16.00 น. เป็นเวลา 2 วัน ได้ค่าดังตาราง 4.14

ตาราง 4.14 ค่า pH ที่ระยะเวลาต่าง ๆ กันในกระเพาะรูเมนของโคที่กินใบกระถินหมักเป็นอาหารเดี่ยว

Table 4.14 Ruminal pH determined at various time of the day of cows consuming LS as a sole diet.

	Ruminal pH at various hours				
	8.00	10.00	12.00	14.00	16.00
pH (n =12)	6.9	6.8	6.7	6.8	6.8
SD	*± 0.19*	*± 0.16*	*± 0.20*	*± 0.11*	*± 0.12*

พบว่า pH ในกระเพาะรูเมนของโคที่กินใบกระถินหมักมีค่าเกือบคงที่ตลอดทั้งวัน และอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ทั้งประเภทที่ย่อยแป้งและเยื่อใย จึงไม่มีปัญหาต่อสุขภาพของสัตว์แต่อย่างใด ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจากใบกระถินหมักมีส่วนที่เป็นกิ่งก้านผสมอยู่บ้าง จึงมีส่วนช่วยให้โคมีการเคี้ยวเอื้องทำให้เกิดน้ำลายซึ่งเป็นสารบัฟเฟอร์ตามธรรมชาติ นอกจากนี้ในการให้ใบกระถินหมักแก่สัตว์ ยังได้ผสมสารโซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) ลงในอัตราส่วน 1% ของน้ำหนักสด ซึ่งสารดังกล่าวมีคุณสมบัติเป็นบัฟเฟอร์จึงช่วยต้านความเป็นกรดในกระเพาะรูเมน ทำให้มี pH ค่อนข้างสม่ำเสมอ

การทดลองที่ 3 ศึกษาผลการใช้ใบกระถินหมักทดแทนอาหารข้น เพื่อเลี้ยงโคนม

□ คุณภาพพืชหมักและองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร

สุ่มตัวอย่างพืชหมักที่ใช้เลี้ยงโคตลอดการทดลอง คือ ใบกระถินที่หมักร่วมกับรำละเอียดและน้ำในอัตราส่วน 20 และ 20% ของน้ำหนักกระถินสด หญ้ารูซี่ที่หมักร่วมกับกากน้ำตาล 5% ของน้ำหนักหญ้าสด มาวัดปริมาณกรดอินทรีย์ และค่าความเป็นกรด-ด่าง เพื่อประเมินคุณภาพเบื้องต้น ได้ค่าดังตาราง 4.15 พบว่าใบกระถินหมักมีคะแนนคุณภาพดีมาก และมีค่า pH 4.33 ซึ่งคุณภาพดังกล่าวให้ผลเช่นเดียวกับใบกระถินหมักที่ใช้ในการทดลองที่ 1 และ 2 แสดงว่าการหมักใบกระถินวิธีนี้เป็นวิธีที่เหมาะสม เพราะแม้จะกระทำต่างครั้งกันก็ตามหากมีการหมักและการบรรจุที่ดีก็สามารถถนอมใบกระถินให้มีคุณภาพใกล้เคียงกันได้ ส่วนคุณภาพของหญ้ารูซี่ที่หมักร่วมกับกากน้ำตาล 5% มีคุณภาพต่างจากรายงานของ สมสุข (2544) เล็กน้อยทั้งนี้อาจเนื่องจากเป็นหญ้าหมักคนละชุดกัน จึงอาจมีความแปรปรวนในด้านของคุณภาพหญ้าที่ใช้หมัก ประกอบกับการหมักในหลุมขนาดใหญ่มักได้คุณภาพแปรปรวนกว่า เนื่องจากความลำบากในการอัดให้แน่นเพื่อไล่อากาศออกจากหลุมหมัก อีกทั้งยังต้องใช้ระยะเวลานานในการปิดปากหลุม เป็นต้น

ตาราง 4.15 ปริมาณกรดอินทรีย์ และค่า pH ของใบกระถินหมัก และหญ้ารูซี่หมัก

Table 4.15 Organic acid and pH of leucaena silage and ruzi silage

	Organic acid (% of fresh basis)			Quality[1/]	pH
	Acetic acid	Butyric acid	Lactic acid	Score	
Leucaena silage	0.41	0.09	3.13	84.10	4.33
Ruzi silage	1.23	0.00	2.54	79.00	4.14

[1/]Score = 81-100 (very good), 61-80 (good), 41-60 (fair), < 40 (bad)

องค์ประกอบทางเคมีของใบกระถินหมัก หญ้ารูซี่หมัก หญ้ารูซี่แห้ง อาหารข้น และวัตถุดิบที่ใช้ในการประกอบสูตรอาหารข้น แสดงไว้ในตาราง 4.16 พบว่าผลรวมของโภชนะย่อยได้ (TDN) ของสูตรอาหารข้นมีค่าใกล้เคียงกับที่คำนวณไว้

ตาราง 4.16 องค์ประกอบทางเคมี (% ของวัตถุแห้ง)ของวัตถุดิบแต่ละชนิดที่ใช้ในการทดลอง

Table 4.16 Chemical composition (% of dry matter) of feedstuffs in feeding trial.

Composition	LS	RS	RH	Conc[1/]	RB	WCS	SB	GC
DM	34.07	26.08	89.29	88.39	89.72	88.56	88.38	87.61
CP	21.29	8.42	5.29	23.14	13.91	22.74	46.03	8.33
EE	7.46	2.68	1.93	9.09	20.33	19.14	2.82	5.39
Ash	7.96	7.97	6.54	4.81	10.40	4.23	7.06	1.50
NFC	25.00	18.24	14.28	35.59	25.68	4.29	25.04	74.81
NFE	-	-	54.29	-	49.80	28.51	36.35	82.54
CF	-	-	31.37	-	5.56	25.87	6.63	2.22
NDF*	38.30	62.70	71.97	23.04	29.70	49.61	19.06	10.07
ADF*	18.42	34.04	41.81	13.81	10.84	38.02	10.23	4.50
ADL	7.60	4.96	7.99	3.37	4.07	10.65	1.29	0.79
TDN	62.27[3/]	57.69[2/]	53.77	77.87	87.49	75.80	81.20	82.94

1/ คำนวณจากวัตถุดิบที่เป็นส่วนประกอบ 2/ สมสุข (2544) 3/ จากการทดลองที่ 2

* ash free

ตาราง 4.17 องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารข้น

Table 4.17 Chemical composition of concentrate.

Level of LS in concentrate mixture (DM basis)	0%	25%	50%
Level of LS in concentrate being substituted	0%	30%	60%
DM	88.39	63.00	50.14
CP (%DM)	23.14	21.00	20.37
EE (%DM)	9.09	8.01	7.57
NFC (%DM)	39.93	39.02	32.90
NDF[1/] (%DM)	23.04	29.03	32.47
ADF[1/] (%DM)	13.81	15.15	16.12
TDN (%DM)	77.88	71.09	67.42
DE* (Mcal/kg DM)	3.43	3.13	2.97
ME* (Mcal/kg DM)	3.02	2.72	2.55
NEL* (Mcal/kg DM)	1.79	1.62	1.53

1/ ash free; * คำนวณจากสมการของ NRC (1988) โดยใช้ค่า TDN

จากตาราง 4.17 ส่วนประกอบของสูตรอาหารข้นที่ใช้ในการทดลอง เมื่อใช้ใบกระถินหมักอัตรา 25 และ 50 %ของวัตถุแห้งในสูตรอาหารข้น หรือเทียบเท่าปริมาณที่ใช้ทดแทนอาหารข้น 30 และ 60 % ตามลำดับ พบว่าแม้มีการเสริมเมล็ดข้าวโพดในสูตรก็ตาม แต่สูตรที่ใช้ใบกระถินหมักก็ยังมีส่วนของโปรตีน ไขมัน NFC, TDN, พลังงานต่ำกว่า และมีส่วนของเยื่อใยสูงกว่า สูตรที่ไม่ใช้ใบกระถิน อย่างไรก็ตามสูตรอาหารทั้ง 3 สูตร นี้ เมื่อนำมาคำนวณหาปริมาณโภชนะที่โคได้รับต่อวันแล้ว พบว่ามีโภชนะที่เพียงพอสำหรับโคที่มีขนาดน้ำหนักตัว 500 กก. ให้ผลผลิตน้ำนม 17 กก./วัน มีไขมันนม 4.5% ตามที่ NRC (1988) แนะนำ และในความเป็นจริงโคไม่ได้กินเฉพาะอาหารข้นเท่านั้น ยังได้รับโภชนะบางส่วนจากอาหารหยาบด้วย ดังนั้นจึงเป็นที่แน่ใจได้ว่าโภชนะที่โคได้รับเพียงพอกับความต้องการ

◻ ปริมาณอาหารที่กินได้ และโภชนะที่โคได้รับ

ดังได้กล่าวมาแล้วว่าในการทดลองนี้ไม่สามารถให้อาหารหยาบแก่โคเป็นรายตัวได้เนื่องจากไม่มีคอกขังเดี่ยวพอ จึงต้องให้โคทั้ง 15 ตัวอยู่รวมภายในคอกเดียวกัน การวางแผนการทดลองแบบใช้โคสลับเพื่อลดจำนวนโคและจำนวนคอกนั้นไม่สามารถทำได้ เพราะเกรงว่าจำนวนวันการให้นมที่ไม่เท่ากันในแต่ละช่วงของการทดลองจะส่งผลให้การวัดปริมาณน้ำนมมีความคลาด

เคลื่อน อีกทั้งยังอาจทำให้โคเกิดความเครียด เนื่องจากเปลี่ยนจากคอกรวมที่เคยอยู่เดิมมาเป็นซองขังเดี่ยว ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการกินอาหาร และการให้ผลผลิตน้ำนมได้ ดังนั้นการคำนวณปริมาณอาหารหยาบที่โคกินจึงต้องเฉลี่ยจากการกินของโคทั้ง 15 ตัว ที่ได้เก็บข้อมูลไว้ในระยะปรับตัว จากข้อมูลดังกล่าวพบว่า โคกินอาหารหยาบ และอาหารข้นคิดเป็นวัตถุแห้งเฉลี่ยเท่ากับ 7.21 และ 7.57 กิโลกรัม/ตัว/วัน หรือคิดเป็นร้อยละ 2.96 %ของน้ำหนักตัว ดังนั้นเมื่อนำค่าวัตถุแห้งของอาหารข้นที่โคกินได้จริงในแต่ละวันที่คิดเป็นร้อยละของน้ำหนักตัว ไปหักลบจากค่า 2.96 ส่วนที่เหลือจะเป็นอาหารหยาบที่โคกินได้ ซึ่งเมื่อคำนวณเป็นน้ำหนักสด (ตามสภาพเลี้ยงจริง) แล้วได้ค่าดังแสดงใน ตาราง 4.18

ตาราง 4.18 ส่วนประกอบ และองค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมครบส่วนทั้ง 3 สูตร

Table 4.18 Component and chemical composition of the 3 total mixed rations.

Level of LS in concentrate mixture (DM basis)	0%	25%	50%
Level of LS in concentrate being substituted	0%	30%	60%
Composition (kg of fresh)			
Ruzi silage	18.20*	18.10*	17.52*
Ruzi hay	1.82*	1.81*	1.75*
Concentrate	8.86	6.18	3.54
Leucaena silage	0	6.43	12.57
Ground corn	0	1.20	1.78
$NaHCO_3$	0.09	0.14	0.18
Total (kg as fed)	28.97	33.86	37.34
Total (kg of DM)	14.25	15.04	15.10
Chemical composition (% DM)			
DM	49.02	44.42	40.44
CP	16.18	15.30	14.79
EE	6.13	5.81	5.56
NDF	41.89	42.06	43.09
ADF	23.77	23.19	23.17
NFC	29.74	30.62	30.07
TDN	68.37	67.03	65.37
ME (Mcal/kgDM)	2.59	2.53	2.46
Roughage : Concentrate	45 : 55	42 : 58	41 : 59

* คำนวณโดยหักลบปริมาณอาหารข้นที่กินได้จริงจากปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้เฉลี่ย 2.96% น้ำหนักตัว ที่บันทึกไว้ในระยะปรับตัว

เมื่อพิจารณาปริมาณการกินอาหารของโคแต่ละกลุ่ม พบว่ากลุ่มที่ 3 กินอาหารหยาบได้น้อยที่สุด แม้ว่าอาหารข้นจะมีโภชนะต่ำกว่าสูตรอื่นก็ตาม ทั้งนี้อาจมีผลมาจากอาหารข้นที่โคกลุ่มนี้กินมีส่วนของกระถินหมักถึง 50% จึงทำให้มีลักษณะฟ่าม กินเนื้อที่ในกระเพาะมากกว่าสูตรอื่น จึงมีผลต่อการกินได้ (Briceno *et al.*, 1987; Miller *et al.*, 1990; Varga *et al.*, 1998)

ปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้ของโคกลุ่มที่กินอาหารข้นอย่างเดียว (กลุ่มที่ 1) ต่ำกว่ากลุ่มที่กินอาหารข้นทดแทนด้วยใบกระถินทั้ง 2 สูตร (กลุ่มที่ 2 และ 3) จึงมีผลให้โคกลุ่มที่ 1 ได้รับโภชนะต่ำกว่ากลุ่มที่ 2 และ 3 ยกเว้นปริมาณโปรตีนที่โคกลุ่มที่ 1 ได้รับสูงกว่ากลุ่มที่ 3 แต่เท่ากับกลุ่มที่ 2 (ตาราง 4.19) เนื่องจากในสูตรอาหารดังกล่าวมีปริมาณโปรตีนสูงเพราะมีส่วนของวัตถุดิบอาหารข้นเป็นส่วนประกอบในสูตรมากกว่า สำหรับปริมาณ NFC, TDN และ ME พบว่ากลุ่มที่ 2 ได้รับมากกว่ากลุ่มที่ 3 และ 1 ตามลำดับอาจเนื่องจากในสูตรอาหารของโคกลุ่มที่ 2 และ 3 มีการเสริมส่วนของเมล็ดข้าวโพดบดในสูตรอาหารข้น โดยสูตรที่ 2 มีส่วนของวัตถุดิบอาหารข้นมากกว่าสูตรที่ 3 ด้วย จึงมีค่าดังกล่าวสูงกว่า อย่างไรก็ดีปริมาณวัตถุแห้งที่โคกินได้นอกจากขึ้นกับความจุของกระเพาะแล้ว ยังขึ้นกับระดับของกรดโพรพิโอนิกและกรดอะซิติกที่ได้จากการหมักย่อยในกระเพาะอาหารด้วย หากกรดดังกล่าวมีระดับสูงจะมีผลต่อกลไกการควบคุมปริมาณ โพรพิโอเนต และอะซิเตต ที่อยู่ภายในกระเพาะเรติคิวโร-รูเมน (reticulo-rumen) ทำให้การกินลดลงได้เช่นเดียวกัน (McDonald *et al.*,1994)

ตาราง 4.19 ปริมาณวัตถุแห้ง โปรตีน และพลังงานที่โคได้รับในแต่ละวัน

Table 4.19 Amount of dry matter, crude protein and TDN intake of cows per day.

Level of LS in concentrate mixture (DM basis)	0%	25%	50%
Level of LS in concentrate being substituted	0%	30%	60%
Dry matter intake			
- kg/cow/day	14.20	15.04	15.10
- %BW	2.96	2.96	2.96
- % metabolic weight ($BW^{0.75}$)	13.87	14.06	14.05
- from LS (kg/cow/day)	0	2.19	4.28
- from concentrate (kg/cow/day)	7.83	6.51	4.69
CP intake (kg/cow/day)	2.30	2.30	2.23
NFC intake (kg/cow/day)	4.22	4.61	4.54
TDN intake (kg/cow/day)	9.71	10.08	9.87
ME (Mcal/cow/day)	36.78	38.05	37.15

❑ ผลผลิต และต้นทุนค่าอาหาร

เนื่องจากการคัดเลือกโคที่ใช้ทดลองทั้ง 15 ตัว มีส่วนของน้ำหนักตัว อายุ จำนวนวันการให้นม และจำนวนครั้งของการให้นมแตกต่างกัน ดังนั้นในการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณและส่วนประกอบของน้ำนมจึงนำข้อมูลดังกล่าวของโคแต่ละตัวมาคิดร่วมด้วย พบว่าโคทั้ง 3 กลุ่ม ให้ผลผลิตและคุณภาพของน้ำนมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ดังตาราง 4.20

ตาราง 4.20 ปริมาณ และองค์ประกอบน้ำนม ของโคที่กินอาหารสูตรต่าง ๆ

Table 4.20 Milk production and milk composition of cows fed different diets

Level of LS in concentrate mixture (DM basis)	0%	25%	50%
Level of LS in concentrate being substituted	0%	30%	60%
Milk production (kg)	17.41	17.18	16.65
4% FCM (kg/d)	14.81	15.75	14.84
Fat (kg)	0.52	0.59	0.55
CP (kg)	0.52	0.53	0.49
Lactose (kg)	0.83	0.80	0.76
Total solids (kg)	2.00	2.04	1.91
Solid not fat (kg)	1.47	1.45	1.36
Fat (%)	3.01	3.66	3.28
CP (%)	3.05	3.11	3.07
Lactose (%)	4.75	4.56	4.61
Total solids (%)	11.51	12.04	11.72
Solid not fat (%)	8.50	8.37	8.44
FCR (feed/ kg milk)	0.82	0.88	0.91

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยนำ DIM, Lactation number, อายุ และ น้ำหนัก มาคิดร่วมด้วย

2. ความแตกต่างระหว่างกลุ่มไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

แสดงว่าสามารถใช้ใบกระถินหมักในสูตรอาหารข้นได้ 25 และ 50%ของวัตถุแห้งหรือเท่ากับทดแทนอาหารข้นได้ 30 และ60% ตามลำดับ โดยไม่มีผลเสียต่อสมรรถภาพการผลิต แม้ว่ากลุ่มที่ไม่ใช้ใบกระถินหมัก (กลุ่มที่ 1) มีแนวโน้มการให้ผลผลิตน้ำนมสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ใบกระถินหมัก (กลุ่มที่ 2 และ 3) ก็ตามทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในสูตรอาหารของโคกลุ่มที่ 1 มีส่วนของวัตถุดิบที่สามารถย่อยสลายได้ง่ายกว่า จึงมีผลให้เกิดการหมักย่อยในกระเพาะรูเมนได้เร็ว ทำให้ได้ส่วนของกรดโพรพิโอนิกสูง ซึ่งจะถูกเปลี่ยนไปเป็นกลูโคสที่ตับเพื่อเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญ โดยส่วนหนึ่งจะถูกใช้ในการซ่อมแซมร่างกาย แต่อีกส่วนจะถูกส่งไปยังต่อมสร้างน้ำนมเพื่อสังเคราะห์ปริมาณน้ำนม ประกอบกับ

กลูโคสเองก็เป็นสารตั้งต้นในการสร้างน้ำตาลแลกโตสในน้ำนมด้วย จึงมีผลให้ปริมาณน้ำนมและปริมาณแลกโตสในน้ำนมของโคกลุ่มที่ 1 มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่น แต่ปริมาณไขมันในน้ำนมพบว่ามีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่ 2 และ 3 สาเหตุส่วนหนึ่งอาจเนื่องจากปริมาณน้ำนมที่มากกว่าจึงทำให้ความเข้มข้นของไขมันนมต่ำกว่า หรืออีกสาเหตุหนึ่งอาจมีผลมาจากในสูตรอาหารมีปริมาณเยื่อใยต่ำทำให้ได้กรดอะซิติก และบิวทีริกต่ำกว่า ซึ่งกรดไขมันระเหยได้ทั้ง 2 ชนิดนี้เป็นสารตั้งต้นที่สำคัญในการสร้างไขมันนม (Bath *et al.*, 1978; บุญล้อม, 2541)

อาหารข้นสูตรที่ 2 มีส่วนของอาหารข้นมากกว่าใบกระถินหมักคิดเป็นน้ำหนักแห้งประมาณ 3 เท่า (75 %) ทำให้มีทั้งส่วนที่ย่อยได้ง่ายซึ่งจะถูกหมักย่อยเป็นโพรพิโอเนต และส่วนที่เป็นเยื่อใยที่ได้จากกระถินเมื่อถูกหมักย่อยในกระเพาะรูเมนแล้วจะได้อะซิเตต กับ บิวทีเรตสูง หากมีพลังงานเพียงพอ อะซิเตตส่วนใหญ่จะถูกใช้สร้างไขมัน ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้โคในกลุ่มที่ 2 มีปริมาณไขมันในนมสูงกว่ากลุ่มอื่น และมีแนวโน้มว่ามีโปรตีนในนมสูงกว่ากลุ่มอื่นเช่นกัน ซึ่งโปรตีนในนมนี้ส่วนหนึ่งได้จากอาหารที่กินโดยตรง และอีกส่วนหนึ่งมีการสังเคราะห์ขึ้นมาเองโดยอาศัยพลังงานจากอาหาร ดังนั้นถ้าอาหารมีโปรตีนสูงแต่มีพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ต่ำก็ไม่สามารถเพิ่มปริมาณและส่วนประกอบของน้ำนมได้ (Laird *et al.*, 1981; Muinga *et al.*, 1995)

การที่โคกลุ่ม 3 มีแนวโน้มว่าให้ผลผลิตต่ำที่สุด อาจเนื่องมาจากอาหารข้นสูตรที่ 3 มีใบกระถินหมักถึง 50% จึงมีส่วนที่ย่อยได้ง่ายต่ำกว่า แต่มีเยื่อใยในอาหารสูงกว่าสูตรอื่น โดยการหมักย่อยเยื่อใยในรูเมนทำให้ได้สัดส่วนของอะซิเตตสูง ซึ่งอะซิเตตสามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานได้แต่มีประสิทธิภาพต่ำกว่าโพรพิโอเนต (บุญล้อม, 2541) จึงมีผลทำให้มีการสร้างน้ำนมต่ำกว่ากลุ่มอื่นสอดคล้องกับปริมาณน้ำตาลแลกโตสที่ผลิตได้ต่อวันมีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่นอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งน้ำตาลแลกโตสในน้ำนมนี้มีรายงานว่าช่วยลดแรงดันภายในเซลล์สร้างน้ำนมจึงช่วยให้น้ำแพร่กระจายเข้ามาภายในเซลล์เต้านมมากขึ้น มีผลให้ปริมาณน้ำนมเพิ่มขึ้นเช่นกัน อย่างไรก็ตามพบว่าโคกลุ่มที่ 3 นี้มีไขมันนมสูงกว่ากลุ่มที่ 1 แต่ต่ำกว่ากลุ่มที่ 2 ซึ่งน่าจะมีผลมาจากการนำส่วนของอะซิเตตไปใช้เป็นแหล่งพลังงานเพื่อทดแทนส่วนของกลูโคสที่อาจมีไม่พอเพียงในการนำไปใช้ในกระบวนการต่าง ๆ และเมื่อปรับปริมาณน้ำนมให้มีไขมัน 4% (4% FCM) พบว่าโคกลุ่มที่ 2 มีปริมาณสูงกว่ากลุ่มที่ 3 และ 1 ตามลำดับ เนื่องจากมีปริมาณไขมันในนมสูงกว่า

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณอาหารที่กินต่อการให้ผลผลิตน้ำนม (FCR) พบว่าโคที่กินอาหารสูตรที่ 1 ใช้อาหารได้ประหยัดที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องจากในสูตรที่ 1 มีส่วนของอาหารข้นสูงกว่าจึงมีความหนาแน่นของโภชนะมากกว่า อย่างไรก็ตามในการเลี้ยงโคที่ใช้ใบกระถินหมักถ้ามีการปรับสูตรอาหารข้นให้

มีโภชนะสูงกว่านี้ น่าจะช่วยให้ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารดีขึ้น แต่ในการทดลองนี้จำเป็นต้องใช้อาหารข้นสูตรเดียวกันทุกกลุ่มเพื่อลดความแปรปรวนเนื่องจากส่วนประกอบของอาหารข้น

อย่างไรก็ดีองค์ประกอบน้ำนมที่ได้จากการทดลองนี้ให้ผลที่แตกต่างจากการทดลองของ เรณู (2544) ที่ใช้ใบกระถินหมักทดแทนในสูตรอาหารข้นที่ระดับ 10 และ 17 %ของวัตถุแห้ง หรือ 12.5 และ 25 %ของน้ำหนักสด แต่พบว่ามีส่วนของไขมันนม เท่ากับ 3.92 และ 4.56% และมีโปรตีนในน้ำนม เท่ากับ 3.20 และ 3.47% ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าในการทดลองนี้ แม้จะใช้ใบกระถินทดแทนในสูตรอาหารข้นต่ำกว่า สาเหตุดังกล่าวส่วนหนึ่งอาจเป็นผลจากปริมาณผลผลิตน้ำนมของโคมีความแตกต่างกัน โดย เรณู (2544) ใช้โคที่ให้ผลผลิตน้ำนมเฉลี่ย 11 กิโลกรัม/วัน ซึ่งต่ำกว่าโคที่ใช้ในการทดลองนี้ที่ให้ผลผลิตน้ำนมเฉลี่ย 17 กิโลกรัม/วัน จึงมีผลต่อความเข้มข้นขององค์ประกอบในน้ำนม คือ โคที่ให้ผลผลิตน้ำนมต่ำย่อมมีความเข้มข้นขององค์ประกอบสูงกว่า นอกจากนี้พบว่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเพื่อใช้ในการให้ผลผลิตน้ำนม (FCR) ในสูตรอาหารข้นที่ทดแทนด้วยใบกระถินหมัก 12.5 และ 25% หรือคิดเป็น 10 และ 17%ของวัตถุแห้งในสูตรอาหารข้น มีค่าเท่ากัน เรณู (2544) คือ 1.06 (กิโลกรัมอาหาร/กิโลกรัมน้ำนม) ซึ่งสูงกว่าในงานทดลองนี้ คือ สูตรที่ใช้ใบกระถินหมัก 25 และ 50 %ของวัตถุแห้ง มีค่าเท่ากับ 0.88 และ 0.91 (กิโลกรัมอาหาร/กิโลกรัมน้ำนม) แสดงว่าการใช้ใบกระถินหมักในระดับ 25 และ 50%ของวัตถุแห้งของอาหารข้น หรือเท่ากับทดแทนอาหารข้น 30-60% ไม่มีผลต่อการนำโภชนะไปใช้ในกระบวนการสร้างน้ำนมของโคแต่อย่างใด กลับมีแนวโน้มช่วยให้มีการใช้ประโยชน์ของอาหารได้ดีขึ้น

เมื่อคิดราคาทุนของอาหารทั้ง 3 สูตรต่อการให้ผลผลิตน้ำนม 1 กิโลกรัม ดังตาราง 4.21 เฉพาะส่วนของราคาอาหารข้น พบว่าโคกลุ่มที่ 1, 2 และ 3 กินอาหารข้นต่อวัน เท่ากับ 61.78, 60.13 และ 55.04 บาท หรือคิดเป็นราคาอาหารข้นต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง เท่ากับ 7.89, 6.91 และ 6.14 บาท แสดงว่าต้นทุนค่าอาหารข้นที่มีส่วนของใบกระถินหมักทดแทนมีราคาต่ำลงตามปริมาณกระถินที่เพิ่มขึ้น และเมื่อนำส่วนของอาหารหยาบมาคิดร่วมด้วยพบว่าโคกลุ่มที่ 3 สิ้นเปลืองค่าอาหารน้อยที่สุด ซึ่งเมื่อคิดเป็นต้นทุนต่อการผลิตน้ำนม 1 กิโลกรัม หรือต่อน้ำนมที่ปรับให้มีไขมัน 4% พบว่า โคกลุ่มที่ 3 มีต้นทุนการผลิตต่ำกว่า 2 และ 1 ตามลำดับ แสดงว่าการใช้ใบกระถินหมักเลี้ยงโคสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตลงได้ และให้ผลเช่นเดียวกับของ เรณู (2544)

ตาราง 4.21 ต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิตน้ำนม 1 กิโลกรัม (บาท/กก.น้ำนม)

Table 4.21 Feed cost per kilogram milk production (bath/kg of milk).

Level of LS in concentrate mixture (DM basis)	0%	25%	50%
Level of LS in concentrate being substituted	0%	30%	60%
Milk production (kg/day)	17.41	17.18	16.65
4% FCM (kg/day)	14.81	15.75	14.84
Cost of concentrate (bath/day)			
- Concentrate	59.98	41.84	23.97
- Leucaena silage	0	10.29	20.11
- Ground corn	0	6.00	8.90
- $NaHCO_3$	1.80	2.00	2.06
Concentrate cost (bath/day)	61.78	60.13	55.04
Concentrate cost (bath/kgDM)	7.89	6.91	6.14
Cost of roughage (bath/day)			
- Ruzi silage	36.40	36.20	35.04
- Ruzi hay	4.55	4.53	4.38
Total of feed cost (bath/day)	102.73	100.86	94.46
Feed cost / kg milk (bath/kg)	5.90	5.87	5.67
Feed cost / 4%FCM (bath/kg)	6.94	6.40	6.37

หมายเหตุ ราคา concentrate = 6.77, leucaena silage = 1.60*, ground corn = 5.00, $NaHCO_3$ = 23, ruzi silage = 2.00 และ ruzi hay = 2.50 bath / kg of fresh และ * จาก เรณู (2544)

❑ เบต้าแคโรทีนในซีรั่ม

เมื่อนำเลือดของโคทุกตัว ทั้งก่อนและหลังการทดลองมาทำการตรวจสอบปริมาณเบต้าแคโรทีนที่มีอยู่ในซีรั่ม พบว่ามีค่าดังตาราง 4.22

ตาราง 4.22 ปริมาณเบต้าแคโรทีนในซีรั่มก่อนและหลังการทดลองของโคที่กินอาหารต่างกัน

Table 4.22 β-carotene in serum of cows before and after fed different diets.

	β-carotene in serum (μg/100 ml)		
	LS0%	LS25%	LS50%
Initial	584.5 ± *1.427*	605.7 ± *2.734*	538.7^{x} ± *1.586*
After	596.8^{a} ± *1.003*	662.8^{a} ± *2.947*	$1033.8^{b,y}$ ± *1.319*

อักษร a, b แสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแนวนอน ($p<0.05$)

อักษร x, y แสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง ($p<0.01$)

จากตาราง 4.22 พบว่าปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในซีรั่มของโคทุกกลุ่มทั้งก่อนและหลังการทดลองมีระดับที่เพียงพอกับความต้องการของโคนม คือ สูงกว่า 400 ไมโครกรัม/100 มิลลิลิตร ดังที่แนะนำโดย Smith (1981) อย่างไรก็ดีพบว่าโคกลุ่มที่กินอาหารที่มีใบกระถินหมักเป็นส่วนประกอบมีปริมาณเบต้าแคโรทีนในซีรั่มเพิ่มขึ้นตามปริมาณใบกระถินหมักที่มีในอาหารอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) และเมื่อเทียบกับปริมาณเบต้าแคโรทีนที่มีอยู่ก่อนการทดลอง พบว่ากลุ่มที่กินใบกระถินหมักในสูตรอาหาร 50% มีปริมาณเพิ่มขึ้นจากเดิมอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ทั้งนี้เนื่องจากใบกระถินหมักมีปริมาณเบต้าแคโรทีน ประมาณ 116 มิลลิกรัม/กิโลกรัมวัตถุแห้ง (การทดลองที่ 1) ดังนั้นในการทดลองนี้โคที่กินใบกระถินหมัก 25% และ 50% มีแนวโน้มที่คาดว่าได้รับเบต้าแคโรทีน (จากการคำนวณ) เพิ่มขึ้นประมาณ 254 และ 496 มิลลิกรัม/ตัว/วัน จึงน่าที่จะเป็นผลดีกับตัวสัตว์ ดังรายงานของ Weiss (1998) พบว่าการเสริมเบต้าแคโรทีนลงในสูตรอาหารให้พอเพียงกับความต้องการของโครีดนม (0.18 mg/kg BW) นอกจากช่วยเพิ่มปริมาณวิตามินเอแล้วยังช่วยให้มีความสมบูรณ์พันธุ์ดีขึ้น นอกจากนี้พบว่าการเสริมเบต้าแคโรทีน 300 mg ร่วมกับวิตามินเอ 53,000 IU ยังช่วยลดการเกิดเต้านมอักเสบ เนื่องจากไปเพิ่มภูมิคุ้มกันการติดเชื้อโรคของเต้านมด้วย (Chew, 1994)

อย่างไรก็ดีการเพิ่มปริมาณเบต้าแคโรทีนในซีรั่มอันเนื่องมาจากการกินใบกระถินหมักในการทดลองนี้ ได้ผลต่างจากรายงานของ วรินทร์ดา (2541) ที่พบว่าการเสริมเบต้าแคโรทีน ในรูปของสารสังเคราะห์จะช่วยเพิ่มปริมาณเบต้าแคโรทีนในซีรั่มได้ดีกว่าการเสริมด้วยใบกระถินแห้ง และพบว่าการเสริมด้วยใบกระถินแห้งในสูตรอาหารช่วยเพิ่มระดับเบต้าแคโรทีนในซีรั่มสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริมได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น คือ 394 vs 359 ไมโครกรัม/100 มิลลิลิตร ผลที่แตกต่างกันนี้อาจเนื่องมาจากโคในรายงานของวรินทร์ดา (2541) กินใบกระถินแห้งในปริมาณที่ต่ำกว่าใบกระถินหมักของงานทดลองนี้ (960 vs 2110 และ 4280 กรัมน้ำหนักแห้ง/ตัว/วัน) มีผลให้ได้รับเบต้าแคโรทีนต่ำกว่า (100 vs 254 และ 496 มิลลิกรัม/ตัว/วัน) ประกอบกับใบกระถินหมักมีไขมันจากรำที่ผสมอยู่ในปริมาณสูงอาจช่วยให้มีการละลายเบต้าแคโรทีนจากเซลล์พืชได้ดีขึ้น อีกทั้งความเปื่อยยุ่ยของเซลล์ที่ผ่านการหมักอาจช่วยให้มีการปลดปล่อยเบต้าแคโรทีนได้ดีกว่าใบกระถินแห้ง