บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 คุณสมบัติของโซเดียมไบคาร์บอเนตและแมกนีเซียมออกไซด์

ผลการศึกษาคุณสมบัติการเป็นบัฟเฟอร์ของโซเดียมไบคาร์บอเนต ความสามารถในการทำปฏิกิริยากับกรด ขนาดอนุภาคและพื้นที่ผิวจำเพาะของแมกนีเซียมออกไซด์ที่ใช้ในการทดลองแสดงในตาราง 4.1

ตาราง 4.1 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของโซเดียมไบคาร์บอเนตและแมกนีเซียมออกไซด์

Table 4.1 Physical and Chemical properties of $NaHCO_3$ and MgO.

	pH	BC (meq)	TACC (meq H^+/g)	Particle size (μm)	Specific surface area (sq.m/g)
$NaHCO_3$	8.42	2.488	33.09	-	-
MgO	10.85	-	47.46	42.95	0.29

จากตาราง 4.1 จะเห็นว่า pH ของ MgO มีค่าสูงกว่า $NaHCO_3$ ทั้งนี้เป็นเพราะคุณสมบัติทางเคมีของ MgO ที่เมื่อละลายน้ำแล้วจะแตกตัวเป็น Mg^+ และ OH^- ซึ่งมีฤทธิ์เป็นด่างในขณะที่ $NaHCO_3$ ที่แตกตัวเป็น Na^+ และ HCO_3^- และมีคุณสมบัติในการเป็นบัฟเฟอร์ คือ สามารถทนต่อสภาพการเปลี่ยนแปลงจากกรดและด่างได้ในช่วงหนึ่ง โดยความจุในการรักษาสภาพความเปลี่ยนแปลง pH หรือ buffering capacity ของ $NaHCO_3$ มีค่าเท่ากับ 2.488 meq ส่วนค่า TACC ซึ่งเป็นค่าความจุกรดของสาร หรือ ความทนต่อปริมาณกรดที่ใส่ลงไปในสารนั้นๆ พบว่า MgO มีค่า TACC สูงกว่า $NaHCO_3$ ทั้งนี้เพราะคุณสมบัติในการเป็นด่าง ดังนั้นปริมาณกรดที่ใช้เติมลงไปจนกระทั่ง pH มีค่าเป็นกลาง และจากค่า pH ที่เป็นกลางลดต่ำลงจนมีค่า pH เป็นกรด จึงมีค่าสูงกว่า $NaHCO_3$ นอกจากนี้ผลการทดลองของ Xin *et al.* (1989) ที่แสดงในตาราง 4.2 พบว่าค่า TACC ยังมีความสัมพันธ์กับขนาดอนุภาค และค่าการละลายได้ของสารนั้นๆ ด้วย โดยMgO - C ซึ่งมีขนาดอนุภาคเล็กที่สุดจะมีค่าการละลายและค่า TACC สูงที่สุด อีกทั้งขนาดอนุภาคของ MgO ที่เล็กกว่ายังทำให้อัตราในการทำปฏิกิริยาเกิดขึ้นเร็วกว่าด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.2 ค่า TACC, ค่าการละลาย และคุณสมบัติอื่นๆของแมกนีเซียมออกไซด์แต่ละชนิด

Table 4.2 TACC, solubility and other properties of magnesium oxides.

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

ที่มา : Xin *et al.*(1989)

ในการทดลองนี้อนุภาคของ MgO ที่ใช้มีขนาด 42.95 μm หรือประมาณ 325 mesh (ผลการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก 2) ซึ่งเล็กกว่า MgO ทั้ง 3 ชนิดที่แสดงในตาราง 4.2 ทำให้มีค่า TACC สูงกว่า ด้วยเหตุผลเดียวกันจึงอาจคาดได้ว่าจะมีอัตราเร็วในการทำปฏิกิริยาสูงกว่าด้วย ทั้ง $NaHCO_3$ และ MgO นอกจากใช้ลดความเป็นกรดในกระเพาะรูเมนได้แล้ว ยังสามารถถูกนำไปใช้เป็นประโยชน์ในตัวสัตว์ โดยเป็นแหล่งของ Na^+, HCO_3^- และ Mg^{++} สำหรับใช้ในกระบวนการต่างๆ ในร่างกาย อย่างไรก็ตามการใช้ประโยชน์ได้ของ MgO ในตัวสัตว์ ไม่ได้ขึ้นกับค่าการละลายหรือขนาดอนุภาคเพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับปริมาณแร่ธาตุตัวอื่นๆด้วย เช่น Ca, P และ K โดยถ้าปริมาณ K ในอาหารมากเกินไปจะทำให้การดูดซึม Mg ลดลง (Miller, 1998) หรือถ้าระดับไขมันในสูตรอาหารเพิ่มขึ้นก็จะมีผลต่อการใช้ประโยชน์ของแร่ธาตุต่างๆรวมทั้ง Mg ด้วย (Pantoja *et al.*,1997) นอกจากนี้อายุของสัตว์ก็มีผลต่อการใช้ประโยชน์ได้ของ MgO เช่นกัน โดยพบว่า สัตว์ที่มีอายุน้อยกว่าสามารถดึง Mg จาก body reserves มาใช้ได้ดีกว่าสัตว์ที่มีอายุมาก (Van *et al.*,1990 อ้างโดย Miller, 1998) ผลจากการทดลองแสดงว่า $NaHCO_3$และ MgO ชนิด feed grade ที่ใช้ในการทดลองนี้มีคุณสมบัติดีเพียงพอสำหรับใช้เพื่อเป็นบัฟเฟอร์หรือใช้ลดความเป็นกรดในกระเพาะรูเมน นอกจากนั้น MgO ยังมีขนาดอนุภาคเล็กกว่าถึง 5 เท่า ซึ่งน่าจะทำให้ความสามารถในการละลายดีขึ้นไปด้วย

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลการเสริมโซเดียมไบคาร์บอเนตร่วมกับแมกนีเซียมออกไซด์และหญ้าแห้งในสูตรอาหารโคนมต่อปริมาณกรดไขมันระเหยได้โดยวิธีวัดในห้องปฏิบัติการ (*in vitro*)

การศึกษาในห้องปฏิบัติการเพื่อวัดปริมาณกรดไขมันระเหยได้ อันเนื่องจากการเสริมโซเดียมไบคาร์บอเนตและแมกนีเซียมออกไซด์ลงในอาหารผสมครบส่วน ใช้หญ้ารูซี่หมักเป็นอาหารหยาบหลักเทียบกับการใช้หญ้าแห้งเป็นอาหารหยาบหลัก แสดงในตาราง 4.3-4.5 โดยหญ้ารูซี่หมักและหญ้ารูซี่แห้งที่ใช้เป็นชนิดเดียวกับที่ใช้ในการทดลองที่ 3 ซึ่งเตรียมจากหญ้าอายุ 50 วันที่สเปรย์ด้วยกากน้ำตาล 5% และหมักแบบกองบนพื้นคลุมด้วยพลาสติกและเก็บไว้อย่างน้อย 3 สัปดาห์ โดยที่หญ้าหมักเตรียมจาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หญ้าที่ตัดในระยะที่อายุค่อนข้างน้อย เพื่อให้คุณค่าทางโภชนะสูงและย่อยง่ายดังนั้นจึงมีโปรตีนและความชื้นสูงซึ่งอาจส่งผลให้ VFA ที่เกิดจากการหมักมีสัดส่วนที่แตกต่างจากหญ้าหมักคุณภาพดี

ตาราง 4.3 ปริมาณกรดอะซิติกที่เกิดขึ้นที่ชั่วโมงต่างๆ (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)

Table 4.3 The amount of acetic acid (mg/ml) after incubation.

Diet	Hour 2	Hour 4	Hour 8	Hour 12
TMR 1	2.12[b]	2.20	2.17	1.78
TMR 2	2.19[b]	2.23	2.11	1.64
TMR 3	2.09[b]	1.96	2.09	2.09
TMR 4	2.96[a]	2.32	2.24	1.96

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

ตาราง 4.4 ปริมาณกรดโพรพิโอนิกที่เกิดขึ้นที่ชั่วโมงต่างๆ (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)

Table 4.4 The amount of propionic acid (mg/ml) after incubation.

Diet	Hour 2	Hour 4	Hour 8	Hour12
TMR 1	0.54	0.72[a]	0.57[a]	0.33
TMR 2	0.40	0.40[b]	0.35[b]	0.29
TMR 3	0.27	0.32[b]	0.31[b]	0.34
TMR 4	0.63	0.73[a]	0.63[a]	0.31

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

ตาราง 4.5 ปริมาณกรดบิวทีริกที่เกิดขึ้นที่ชั่วโมงต่างๆ (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)

Table 4.5 The amount of butyric acid (mg/ml) after incubation.

Diet	Hour 2	Hour 4	Hour 8	Hour 12
TMR 1	0.16[b]	0.17	0.17[a]	0.14
TMR 2	0.12[b]	0.13	0.13[b]	0.12
TMR 3	0.09[b]	0.09	0.10[b]	0.14
TMR 4	0.32[a]	0.19	0.18[a]	0.12

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

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการหมักอาหารทดลองทั้ง 4 ชนิดในหลอดแก้วโดยประยุกต์ใช้วิธี gas test ของ Menke and Steingass, (1988) ซึ่งทำโดยนำอาหารมาบ่มกับของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคทดลองและปรับสภาพต่างๆในหลอดทดลองให้มี อุณหภูมิ ธาตุอาหาร บัฟเฟอร์และอื่นๆคล้ายคลึงกับสภาพในกระเพาะรูเมนมากที่สุด ปริมาณ VFA ทั้ง 3 ชนิดที่เกิดขึ้นจากการวิเคราะห์โดย gas chromatography จะหาได้โดยการคำนวณพื้นที่ใต้กราฟของสารตัวอย่างเทียบกับสารละลายมาตรฐาน (ภาคผนวก 3) จากผลการทดลอง พบว่า ในทุกๆชั่วโมงที่ทำการวัด ปริมาณกรดอะซิติกจะเกิดขึ้นมากที่สุดรองลงมาคือ กรดโพรพิโอนิกและกรดบิวทีริกตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับสภาพการหมักในกระเพาะรูเมน (บุญล้อม, 2541) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณกรดอะซิติกที่เกิดขึ้น ในแต่ละสูตรอาหารที่บ่มกับของเหลวจากกระเพาะรูเมน (ตาราง 4.3) พบว่า ปริมาณกรดอะซิติกของอาหารสูตร 4 สูงกว่าสูตรอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในชั่วโมงที่ 2 หลังจากการบ่ม (2.96 vs 2.12, 2.19 และ 2.09 mg/ml) เพราะสูตรนี้มีอาหารหยาบเป็นหญ้าหมักเพียงอย่างเดียวโดยไม่มีการเสริมบัฟเฟอร์ ซึ่งในกระบวนการหมักพืชมักเกิดอะซิติกจากกระบวนการ deamination ของ clostridium และกระบวนการ heterofermentative ของ lactic acid bacteria (LAB) ซึ่งมีหลายชนิด (McDonald *et al*, 1995) ส่วนอาหารสูตร 3 มีปริมาณกรดอะซิติกเกิดขึ้นต่ำที่สุดเพราะในหญ้าแห้งไม่มีกรดชนิดใดอยู่

ตาราง 4.4 แสดงถึงปริมาณกรดโพรพิโอนิกที่เป็นไปในทำนองเดียวกันกับกรดทั้ง 2 ชนิดที่กล่าวมาแล้ว นั่นคือ อาหารสูตร 4 ทำให้เกิดกรดโพรพิโอนิกสูงสุด กรดโพรพิโอนิกที่เกิดขึ้นในกระเพาะรูเมนน่าจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณกรดแลคติกด้วย ทั้งนี้เนื่องจากจุลินทรีย์บางกลุ่มสามารถใช้กรดแลคติกมาสร้างกรดโพรพิโอนิกได้ ซึ่งกรดทั้ง 2 ชนิดนี้เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดสภาพกรดในกระเพาะ ดังนั้นอาหารสูตร 4 ถ้านำมาเลี้ยงสัตว์จะทำให้อัตราเสี่ยงในการเกิดแอสิโดสิสสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้ไม่มีอุปกรณ์ที่จะวัดปริมาณกรดแลคติกด้วย จึงไม่สามารถทราบความเข้มข้นของกรดแลคติกที่เกิดขึ้นได้

ปริมาณกรดทั้ง 3 ชนิดที่แสดงในตาราง 4.3 – 4.5 อาจมีค่าต่ำกว่าค่าของกรดในกระเพาะรูเมนที่เกิดขึ้นจริงซึ่งเพราะเป็นการจำลองสภาพในกระเพาะรูเมนมาทำในห้องปฏิบัติการเพื่อเปรียบเทียบผลระหว่างชนิดของสูตรอาหารเท่านั้น จึงไม่สามารถนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับปริมาณ VFA ที่เกิดขึ้นจริงภายในกระเพาะรูเมนที่มีการดูดซึมกรดผ่านผนังกระเพาะรูเมนตลอดเวลา

เพื่อให้สามารถทราบรายละเอียดของกระบวนการหมัก จึงนำข้อมูลความเข้มข้นของปริมาณกรดแต่ละชนิดที่เกิดขึ้นมาหาค่าสหสัมพันธ์กับระยะเวลา (ชั่วโมงในการหมัก) พบว่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ VFA ในของเหลวที่บ่มในหลอดแก้วมีลักษณะเป็นเส้นโค้งแบบ quadratic โดยมีรูปแบบของสมการคือ $y = a + b_1x + b_2x^2$ ผลการวิเคราะห์การถดถอย แสดงในตาราง 4.6 ส่วน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาตรแก๊สที่เกิดจากการหมักตัวอย่างอาหารที่ชั่วโมงต่างๆซึ่งแสดงในตารางที่4.7 พบว่ามีลักษณะเป็นรีเกรสชันเส้นตรงโดยผลการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงดังตาราง 4.8

ตาราง 4.6 ผลการวิเคราะห์การถดถอยแบบ quadratic ของปริมาณกรดไขมันระเหยได้ที่เกิดจากการหมักตัวอย่างอาหารในหลอดแก้วที่ชั่วโมงต่างๆ

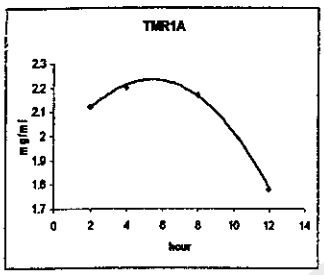
Table 4.6 Curvilinear regression analysis of VFA production data collected at different time.

Feed	Acetic acid		Propionic acid		Butyric acid	
	intercept	r^2	Intercept	r^2	Intercept	r^2
TMR1	1.933	0.998	0.433	0.898	0.142	1.000
TMR2	2.049	0.999	0.407	0.991	0.110	0.937
TMR3	2.082	0.246	0.260	0.697	0.100	0.996
TMR4	3.258	0.863	0.504	0.993	0.375	0.844

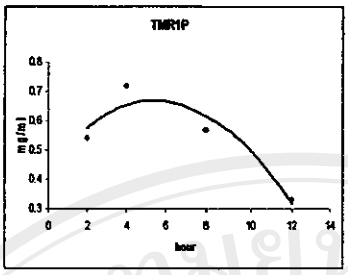
จากตาราง 4.6 จะเห็นว่าค่าที่แสดงส่วนใหญ่จะมีความสอดคล้องกับข้อมูล โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (r^2) มากกว่า 0.7 ยกเว้นสมการของกรดอะซิติกจากอาหารสูตรที่ 3 ที่มีค่าเพียง 0.25 ซึ่งอาจเนื่องมาจากปริมาณกรดที่ 4 ชั่วโมงหลังการหมักมีค่าลดลง แต่เมื่อพิจารณาถึงสมการการเกิดแก๊ส ซึ่งบ่งบอกถึงประสิทธิภาพการหมักของจุลินทรีย์ดังตาราง 4.8 ที่อาหารสูตร 3 มีค่า R^2 ถึง 0.999 แสดงว่ากระบวนการหมักของจุลินทรีย์ในทุกชั่วโมงเป็นไปอย่างปกติ โดยน่าจะเกิดกรดอะซิติกเป็นส่วนใหญ่ ดังภาพ 4.1

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณกรดที่มีในระยะเริ่มต้นของการหมัก ซึ่งอาจเทียบได้กับค่าจุดตัดแกน y (intercept) ที่อาหาร TMR สูตร 1-3 มีค่า 1.93-2.08, 0.26-0.43 และ 0.10-0.14 mg/ml สำหรับกรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทีริก ตามลำดับ ในขณะที่สูตร 4 มีค่าถึง 3.26, 0.50 และ 0.38 mg/ml ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าสูตรอื่น ตลอดจนอัตราการหมักซึ่งสามารถเทียบได้จากความชันของสมการการเกิดแก๊สในตาราง 4.8 ที่มีค่าเท่ากับ 2.85 แสดงว่าอาหารสูตร 4 ที่ใช้เฉพาะหญ้ารูซี่หมักผสมกับอาหารข้นมีโอกาสที่จะทำให้เกิดความเป็นกรดในกระเพาะมากกว่าสูตรอื่น เนื่องจากปริมาณกรดที่สร้างและอัตราการสร้างกรดมากกว่ากลุ่มอื่น

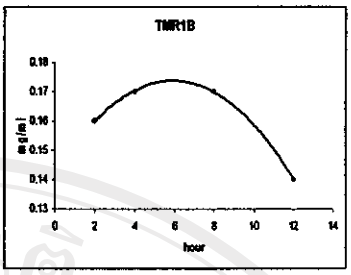
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



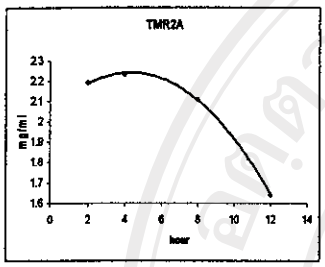
$y=1.9327+0.111x-0.0103x^2$



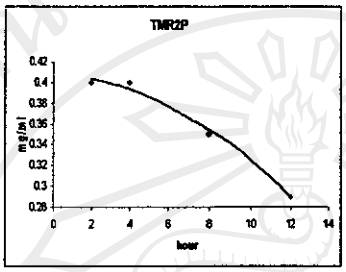
$y=0.4331+0.0874x-0.0081x^2$



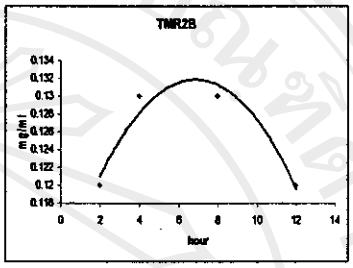
$y=0.142+0.0107x-0.0009x^2$



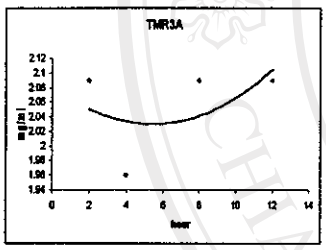
$y=2.049+0.0884x-0.0102x^2$



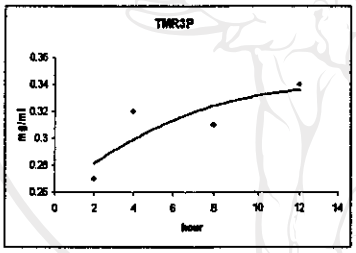
$y=0.4067+0.0000063x-0.00008x^2$



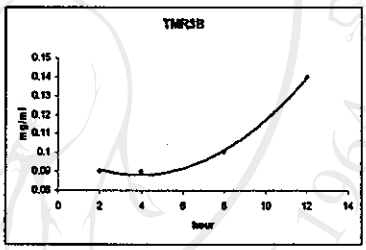
$y=0.1102+0.0063x-0.0005x^2$



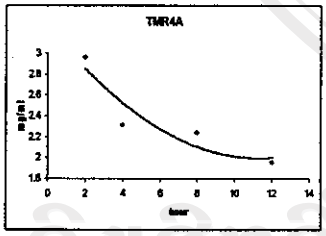
$y=2.0822-0.0192x+0.0018x^2$



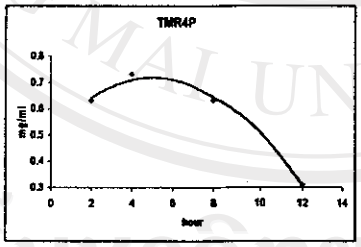
$y=0.2603+0.0113x-0.0004x^2$



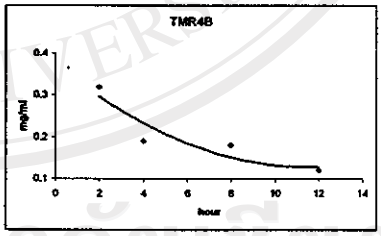
$y=0.1002-0.0062x-0.0008x^2$



$y=3.2583+0.2231x-0.0099x^2$



$y=0.5042+0.0853x-0.0085x^2$



$y=0.3754+0.0430x-0.0019x^2$

ภาพ 4.1 ปริมาณกรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิกและกรดบิวทีริกที่เกิดขึ้นที่ชั่วโมงต่างๆ

Figure 4.1 The amount of acetic acid, propionic acid and butyric acid after incubation.

A = acetic acid, P = propionic acid, B = butyric acid

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.7 ปริมาตรแก๊ส (มิลลิลิตร) ที่เกิดจากการหมักตัวอย่างอาหารที่ชั่วโมงต่างๆ

Table 4.7 Gas production (ml) at different time of incubation.

Feed	Hour				
	2	4	8	12	24
TMR1	0.00	0.60	5.17	13.00	29.25
TMR2	0.17	2.83	9.67	20.75	38.25
TMR3	1.33	7.00	17.17	29.50	60.25
TMR4	3.33	10.17	19.50	31.00	66.50

ตาราง 4.8 ผลการวิเคราะห์การถดถอยของปริมาตรแก๊สที่เกิดจากการหมักที่ชั่วโมงต่าง ๆ

Table 4.8 Linear regression analysis of gas production at different time of incubation.

Feed	Slope (b)	r^2	Model
TMR1	1.387	0.990	y = -4.2631+1.3867x
TMR2	1.774	0.989	y = -3.4068+1.7741x
TMR3	2.683	0.999	y = -3.7763+2.6826x
TMR4	2.850	0.999	y = -2.3980+2.8498x

รูปแบบของการเกิดกรดไขมันระเหยได้ของอาหารทั้ง 4 สูตรภายในหลอดแก้วให้ข้อมูลที่น่าสนใจ โดยเมื่อนำปริมาณกรดที่ระยะเวลาการหมักต่าง ๆ มาสร้างกราฟเชิงเส้น พบว่ามีเพียงอาหารสูตร 3 ที่ใช้หญ้าแห้งเป็นแหล่งอาหารหยาบผสมอาหารข้นเท่านั้น ที่มีความเข้มข้นของกรดต่ำในระยะแรก และค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการหมักที่เพิ่มขึ้น แสดงถึงประสิทธิภาพการหมักภายในหลอดเป็นไปได้ดี โดยจุลินทรีย์ กลุ่มที่สร้างกรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทีริก สามารถอยู่ร่วมกันได้อย่างปกติ และสร้างกรดในอัตราที่ค่อย ๆ เพิ่มขึ้น ถ้าเป็นสภาพจริงในกระเพาะรูเมน การที่กรดค่อยๆเกิดขึ้นจะทำให้มีการถูกดูดซึมนำไปใช้ได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะไม่ทำให้เกิดการตั้งของกรดภายในกระเพาะ ซึ่งจะทำให้ปัญหาแอสิโดสิสเกิดขึ้นได้ยากที่สุดเมื่อเทียบกับสูตร 4 ที่มีกรดปริมาณมากเกิดขึ้นในระยะแรก ส่งผลให้จุลินทรีย์กลุ่มที่สร้างกรดอะซิติก และกรดบิวทีริก หยุดการสร้างกรดเหลือเพียงกลุ่มที่สร้างกรดโพรพิโอนิกกลุ่มเดียว ดังนั้นถ้าเป็นสภาพในกระเพาะรูเมนแล้วจะมีความเสี่ยงต่อแอสิโดสิสสูงถ้ามีการดูดซึมกรดไม่ทัน สำหรับรูปแบบของการเกิดกรดของอาหารสูตร 1 และ 2 ที่มีการใส่สารบัฟเฟอร์นั้นพบว่าบัฟเฟอร์น่าจะมีส่วนในการปรับสภาพความเป็นกรด- ด่าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ของสารละลายในหลอดแก้ว ทำให้จุลินทรีย์ที่สร้างกรดไขมันระเหยได้ทั้ง 3 กลุ่มยังมีกิจกรรมต่อไป โดยเห็นได้จากปริมาณกรดที่ยังเพิ่มขึ้นจนถึงประมาณชั่วโมงที่ 6 หลังการหมักที่การสร้างกรดจะถึงจุดสูงสุด จากนั้นจึงหยุดกิจกรรม ซึ่งอาจเนื่องมาจากความเป็นกรดสูงหรือมี substrate อยู่อย่างจำกัด ต่อจากนั้นน่าจะมีจุลินทรีย์บางกลุ่มใช้ VFA เป็น substrate ทำให้ VFA ทุกตัวมีค่าลดลง ในขณะที่ยังมีการสร้างแก๊สเพิ่มขึ้นในลักษณะเป็นเส้นตรง ดังตารางที่ 4.8 อย่างไรก็ตามการทดลองนี้ไม่ได้วางแผนเพื่อวัด metabolite ตัวอื่น ๆ เช่น CO_2, CH_4 หรือ alcohol ซึ่งไม่สามารถแสดงรายละเอียดได้ในการทดลองนี้ ซึ่งควรมีการศึกษาในรายละเอียดต่อไป

การทดลองที่ 3 ศึกษาสมรรถภาพการผลิตของโคนม ที่ได้รับอาหารอาหารผสมครบส่วนที่มีหญ้ารูซี่หมักเป็นอาหารหยาบหลักเสริมด้วยบัฟเฟอร์และหญ้าแห้งและที่มีหญ้ารูซี่แห้งเป็นอาหารหยาบหลัก

คุณภาพของหญ้ารูซี่หมักและองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร

ในทุกระยะของการทดลอง ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างหญ้ารูซี่หมักนำมารวมกัน แล้ววัดค่าความเป็นกรด – ด่าง และปริมาณกรดอินทรีย์ เพื่อประเมินเป็นคะแนนคุณภาพได้ค่าดังตาราง 4.9

ตาราง 4.9 ปริมาณกรดอินทรีย์ ค่า pH และคะแนนคุณภาพของหญ้ารูซี่หมัก

Table 4.9 Organic acids, pH and quality score of ruzi silage.

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

จากตาราง 4.9 จะเห็นว่าหญ้ารูซี่หมักที่ใช้ในการทดลองนี้มีคุณภาพต่ำคือ มีค่า pH 4.74 (ค่า pH ของพืชหมักคุณภาพดีควรอยู่ในช่วง 3.7 – 4.2) โดยมีปริมาณกรดอะซิติก 0.58% กรดบิวทีริก 1.99% และกรดแลคติก 0.34% การเกิดกรดอะซิติกมากแต่มีกรดแลคติกต่ำของหญ้าหมักในการทดลองนี้ แสดงว่ามีการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่พึงปรารถนา เช่น พวก Clostridium และ Enterobacteria มากกว่า Lactic acid bacteria ซึ่งอาจเป็นเพราะความชื้นในหญ้าที่นำมาหมักค่อนข้างสูง (79.19%) มากกว่าระดับปกติที่เหมาะสมซึ่งอยู่ในช่วง 65 – 70% (บุญล้อมและคณะ, 2543) การที่ความชื้นของพืชที่นำมาหมักสูงเกินไป ทำให้เกิดการสูญเสียโภชนะไปกับน้ำที่ไหลออกจากพืชหมัก (seepage loss) ซึ่งพบในกองหญ้าหมักที่ทดลอง นอกจากนี้หญ้าที่นำมาใช้หมักมีโปรตีนสูงถึง 8.2% เนื่องจากเป็น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หญ้าที่อายุตัดประมาณ 50 วัน ซึ่งการที่พืชมีโปรตีนสูงและมีเยื่อใยต่ำนั้นมีความเสี่ยงสูงที่จะได้หญ้าหมักคุณภาพต่ำ (Tjandraatmadja *et al.*, 1994 อ้างโดย สมสุข, 2544) เพราะปริมาณโปรตีนในพืชหมักจะมีความสัมพันธ์กับค่า buffering capacity นั่นคือพืชที่มีโปรตีนสูงจะมีค่า buffering capacity สูงตามไปด้วยเพราะโปรตีนมีสมบัติในการเป็นบัฟเฟอร์ (บุญล้อม, 2546) ซึ่งค่า buffering capacity ที่สูงจะมีผลทำให้กระบวนการทำพืชหมักเกิดขึ้นได้ยาก เพราะพืชจะสามารถรักษาหรือควบคุมความเป็นกรด – ด่างได้ ทำให้ pH ของพืชหมักลดต่ำลงช้าเกินไปจนจุลินทรีย์กลุ่มที่สร้างกรดแลคติกไม่สามารถเพิ่มประชากรได้ตามปกติ ทำให้ได้พืชหมักคุณภาพไม่ดี (เมธา, 2529)

ตาราง 4.10 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารแต่ละชนิดที่ใช้ในการทดลอง (ร้อยละของวัตถุแห้ง)
Table 4.10 Chemical composition of feedstuffs in feeding trial (% of dry matter).

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

[1/] คำนวณจากสมการของ Fonnesbeck *et al.* (1984)

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

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

[2/] อ้างตาม NRC (1988)

RS = หญ้ารูซี่หมัก RH = หญ้ารูซี่แห้ง RB = รำละเอียด FM = ปลาป่น SBM = กากถั่วเหลือง
GC = ข้าวโพดบด

องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารแต่ละชนิดที่ใช้เลี้ยงโคนมดังแสดงในตาราง 4.10 จะเห็นได้ว่า หญ้าแห้งมีโปรตีนสูงกว่าหญ้าหมักแต่มี ADF ต่ำกว่าทั้งๆที่หญ้าหมักและหญ้าแห้งที่ใช้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นี้มาจากแปลงเดียวกันและตัดที่อายุเท่ากัน ทั้งนี้เป็นเพราะหญ้าแห้งที่ใช้ทดลองได้มีการแยกเอาส่วนของก้านแข็งออกไปในขณะที่หญ้าหมักไม่ได้แยก ส่วนเปอร์เซ็นต์ของเถ้าในหญ้าหมักซึ่งมีค่าสูงกว่าหญ้าแห้งนั้น อาจเกิดเนื่องมาจากกากน้ำตาลที่พ่นลงไปบนแปลงหญ้าก่อนทำการตัดเพื่อนำมาหมัก เพราะกากน้ำตาลมีเปอร์เซ็นต์เถ้าประมาณ 13.3% (NRC, 2001) และนอกจากนี้อาจมีการปนเปื้อนของเศษดินหรือทรายที่ติดมากับหญ้าหมักบ้าง ส่วนอาหารข้นที่ใช้แต่ละสูตรมีองค์ประกอบทางเคมีต่างๆรวมทั้งค่าพลังงานที่ใกล้เคียงกัน (ตาราง 4.11)

ตาราง 4.11 ค่าความเป็นกรด – ด่างและองค์ประกอบทางเคมีของอาหารข้นทั้ง 4 สูตร

Table 4.11 pH value and Chemical composition of 4 concentrate diets.

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

[ν] คำนวณจากวัตถุดิบที่เป็นองค์ประกอบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.12 ค่า ความเป็นกรด- ด่างและองค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมครบส่วน (ร้อยละของวัตถุแห้ง)

Table 4.12 pH value and chemical composition of experimental TMR (% of dry matter).

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

จากตาราง 4.12 พบว่า TMR สูตร 1 และ 2 มีค่า pH สูง เพราะมีการเสริม $NaHCO_3$ และ MgO ในสูตรอาหาร ซึ่งสารดังกล่าวมีคุณสมบัติในการเป็นบัฟเฟอร์และด่าง ตามลำดับ จึงช่วยให้ pH ไม่ลดลงมาก แม้ว่าจะมีหญ้าหมักในสูตรอาหาร และการที่สูตร 2 มีค่า pH สูงกว่าสูตร 1 นั้นเป็นเพราะมีสัดส่วนของหญ้าหมักต่ำกว่า เนื่องจากมีการแทนที่หญ้าหมักบางส่วนด้วยหญ้าแห้ง สำหรับสูตร 3 แม้ว่าจะไม่มีหญ้าหมัก แต่เนื่องจากอาหารข้นมีค่า pH ต่ำ ประกอบกับไม่มีการเติมบัฟเฟอร์ในสูตรอาหารจึงทำให้ TMR สูตรนี้มี pH ต่ำ ในกรณีของสูตร 4 ซึ่งเป็นหญ้าหมักที่ไม่ได้เสริมบัฟเฟอร์นั้น กรดจากหญ้าหมักจะเป็นตัวการทำให้ pH ของอาหารต่ำลงมากกว่าทุกสูตร การวัด pH ในตัวอาหาร TMR อาจให้ผลที่แตกต่างกับสภาพจริงๆที่เกิดในตัวสัตว์ทั้งนี้เพราะจะมีการหลั่งน้ำลายซึ่งมีลักษณะเป็นด่างร่วมด้วย โดยเฉพาะสูตร 3 ที่ใช้หญ้าแห้งเป็นส่วนประกอบ ซึ่งน่าจะกระตุ้นการเคี้ยวเอื้องมากกว่าสูตรอื่น

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

ในส่วนของค่าพลังงานของอาหารผสมครบส่วนทั้ง 4 สูตร ซึ่งคำนวณจาก ค่าพลังงานของวัตถุดิบ ที่แสดงในตาราง 4.10 ได้ผลดังตาราง 4.13 จะเห็นได้ว่าอาหารทั้ง 4 สูตร มีค่าพลังงานทั้งในรูป TDN, ME และ DE ใกล้เคียงกันและมีค่า TDN ใกล้เคียงกับในงานทดลองของสันติ (2546) ที่ได้ทำการทดลองหาค่าการย่อยได้ของอาหารผสมครบส่วน ที่มีหญ้ารูซี่หมักเสริมหญ้าแห้งและโซเดียมไบคาร์บอเนต คือ 75.24 โดยหญ้ารูซี่ที่ใช้มีอายุตัดประมาณ 60 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.13 ยอดโภชนะย่อยได้ ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ และพลังงานย่อยได้ของอาหารผสมครบส่วนทั้ง 4 สูตร

Table 4.13 TDN, ME and DE of 4 TMRs.

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

[1/] คำนวณจาก ME = -0.45 + (0.04453 x TDN (%))

[2/] คำนวณจาก DE = 0.04409 x TDN (NRC, 1988)

ปริมาณวัตถุแห้งที่โคกินได้ของ TMR 3 สูตรแรกมีค่าไม่แตกต่างทางสถิติ (ตาราง 4.14) แต่มีแนวโน้มว่าโคกินอาหารสูตร 1 ได้น้อยที่สุด ซึ่งในรายงานของ Slyter (1976) ได้กล่าวไว้ว่าความเป็นกรดของพืชหมักมีส่วนทำให้โคกินอาหารได้ลดลง ส่วนอาหารสูตร 2 ซึ่งมีหญ้าหมักเช่นกัน แต่โคมีแนวโน้มกินได้มากกว่า เพราะมีหญ้าแห้งช่วยกระตุ้นให้เกิดการเคี้ยวเอื้อง และการหลั่งน้ำลาย ซึ่งมีฤทธิ์เป็นบัฟเฟอร์ ทำให้ pH ในกระเพาะรูเมนไม่ลดลงมากนัก จุลินทรีย์จึงมีการเจริญเติบโต และย่อยอาหารได้ดี ทำให้โคกินอาหารได้มาก อีกทั้งอาหารสูตร 2 นี้มีค่า pH สูงกว่าสูตร 1 ด้วย สำหรับอาหารสูตร 3 ซึ่งประกอบด้วยหญ้าแห้งและอาหารข้นโดยไม่มีหญ้าหมัก พบว่าโคกินอาหารได้ใกล้เคียงกับสูตรอื่น โดยที่โคทดลองสามารถกินอาหารคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวได้ระหว่าง 2.89 – 3.10 % ซึ่งอยู่ในช่วงปกติของโคให้นมในระยะนี้และมีค่าใกล้เคียงกับการทดลองของสันติ (2546) ที่พบว่าโคกินอาหาร TMR ประกอบจากหญ้ารูซี่หมักเสริมด้วยสารบัฟเฟอร์มีค่าระหว่าง 2.83 – 2.89 % ของน้ำหนักตัว

ตาราง 4.14 ปริมาณอาหารที่กินได้ และโภชนะที่โคได้รับ

Table 4.14 Dry matter and nutrient intake of cows.

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

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลผลิตและต้นทุนค่าอาหาร

ผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนมของโคทดลองแสดงใน ตาราง 4.15 พบว่าโคกลุ่มที่ได้รับ TMR สูตร 3 มีแนวโน้มให้ปริมาณผลผลิตน้ำนมมากกว่ากลุ่มอื่นและโคที่ได้รับ TMR สูตร 1 แสดงแนวโน้มการให้น้ำนมต่ำที่สุด แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างผลผลิตน้ำนมของแต่ละกลุ่ม ค่าเฉลี่ยของการให้นมอยู่ระหว่าง 19.97 – 21.44 กิโลกรัม/วัน เมื่อคิดเป็นน้ำนมปรับไขมัน 4% แล้วพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติเช่นกันและอยู่ในช่วง 18.96 – 20.04 กิโลกรัม/วัน เนื่องจากโคทั้ง 3 กลุ่มได้รับอาหารข้นในปริมาณสูง และอาหารข้นที่โคทุกกลุ่มได้รับมีปริมาณใกล้เคียงกัน การที่โคที่ได้รับ TMR สูตร 3 มีแนวโน้มให้ผลผลิตน้ำนมสูงกว่าโคในกลุ่มอื่น ๆ อาจเป็นเพราะ TMR สูตรนี้ไม่มีหญ้าหมักซึ่งเสริมความเป็นกรดในกระเพาะ จึงทำให้สภาพภายในกระเพาะรูเมนมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ อีกทั้งหญ้าแห้งสามารถช่วยกระตุ้นการเคี้ยวเอื้องและการหลั่งน้ำลาย ซึ่งมีส่วนในการรักษาสภาพความเป็นกรด - ด่างในกระเพาะรูเมน แต่เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ไขมันนมของโคที่ได้รับ TMR สูตร 1 มีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือโคที่ได้รับ TMR สูตร 2 และ 3 ตามลำดับ (4.07 vs 3.96 vs 3.51%) ทั้งนี้เพราะเปอร์เซ็นต์ไขมันนมจะแปรผกผันกับปริมาณนม อย่างไรก็ดีการที่อาหารสูตร 3 ทำให้โคผลิตไขมันต่ำที่สุดทั้งเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์และปริมาณต่อวันด้วยนั้น อาจเนื่องมาจากมีเยื่อใย (ADF และ NDF) ต่ำกว่า เพราะได้แยกส่วนของก้านแข็งซึ่งมีเยื่อใยสูงออกก่อนที่จะนำมาผสมอาหาร ทำให้การเกิดกรดอะซิติกซึ่งมาจากการหมักคาร์โบไฮเดรตพวกที่เป็นโครงสร้าง (structural carbohydrate) และเป็นสารต้นตอในการสร้างกรดไขมันต่ำกว่าโคที่ได้รับ TMR สูตร 1 และ 2 ซึ่งได้รับหญ้ารูซี่หมักที่ไม่มีการแยกเอาส่วนของก้านแข็งออก โคจึงได้รับเยื่อใยสูงกว่า นอกจากนี้อาจเนื่องมาจากการเสริม $NaHCO_3$ และ MgO ซึ่งมีส่วนช่วยป้องกันการลดต่ำลงของไขมันนมได้ (Linn, 1990) จากผลการทดลองในการทดลองที่ 2 ที่พบว่าอาหารสูตร 1 และ 2 มีรูปแบบของการสร้างกรดอะซิติกและบิวทีริกปริมาณมากกว่าสูตร 3 ซึ่งเป็นผลที่สอดคล้องกับผลที่เกิดต่อไขมันนมในการทดลองนี้ รวมทั้งในการทดลองที่ 2 ยังพบว่ารูปแบบการเกิดกรดอะซิติกและบิวทีริกของอาหารสูตร 3 นั้น ค่อยๆเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ซึ่งจะมีความปลอดภัยมากกว่าในแง่ของการเกิดแอสิโดสิส แต่ในแง่ของผลต่อไขมันในน้ำนมนั้นพบว่าทำให้มีค่าลดลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.15 ปริมาณและองค์ประกอบน้ำนมของโคที่กินอาหารผสมครบส่วนทั้ง 3 กลุ่ม

Table 4.15 Amount and chemical composition of milk from cows fed 3 TMR.

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

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

โปรตีนในน้ำนมของโคที่ได้รับ TMR สูตร 3 มีแนวโน้มสูงกว่าโคที่ได้รับอาหารสูตรอื่น ถึงแม้จะไม่แตกต่างทางสถิติ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากสภาพภายในกระเพาะรูเมนที่มีความเหมาะสมและเอื้อต่อการทำงานของจุลินทรีย์ที่อยู่ภายใน ทำให้ได้กรดอะมิโนที่มาจากอาหารและกรดอะมิโนที่ได้จากการย่อยโปรตีนของจุลินทรีย์ (microbial protein) ในปริมาณที่สูงกว่ากลุ่มอื่น และกรดอะมิโนเหล่านี้จะถูกดูดซึมเข้าสู่ต่อมน้ำนมเพื่อนำไปสังเคราะห์เป็นโปรตีนในน้ำนมต่อไป ในแง่ของปริมาณแลคโตสพบว่าโคทุกกลุ่มให้น้ำนมที่มีปริมาณแลคโตสที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน แต่ปริมาณแลคโตสในน้ำนมของโคที่ได้รับอาหารสูตร 3 มีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มอื่นถึงแม้ว่าจะไม่แตกต่างทางสถิติก็ตาม จากการที่น้ำนมของโคที่กินอาหาร TMR สูตร 3 มีค่าเฉลี่ยของโปรตีนและน้ำตาลในน้ำนมค่อนข้างมากกว่ากลุ่มอื่นจึงส่งผลให้มีของแข็งในน้ำนมไม่รวมไขมันมากขึ้นไปด้วย สำหรับปริมาณไขมัน โปรตีน แลคโตส และของแข็งในน้ำนมต่อวันของโคทดลอง มีรูปแบบในทิศทางเดียวกับส่วนประกอบในน้ำนม คือ กลุ่มที่กินอาหาร TMR สูตร 3 แสดงค่าที่ค่อนข้างดีกว่ากลุ่มอื่น เมื่อเปรียบเทียบปริมาณอาหารที่กินต่อการให้ผลผลิตน้ำนม พบว่าโคกลุ่มที่ได้รับ TMR สูตร 3 มี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำนมได้ดีที่สุด ทั้งนี้เนื่องมาจากปริมาณน้ำนมที่ได้มากกว่าโคที่ได้รับอาหารสูตรอื่น

ต้นทุนอาหารข้นและอาหารหยาบ ต่อการผลิตน้ำนม 1 กิโลกรัม (ตาราง 4.16) ของโคกลุ่ม 3 มีค่าต่ำที่สุด เนื่องจากไม่มีค่าใช้จ่ายของ $NaHCO_3$ และ MgO เหมือนกับใน 2 กลุ่มแรก ตลอดจนหญ้าแห้งแม้จะมีราคาแพงกว่าหญ้าหมัก แต่มีวัตถุแห้งมากกว่า จึงใช้ในปริมาณที่น้อยกว่า ทำให้มีต้นทุนต่ำกว่า ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มสัดส่วนของหญ้าแห้งเข้าไปในสูตรอาหาร จะช่วยลดต้นทุนการผลิตลงได้ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตน้ำนม เป็นที่น่าสังเกตว่าต้นทุนค่าอาหารในการทดลองนี้อาจมีค่าสูง ทั้งนี้เป็นเพราะในช่วงที่ทำการทดลองไม่ได้ปรับสูตรและปริมาณอาหารที่ให้ตามปริมาณน้ำนม เพราะต้องการดูผลการให้หญ้าหมักและอาหารข้นในระดับสูงต่อความเสี่ยงในการเกิดปัญหาแอสิโดสิส ซึ่งในงานทดลองนี้ใช้สัดส่วนของอาหารข้นถึง 70% จึงเป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ต้นทุนค่าอาหารค่อนข้างสูง

ในโคที่เกิดแอสิโดสิสนอกจากจะวัดผลที่เกิดกับน้ำนมแล้วยังสามารถดูผลจาก อัตราการหายใจ อัตราการเคี้ยวเอื้องและคุณสมบัติของสิ่งขับถ่ายที่เปลี่ยนแปลงไปจากปกติ ตลอดจนสามารถวัด pH ในปัสสาวะและในมูล ปริมาณวัตถุแห้งในมูล และให้คะแนนความคงตัวของมูล (fecal consistency score; FCS) ด้วย ดังแสดงในตาราง 4.17

ตาราง 4.16 ต้นทุนค่าอาหารในการผลิตน้ำนม (บาท/กก.น้ำนม)

Table 4.16 Feed cost for milk production (baht/kg of milk).

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

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

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.17 อัตราการหายใจ อัตราการเคี้ยวเอื้องและคุณสมบัติของสิ่งขับถ่าย

Table 4.17 Respiration rate, rumination rate, urine and fecal pH, fecal DM and fecal consistency score (FCS).

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

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

Note : fecal consistency score

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

จากตาราง 4.17 พบว่าอัตราการหายใจ อัตราการเคี้ยวเอื้อง pHในปัสสาวะ pHในมูลและปริมาณวัตถุแห้งในมูลของโคทุกกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จะแตกต่างกันก็เพียงค่าคะแนนความคงตัวของมูลที่พบว่ามูลของโคกลุ่มที่ได้รับอาหารสูตร 3 มีค่าสูงกว่าโคกลุ่มที่ได้รับอาหารสูตร 1 และ 2 คือมีลักษณะค่อนข้างคงตัวมากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับค่าวัตถุแห้งในมูลที่พบว่ากลุ่ม 3 มีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ 2 และ 1 ตามลำดับ ส่วนค่า pH ในมูลของโคกลุ่ม 1 มีแนวโน้มต่ำกว่ากลุ่มอื่น คือมี pH เท่ากับ 5.96 ทั้งนี้มีรายงานว่าโคที่มี pH ในมูลต่ำกว่า 6.00 แสดงถึงการได้รับอาหารข้นในปริมาณมากเกินไป ซึ่งอาจนำไปสู่การเกิดแอสิโดสิสได้ (Looper *et al.*, 2001) แต่เมื่อพิจารณาถึงค่า pH ในปัสสาวะพบว่ามีค่าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับทุกกลุ่ม แต่ไม่ต่างกันทางสถิติ และอยู่ในช่วง 7.4-8.4 ซึ่งเป็น pH ของปัสสาวะโคปกติ (เทอดชัย, 2542) ส่วนอัตราการหายใจ พบว่าโคทั้ง 3 กลุ่มหายใจเฉลี่ย 42.3 – 44.7 ครั้ง/นาที ซึ่งค่อนข้างสูงกว่าค่าปกติที่โคจะหายใจประมาณ 35-40 ครั้ง/นาที ทั้งนี้ขึ้นกับปัจจัยแวดล้อมอื่น ๆ ด้วย เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ รวมทั้งลักษณะเฉพาะตัวของโค เป็นต้น ในการทดลองนี้พบว่าอัตราการหายใจของโคแต่ละกลุ่มไม่ต่างกันทางสถิติ แม้ว่าจะมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ปกติเล็กน้อยก็ตาม โดยอุณหภูมิสภาพแวดล้อมขณะทดลองเฉลี่ย 21.56 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 70% โดยทั่วไปเมื่อโคเกิดภาวะความเป็นกรดใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

กระเพาะ กระเพาะจะมีการเคลื่อนไหวน้อย ทำให้มีอัตราการเคี้ยวเอื้องน้อยลงด้วย แต่ในงานทดลองนี้พบว่าโคแต่ละกลุ่มมีอัตราการเคี้ยวเอื้องไม่ต่างกัน โดยเฉลี่ยจะเคี้ยวเอื้อง 1 ครั้ง/วินาที จากผลการทดลองทั้งหมดในส่วนแรกนี้แสดงให้เห็นว่า การเสริม $NaHCO_3$ ร่วมกับ MgO และ/หรือ หญ้าแห้งช่วยป้องกันการเกิดปัญหาแอสิโดสิสได้ในระดับหนึ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการให้อาหารในรูปของอาหารผสมครบส่วนโดยการให้หญ้าแห้งเป็นแหล่งอาหารหยาบแทนหญ้าหมักจะให้ผลดีที่สุด

หลังจากเสร็จสิ้นการทดลองในคาบที่ 3 จึงเริ่มการทดลองใน trial 2 ต่อโดยให้โคทุกตัวที่ใช้ใน trial 1 กินอาหารสูตร 3 ซึ่งเป็นสูตรที่มีแนวโน้มดีที่สุด ในแง่ของการป้องกันการเกิดแอสิโดสิส โดยให้กินเป็นเวลา 14 วัน ก่อนที่จะให้อาหารสูตร 4 อีก 16 วัน อาหารสูตร 4 ที่ใช้นี้ประกอบด้วยหญ้ารูซี่หมักและอาหารข้นที่ไม่ได้เสริมบัฟเฟอร์ ซึ่งเป็นสูตรที่คาดว่าจะสามารถชักนำให้เกิดแอสิโดสิสได้ ผลการทดลองแสดงในตาราง 4.18

ตาราง 4.18 ผลของการใช้อาหารสูตร 3 เทียบกับอาหารสูตร 4

Table 4.18 Comparison of cow performances after fed T3 and T4.

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

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

จากการทดลองพบว่าเมื่อโคได้รับอาหารสูตร 3 ซึ่งใช้หญ้าแห้งเป็นส่วนผสมร่วมกับอาหารข้น โคให้นมเฉลี่ย 16 กิโลกรัม/วัน และลดลงอย่างมีนัยสำคัญเป็น 11.47 กิโลกรัม/วัน เมื่อให้อาหารสูตร 4 ซึ่งใช้หญ้าหมักผสมกับอาหารข้นโดยไม่เสริมสารบัฟเฟอร์ ซึ่งเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว พบว่าโคกินอาหารลดลงจาก 2.94 % เป็น 2.12 % ของน้ำหนักตัว ส่งผลให้ปริมาณน้ำนมของโคลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปลี่ยนอาหารจากสูตร 3 มาเป็นสูตร 4 ทั้งในรูปน้ำนมเฉลี่ยและน้ำนม 4 %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

FCM ในการทดลองใน trial 1 โคทดลองให้น้ำนมเฉลี่ยวันละ 20.6 กิโลกรัม คิดเป็นน้ำนม 4 % FCM วันละ 19.9 กิโลกรัม เมื่อผ่านการทดลองใน trial 1 มาแล้ว 60 วัน แล้วทดลองต่อใน trial 2 โดยให้กินอาหารสูตร 3 เป็นเวลา 14 วันน้ำนมโคลดลงเฉลี่ยเหลือ 18.9 กิโลกรัม และ 18.4 กิโลกรัม ตามลำดับ โดยลดลงวันละ 0.12 กิโลกรัมซึ่งเป็นไปตามปกติของโคที่ให้นมมาแล้ว 5.5 เดือนที่น้ำนมจะค่อยๆลดลง แต่เมื่อทดลองในระยะต่อมาที่ให้โคกินอาหารสูตร 4 อีก 16 วัน น้ำนมจะลดลงเหลือเพียง 16.1 กิโลกรัมหรือลดลงวันละ 0.18 กิโลกรัม และเป็นการลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งน่าจะเป็นผลของการเกิดแอสิโดสิสในกระเพาะหมักที่อาหารสูตร 4 ใช้หญ้าหมักที่มีกรดอะซิติกสูงร่วมกับอาหารข้นซึ่งสามารถถูกหมักและเปลี่ยนเป็นกรดแลคติกได้รวดเร็ว ส่งผลให้โคกินอาหารลดลงและทำให้น้ำนมลดลงในเวลาเดียวกัน เมื่อพิจารณารูปแบบของการเกิด VFA ของการหมักอาหารสูตร 4 ในหลอดแก้วในการทดลองที่ 2 ที่พบว่าความเป็นกรดของหญ้าหมักที่อยู่ในตัวหญ้าหมักนั้นเพียงพอที่จะหยุดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กลุ่มที่สร้างกรดอะซิติกและบิวทีริก แต่ยังคงมีจุลินทรีย์ที่หมักอาหารข้นสามารถเจริญได้ทำให้พบกรดโพรพิโอนิกเพิ่มขึ้น เหตุผลดังกล่าวจึงสนับสนุนผลของการทดลองนี้และ ชี้ให้เห็นผลชัดเจนของกรดที่อยู่ในพืชหมัก ที่สามารถส่งผลในทางลบต่อโคถ้าไม่มีการเสริมสารบัฟเฟอร์ การใช้หญ้าแห้งผสมอาหารข้นในระดับสูง (30:70) ดังในสูตรอาหาร 3 นั้นสามารถทำให้โคกินอาหารได้มากเป็นปกติและทำให้สามารถผลิตน้ำนมได้เป็นปกติ

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

สิ่งที่น่าสังเกตคือ เมื่อโคได้รับอาหารสูตร 4 พบว่ามีอัตราการหายใจหอบถี่กว่าเมื่อได้รับอาหารสูตร 3 อย่างไรก็ตามแม้ระหว่างการทดลองที่อุณหภูมิเริ่มสูงขึ้น เพราะอยู่ในช่วงเดือนเมษายนแต่ได้มีการใช้ระบบทำความเย็นแบบ evap และน้ำเย็นให้โคกินทุกตัวตลอดการทดลองดังนั้นการหายใจหอบถี่จึงน่าจะมีผลมาจากแอสิโดสิส คือเมื่อความเป็นกรดในกระแสเลือดเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นลักษณะเดียวกับการมีคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดสูง สัตว์จึงต้องระบายคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากร่างกายด้วยการหายใจถี่ขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าโคมีอัตราเคี้ยวเอื้องต่ำกว่าเมื่อได้รับอาหารสูตร 3 อันเป็นลักษณะอาการหนึ่งของแอสิโดสิสด้วย สำหรับค่า pH ในมูลและปัสสาวะของโคที่ได้รับอาหารสูตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4 นั้นยังถือว่าอยู่ในเกณฑ์ปกติ ส่วนค่าวัตถุแห้งในมูลและคะแนนความคงตัวของมูลในโคที่ได้รับอาหารสูตร 4 จะมีค่าต่ำกว่าสูตร 3 คือมีความเหลวมากกว่า ซึ่งจะสังเกตเห็นได้จากค่าวัตถุแห้งที่ต่ำกว่า ผลจากการทดลองนี้อาจเห็นผลของการเกิดแอสิโดสิสไม่ชัดเจนนัก ซึ่งอาจเป็นเพราะเกณฑ์ที่ใช้วัดผลในการเกิดแอสิโดสิส เช่น อัตราการหายใจ อัตราการเคี้ยวเอื้อง ค่าความคงตัวของมูล หรือค่าวัตถุแห้งในมูลซึ่งสามารถใช้เป็นดรรชนีบอกถึงภาวะกรดในกระเพาะรูเมนของโคได้ในกรณีที่เกิดอาการรุนแรง ไม่แสดงผลชัดเจนในโคที่เป็นแอสิโดสิสแบบ subclinical หรือแบบเรื้อรัง จึงจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลอื่นๆ มาประกอบร่วมด้วย เช่น pH ในกระเพาะรูเมน, pH ในเลือด หรือระดับไบคาร์บอเนตและ pCO_2 ในเลือด เป็นต้น ซึ่งไม่ได้วางแผนตรวจสอบไว้ในการทดลองนี้จึงควรมีการศึกษาในรายละเอียดโอกาสต่อไป อนึ่งการได้รับอาหารในรูปอาหารผสมครบส่วน เป็นการช่วยให้โคได้รับอาหารหยาบไปพร้อม ๆ กับอาหารข้น ทำให้ภาวะความเป็นกรดในกระเพาะรูเมนไม่ค่อยแสดงผลที่รุนแรงซึ่งนับเป็นข้อดีของการให้อาหารแบบนี้

ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตน้ำนม 1 กิโลกรัมของโคที่ได้รับอาหารทั้ง 2 สูตรนี้แสดงในตาราง 4.19

ตาราง 4.19 ต้นทุนค่าอาหารในการผลิตน้ำนม (บาท/กก.น้ำนม) ของโคที่ได้รับอาหารสูตร 3 และ 4

Table 4.19 Feed costs for milk production (baht/kg of milk) of cows fed TMR3 and TMR4 diets.

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

จากตาราง 4.19 จะเห็นว่าต้นทุนค่าอาหารข้นและอาหารหยาบต่อการให้น้ำนม 1 กิโลกรัมของโคที่ได้รับอาหารสูตร 3 ต่ำกว่า 4 ในส่วนของอาหารข้นสูตร 4 สูงกว่า เนื่องจากใช้ปริมาณกากถั่วเหลืองสูงกว่าสูตร 3 และในส่วนของอาหารหยาบนั้นพบว่าสูตร 3 ใช้ปริมาณหญ้าแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

น้อยกว่าเมื่อเทียบกับปริมาณหญ้าหมักที่ใช้ในสูตร 4 ถึงแม้ราคาหญ้าแห้งจะสูงกว่าหญ้าหมักแต่เมื่อนำมาคำนวณร่วมกับปริมาณการใช้ยังพบว่าสูตร 3 มีต้นทุนค่าอาหารหยาบต่ำกว่าสูตร 4

ผลสืบเนื่องของแอสิโดสิสต่อโคภายหลังการทดลอง

หลังจากการทดลองใน trial 2 แล้วโคทั้งหมดถูกนำกลับเข้าสู่ฝูงปกติที่เลี้ยงโดยใช้หญ้าหมักร่วมกับหญ้าแห้งโดยให้กินแบบอิสระและเสริมอาหารข้นวันละ 7-9 กิโลกรัม พบว่า โค 4 ตัวจาก 6 ตัวที่ใช้ในการทดลอง (66.6%) มีอาการเจ็บกีบ โดยโค 2 ตัว (33.3%) มีอาการที่รุนแรงจนไม่สามารถลุกและยืนกินอาหารได้ตามปกติจึงถูกคัดทิ้งออกจากฝูงหลังการทดลอง 2 เดือน ส่วนโคอีก 2 ตัว (33.3%) ใช้เวลารักษาจนเป็นเดินได้เป็นปกติภายในระยะเวลา 6 เดือน มีโคเพียง 2 ตัว (33.3%) เท่านั้นที่เป็นปกติและสามารถให้ผลผลิตและให้ลูกได้ตามกำหนด แสดงว่าแอสิโดสิสเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในฝูงโคนมที่ได้รับอาหารข้นในระดับสูงโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อให้ร่วมกับอาหารหมัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved