ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ก

ภาพแสดงขั้นตอนการทดลองและการเก็บข้อมูล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพผนวก 1 การสับใบปาล์มน้ำมันโดยผ่านเครื่องสับ

ภาพผนวก 2 การใส่กากน้ำตาลและการคลุกเคล้าใบปาล์มน้ำมัน

ภาพผนวก 3 การอัดใบปาล์มน้ำมันลงถังหมักขนาด 200 ลิตร

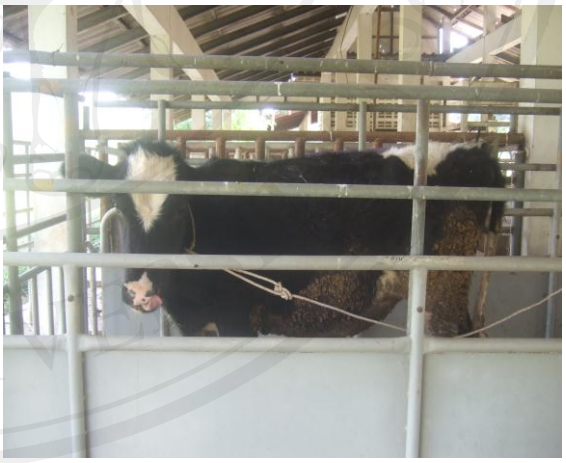
ภาพผนวก 4 ถังหมักขนาด 200 ลิตรที่ผ่านการอัดใบปาล์มน้ำมันเสร็จสิ้นแล้ว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพผนวก 5 สภาพของโคทดลองภายในคอก

ภาพผนวก 6 การเก็บตัวอย่างน้ำนมเพื่อนำไปวิเคราะห์ทางเคมี

ภาพผนวก 7 สภาพของโคทดลองภายในคอก



ภาพผนวก 8 ชั่งน้ำหนักโคนมรุ่นเพศเมีย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก 1 การประเมินคุณภาพของพืชหมักโดยใช้ประสาทสัมผัส (Organoleptic)

เป็นวิธีการที่นิยมที่สุดเพราะสามารถทำได้ง่ายโดยไม่เสียค่าใช้จ่ายใดๆ ได้ผลรวดเร็ว และผลที่ได้สามารถบ่งบอกคุณภาพได้ดีพอสมควรเหมาะสำหรับการใช้ปฏิบัติ วิธีการมีขั้นตอนดังนี้

1. หาข้อมูลทั่วไปของพืชที่นำมาหมัก เช่น อายุ ความแก่ อ่อน การออกดอก ติดเมล็ด ระยะการตัด ฤดูกาล ตลอดจนการให้ปุ๋ยของพืชที่นำมาหมัก เพราะปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อคุณภาพของพืชหมักตลอดจนปริมาณเยื่อใยและการย่อยได้ด้วย
2. ให้คะแนนตัดสินโดยอาศัยประสาทสัมผัส

	คะแนน
● กลิ่น (ควรตรวจสอบที่อุณหภูมิห้อง)	
- ปราศจากกลิ่นเน่าเสียมีกลิ่นหอมของกรด	14
- มีกลิ่นเน่าเจือปนบางๆ หรือมีกลิ่นกรดจัด หรือมีกลิ่นไหม้จางๆ ของพืชที่ผึ่งก่อนหมัก	10
- กลิ่นเน่าแรงขึ้นหรือมีกลิ่นน้ำตาลไหม้ชัด	4
- กลิ่นเน่าแรง มีกลิ่นแอมโมเนีย และมีกลิ่นกรดจางมาก	2
- เน่าเสีย	0
● โครงสร้าง	
- มีใบและก้านครบ	4
- ใบ	2
- เมือกลื่น มีสิ่งเจือปน	1
- ใบและก้านเปื่อยยุ่ย หรือปนเปื้อนมาก	0
● สี	
- มีสีของพืชหมักปกติคือ สีเขียวอมเหลือง	2
- สีเปลี่ยนไปมากคือ มีสีเหลืองค่อนไปทางน้ำตาล	1
- สีผิดปกติมาก คือ คือเขียวคล้ำออกดำ หรือเหลืองซีด หรือมีรา	0

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นำคะแนนทั้ง 3 หัวข้อมารวมกันแล้วอ่านผลตามเกณฑ์ต่อไปนี้

คะแนน	ลำดับขั้นของพืชหมัก	การสูญเสียโภชนะ
20 – 16	1 ดีมาก – ดี	น้อย
15 - 10	2 เกือบดี	ปานกลาง
9 – 5	3 ปานกลาง	สูง
4 – 0	4 เน่าเสีย	สูงมาก

หมายเหตุ เรื่องกลิ่นของพืชหมักนี้ถ้าพืชหมักผ่านการตากแดดหรือผึ่งเพื่อลดความชื้นกลิ่นพืชหมักจะไม่แรง แยกแยะได้ยาก

ภาคผนวก 2 วิธีวิเคราะห์ปริมาณกรดอินทรีย์โดยการกลั่น

ใช้พืชหมัก 30 กรัมผสมกับน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร นำไปปั่นในโถปั่นเป็นเวลานาน 2 นาที แล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้น

นำน้ำกรอง 240 มิลลิลิตรใส่ในบีกเกอร์

↓

เติมน้ำปูน 24 มิลลิลิตรและสารละลาย $CuSO_4$ 12 มิลลิลิตร

↓ คนด้วย magnetic stirrer นาน 5 นาที

กรองแล้วนำของเหลวที่ผ่านการกรอง 200 มิลลิลิตร

↓ ใส่ในขวดก้นกลมปริมาตร 500 มิลลิลิตร

เติมกรดกำมะถันเจือจาง (1:1) 5มิลลิลิตร และใส่เกล็ดหิน (pumic stone) 3 – 4 ชิ้น

↓ กลั่น ใน 20 นาที phenolpthalein

ได้สารละลาย 100 มิลลิลิตรแรก → ไตเตรตกับ NaOH 0.05 N (A)

↓ กลั่น ใน 10 นาที phenolpthalein

ได้สารละลาย 50 มิลลิลิตร → ไตเตรตกับ NaOH 0.05 N (B)

↓

เติมสารละลาย chromic oxide 55 มิลลิลิตร

↓ reflux 5 นาที

หยุดปฏิกิริยาด้วยน้ำเย็น 100 มิลลิลิตร

↓ กลั่น ใน 10 นาที phenolpthalein

ได้สารละลาย 50 มิลลิลิตร → ไตเตรตกับ NaOH 0.05 N (C)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นำค่าที่ไตเตรตได้ (A, B และ C) คูณด้วย 1.25 เป็นค่า D_1, D_2 และ D_3 ตามลำดับ นำไปเข้าสมการเพื่อคำนวณหาปริมาณกรดอะซิติก (A) บิวทิริก (B) และแลคติก (L) (Zimmer, 1966; อ้างโดยบุญล้อมและบุญเสริม, 2525)

$$\%A = 0.0962\ D_2 - 0.0213\ D_1$$

$$\%B = 0.0431\ D_1 - 0.0680\ D_2$$

$$\%L = 0.1230\ D_3 - (0.0086a + 0.0029b)$$

เมื่อ $a = 6.41\ D_2 - 1.42\ D_1$ และ $b = 1.96\ D_1 - 3.09\ D_2$

จากนั้นนำค่ากรดที่ได้จากสมการดังกล่าวไปคำนวณเป็นร้อยละของกรดทั้งหมด เมื่อนำคะแนนของกรดทั้ง 3 ชนิดมารวมกันแล้วเปรียบเทียบเป็นคะแนนจากตารางจะสามารถประเมินคุณภาพพืชหมักได้การตัดสินคุณภาพพืชหมัก

กรดอะซิติก[1]	คะแนน	กรดบิวทิริก[1]	คะแนน	กรดแลคติก[1]	คะแนน
0–15.0	20	0 – 1.5	50	0 – 20.0	-
15.1- 20.0	18	1.6 – 3.0	30	20.1 – 25.0	0
20.1 - 24.0	16	3.1 – 4.0	20	25.1 – 30.0	2
24.1 - 28.0	13	4.1 – 6.0	15	30.1 – 34.0	4
28.1 - 32.0	10	6.1 – 8.0	10	34.1 – 38.0	6
32.1 - 36.0	7	8.1 – 10.0	9	38.1 – 42.0	8
36.1 - 40.0	4	10.1 – 12.0	8	42.1 – 46.0	10
40.1 - 45.0	2	12.1– 14.0	7	46.1 – 50.0	12
45.1 - 50.0	0	14.1 – 16.0	6	50.1 – 54.0	14
50.1 - 55.0	0	16.1 – 18.0	4	54.1 – 58.0	16
55.1 - 60.1	0	18.1 – 20.0	2	58.1 – 62.0	18
		20.1 – 25.0	0	62.1 – 66.0	20
		25.1 – 30.0	0	66.1 – 70.0	24
		30.1 – 40.0	-5	70.1 – 75.0	28
		มากกว่า 40	-	มากกว่า 75	30
		มากกว่า 50	-		
		มากกว่า 60	-		

[1/]ค่าความเป็นกรดคิดเป็นร้อยละของกรดทั้งหมด

คะแนนรวม 0 – 20 = เกรด 5 (ต่ำ), 21 – 40 = เกรด 4 (ค่อนข้างพอใช้), 41 – 60 = เกรด 3 (พอใช้), 61 – 80 เกรด 2 (ดี) และ 81 – 100 = เกรด 1 ดีมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก 3 วิธีวิเคราะห์หาแอมโมเนียและแอมโมเนียไนโตรเจน

วิเคราะห์หาแอมโมเนีย (Chen *et al.,* 1994) โดยนำพืชหมักสด 10 กรัมไปปั่นร่วมกับสารละลายกรดกำมะถันเข้มข้น 0.1 N H_2SO_4 จำนวน 100 มิลลิลิตรในโถปั่นนาน 30 วินาทีแล้วกรองผ่านผ้าขาวบาง 2 ชั้น นำสารละลายที่ได้ไปกลั่นด้วยเครื่อง Tecator Auto - Kjeldahl analyzer โดยเลือกเติมเฉพาะ NaOH และ receiver หลังจากการกลั่นแล้วนำมาไตเตรตกับ HCL 0.01 N แล้วเข้าสมการดังนี้

$$\%NH_3 = \left\{(V\text{-}B) \times 14.007 \times 0.1 \times 100 \times 1.214285 \right\} / (1000 \times \text{weight})$$

$$\%NH_3 - N = \left\{(V\text{-}B) \times 14.007 \times 0.1 \times 100 \right\} / (1000 \times \text{weight})$$

วิเคราะห์หา total nitrogen โดยนำพืชหมักสด 3 กรัมนำไปย่อยและกลั่นด้วยเครื่อง Tecator Auto - Kjeldahl analyzer โดยใช้คำสั่งอัตโนมัติหลังจากการกลั่นแล้วนำมาไตเตรตกับ HCL 0.1 N แล้วเข้าสมการดังนี้

$$\text{Total N} = \left\{(V\text{-}B) \times 14.007 \times 0.1 \times 100 \right\} / (1000 \times \text{weight})$$

ภาคผนวก 4 การศึกษาทางโภชนะด้านพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (Metabolizable Energy-ME) และ พลังงานสุทธิ (Net Energy Lactation-NE_L) โดยเทคนิคการวัดแก๊ส (Hohenheim gas production technique)

การหาค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (OMD) พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นม (NE_L) ด้วยเทคนิควิธีวัดปริมาณแก๊ส (gas production technique) (Menke and Steingass, 1988)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อุปกรณ์

1. อ่างน้ำร้อน (water bath) ที่สามารถปรับอุณหภูมิให้คงที่ 39±0.5 องศาเซลเซียสที่มีเครื่องหมุน(rotator) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 เซนติเมตรที่ได้เจาะรูไว้สำหรับใส่หลอดตัวอย่างได้

2. จานหมุนหรือล้อหมุน (rotator) ประกอบด้วยจานกลมที่ทำด้วยแผ่นพลาสติกแข็ง 2 จาน เส้นผ่านศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร ซึ่งจานนี้เจาะรูไว้ 60 รูแต่ละรูเส้นผ่านศูนย์กลาง 36 มิลลิเมตร เพื่อเป็นช่องสำหรับเสียบหลอดตัวอย่างอาหาร (Piston-pipettes) ที่ฐานหรือแกนจานมีสายพานติดมอเตอร์ไฟฟ้าให้จานหมุนได้ด้วยความเร็ว 1-2 รอบต่อนาที

3. หลอดตัวอย่างอาหาร (Piston-pipettes หรือ glass syringes) มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 36 มิลลิเมตร ภายใน 32 มิลลิเมตร ยาว 200 มิลลิเมตร ความจุ 150 มิลลิเมตร มีขีดบอกปริมาตรถึง 100 มิลลิเมตร อ่านค่าได้ละเอียด 1 มิลลิเมตร (ลักษณะคล้ายหลอดฉีดยาขนาดใหญ่) ปลายหลอดติดกับสายยาง (silicone tube) เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 5 มิลลิเมตร ยาว 40 มิลลิเมตร และมีคลิปหนีบพลาสติกเพื่อปิดเปิดให้แก๊สออกได้

4. อุปกรณ์สำหรับเก็บน้ำจากกระเพาะหมัก (rumen fluid) ของสัตว์ที่ได้รับการเจาะกระเพาะไว้แล้วและภาชนะสำหรับใส่น้ำจากกระเพาะหมักที่มีความจุประมาณ 1 ลิตร

5. อุปกรณ์อื่นๆ เช่น

- ปิเปตอัตโนมัติขนาด 50 มิลลิเมตร
- เครื่องกวนสารละลายระบบแม่เหล็ก (magnetic stirrer)
- ถังแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

สารเคมี

1. Micro mineral solution ประกอบด้วย

13.2 g $CaCl_2$. $2H_2O$ +10.0 g $MnCl_2.4H_2O$ + 1.0 g $CoCl_2.6H_2O$ + 8.0 g $FeCl_3$.6H2O ละลายทั้งหมดให้เข้ากันด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร

2. Buffer solution ประกอบด้วย

4 g NH_4HCO_3+ 35 g $NAHCO_3$ ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น

3. Macro mineral solution ประกอบด้วย

5.7 g Na_2HPO_4 (anhydrous) + 6.2 g KH_2PO_4 (anhydrous) + 0.6 g $MgSO_4.7H_2O$ ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. resazurin solution 0.1 % (W/V)

ชั่ง 100 mg resazurin ละลายด้วยน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร

5. reduction solution ต้องเตรียมใหม่ทุกครั้งที่ทำการทดลอง และเตรียมก่อนเวลาเก็บ rumen fluid เพียงเล็กน้อยประกอยด้วย 2 ml 1N NaOH + 312 mg $Na_2S_9H_2O$ ใส่ลงในน้ำ 47.5 มิลลิลิตร

วิธีการ

1. นำอาหารหยาบทั้ง 4 Treatments และอาหารข้นมาทำให้แห้งโดยวิธี Freeze dry เพื่อลดการสูญเสียโภชนะจากความร้อนจากนั้นนำตัวอย่างอาหารที่ผ่านการอบแห้งบดผ่านตะแกรง 1 nm แล้วชั่งตัวอย่างประมาณ 200 mg ใส่ลงในหลอดแก้วที่คล้ายกระบอกฉีดยาที่มีขีดอ่านปริมาตรข้างหลอด โดยที่ปลายหลอดมีสายยางสั้นๆ และที่หนีบสำหรับปิดเปิดที่ปลายหลอดทำตัวอย่างละ 4 ซ้ำ และต้องมีหลอด blank คือไม่ใส่ตัวอย่างอาหารจำนวน 6 หลอดและหลอดสำหรับตัวอย่างอาหารหยาบและอาหารข้นมาตรฐานชนิดละ 3 หลอด เพื่อใช้ในการปรับค่าแก๊ส ก่อนใส่อาหารทดลองลงในหลอดแก้ว ควรทดสอบหลอดแก้ว (glass syringe) และแกนดัน (piston) โดยทาวาสลินบางๆ รอบแกนดัน แล้วลองใส่แต่ละคู่ให้พอดีกัน ไม่หลวมและฝืดจนเกินไป อุ่นหลอดที่ใส่ตัวอย่างอาหารไว้แล้วในตู้อบ 39 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำมาใช้

2. การเตรียม medium ให้เติมสารละลายดังตาราง

เพื่อความสะดวกในการปิเปตควรเตรียมสารละลายเผื่อปริมาณที่ต้องการไว้อีก 10 หลอด ผสมสารละลายหมายเลข 1-5 ก่อนที่จะเก็บน้ำจากกระเพาะหมัก แช่สารละลายในอ่างน้ำอุ่น39 องศาเซลเซียส ทำให้มีสภาพไร้ออกซิเจนโดยการผ่านแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ลงไปตลอดเวลาคนด้วย magnetic stirrer จากนั้นเติม reduction solution (สารละลายหมายเลข 6) สีของสารละลายจะค่อยๆ เปลี่ยนจากสีฟ้าเป็นสีชมพู และไม่มีสีตามลำดับ แสดงว่าเกิด reduction อย่างสมบูรณ์ แล้วจึงค่อยๆ เติม rumen liquor มิฉะนั้นค่าที่ได้จะไม่ถูกต้อง เพราะแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในหลอดจะถูกนำไปใช้ในการ reduction

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนประกอบของ rumen buffer medium ที่ใช้ในการศึกษาด้วยวิธีวัดปริมาณแก๊ส

สารเคมี	ปริมาตร (มิลลิลิตร) ต่อ 1 หลอด
1. น้ำกลั่น	10.0
2. Buffer solution	5.0
3. Macro mineral solution	5.0
4. Resazurin solution	0.025
5. Micro mineral solution	0.0025
6. Resuction solution	1.0
7. Rumen fluid	10.0

3. การเก็บน้ำจากกระเพาะหมัก และการ incubate กับตัวอย่าง ควรเก็บน้ำจากกระเพาะหมักก่อนให้อาหารสัตว์มื้อเช้า ขวดที่เก็บควรมีขนาด 1 ลิตร และทำขวดให้มีสภาพไร้ออกซิเจนโดยการผ่านแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ลงไป และลวกขวดด้วยน้ำอุ่น การเก็บจากกระเพาะหมักต้องเก็บให้เก็บให้เต็มเพื่อเป็นการไล่อากาศออกอีกทางหนึ่ง โดยใช้สายยางสอดลงไปที่ส่วนล่างของกระเพาะหมัก (ventral sac) เพื่อเก็บน้ำจากกระเพาะหมัก (rumen fluid) และควรใช้กระติกที่ช่วยรักษาอุณหภูมิของน้ำจากกระเพาะให้คงที่ ตวงน้ำจากกระเพาะหมักตามที่ต้องการแล้วผสมกับสารละลายหมายเลข 1-6 ในขวดที่วางในอ่างอุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียสคนให้เข้ากันตลอดเวลาด้วย magnetic stirrer ขณะเดียวกันก็ผ่านแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ลงในสารละลายโดยจุ่มสายยางลงในขวด ใช้ปิเปตอัตโนมัติปั๊มสารละลาย rumen liquor buffer mixture ผ่านท่อยางเข้าในหลอดตัวอย่างไล่ฟองแก๊สในหลอดออกให้หมด ปิดคลิปที่ปลายหลอดท่อย่าง อ่านปริมาตรของหลอดตัวอย่างและบันทึกไว้ (V_0)

4. บันทึก ค่าแก๊สที่เกิดขึ้นในช่วงเวลา 0 3 6 8 12 24 48 และ72 ชั่วโมงและคำนวณค่าแก๊สสุทธิที่ 24 ชั่วโมง สมการ (1) เสนอโดย Menke and Steingass (1988) ดังนี้

$$GP\ (ml/200\ mg\ DM, 24\ hr) = \frac{(Vt-Vo-GPt)\times 200\times (FH+FC)/2}{W} \qquad (1)$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อ GP = ปริมาณแก๊ส (มิลลิลิตร) ที่เกิดขึ้นเมื่อ incubate ตัวอย่างอาหาร 200 มิลลิกรัม (วัตถุแห้ง) ที่เวลา t ชั่วโมง

GP_t = ค่าเฉลี่ยของแก๊สที่เกิดในหลอด blank ที่ 1 ชั่วโมง

V_o = ปริมาณส่วนผสมทั้งหมดที่อ่านก่อน incubate

Vt = ปริมาณแก๊สเมื่อ incubate ได้ t ชั่วโมง

W = น้ำหนักตัวอย่าง (มิลลิกรัมวัตถุแห้ง)

FH = 44.43 / (GP_h - GP_o) ค่าปรับอาหารหยาบ

FC = 65.18/ (GP_c - GP_o) ค่าปรับอาหารข้น

Gph = ปริมาณแก๊สที่เกิดจากการ incubate ตัวอย่างอาหารหยาบมาตรฐาน (มิลลิลิตร)

Gpc = ปริมาณแก๊สที่เกิดจากการ incubate ตัวอย่างอาหารข้นมาตรฐาน (มิลลิลิตร)

ทำนายค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (Organic matter digestibility, OMD) และหาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy, ME) และค่าพลังงานสุทธิเพื่อการให้นม (net energy of lactation, NE_L) สำหรับอาหารหยาบ (roughages) ตามสมการ (2, 3, 4) ที่เสนอโดย Menke and Steingass (1988)

$$OMD\ (\%) = 15.38 + 0.0453GP + 0.0595XP + 0.0675XA \quad (2)$$

$$ME\ (MJ/kg) = 2.20 + 0.1357GP + 0.0057XP + 0.0002859XL^2 \quad (3)$$

$$NE_L\ (MJ/kg) = 0.54 + 0.0959GP + 0.0038XP + 0.0001733XL^2 \quad (4)$$

เมื่อ XP = ปริมาณโปรตีน (กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง)

XA = ปริมาณเถ้า (กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง)

XL = ปริมาณไขมันในตัวอย่าง (กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก 5 การหาค่าการย่อยได้แบบดั้งเดิม (Conventional method)

ในแต่ละคาบของการทดลอง (period) ใช้เวลาทั้งหมด 23 วัน โดย 14 วันแรกเป็นช่วงเวลาสำหรับให้โคและจุลินทรีย์ปรับตัวให้คุ้นเคยกับอาหาร (preliminary period) และช่วง 9 วันหลังเป็นช่วงเวลาเก็บข้อมูล (collection period) โดยวันที่ 15-19 เป็นช่วงเวลาสำหรับเก็บมูล เพื่อหาค่าการย่อยได้ปรากฏ (apparent digestibility) บันทึกปริมาณอาหารที่กินและมูลที่ขับออกมา สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารและมูล (5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสด) โดยทำการเก็บมูลทุกครั้งที่โคถ่ายออกมาจนครบ 24 ชั่วโมงทำการชั่งน้ำหนักแล้วสุ่มเก็บตัวอย่าง 10 เปอร์เซ็นต์ นำมาแช่แข็งเพื่อเก็บไว้วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี นำค่าที่ได้จากการวิเคราะห์มาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ปรากฏจากสมการ (บุญล้อม, 2540) ดังสมการ 3 และวันที่ 20-23 เป็นช่วงเวลาสำหรับเก็บตัวอย่างบริเวณลำไส้เล็กส่วนต้น

$$\text{สัมประสิทธิ์การย่อยได้ (\%)} = \frac{\text{โภชนะที่กิน} - \text{โภชนะที่ขับออก}}{\text{โภชนะที่กิน}} \times 100 \quad (5)$$

ประเมินค่าโภชนะรวมที่ย่อยได้ (Total Digestible Nutrient; TDN) จากสมการ 6

$$\text{TDN} = \text{DCP} + \text{DNDF} + \text{DNFC} + 2.25 \times \text{DEE} \quad (6)$$

เมื่อ DCP = โปรตีนที่ย่อยได้

DNDF = เยื่อใยที่ละลายในด่างที่ย่อยได้

DNFC = คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใยที่ย่อยได้

DEE = ไขมันที่ย่อยได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คำนวณค่าพลังงานรวม (gross energy, GE) พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy, ME) และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นม (net energy for lactation, NE_L) จากสมการที่เสนอโดย Kellner *et al.* (1984)

$$GE\ (MJ/kg) = 0.242CP + 0.0366EE + 0.0209CF + 0.0170NFE \quad (7)$$

$$ME\ (MJ/kg) = 0.0152DCP + 0.0342DEE + 0.0128DCF + 0.0159DNFE \quad (8)$$

$$NE_L(MJ/kg) = 0.4632 + 0.0024q \times ME \quad (9)$$

$$q = (ME/GE) \times 100$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ค

ข้อมูลการวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางผนวก 1 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของวัตถุแห้ง (DM) ของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.981[a]	3	.327	.724	.588
Intercept	8717.247	1	8717.247	19289.498	.000
t	.981	3	.327	.724	.588
Error	1.808	4	.452		
Total	8720.035	8			
Corrected Total	2.789	7			

[a.] R Squared = .352 (Adjusted R Squared = .134)

ตารางผนวก 2 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของโปรตีน (CP) ของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.107[a]	3	.036	2.255	.224
Intercept	489.376	1	489.376	31046.827	.000
t	.107	3	.036	2.255	.224
Error	.063	4	.016		
Total	489.545	8			
Corrected Total	.170	7			

[a] R Squared = .628 (Adjusted R Squared = .350)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางผนวก 3 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของไขมัน (EE) ของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.475[a]	3	.158	4.603	.087
Intercept	115.292	1	115.292	3352.733	.000
t	.475	3	.158	4.603	.087
Error	.138	4	.034		
Total	115.905	8			
Corrected Total	.612	7			

[a.] R Squared = .775 (Adjusted R Squared = .607)

ตารางผนวก 4 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของเถ้า (Ash) ของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.862[a]	3	.621	131.797	.000
Intercept	869.095	1	869.095	184515.455	.000
t	1.862	3	.621	131.797	.000
Error	.019	4	.005		
Total	870.976	8			
Corrected Total	1.881	7			

[a] R Squared = .990 (Adjusted R Squared = .982)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางผนวก 5 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของเยื่อใยรวม (CF) ของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.475[a]	3	.158	4.603	.087
Intercept	115.292	1	115.292	3352.733	.000
t	.475	3	.158	4.603	.087
Error	.138	4	.034		
Total	115.905	8			
Corrected Total	.612	7			

[a.] R Squared = .775 (Adjusted R Squared = .607)

ตารางผนวก 6 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของเยื่อใยที่ละลายได้ในด่าง (NDF) ของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1422.018[a]	3	474.006	35.803	.002
Intercept	27470.508	1	27470.508	2074.947	.000
t	1422.018	3	474.006	35.803	.002
Error	52.957	4	13.239		
Total	28945.483	8			
Corrected Total	1474.975	7			

[a] R Squared = .964 (Adjusted R Squared = .937)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางผนวก 7 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของเยื่อใยที่ละลายได้ในกรด (ADF) ของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	92.575[a]	3	30.858	122.564	.000
Intercept	13934.482	1	13934.482	55344.978	.000
t	92.575	3	30.858	122.564	.000
Error	1.007	4	.252		
Total	14028.064	8			
Corrected Total	93.582	7			

[a.] R Squared = .989 (Adjusted R Squared = .981)

ตารางผนวก 8 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของลิกนิน (ADL) ของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	7.377[a]	3	2.459	6.517	.051
Intercept	271.445	1	271.445	719.393	.000
t	7.377	3	2.459	6.517	.051
Error	1.509	4	.377		
Total	280.331	8			
Corrected Total	8.886	7			

[a] R Squared = .830 (Adjusted R Squared = .703)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางผนวก 9 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อเยื่อใยของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	53.371[a]	3	17.790	4.360	.027
Intercept	102447.054	1	102447.054	25107.357	.000
t	53.371	3	17.790	4.360	.027
Error	48.964	12	4.080		
Total	102549.389	16			
Corrected Total	102.335	15			

[a] R Squared = .522 (Adjusted R Squared = .402)

ตารางผนวก 10 การย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (OMD) ของของอาหารทดลองใบปาล์มหมักร่วมกับหญ้ากินนีสีม่วงทั้ง 4 ระดับ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	70.321[a]	3	23.440	2.937	.076
Intercept	84334.385	1	84334.385	10565.722	.000
t	70.321	3	23.440	2.937	.076
Error	95.783	12	7.982		
Total	84500.488	16			
Corrected Total	166.103	15			

[a] R Squared = .423 (Adjusted R Squared = .279)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก 11 พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) ของของอาหารทดลองใบปาล์มหมักร่วมกับหญ้ากินนีสีม่วงทั้ง 4 ระดับ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.185[a]	3	.395	5.337	.014
Intercept	2598.500	1	2598.500	35106.779	.000
t	1.185	3	.395	5.337	.014
Error	.888	12	.074		
Total	2600.573	16			
Corrected Total	2.073	15			

[a] R Squared = .572 (Adjusted R Squared = .464)

ตารางผนวก 12 พลังงานสุทธิเพื่อการให้นม (NE_L) ของของอาหารทดลองใบปาล์มหมักร่วมกับหญ้ากินนีสีม่วงทั้ง 4 ระดับ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	4.960[a]	3	1.653	1193.030	.000
Intercept	703.224	1	703.224	507448.544	.000
t	4.960	3	1.653	1193.030	.000
Error	.017	12	.001		
Total	708.201	16			
Corrected Total	4.977	15			

[a] R Squared = .997 (Adjusted R Squared = .996)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางผนวก 13 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งของอาหารทดลองใบปาล์มหมักร่วมกับหญ้ากินนีสีม่วงทั้ง 4 ระดับ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	156.352[a]	3	52.117	2.772	.087
Intercept	55334.627	1	55334.627	2943.013	.000
t	156.352	3	52.117	2.772	.087
Error	225.624	12	18.802		
Total	55716.603	16			
Corrected Total	381.976	15			

[a] R Squared = .409 (Adjusted R Squared = .262)

ตารางผนวก 14 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรียวัตถุของอาหารทดลองใบปาล์มหมักร่วมกับหญ้ากินนีสีม่วงทั้ง 4 ระดับ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	70.321[a]	3	23.440	2.937	.076
Intercept	84334.385	1	84334.385	10565.722	.000
t	70.321	3	23.440	2.937	.076
Error	95.783	12	7.982		
Total	84500.488	16			
Corrected Total	166.103	15			

[a] R Squared = .423 (Adjusted R Squared = .279)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางผนวก 15 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนรวมของอาหารทดลองใบปาล์มหมักร่วมกับหญ้ากินนีสีม่วงทั้ง 4 ระดับ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	55.333[a]	3	18.444	2.175	.144
Intercept	90852.365	1	90852.365	10712.734	.000
t	55.333	3	18.444	2.175	.144
Error	101.769	12	8.481		
Total	91009.467	16			
Corrected Total	157.102	15			

[a] R Squared = .352 (Adjusted R Squared = .190)

ตารางผนวก 16 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไขมันของอาหารทดลองใบปาล์มหมักร่วมกับหญ้ากินนีสีม่วงทั้ง 4 ระดับ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	35.969[a]	3	11.990	2.316	.127
Intercept	124632.071	1	124632.071	24077.946	.000
t	35.969	3	11.990	2.316	.127
Error	62.114	12	5.176		
Total	124730.154	16			
Corrected Total	98.083	15			

[a] R Squared = .367 (Adjusted R Squared = .208)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางผนวก 17 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใยรวมของอาหารทดลองใบปาล์มหมักร่วมกับหญ้ากินนีสีม่วงทั้ง 4 ระดับ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	88.666[a]	3	29.555	1.801	.200
Intercept	66218.682	1	66218.682	4036.238	.000
t	88.666	3	29.555	1.801	.200
Error	196.872	12	16.406		
Total	66504.220	16			
Corrected Total	285.538	15			

[a] R Squared = .311 (Adjusted R Squared = .138)

ตารางผนวก 18 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใยที่ละลายได้ในด่างของอาหารทดลองใบปาล์มหมักร่วมกับหญ้ากินนีสีม่วงทั้ง 4 ระดับ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	581.238[a]	3	193.746	10.812	.001
Intercept	60048.668	1	60048.668	3350.946	.000
t	581.238	3	193.746	10.812	.001
Error	215.039	12	17.920		
Total	60844.945	16			
Corrected Total	796.277	15			

[a] R Squared = .730 (Adjusted R Squared = .662)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางผนวก 19 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใยที่ละลายได้ในกรดของอาหารทดลองใบปาล์มหมักร่วมกับหญ้ากินนีสีม่วงทั้ง 4 ระดับ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	509.710[a]	3	169.903	4.345	.027
Intercept	37763.919	1	37763.919	965.705	.000
t	509.710	3	169.903	4.345	.027
Error	469.260	12	39.105		
Total	38742.890	16			
Corrected Total	978.971	15			

[a] R Squared = .521 (Adjusted R Squared = .401)

ตารางผนวก 20 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใยของอาหารทดลองใบปาล์มหมักร่วมกับหญ้ากินนีสีม่วงทั้ง 4 ระดับ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	36.201[a]	3	12.067	3.804	.040
Intercept	137918.369	1	137918.369	43482.918	.000
t	36.201	3	12.067	3.804	.040
Error	38.061	12	3.172		
Total	137992.631	16			
Corrected Total	74.263	15			

[a] R Squared = .487 (Adjusted R Squared = .359)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางผนวก 21 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของคาร์โบไฮเดรต ที่ย่อยได้ง่ายของอาหารทดลองใบปาล์มหมักร่วมกับหญ้ากินนีสีม่วงทั้ง 4 ระดับ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	53.371[a]	3	17.790	4.360	.027
Intercept	102447.054	1	102447.054	25107.357	.000
t	53.371	3	17.790	4.360	.027
Error	48.964	12	4.080		
Total	102549.389	16			
Corrected Total	102.335	15			

[a] R Squared = .522 (Adjusted R Squared = .402)

ตารางผนวก 22 โภชนะรวมย่อยได้ (TDN) ของของโคทดลองที่ได้รับอาหารทดลองใบปาล์มหมักร่วมกับหญ้ากินนีสีม่วงทั้ง 4 ระดับ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	600.436[a]	3	200.145	26.195	.000
Intercept	76743.534	1	76743.534	10044.239	.000
t	600.436	3	200.145	26.195	.000
Error	91.687	12	7.641		
Total	77435.657	16			
Corrected Total	692.123	15			

[a] R Squared = .868 (Adjusted R Squared = .834)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางผนวก 23 ค่าพลังงานรวม (GE) ของโคทดลองที่ได้รับอาหารทดลองใบปาล์มหมักร่วมกับหญ้ากินนีสีม่วงทั้ง 4 ระดับ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	44.267[a]	3	14.756	.824	.545
Intercept	10678.240	1	10678.240	596.264	.000
t	44.267	3	14.756	.824	.545
Error	71.634	4	17.909		
Total	10794.141	8			
Corrected Total	115.902	7			

[a]R Squared = .382 (Adjusted R Squared = .082)

ตารางผนวก 24 พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) ของโคทดลองที่ได้รับอาหารทดลองใบปาล์มหมักร่วมกับหญ้ากินนีสีม่วงทั้ง 4 ระดับ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.185[a]	3	.395	5.337	.014
Intercept	2598.500	1	2598.500	35106.779	.000
t	1.185	3	.395	5.337	.014
Error	.888	12	.074		
Total	2600.573	16			
Corrected Total	2.073	15			

[a]R Squared = .572 (Adjusted R Squared = .464)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางผนวก 25 พลังงานสุทธิเพื่อการให้นม (NE_L) ของโคทดลองที่ได้รับอาหารทดลองใบปาล์มหมักร่วมกับหญ้ากินนีสีม่วงทั้ง 4 ระดับ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2.444[a]	3	.815	54.017	.001
Intercept	351.877	1	351.877	23336.037	.000
t	2.444	3	.815	54.017	.001
Error	.060	4	.015		
Total	354.381	8			
Corrected Total	2.504	7			

[a] R Squared = .976 (Adjusted R Squared = .958)

ตารางผนวก 26 ปริมาณน้ำนมหลังการทดลองจากการกินอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	18.826	3	6.275	.534	.667
Within Groups	140.905	12	11.742		
Total	159.731	15			

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางผนวก 27 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนขององค์ประกอบของน้ำนมของโคทดลองทั้ง 4 กลุ่ม จากการกินอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ

	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Fat	Between Groups	0.610	3	0.203	0.631	0.609
	Within Groups	3.868	12	0.322		
	Total	4.478	15			
Protein	Between Groups	0.067	3	0.022	1.627	0.235
	Within Groups	0.166	12	0.014		
	Total	0.233	15			
Lactose	Between Groups	0.545	3	0.182	1.132	0.375
	Within Groups	1.924	12	0.160		
	Total	2.469	15			
Total solids	Between Groups	1.201	3	0.400	0.365	0.780
	Within Groups	13.179	12	1.098		
	Total	14.380	15			
Solids not fat	Between Groups	0.453	3	0.151	0.502	0.688
	Within Groups	3.612	12	0.301		
	Total	4.065	15			

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก 28 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่าง (Two sample t-test) ของอัตราการเจริญเติบโตของโคที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ

	t-value	df	Sig.
initial weight	0.000	6	0.665
final weight	0.511	6	0.652
weight gain	6.497	6	0.185
average daily gain(1^{st} month)	1.858	6	0.112
average daily gain(2^{nd}month)	1.622	6	0.156
average daily gain(3^{rd}month)	13.109	6	0.175
average daily gain	6.529	6	0.005
feed intake(%DM)	1.364	6	0.005
FCR	-11.264	6	0.006

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสาวชลนภา มุ่งดี

วัน เดือน ปี เกิด 16 พฤศจิกายน 2527

ประวัติการศึกษา

- **สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย**
  โรงเรียนเบญจมเทพอุทิศ จังหวัดเพชรบุรี ปีการศึกษา 2546
- **สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี**
  วิทยาศาสตรบัณฑิต (สัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร)
  คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร
  วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี อ. ชะอำ จ. เพชรบุรี ปีการศึกษา 2550

ผลงานวิจัย

ชลนภา มุ่งดี, โชค มิเกล็ด, จิรวัฒน์ พัสระ และ ขบวน อินทรักษ์. การใช้ใบปาล์มน้ำมันหมักกับหญ้ากินนีสีม่วงเป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับโคนม (ภาคบรรยาย). *ใน* : การประชุมวิชาการ มอบ วิจัย ครั้งที่4 ประจำปี 2554 มหาอุบลราชธานี วันที่ 4-5 สิงหาคม 2554

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved