KKU Res.j. 2014; 19(4) : 606-615
http://resjournal.kku.ac.th

ผลของโซเดียมไบคาร์บอเนตและเยื่อใยที่มีประสิทธิภาพในสูตรอาหารที่มีเปลือกมันสำปะหลังหมักในระดับสูง ต่อกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนและสมรรถนะการให้ผลผลิตของแกะขุน

Effects of Sodium Bicarbonate and Effective Fiber in Diets Containing High Level of Fermented Cassava Peel on Ruminal Fermentation and Productive Performances of Finishing Lamb

วัชรวิทย์ มีหนองใหญ่[1] และพิชาด เขจรศาสตร์[1]*
Watcharawit Meenongyai[1] and Pichad Khejornsart[1]*

[1]สาขาทรัพยากรเกษตรชีวภาพ คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติจังหวัดสกลนคร

*Correspondent author: csnwwm@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้เพื่อทดสอบผลของการเสริมโซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) และเยื่อใยที่มีประสิทธิภาพในอาหารแกะขุนที่ใช้เปลือกมันสำปะหลังหมักในระดับสูงเพื่อเป็นแหล่งของพลังงานและเยื่อใย โดยใช้แกะลูกผสม (ซานตาอิเนส x ดอร์เปอร์ x พื้นเมือง) จำนวน 16 ตัว จัดการทดลองแบบ 2x2 Factorial in randomized complete block design (RCBD) อาหารทดลองที่ใช้ได้แก่ 1) 0% ฟางข้าว + 0% $NaHCO_3$ 2) 0% ฟางข้าว + 1.5% $NaHCO_3$ 3) 10% ฟางข้าว + 0 % $NaHCO_3$ และ 4) 10% ฟางข้าว + 1.5% $NaHCO_3$ โดยให้กินอาหารสูตรรวมแบบเต็มที่ (*Ad libitum*) ผลการทดลองพบว่าการกินวัตถุแห้งและน้ำหนักวัตถุแห้งที่กินได้ต่อน้ำหนักตัวในแกะทดลองกลุ่มที่ 1 และ 2 สูงกว่ากลุ่มที่ 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยแกะทดลองกลุ่มที่ 2 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นตลอดการทดลองสูงกว่ากลุ่มที่ 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และมีแนวโน้มของน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวันสูงกว่ากลุ่มทดลองที่ 3 และ 4 ($P<0.1$) ส่วนการย่อยได้ของ วัตถุแห้ง โปรตีน และพลังงาน ของแกะทดลองกลุ่มที่ 1 และ 2 สูงกว่ากลุ่มที่ 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และการย่อยได้ของ ADF ในกลุ่มการทดลองที่ 2 มีค่าสูงกว่ากลุ่มการทดลองที่ 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) อย่างไรก็ตามอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก ต้นทุนค่าอาหารต่อหน่วยการเจริญเติบโต ค่าความเป็นกรด-ด่าง และองค์ประกอบของกรดไขมันระเหยง่ายในกระเพาะรูเมน ไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มการทดลอง ($P>0.05$) ดังนั้นจากการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่า การใช้เปลือกมันสำปะหลังหมักที่ระดับ 50% น้ำหนักแห้ง ร่วมกับการเสริมโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ระดับ 1.5% ในอาหารสูตรรวมแกะขุน จะทำให้สมรรถนะการให้ผลผลิตเพิ่มสูงขึ้น

Abstract

This study was conducted to determine the effects of sodium bicarbonate and effective fiber in finishing lamb diets that using high level of cassava peel as an energy and fiber sources. Sixteen crossbreed lambs (Santa Inês x

Dorper x Native) were allotted into a 2x2 factorial in randomized complete block design (RCBD). Dietary treatments were followed T1) 0% rice straw (RS) + 0% $NaHCO_3$, 2) 0% RS + 1.5% $NaHCO_3$, 3) 10% RS + 0% $NaHCO_3$ and 4) 10% RS + 1.5% $NaHCO_3$. Total mixed ration (TMR) was provided *Ad libitum* to all treatments. The results showed that dry matter intake and dry matter intake per body live weight were significantly higher in T1 and T2 than those T3 and T4 ($P<0.05$), body weight change in T2 were significantly higher than those T3 and T4 ($P<0.05$) and average daily gain in T2 were trend to be higher than those T3 and T4 ($P<0.1$). In addition, digestibilities of dry matter, crude protein and energy of T1 and T2 were significantly higher than those T3 and T4 ($P<0.05$) and ADF digestibility of T2 was significantly higher than those T3 and T4 ($P<0.05$). However, feed conversion ratio, feed cost per gain, ruminal pH and volatile fatty acid components were not significantly different among treatments ($P>0.05$). Therefore, the results of experiment suggested that using fermented cassava peel at 50% DM in TMR of finishing lamb with 1.5% $NaHCO_3$ as buffer source increased the productive performances.

คำสำคัญ: แกะขุน โซเดียมไบคาร์บอเนต เปลือกมันสำปะหลังหมัก เยื่อใย

Keywords: finishing lamb, sodium bicarbonate, fermented cassava peel, fiber

1. บทนำ

แกะ (*Ovis aries*) เป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก และเป็นสัตว์เลี้ยงเศรษฐกิจตัวใหม่ของประเทศไทยที่กำลังเป็นที่ต้องการของตลาด โดยตลาดหลักของการซื้อขายแกะคือพื้นที่ในเขตภาคใต้ของประเทศไทย รวมทั้งภัตตาคารอาหารหรือโรงแรมเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของนักท่องเที่ยว อย่างไรก็ตามปริมาณแกะในปัจจุบันยังไม่เพียงพอต่อความต้องการบริโภคภายในประเทศ เนื่องจากผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมเลือกซื้อแกะแบบเป็นตัวมีชีวิต และชำแหละโดยชาวมุสลิมเพื่อใช้ในการประกอบพิธีกรรมทางศาสนา (3)โดยในปี พ.ศ. 2556 ประเทศไทยมีจำนวนแกะที่เลี้ยง 42,040 ตัว (5) ซึ่งการเลี้ยงแกะในประเทศไทยมีทั้งการเลี้ยงแบบปล่อยแทะเล็มในแปลงหญ้าและการเลี้ยงขุนในคอก โดยใช้อาหารข้นเป็นหลักและให้อาหารหยาบประมาณ 10% เพื่อให้กระตุ้นให้ระบบย่อยทำงานได้ตามปกติ (4) สำหรับปัญหาหลักที่พบในการเลี้ยงแกะขุนคือราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่สูงขึ้น โดยเฉพาะแหล่งวัตถุดิบพลังงาน ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นตามไปด้วย โดยแนวทางลดต้นทุนการผลิตจึงมีการนำผลพลอยได้ทางการเกษตรมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารทดแทน อันได้แก่ เปลือกมันสำปะหลัง (Cassava peel) ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตแป้งมัน โดยคิดเป็นประมาณ 11% ของหัวมันสด จากข้อมูลการผลิตมันสำปะหลังปี พ.ศ. 2556 พบว่าประเทศไทยมีเนื้อที่เก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง 8,656,942 ไร่ สามารถผลิตหัวมันสำปะหลังสดได้ 30,227,542 ตัน โดยเนื้อที่เก็บเกี่ยวและผลผลิตเพิ่มขึ้นเพิ่มจากปี พ.ศ. 2555 คิดเป็น 1.69 และ 1.27% ตามลำดับ (15) ดังนั้นจะมีเปลือกมันสำปะหลังเป็นผลพลอยได้ออกมาประมาณ 3,325,030 ตัน ซึ่งมีปริมาณมากอีกทั้งยังราคาถูก โดยราคาจำหน่ายหน้าโรงงานอยู่ระหว่าง 0.19-0.22 บาท/กก. ในช่วงหน้าแล้งสามารถเก็บรักษาไว้โดยการตากแห้งและในช่วงหน้าฝนสามารถเก็บรักษาไว้โดยการหมัก ซึ่งการตากแห้งหรือหมักจะช่วยให้สารพิษ hydrocyanic acid (HCN) ที่มีในเปลือกมันสลายไปได้ (16) ขนาดของเปลือกมันสำปะหลังมีความยาวประมาณ 0.2-3.5 เซนติเมตร (เฉลี่ย 1.16 เซนติเมตร) (11) มีโภชนะคิดเป็นวัตถุแห้งคือ ความชื้น 67.0-74.1% โปรตีน 2.12-3.06% เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (acid detergent fiber; ADF) 21.0-42.4% เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (neutral detergent fiber; NDF) 32.0-66.7% และ คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใย (non fibrous carbohydrate, NFC) 60.2-64.6% (12) ดังนั้นจึงสามารถใช้เปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งของเยื่อใยและพลังงานในสูตรอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ อย่างไรก็ตามการใช้เปลือกมันสำปะหลังหมักในสูตรอาหารแกะขุนที่ระดับสูงนั้นอาจส่งผลกระทบต่อการย่อยได้ และกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน เนื่องจากเปลือกมันสำปะหลังหมักมีสัดส่วนของ NFC อยู่สูง และ

ความยาวของเยื่อใยมีขนาดสั้น โดย Owens และคณะ (18) รายงานว่า การที่มี NFC เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและมีจำนวนมากในกระเพาะรูเมน จะทำให้สัดส่วนของ VFA เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และ VFA ที่เพิ่มขึ้นจะเกิดการสะสมในรูเมนและด้วยสภาวะไร้ออกซิเจนจะทำให้กรดโพรพิโอนิกเปลี่ยนเป็นกรดแลคติก ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดภาวะกรดในกระเพาะรูเมน (rumen acidosis) และจะส่งผลให้สัตว์กินได้ลดลง โดย Kononoff และคณะ (9) รายงานว่าสัตว์เคี้ยวเอื้องจะต้องการอาหารหยาบเส้นยาว และการเพิ่มระดับของเยื่อใยและขนาดความยาวของเยื่อใยในสูตรอาหารจะทำให้เพิ่มกิจกรรมการเคี้ยวเอื้อง ซึ่งส่งผลให้การหลั่งน้ำลาย ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในกระเพาะรูเมนและสัดส่วนของกรดไขมันระเหยง่าย acetate : propionate เพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงทำการศึกษาการเสริมสารบัฟเฟอร์ และอาหารหยาบเส้นยาวเพื่อเป็นแหล่งของเยื่อใยที่มีประสิทธิภาพ (effective fiber) ในสูตรอาหารแกะขุนที่เลี้ยงด้วยเปลือกมันสำปะหลังหมักในระดับสูง เพื่อเป็นแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้ทางการเกษตรในการเลี้ยงสัตว์ และลดต้นทุนการผลิต

2. วิธีการวิจัย

2.1 สัตว์ทดลอง

ใช้แกะลูกผสม (ซานตาอิเนส x ดอร์เปอร์ x พื้นเมือง) น้ำหนักเฉลี่ย 21.5 กิโลกรัม อายุเฉลี่ย 15 เดือน จำนวน 16 ตัว เพศผู้ 4 ตัว เพศเมีย 12 ตัว โดยแกะทั้งหมดเลี้ยงในคอกขังเดี่ยว ทำการกำจัดพยาธิภายนอกและภายในก่อนการทดลอง โดยใช้ยาถ่ายพยาธิไอเวอร์เมกติน (Ivermectin) (Ivemectin 1%®, Vet Inter Pharma Co., Ltd., ประเทศไทย) ฉีดเข้าใต้ผิวหนัง 1 มล. ต่อน้ำหนักตัว 50 กก. และทำการปรับสัตว์ก่อนการทดลอง 14 วัน เพื่อให้คุ้นเคยกับอาหารและสถานที่ และทำการทดลองเป็นระยะเวลา 70 วัน รวมทั้งหมดเป็นระยะเวลา 84 วัน

2.2 อาหารทดลองและการให้อาหาร

เปลือกมันสำปะหลัง (เปลือกมันล้าง) หมักไว้ในถังพลาสติกขนาดบรรจุ 200 ลิตร อัดให้แน่นและปิดด้วยพลาสติกไว้เป็นเวลา 21 วัน ก่อนทำการทดลอง ฟางข้าวทำการสับด้วยเครื่องสับฟางให้มีขนาด 2-3 เซนติเมตร อาหารทดลองผสมแบบสูตรอาหารรวม (TMR) 4 สูตร และให้แกะกินแบบเต็มที่ (*Ad libitum*) โดยรายการวัตถุดิบในสูตรอาหารทดลองและองค์ประกอบทางเคมี ดังแสดงในตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

2.3 แผนการทดลอง

ใช้แผนการทดลองแบบ 2x2 Factorial in randomized complete block design (RCBD) โดยปัจจัยที่ศึกษามี 2 ปัจจัย ประกอบด้วย ฟางข้าว 2 ระดับ (0 และ 10%) และ $NaHCO_3$ 2 ระดับ (0 และ 1.5%) แบ่งได้เป็น 4 กลุ่มทดลอง จำนวน 4 บล็อก (เพศผู้ 1 บล็อก และ เพศเมีย 3 บล็อก) โดยสูตรอาหารทดลองครั้งนี้คือ

สูตรที่ 1. อาหาร TMR (0% ฟางข้าว + 0% $NaHCO_3$)

สูตรที่ 2. อาหาร TMR (0% ฟางข้าว + 1.5% $NaHCO_3$)

สูตรที่ 3. อาหาร TMR (10% ฟางข้าว + 0 % $NaHCO_3$)

สูตรที่ 4. อาหาร TMR (10% ฟางข้าว + 1.5% $NaHCO_3$)

2.4 การเก็บข้อมูลและเก็บตัวอย่าง

2.4.1 ชั่งน้ำหนักตัวแกะก่อนเข้าการทดลองและทุก 2 สัปดาห์ เพื่อหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนัก และอัตราการเจริญเติบโตของแกะ

2.4.2 บันทึกการกินอาหารและชั่งน้ำหนักของอาหารที่แกะกินเหลือในแต่ละวัน เพื่อนำไปวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตและการกินได้ของวัตถุแห้ง (dry matter intake, DMI)

2.4.3 สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารและมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์หาวัตถุแห้ง (dry matter, DM), เถ้า (ash), ไขมัน (ether extract, EE), โปรตีนหยาบ (crude protein, CP) ตามวิธีของ AOAC (1) และวิเคราะห์หาเยื่อใย NDF และ ADF ตามวิธีของ Goering และ Van Soest (6)

2.4.4 ศึกษาการย่อยได้ของอาหาร โดยใช้ Cr_2O_3 เป็นตัวบ่งชี้ และวิเคราะห์หา Cr_2O_3 ตามวิธีของ Titgemeyer และคณะ (22) โดยให้แกะกิน Cr_2O_3 เป็นเวลา 7 วัน และสุ่มเก็บตัวอย่างมูลสะสมเป็นเวลา 4 วัน ของการทดลองซึ่งเก็บตัวอย่างมูลในเวลา 08.00, 10.00, 14.00 และ 16.00 น. ของแต่ละวัน เพื่อคำนวณหาการย่อยได้

2.4.5 ศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่างของของเหลวในกระเพาะรูเมนโดยใช้ pH meter (HANNA instruments HI 8424 microcomputer)

2.4.6 ศึกษากรดไขมันที่ระเหยได้ง่าย (volatile fatty acid, VFA) ในกระเพาะรูเมนโดยใช้เครื่อง High-performance liquid chromatography (HPLC) (Agilent 1100 Series)

2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance, ANOVA) เนื่องจากน้ำหนักแกะเริ่มต้นไม่เท่ากัน ตามแผนการทดลองแบบ 2x2 Factorial in RCBD และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ตารางที่ 1 รายการวัตถุดิบในสูตรอาหารทดลอง (%DM)

Ingredients	0% Rice straw		10% Rice straw	
	0% $NaHCO_3$	1.5% $NaHCO_3$	0% $NaHCO_3$	1.5% $NaHCO_3$
Fermented cassava peel	50.00	50.00	50.00	50.00
Rice bran	14.74	13.18	8.00	8.00
Palm kernel meal	10.00	10.00	7.92	8.15
Soybean meal (44% CP)	8.00	8.37	7.00	7.43
Cassava chip	10.00	10.00	9.39	7.29
Urea	1.26	1.32	1.69	1.63
Sulfur	0.10	0.10	0.10	0.10
Mineral	0.50	0.50	0.50	0.50
Salt	0.50	0.50	0.50	0.50
Dicalcium phosphate	1.00	1.00	1.00	1.00
Molasses	4.00	4.00	4.00	4.00
Rice straw	0.00	0.00	10.00	10.00
$NaHCO_3$	0.00	1.50	0.00	1.50
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Cost of feed (baht/kg) [1]	2.28	2.26	2.11	2.10

[1] = ราคาต้นทุนค่าอาหาร (บาท/กิโลกรัมน้ำหนักสด)

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีในอาหารทดลองจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (%DM)

Chemical composition (%)	FCP	0% Rice straw		10% Rice straw	
		0% $NaHCO_3$	1.5% $NaHCO_3$	0% $NaHCO_3$	1.5% $NaHCO_3$
DM	34.03	42.89	41.10	41.29	43.19
CP	2.13	14.15	14.41	11.18	11.15
EE	0.76	3.47	3.58	2.27	2.67
ADF	21.11	20.72	21.03	21.21	20.92
NDF	47.45	44.11	44.38	51.31	53.18
Ash	7.29	18.58	18.04	19.32	19.06
GE (Mcal/kg)	3.99	4.03	4.01	3.94	3.94

FCP = Fermented cassava peel

3. ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

3.1 ผลต่อปริมาณการกินได้

จากการทดลองพบว่าแกะมีการกินวัตถุแห้งได้เฉลี่ย 0.95 กก./ตัว/วัน หรือประมาณ 3.66% ของน้ำหนักตัว ใกล้เคียงกับ Salinas-Chavira และคณะ (20) ที่รายงานว่าน้ำหนักวัตถุแห้งที่กินได้ต่อน้ำหนักตัวของแกะทดลองซึ่งมีค่าระหว่าง 0.82-0.96 กก./ตัว/วัน และสอดคล้องกับ NRC (14) รายงานว่าน้ำหนักวัตถุแห้งที่แกะกินได้ต่อน้ำหนักตัวสูงถึง 3.8-4.2% และพบว่าแกะทดลองกลุ่มที่ 1 และ 2 มีการกินวัตถุแห้ง และมีน้ำหนักวัตถุแห้งที่กินได้ต่อน้ำหนักตัวสูงกว่ากลุ่มที่ 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 3 ซึ่งอาจเนื่องมาจากการเสริมฟางข้าว 10% ในสูตรอาหาร เป็นอาหารหยาบเส้นยาว จึงทำให้ค่าเยื่อใย NDF ของกลุ่มที่ 3 และ 4 สูงกว่ากลุ่มที่ 1 และ 2 (ตารางที่ 2) จึงส่งผลให้การกินได้ของแกะลดลง สอดคล้องกับ NRC (13) รายงานว่าอาหารสูตรรวมที่มีเยื่อใย NDF 25-35% ไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ แต่ปริมาณการกินวัตถุแห้งจะลดลงเมื่อระดับของ NDF ในสูตรอาหารมากกว่า 35% เนื่องจากอาหารจะมีความฟ่ามและจะส่งผลต่อความจุของกระเพาะหมัก และจากการทดลองเสริมเปลือกมันสำปะหลังหมักที่ระดับสูงถึง 50% DM ในสูตรอาหารรวมอาจทำให้แกะได้รับอาหารหยาบเส้นยาวเพียงพอโดยไม่ต้องเสริมอาหารหยาบเส้นยาวอีก โดยพบว่าเปลือกมันสำปะหลังหมักที่ใช้ในการทดลองมีความยาวของเส้นใยอยู่ระหว่าง 0.2-3.9 เซนติเมตร (เฉลี่ย 2.15 เซนติเมตร) จึงมีคุณสมบัติในการเป็น effective fiber สอดคล้องกับ NRC (13) รายงานว่าอาหารหยาบควรมีขนาดของเส้นใยยาวไม่น้อยกว่า 1.9 เซนติเมตร จึงจะทำให้กระบวนการหมักย่อยของจุลินทรีย์เป็นปกติ

3.2 ผลต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนัก

จากการทดลองพบว่าแกะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นตลอดการทดลองเฉลี่ย 8.7 กก. และมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวัน 0.12 กก./ตัว/วัน (ตารางที่ 3) โดยแกะทดลองกลุ่มที่ 2 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นตลอดการทดลองสูงกว่า กลุ่มที่ 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และมีแนวโน้มของน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวันสูงกว่ากลุ่มทดลองที่ 3 และ 4 ($P<0.1$) ซึ่งอาจเนื่องมาจากแกะทดลองกลุ่มที่ 2 ได้รับอาหารที่มีเยื่อใย NDF ที่เหมาะสมและมีบัฟเฟอร์ช่วยในการปรับสภาพของกรด-ด่างในกระเพาะหมักให้มีความเหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ จึงส่งผลให้มีแนวโน้มของการเติบโตของแกะสูงขึ้น กว่ากลุ่มทดลองที่ 3 และ4 (ตารางที่ 3) สอดคล้องกับ Tripathi และคณะ (23) รายงานว่า การเสริมโซเดียมไบคาร์บอเนตในอาหารแกะที่เลี้ยงด้วยอาหารข้นในระดับสูง จะทำให้อัตราการเจริญเติบโตของแกะเพิ่มขึ้นโดยการเสริมที่ระดับที่ 1.5% ในสูตรอาหารรวมแกะจะมีการเจริญเติบโตได้สูงสุด และจากการวิเคราะห์อาหารทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่าอาหารทดลองกลุ่มที่ 1 และ 2 มีโปรตีนสูงกว่า กลุ่มที่ 3 และ 4 (ตารางที่ 2) จึงทำให้แกะได้รับโภชนะที่สูงกว่าจึงมีการเติบโตที่ดีกว่า ซึ่ง NRC (14) รายงานว่าแกะขุน มีความต้องการโปรตีน 10.0-14.7% ซึ่งการอัตราการเติบโตของแกะทดลองมีค่าใกล้เคียงกับ Oliveira และคณะ (17) รายงานว่าแกะขุนทดลองพันธุ์ Santa Inês มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.12-0.13 กก./ตัว/วัน อย่างไรก็ตามเมื่อแยกอิทธิพลของปัจจัยการทดลองพบว่า แกะที่กินอาหารสูตรที่ไม่เสริมฟางจะมีการเพิ่มน้ำหนักและการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันสูงกว่ากลุ่มที่เสริมฟาง 10% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 4 ซึ่งอาจเนื่องมาจากการกินได้ที่สูงขึ้น จะทำให้แกะได้รับสารอาหารและโภชนะที่ใช้สำหรับการเจริญเติบโตมากขึ้นตามไปด้วย (ตารางที่ 4)

3.3 ผลต่อประสิทธิภาพการใช้อาหารและต้นทุนการผลิต

จากการทดลองแกะมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักเฉลี่ย 7.96 ก.ก ซึ่งอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มการทดลอง (ตารางที่ 3) สอดคล้องกับ Jolly และ Wallace (8) รายงานว่าแกะขุนมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักอยู่ระหว่าง 4.6-10.4 และสอดคล้องกับ วัชรวิทย์ และภานุวัฒน์ (10) รายงานว่า แกะขุนด้วยเปลือกมันที่ระดับ 30% ในสูตรอาหารข้นร่วมกับการเสริมฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักเท่ากับ 9.76 และต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักของแกะทดลองมีค่าเฉลี่ย 41.32บาท/กก. (ตารางที่ 3) โดยไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกสูตรอาหารทดลอง ซึ่งเนื่องมาจากราคาต้นทุนค่าอาหารต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 1) และการเพิ่มน้ำหนักของแกะทดลอง (ตารางที่ 3) มีค่าใกล้เคียงกัน จึงทำให้ต้นทุนค่า

อาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักของแกะไม่แตกต่างกันด้วย สอดคล้องกับ วัชรวิทย์ และคณะ (12) ซึ่งรายงานผลของการเสริมผลพลอยได้จากโรงงานแป้งมันในสูตรอาหารแกะขุนที่ระดับ 30 และ 40% น้ำหนักแห้งร่วมกับฟางข้าว โดยมีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักแกะที่เพิ่ม 1 กก. เฉลี่ยเท่ากับ 42.07 บาท

ตารางที่ 3 ผลของการเสริมโซเดียมไบคาร์บอเนตและฟางข้าวในสูตรอาหารที่มีเปลือกมันสำปะหลังหมักต่อการกินได้ การเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารและต้นทุนการผลิต

Item	0% Rice straw		10% Rice straw		SEM	P-value
	0% $NaHCO_3$	1.5% $NaHCO_3$	0% $NaHCO_3$	1.5% $NaHCO_3$		
Total DMI[1] (kg/d)	1.15[a]	1.12[a]	0.75[b]	0.78[b]	0.09	0.02
DMI/BW[2], (%)	4.17[a]	4.09[a]	3.15[b]	3.23[b]	0.18	<0.01
BW change[3] (kg)	9.2[xy]	11.78[x]	7.10[y]	6.70[y]	1.16	0.05
ADG[4] (kg/d)	0.13[xy]	0.17[x]	0.10[y]	0.10[y]	0.02	0.06
FCR[5] (feed/gain, kg)	9.49	6.65	7.33	8.37	0.82	0.15
Feed cost/1kg BW gain[6] (baht/kg)	50.45	36.62	37.45	40.76	4.27	0.16

[1] = น้ำหนักของวัตถุแห้งที่กินได้ทั้งหมดต่อวัน

[2] = เปอร์เซ็นต์ของกิโลกรัมวัตถุแห้งที่กินต่อน้ำหนักตัว

[3] = น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง

[4] = น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวัน

[5] = อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก (อัตราส่วนของวัตถุแห้งที่กินได้ต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น)

[6] = ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น 1 กิโลกรัม (คำนวณจากราคาอาหารน้ำหนักสด)

[a,b,c] = ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกันแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$)

[x,y,z] = ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกันแสดงค่าเฉลี่ยที่มีแนวโน้มแตกต่างกัน ($P<0.1$)

ตารางที่ 4 ผลของการเสริมโซเดียมไบคาร์บอเนตและฟางข้าวในสูตรอาหารที่มีเปลือกมันสำปะหลังหมักต่อการกินได้ การเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารและต้นทุนการผลิต (แยกอิทธิพลของระดับฟางข้าวและ $NaHCO_3$)

Item	Rice Straw		$NaHCO_3$		SEM	P-value	
	0%	10.0%	0%	1.5%		Rice Straw	$NaHCO_3$
Total DMI[1] (kg/d)	1.14[a]	0.76[b]	0.95	0.95	0.09	<0.01	0.98
DMI/BW[2], (%)	4.13[a]	3.19[b]	3.66	3.66	0.18	<0.01	0.99
BW change[3] (kg)	10.50[a]	6.90[b]	8.16	9.24	1.16	0.01	0.38
ADG (kg/d)	0.15[a]	0.10[b]	0.12	0.13	0.02	0.02	0.41
FCR (feed/gain)	8.07	7.85	8.41	7.51	0.82	0.80	0.30
Feed cost/1kg BW gain (baht/kg)	43.54	39.11	43.95	38.69	4.27	0.33	0.25

[1] = น้ำหนักของวัตถุแห้งที่กินได้ทั้งหมดต่อวัน

[2] = เปอร์เซ็นต์ของกิโลกรัมวัตถุแห้งที่กินต่อน้ำหนักตัว

[3] = น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง

[a,b,c] = ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกันแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$)

3.4 ผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างและกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน

จากการทดลองพบว่า แกะมีค่าเฉลี่ยของระดับ pH ในกระเพาะรูเมนเท่ากับ 6.92 ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 5) โดยค่า pH ในกระเพาะรูเมนของแกะนั้นมีค่าสูงกว่า 6.0 แสดงว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของกระเพาะรูเมนอยู่ในระดับปกติ สอดคล้องกับ Russell และ Wilson (19) รายงานว่าโดยทั่วไปแล้วกระเพาะรูเมนจะมีค่า pH ประมาณ 6.8 และหากค่า pH ลดลงต่ำกว่า 6.0 จะส่งผลให้การย่อยได้ของเยื่อใยลดลง ทั้งนี้เนื่องจากเอนไซม์ที่ทำการย่อยเยื่อใยไม่สามารถทำงานได้ในสภาวะที่ pH ต่ำกว่า 6.0 และการทำงานของจุลินทรีย์ที่ย่อยเยื่อใย (fibrolytic bacteria) มีอัตราลดลงที่ pH ต่ำกว่า 6.0 ซึ่งส่งผลให้สัตว์เคี้ยวเอื้องมีการกินได้และการเติบโตลดลงไปด้วย อย่างไรก็ตาม Hall และ Thomas (7) ศึกษาการเสริมบัฟเฟอร์ 4 ชนิด ในอาหารโค ได้แก่ $CaHPO_4$, $CaCO_3$, $NaHCO_3$ และ $Na_4P_2O_7$ เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่เสริมบัฟเฟอร์ที่ให้กินอาหารข้น 80% พบว่า pH ในกระเพาะรูเมนของกลุ่มที่เสริมบัฟเฟอร์สูงกว่ากลุ่มที่ไม่เสริม และจากผลการทดลองพบว่าองค์ประกอบของกรดไขมันที่ระเหยง่ายในกระเพาะรูเมน ได้แก่ กรดอะซิติก (acetic acid, C_2) กรดโพรพิโอนิก (propionic acid, C_3) กรดบิวทิริก (butyric acid, C_4) สัดส่วนของ C_2:C_3 และ กรดไขมันระเหยง่ายรวมทั้งหมด (Total volatile fatty acid, TVFA) มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มการทดลอง (ตารางที่ 5) ซึ่งอาจเนื่องมาจากการได้รับเยื่อใยจากเปลือกมัน ซึ่งทำให้แกะได้รับ effective fiber ที่เพียงพอกับกระบวนการหมักของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน จึงส่งผลให้สัดส่วนของ C_2, C_3, C_4 และ TVFA ไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม Askar และคณะ (2) รายงานว่าการเสริมโซเดียมไบคาร์บอเนต 1.5% ในอาหารแกะขุนมีแนวโน้มทำให้สัดส่วนของ TVFA เพิ่มขึ้น และสัดส่วนของ C_2:C_3 เพิ่มขึ้น

3.5 ผลต่อการย่อยได้

จากการทดลองพบว่าแกะมีการย่อยได้ของวัตถุแห้งเฉลี่ย 60.33% โดยแกะทดลองในกลุ่มการทดลองที่ 1และ 2 มีการย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน และพลังงานสูงกว่าในกลุ่มการทดลองที่ 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 6 และแกะในกลุ่มการทดลองที่ 1 และ 2 มีการย่อยได้ของไขมันสูงกว่าในกลุ่มการทดลองที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และการย่อยได้ของ ADF ในกลุ่มการทดลองที่ 1 มีค่าสูงกว่ากลุ่มการทดลองที่ 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งอาจเนื่องมาจากสูตรอาหารที่เสริมฟางข้าว 10% ซึ่งเป็นอาหารหยาบคุณภาพต่ำ จึงส่งผลให้การย่อยได้ลดลง สอดคล้องกับ Soodeen-Karamath และ Youssef (21) รายงานว่าแกะที่กินฟางข้าวร่วมกับอาหารข้นมีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง 56.5% และแกะที่กินฟางข้าวและหญ้าสดร่วมกับอาหารข้นมีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง 57.9% สอดคล้องกับ Van Soest (24) รายงานว่าฟางข้าวมีสัดส่วนของซิลิกาและลิกนินอยู่สูงซึ่งมีผลทำให้การย่อยได้ของสัตว์เคี้ยวเอื้องลดลง

4. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

1. การกินวัตถุแห้ง และน้ำหนักวัตถุแห้งที่กินได้ต่อน้ำหนักตัวของแกะทดลองกลุ่มที่ 1 และ 2 สูงกว่ากลุ่ม ที่ 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. แกะทดลองกลุ่มที่ 2 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นตลอดการทดลองสูงกว่ากลุ่ม ที่ 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวันของแกะทดลองกลุ่มที่ 2 มีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่ม ที่ 3 และ 4

3. อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก และต้นทุนค่าอาหารต่อหน่วยการเจริญเติบโต ไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มการทดลอง

4. ค่าความเป็นกรด-ด่างและองค์ประกอบของกรดไขมันระเหยง่ายในกระเพาะรูเมน อันได้แก่ C_2, C_3, C_4, C_2:C_3 และ TVFA ไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มการทดลอง

5. การย่อยได้ของ วัตถุแห้ง โปรตีน และพลังงานของแกะทดลองกลุ่มที่ 1 และ 2 สูงกว่ากลุ่ม ที่ 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการย่อยได้ของ ADF ในแกะทดลองกลุ่มที่ 1 มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่า สามารถใช้เปลือกมันสำปะหลังหมักที่ระดับ 50% น้ำหนักแห้ง เป็นแหล่งของพลังงานและเยื่อใยในอาหารสูตรรวมแกะขุนได้ โดยการใช้ร่วมกับโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ระดับ 1.5% ทำให้การกินได้ การย่อยได้ และการเพิ่มน้ำหนักของแกะขุนสูงขึ้น

ตารางที่ 5 ผลของการเสริมโซเดียมไบคาร์บอเนตและฟางข้าวในสูตรอาหารที่มีเปลือกมันสำปะหลังหมักต่อค่าความเป็นกรด-ด่างและองค์ประกอบของกรดไขมันระเหยง่ายในกระเพาะรูเมน

Item	0% Rice straw		10% Rice straw		SEM	P-value
	0% $NaHCO_3$	1.5% $NaHCO_3$	0% $NaHCO_3$	1.5% $NaHCO_3$		
pH	6.98	6.80	6.98	6.93	0.05	0.07
C_2 (mol/100mol)	76.39	74.65	75.79	75.11	2.16	0.94
C_3 (mol/100mol)	21.4	22.14	22.59	21.39	1.74	0.95
C_4 (mol/100mol)	2.17	3.21	1.62	3.51	1.00	0.54
C_2:C_3	3.70	3.50	3.36	3.66	0.37	0.92
TVFA	94.78	81.10	72.71	89.78	14.03	0.70

C_2 = acetic acid, C_3= propionic acid, C_4 = butyric acid, TVFA = Total volatile fatty acid

ตารางที่ 6 ผลของการเสริมโซเดียมไบคาร์บอเนตและฟางข้าวในสูตรอาหารที่มีเปลือกมันสำปะหลังหมักต่อการย่อยได้ของโภชนะ

Item	0% Rice straw		10% Rice straw		SEM	P-value
	0% $NaHCO_3$	1.5% $NaHCO_3$	0% $NaHCO_3$	1.5% $NaHCO_3$		
Dry matter	68.48^{a}	67.23^{a}	51.83^{b}	53.80^{b}	3.86	0.02
Crude protein	72.10^{e}	70.70^{e}	45.48^{f}	43.10^{f}	4.75	<0.01
Ether extract	87.65^{a}	89.73^{a}	70.38^{b}	78.63^{ab}	3.69	0.02
NDF	64.50	63.98	53.48	52.85	3.36	0.06
ADF	58.23^{ab}	59.15^{a}	40.55^{c}	45.03^{bc}	4.17	0.03
Gross energy	68.38^{a}	66.73^{a}	50.28^{b}	52.40^{b}	4.04	0.02

^{a,b,c} = ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกันแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05)

^{e,f} = ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกันแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.01)

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ดำเนินการวิจัยขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณด้านการวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

(1) AOAC. Official Methods of Analysis of the AOAC. 14th ed., Washington, D.C. 1985.

(2) Askar AR, Guada JA, Gonzalez JM, Devega A, Castrillo C. Effects of sodium bicarbonate on diet selection and rumen digestion by growing lambs individually fed whole barley grain and a protein supplement at their choice. Anim. feed Sci.Technol. 2011; 164: 45-52.

(3) Cherdchom P, Pacheerat K, Intasorn U, Petchsri P. Lamb and goat meat demand in 5 southernmost provinces (Yala, Narathiwas, Pattani, Songkhla and Satun). Research report. 2010. Prince of Songkla University. [Internet]. [Cited 2014 Apr 22]. Available from: http://kb.psu.ac.th/psukb/handle/2010/8660, in Thai.

(4) Cheva-Isarakul B. Sheep production and sheep products. Chiang Mai: Faculty of Agriculture, Chiang Mai University; 2004, in Thai.

(5) Department of Livestock Development. Statistics of livestock in Thailand. [Internet]. 2014 [updated 2014 Jan 1; cited 2014 Apr 22].Available from: http://ict.dld.go.th/th2/images/stories/stat_web/yearly/2556/summaryreport/9.report56_sheep.pdf.

(6) Goering HK, Van Soest PJ. Forage fiber analysis. (Apparatus, reagents, procedures, and some applications). Agric. Handbook 379. ARS, USDA, Washington, DC. 1970.

(7) Hall MW, Thomas EE. 1984. Effect of selected dietary buffers upon utilization of concentrate or roughage based cattle diets: laboratory studies. J Anim Sci. 1984; 59:227-236.

(8) Jolly S, Wallace A. Best practice for production feeding of lambs: A review of the literature. Meat & Livestock Australia Limited, North Sydney, NSW; 2007. P. 42-48.

(9) Kononoff PJ, Heinrichs AJ. The effect of reducing alfalfa haylage particle size on cows in early lactation. J. Dairy Sci. 2003; 86:1445-1457.

(10) Meenongyai W, Khumpeerawat P. Effects of cassava flour industry by-products in diets on finishing lambs productive performance. Khon Kaen AGR. J. 2010; 38: 385-394, in Thai.

(11) Meenongyai W, Khumpeerawat P, Khejornsart P. Using by-products from cassava flour industry as energy and fiber sources in finishing lamb diets. King Mongkut's Agr. J. 2012; 30: 23-31, in Thai.

(12) Meenongyai W, Khumpeerawat P, Mahasawasde S, Muangnak W. Effects of using fermented cassava peel as an energy and fiber sources in diets on growth performance and carcass quality in the tropical finishing lambs. KKU Res. J. 2012; 17: 257-266, in Thai.

(13) NRC. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th Rev. Ed. Natl. Acad. Sci. Washington, DC. 2001.

(14) NRC. Nutrient Requirements of Sheep. 6th Rev. Ed. Natl. Acad. Sci. Washington, DC. 1985.

(15) Office of Agricultural Economics. Cassava. Agricultural statistics of Thailand 2013. [Internet]. 2014 [Cited 2014 Apr 22]. Available from: http://www.oae.go.th/download/download_journal/yearbook56.pdf.

(16) Ofuya CO, Obilor SN. The effects of solid-state fermentation on the toxic components of cassava peel. J. Biotech. 1994; 9: 25-28.

(17) Oliveira PB, Lima PMT, Campeche A, Mendonça S, Laviola BG, McManus C, Louvandini H. Growth and carcass characteristics of Santa Inês lambs fed diet supplemented with physic nut meal free of phorbol ester. Small. Rumin. Res. 2013; 114: 20-25.

(18) Owens FN, Secrist DS, Hill WJ, Gill DR. Acidosis in cattle: a review. J. Anim. Sci. 1998; 76: 275-286.

(19) Russell JB, Wilson DB. Why are ruminal cellulolytic bacteria unable to digest cellulose at low pH?. J. Dairy Sci. 1996; 79: 1503-1508.

(20) Salinas-Chavira J, Almaguer LJ, Aguilera-Aceves CE, Zinn RA, Mellado M, Ruiz-Barrera O. Effect of substitution of sorghum stover with sugarcane top silage on ruminal dry matter degradability of diets and growth performance of feedlot hair lambs. Small. Rumin. Res. 2013; 112: 73-77.

(21) Soodeen-Karamath S, Youssef FG. Effect of monensin, avoparcin and grass supplementation on utilization of urea-treated rice straw by sheep and goats. 1999; Small Rumin. Res. 33: 201-211.

(22) Titgemeyer EC, Armendariz CK, Bindel DJ, Greenwood RH, Lъest CA. Evaluation of titanium dioxide as a digestibility marker for cattle. J. Anim. Sci. 2001; 79:1059-1063.

(23) Tripathi MK, Santra A, Chaturvedi OH, Karim SA. Effect of sodium bicarbonate supplementation on ruminal fluid pH, feed intake, nutrient utilization and growth of lambs fed high concentrate diets. Anim. feed sci. Technol. 2004; 111:27-39.

(24) Van Soest PJ. Review: Rice straw, the role of silica and treatments to improve quality. Anim. Feed Sci. Technol. 2006; 130: 137–171.