

ผลของทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ต่อปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ในแพะ

Effect of Calcium Hydroxide Treated Oil Palm Frond on Feed Intake and Digestibility in Goats

ภูวดล เหมชะระ^{1*}, พีรวัจน์ ชูเพ็ง¹, นันนุรัตน์ คุ่มครอง¹ และ โสภณ บุญล้ำ¹
Puwadon Hamchara^{1*}, Peerawat Choopeng¹, Nunyarat Koomkrong¹
and Sophol Boonlum¹

บทคัดย่อ: งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (calcium hydroxide treated oil palm frond, CTOPF) ต่อปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ในแพะ โดยศึกษาในแพะลูกผสมพื้นเมือง-บอร์ 50% เพศผู้ อายุประมาณ 15-16 เดือน มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 20 ± 2.0 kg จำนวน 4 ตัว สุ่มแพะให้ได้รับอาหารตามแผนการทดลองแบบ 4×4 จัตรัสลาติน ประกอบด้วย 4 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ได้รับCTOPF ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6% เสริมด้วยอาหารข้น 0.5%BW ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบ อินทรีย์วัตถุ โปรตีนรวม ผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส ของแพะทั้ง 4 กลุ่ม ไม่แตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) อย่างไรก็ตาม สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบ อินทรีย์วัตถุ โปรตีนรวม ผนังเซลล์ เปรอร์เซ็นติโภชนะรวมที่ย่อยได้ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ ลดลงแบบโค้งกำลังสอง ($P < 0.01$) แต่สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของลิกโนเซลลูโลส เพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง ($P < 0.01$) นอกจากนี้ ค่าเมแทบอลิซึมในกระแสเลือด (blood glucose, BUN and PCV) ของแพะที่ได้รับ CTOPF ทุกระดับไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) ดังนั้น สามารถใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับ 2-4% ในการปรับปรุงคุณภาพทางใบปาล์มน้ำมันสำหรับใช้เป็นอาหารแพะ

คำสำคัญ: ทางใบปาล์มน้ำมัน, แคลเซียมไฮดรอกไซด์, แพะ

ABSTRACT: This study aimed to investigate the effect of calcium hydroxide treated oil palm frond (CTOPF) on feed intake and digestibility in goats. Four of 15-16 months old male crossbred (50% Thai Native-Boer) goats with average initial body weight (BW) 20 ± 2.0 kg were randomly assigned according to a 4×4 Latin square design. The four dietary treatments as following: COPF 0, 2, 4 and 6% with 0.5%BW of concentration, respectively. The results showed that there were no significant differences among treatments for total dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) intake ($P > 0.05$). However, digestion coefficients of DM, OM, CP, NDF, TDN and metabolizable energy (ME) were quadratic decreased ($P < 0.01$), but digestion coefficients of ADF was quadratic increased ($P < 0.01$) with increasing levels of calcium hydroxide in OPF. Moreover, the blood metabolite blood glucose, blood urea-nitrogen (BUN) and pack cell volume (PCV) were similar among treatments ($P > 0.05$). Therefore, level of calcium hydroxide at 2-4% can be improve the quality of oil palm frond for goat rations.

Keywords: Oil palm frond, calcium hydroxide, goats

Received December 12, 2018

Accepted June 12, 2019

¹ หลักสูตรสัตวศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี สุราษฎร์ธานี 84100

Program of Animal Science, Faculty of Science and Technology, Suratthani Rajabhat University, Suratthani 84100

* Corresponding author: puwadoner@hotmail.com

บทนำ

ปัญหาที่สำคัญการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องในพื้นที่ภาคใต้ คือ การขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพสำหรับเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง เนื่องจากการลดลงของพื้นที่ทำการเกษตรและสภาวะความแห้งแล้งที่ยาวนานในช่วงฤดูร้อน ดังนั้น การนำผลพลอยได้จากสวนปาล์มน้ำมันมาทดแทนพืชอาหารสัตว์โดยเฉพาะทางใบปาล์มน้ำมัน (oil palm frond, OPF) จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถช่วยลดภาระต้นทุนผู้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องทางภาคใต้ได้เป็นอย่างดี เนื่องจากเกษตรกรชาวสวนปาล์มน้ำมันจะมีการตัดทางใบปาล์มน้ำมันออกเฉลี่ย 2 ทางใบ ในระหว่างการเก็บเกี่ยวผลผลิตปาล์มทุกๆ 15 วันหรือคิดเป็น 44 ทางใบต่อไร่ เมื่อใช้อัตรการปลูก 22 ต้นต่อไร่ (ธีระ และคณะ, 2548) หรือประมาณ 453.20 กิโลกรัมต่อไร่ (โดยคิดเป็นน้ำหนักสดประมาณ 10.30 กิโลกรัมต่อทางใบ) (Islam et al., 2000) เพียงพอสำหรับทดแทนอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ อย่างไรก็ตาม การนำทางใบปาล์มน้ำมันมาผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพทั้งทางชีวภาพและเคมีมาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง พบว่า มีการย่อยได้ของโภชนะในสัตว์เคี้ยวเอื้องสูงกว่าการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันที่ไม่ผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพ (Ishida and Abu Hassan, 1997; Kawamoto et al., 2001; Hamchara et al., 2018) โดยจากการศึกษาของ จารุณี และคณะ (2551) พบว่า การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุของทางใบปาล์มน้ำมันมีค่าเท่ากับ 25.34% ซึ่งมีค่าค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารหยาบชนิดอื่นๆ ดังนั้นการปรับปรุงคุณภาพทางใบปาล์มน้ำมันก่อนนำไปใช้จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากในทางใบปาล์มน้ำมันมีส่วนประกอบของผนังเซลล์ (cell wall) และลิกโนเซลลูโลส (lignocellulose) สูง แต่มีปริมาณโปรตีนรวมและพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ต่ำซึ่งการใช้สารทางเคมี (กลุ่มต่าง) มาปรับปรุงคุณภาพผลพลอยได้ทางการเกษตรก็เป็นวิธีหนึ่งที่มี

ประสิทธิภาพในการสลายพันธะลิกโนเซลลูโลส (lignocellulosis) สูงกว่าวิธีอื่นๆ แต่หากสัตว์ได้รับปริมาณสารเคมีที่สูงอาจส่งผลทำให้เกิดพิษต่อสัตว์ ซึ่งสารเคมีที่นิยมใช้ ได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ ยูเรีย แอมโมเนียไฮดรอกไซด์ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และแคลเซียมออกไซด์ (Zaman and Owen, 1995; Chaudhry, 1998; Wanapat et al., 1996; Chaudhry, 2000) อย่างไรก็ตาม แคลเซียมไฮดรอกไซด์ Ca(OH)_2 เป็นด่างชนิดหนึ่งที่น่าสนใจ มีราคาถูกหาซื้อง่าย และมีปริมาณมาก นอกจากนี้ยังมีความเป็นพิษต่อสัตว์และมนุษย์ต่ำ (Pandey et al., 2015) จากการศึกษาของ Dias et al. (2011) ได้ทำการศึกษากการใช้ชานอ้อยหมักด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 4 ระดับ ได้แก่ 0, 8, 16 และ 24 กรัมต่อกิโลกรัมของชานอ้อยสดเพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบในแม่โคเนื้อ พบว่า เมื่อเพิ่มระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในชานอ้อย ส่งผลให้ปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบ อินทรีย์วัตถุ และผนังเซลล์ของแม่โคมีแนวโน้มลดลงแบบเส้นโค้งกำลังสอง (Quadratic) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ทำนองเดียวกับสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบและอินทรีย์วัตถุ พบว่า เมื่อระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในชานอ้อยสูงขึ้นส่งผลให้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบและอินทรีย์วัตถุในแม่โคมีแนวโน้มลดลงแบบเส้นโค้งกำลังสอง (Quadratic) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) และจากการศึกษาของ สุรเดช (2561) ได้ทำการศึกษากการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย-แคลเซียมไฮดรอกไซด์ เพื่อใช้เป็นอาหารผสมครบส่วน (total mix ration, TMR) ซึ่งใช้สัดส่วนอาหารชั้น:อาหารหยาบ เท่ากับ 60:40 ในแพะ มีทริทเมนต์ ดังนี้ 1.ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก 2.ทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5% 3.ทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5% และ 4.ทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์อย่างละ 2.5% พบว่า แพะทุกกลุ่มมีปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบ และค่ากลูโคสในกระแสเลือด (blood glucose) และค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่น

(packed cell volume, PCV) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่พบว่า แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมครบส่วนที่มีทางใบปาล์มหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5% และทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์อย่างละ 2.5% มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุสูงกว่าแพะกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ทำนองเดียวกับสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์ในแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมครบส่วนที่มีทางใบปาล์มหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5% และทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์อย่างละ 2.5% มีค่าสูงกว่าทุกกลุ่ม ($P < 0.05$) ดังนั้นการใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์หรือแคลเซียมไฮดรอกไซด์ร่วมกับยูเรียสามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพของทางใบปาล์มน้ำมันเพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารหยাবได้อย่างไรก็ตาม การศึกษาถึงอิทธิพลของระดับแคลเซียมไฮดรอกไซด์สำหรับการปรับปรุงคุณภาพทางใบปาล์มน้ำมันเพื่อใช้เป็นอาหารหยাবในแพะนั้นยังมีข้อมูลที่ไม่ชัดเจนและมีความน่าสนใจ ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมในการหมักทางใบปาล์มน้ำมันต่อปริมาณการกินได้การย่อยได้ในแพะ

วิธีการศึกษา

1. การเตรียมทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์

การเตรียมทางใบปาล์มน้ำมัน (OPF) นำทางใบปาล์มน้ำมันสดพันธุ์ลูกผสม Deli dura x Lame Pisifera อายุประมาณ 7 ปี จากสวนปาล์มน้ำมันของเกษตรกรหลังเก็บเกี่ยวทะเลาะปาล์ม ในตำบลท่าทอง อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี มาสับด้วยเครื่องสับหญ้าให้มีขนาดประมาณ 1.5-2.0 cm หลังจากนั้นทำการหมักด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์โดยมีสัดส่วนตามปัจจัยที่ศึกษา คือ ระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์: น้ำ: ทางใบปาล์มน้ำมันสด เท่ากับ 2, 4, และ 6:3: 100 ผสมให้เข้ากันแล้วนำมาใส่

ในถังพลาสติกขนาด 20 L อัดให้แน่นและปิดฝาให้สนิทใช้ระยะเวลาในการหมักประมาณ 30 วัน ที่อุณหภูมิห้อง 25°C ตามวิธีการทดลองของ สุรเดช และคณะ (2560)

2. การเตรียมสัตว์ทดลองอาหารทดลองและแผนการทดลอง

ใช้แพะลูกผสมพื้นเมือง-บอร์ 50% เพศผู้ อายุเฉลี่ย 15-16 เดือน และมีน้ำหนักเฉลี่ย 20 ± 2.0 kg จำนวน 4 ตัว มีสุขภาพสมบูรณ์ แข็งแรง ทำการกำจัดพยาธิภายนอกและพยาธิภายในโดยใช้ยาถ่ายพยาธิไอเวอร์เมกติน (Ivermectin) ทำการสุ่มให้แพะได้รับทรีทเมนต์ตามแผนการทดลองแบบ 4×4 จัตุรัสลาติน (4×4 Latin square design) โดยได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (calcium hydroxide treated oil palm frond, CTOPF) ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6% ตามลำดับ เสริมด้วยอาหารชั้น 0.5% ของน้ำหนักตัว (คิดเป็นวัตถุแห้ง) ตามวิธีการทดลองของณัฐรฐา (2552) โดยอาหารชั้นที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยข้าวโพดบด กากถั่วเหลือง ปลาป่น กระถินป่น กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม น้ำมัน กากน้ำตาล DCP เกลือ แร่ธาตุและวิตามินรวม (Table 1) คำนวนสูตรอาหารชั้นให้มีระดับโปรตีนรวม 15% โภชนะย่อยได้รวม 75% และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy, ME) 2.54 (Mcal ME/kgDM) ซึ่งมีโภชนะเพียงพอตามความต้องการของแพะน้ำหนักประมาณ 20-30 kg และมีอัตราการเจริญเติบโต 100 g/d ตามคำแนะนำของ NRC (1981)

แพะแต่ละตัวถูกเลี้ยงในคอกศึกษาการย่อยได้ (metabolism crate) ซึ่งเดี่ยวยกพื้น จำนวน 4 คอก มีรางอาหาร และที่ให้น้ำอยู่ด้านหน้า ทำการทดลอง 4 ช่วงๆ ละ 22 วัน ซึ่งประกอบด้วย ระยะปรับตัว (adaptation period) 14 วัน และระยะทดลอง (experimental period) 7 วัน โดยในระยะปรับตัวให้แพะได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับต่างๆ (อาหารหยাবได้รับแบบเต็มที่ *ad libitum*)

Table 1 Ingredient concentrate used in the experiment (% as DM basis).

Ingredients	Kg
Ground corn	60.00
Soybean meal	12.13
Fish meal	1.04
Leucaena meal	15.00
Palm kernel cake	7.33
Molasses	2.00
Dicalcium phosphate	1.00
Salt	0.50
Premix	1.00
Total	100
Estimated chemical composition (% DM ^{1/})	
CP (%)	15
ME (Mcal/kg)	2.54
TDN (%)	75

^{1/}calculated based on chemical composition of feedstuff reported by NRC (1981)

เสริมด้วยอาหารชั้น 0.5% ของน้ำหนักรีด (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ตัวตฤแห่ง) โดยให้วันละ 2 ครั้ง ในเวลา 07.00 น. และ 16.00 น. ทำการวัดปริมาณอาหารที่ให้ และอาหารที่เหลือทั้งในช่วงเช้า และช่วงเย็นของทุกวันเพื่อหาปริมาณการกินได้ ส่วนในระยะทดลองให้แพะได้รับอาหารตามกลุ่มทดลองเหมือนระยะปรับตัว แต่ลดปริมาณอาหารหยาบที่ให้เหลือเพียง 90% ของปริมาณที่กินได้ในช่วงระยะปรับตัว เนื่องจากต้องการให้แพะกินอาหารได้หมด

3. การเก็บตัวอย่าง และการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

จัดบันทึกข้อมูลปริมาณการกินได้ของทางไบปาล์มน้ำมันหมักและอาหารชั้นตลอดระยะเวลาการทดลองโดยการชั่งปริมาณอาหารที่ให้และอาหารที่เหลือทั้งในช่วงเช้าและช่วงเย็นของทุกวันเพื่อหาปริมาณอาหารที่กินได้ สุ่มเก็บตัวอย่างทางไบปาล์มน้ำมันหมัก อาหารชั้นและมูล แบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ชั่งน้ำหนักแล้วอบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง และส่วนที่ 2 นำไปอบที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 72 ชั่วโมงแล้วบดผ่านตะแกรงขนาด 1 mm

เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณวัตถุแห้ง (dry matter, DM) อินทรีย์วัตถุ (organic matter, OM) โปรตีนรวม (crude protein, CP) ไขมันรวม (ether extract, EE) ตามวิธีการของ AOAC (1995) และวิเคราะห์หาปริมาณผนังเซลล์ (NDF) และลิกโนเซลลูโลส (ADF) ตามวิธีการของ Van Soest et al. (1991)

สุ่มเก็บตัวอย่างเลือดแพะทดลอง ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหารในวันสุดท้ายของแต่ละระยะทดลอง โดยเก็บจากเส้นเลือดดำใหญ่บริเวณคอ (jugular vein) ปริมาณ 3ml ใส่หลอดที่มีเฮพาริน (heparinized) เพื่อป้องกันไม่ให้เลือดแข็งตัวนำมาปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ที่ความเร็วรอบ 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาทีและเก็บส่วนพลาสมา (plasma) เพื่อนำมาวิเคราะห์หาระดับยูเรียในเลือด (blood urea-nitrogen, BUN) (Crocker, 1967) โดยใช้เครื่อง spectrophotometer และวิเคราะห์ความเข้มข้นของ glucose ในเลือดใช้วิธี GOD-PAP method โดยใช้น้ำยาสำเร็จรูป (Glucose Liquicolor®, Germany) และปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (pack cell volume, PCV) ใช้วิธีการ Cumulative pulse height detection

method โดยใช้เครื่อง (Sysmex XN-1000R™ Hematology Analyzer)

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมด ได้แก่ ปริมาณการกินได้ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ โภชนะที่ย่อยได้รวมค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (packed cell volume, PCV) ค่ายูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือด (blood urea nitrogen, BUN) และค่ากลูโคสในกระแสเลือด (blood glucose) มาวิเคราะห์หาความแปรปรวนแบบ Analysis of Variance (ANOVA) ตามแผนการทดลอง 4x4 จตุรัสลาตินเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test และวิเคราะห์แนวโน้มการเพิ่มระดับของ CTOPF ด้วยวิธี Orthogonal polynomial (Steel and Torrie, 1980)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (calcium hydroxide treated oil palm frond, CTOPF) ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6% พบว่า มีองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุแห้ง (dry matter, DM) อินทรีย์วัตถุ (organic matter, OM) โปรตีนรวม (crude protein, CP) ไขมันรวม (ether extract, EE) เถ้า (ash) ผนังเซลล์ (neutral detergent fiber, NDF) ลิกโนเซลลูโลส (acid detergent fiber, ADF) และคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง (non-structural carbohydrate: NSC) ใกล้เคียงกัน (Table 2) สอดคล้องกับหลายการศึกษา พบว่าทางใบปาล์มน้ำมันมีวัตถุแห้งประมาณ 31-42% มีโปรตีนรวมประมาณ 4.20-8.64% มีไขมันรวมประมาณ 2.10-3.87% มีปริมาณของผนังเซลล์ 68.71-63.32% และปริมาณของลิกโนเซลลูโลสประมาณ 54.62-46.37% (Ishida and Abu Hassan, 1997; ประดิษฐ์ และคณะ, 2556; จารุณี และคณะ, 2552) อย่างไรก็ตาม พบว่าปริมาณของผนังเซลล์

และลิกโนเซลลูโลสของ CTOPF2 และ 4% มีลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับ CTOPF 0 และ 6% อย่างไรก็ตาม เนื่องจากต่างของ CaOH₂ ทำลายพันธะของเฮมิเซลลูโลสและลิกโนเซลลูโลสภายในทางใบปาล์ม น้ำมันส่งผลให้ผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลสลดลงสอดคล้องกับรายงานของ Zaman and Owen (1995) ได้ทำการศึกษา ผลของฟางข้าวบาร์เลย์หมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์และยูเรีย ต่อองค์ประกอบทางเคมีและการย่อยได้ภายนอกตัวสัตว์ (*in vitro*) พบว่า ปริมาณองค์ประกอบของลิกโนเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสลดลงในฟางข้าวบาร์เลย์หมักด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ฟางข้าวบาร์เลย์หมักยูเรีย และฟางข้าวบาร์เลย์หมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ร่วมกับยูเรีย เมื่อเปรียบเทียบกับฟางข้าวบาร์เลย์ สอดคล้องกับการศึกษาของ Chaudhry (1998) ได้ทำการศึกษาการใช้ฟางข้าวสาลีหมักแคลเซียมออกไซด์ โซเดียมไฮดรอกไซด์ และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่อกระบวนการหมักและการย่อยได้ในแกะ พบว่า ฟางข้าวสาลีหมักแคลเซียมออกไซด์ มีปริมาณของผนังเซลล์ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับฟางข้าวสาลีหมักโซเดียมไฮดรอกไซด์ และฟางข้าวสาลีหมักไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (P<0.05) แต่พบว่า ฟางข้าวสาลีหมักต่างทุกกลุ่มมีปริมาณของผนังเซลล์ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับฟางข้าวสาลี (P<0.05) เนื่องจากต่างทำให้สารกลุ่มเฮมิเซลลูโลสละลายออกมาจึงทำให้ปริมาณของผนังเซลล์ลดลงทำนองเดียวกับการศึกษาของ Dias et al. (2011) ได้ทำการศึกษาการใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับ 0, 8, 16 และ 24 กรัมต่อกิโลกรัมของขานอ้อย ต่อปริมาณการกินได้การย่อยได้ในแม่โคเนื้อ พบว่า ปริมาณของผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลสในขานอ้อยหมักด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับ 8, 16 และ 24 กรัมต่อกิโลกรัมขานอ้อยมีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับขานอ้อยหมักด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับ 0 กรัมต่อกิโลกรัมขานอ้อย เมื่อพิจารณาจากกลุ่มของ CTOPF 6% พบว่า มีปริมาณของผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลสใกล้เคียงกับกลุ่ม CTOPF 0% อาจเนื่องจากเนื้อสาร

ของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่มีปริมาณสูงในทางไบโपाल์มน้ำมันหมักจึงส่งผลให้ปริมาณผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลสไม่เปลี่ยนแปลงในกลุ่มของCTOPF6% ยิ่งไปกว่านั้นการเพิ่มปริมาณของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับ 2-6% มีปริมาณของโปรตีนรวมลดลง เนื่องจากคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้างลดลงจึงทำให้

จุลินทรีย์กลุ่ม proteolytic bacteria ใช้โปรตีนจากทางไบโपाल์มเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียและกรดไขมันระเหยง่าย (volatile acid) จึงทำให้โปรตีนลดลง (ส้ายันท์, 2547) และเมื่อเพิ่มระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์2-6% ทำให้ปริมาณของถ้าเพิ่มขึ้นสูงจึงส่งผลทำให้ปริมาณของอินทรีย์วัตถุและคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้างลดลง

Table 2 Chemical composition of calcium hydroxide treated oil palm frond (CTOPF) and concentrate used in the experiment (% dry matter basis)

Chemical composition	CTOPF ^{1/} (%)				Concentrate
	0	2	4	6	
Dry matter	40.79	39.39	39.58	39.17	88.23
Organic matter	91.11	86.58	85.14	83.11	95.44
Crude protein	5.74	5.72	5.43	5.11	15.48
Ether extract	2.32	2.43	2.02	2.07	3.46
Ash	8.89	13.42	14.86	16.90	4.56
NDF	65.87	64.01	64.47	66.23	32.31
ADF	45.87	45.26	45.77	45.89	16.23
NSC ^{2/}	17.18	14.42	13.22	9.69	44.19

NDF = neutral detergent fiber

ADF = acid detergent fiber

^{1/}CTOPF = calcium hydroxide treated oil palm frond

^{2/}NCS = non-structural carbohydrate Estimated: NCS = 100 - (%NDF + %Ash + %CP + %EE) (Mertens, 1997).

(Dias et al., 2011; สุรเดช, 2561) สำหรับองค์ประกอบทางเคมีของอาหารชั้นมี DM, OM, CP, EE, ash, NDF, ADF และ NSC เท่ากับ 88.23, 95.44, 15.48, 3.46, 4.56, 32.31, 16.23 และ 44.19% ตามลำดับ

ปริมาณการกินได้ของอาหาร

แพะที่ได้รับ CTOPF ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6% เสริมด้วยอาหารชั้น 0.5% ต่อน้ำหนักตัว (Table 3) ต่อปริมาณการกินได้อย่างอิสระของทางไบโपाल์มน้ำมันหมักที่เสริมด้วยอาหารชั้น (voluntary feed intake, VFI) (%DM) ในแพะลูกผสมพื้นเมืองไทย พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) ทั้งในแง่ปริมาณการกินได้ทั้งหมดทั้งที่คิดเป็นปริมาณเฉลี่ย (kg/d) และคิดเป็น %ของน้ำหนักตัว (%BW) หรือกรัมน้ำหนักแม่แทบอติก (g/kg W^{0.75}) ของทุกกลุ่ม สอดคล้องกับการศึกษาของสุร

เดช และคณะ (2560) ได้ทำการศึกษากการใช้ทางไบโपाल์มน้ำมันหมักยูเรียแคลเซียมไฮดรอกไซด์อย่างละ 2.5% ทางไบโपाल์มน้ำมันหมักยูเรีย 5% และทางไบโपाल์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5% เปรียบเทียบกับทางไบโपाल์มน้ำมันหมักในอาหารผสมเสร็จสำหรับแพะ พบว่าปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งทั้งหมด ปริมาณการกินได้คิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว และกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแม่แทบอติกของแพะทุกกลุ่มไม่แตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่จากการศึกษาของ Dias et al. (2011) ได้ทำการศึกษากการใช้ชานอ้อยหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับ 0, 8, 16 และ 24 กรัมต่อกิโลกรัมชานอ้อยในแม่โคเนื้อ พบว่าปริมาณการกินได้ทั้งหมดของวัตถุแห้งในแม่โคเนื้อที่ได้รับชานอ้อยหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับ 0-24 กรัมต่อกิโลกรัมชานอ้อย มีแนวโน้มลดลงแบบเส้นโค้งกำลังสอง

(Quadratic) เมื่อระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในขานอ้อยเพิ่มขึ้นมากกว่า 16 กรัมต่อกิโลกรัมขานอ้อยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบในทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์อยู่ในช่วง 34.36-30.36g/kgBW^{0.75} ซึ่งใกล้เคียงกับหลายการศึกษา ที่พบว่าปริมาณการกินได้ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักในแพะลูกผสมพื้นเมือง อยู่ในช่วงประมาณ 30-36 g/kgBW^{0.75} (ประดิษฐ์ และคณะ 2551; ณัฐสุธา, 2552) และปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบในแพะลูกผสมพื้นเมืองที่ได้รับ CTOF ที่ระดับ 0-6% เสริมด้วยอาหารชั้น 0.5% เพียงพอสำหรับการดำเนินในพื้นที่เขตร้อน โดย Devendra and Burns (1983) ได้แนะนำว่า ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้สำหรับการดำรงชีพของแพะในเขตร้อนอยู่ในช่วง 1.4-1.7 %BW หรือประมาณ 43.50-46.9 g/kgBW^{0.75}

Table 3 ปริมาณการกินได้ทั้งหมดของอินทรีย์วัตถุ (organic matter intake, OMI) ปริมาณการกินได้ทั้งหมดของโปรตีนรวม (crude protein intake, CPI) ปริมาณการกินได้ทั้งหมดของไฟเบอร์เนอทรัล (neutral detergent fiber intake, NDFI) และปริมาณการกินได้ของไฟเบอร์กรด (acid detergent fiber intake, ADFI) ของแพะที่ได้รับ CTOF ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6% ทุกกลุ่มไม่แตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) ทั้งปริมาณการกินได้ทั้งหมดที่คิดเป็นปริมาณเฉลี่ย (kg/d) และกรัมน้ำหนักแห้งแบบออลิก (g/kg W^{0.75}) อาจเนื่องมาจากปริมาณการกินได้ทั้งหมดของวัตถุดิบไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) และองค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันหมักทุกกลุ่มไม่ต่างกันสอดคล้องกับการศึกษาของ ณัฐสุธา (2552) ได้ทำการศึกษากการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักกากน้ำตาลที่ระดับ 0-6% เสริมด้วยอาหารชั้น 0.5% ในแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบีย 50% พบว่า ปริมาณการกินได้ทั้งหมดของอินทรีย์วัตถุ ปริมาณการกินได้ทั้งหมดของโปรตีนรวม ปริมาณการกินได้ทั้งหมดของไฟเบอร์เนอทรัลและปริมาณการกินได้ของไฟเบอร์กรด มีค่าเท่ากับ 34.15- 38.34, 4.29- 4.67 96, 21.44-23.53 และ 16.66-18.62 g/kg W^{0.75} ไม่แตกต่างกัน

($P > 0.05$) ในแพะทุกกลุ่ม เช่นเดียวกับการศึกษาของ Alam et al. (2005) ได้ทำการศึกษากการใช้ใบทั้งถอน (*Albizia procera*) หมักด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ โพลีเอธิลีนไกลด์คอน และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ร่วมกับโพลีเอธิลีนไกลด์คอน เปรียบเทียบกับใบทั้งถอนที่ไม่หมักในแพะรุ่น พบว่าปริมาณการกินได้ทั้งหมดของวัตถุดิบ และปริมาณการกินได้ทั้งหมดของอินทรีย์วัตถุในแพะทุกกลุ่มไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ขึ้นพบว่าปริมาณการกินได้ทั้งหมดของอินทรีย์วัตถุและโปรตีนรวมมีแนวโน้มลดลงแต่ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) เนื่องจากการเพิ่มของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ทำให้ได้เพิ่มขึ้นส่งผลให้อินทรีย์วัตถุลดลง สอดคล้องกับการศึกษาของ Dias et al. (2011) ได้ทำการศึกษากการใช้ขานอ้อยหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับ 0, 8, 16 และ 24 กรัมต่อกิโลกรัมขานอ้อยในแม่โคเนื้อ พบว่าปริมาณการกินได้ของอินทรีย์วัตถุในขานอ้อยหมักมีแนวโน้มลดลงแบบเป็นเส้นโค้งกำลังสอง (Quadratic) เมื่อระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้นมากกว่า 16 กรัมต่อกิโลกรัมขานอ้อย อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) แต่พบว่าปริมาณการกินได้ของไฟเบอร์เนอทรัลในขานอ้อยหมักมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้นมากกว่า 8 กรัมต่อกิโลกรัมขานอ้อย อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าปริมาณการกินได้ของโภชนะมีแนวโน้มลดลง (แต่ไม่แตกต่างสถิติ $P > 0.05$) เมื่อระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้นสูงกว่า 2% ในทางใบปาล์มน้ำมันหมักอาจเนื่องมาจากค่าความเป็นกรด-ด่างที่สูงกว่า 7 และปริมาณของโปรตีนที่ได้รับน้อย จึงมีผลกระทบต่อการทำงานของจุลินทรีย์กลุ่มย่อยเยื่อใย (cellulolytic bacteria) และอัตราการไหลผ่านของอาหารในกระเพาะรูเมน (rate of passage) ช้าลง จึงทำให้ปริมาณการกินได้ของโภชนะลดลง (van Soest, 1994)

Table 3 Effect of calcium hydroxide treated oil palm frond (CTOPF) on dry matter intake and nutrient in goats.

Item	CTOPF ^{1/} (%)				SEM	Contrast P-value ^{2/}		
	0	2	4	6		L	Q	C
DMI								
CTOPF								
kg/d	0.318	0.331	0.298	0.301	0.02	NS	NS	NS
%BW	1.54	1.62	1.42	1.46	0.11	NS	NS	NS
g/kgBW ^{0.75}	32.88	34.36	30.36	31.20	2.49	NS	NS	NS
Concentrate								
kg/d	0.102	0.105	0.106	0.105	0.002	NS	NS	NS
%BW	0.50	0.50	0.50	0.50	0.001	NS	NS	NS
g/kgBW ^{0.75}	10.57	10.63	10.73	10.80	0.08	NS	NS	NS
Total								
kg/d	0.420	0.436	0.404	0.406	0.02	NS	NS	NS
%BW	2.04	2.12	1.92	1.96	0.11	NS	NS	NS
g/kgBW ^{0.75}	43.45	44.99	41.09	42.00	2.48	NS	NS	NS
OMI								
kg/d	0.382	0.383	0.356	0.346	0.02	NS	NS	NS
g/kgBW ^{0.75}	39.66	39.52	36.19	35.74	2.20	NS	NS	NS
CPI								
kg/d	0.035	0.034	0.033	0.031	0.002	NS	NS	NS
g/kgBW ^{0.75}	3.67	3.55	3.33	3.19	0.15	NS	NS	NS
NDFI								
kg/d	0.239	0.258	0.238	0.242	0.02	NS	NS	NS
g/kgBW ^{0.75}	24.78	26.74	24.27	25.03	1.58	NS	NS	NS
ADFI								
%BW	0.159	0.155	0.154	0.160	0.001	NS	NS	NS
g/kgBW ^{0.75}	16.56	15.82	15.66	16.56	1.00	NS	NS	NS

^{1/}CTOPF = calcium hydroxide treated oil palm frond.

^{2/} L = linear, Q = quadratic, C = cubic.

SEM = Standard error of the mean (n=4).

สัมประสิทธิ์การย่อยได้

Table 4 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของแพะที่ได้รับ CTOPF ที่ระดับ 0, 2, 3 และ 4% เสริมด้วยอาหารข้น 0.5%BW พบว่าแพะกลุ่มที่ได้รับ CTOPF ที่ระดับ 2 และ 4% มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบสูงกว่าแพะที่ได้รับ CTOPF ที่ระดับ 0% อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) แต่เมื่อเปรียบเทียบแพะกลุ่มที่ได้รับ CTOPF ที่ระดับ 6% และ 0% มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) ระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้น 0-6% สัมประสิทธิ์การย่อยของวัตถุดิบ

ได้มีแนวโน้มลดลงแบบเส้นโค้งกำลังสอง (Quadratic) เมื่อระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์มากกว่า 4% อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) นอกจากนี้แพะกลุ่มที่ได้รับ CTOPF ที่ระดับ 2, 4 และ 6% มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุสูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับ CTOPF ที่ระดับ 0% ($P < 0.01$) แต่เมื่อระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้นมากกว่า 4% สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุมีแนวโน้มลดลงแบบเส้นโค้งกำลังสอง (Quadratic) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) เมื่อพิจารณาถึงสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนรวม พบว่าแพะกลุ่มที่ได้รับ CTOPF

ที่ระดับ 0, 2 และ 4% มีการย่อยได้ของโปรตีนรวมสูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับ CTOPF ที่ระดับ 6% ($P < 0.05$) เนื่องจากเมื่อระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์เพิ่มสูงกว่า 4% ทำให้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนรวมมีแนวโน้มลดลงแบบเส้นโค้งกำลังสอง (Quadratic) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนรวม มีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้นมากกว่า 4% เนื่องจากปริมาณโปรตีนรวมที่ลดลงใน CTOPF 6% และปริมาณการกินได้ของโปรตีนรวมที่ลดลงในแพะกลุ่มที่ได้รับ CTOPF 6% เพราะโปรตีนรวมที่ลดลงส่งผลทำให้ประสิทธิภาพกระบวนการหมักย่อยของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนลดลง จึงทำให้กระบวนการย่อยได้ของโภชนาผลลง โดยเฉพาะสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนรวมที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณโปรตีนรวมในอาหาร (van Soest, 1994) สอดคล้องกับการศึกษาของ Dias et al. (2011) ได้ทำการศึกษากการใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับ 0, 8, 16 และ 24 กรัมต่อกิโลกรัมขานอ้อยในแม่โคเนื้อ พบว่า แม่โคเนื้อที่ได้รับขานอ้อยหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับ 0-24 กรัมต่อกิโลกรัมขานอ้อย มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบ และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ ลดลงแบบเส้นโค้งกำลังสอง (Quadratic) เมื่อระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์เพิ่มมากกว่า 16 กรัมต่อกิโลกรัมขานอ้อย ($P < 0.01$) ทำนองเดียวกับสัมประสิทธิ์การย่อยของโปรตีนรวมในแม่โคเนื้อที่ได้รับขานอ้อยหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์มากกว่า 16 กรัมต่อกิโลกรัมขานอ้อยมีแนวโน้มลดลง ($P < 0.05$) เช่นกัน เมื่อพิจารณาถึงค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์ พบว่าแพะกลุ่มที่ได้รับ CTOPF ที่ระดับ 2, 4 และ 6% มีค่าสูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้ CTOPF 0% ($P < 0.01$) แต่สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของลิกเนลลูโลสของแพะกลุ่มที่ได้รับ CTOPF 2, 4 และ 6% มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง (Linear) สูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับ CTOPF 0% ($P < 0.01$) อย่างไรก็ตาม พบว่าแพะกลุ่มที่ได้รับ CTOPF 2 และ 4% มีเปอร์เซ็นต์โภชนาผลรวมที่ย่อยได้สูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับ CTOPF 0% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) เนื่องจากต่างของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ช่วยลดและทำลาย

พันธะลิกเนลลูโลส และสลายพันธะโครงสร้างน้ำตาลของเฮมิเซลลูโลสยิ่งไปกว่านั้นยังทำให้เกิดการพองตัวและเพิ่มความพรุนของพันธะลิกเนลลูโลส (Pandey et al., 2015) ส่งผลให้จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนสามารถเข้าไปย่อยได้มากขึ้น จึงทำให้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบ อินทรีย์วัตถุ ผนังเซลล์และลิกเนลลูโลสเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของสุรเดช (2561) ที่ได้ทำการศึกษากการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5% ทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5% และทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียรวมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 2.5% เพื่อใช้เป็นอาหารผสมครบส่วนสำหรับแพะ พบว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมครบส่วนที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5% และทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียรวมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 2.5% มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุและสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์สูงกว่าแพะกลุ่มอื่น ($P < 0.05$) อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าเมื่อระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้นสูงกว่า 4% ทำให้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์และเปอร์เซ็นต์โภชนาผลรวมที่ย่อยได้มีแนวโน้มลดลงแบบเส้นโค้งกำลังสอง (Quadratic) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) เนื่องจากปริมาณของโปรตีนรวมในอาหารและปริมาณการกินได้ของโปรตีนลดลงส่งผลให้การย่อยได้ลดลง สอดคล้องกับการศึกษาของ Dias et al. (2011) พบว่า เมื่อระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์สูงกว่า 16 กรัมต่อกิโลกรัมขานอ้อยทำให้แม่โคเนื้อที่มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์และเปอร์เซ็นต์โภชนาผลรวมที่ย่อยได้ มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)

Table 4 แพะที่ได้รับ CTOPF ที่ระดับ 2, 4 และ 6% เสริมด้วยอาหารชั้น 0.5%BW มีพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้คิดเป็นหน่วย (Mcal/Kg) สูงกว่าแพะที่ได้รับ CTOPF ที่ระดับ 0% ($P < 0.01$) แต่พบว่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ที่แพะได้รับต่อวัน (Mcal/day) ทุกกลุ่มไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) อยู่ในช่วง 0.82-0.73 Mcal/day ซึ่งใกล้เคียงกับค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพของแพะ น้ำหนัก 20 กิโลกรัม (0.96 Mcal/day) ที่รายงานโดย NRC (1981)

Table 4 Effect of calcium hydroxide treated oil palm frond (CTOPF) on apparent digestibility in goats.

Item	CTOPF ^{1/} (%)				SEM	Contrast P-value ^{2/}		
	0	2	4	6		L	Q	C
Apparent digestibility, %								
DM	50.43 ^C	53.96 ^A	53.07 ^{AB}	51.68 ^{BC}	0.42	NS	0.001	NS
OM	51.30 ^B	56.38 ^A	56.29 ^A	55.87 ^A	0.55	0.001	0.002	NS
CP	43.53 ^a	44.26 ^a	45.01 ^a	41.46 ^b	0.55	NS	0.008	NS
NDF	32.02 ^B	40.58 ^A	39.91 ^A	38.82 ^A	1.11	0.007	0.004	NS
ADF	20.31 ^b	26.39 ^a	24.99 ^a	25.67 ^a	1.20	0.008	NS	NS
TDN	53.59 ^C	56.05 ^A	55.40 ^{AB}	54.91 ^B	0.27	0.03	0.001	NS
ME (Mcal/Kg)	1.75 ^B	1.90 ^A	1.88 ^A	1.83 ^A	0.02	NS	0.003	NS
ME (Mcal/day)	0.74	0.82	0.76	0.75	0.09	NS	NS	NS

^{A,B,C} Mean with symbol with in same row differ significantly (P<0.01)

^{a,b} Mean with symbol with in same row differ significantly (P<0.05)

^{1/}CTOPF = calcium hydroxide treated oil palm frond.

^{2/} L = linear, Q = quadratic, C = cubic.

^{3/}ME (Mcal/day) = organic matter digestion x 3.8 (Kearl, 1982)

SEM = Standard error of the mean (n=4).

Table 5 Effect of calcium hydroxide treated oil palm frond (CTOPF) on blood metabolites in goats.

Item	CTOPF ^{1/} (%)				SEM	Contrast P-value ^{2/}		
	0	2	4	6		L	Q	C
BUN, mg/dl								
0 h-post feeding	13.75	15.00	15.00	12.25	1.11	NS	NS	NS
4	15.00	15.00	14.50	14.25	1.08	NS	NS	NS
mean	14.37	15.00	14.75	13.25	1.01	NS	NS	NS
Glucose, mg/d								
0 h-post feeding	41.50	40.50	40.00	41.75	0.87	NS	NS	NS
4	44.75	44.50	45.75	44.50	0.66	NS	NS	NS
mean	43.12	42.50	42.87	43.12	0.52	NS	NS	NS
PCV, %								
0 h-post feeding	27.50	28.00	26.25	27.25	1.41	NS	NS	NS
4	27.75	24.75	26.00	26.25	1.70	NS	NS	NS
mean	27.62	26.37	26.12	26.75	0.95	NS	NS	NS

^{1/}CTOPF = calcium hydroxide treated oil palm frond

^{2/} L = linear, Q = quadratic, C = cubic.

SEM = Standard error of the mean (n=4).

เมแทบอลไลท์ของเลือด

Table 5 ของแพะที่ได้รับ CTOPF ที่ระดับ

0, 2, 4 และ 6% เสริมด้วยอาหารชั้น 0.5%BW พบว่าค่าเมแทบอลไลท์ในกระแสเลือด (blood metabolite) ได้แก่ ค่าเข้มข้นของ BUN, glucose และ PCV ของแพะทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ทั้งช่วงเวลาที่ 0 ก่อนให้อาหาร ช่วงเวลาที่ 4 หลังให้อาหาร และช่วงเวลาที่เฉลี่ยเนื่องมาจากปริมาณการกินได้อิสระของแพะแต่ละกลุ่มที่ไม่แตกต่างกันจึงไม่มีผลต่อค่าเมแทบอลไลท์ในกระแสเลือด อย่างไรก็ตามจากการศึกษาครั้งนี้ค่าเฉลี่ยของ BUN อยู่ในช่วง 13.25-15.00 mg/dl ซึ่งพบว่าอยู่ในช่วงปกติโดยระดับปกติของ BUN ในกระแสเลือดของแพะที่ปกติจะมีค่าอยู่ในช่วง 11.20-27.70 mg/dl ซึ่งปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อค่า BUN ได้แก่ ปริมาณโปรตีนที่กินคุณภาพของโปรตีน และปริมาณ $\text{NH}_3\text{-N}$ ในกระเพาะรูเมน (Lloyd,1982) อย่างไรก็ตาม เมื่อระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้นมากกว่า 4% ทำให้ค่า BUN มีแนวโน้มลดลงแต่ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) เกิดจากปริมาณโปรตีนรวมและปริมาณการกินได้ของโปรตีนรวมที่ลดลงใน CTOPF 6% ยิ่งไปกว่านั้นคุณสมบัติของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่สามารถตรึง $\text{NH}_3\text{-N}$ ในน้ำได้ (Pandey et al., 2015) ทำให้ $\text{NH}_3\text{-N}$ ไม่เปลี่ยนเป็นยูเรียที่ตับได้น้อยลงส่งผลให้ค่า BUN ลดลง สอดคล้องกับการศึกษาของสุรเดช และคณะ (2016) พบว่าแพะลูกผสมพื้นเมือง 50% ที่ได้รับอาหารผสมครบส่วน (total mixed ration, TMR) ที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมัก แคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5% มีค่า BUN เฉลี่ยเท่ากับ 14.39mg/dl เมื่อพิจารณาถึงปริมาณความเข้มข้นของ glucose ในกระแสเลือดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 43.12-42.50 mg/d ซึ่งปริมาณความเข้มข้นของ glucose ในกระแสเลือดของแพะทดลองต่ำกว่าค่าปกติ โดยระดับปกติของ glucose ในกระแสเลือดของแพะอยู่ในช่วง 50-75mg/d (Keneko, 1980) อาจเนื่องจากปริมาณของอาหารชั้นที่แพะได้รับน้อยและไอออนของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่แตกตัวไปจับตัวกับกรดโพรพิโอนิก (propionic acid, C_3) ทำให้เกิดเกลือแคลเซียมโพรพิโอเนต (calcium propionate) ซึ่งละลายน้ำได้บางส่วน (Zhang and Shahbazi,

2011) ทำให้ปริมาณกรด C_3 ที่ถูกดูดซึมในผนังกระเพาะรูเมนลดลงส่งผลให้ความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดต่ำลง โดยปกติแล้ว C_3 จากการหมักอาหารชั้นในกระเพาะรูเมนจะเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์กลูโคส (เมธา, 2533) และปริมาณ PCV เฉลี่ยอยู่ในช่วง 27.62-26.21% ใกล้เคียงกับปริมาณPCV ของแพะลูกผสมพื้นเมืองไทย-แองโกลนูเบียน 50% โดยมีค่าอยู่ในช่วง 25.37-32.50% (ณัฐสุธา, 2552; สุรเดชและคณะ, 2560) สอดคล้องกับรายงานของ Jain (1993) ที่ได้รายงานว่าปริมาณ PCV ปกติในแพะอยู่ในช่วง 22-38%

สรุปและข้อเสนอแนะ

การนำแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับ 0-6% มาปรับปรุงคุณภาพทางใบปาล์มน้ำมัน ไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้อย่างอิสระและปริมาณการกินได้ของโภชนะในแพะทำนองเดียวกับค่าเมแทบอลไลท์ในกระแสเลือดแพะ พบว่าระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ไม่มีผลกระทบต่อค่า Blood glucose, BUN และ PCV แต่เมื่อเพิ่มระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์มากกว่า 4% ทำให้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะลดลงเนื่องจากปริมาณโปรตีนที่ลดลง ดังนั้นระดับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมในการปรับปรุงคุณภาพทางใบปาล์มน้ำมันควรอยู่ที่ระดับ 2-4% แต่ไม่ควรใช้มากเกินไป เนื่องจากทำให้โปรตีนรวมในอาหารลดลงจึงส่งผลต่อสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ อย่างไรก็ตาม หากมีการนำแคลเซียมไฮดรอกไซด์ไปใช้ควรมีการเติมยูเรียหรือกากน้ำตาลลงไปเพื่อเพิ่มไนโตรเจนและทำให้จุลินทรีย์ใช้ประโยชน์จากไนโตรเจนได้ระหว่างกระบวนการหมักและเพิ่มความสมดุลของไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน

เอกสารอ้างอิง

จารุณี อิมเอิบ, อังคณา หาญบรรจง, อองอาจ อินสังข์ และอรุณี อิงคกุล. 2551. องค์ประกอบทางเคมีและค่าการสลายตัวในกระเพาะรูเมนของวัตถุดิบ และอินทรีย์วัตถุของทางใบปาล์มน้ำมัน. น.235-244. ใน:

- การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46 29 มกราคม-1 กุมภาพันธ์ 2551. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ณัฐฐา รัตนโกศล. 2552. การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลเป็นอาหารหยาบสำหรับแพะ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.
- ธีระ เอกสมทราเมษฐ์, ชัยรัตน์ นิลนนท์, ธีระพงศ์ จันทรมาน, ประกิจ ทองคำ และสมเกียรติ สีสนอง. 2548. การจัดการสวนปาล์มน้ำมัน. ใน เส้นทางสู่ความสำเร็จการผลิตปาล์มน้ำมัน. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.
- ประดิษฐ์ อาจชมพู่, วุฒิชัย ศรีเผือก, และศิริศักดิ์ บริรักษ์ธนกุล. 2556. การพัฒนาการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับโคพื้นเมือง. น. 79-86 ใน: การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5 เรื่องการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อความยั่งยืน 15-16 กรกฎาคม 2556. ศูนย์ประชุมบางกอกคอนเวนชันเซ็นเตอร์ เซ็นทรัลเวิลด์ ปทุมวัน, กรุงเทพฯ.
- ประดิษฐ์ อาจชมพู่, ศิริศักดิ์ บริรักษ์ธนกุล, เกียรติศักดิ์สร้อยสุวรรณ, สมจิตร ถนอมวงศ์วัฒน์ และสมพรจันทร์. 2551. การพัฒนาทางใบปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับแพะ. เอกสารประกอบสัมมนาวิชาการการพัฒนาอาชีพการเลี้ยงแพะอย่างยั่งยืน งานแพะแห่งชาติครั้งที่ 5 ณ สวนสมเด็จพระศรีนครินทร์ นครศรีธรรมราช 23 เมษายน 2551.
- เมธา วรรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. สำนักพิมพ์ หจก. ฟันนี่พับบลิชชิง, กรุงเทพฯ.
- สายัณห์ ทัดศรี. 2547. พืชอาหารสัตว์เขตร้อน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สุรเดช เพชรอาวูธ, ปิ่น จันจุฬา และอนุสรณ์ เข็ดทอง. 2560. ผลของทางใบปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ต่อปริมาณการกินได้ และเมแทบอลิซึมในกระเพาะเล็กของแพะ. วิทยาศาสตร์เกษตร. 48(2):161-168.
- สุรเดช เพชรอาวูธ. 2561. ผลการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในอาหารผสมเสร็จ ต่อการย่อยได้ของโภชนะนิเวศวิทยาในรูเมน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนในแพะ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.
- Alam, M. R., A. K. M. A. Kabir, M. R. Amin, and D. M. McNeill. 2005. The effect of calcium hydroxide treatment on the nutritive and feeding value of *Albizia procera* for growing goats. Anim. Feed Sci. Technol. 122: 135-148.
- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. 16th Edition. Assoc Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- Chaudhry. A. S. 1998. Nutrient composition digestion and rumen fermentation in sheep of wheat straw treated with calcium oxide sodium hydroxide and alkaline hydrogen peroxide. Anim. Feed Sci. Technol. 74: 315-328.

- Chaudhry, A. S. 2000. Microscopic studies of structure and ruminal fungal colonization in sheep of wheat straw treated with different alkalis. *Anaerobe*. 6: 155-161.
- Crocker, C. L. 1967. Rapid determination of urea-nitrogen in serum or plasma without deproteinization. *Am. J. Med. Technol.* 33: 361-365.
- Devendra, C, and M. Burns. 1983. *Goat Production in Tropics*. 2nd Edition. Agricultural Bureau, Slough, UK.
- Dias, A. M., Í. Tavo, L. C. V. Damasceno, G. T. Santos, C. C. B. F. Ítavo, F. F. Silva, É. Nogueira, and C. M. Soares. 2011. Sugar cane treated with calcium hydroxide in diet for cattle: intake, digestibility of nutrients and ingestive behaviour. *R. Bras. Zootec.* 40: 1799-1806.
- Hamchara, P., P. Chanjula, A. Cherdthong, and M. Wanapat. 2018. Digestibility, ruminal fermentation, and nitrogen balance with various feeding levels of oil palm fronds treated with *Lentinussajor-caju* in goats. *Asian-Australas J. Anim. Sci.* 31: 1619-1626.
- Ishida, M., and O. Abu Hassan. 1997. Utilization of oil palm frond as cattle feed. *Japan Agric. Res. Quart.* 13: 41-47.
- Islam, M., I. Dahlan, M. A. Rajion, and Z. A. Jelani. 2000. Productivity and nutritive values of different fraction of oil palm (*Elaeisguineensis*) frond. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 13: 1113-1120.
- Jain, N. C. 1993. *Essentials of Veterinary Hematology*. 1st Edition. Lea and Febiger, PA.
- Kaneko, J. J. 1980. Appendixes. In: *Chinical Biochemistry of Domestic Animal*, 3rd ed. In J. J. Kaneko (ed). New york, Academic Press.
- Kawamoto, H., W. Z. Mohamed, N. I. M. Sukur, M. S. M. Ali, Y. Islam, and S. Oshio. 2001. Palatability, digestibility and voluntary intake of processed oil palm fronds in cattle. *Japan Agric. Res. Quar.* 35: 195-200.
- Kearl, L. C. 1982. *Nutrient Requirements of Ruminants in Developing Countries*. Ph.D. Thesis. Utah State University, Utah.
- Lloyd, S. 1982. Blood characteristics and the nutrition of ruminants. *Br. Vet. J.* 138: 70-85.
- Mertens, D. R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80: 1463-1481.
- NRC. 1981. *Nutrient Requirements of Goats: Angora, Dairy and Meat Goats in Temperate and Tropical Countries*. National Academy Press, Washington, DC.
- Pandey, A., S. Negi, P. Binod, and C. Larroche. 2015. *Pretreatment of Biomass Processes and Technologies*. 1st Edition. Elsevier, Amsterdam.
- Steel, R. G. D., and J. H. Torrie. 1980. *Principles and procedures of statistics: A Biometrial Approach*. 2nd Edition.

McGraw-Hill Book Co., New York.

- Van Soest, P. J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. 2nd Edition. Cornell University Press, New York.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Method for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74: 3583-3597.
- Wanapat, M., M. Chenost, F. Munoz, and C. Kayouli. 1996. Methods for improving the nutritive value of fibrous feed: Treatment and supplementation. Ann. Zootech. 45: 89-103.
- Zaman M. S, and E. Owen. 1995. The effect of calcium hydroxide and urea treatment of barley straw on chemical composition and digestibility *in vitro*. Anim. Feed Sci. and Technol. 51: 165-171.