

# ผลของทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ต่อปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ในแพะ

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

ภูวดล เหมชะระ<sup>1\*</sup>, พีรวัจน์ ชูเพ็ง<sup>1</sup>, ณันณรัตน์ คุ่มครอง<sup>1</sup> และ โสภณ บุญล้ำ<sup>1</sup>  
 Puwadon Hamchara<sup>1\*</sup>, Peerawat Choopeng<sup>1</sup>, Nunyarat Koomkrong<sup>1</sup>  
 and Sophol Boonlum<sup>1</sup>

**บทคัดย่อ:** งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (calcium hydroxide treated oil palm frond, CTOPF) ต่อปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ในแพะ โดยศึกษาในแพะลูกผสมพื้นเมือง-บอร์50% เพศผู้ อายุประมาณ 15-16 เดือน มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย  $20 \pm 2.0$  kg จำนวน 4 ตัว สุ่มแพะให้ได้รับอาหารตามแผนการทดลองแบบ  $4 \times 4$  จัตุรัสลาติน ประกอบด้วย 4 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ได้รับCTOPF ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6% เสริมด้วยอาหารชั้น 0.5%BW ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบ อินทรีย์วัตถุ โปรตีนรวม ผนังเซลล์ และลิโนเซลลูโลส ของแพะทั้ง 4 กลุ่ม ไม่แตกต่างทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) อย่างไรก็ตาม สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบ อินทรีย์วัตถุ โปรตีนรวม ผนังเซลล์ เปอร์เซ็นต์ โภชนะรวมที่ย่อยได้ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ ลดลงแบบโค้งกำลังสอง ( $P < 0.01$ ) แต่สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของลิโนเซลลูโลส เพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง ( $P < 0.01$ ) นอกจากนี้ค่าเมแทบอลิไตในกระแสเลือด (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)  $20 \pm 2.0$  kg were randomly assigned according to a  $4 \times 4$  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 no significant differences among treatments regarding 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

<sup>1</sup> 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) จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถช่วยเหลือเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องทางภาคใต้ได้เป็นอย่างดี เนื่องจากเกษตรกรชาวสวนปาล์มน้ำมันจะมีการตัดทางใบปาล์มน้ำมันออก เฉลี่ย 2 ทางใบในระหว่างการเก็บเกี่ยวผลหลายปาล์มทุกๆ 15 วัน หรือคิดเป็น 44 ทางใบต่อไร่ เมื่อใช้อัตราการปลูก 22 ต้นต่อไร่ (ธีระ และคณะ, 2548) หรือประมาณ 453.20 กิโลกรัมต่อไร่ (โดยคิดเป็นน้ำหนักสดประมาณ 10.30 กิโลกรัมต่อทางใบ) (Islam et al., 2000) เพียงพอสำหรับทดแทนอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องได้อย่างไรก็ตาม 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 (กลุ่มด่าง) มาปรับปรุงคุณภาพผลพลอยได้ทางการเกษตรก็เป็นวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการสลายพันธะลิกโนเซลลูโลส (lignocellulosis) สูง

กว่าวิธีอื่นๆ แต่หากสัตว์ได้รับปริมาณสารเคมีที่สูง อาจส่งผลทำให้เกิดพิษต่อสัตว์ ซึ่งสารเคมีที่นิยมใช้ได้แก่ 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) ได้ทำการศึกษารูปร่างของยูนิตด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 4 ระดับ ได้แก่ 0, 8, 16 และ 24 กรัมต่อกิโลกรัมของชานอ้อยสดเพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบในแม่โคเนื้อ พบว่าเมื่อเพิ่มระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในชานอ้อยส่งผลให้ปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบ อินทรีย์วัตถุ และผนังเซลล์ของแม่โคมีแนวโน้มลดลงแบบเส้นโค้งกำลังสอง (Quadratic) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) ทำนองเดียวกับสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบและอินทรีย์วัตถุ พบว่าเมื่อระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในชานอ้อยสูงขึ้นส่งผลให้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบและอินทรีย์วัตถุในแม่โคมีแนวโน้มลดลงแบบเส้นโค้งกำลังสอง (Quadratic) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) และจากการศึกษาของ สุรเดช (2561) ได้ทำการศึกษารูปร่างของทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย-แคลเซียมไฮดรอกไซด์ เพื่อใช้เป็นอาหารผสมครบถ้วน (total mix ration, TMR) ซึ่งใช้สัดส่วนอาหารข้น:อาหารหยาบ เท่ากับ 60:40 ในแพะ มีที่รทเมนต์ 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 แพะกลุ่มที่ได้รับอาหาร

ผสมครบส่วนที่มีทางใบปาล์มหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5% และทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์อย่างละ 2.5% มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุสูงกว่าแพะกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) ทำนองเดียวกับสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์ในแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมครบส่วนที่มีทางใบปาล์มหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5% และทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์อย่างละ 2.5% มีค่าสูงกว่าทุกกลุ่ม ( $P < 0.05$ ) ดังนั้นการใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์หรือแคลเซียมไฮดรอกไซด์ร่วมกับยูเรียสามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพของทางใบปาล์มน้ำมันเพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารหยাবได้อย่างไรก็ตาม การศึกษาถึงอิทธิพลของระดับแคลเซียมไฮดรอกไซด์สำหรับการปรับปรุงคุณภาพทางใบปาล์มน้ำมันเพื่อใช้เป็นอาหารหยাবในแพะนั้นยังมีข้อมูลที่ไม่ชัดเจนและมีความน่าสนใจ ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อหาระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมในการหมักทางใบปาล์มน้ำมันต่อปริมาณการกินได้การย่อยได้ในแพะ

## วิธีการศึกษา

### 1. การเตรียมทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์

การเตรียมทางใบปาล์มน้ำมัน (OPF) นำทางใบปาล์มสดพันธุ์ลูกผสม Deli durax Lamé Pisifera อายุประมาณ 7 ปี จากสวนปาล์มน้ำมันของเกษตรกรหลังเก็บเกี่ยวทะเลาะปาล์มในตำบลท่าทอง อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี มาสับด้วยเครื่องสับหญ้าให้มีขนาดประมาณ 1.5-2.0 cm หลังจากนั้นทำการหมักด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์โดยมีสัดส่วนตามปัจจัยที่ศึกษา คือ ระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์: น้ำ: ทางใบปาล์มสด เท่ากับ 2, 4, และ 6:3: 100 ผสมให้เข้ากันแล้วนำมาใส่ในถังพลาสติกขนาด 20 L ปิดให้แน่นและปิดฝาให้สนิทใช้ระยะเวลาในการ

หมักประมาณ 30 วัน ที่อุณหภูมิห้อง  $25^{\circ}\text{C}$  ตามวิธีการทดลองของ สุรเดช และคณะ (2560)

### 2. การเตรียมสัตว์ทดลองอาหารทดลองและแผนการทดลอง

ใช้แพะลูกผสมพื้นเมือง-บอร์ 50% เพศผู้ อายุเฉลี่ย 15-16 เดือน และมีน้ำหนักเฉลี่ย  $20 \pm 2.0\text{kg}$  จำนวน 4 ตัว มีสุขภาพสมบูรณ์ แข็งแรง ทำการกำจัดพยาธิภายนอกและพยาธิภายในโดยให้ยาถ่ายพยาธิไอเวอร์เมกติน (Ivermectin) ทำการสุ่มให้แพะได้รับพรีทรีเมนต์ตามแผนการทดลองแบบ  $4 \times 4$  จัตุรัสลาติน ( $4 \times 4$  Latin square design) โดยได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (calcium hydroxide treated oil palm frond, CTOPF) ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6% ตามลำดับ เสริมด้วยอาหารข้น 0.5% ของน้ำหนักตัว (คิดเป็นวัตถุดิบ) ตามวิธีการทดลองของณัฐรสา (2552) โดยอาหารข้นที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยข้าวโพดบด กากถั่วเหลือง ปลาป่น กระถินป่น กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม น้ำมัน กากน้ำตาล DCP เกลือ แร่ธาตุ และวิตามินรวม (Table 1) ค่าณัฐรสาอาหารข้นให้มีระดับโปรตีนรวม 15% โภชนะย่อยได้รวม 75% และพลังงานที่ใช่ประโยชน์ได้ (metabolizable energy, ME) 2.54 (Mcal ME/kgDM) ซึ่งมีโภชนะเพียงพอตามความต้องการของแพะน้ำหนักประมาณ 20-30 kg และมีอัตราการเจริญเติบโต 100 g/d ตามคำแนะนำของ NRC (1981)

แพะแต่ละตัวถูกเลี้ยงในคอกศึกษาการย่อยได้ (metabolism crate) ซังเดี่ยวยกพื้น จำนวน 4 คอก มีรางอาหาร และที่ให้น้ำอยู่ด้านบน ทำการทดลอง 4 ช่วงๆ ละ 22 วัน ซึ่งประกอบด้วย ระยะเวลาปรับตัว (adaptation period) 14 วัน และระยะเวลาทดลอง (experimental period) 7 วัน โดยในระยะเวลาปรับตัวให้แพะได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับต่างๆ (อาหารหยাবได้รับแบบเต็มที่ *ad libitum*) เสริมด้วยอาหารข้น 0.5% ของน้ำหนักตัว (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์วัตถุดิบ) โดยให้วันละ 2 ครั้ง ในเวลา 07.00 น. และ 16.00

**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 <sup>1/</sup> )	
CP (%)	15
ME (Mcal/kg)	2.54
TDN (%)	75

<sup>1/</sup>calculated based on chemical composition of feedstuff reported by NRC (1981)

น. ทำการวัดปริมาณอาหารที่ให้อาหารที่เหลือทั้งในช่วงเช้า และช่วงเย็นของทุกวันเพื่อหาปริมาณการกินได้ ส่วนในระยะทดลอง ให้แพะได้รับอาหารตามกลุ่มทดลองเหมือนระยะปรับตัว แต่ลดปริมาณอาหารหย่าที่ให้อาหารเพียง 90% ของปริมาณที่กินได้ในช่วงระยะปรับตัวเนื่องจากต้องการให้แพะกินอาหารได้หมด

### 3. การเก็บตัวอย่าง และการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

จุดบันทึกข้อมูลปริมาณการกินได้ของทางใบปาล์ม น้ำมันหมักและอาหารขนตลอดระยะการทดลองโดยการชั่งปริมาณอาหารที่ให้อาหารที่เหลือทั้งในช่วงเช้าและช่วงเย็นของทุกวันเพื่อหาปริมาณอาหารที่กินได้ สุ่มเก็บตัวอย่างทางใบปาล์ม น้ำมันหมัก อาหารขนและมูล แบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ชั่งน้ำหนักแล้วอบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง และส่วนที่ 2 นำไปอบที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้ววัดผ่านตะแกรงขนาด 1mm เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี 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 จัดวิธีสถิติเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองด้วยวิธี 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 มีองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ (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) ไกลเคียงกัน (ดังแสดงใน Table 2) สอดคล้องกับหลายการศึกษาพบว่าทางใบปาล์มน้ำมันมีวัตถุดิบประมาณ 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, 1992; ประดิษฐ์ และคณะ, 2556; จารุณี และคณะ, 2552) อย่างไรก็ตาม พบว่าปริมาณของผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลสของ CTOPF2 และ 4% มีลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับ CTOPF 0 และ 6% อย่างไรก็ตาม เนื่องจากต่างของ  $\text{CaOH}_2$  ทำ

ลายพันธะของเฮมิเซลลูโลสและลิกโนเซลลูโลสภายในทางใบปาล์มน้ำมันส่งผลให้ผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลสลดลง สอดคล้องกับรายงานของ Zaman and Owen (1995) ได้ทำการศึกษา ผลของฟางข้าวบาร์เลย์หมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์และยูเรียต่อองค์ประกอบทางเคมีและการย่อยได้ภายนอกตัวสัตว์ (*in vitro*) พบว่า ปริมาณองค์ประกอบของลิกโนเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสลดลงในฟางข้าวบาร์เลย์หมักด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ฟางข้าวบาร์เลย์หมักยูเรีย และฟางข้าวบาร์เลย์หมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ร่วมกับยูเรีย เมื่อเปรียบเทียบกับฟางข้าวบาร์เลย์สดคล่องกับการศึกษาของ Chaudhry (1998) ได้ทำการศึกษากาไรฟางข้าวสาลีหมักแคลเซียมออกไซด์ โซเดียมไฮดรอกไซด์ และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่อกระบวนการหมักและการย่อยได้ในแกะ พบว่า ฟางข้าวสาลีหมักแคลเซียมออกไซด์ มีปริมาณของผนังเซลล์ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับฟางข้าวสาลีหมักโซเดียมไฮดรอกไซด์ และฟางข้าวสาลีหมักไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ( $P < 0.05$ ) แต่พบว่าฟางข้าวสาลีหมักต่างทุกกลุ่มมีปริมาณของผนังเซลล์ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับฟางข้าวสาลี ( $P < 0.05$ ) เนื่องจากต่างทำให้สารกลุ่มเฮมิเซลลูโลสละลายออกมาจึงทำให้ปริมาณของผนังเซลล์ลดลง ทำนองเดียวกับการศึกษาของ Dias et al. (2011) ได้ทำการศึกษากาไรแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับ 0, 8, 16 และ 24 กรัมตอกิโลกรัมของชานอ้อย ต่อปริมาณการกินได้การย่อยได้ในแม่โคเนื้อ พบว่า ปริมาณของผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลสในชานอ้อยหมักด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับ 8, 16 และ 24 กรัมตอกิโลกรัมชานอ้อยมีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับชานอ้อยหมักด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับ 0 กรัมตอกิโลกรัมชานอ้อยเมื่อพิจารณากลุ่มของ CTOPF 6% พบว่า มีปริมาณของผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลสใกล้เคียงกับกลุ่ม CTOPF 0% อาจเนื่องจากเนื้อสารของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่มีปริมาณสูงในทางใบปาล์มน้ำมันหมักจึงส่งผลให้ปริมาณผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลสไม่เปลี่ยนแปลงในกลุ่มของ CTOPF 6% ยิ่งไปกว่านั้น

การเพิ่มปริมาณของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับ 2-6% มีปริมาณของโปรตีนรวมลดลง เนื่องจากคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้างลดลงจึงทำให้จุลินทรีย์กลุ่ม proteolytic bacteria ไซโปรตีนจากทางใบปาล์มเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียและกรดไขมันระเหยง่าย (volatile acid) จึงทำให้โปรตีนลดลง (สายพันธ์, 2547) และเมื่อเพิ่มระดับของแคลเซียมไฮดรอก

ไซด์ 2-6% ทำให้ปริมาณของเถ้าเพิ่มขึ้นสูงจึงส่งผลทำให้ปริมาณของอินทรีย์วัตถุและคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้างลดลง (Dias et al., 2011; สุรเดช, 2561) สำหรับองค์ประกอบทางเคมีของอาหารขี้มี 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

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

Chemical composition	CTOPF <sup>1/</sup> (%)				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 <sup>2/</sup>	17.18	14.42	13.22	9.69	44.19

NDF = neutral detergent fiber

ADF = acid detergent fiber

<sup>1/</sup>CTOPF = calcium hydroxide treated oil palm frond

<sup>2/</sup>NCS = non-structural carbohydrate Estimated: NCS = 100 – (%NDF + %Ash + %CP + %EE) (Mertens, 1997).

### ปริมาณการกินได้ของอาหาร

แพะที่ได้รับ CTOPF ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6% เสริมด้วยอาหารข้น 0.5% ต่อน้ำหนักตัว (ดังแสดงใน Table 3) ต่อบริมาณการกินได้อย่างอิสระของทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่เสริมด้วยอาหารข้น (voluntary feed intake, VFI) (%DM) ในแพะลูกผสมพื้นเมืองไทย พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ( $P > 0.05$ ) ทั้งในแง่ปริมาณการกินได้ทั้งหมดทั้งที่คิดเป็นปริมาณเฉลี่ย (kg/d) และคิดเป็น %ของน้ำหนักตัว (%BW) หรือกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก (g/kg W<sup>0.75</sup>) ของทุกกลุ่ม สอดคล้องกับการศึกษาของสุรเดช และคณะ (2560) ได้ทำการศึกษากการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียแคลเซียมไฮดรอกไซด์อย่างละ 2.5% ทางใบปาล์มน้ำมันหมักยู

เรีย 5% และทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5% เปรียบเทียบกับทางใบปาล์มน้ำมันหมักในอาหารผสมเสร็จสำหรับแพะ พบว่าปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งทั้งหมด ปริมาณการกินได้คิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว และกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเมแทบอลิกของแพะทุกกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) แต่จากการศึกษาของ Dias et al. (2011) ได้ทำการศึกษากการใช้ขานอ้อยหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับ 0, 8, 16 และ 24 กรัมต่อกิโลกรัมขานอ้อยในแม่โคเนื้อ พบว่าปริมาณการกินได้ทั้งหมดของวัตถุแห้งในแม่โคเนื้อที่ได้รับขานอ้อยหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับ 0-24 กรัมต่อกิโลกรัมขานอ้อย มีแนวโน้มลดลงแบบเส้นโค้งกำลังสอง (Quadratic) เมื่อระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในขานอ้อยเพิ่มขึ้นมากกว่า 16 กรัม

ต่ออีกโลกรัมชานอ้อยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งในทางใบปาล์มน้ำมันหมัก แคลเซียมไฮดรอกไซด์อยู่ในช่วง 34.36-30.36g/kgBW<sup>0.75</sup> ซึ่งใกล้เคียงกับหลายการศึกษา ที่พบว่าปริมาณการกินได้ของทางใบปาล์มน้ำมันในแพะลูกผสมพื้นเมือง อยู่ในช่วงประมาณ 30-36 g/kgBW<sup>0.75</sup> (ประดิษฐ์ และคณะ 2551; ณัฐสุภา, 2552) และปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งในแพะลูกผสมพื้นเมืองที่ได้รับ CTOPF ที่ระดับ 0-6% เสริมด้วยอาหารข้น 0.5% เพียงพอสำหรับการดำรงชีพในพื้นที่เขตร้อน โดย Devendra and Burns (1983) ได้แนะนำว่า ปริมาณวัตถุแห้งที่ใช้สำหรับการดำรงชีพของแพะในเขตร้อนอยู่ในช่วง 1.4-1.7 %BW หรือประมาณ 43.50-46.9 g/kgBW<sup>0.75</sup>

Table 3 ปริมาณการกินได้ทั้งหมดของอินทรีย์วัตถุ (organic matter intake, OMI) ปริมาณการกินได้ทั้งหมดของโปรตีนรวม (crude protein intake, CPI) ปริมาณการกินได้ทั้งหมดของเส้นใยเซลล์ (neutral detergent fiber intake, NDFI) และปริมาณการกินได้ของกรดไขมัน (acid detergent fiber intake, ADFI) ของแพะที่ได้รับ CTOPF ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6% ทุกกลุ่มไม่แตกต่างทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ทั้งปริมาณการกินได้ทั้งหมดที่คิดเป็นปริมาณเฉลี่ย (kg/d) และกรัมน้ำหนักแห้งต่ออวลิก (g/kg W<sup>0.75</sup>) อาจเนื่องมาจากปริมาณการกินได้ทั้งหมดของวัตถุแห้งไม่แตกต่างกัน ( $P > 0.05$ ) และองค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันหมักทุกกลุ่มไม่ต่างกันสอดคล้องกับการศึกษาของ ณัฐสุภา (2552) ได้ทำการศึกษากการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักกาน้ำตาลที่ระดับ 0-6% เสริมด้วยอาหารข้น 0.5% ในแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50% พบว่า ปริมาณการกินได้ทั้งหมดของอินทรีย์วัตถุ ปริมาณการกินได้ทั้งหมดของโปรตีนรวม ปริมาณการกินได้ทั้งหมดของผนังเซลล์และปริมาณการกินได้ของลิกโนเซลลูโลส มีค่าเท่ากับ 34.15- 38.34, 4.29- 4.67 96, 21.44-23.53 และ

16.66-18.62 g/kg W<sup>0.75</sup> ไม่แตกต่างกัน ( $P > 0.05$ ) ในแพะทุกกลุ่ม เช่นเดียวกับการศึกษาของ Alam et al. (2005) ได้ทำการศึกษากการใช้ใบทั้งถอน (*Albizia procera*) หมักด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ โพลีเอธิลีนไกลด์คอน และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ร่วมกับโพลีเอธิลีนไกลด์คอน เปรียบเทียบกับใบทั้งถอนที่ไม่หมักในแพะรุ่น พบว่าปริมาณการกินได้ทั้งหมดของวัตถุแห้ง และปริมาณการกินได้ทั้งหมดของอินทรีย์วัตถุในแพะทุกกลุ่มไม่แตกต่างกัน ( $P > 0.05$ ) อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ขึ้นพบว่าปริมาณการกินได้ทั้งหมดของอินทรีย์วัตถุและโปรตีนรวมมีแนวโน้มลดลงแต่ไม่แตกต่างกัน ( $P > 0.05$ ) เนื่องจากการเพิ่มของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ทำให้เถาเพิ่มขึ้นส่งผลให้อินทรีย์วัตถุลดลงสอดคล้องกับการศึกษาของ Dias et al. (2011) ได้ทำการศึกษากการใช้ชานอ้อยหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับ 0, 8, 16 และ 24 กรัมต่ออีกโลกรัมชานอ้อยในแม่โคเนื้อ พบว่าปริมาณการกินได้ของอินทรีย์วัตถุในชานอ้อยหมักมีแนวโน้มลดลงแบบเป็นเส้นโค้งกำลังสอง (Quadratic) เมื่อระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้นมากกว่า 16 กรัมต่ออีกโลกรัมชานอ้อย อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) แต่พบว่าปริมาณการกินได้ของผนังเซลล์ในชานอ้อยหมักมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้นมากกว่า 8 กรัมต่ออีกโลกรัมชานอ้อย 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 Sest, 1994)

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

Item	CTOPF <sup>1/</sup> (%)				SEM	Contrast P-value <sup>2/</sup>		
	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 <sup>0.75</sup>	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 <sup>0.75</sup>	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 <sup>0.75</sup>	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 <sup>0.75</sup>	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 <sup>0.75</sup>	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 <sup>0.75</sup>	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 <sup>0.75</sup>	16.56	15.82	15.66	16.56	1.00	NS	NS	NS

<sup>1/</sup>CTOPF = calcium hydroxide treated oil palm frond.

<sup>2/</sup> 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% เสริมด้วยอาหารชน 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% สัมประสิทธิ์การย่อยของวัตถุดิบได้มีแนวโน้มลดลงแบบเส้นโค้งกำลังสอง (Quadratic) เมื่อระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์มากกว่า 4% อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) นอกจากนี้แพะกลุ่มที่ได้รับ CTOPF ที่ระดับ 2, 4 และ 6% มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุสูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับ CTOPF ที่ระดับ 0% ( $P < 0.01$ ) แต่เมื่อระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้นมากกว่า 4% สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุมีแนว

โน้มลดลงแบบเส้นโค้งกำลังสอง (Quadratic) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) เมื่อพิจารณาถึงสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนรวม พบว่าแพะกลุ่มที่ได้รับ CTOPF ที่ระดับ 0, 2 และ 4% มีการย่อยได้ของโปรตีนรวมสูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับ CTOPF ที่ระดับ 6% ( $P < 0.05$ ) เนื่องจากเมื่อระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้นสูงกว่า 4% ทำให้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนรวมมีแนวโน้มลดลงแบบเส้นโค้งกำลังสอง (Quadratic) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนรวม มีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้นมากกว่า 4% เนื่องจากปริมาณโปรตีนรวมที่ลดลงใน CTOPF 6% และปริมาณการกินได้ของโปรตีนรวมที่ลดลงในแพะกลุ่มที่ได้รับ CTOPF 6% เพราะโปรตีนรวมที่ลดลงส่งผลทำให้ประสิทธิภาพกระบวนการหมักย่อยของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนลดลงจึงทำให้กระบวนการย่อยได้ของโภชนาลดลง โดยเฉพาะสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนรวมที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณโปรตีนรวมในอาหาร (van Sest, 1994) สอดคล้องกับการศึกษาของ Dias et al. (2011) ได้ทำการศึกษการใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับ 0, 8, 16 และ 24 กรัมตอกิโลกรัมขานอ้อยในแม่โคเนื้อ พบว่า แม่โคเนื้อที่ได้รับขานอ้อยหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับ 0-24 กรัมตอกิโลกรัมขานอ้อย มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบ และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ ลดลงแบบเส้นโค้งกำลังสอง (Quadratic) เมื่อระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์เพิ่มมากกว่า 16 กรัมตอกิโลกรัมขานอ้อย ( $P < 0.01$ ) ทำนองเดียวกับสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนรวมในแม่โคเนื้อที่ได้รับขานอ้อยหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์มากกว่า 16 กรัมตอกิโลกรัมขานอ้อย มีแนวโน้มลดลง ( $P < 0.05$ ) เช่นกัน เมื่อพิจารณาถึงค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์ พบว่าแพะกลุ่มที่ได้รับ CTOPF ที่ระดับ 2, 4 และ 6% มี

ค่าสูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้ CTOPF 0% ( $P < 0.01$ ) แต่สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของลิกเซลลูโลสของแพะกลุ่มที่ได้รับ CTOPF 2, 4 และ 6% มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง (Linear) สูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับ CTOPF 0% ( $P < 0.01$ ) อย่างไรก็ตาม พบว่าแพะกลุ่มที่ได้รับ CTOPF 2 และ 4% มีเปอร์เซ็นต์โภชนารวมที่ย่อยได้สูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับ CTOPF 0% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) เนื่องจากค่าของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ช่วยลดและทำลายพันธะลิกโนเซลลูโลส และสลายพันธะโครงสร้างน้ำตาลของเฮมิเซลลูโลสยิ่งไปกว่านั้นยังทำให้เกิดการพองตัวและเพิ่มความพรุนของพันธะลิกโนเซลลูโลส (Pandey et al., 2015) ส่งผลให้จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนสามารถเข้าไปย่อยได้มากขึ้น จึงทำให้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบ อินทรีย์วัตถุ ผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลสเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับการศึกษาของสุรเดช (2561) ที่ได้ทำการศึกษการใช้ทางไบโพลัมน์น้ำมันหมัก ทางไบโพลัมน์น้ำมันหมักยูเรีย 5% ทางไบโพลัมน์น้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5% และทางไบโพลัมน์น้ำมันหมักยูเรียร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 2.5% เพื่อใช้เป็นอาหารผสมครบส่วนสำหรับแพะ พบว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมครบส่วนที่มีทางไบโพลัมน์น้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5% และทางไบโพลัมน์น้ำมันหมักยูเรียร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 2.5% มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุและสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์สูงกว่าแพะกลุ่มอื่น ( $P < 0.05$ ) อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าเมื่อระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้นสูงกว่า 4% ทำให้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์ และเปอร์เซ็นต์โภชนารวมที่ย่อยได้มีแนวโน้มลดลงแบบเส้นโค้ง (Quadratic) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) เนื่องจากปริมาณของโปรตีนรวมในอาหารและปริมาณการกินได้ของโปรตีนลดลงส่งผลให้การย่อยได้ลดลง สอดคล้องกับการศึกษาของ Dias et al. (2011) พบว่า เมื่อระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์สูงกว่า 16 กรัมตอกิโลกรัมขานอ้อยทำให้แม่โคเนื้อที่มีสัมประสิทธิ์การ

ย่อยได้ของผนังเซลล์และเปอร์เซ็นต์โภชนะรวมที่  
ย่อยได้ มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทาง  
สถิติ ( $P < 0.01$ )

Table 4 แปะที่ได้รับ CTOPF ที่ระดับ 2,  
4 และ 6% เสริมด้วยอาหารข้น 0.5%BW มีพลังงาน  
ที่ไซ้ประโยชน์ได้คิดเป็นหน่วย (Mcal/Kg) สูงกว่า  
แปะที่ได้รับ CTOPF ที่ระดับ 0% ( $P < 0.01$ ) แต่พบ

ว่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ที่แปะได้รับต่อวัน (Mcal/  
day) ทุกกลุ่มไม่แตกต่างกัน ( $P > 0.05$ ) อยู่ในช่วง  
0.82-0.73 Mcal/day ซึ่งใกล้เคียงกับค่าพลังงาน  
ที่ไซ้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพของแปะ 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 <sup>1/</sup> (%)				SEM	Contrast P-value <sup>2/</sup>		
	0	2	4	6		L	Q	C
Apparent digestibility, %								
DM	50.43 <sup>C</sup>	53.96 <sup>A</sup>	53.07 <sup>AB</sup>	51.68 <sup>BC</sup>	0.42	NS	0.001	NS
OM	51.30 <sup>B</sup>	56.38 <sup>A</sup>	56.29 <sup>A</sup>	55.87 <sup>A</sup>	0.55	0.001	0.002	NS
CP	43.53 <sup>a</sup>	44.26 <sup>a</sup>	45.01 <sup>a</sup>	41.46 <sup>b</sup>	0.55	NS	0.008	NS
NDF	32.02 <sup>B</sup>	40.58 <sup>A</sup>	39.91 <sup>A</sup>	38.82 <sup>A</sup>	1.11	0.007	0.004	NS
ADF	20.31 <sup>b</sup>	26.39 <sup>a</sup>	24.99 <sup>a</sup>	25.67 <sup>a</sup>	1.20	0.008	NS	NS
TDN	53.59 <sup>C</sup>	56.05 <sup>A</sup>	55.40 <sup>AB</sup>	54.91 <sup>B</sup>	0.27	0.03	0.001	NS
ME (Mcal/Kg)	1.75 <sup>B</sup>	1.90 <sup>A</sup>	1.88 <sup>A</sup>	1.83 <sup>A</sup>	0.02	NS	0.003	NS
ME (Mcal/day)	0.74	0.82	0.76	0.75	0.09	NS	NS	NS

<sup>A,B,C</sup> Mean with symbol with in same row differ significantly ( $P < 0.01$ )

<sup>a,b</sup> Mean with symbol with in same row differ significantly ( $P < 0.05$ )

<sup>1/</sup>CTOPF = calcium hydroxide treated oil palm frond.

<sup>2/</sup> L = linear, Q = quadratic, C = cubic.

<sup>3/</sup>ME (Mcal/day) = organic matter digestion x 3.8 (Kearl, 1982)

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

### เมแทบอลิท์ของเลือด

Table 5 ของแปะที่ได้รับ CTOPF ที่ระดับ  
0, 2, 4 และ 6% เสริมด้วยอาหารข้น 0.5%BW พบว่า  
ค่าเมแทบอลิท์ในกระแสเลือด (blood metabolite)  
ได้แก่ ค่าเข้มข้นของ BUN, glucose และ PCV ของ  
แปะทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน ( $P > 0.05$ ) ทั้ง  
ช่วงเวลาที่ 0 ก่อนให้อาหาร ช่วงเวลาที่ 4 หลังให้อาหาร  
และช่วงเวลาที่เฉลี่ยเนื่องมาจากปริมาณการกินได้  
อิสระของแปะแต่ละกลุ่มที่ไม่แตกต่างกันจึงไม่มีผล  
ต่อค่าเมแทบอลิท์ในกระแสเลือด อย่างไรก็ตาม  
จากการศึกษาครั้งนี้ค่าเฉลี่ยของ BUN อยู่ในช่วง

13.25-15.00 mg/dl ซึ่ง พบว่าอยู่ในช่วงปกติโดย  
ระดับปกติของ BUN ในกระแสเลือดของแปะที่ปกติ  
จะมีค่าอยู่ในช่วง 11.20-27.70 mg/dl ซึ่งปัจจัยที่  
สำคัญที่มีผลต่อค่า BUN ได้แก่ ปริมาณโปรตีนที่  
กิน คุณภาพของโปรตีน และปริมาณ  $\text{NH}_3\text{-N}$  ใน  
กระเพาะรูเมน (Lloyd, 1982) อย่างไรก็ตาม เมื่อ  
ระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้นมากกว่า  
4% ทำให้ค่า BUN มีแนวโน้มลดลงแต่ไม่แตกต่าง  
กัน ( $P > 0.05$ ) เกิดจากปริมาณโปรตีนรวมและ  
ปริมาณการกินได้ของโปรตีนรวมที่ลดลงใน CTOPF  
6% ยิ่งไปกว่านั้นคุณสมบัติของแคลเซียมไฮดรอก  
ไซด์ที่สามารถตรึง  $\text{NH}_3\text{-N}$  ในน้ำได้ (Pandey et

al., 2015) ทำให้  $\text{NH}_3\text{-N}$  ไปเปลี่ยนเป็นยูเรียที่ตับได้น้อยลงส่งผลให้ค่า BUN ลดลง สอดคล้องกับการศึกษาของสุรเดช และคณะ (2016) พบว่าแพะลูกผสมพื้นเมือง 50% ที่ได้รับอาหารผสมครบส่วน (total mixed ration, TMR) ที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 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,  $\text{C}_3$ ) ทำให้เกิดเกลือแคลเซียมโพรพิโอเนต (calcium propionate) ซึ่งละลายน้ำได้บางส่วน (Zhang and Shahbazi, 2011) ทำให้ปริมาณกรด  $\text{C}_3$  ที่ถูกดูดซึมในผนังกระเพาะรูเมนลดลงส่งผลให้ความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดต่ำลง โดยปกติแล้ว  $\text{C}_3$  จากการหมักอาหารชั้นในกระเพาะรูเมนจะเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์กลูโคส (เมธา, 2533) และปริมาณ PCV เฉลี่ยอยู่ในช่วง 27.62-26.21% ใกล้เคียงกับปริมาณ PCV ของแพะลูกผสมพื้นเมืองไทย-แองโกลนูเบีย 50% โดยมีค่าอยู่ในช่วง 25.37-32.50% (ณัฐสุธา, 2552; สุรเดชและคณะ, 2560) สอดคล้องกับรายงานของ Jain (1993) ที่ได้รายงานว่าปริมาณ PCV ปกติในแพะอยู่ในช่วง 22-38%

### สรุปและขอเสนอแนะ

การนำแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับ 0-6% มาปรับปรุงคุณภาพทางใบปาล์มน้ำมัน ไม่

ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้อย่างอิสระและปริมาณการกินได้ของโภชนะในแพะทำนองเดียวกับค่าเมแทบอลิซึมในกระแสเลือดแพะ พบว่าระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ไม่มีผลกระทบต่อค่า Blood glucose, BUN และ PCV แต่เมื่อเพิ่มระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์มากกว่า 4% ทำให้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะลดลงเนื่องจากปริมาณโปรตีนที่ลดลง ดังนั้นระดับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมในการปรับปรุงคุณภาพทางใบปาล์มน้ำมันควรอยู่ที่ระดับ 2-4% แต่ไม่ควรใช้มากเกินไป เนื่องจากทำให้โปรตีนรวมในอาหารลดลงจึงส่งผลต่อสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะอย่างไรก็ตาม หากมีการนำแคลเซียมไฮดรอกไซด์ไปใช้ควรมีการเติมยูเรียหรือกากน้ำตาลลงไปเพื่อเพิ่มไนโตรเจนและทำให้จุลินทรีย์ใช้ประโยชน์จากไนโตรเจนได้ดีระหว่างกระบวนการหมักและเพิ่มความสมดุลของไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน

### เอกสารอ้างอิง

- จารุณี อิมเอิบ, อังคณา หาญบรรจง, องอาจ อินสังข์ และอรุณี อิงคกุล. 2551. องค์ประกอบทางเคมีและค่าการสลายตัวในกระเพาะรูเมนของวัตถุดิบ และอินทรีย์วัตถุของทางใบปาล์มน้ำมัน. น.235-244. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46 29 มกราคม-1 กุมภาพันธ์ 2551. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ณัฐสุธา รัตนโกศล. 2552. การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลเป็นอาหารหยาบสำหรับแพะ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขล

- นครินทร์, สงขลา.
- ธีระ เอกสมทราเมษฐ์, ชัยรัตน์ นิลนนท์,ธีระพงศ์ จันทรนิยม, ประกิจ ทองคำ และสมเกียรติ สีสอนง. 2548. การจัดการสวนปาล์มน้ำมัน. ใน เส้นทางสู่ความสำเร็จการผลิตปาล์มน้ำมัน. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.
- ประดิษฐ์ อาจชมพู่, ภูมิชัย ศรีเผือก,และศิริศักดิ์ บริรักษ์ธนกุล. 2556. การพัฒนาการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งอาหารหยابสำหรับโคพื้นเมือง. น. 79-86 ใน: การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5 เรื่องการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อความยั่งยืน15-16 กรกฎาคม 2556. ศูนย์ประชุมบางกอกคอนเวนชันเซ็นเตอร์ เซ็นทรัลเวิลด์ ปทุมวัน, กรุงเทพฯ.
- ประดิษฐ์ อาจชมพู่, ศิริศักดิ์ บริรักษ์ธนกุล, เกียรติศักดิ์สรอยสุวรรณ, สมจิตร ถนอมวงศ์วัฒนะ และสมพรจันทระ. 2551. การพัฒนาทางใบปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งอาหารหยابสำหรับแพะ.เอกสารประกอบสัมมนาวิชาการการพัฒนาอาชีพการเลี้ยงแพะอย่างยั่งยืน งานแพะแห่งชาติครั้งที่ 5 ณ สวนสมเด็จพระศรีนครินทร์ นครศรีธรรมราช 23 เมษายน 2551.
- เมธา วรรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. สำนักพิมพ์ หจก. ฟีนีฟับลิชชิง, กรุงเทพฯ.
- สายัณห์ ทัดศรี. 2547. พืชอาหารสัตว์เขตร้อน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สุรเดช เพชรอาวุธ, ปิ่น จันจุฬา และอนุสรณ์ เชิดทอง. 2560. ผลของทางใบปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ต่อปริมาณการกินได้ และเมแทบอลิซึมในกระแสดูดของแพะ.วิทยาศาสตร์เกษตร. 48(2):161-168.
- สุรเดช เพชรอาวุธ. 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.
- 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.