

ผลของทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในอาหารผสมครบส่วน ต่อ ปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ในแพะ

Effect of calcium hydroxide treated oil palm frond in total mixed ration (TMR) on feed intake and digestibility in goats

ภูวดล เหมชะระ^{1*}, พีร์วัจน์ ชูเพ็ง¹ และ ณันญรัตน์ คุ่มครอง¹

Puwadon Hamchara^{1*}, Peerawat Choopeng¹ and Nunyarat Koomkrong¹

¹ หลักสูตรสัตวศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี สุราษฎร์ธานี 84100

¹ Program of Animal Science, Faculty of Science and Technology, Suratthani Rajabhat University, Suratthani 84100

บทคัดย่อ: งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (calcium hydroxide treated oil palm frond, CTOPF) ในอาหารผสมครบส่วน (total mixed ration, TMR) ต่อปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ในแพะ โดยศึกษาในแพะลูกผสมบอร์-พื้นเมือง 50% เพศผู้ อายุประมาณ 15-16 เดือน มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 20 ± 2.1 kg จำนวน 4 ตัว สุ่มแพะให้ได้รับอาหารตามแผนการทดลองแบบ 4×4 จัตรัสลาติน ประกอบด้วยอาหาร TMR 4 สูตร โดยใช้ CTOPF 0, 2, 4 และ 6% ตามลำดับ เพื่อเป็นแหล่งของอาหารหยาบ จากการศึกษาพบว่า ปริมาณการกินได้อย่างอิสระของวัตถุดิบ (%DM) สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (OM) ผนังเซลล์ (NDF) เปอร์เซ็นต์โภชนะรวมที่ย่อยได้ (TDN) และพลังงาน (ME) มีแนวโน้มลดลงในอาหาร TMR ที่มีระดับของ CTOPF สูงกว่า 4% แบบโค้งกำลังสอง ($P < 0.01$) อย่างไรก็ตาม ปริมาณการกินได้ของอินทรีย์วัตถุ (OM) โปรตีนรวม (CP) ผนังเซลล์ (NDF) และลิโนเซลลูโลส (ADF) ของแพะทุกกลุ่มใกล้เคียงกัน ($P > 0.05$) เช่นเดียวกับค่าเมแทบอลิซึมในกระแสเลือด (blood glucose, BUN and PCV) ของแพะทั้ง 4 กลุ่ม ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) ดังนั้น จากการศึกษาแนะนำให้ใช้ CTOPF 2% เพื่อเป็นแหล่งอาหารหยาบในอาหาร TMR เนื่องจากช่วยเพิ่มปริมาณการกินได้วัตถุดิบ และทำให้การย่อยได้ของโภชนะสูงขึ้นในแพะ

คำสำคัญ: อาหารผสมครบส่วน; ทางใบปาล์มน้ำมัน; แคลเซียมไฮดรอกไซด์; แพะ

ABSTRACT: This study aimed to examine the effects of calcium hydroxide treated oil palm frond (CTOPF) in total mixed ratio (TMR) on feed intake and digestibility in goats. Four of 15-16 month old male crossbred (50% Thai Native-Boer) goats with an average initial body weight (BW) of 20 ± 2.1 kg were arranged according to a 4×4 latin square design to be allocated into four TMR feeds containing 0, 2, 4, and 6% CTOPF, respectively, as a source of roughage. The results showed that total voluntary feed intake (%DM) and the efficiency values of digestibility of organic matter (OM), neutral detergent fiber (NDF), total digestible nutrient (TDN) and metabolizable energy (ME) were quadratic decreased in TMR, containing more than 4% of CTOPF ($P < 0.01$). However, there were no significant differences among treatments for organic matter (OM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), and acid detergent fiber (ADF) intake ($P > 0.05$). Similarly, the blood metabolites including blood glucose, blood urea-nitrogen (BUN) and pack cell volume (PCV) showed no significant difference between groups ($P > 0.05$). Therefore, this study suggested that the level of CTOPF 2% as a source of roughage in TMR caused an increase in dry matter intake and digestible nutrients in goats.

Keywords: total mixed ratio; oil palm frond; calcium hydroxide; goats

* Corresponding author: puwadoner@hotmail.com

บทนำ

ในปัจจุบันอาหารผสมครบส่วน (Total mixed ration : TMR) เป็นอาหารที่นิยมในการนำมาเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง การใช้อาหาร TMR สามารถลดแรงงานในการให้อาหารและช่วยให้สัตว์เคี้ยวเอื้องเกิดสมดุลกระเพาะหมักส่งผลให้เกิดการใช้ประโยชน์ทางโภชนาการได้สูง ยิ่งไปกว่านั้นการใช้อาหาร TMR ยังช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนพื้นที่ในการปลูกพืชอาหารสัตว์เนื่องจากสามารถใช้วัสดุเศษเหลือทางการเกษตรมาเป็นแหล่งอาหารหยาบได้ ซึ่งเป็นปัญหาหลักที่สำคัญในการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย ซึ่งการนำผลพลอยได้จากปาล์มน้ำมันมาทดแทนพืชอาหารสัตว์โดยเฉพาะทางใบปาล์มน้ำมัน (oil palm frond, OPF) จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาการขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ให้แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องทางภาคใต้ได้เป็นอย่างดี โดยจะมีทางใบปาล์มน้ำมันที่ได้จากการตัดแต่งต้นปาล์มน้ำมัน 88 ทางใบต่อไร่ต่อเดือน เมื่อใช้อัตราการปลูกปาล์มน้ำมัน 22 ต้นต่อไร่ (ธีระ และคณะ, 2548) นอกจากนี้ การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสำหรับเลี้ยงแพะมีความน่ากินสูงและทำให้ต้นทุนการเลี้ยงต่ำกว่าการใช้ฟางข้าวในเขตพื้นที่ภาคใต้โดยเฉพาะจังหวัดสุราษฎร์ธานี เป็นจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันมากที่สุดในประเทศไทย (สำนักงานวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2563) อย่างไรก็ตาม การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันแบบสดเพื่อเป็นอาหารหยาบทำให้แพะมีการย่อยได้ของโภชนาการต่ำกว่าทางใบปาล์มน้ำมันที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีต่างๆ ทั้งทางกายภาพ ทางชีวภาพและทางเคมี (Kawamoto et al., 2001; สุรเดช และคณะ, 2560; Hamchara et al., 2018; Chanjula et al., 2021) ซึ่งการปรับปรุงคุณภาพอาหารหยาบด้วยกระบวนการทางเคมีเป็นวิธีที่มีความน่าเชื่อถือและได้ผลดี มักนิยมใช้สารเคมีในกลุ่มมีฤทธิ์เป็นด่าง ได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ ยูเรีย แอมโมเนียไฮดรอกไซด์ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Chaudhry, 1998; Chaudhry, 2000; Gunun et al., 2016; Freitas et al., 2017) โดยเฉพาะสารเคมีแคลเซียมไฮดรอกไซด์ เป็นสารเคมีที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย และยังมีความเป็นพิษต่อสัตว์และมนุษย์ต่ำ (Pandey et al., 2015) ซึ่งการปรับปรุงคุณภาพทางใบปาล์มน้ำมันด้วยด่างแคลเซียมไฮดรอกไซด์ สามารถช่วยลดและทำลายพันธะลิกโนเซลลูโลสในทางใบปาล์มน้ำมันได้ ยิ่งไปกว่านั้นการปรับปรุงคุณภาพทางใบปาล์มน้ำมันด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์โดยใช้ไม่เกิน 5 % ช่วยทำให้แพะมีการย่อยได้ของโภชนาการในทางใบปาล์มน้ำมันได้สูงขึ้น (สุรเดช, 2561; ภูวดล และคณะ, 2563) จากรายของภูวดล และคณะ (2563) ทำการศึกษาการใช้ทางใบปาล์มหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 % ในแพะ เสริมด้วยอาหารชั้น 0.5 %BW พบว่า แพะทุกกลุ่มมีปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบและค่าเมแทบอลิซึมในกระเพาะไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่พบว่า เมื่อระดับแคลเซียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้นที่ระดับ 2-4 % สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบ อินทรียวต ผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง (Linear) สูงกว่าแพะที่ไม่ได้รับทางใบปาล์มหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาถึงแพะที่ได้รับทางใบปาล์มหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับต่างๆ เสริมด้วยอาหารชั้น 0.5% BW มีพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของแพะที่ได้รับต่อวัน (Mcal/day) อยู่ในช่วง 0.82-0.73Mcal/day ซึ่งไม่เพียงพอต่อการดำรงชีพของแพะเท่านั้น (NRC, 1981) การให้ทางใบปาล์มหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์เพียงอย่างเดียวนั้นไม่เหมาะสำหรับการขุนแพะ เนื่องจากการเลี้ยงแพะขุนของเกษตรกรในพื้นที่ต้องการให้แพะมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดี และประหยัดต้นทุนการเลี้ยง อย่างไรก็ตาม การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันมาเป็นแหล่งอาหารหยาบในอาหาร TMR สำหรับแพะขุน ต้องคำนึงถึงสัดส่วนอาหารหยาบ:อาหารชั้น และปริมาณโปรตีนรวมในอาหารโดยพบว่าสัดส่วนของทางใบปาล์มน้ำมันอยู่ในช่วง 30-50% ของอาหาร TMR และมีโปรตีนประมาณ 14-16% (สุนทร, 2555; เทียนทิพย์และสิทธิศักดิ์, 2561; Hamchara et al., 2018; Chanjula et al., 2021) ซึ่งอาหาร TMR จึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ ดังนั้นการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้ทางใบปาล์มหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์เป็นแหล่งอาหารหยาบในอาหาร TMR ต่อปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ในแพะ นอกจากนี้ยังเป็นการพัฒนาผลพลอยได้ทางการเกษตรเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

วิธีการศึกษา

1. การเตรียมทางใบปาล์มหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์

การเตรียมทางใบปาล์มหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (calcium hydroxide treated oil palm frond : CTOPF) นำทางใบปาล์มหมักสดพันธุ์ลูกผสม Deli dura x Lame Pisifera อายุประมาณ 8 ปี จากสวนปาล์มหมักของเกษตรกรหลังเก็บเกี่ยวหลาย

ปาล์ม ในตำบลมะขามเตี้ย อำเภอเมืองสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี มาสับด้วยเครื่องสับ 4 ใบมีด กำลังขับเคลื่อน 2 แรงม้า (บริษัท ศุภชัย) ให้มีขนาดประมาณ 1.5-2.0 cm หลังจากนั้นทำการหมักด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์โดยมีส่วนตามปัจจัยที่ศึกษา คือ ระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์: น้ำ: ทางใบปาล์มน้ำมันสด 4 สูตร ดังนี้

สูตรที่ 1 ระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (กิโลกรัม): น้ำ (ลิตร): ทางใบปาล์มน้ำมันสด (กิโลกรัม) 0 : 3 : 100

สูตรที่ 2 ระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (กิโลกรัม): น้ำ (ลิตร): ทางใบปาล์มน้ำมันสด (กิโลกรัม) 2 : 3 : 100

สูตรที่ 3 ระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (กิโลกรัม): น้ำ (ลิตร): ทางใบปาล์มน้ำมันสด (กิโลกรัม) 4 : 3 : 100

สูตรที่ 4 ระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (กิโลกรัม): น้ำ (ลิตร): ทางใบปาล์มน้ำมันสด (กิโลกรัม) 6 : 3 : 100

ผสมให้เข้ากันแล้วนำมาใส่ในถังพลาสติกขนาด 20 ลิตร อัดให้แน่นและปิดฝาให้สนิทใช้ระยะเวลาในการหมักประมาณ 21 วัน ที่อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส ตามวิธีการทดลองของ (สุรเดช และคณะ, 2560; ภูวดล และคณะ, 2563) โดยค่าองค์ประกอบทางเคมีของ CTOPF ที่ระดับ 0-6% และ OPF ดังแสดงใน (Table 1)

Table 1 Chemical composition of calcium hydroxide treated oil palm frond (CTOPF) and oil palm frond (OPF) used in the experiment (% dry matter basis)

Chemical composition	CTOPF ^{1/} (%)				OPF ^{2/}
	0	2	4	6	
DM	40.82	39.39	39.21	39.19	42.53
OM	90.99	86.58	85.14	83.15	91.11
CP	5.74	5.72	5.03	4.75	5.88
EE	2.32	2.43	2.02	2.07	2.56
Ash	9.01	13.42	14.86	16.85	8.89
NDF	65.87	64.01	64.47	65.23	66.65
ADF	45.87	45.26	45.77	45.89	46.26
NSC ^{3/}	17.06	14.44	13.62	11.10	16.02

^{1/}CTOPF = calcium hydroxide treated oil palm frond ;^{2/}OPF = oil palm frond

^{3/}NSC = non-structural carbohydrate Estimated: NCS = 100 - (%NDF + %Ash + %CP + %EE)

DM=dry matter ; OM = organic matter ; CP = crude protein ; EE = ether extract ; NDF= neutral detergent fiber ; ADF = acid detergent fiber

2. การเตรียมสัตว์ทดลองอาหารทดลองและแผนการทดลอง

ใช้แพะลูกผสมพื้นเมือง-บอร์50% เพศผู้ อายุเฉลี่ย 15-16 เดือน และมีน้ำหนักเฉลี่ย 20±2.1 กิโลกรัม จำนวน 4 ตัว มีสุขภาพสมบูรณ์ แข็งแรง ก่อนการทดลองทำการกำจัดพยาธิภายนอกและพยาธิภายในโดยใช้ยาถ่ายพยาธิไอเวอร์เมกติน (Ivermectin[®]) และทำการฉีดยาบำรุงไบโอแคทาไลน์ (Biocatalin[®]) ทำการสุ่มให้แพะได้รับทรีทเมนต์ตามแผนการทดลองแบบ 4 x 4 จตุรัสลาติน (4 x 4 Latin square design) โดยได้รับอาหารผสมครบส่วน (total mixed rations, TMR) 4 สูตร ซึ่งมีอัตราส่วนอาหารหยาบ:อาหารข้น 40:60 อาหารหยาบประกอบด้วยทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (calcium hydroxide treated oil palm frond, CTOPF) อาหารข้นที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย ข้าวโพดบด กากถั่วเหลือง ปลาป่น กระถินป่น กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน กากน้ำตาล DCP เกลือ และแร่ธาตุรวม (Table 2) ทุกสูตรคำนวณให้มีระดับโปรตีนรวม 15% โภชนะย่อยได้รวม 70% โภชนะตามความต้องการของแพะ ตามคำแนะนำของ NRC (1981)

Table 2 Ingredient of total mixed ration (TMR) used in the experiment (% as DM basis)

Composition	Total Mixed Rations			
	TMR 1	TMR 2	TMR 3	TMR 4
CTOPF0% ^{1/}	40	-	-	-
CTOPF 2%	-	40	-	-
CTOPF 4%	-	-	40	-
CTOPF 6%	-	-	-	40
Ground corn	21.65	21.65	21.65	21.65
Soybean meal	14.16	14.16	14.16	14.16
Fish meal	0.60	0.60	0.60	0.60
Leucaena meal	9.00	9.00	9.00	9.00
Palm kernel cake	12.00	12.00	12.00	12.00
Molasses	1.20	1.20	1.20	1.20
Dicalcium phosphate	0.60	0.60	0.60	0.60
Salt	0.18	0.18	0.18	0.18
Premix	0.60	0.60	0.60	0.60
Total	100	100	100	100

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

แพะแต่ละตัวถูกเลี้ยงในคอกศึกษาการย่อยได้ (metabolism crate) ชั่งเตี้ยยกพื้น จำนวน 4 คอก มีรางอาหาร และที่ให้น้ำ อยู่ด้านหน้า ทำการทดลอง 4 ช่วงๆ ละ 21 วัน ซึ่งประกอบด้วย ระยะเวลาปรับตัว (adaptation period) 14 วัน และระยะทดลอง (experimental period) 7 วัน โดยในระยะปรับตัวให้แพะได้รับอาหาร TMR ทั้ง 4 สูตรแบบเต็มที (*ad libitum*) โดยให้วันละ 2 ครั้ง ใน เวลา 07.00 น. และ 16.00 น. ทำการวัดปริมาณอาหารที่กิน และอาหารที่เหลือทั้งในช่วงเช้า และช่วงเย็นของทุกวันเพื่อหาปริมาณการ กินได้ ส่วนในระยะทดลองลดปริมาณอาหาร TMR ให้เหลือเพียง 90% ของปริมาณที่กินได้ในช่วงระยะเวลาปรับตัวเนื่องจากต้องการให้แพะ กินอาหารได้หมด

3. การเก็บตัวอย่าง การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

จัดบันทึกข้อมูลปริมาณการกินได้ของอาหารผสมครบส่วนที่แพะได้รับตลอดระยะเวลาการทดลองโดยการชั่งปริมาณอาหารที่ให้ และอาหารที่เหลือทั้งในช่วงเช้าและช่วงเย็นของทุกวันเพื่อหาปริมาณอาหารที่กินได้ สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารผสมครบส่วนและมูล แบ่ง ออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ชั่งน้ำหนักแล้วอบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง และส่วนที่ 2 นำไปอบที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 72 ชั่วโมงแล้วบดผ่านตะแกรงขนาด 1 mm เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณ วัตถุแห้ง (DM) อินทรีย์วัตถุ (OM) โปรตีนรวม (CP) ไขมันรวม (EE) ตามวิธีการของ AOAC (1995) และวิเคราะห์หาปริมาณผนังเซลล์ (NDF) และลิกโนเซลลูโลส (ADF) ตามวิธีการของ Van Soest et al. (1991)

สุ่มเก็บตัวอย่างเลือดแพะทดลอง ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมง หลังการให้อาหารในวันสุดท้ายของแต่ละระยะทดลอง (วันที่ 21) โดยเก็บจากเส้นเลือดดำใหญ่บริเวณคอ (jugular vein) ปริมาณ 3 ml ใส่หลอดที่มีเฮพาริน (heparinized) เพื่อป้องกันไม่ให้เลือด แข็งตัวนำมาปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ที่ความเร็วรอบ 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที และเก็บส่วนพลาสมา (plasma) เพื่อนำมา วิเคราะห์หาระดับยูเรียในเลือด (blood urea-nitrogen, BUN) (Crocker, 1967) โดยใช้เครื่อง spectrophotometer และวิเคราะห์ ความเข้มข้นของ glucose ในเลือดใช้วิธี GOD-PAP method โดยใช้น้ำยาสำเร็จรูป (Glucose Liquicolor®, Germany) และปริมาตร

เม็ดเลือดแดงอัดแน่น (pack cell volume, PCV) ใช้วิธีการ Cumulative pulse height detection method โดยใช้เครื่อง (Sysmex XN-1000R™ Hematology Analyzer)

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมด มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SAS® University Edition โดยหาค่าความแปรปรวนแบบ Analysis of Variance (ANOVA) ตามแผนการทดลอง 4 x 4 จัตุรัสลาติน โดยใช้ Proc GLM เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1980) และวิเคราะห์แนวโน้มการตอบสนองจากค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ด้วยวิธี Orthogonal polynomial

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร TMR สูตร 1-4 (ที่ใช้ CTOPF ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6%) ทั้ง 4 สูตร (Table 3) พบว่า องค์ประกอบทางเคมีมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่า DM อยู่ในช่วง 58.26-59.78% และ EE อยู่ในช่วง 2.12-2.80% แต่จะเห็นว่าปริมาณของ OM และปริมาณ ash มีความสัมพันธ์กันเชิงลบในอาหาร TMR สูตร 2-4 เมื่อเปรียบเทียบกับ TMR 1 เนื่องจากเมื่อเพิ่มระดับของ %CTOPF ปริมาณ ash เพิ่มขึ้นแต่ปริมาณของ OM ในอาหารกลับลดลง สอดคล้องกับข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีของ CTOPF ที่ระดับต่างๆ (Table 1) เนื่องจาก CaOH₂ เป็นแร่ธาตุจึงส่งผลต่อปริมาณของ ash และ OM ในอาหาร TMR (สุรเดช, 2561; ภูวตล และคณะ, 2563) ทำนองเดียวกับกับรายงานของ Dias et al. (2011) ได้ทำการศึกษาการใช้ CaOH₂ หมักขานอ้อย ที่ระดับ 0, 0.8, 1.6 และ 2.4% ต่อปริมาณการกินได้และการย่อยได้ในแม่โคนเนื้อ พบว่า เมื่อเพิ่มระดับของ CaOH₂ ปริมาณของ OM ลดลง แต่ปริมาณของ ash ในขานอ้อยเพิ่มขึ้นตามระดับของ CaOH₂ อย่างไรก็ตาม ปริมาณของ NDF และ ADF ในอาหาร TMR สูตรที่ 1 เท่ากับ (59.50% และ 35.67%) มีแนวโน้มสูงกว่า TMR สูตรที่ 2-4 (57.89-58.78% และ 34.78-34.89%) ที่มีแนวโน้มลดลงเป็นเพราะระดับของ CTOPF ที่เพิ่มขึ้น 2-6% ในทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบในอาหาร TMR สอดคล้องกับรายงานของภูวตล และคณะ (2563) ได้ทำการศึกษาการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก CaOH₂ ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6% เสริมด้วยอาหารชั้น 0.5% BW ในแพะ พบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก CaOH₂ ที่ระดับ 2-4% ปริมาณของ NDF และ ADF มีแนวโน้มลดลง เมื่อเทียบกับทางใบปาล์ม น้ำมันหมัก CaOH₂ ที่ระดับ 0 และ 6% เนื่องจากต่างของ CaOH₂ ช่วยไฮโดรไลซิสในโครงสร้างเส้นใยของทางใบปาล์ม น้ำมัน ทำให้เส้นใยมีการขยายตัวออก ทำลายพันธะ β-1,4-glycosidic bond ของเฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลสภายในโครงสร้าง ส่งผลให้ NDF และ ADF ลดลง (Chaudhry, 1998; Dias et al., 2011; Polyorach and Wanapat, 2014; สุรเดช, 2561) ขณะที่อาหาร TMR ทั้ง 4 สูตร มีปริมาณ CP อยู่ในช่วง 14.81-15.12% และมีปริมาณ NSC อยู่ในช่วง 14.20-16.32% แต่เมื่อพิจารณา พบว่า อาหาร TMR ตั้งแต่สูตรที่ 3 และ TMR สูตรที่ 4 ปริมาณของ CP และปริมาณของ NSC สอดคล้องกับการลดลงตามปริมาณของ CP และ NSC ในองค์ประกอบทางเคมีของ CTOPF 4% และ CTOPF 6% (Table 1) อย่างไรก็ตาม ปริมาณของ NSC และ CP มีความสัมพันธ์กันในกระบวนการหมักพืชแบบไม่ใช้อากาศ หากปริมาณของ NSC มีน้อยส่งผลให้จุลินทรีย์กลุ่ม proteolytic bacteria ใช้ CP จากพืชเพื่อเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียและกรดไขมันระเหยง่าย (volatile fatty acid) จึงทำให้ปริมาณของ CP ลดลง (สายัณห์, 2547)

Table 3 Chemical composition of calcium hydroxide treated oil palm frond (CTOPF) in total mixed ration (TMR) in the experiment (% dry matter basis)

Chemical composition	Total Mixed Rations ^{1/}			
	TMR 1	TMR 2	TMR 3	TMR 4
DM	59.78	58.43	58.26	58.74
OM	93.28	90.67	90.15	88.52
CP	15.12	15.08	14.89	14.81
EE	2.34	2.12	2.80	2.45
Ash	6.73	9.11	9.85	10.65
NDF	59.50	58.78	58.09	57.89
ADF	35.67	34.78	34.80	34.89
NSC ^{2/}	16.32	14.92	14.37	14.20

^{1/}TMR 1 = CTOPF 0% + concentrate ratio at 40:60, TMR 2 = CTOPF 2% + concentrate ratio at 40:60, TMR3 = CTOPF 4% + concentrate ratio at 40:60, TMR4 = CTOPF 6% + concentrate ratio at 40:60

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

DM=dry matter ; OM = organic matter ; CP = crude protein ; EE = ether extract ; NDF= neutral detergent fiber ; ADF = acid detergent fiber

ปริมาณการกินได้ของอาหาร

ผลการศึกษาปริมาณการกินได้อย่างอิสระ (voluntary feed intake, VFI) (%DM) ในแพะลูกผสมพื้นเมืองไทยที่ได้รับอาหารผสมครบส่วนทั้ง 4 สูตร (Table 4) พบว่าปริมาณการกินได้ของอาหาร TMR สูตรที่ 2 คิดเป็น %ของน้ำหนักตัว (%BW) มีค่าสูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหาร TMR สูตรที่ 1 และสูตรที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ขณะที่แพะที่ได้รับอาหาร TMR สูตรที่ 3 มีปริมาณการกินได้คิดเป็น %BW ใกล้เคียงกับแพะทุกกลุ่ม ($P > 0.05$) อย่างไรก็ตาม ปริมาณการกินได้คิดเป็น %BW มีแนวโน้มลดลงแบบเส้นโค้งกำลังสอง (Quadratic) เมื่อระดับ CTOPF มีระดับสูงกว่า 2% อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ทำนองเดียวกับปริมาณการกินได้เป็นกรัม น้ำหนักเมแทบอลิก ($g/kg W^{0.75}$) ในแพะกลุ่มที่ได้อาหาร TMR สูตรที่ 2 มีปริมาณการกินได้สูงกว่าแพะทุกกลุ่ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ยิ่งไปกว่านั้นปริมาณการกินได้คิดเป็น $g/kg W^{0.75}$ มีแนวโน้มลดลงแบบเส้นโค้งกำลังสอง (Quadratic) เมื่อระดับ CTOPF มีระดับมากกว่า 2% อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ขณะที่ปริมาณการกินได้ทั้งหมดของโภชนะคิดเป็นปริมาณ (kg/d) ทั้งปริมาณของอินทรีย์วัตถุ (organic matter intake, OMI) ปริมาณการกินได้ทั้งหมดของโปรตีนรวม (crude protein intake, CPI) ปริมาณการกินได้ทั้งหมดผนังเซลล์ (neutral detergent fiber intake, NDFI) และปริมาณการกินได้ลิโนเซลลูโลส (acid detergent fiber intake, ADFI) ของแพะที่ได้รับอาหาร TMR ทั้ง 4 สูตรไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) จากการทดลองจะเห็นได้ว่าปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง และปริมาณการกินของโภชนะต่างๆ มีแนวโน้มลดลง เมื่อปริมาณระดับ CTOPF สูงกว่า 2% สอดคล้องกับการศึกษา Dias et al. (2011) ได้ทำการศึกษาการใช้ขานอ้อยหมัก $CaOH_2$ ที่ระดับ 0, 0.8, 1.6 และ 2.4% ในแม่โคเนื้อ พบว่าแม่โคเนื้อในกลุ่มที่ได้รับขานอ้อยหมัก $CaOH_2$ ที่ระดับสูงกว่า 0.8% มีแนวโน้มปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งลดลงแบบเส้นโค้งกำลังสอง (Quadratic) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) เนื่องจากปริมาณของ $CaOH_2$ ที่สูงขึ้นทำให้พลังงานและ CP ในอาหารลดลงกลับกันปริมาณ ash เพิ่มขึ้นในอาหาร ส่งผลต่อกระบวนการหมักของจุลินทรีย์ย่อยเยื่อใย cellulolytic bacteria ในกระเพาะรูเมน ส่งผลให้การไหลผ่านของอาหารในกระเพาะรูเมน (rate of passage) ช้าลง ทำให้ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งและปริมาณการกินได้ของโภชนะในอาหารลดลง (Van Soest, 1994)

Table 4 Effect of calcium hydroxide treated oil palm frond (CTOPF) in total mixed ration (TMR) on dry matter intake and nutrient in goats

Item	Total Mixed Rations ^{1/}				SEM	Contras P-value	
	TMR 1	TMR 2	TMR 3	TMR 4		L	Q
Dry matter intake							
kg/d	0.635	0.675	0.644	0.623	0.01	NS	NS
%BW	3.12 ^b	3.29 ^a	3.18 ^{ab}	3.08 ^b	0.04	NS	0.01
g/kgBW ^{0.75}	66.29 ^b	69.88 ^a	67.02 ^b	65.22 ^b	0.74	NS	0.01
Nutrients intake (kg)							
Organic matter	0.540	0.585	0.575	0.572	0.03	NS	NS
Crude protein	0.087	0.097	0.094	0.095	0.01	NS	NS
Neutral detergent fiber	0.347	0.379	0.370	0.373	0.02	NS	NS
Acid detergent fiber	0.206	0.225	0.221	0.224	0.02	NS	NS

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

^{1/}TMR 1 = CTOPF 0% + concentrate ratio at 40:60, TMR 2 = CTOPF 2% + concentrate ratio at 40:60, TMR3 = CTOPF 4% + concentrate ratio at 40:60, TMR 4 = CTOPF 6% + concentrate ratio at 40:60,

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

สัมประสิทธิ์การย่อยได้

Table 5 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของแพะที่ได้รับอาหาร TMR สูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 พบว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหาร TMR สูตรที่ 2 และ 3 มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบและสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์ สูงกว่าแพะที่ได้รับ TMR สูตรที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) แต่เมื่อเปรียบเทียบแพะกลุ่มที่ได้รับ TMR สูตรที่ 3 และ 4 มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบและผนังเซลล์ใกล้เคียงกัน (P>0.05) นอกจากนี้แพะกลุ่มที่ได้รับอาหาร TMR สูตรที่ 2, 3 และ 4 มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุสูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหาร TMR สูตรที่ 1 (P<0.01) ขณะที่แพะที่ได้รับอาหาร TMR ทั้ง 4 สูตรมีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนรวม และค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของลิกโนเซลลูโลส ไม่แตกต่างกัน (P>0.05) เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์โภชนาการที่ย่อยได้ในแพะกลุ่มที่ได้รับอาหาร TMR สูตรที่ 2 มีค่าสูงกว่าแพะที่ได้รับอาหาร TMR สูตรที่ 1 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่แพะกลุ่มที่ได้รับอาหาร TMR สูตรที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์โภชนาการที่ย่อยได้ใกล้เคียงกับแพะทุกกลุ่ม อย่างไรก็ตาม การที่ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบ ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์ ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ และเปอร์เซ็นต์โภชนาการที่ย่อยได้สูงกว่าในแพะที่ได้รับอาหาร TMR สูตรที่ 2-4 (CTOPF2-6%) เมื่อเปรียบเทียบกับอาหาร TMR สูตรที่ 1 (CTOPF 0%) เนื่องจากต่างที่เกิดจาก CaOH₂ ช่วยลดและทำลายพันธะของลิกโนเซลลูโลส อีกทั้งยังทำให้เกิดการพองตัวและเพิ่มความพรุนของพันธะลิกโนเซลลูโลส (Pandey et al., 2015) ส่งผลให้จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนสามารถเข้าไปย่อยได้มากขึ้น ยิ่งไปกว่านั้นต่างยังช่วยควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในกระเพาะรูเมนแพะที่เกิดจากการย่อยอาหารให้อยู่ในช่วง 6.0-7.0 ที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเยื่อใย (cellulolytic bacteria) (Van Soest, 1994) จึงทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบ อินทรีย์วัตถุ ผนังเซลล์ และเปอร์เซ็นต์โภชนาการที่ย่อยได้เพิ่มขึ้นแต่เมื่อพิจารณาเฉพาะแพะที่ได้รับอาหาร TMR สูตรที่ 2-4 (CTOPF 2-6%) พบว่า เมื่อระดับของ CTOPF สูงกว่า 4% ในอาหาร TMR สูตรที่ 4 ส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบ ผนังเซลล์ อินทรีย์วัตถุ และเปอร์เซ็นต์โภชนาการที่ย่อยได้มีแนวโน้มลดลงแบบเส้นโค้งกำลังสอง (Quadratic) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) สอดคล้องกับการศึกษาของ Dias et al. (2011) พบว่า เมื่อระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในซานอ้อยสูงกว่า 1.6% ทำให้แม่โคเนื้อที่มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบ ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์ และเปอร์เซ็นต์โภชนาการที่ย่อย

ได้ มีแนวโน้มลดลงแบบเส้นโค้งกำลังสอง (Quadratic) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ทำนองเดียวกับการศึกษาของ ภูวดล และคณะ (2563) ได้ทำการศึกษาการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก CaOH_2 ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6% โดยเสริมอาหารชั้น 0.5 %BW ในแพะพบว่า แพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมัก CaOH_2 ที่ระดับสูงกว่า 4% ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะมีแนวโน้มลดลงแบบเส้นโค้งกำลังสอง (Quadratic) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) เนื่องจากการสูญเสียปริมาณโปรตีนรวมในระหว่างกระบวนการหมักทางใบปาล์มน้ำมัน ทำให้ปริมาณโปรตีนรวมในทางใบปาล์มน้ำมันหมัก CaOH_2 ที่ระดับ 6% ลดลง ส่งผลกับกระบวนการหมักของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนทำให้การย่อยได้ของโภชนะลดลง

แพะที่ได้รับอาหาร TMR สูตรที่ 2 และ 3 มีพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้คิดเป็นหน่วย Mcal/Kg และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ที่แพะได้รับ Mcal/day สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหาร TMR สูตรที่ 1 ($P < 0.05$) และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้มีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับของ CTOPF สูงกว่า 4% (TMR สูตรที่ 4) แบบเส้นโค้งกำลังสอง (Quadratic) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) อย่างไรก็ตาม การนำ CTOPF มาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบ 40% ในอาหาร TMR สามารถให้พลังงานใช้ประโยชน์ได้อยู่ในช่วง 1.20-1.45 Mcal/day เพียงพอ กับความต้องการของแพะน้ำหนักขนาด 20kg และมีอัตราการเจริญเติบโต 50g/day ต้องการพลังงานใช้ประโยชน์ได้โดยเฉลี่ย 1.32 Mcal/day (NRC, 1981)

Table 5 Effect of calcium hydroxide treated oil palm frond (CTOPF) in total mixed ration (TMR) on apparent digestibility in goats.

Item	Total Mixed Rations				SEM	Contras P-value	
	TMR 1	TMR 2	TMR 3	TMR 4		L	Q
Apparent digestibility,%							
DM	57.31 ^C	62.67 ^A	61.40 ^{AB}	59.58 ^B	0.65	NS	0.001
OM	58.46 ^B	65.27 ^A	64.34 ^A	62.96 ^A	0.65	0.001	0.001
CP	55.11	58.15	57.49	55.50	0.75	NS	NS
NDF	55.13 ^C	59.48 ^A	58.36 ^{AB}	56.74 ^{BC}	0.63	NS	0.003
ADF	38.03	40.67	39.95	38.21	0.79	NS	NS
TDN	61.61 ^b	66.02 ^a	64.29 ^{ab}	63.02 ^b	0.78	NS	0.01
ME (Mcal/Kg) ^{2/}	2.07 ^b	2.24 ^a	2.21 ^{ab}	2.07 ^b	0.03	NS	0.003
ME (Mcal/day)	1.20 ^b	1.45 ^a	1.40 ^a	1.37 ^{ab}	0.05	NS	0.03

^{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/}TMR 1 = CTOPF 0% + concentrate ratio at 40:60, TMR 2 = CTOPF 2% + concentrate ratio at 40:60, TMR3 = CTOPF 4% + concentrate ratio at 40:60, TMR 4 = CTOPF 6% + concentrate ratio at 40:60,

^{2/}ME (Mcal/day) = organic matter digestion x 3.8 (Kearl, 1982)

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

เมแทบอลิท์ของเลือด

Table 6 แพะที่ได้รับอาหาร TMR สูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 (CTOPF ระดับ 0, 2, 4 และ 6%) พบว่า ค่าเมแทบอลิท์ในกระแสเลือด (blood metabolite) ได้แก่ ค่าเข้มข้นของ BUN, glucose และ PCV ของแพะทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) ทั้งช่วงเวลาที่ 0 ก่อนให้อาหาร ช่วงเวลาที่ 4 หลังให้อาหาร และช่วงเวลาที่เฉลี่ยจากการศึกษาครั้งนี้เห็นได้ว่าอาหาร TMR สูตรที่ 4 ทำให้ค่า BUN เฉลี่ยมีแนวโน้มสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับอาหาร TMR สูตรอื่น (ไม่แตกต่างทางสถิติ $P > 0.05$) อาจเนื่องมาจากปริมาณของ NSC และปริมาณ OM ที่ต่ำในอาหาร TMR สูตรที่ 4 ทำให้จุลินทรีย์ที่ใช้ $\text{NH}_3\text{-N}$ ในการสังเคราะห์โปรตีนจุลินทรีย์กระเพาะรูเมนได้น้อยลง ปริมาณ $\text{NH}_3\text{-N}$

ที่เหลืองจึงถูกดูดซึมผ่านกระเพาะรูเมนไปยังตับเปลี่ยนเป็นยูเรียได้มากขึ้น (Hammond, 1998) โดยค่าเฉลี่ย BUN ของแพะทั้ง 4 กลุ่มอยู่ในช่วง 15.47-15.57 mg/dl สอดคล้องกับหลายรายงานเกี่ยวกับระดับความเข้มข้นของ BUN ในกระแสเลือดของแพะลูกผสมพื้นเมืองไทยซึ่งมีค่าประมาณ 12-23 mg/dl (ณัฐธา, 2552; ภูวดล และคณะ, 2559; สุรเดช และคณะ, 2560; ภูวดล และคณะ, 2563) อย่างไรก็ตาม ค่าความเข้มข้นของ BUN ปกติจะผันแปรขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น อาหาร ระดับโปรตีนอาหาร ปริมาณโปรตีนที่กินได้ และอายุ (Lloyd, 1982) ขณะที่ปริมาณความเข้มข้นของ glucose ในกระแสเลือดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 60.95-61.35 mg/d ซึ่งรายงานปริมาณความเข้มข้นของ glucose เฉลี่ยในกระแสเลือดของแพะลูกผสมพื้นเมืองไทยที่ได้รับอาหาร TMR ที่มีสัดส่วนอาหารชั้น 60% ขึ้นไป อยู่ในช่วง 61.25-84.66 mg/d (Chanjula et al., 2016; ภูวดล และคณะ, 2559; สุรเดช และคณะ, 2560) ซึ่งค่าความเข้มข้นของ glucose ในกระแสเลือดของแพะขึ้นอยู่กับระดับของอาหารชั้นที่แพะได้รับ โดยระดับความเข้มข้นของ glucose ในกระแสเลือดปกติของแพะ 50-75 mg/d (Keneko, 1980) ปริมาณ PCV เฉลี่ยอยู่ในช่วง 31.00-31.87% ซึ่งปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่นของแพะในการศึกษาครั้งนี้อยู่ในช่วงปกติ (22-38%) (Jain, 1993; เฉลียว, 2548) อย่างไรก็ตาม เห็นได้ว่าการใช้อาหาร TMR ที่มีปริมาณ (CTOPF ที่ระดับ 0-6%) เหมาะสำหรับการขุนแพะ เนื่องจากทำให้ค่าเมแทบอลิไทท์ในกระแสเลือดของแพะมีค่าสูงกว่าการใช้ (CTOPF 0-6%) เสริมด้วยอาหารชั้น 0.5%BW โดยค่าเข้มข้นของ BUN, glucose และ PCV (13.25-15.00 mg/dl, 42.50-43.12 mg/dl และ 26.12-27.62%) (ภูวดล และคณะ, 2563)

Table 6 Effect of calcium hydroxide treated oil palm frond (CTOPF) in total mixed ration (TMR) on blood metabolites in goats.

Item	Total Mixed Rations				SEM	Contras P-value	
	TMR 1	TMR 2	TMR 3	TMR 4		L	Q
BUN, mg/dl							
0 h-post feeding	15.08	15.08	14.89	15.03	0.52	NS	NS
4	16.08	15.86	16.22	16.46	0.62	NS	NS
Mean	15.58	15.47	15.55	15.75	0.56	NS	NS
Glucose, mg/d							
0 h-post feeding	60.25	60.19	60.61	60.04	0.34	NS	NS
4	61.66	62.16	62.09	61.90	0.79	NS	NS
Mean	60.95	61.17	61.35	60.97	0.55	NS	NS
PCV, %							
0 h-post feeding	33.25	32.00	31.75	32.00	1.08	NS	NS
4	30.50	31.00	30.25	30.00	1.09	NS	NS
Mean	31.87	31.50	31.00	31.00	0.90	NS	NS

^{1/}TMR 1 = CTOPF 0% + concentrate ratio at 40:60, TMR 2 = CTOPF 2% + concentrate ratio at 40:60, TMR3 = CTOPF 4% + concentrate ratio at 40:60, TMR 4 = CTOPF 6% + concentrate ratio at 40:60,

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

สรุปและข้อเสนอแนะ

การใช้อาหาร TMR สูตรที่ 2 (CTOPF 2% = ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก CaOH₂ 2%) เป็นแหล่งอาหารหยาบในอาหาร TMR ช่วยปรับปรุงปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบและส่งผลให้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะในอาหารสำหรับแพะสูงขึ้น อย่างไรก็ตาม

การใช้ CTOPF มาเป็นแหล่งอาหารหยาบในอาหาร TMR ไม่ควรใช้เกิน 2% นอกจากนี้ต้องพิจารณาเรื่องปริมาณของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้างและปริมาณโปรตีนรวมในสัดส่วนของอาหารชั้น

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี หลักสูตรสัตวศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี ที่สนับสนุนเงินทุน สถานที่และอำนวยความสะดวกในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- เฉลียว ศาลากิจ. 2548. โลหิตวิทยาทางสัตวแพทย์. คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.
- ณัฐธา รัตนโกศล. 2552. การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลเป็นอาหารหยาบสำหรับแพะ. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.
- เทียนทิพย์ ไกรพรหม และ สิทธิศักดิ์ จันทรัตน์. 2561. ผลการใช้เศษเหลือทิ้งจากปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารผสมสำเร็จในแพะต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะปริมาณกรดไขมันที่ระเหยง่าย และเมแทบอลิซึมในเลือด. มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์. 10 (2): 171-183.
- ธีระ เอกสมทราเมษฐ์, ชัยรัตน์ นิลนนท์, ธีระพงศ์ จันทรมนิยม, ประกิจ ทองคำ และสมเกียรติ สีสนอง. 2548. การจัดการสวนปาล์มน้ำมัน. น. 51-62. ใน: ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมัน. เส้นทางสู่ความสำเร็จการผลิตปาล์มน้ำมัน. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.
- ภูวดล เหมชะรา, ปิ่น จันจุฬา และอนุสรณ์ เชิดทอง. 2559. ปริมาณการกินได้ และเมแทบอลิซึมในกระแสเลือดของแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา. แก่นเกษตร. 44(2): 68-76.
- ภูวดล เหมชะรา, พีรวัฒน์ ชูเพ็ง, ณัฏฐรัตน์ คุ้มครอง และโสภณ บุญล้ำ. 2563. ผลของทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ต่อปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ในแพะ. แก่นเกษตร. 48(1): 163-176.
- สายัณห์ ทัดศรี. 2547. พืชอาหารสัตว์เขตร้อน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- สำนักงานวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2563. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้มปี 2563. แหล่งข้อมูล : <https://www.oae.go.th/assets/portals/1/files/trend2563-Final-Download.pdf>. ค้นเมื่อ 25 มกราคม 2564.
- สุนทร รอดด้วง. 2555. ผลของการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักในอาหารผสมสำเร็จต่อสมรรถภาพการผลิตและลักษณะซากแพะ. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์ มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.
- สุรเดช เพชรอร่าม, ปิ่น จันจุฬา และอนุสรณ์ เชิดทอง. 2560. ผลของทางใบปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ต่อปริมาณการกินได้ และเมแทบอลิซึมในกระแสเลือดของแพะ. วิทยาศาสตร์เกษตร. 48(2): 161-168.
- สุรเดช เพชรอร่าม. 2561. ผลการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในอาหารผสมสำเร็จ ต่อการย่อยได้ของโภชนะ นิเวศวิทยาในรูเมน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนในแพะ. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.
- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. 16th Edition. Assoc. Off. Anal.Chem., Arlington, VA.
- Chanjula, P., C. Suntara, and A. Cherdthong. 2021. The effects of oil palm fronds silage supplemented with urea-calcium hydroxide on rumen fermentation and nutrient digestibility of thai native-anglonubian goats. Fermentation. 7(4): 1-14.
- Chanjula, P., V. Petcharat, P. Hamchara, and A. Cherdthong. 2016. Effect of fungal treated oil palm frond in the diet of goats. p. 885-888. In: Proceedings 17th AAAP 2016 Animal Science congress 22-25 August 2016. Fukuoka, Japan.

- 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. *Animal Feed Science and Technology*. 74(4): 315-328.
- Chaudhry, A. S. 2000. Rumen degradation in sacco in sheep of wheat straw treated with calcium oxide, sodium hydroxide and sodium hydroxide plus hydrogen peroxide. *Animal Feed Science and Technology*. 83: 313-323.
- 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. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 40(8): 1799-1806.
- Freitas, T. B., A. E. Relling, M. S. Pedreira, W. J. B. Rocha, A. R. Schroeder, and T. L. Felix. 2017. Effects of increasing inclusion of sodium hydroxide treatment on growth performance, carcass characteristics, and feeding behavior of steers fed 50% DDGS. *Journal of Animal Science*. 95: 371-378.
- Gunun N., M. Wanapat, P. Gunun, A. Cherdthong, P. Khejornsart and S. Kang. 2016. Effect of treating sugarcane bagasse with urea and calcium hydroxide on feed intake, digestibility, and rumen fermentation in beef cattle. *Tropical Animal Health and Production*. 48(6): 1123-1128.
- 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-Australasian Journal of Animal Sciences*. 31: 1619-1626.
- Hammond, A. C. 1998. Use of bun and mun as Guides for protein and energy supplementation in cattle. *Revista Corpoica*. 2(2): 44-48.
- Jain, N. C. 1993. *Essentials of Veterinary Hematology*. 1st Edition. Philadelphia, USA.
- 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 Agricultural Research Quarterly*. 35(3): 195-200.
- Kearl, L. C. 1982. *Nutrient Requirements of Ruminants in Developing Countries*. Utah State University, Utah.
- Lloyd, S. 1982. Blood characteristics and the nutrition of ruminants. *British Veterinary Journal*. 138: 70-85.
- NRC. 1981. *Nutrient Requirements of Goats: Angora, Dairy and Meat Goats in Temperate and Tropical Countries*. National Academy Press, Washington, D.C.
- Pandey, A., S. Negi, P. Binod, and C. Larroche. 2015. *Pretreatment of Biomass Processes and Technologies*. 1st Edition. Elsevier, Amsterdam.
- Polyorach, S., and M. Wanapat. 2014. Improving the quality of rice straw by urea and calcium hydroxide on rumen ecology, microbial protein synthesis in beef cattle. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 99: 449-456.
- 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. *Journal of Dairy Science*. 74: 3583-3597.