วารสารแก่นเกษตร
THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

Journal Home Page : https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj

ผลของกากผลปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในอาหารผสมครบส่วน ต่อปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ในแพะ

Effect of calcium hydroxide treated oil palm meal in total mixed ration on feed intake and digestibility in goats

ภูวดล เหมชะรา[1]* และ ณันญรัตน์ คุ้มครอง[1]

Puwadon Hamchara[1]* and Nunyarat Koomkrong[1]

[1] หลักสูตรสัตวศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี สุราษฎร์ธานี 84100
[1] Program of Animal Science, Faculty of Science and Technology, Suratthani Rajabhat University, Suratthani 84100

บทคัดย่อ: งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของกากผลปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (calcium hydroxide treated oil palm meal, CTOPM) ในอาหารผสมครบส่วน (total mixed ration, TMR) ต่อปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ในแพะ โดยศึกษาในแพะลูกผสมบอร์-พื้นเมือง 50% เพศผู้ อายุประมาณ 13-14 เดือน มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 22±2.2 kg จำนวน 4 ตัว สุ่มแพะให้ได้รับอาหารตามแผนการทดลองแบบ 4 x 4 จัตุรัสลาติน ประกอบด้วยอาหาร TMR 4 สูตร โดยใช้ CTOPM 10, 15, 20 และ 25% ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่า ปริมาณการกินได้อย่างอิสระของวัตถุแห้ง (DM) อินทรียวัตถุ (OM) โปรตีนรวม (CP) ผนังเซลล์ (NDF) และลิโนเซลลูโลส (ADF) ของแพะทุกกลุ่มไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ขณะที่สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (DM) อินทรียวัตถุ (OM) โปรตีนรวม (CP) ผนังเซลล์ (NDF) เปอร์เซ็นต์โภชนะรวมที่ย่อยได้ (TDN) พลังงาน (ME) และค่า blood glucose มีแนวโน้มลดลงในอาหาร TMR ที่มีระดับของ CTOPM สูงกว่า 15% แบบเส้นตรง (P<0.01) แต่ปริมาณ cholesterol และ triglyceride ในกระแสเลือดแพะมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อระดับของ CTOPM สูงกว่า 15% แบบเส้นตรง (P<0.05) นอกจากนี้ ค่าความเข้มข้นของ BUN และ PCV ในกระแสเลือดของแพะทั้ง 4 กลุ่ม ไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ดังนั้น จากการศึกษาแนะนำให้ใช้ CTOPM ไม่เกิน 15% เพื่อเป็นแหล่งอาหารข้นในอาหาร TMR โดยไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้วัตถุแห้ง และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะในแพะ
คำสำคัญ: อาหารผสมครบส่วน; กากผลปาล์มน้ำมัน; แคลเซียมไฮดรอกไซด์; แพะ

ABSTRACT: This study aimed to examine the effects of calcium hydroxide treated oil palm meal (CTOPM) in total mixed ration (TMR) on feed intake and digestibility in goats. Four of 13-14 months old male crossbred (50% Thai Native-Boer) goats with an average initial body weight (BW) of 22±2.2 kg were randomly assigned according to a 4 x 4 latin square design. The four TMR diets containined 10, 15, 20, and 25% CTOPM, respectively. The results showed that there were no significant differences among treatments for voluntary 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, total digestible nutrient (TDN) and metabolizable energy (ME) and blood glucose were quadratically decreased in TMR with over 15% of CTOPF (P<0.01). Nevertheless, blood cholesterol and triglyceride were quadratically increased with increasing levels of CTOPM over 15% (P<0.05). Moreover, blood urea-nitrogen (BUN) and pack cell volume (PCV) were similar among treatments (P>0.05). Therefore, this study suggested that CTOPM can be used at no more than 15% as a source of concentrate in TMR which had no effect on dry matter intake and digestible nutrients in goats.
Keywords: total mixed ratio; oil palm meal; calcium hydroxide; goats

* Corresponding author: puwadon.ham@sru.ac.th

Received: date; May 2, 2023 Accepted: date; October 27, 2023 Published: date;

บทนำ

จังหวัดสุราษฎร์ธานีถือเป็นจังหวัดที่มีศักยภาพในการผลิตปาล์มน้ำมันสูงสุดของประเทศไทย เนื่องจากมีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันประมาณ 1,417,799 ไร่ และพื้นที่ให้ผลผลิตสูงสุดประมาณ 1,341,622 ไร่ หรือคิดเป็น 22.12% และ 21.81% ของพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันทั้งหมดของประเทศไทย (สำนักงานวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2565) นอกจากนี้ภายในจังหวัดยังมีอุตสาหกรรมต่อเนื่องที่เกี่ยวข้องกับปาล์มน้ำมันหลากหลาย แต่ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2564-2566 ที่ผ่านมาเกษตรกรชาวสวนปาล์มน้ำมันประสบปัญหาเกี่ยวกับราคาของผลผลิตปาล์มน้ำมันที่ไม่แน่นอน อีกทั้งต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้นจากปัญหาสงครามรัสเซีย-ยูเครน ทำให้เกิดการรวมกันของเกษตรกรในการแปรรูปน้ำมันปาล์มดิบที่หีบได้จากผลปาล์มน้ำมัน โดยใช้เครื่องหีบแยกน้ำมันขนาดเล็กแบบสกรู (screw oil press) ทำให้เกิดผลพลอยได้จากการหีบปาล์มน้ำมันทั้งผล คือ กากผลปาล์มน้ำมัน (oil palm meal) กากผลปาล์มน้ำมันสามารถใช้ได้ไม่เกิน 20% ในสูตรอาหารโคนมโดยไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ (Lunsin, 2018) เนื่องจากข้อจำกัดที่สำคัญของการใช้กากผลปาล์มน้ำในสูตรอาหารสัตว์ คือ ปริมาณของเยื่อใยที่สูงมาก (30.51%) และมีปริมาณโปรตีนรวมต่ำ (7.08%) (ปิ่น, 2558) นอกจากนี้ การหีบปาล์มน้ำมันด้วยเครื่องหีบขนาดเล็กอาจส่งผลให้ปริมาณไขมันรวมตกค้างในกากผลปาล์มน้ำมันสูง และอาจส่งผลกระทบต่อจุลินทรีย์ที่หมักย่อยในกระเพาะรูเมน (Church, 1988) จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการปรับปรุงคุณภาพของกากผลปาล์มน้ำมันเพื่อให้สัตว์เคี้ยวเอื้องใช้ประโยชน์ได้สูงขึ้น โดยพบว่า การปรับปรุงคุณภาพเยื่อใยโดยใช้ด่างจากแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (calcium hydroxide, $CaOH_2$) สามารถทำลายพันธะลิกโนเซลลูโลสในทางใบปาล์มน้ำมันและผลพลอยได้ทางการเกษตรได้ จากรายงานของ ภูวดล และคณะ (2565) ได้ศึกษาการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6% เป็นอาหารผสมครบส่วนในแพะลูกผสมบอร์-พื้นเมือง พบว่า การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับ 2% ช่วยปรับปรุงสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะสูงกว่าที่ระดับ 4 และ 6% อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) แต่การใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ทุกระดับไม่ส่งผลต่อค่าเมแทบอไลท์ในกระแสเลือดของแพะ ($P>0.05$) และจากรายงานของ Dias et al. (2011) ได้ทำการศึกษาการใช้ชานอ้อยหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 4 ระดับ คือ 0, 0.8, 1.6 และ 2.4% ในแม่โคเนื้อ พบว่า แม่โคเนื้อกลุ่มที่ได้รับชานอ้อยหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับ 0.8 และ 1.6% มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ ผนังเซลล์ และค่าโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นแบบเส้นโค้งกำลังสอง (Quadratic) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) แต่สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะลดลงเมื่อระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้นเป็น 2.4% อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ซึ่งการใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์มาปรับปรุงคุณภาพผลพลอยได้ทางการเกษตรอยู่ในช่วง 0.8-5.0% (Dias et al., 2011; Chanjula et al., 2021; ภูวดล และคณะ, 2565) ยิ่งไปกว่านั้นประสิทธิภาพของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ยังขึ้นอยู่กับสัดส่วนชนิดของเยื่อใยภายในของผลพลอยได้ทางการเกษตรที่นำมาปรับปรุง (Pandey et al., 2015) อย่างไรก็ตาม การใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับ 1% มาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของกากผลปาล์มน้ำมันจึงเป็นแนวทางน่าสนใจ เนื่องจากกากผลปาล์มน้ำมันมีส่วนของกะลาปนอยู่ ซึ่งเป็นส่วนไม่สามารถย่อยได้ในระบบการย่อยอาหารของสัตว์ หากใช้ระดับของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในปริมาณที่สูงอาจส่งผลทำให้การย่อยได้ของโภชนะลดลง ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้กากผลปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ 1% เพื่อเป็นแหล่งพลังงานในอาหาร TMR ต่อปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ในแพะ นอกจากนี้ยังเป็นการพัฒนาผลพลอยได้ทางการเกษตรและเพิ่มมูลค่าเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

วิธีการศึกษา

การเตรียมกากผลปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์

การเตรียมกากผลปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (calcium hydroxide treated oil palm meal : CTOPM) นำผลปาล์มน้ำมันสุกพันธุ์สุราษฎร์ธานี 2 (Deli x La Me) ที่เก็บเกี่ยวจากสวนปาล์มน้ำมันของเกษตรกร ภายในตำบลมะขามเตี้ยและตำบลขุนทะเล อำเภอเมืองสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี มาล้างทำความสะอาด แล้วนึ่งด้วยหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 °C เป็นเวลา 45 นาที หลังจากนั้นเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 90 °C ใช้เวลา 1 ชั่วโมง และเข้าเครื่องหีบน้ำมันแบบสกรู (screw oil press) ขนาด 5.5 แรงม้า (model FE-200L บริษัทห้างหุ้นส่วนจำกัด เพื่อนพลังงาน) เพื่อแยกส่วนของน้ำมันและกากผลปาล์มน้ำมันออก หลังจากนั้นนำกากผล

ปาล์มน้ำมันที่ได้มาหมักด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ระดับ 1% ตามสูตร ระดับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (kg) : น้ำ (L) : กากผลปาล์มน้ำมัน (kg) 1 : 5 : 100 ผสมให้เข้ากันแล้วนำมาบรรจุในถังพลาสติกขนาด 20 L อัดให้แน่นและปิดฝาให้สนิทใช้ระยะเวลาในการหมักประมาณ 21 วัน ที่อุณหภูมิห้อง 25 °C ดัดแปลงตามวิธีการทดลองของ (สุรเดช และคณะ, 2560; ภูวดล และคณะ, 2563) เมื่อครบระยะเวลาในการหมัก นำกากผลปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ออกมาตากแดดเป็นเวลา 3 วัน จนแห้งสนิทและเก็บไว้ใช้ต่อไป

การเตรียมสัตว์ทดลอง อาหารทดลอง และแผนการทดลอง

ใช้แพะลูกผสมพื้นเมือง-บอร์ 50% เพศผู้ อายุเฉลี่ย 13-14 เดือน และมีน้ำหนักเฉลี่ย 22±2.2 kg จำนวน 4 ตัว มีสุขภาพสมบูรณ์ แข็งแรง ก่อนการทดลองทำการกำจัดพยาธิภายนอกและพยาธิภายในโดยใช้ยาถ่ายพยาธิไอเวอร์เมกติน (Ivermectin®) และทำการฉีดยาบำรุงไบโอแคทาลีน (Biocatalin®) ทำการสุ่มให้แพะได้รับทรีทเมนต์ตามแผนการทดลองแบบ 4 x 4 จัตุรัสลาติน (4 x 4 Latin square design) โดยได้รับอาหารผสมครบส่วน (total mixed rations, TMR) ซึ่งมีอัตราส่วนอาหารหยาบ:อาหารข้น 40:60 โดยอาหาร TMR ที่ทดลองประกอบด้วยกากผลปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (calcium hydroxide treated oil palm meal, CTOPM 1%) 4 ระดับ ดังนี้ 10, 15, 20 และ 25% ตามลำดับ ทดแทนแหล่งพลังงาน และแหล่งอาหารหยาบที่ใช้เป็นอาหาร TMR คือ ทางใบปาล์มน้ำมันหมักรวมกับกระถิน 3% โดยอาหาร TMR ทุกสูตรคำนวณให้มีระดับโภชนะตามความต้องการของแพะ ตามคำแนะนำของ (NRC, 2006) ซึ่งวัตถุดิบและองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง ดังแสดงใน **Table 1**

Table 1 Composition of the experimental diets, roughage, calcium hydroxide treated oil palm meal (CTOPM) (% DM basis)

Attributes	Dietary treatments				OPM[1/]	CTOPM 1%[2/]
	CTOPM 10%	CTOPM 15%	CTOPM 20%	CTOPM 25%		
Physical composition						
CTOPM	10.00	15.00	20.00	25.00	-	-
Ground corn	8.00	8.00	7.00	6.00	-	-
Cassava chips	8.68	8.00	7.05	7.00	-	-
Wheat bran	10.71	9.23	5.18	3.00	-	-
Soybean husk	9.31	8.29	8.47	7.58	-	-
Soybean meal	8.20	8.00	8.20	8.00	-	-
Fish meal	0.60	0.60	0.60	0.60	-	-
Molasses	3.00	1.38	2.00	1.32	-	-
Dicalcium phosphate	0.60	0.60	0.60	0.60	-	-
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	-	-
Premix	0.60	0.60	0.60	0.60	-	-
Roughage [3/]	40	40	40	40	-	-
Chemical composition						
DM[4/]	55.00	55.63	56.25	56.25	87.80	90.34
OM	92.18	92.27	91.74	91.37	92.18	92.18
Ash	7.82	7.73	8.26	8.63	7.82	9.04
CP	13.74	13.38	13.10	13.10	8.18	7.91
EE	2.89	3.70	4.44	5.46	16.03	15.86
NDF	55.26	56.19	56.94	57.13	66.53	62.49
ADF	33.57	34.67	35.02	36.78	47.27	44.05
NSC[5/]	20.29	19.00	17.26	15.68	1.44	4.70

[1/]OPM = oil plam meal, [2/]CTOPM 1% = calcium hydroxide treated oil palm meal 1%, [3/] Roughage = oil palm frond + leucaena leaf meal 3%, [4/]DM = Dry matter; OM = Organic matter; CP = Crude protein; EE = Ether extract; NDF = Neutral detergent fiber; ADF = Acid detergent fiber; NSC = Non-structural carbohydrate.

[5/] Estimated: NSC = 100-(CP+NDF+EE+Ash) (Nocek and Russell, 1988)

ทำการเก็บข้อมูลปริมาณการกินได้และการย่อยได้ทั้งหมดโดยแพะแต่ละตัวถูกเลี้ยงในคอกศึกษาการย่อยได้ (metabolism crate) ขังเดี่ยวยกพื้น จำนวน 4 คอก มีรางอาหาร และที่ให้น้ำอยู่ด้านหน้า ทำการทดลอง 4 ช่วงๆ ละ 21 วัน ซึ่งประกอบด้วย ระยะปรับตัว (adaptation period) 14 วัน และระยะทดลอง (experimental period) 7 วัน โดยในระยะปรับตัวให้แพะได้รับอาหาร TMR ทั้ง 4 สูตรแบบเต็มที่ (*ad libitum*) โดยให้วันละ 2 ครั้ง ในเวลา 07.00 น. และ 16.00 น. ทำการวัดปริมาณอาหารที่ให้ และอาหารที่เหลือทั้งในช่วงเช้า และช่วงเย็นของทุกวันเพื่อหาปริมาณการกินได้ ส่วนในระยะทดลองหาการย่อยได้ทั้งหมดลดปริมาณอาหาร TMR ให้เหลือเพียง 90% ของปริมาณที่กินได้ในช่วงระยะปรับตัวเนื่องจากต้องการให้แพะกินอาหารได้หมด

การเก็บตัวอย่าง การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

สุ่มเก็บตัวอย่างอาหาร TMR และมูล แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ชั่งน้ำหนักแล้วอบที่อุณหภูมิ 100 ˚C เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง และส่วนที่ 2 นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 ˚C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วบดผ่านตะแกรงขนาด 1 mm เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณวัตถุแห้ง (DM) อินทรียวัตถุ (OM) โปรตีนรวม (CP) ไขมันรวม (EE) ตามวิธีการของ AOAC (1995) และวิเคราะห์หาปริมาณผนังเซลล์ (NDF) และลิกโนเซลลูโลส (ADF) ตามวิธีการของ Van Soest et al. (1991)

สุ่มเก็บตัวอย่างเลือดแพะทดลอง ที่เวลา 0 (ก่อนให้อาหาร) และ 4 ชั่วโมง (หลังการให้อาหาร) ในวันสุดท้ายของแต่ละระยะทดลอง (วันที่ 21) โดยเก็บจากเส้นเลือดดำใหญ่บริเวณคอ (jugular vein) ปริมาณ 3 ml ใส่หลอดที่มีเฮพพารีน (heparinized) เพื่อป้องกันไม่ให้เลือดแข็งตัว นำมาปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ที่ความเร็วรอบ 3,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที และเก็บส่วนพลาสมา (plasma) เพื่อนำมาวิเคราะห์หาระดับยูเรียในเลือด (blood urea-nitrogen, BUN) (Crocker, 1967) โดยใช้เครื่อง spectrophotometer วิเคราะห์ความเข้มข้นของ glucose ในเลือดใช้วิธี GOD-PAP method โดยใช้น้ำยาสำเร็จรูป (Glucose Liquicolor®, Germany) ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (pack cell volume, PCV) ใช้วิธีการ Cumulative pulse height detection method โดยใช้เครื่อง (Sysmex XN-1000R™ Hematology Analyzer) วิเคราะห์ปริมาณคอเลสเตอรอล (cholesterol) และปริมาณไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ด้วยเครื่อง (Dimension® EXL™ 200 Integrated Chemistry System)

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

องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร TMR ที่ใช้ CTOPM ที่ระดับ 10, 15, 20 และ 25% ตามลำดับ **(Table 1)** พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของ DM, OM, Ash และ CP มีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่า DM อยู่ในช่วง 55.00-56.25% OM อยู่ในช่วง 91.37-92.27% Ash อยู่ในช่วง 7.73-8.63% และ CP อยู่ในช่วง 13.74-13.10% แต่อาหาร TMR ที่ใช้ CTOPM ที่ระดับ 25% มีปริมาณของ EE, NDF และ ADF สูงกว่าอาหาร TMR ที่ใช้ CTOPM ที่ระดับ 10% โดยมีค่าความแตกต่างประมาณ 2.57, 1.87 และ 3.21% ตามลำดับ เนื่องจากระดับ EE, NDF และ ADF ใน CTOPM ที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร TMR ในทางกลับกัน ปริมาณของ NSC ในสูตรอาหารลดลง สอดคล้องกับรายงานของ Chanjula et al. (2010) ที่ได้ทำการศึกษาการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (palm kernel cake, PKC) 5 ระดับ คือ 15, 25, 35, 45 และ 55% ในอาหารข้นสำหรับแพะ พบว่า เมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้นในสูตรอาหารส่งผลให้ปริมาณ EE, NDF และ ADF สูงขึ้นจึงทำให้ปริมาณของ NSC ลดลงในสูตรอาหาร เนื่องจากกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันมีปริมาณของ EE, NDF และ ADF ที่สูง เช่นเดียวกับการศึกษาของ Lunsin (2018) รายงานว่า ระดับของกากผลปาล์มน้ำมัน (oil palm meal, OPM) ที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหารโคนม ทำให้ปริมาณของ EE, NDF และ ADF เพิ่มขึ้น เนื่องจากการใช้กากผลปาล์มน้ำมันนั้นยังมีน้ำมันที่เหลือจากกระบวนการหีบ และที่สำคัญกากผลปาล์มน้ำมันยังมีส่วนของกะลาที่ปะปนออกมาที่ทำให้ค่า NDF และ ADF ในสูตรอาหารสูงขึ้น ยิ่งไปกว่านั้นระดับของ CTOPM ที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหารส่งผลให้ปริมาณของ Ash เพิ่มขึ้น เนื่องจาก $CaOH_2$ ที่เพิ่มขึ้นตามระดับจากการทดลองและยังทำให้ค่าของ NSC ลดลง สอดคล้องกับรายงาน ภูวดล และคณะ (2565) พบว่าเมื่อเพิ่มระดับของ $CaOH_2$ ในทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ปริมาณของ Ash เพิ่มขึ้น เนื่องจาก $CaOH_2$ เป็นแร่ธาตุจึงทำให้ปริมาณของ Ash สูงขึ้น

เมื่อพิจารณาถึงองค์ประกอบทางเคมีของ OPM เปรียบเทียบกับองค์ประกอบทางเคมีของ CTOPM **(Table 1)** พบว่า ค่า DM และ OM มีค่าที่ใกล้เคียงกัน แต่พบว่า CTOPM มีค่า EE, CP, NDF และ ADF ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับองค์ประกอบทางเคมีของ OPM เนื่องจาก $CaOH_2$ ที่มีฤทธิ์เป็นด่างเกิดการไฮโดรไลซ์โครงสร้างเส้นใยของกากผลปาล์มน้ำมัน โดยทำให้เส้นใยมีการขยายตัวออกทำลายพันธะ β-1,4-glycosidic bond ของเฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลสภายในโครงสร้าง ส่งผลให้ NDF และ ADF ลดลง (Chaudhry, 1998; Dias et al., 2011; Polyorach and Wanapat, 2014; สุรเดช, 2561) นอกจากนี้กระบวนการไฮโดรไลซ์ของด่าง $CaOH_2$ ยัง

เกิดขึ้นกับไขมันที่เหลือจากกระบวนการหีบปาล์มน้ำมันทำให้เกิดเป็นไขมันไหลผ่านในรูป insoluble calcium soaps (Naik et al., 2007; Proaño et al., 2015) และกลีเซอรอลบางส่วนถูกใช้โดยจุลินทรีย์ระหว่างกระบวนการหมัก จึงทำให้ปริมาณไขมันลดลง ขณะที่ปริมาณ CP มีแนวโน้มลดลงใน CTOPM เนื่องจากความเป็นด่างของ $CaOH_2$ และความร้อนที่เกิดจากกระบวนการหมักแบบไม่ใช้อากาศอาจทำให้ CP เกิดการเสียสภาพกลายเป็นแอมโมเนีย ยิ่งไปกว่านั้น OPM ที่นำมาหมักมีปริมาณ NSC ต่ำ เท่ากับ 1.44% ทำให้จุลินทรีย์ต้องใช้ CP จาก OPM ในระหว่างกระบวนการหมัก ซึ่งทำให้ค่า CP ลดลง สอดคล้องกับรายงานของ ภูวดล และคณะ (2565) ได้ทำการศึกษาการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก $CaOH_2$ ที่ 4 ระดับ คือ 0, 2, 4 และ 6% เพื่อใช้เป็นอาหารผสมครบส่วนสำหรับแพะขุน พบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก $CaOH_2$ ทุกระดับมีค่า CP ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับทางใบปาล์มน้ำมันหมักธรรมดา

ปริมาณการกินได้ของอาหาร

ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง (Dry matter intake) และปริมาณการกินได้ของโภชนะต่างๆ ในแพะลูกผสมพื้นเมืองไทยที่ได้รับอาหาร TMR ที่มีระดับของ CTOPM 10, 15, 20 และ 25% ตามลำดับ **(Table 2)** พบว่า ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งในแพะที่ได้รับอาหาร TMR ทุกสูตรมีปริมาณใกล้เคียงกัน (P>0.05) ทั้งปริมาณการกินได้คิดเป็นหน่วย กิโลกรัมต่อวัน (kg/d) คิดเป็น %ของน้ำหนักตัว (%BW) และปริมาณการกินได้เป็นกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก (g/kg $W^{0.75}$) เช่นเดียวกับปริมาณการกินได้ของ OM, CP, NDF และ ADF ของแพะทั้ง 4 กลุ่ม ไม่แตกต่างกัน (P>0.05) แต่พบว่า แพะกลุ่มที่ได้รับอาหาร TMR ที่ใช้ CTOPM ระดับ 25% มีปริมาณการกินได้ของไขมันรวมสูงกว่าแพะทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) แนวโน้มปริมาณการกินได้ของ EE เพิ่มขึ้นตามระดับของ CTOPM ที่เพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง (Linear) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) อย่างไรก็ตาม การที่ปริมาณการกินได้ทั้งหมดของวัตถุแห้งและปริมาณการกินได้ของโภชนะต่างๆ ใกล้เคียงกันในแพะทุกกลุ่ม ยกเว้นปริมาณการกินได้ของไขมัน อาจเนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีในสูตรอาหารใกล้เคียงกันและระดับของ CTOPM ที่ใช้ไม่เกิน 30% ซึ่งไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ สอดคล้องกับรายงานของ Lunsin (2018) ได้ศึกษาระดับของกากผลปาล์มน้ำมันในอาหารข้น 5 ระดับ ดังนี้ 0, 10, 20, 30 และ 40% ร่วมกับการใช้ฟางข้าวหมักยูเรีย ในโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียน (Holstein-Friesian crossbred) พบว่า โคนมกลุ่มที่ได้รับกากผลปาล์มน้ำมันที่ระดับ 30 และ 40% มีปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งทั้งหมดต่ำกว่าโคนมกลุ่มที่ได้รับกากผลปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0, 10 และ 20% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และปริมาณการกินได้ของไขมันรวมในโคนมที่ได้รับกากผลปาล์มน้ำมันที่ระดับ 40% สูงกว่าโคนมที่ได้รับกากผลปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0 และ 10% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เนื่องจากโคนมที่ได้รับกากผลปาล์มน้ำมันที่ระดับ 30 และ 40% มีปริมาณของ NDF, ADF และ EE ที่สูงในอาหารส่งผลต่อปริมาณการกินได้ ยิ่งไปกว่านั้นปริมาณของ EE สูงกว่า 5% อาจส่งผลกระทบต่อจุลินทรีย์ย่อยเยื่อใยในกระเพาะหมักทำให้การย่อยได้ของโภชนะลดลง (NRC, 2006) จากรายงานของ Otaru et al. (2011) ได้ศึกษาระดับของน้ำมันปาล์มในอาหารแพะพันธุ์เรดโซโกโต (Red Sokoto) ต่อปริมาณการกินได้ ผลผลิตน้ำนม และการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวหลังคลอด โดยจัดกลุ่มการทดลองตามระดับของน้ำมันปาล์มในอาหารดังนี้ 0, 4, 8, 12 และ 16% พบว่าปริมาณการกินได้ของแพะเมื่อระดับของน้ำมันปาล์มในอาหารสูงกว่า 8% มีแนวโน้มลดลงแบบเส้นตรง (Linear) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) นอกจากนี้ปริมาณผลผลิตน้ำนมในแพะที่ได้รับน้ำมันปาล์ม 4% มีปริมาณสูงกว่าแพะทุกกลุ่ม (ไม่แตกต่างทางสถิติ P>0.05) อย่างไรก็ตาม การทดลองครั้งนี้ใช้ OPM หมักด้วย $CaOH_2$ 1% ซึ่ง $CaOH_2$ อาจลดการยึดเกาะของ EE กับชิ้นอาหารในกระเพาะรูเมน ทำให้จุลินทรีย์สามารถยึดเกาะกับอาหารในกระเพาะรูเมนได้และ EE ก็ไม่ส่งผลกระทบต่อเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์ (Church, 1988)

Table 2 Effect of calcium hydroxide treated oil palm meal (CTOPM) in total mixed ration (TMR) on dry matter and nutrients intake in goats

Item	Dietary treatments[1/]				SEM	*p*-value	
	CTOPM 10%	CTOPM 15%	CTOPM 20%	CTOPM 25%		L	Q
Dry matter intake							
kg/d	0.612	0.593	0.607	0.608	0.01	NS	NS
%BW	2.77	2.64	2.71	2.71	0.05	NS	NS
g/kgBW$^{0.75}$	59.91	57.42	58.90	58.93	0.83	NS	NS
Nutrients intake (kg)							
OM[2/]	0.564	0.547	0.557	0.555	0.42	NS	NS
CP	0.084	0.079	0.079	0.080	0.20	NS	NS
EE	0.018^{D}	0.022^{C}	0.027^{B}	0.033^{A}	0.01**	<0.01	NS
NDF	0.348	0.339	0.335	0.341	0.46	NS	NS
ADF	0.205	0.203	0.213	0.224	0.42	NS	NS

$^{A-D}$ Means within rows followed with different superscript letters are statistically different ($p < 0.05$).*: significantly different ($p < 0.05$); **: $p < 0.01$.

[1/]CTOPM= calcium hydroxide 1% treated oil palm meal.

[2/]OM = Organic matter; CP = Crude protein; EE = Ether extract; NDF = Neutral detergent fiber; ADF = Acid detergent fiber.

NS = $p > 0.05$.

Orthogonal polynomial test for CTOPM levels at L = linear, Q = quadratic.

SEM = Standard error of the mean.

สัมประสิทธิ์การย่อยได้

Table 3 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของแพะที่ได้รับอาหาร TMR ที่มีระดับของ CTOPM 10, 15, 20 และ 25% ตามลำดับ พบว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหาร TMR ที่มีระดับของ CTOPM 10 และ 15% มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของ DM, NDF, ADF และ TDN สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหาร TMR ที่มีระดับของ CTOPM 20 และ 25% อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) เช่นเดียวกับค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของ OM ในแพะกลุ่มที่ได้รับอาหาร TMR ที่มีระดับของ CTOPM 10 และ 15% มีค่าสูงกว่าแพะทุกกลุ่ม (P<0.05) ขณะที่แพะกลุ่มที่ได้รับอาหาร TMR ที่มี CTOPM ที่ระดับ 10% มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของ CP สูงกว่าแพะทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) อย่างไรก็ตาม แนวโน้มของค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของ DM, OM, CP, NDF, ADF และ TDN มีแนวโน้มลดลงแบบเส้นตรง (Linear) ตามระดับของ CTOPM ที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) เนื่องจากปริมาณเยื่อใยกลุ่ม NDF และ ADF ในอาหาร TMR ที่สูงขึ้นมีสหสัมพันธ์ในเชิงลบกับสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ (Church, 1988) ยิ่งไปกว่านั้นค่า EE ที่มีปริมาณสูงเกิน 5% ในอาหาร TMR ที่มีระดับของ CTOPM 25% ก็ส่งผลกระทบต่อค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะในแพะเช่นกัน สอดคล้องกับรายงานของ Lunsin (2018) พบว่าระดับของกากผลปาล์มน้ำมันในอาหารข้นสำหรับโคนมที่มากกว่า 20% ส่งผลกระทบทำให้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ และปริมาณผลผลิตน้ำนมต่ำลง เนื่องจากปริมาณ NDF, ADF และ EE ที่มีปริมาณสูง และจากรายงานของ Chanjula et al. (2022) ได้ทำการศึกษาการใช้กากผลปาล์มน้ำมันสกัดไขมัน (Extracted Oil Palm Meal, EOPM) 4 ระดับ คือ 0, 10, 20 และ 30% ในอาหาร TMR สำหรับแพะลูกผสมพื้นเมืองไทย-แองโกลนูเบียน 50% พบว่า แพะกลุ่มที่ได้รับกากผลปาล์มน้ำมันสกัดไขมันที่ระดับ 20 และ 30% ในอาหาร TMR มีปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง และค่าสัมประสิทธิ์ย่อยได้ของ NDF และ ADF สูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับกากผลปาล์มน้ำมันสกัดไขมันที่ระดับ 0 และ 10% (P<0.05) แต่แพะที่ได้รับกากผลปาล์มน้ำมันสกัดไขมันทุกกลุ่มมีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของ DM, OM และ CP ไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ดังนั้น การสกัดไขมันออกจากกากผล

ปาล์มน้ำมันทำให้สามารถใช้กากผลปาล์มน้ำมันได้สูงถึง 30% โดยไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ นอกจากนี้ระดับของ EE ที่มากกว่า 5% ยังส่งผลให้ประชากรจุลินทรีย์ชนิดย่อยเยื่อใย *Fibrobacter succinogenes* และโปรโตซัว ในกระเพาะรูเมนลดลง (Church, 1988; Matsuba et al., 2019) ขณะที่สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของ EE ในแพะที่ได้รับอาหาร TMR ที่มีระดับของ CTOPM 25% ค่าสูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหาร TMR ที่มีระดับของ CTOPF 10 และ 15% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับแพะกลุ่มที่ได้รับอาหาร TMR ที่มี CTOPF 20% ($P>0.05$) อย่างไรก็ตาม จะเห็นได้ว่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของ EE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแบบเส้นตรงตามระดับของ CTOPM ที่เพิ่มขึ้นในอาหาร TMR เนื่องจากปริมาณของไขมันที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ Lunsin (2018) พบว่า เมื่อระดับของกากผลปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้นในอาหารโคนมส่งผลให้การย่อยได้ของ EE เพิ่มขึ้นตามระดับกากผลปาล์มน้ำมัน

แพะที่ได้รับอาหาร TMR ที่มีระดับของ CTOPM 10 และ 15% มีพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้คิดเป็นหน่วย Mcal/Kg สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหาร TMR ที่มีระดับของ CTOPM 20 และ 25% อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้มีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับของ CTOPM สูงกว่า 15% (TMR สูตรที่ 4) แบบเส้นตรง (Linear) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เนื่องมาจากการใช้ CTOPM สูงกว่า 15% ทำให้สัมประสิทธิ์การย่อยได้และปริมาณการกินได้ของ OM ลดลง นอกจากนี้ปริมาณเยื่อใยและเถ้าที่สูงตามระดับของ CTOPM ในอาหาร TMR สอดคล้องกับรายงานของอารีวรรณ และคณะ (2554) ได้ทำการศึกษาการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 15, 25, 35, 45 และ 55% ในอาหารข้นเพื่อใช้เป็นอาหารแพะ พบว่า แพะกลุ่มที่ได้รับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 45 และ 55% มีพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ Mcal/day และ Mcal/kg มีแนวโน้มต่ำกว่าแพะกลุ่มอื่น ($P<0.01$) เนื่องจากปริมาณการกินได้ของโภชนะที่ย่อยได้ของ OM ต่ำกว่า และระดับเยื่อใยและไขมันที่เพิ่มสูงขึ้นตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร ขณะที่พลังงานใช้ประโยชน์ได้ที่ได้รับ Mcal/day ในแพะทุกกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน ($P>0.05$) อย่างไรก็ตาม การนำ CTOPM มาใช้เป็นวัตถุดิบในอาหาร TMR สามารถให้พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้อยู่ในช่วง 1.36-1.42 Mcal/day เพียงพอกับความต้องการของแพะพันธุ์บอร์น้ำหนักขนาด 22 kg และมีอัตราการเจริญเติบโตประมาณ 50-80 g/day ต้องการพลังงานใช้ประโยชน์ได้โดยเฉลี่ย 1.27 Mcal/day (NRC, 2006)

Table 3 Effect of calcium hydroxide treated oil palm meal (CTOPM) in total mixed ration (TMR) on apparent digestibility in goats

Item	Dietary treatments[1/]				SEM	*p*-value	
	CTOPM 10%	CTOPM 15%	CTOPM 20%	CTOPM 25%		L	Q
Apparent digestibility,%							
DM[2/]	64.84^{A}	64.48^{A}	63.13^{B}	62.54^{B}	0.32**	<0.01	NS
OM	66.70^{A}	66.53^{A}	65.24^{B}	64.82^{B}	0.35*	<0.01	NS
CP	62.94^{A}	60.98^{B}	59.28^{BC}	57.62^{C}	0.53**	<0.01	NS
EE	61.09^{C}	64.85^{B}	66.99^{AB}	68.36^{A}	1.79*	0.03	NS
NDF	56.99^{A}	55.64^{A}	51.84^{B}	51.24^{B}	0.44**	<0.01	NS
ADF	46.05^{A}	44.82^{A}	43.17^{B}	42.99^{B}	0.45**	<0.01	NS
TDN	66.72^{A}	66.17^{A}	65.19^{B}	64.10^{B}	0.01**	<0.01	NS
ME (Mcal/Kg)	2.34^{A}	2.33^{A}	2.28^{B}	2.25^{B}	0.01**	<0.01	NS
ME (Mcal/day) [3/]	1.42	1.38	1.38	1.36	0.88	NS	NS

$^{A-C}$ Means within rows followed with different superscript letters are statistically different ($p < 0.05$). *: significantly different ($p < 0.05$); **: $p < 0.01$.

[1/]CTOPM= calcium hydroxide 1% treated oil palm meal.

[2/]OM = Organic matter; CP = Crude protein; EE = Ether extract; NDF = Neutral detergent fiber; ADF = Acid detergent fiber.

[3/]ME (Mcal/day) = organic matter digestion x 3.8 (Kearl, 1982)

NS = $p > 0.05$.

Orthogonal polynomial test for CTOPM levels at L = linear, Q = quadratic.

SEM = Standard error of the mean.

เมแทบอไลท์ของเลือด

ค่าเมแทบอไลท์ในกระแสเลือดของแพะที่ได้รับอาหาร TMR ที่มีระดับของ CTOPM 10, 15, 20 และ 25% ตามลำดับ (**Table 4**) มีค่าความเข้มข้นของ BUN และ PCV ในกระแสเลือดที่ 0 ชั่วโมงก่อนให้อาหาร ชั่วโมงที่ 4 หลังให้อาหาร และชั่วโมงเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ค่าความเข้มข้นของ BUN ในกระแสเลือดแพะเกิดจากการหมักย่อยโปรตีนในกระเพาะรูเมนจนกลายเป็น NH_3-N หลังจากการใช้ประโยชน์ของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน NH_3-N ส่วนที่เหลือจะดูดซึมเข้าสู่ตับเพื่อเปลี่ยนเป็นยูเรีย (Hammond, 1998) จากตารางจะเห็นได้ว่าค่าความเข้มข้นของ BUN ในกระแสเลือดที่ชั่วโมงเฉลี่ยมีแนวโน้มลดลงตามระดับของ CTOPM (ไม่แตกต่างทางสถิติ P>0.05) เนื่องจากสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของ CP ที่ลดลง ตามระดับของ CTOPM ที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ระดับของ EE ที่สูงเมื่อระดับของ CTOPM ที่เพิ่มขึ้นอาจส่งผลกระทบต่อการย่อยโปรตีนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน จากรายงานของ Lunsin (2018) พบว่าเมื่อใช้กากผลปาล์มน้ำมันในอาหารสำหรับเลี้ยงโคนมที่ระดับ 30 และ 40% ปริมาณของ NH_3-N และความเข้มข้นของ BUN ในกระแสเลือด มีแนวโน้มลดลง (ไม่แตกต่างทางสถิติ P>0.05) สอดคล้องกับรายงานของ Chanjula et al. (2010) ได้ทำการศึกษาการใช้ระดับของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 15-55% ในอาหารข้นสำหรับแพะ พบว่า ระดับความเข้มข้นของ BUN ในกระแสเลือด และปริมาณของ NH_3-N ในแพะกลุ่มที่ได้รับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันสูงกว่า 35% ในอาหารข้น มีแนวโน้มลดลง (แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ P>0.05) ทำนองเดียวกับรายงานของ Seephueak et al. (2011) ได้ศึกษาระดับการใช้กากตะกอนปาล์มน้ำมันในอาหารข้นที่ระดับ 0, 10, 20, 30 และ 40% ในโคเนื้อ พบว่า โคเนื้อที่ได้รับกากตะกอนปาล์มน้ำมันที่ระดับสูงกว่า 20% ส่งผลกระทบทำให้ค่า NH_3-N และความเข้มข้นของ BUN ในกระแสเลือดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) อย่างไรก็ตาม ค่าความเข้มข้นของ BUN ในกระแสเลือดแพะลูกผสมพื้นเมือง-บอร์ ในการวิจัยครั้งนี้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.13-18.13 mg/dL ใกล้เคียงกับรายงานค่าความเข้มข้นของ BUN ใน

กระแสเลือดแพะลูกผสมพื้นเมืองไทยที่ได้รับผลพลอยได้จากกระบวนการหีบปาล์มน้ำมัน โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 15-21 mg/dL (Chanjula et al., 2010; Chanjula et al., 2022) และ BUN ในกระแสเลือดของแพะที่ได้รับ CTOPM อยู่ในช่วงระดับปกติ คือ 11.2-27.7 mg/dL (Lloyd, 1982) ปริมาณ PCV ในกระแสเลือดเป็นค่าดัชนีชี้วัดสุขภาพสัตว์ ซึ่งแพะที่ได้รับ CTOPM 10-25% ในอาหาร TMR ไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณ PCV ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 30.50-31.87% สอดคล้องกับหลายรายงานที่ศึกษาการใช้ผลพลอยได้จากกระบวนการหีบปาล์มน้ำมันในรูปแบบต่างๆ ในสัตว์เคี้ยวเอื้องไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณ PCV (Chanjula et al., 2010; Seephueak et al., 2011; Chanjula et al., 2022) ซึ่งปริมาณ PCV ของแพะในการศึกษาครั้งนี้อยู่ในช่วงปกติ 22-38% (Jain, 1993; เฉลียว, 2548) เมื่อพิจารณาถึงค่าความเข้มข้นของ glucose ในกระแสเลือดแพะที่ 0 ชั่วโมงก่อนให้อาหาร มีค่าใกล้เคียงกัน เท่ากับ 50.00-59.00 mg/d (P>0.05) แต่ค่าความเข้มข้นของ glucose ในกระแสเลือดของแพะที่ได้รับ CTOPM 10% ที่ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร และชั่วโมงเฉลี่ย มีค่าสูงกว่าแพะทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) และความเข้มข้นของ glucose ในกระแสเลือดแพะมีแนวโน้มลดลงตามระดับของ CTOPM ที่เพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง (Linear) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) อาจเนื่องมาจากเยื่อใยที่เพิ่มขึ้นตามระดับของ CTOPM ซึ่งส่งผลให้ค่า NSC ลดลง ซึ่งปริมาณของ NSC มีผลต่อกรดโพพิโอนิกที่เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ glucose ในกระแสเลือดของแพะ โดยระดับความเข้มข้นของ glucose ในกระแสเลือดระดับปกติของแพะอยู่ในช่วง 50-75 mg/d (Keneko, 1980) ขณะที่ปริมาณ cholesterol ในกระแสเลือดที่ 0 ชั่วโมงก่อนให้อาหาร และปริมาณ triglyceride ในกระแสเลือดที่ 0 ชั่วโมงก่อนให้อาหารและชั่วโมงเฉลี่ย ในแพะทุกกลุ่มไม่แตกต่างกัน (P>0.05) แต่แพะกลุ่มที่ได้รับ CTOPM 25% มีปริมาณ cholesterol ชั่วโมงที่ 4 หลังให้อาหารและชั่วโมงเฉลี่ยมีค่าสูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับ CTOPM 10 และ 15% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ทำนองเดียวกับปริมาณ triglyceride ในแพะกลุ่มที่ได้รับ CTOPM 20 และ 25% มีปริมาณสูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับ CTOPM 10% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และปริมาณของ cholesterol และ triglyceride ในกระแสเลือดแพะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง (Linear) ตามระดับของ CTOPM ที่เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) เนื่องมาจากระดับไขมันที่มีอยู่สูงใน CTOPM และกรดไขมันที่ได้จากการหีบปาล์มน้ำมันส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันชนิดกรดปาลมิติก (palmitic acid) ที่มีอยู่ประมาณ 39.11% (ผลจากการวิเคราะห์) กรดปาลมิติกมีอะตอมคาร์บอน 16 ตัว ถูกจัดเป็นกรดไขมันที่มีสายยาว อาจสามารถผ่านการหมักย่อยโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนได้ ทำให้กรดไขมันผ่านเข้าสู่ลำไส้เล็กเกิดการย่อยและดูดซึมส่งผ่านในรูปของไคโลไมครอน (chylomicrons) และเปลี่ยนรูปเป็น triglyceride ก่อนเข้าสู่กล้ามเนื้อ ตับและเนื้อเยื้อไขมัน ยิ่งไปกว่านั้นกรดไขมันสายยาวอาจกระตุ้นให้ร่างกายเกิดการสังเคราะห์ cholesterol ผ่านทางปฏิกิริยาเอสเทอร์ (esterification) ส่งผลให้ปริมาณของ cholesterol และ triglyceride ในกระแสเลือดเพิ่มหลังจากแพะได้รับอาหารที่มีไขมันสูง (Nestel et al., 1978) อย่างไรก็ตามปริมาณของ cholesterol และ triglyceride สามารถแปรผันได้จากหลายปัจจัย เช่น เพศ อายุสภาวะต่างๆของร่างกาย และชนิดของไขมันที่ได้รับในอาหาร ซึ่งปริมาณของ cholesterol และ triglyceride ในกระแสเลือดแพะระดับปกติอยู่ในช่วง 45.87–116.10 mg/dl และ 10.15–45.20 mg/dl (Al-Samarai and Mohammad, 2017)

Table 4 Effect of calcium hydroxide treated oil palm meal (CTOPM) in total mixed ration (TMR) on blood metabolites in goats

Item	Dietary treatments[1/]				SEM	*p*-value	
	CTOPM 10%	CTOPM 15%	CTOPM 20%	CTOPM 25%		L	Q
BUN, mg/dl							
0 h-post feeding	14.00	16.50	14.25	13.75	1.26	NS	NS
4	22.25	18.75	20.00	21.00	2.71	NS	NS
Mean	18.13	17.62	17.13	17.37	1.78	NS	NS
Glucose, mg/dl							
0 h-post feeding	59.00	51.50	50.00	52.00	2.09	NS	NS
4	68.50^{A}	64.75^{B}	60.50^{C}	62.50^{BC}	0.92**	<0.01	0.02
Mean	63.75^{A}	58.12^{B}	55.25^{B}	57.25^{B}	1.00**	<0.01	0.01
PCV, %							
0 h-post feeding	30.00	29.75	29.50	30.50	1.06	NS	NS
4	32.00	32.75	31.50	33.25	0.88	NS	NS
Mean	31.00	31.25	30.50	31.87	0.92	NS	NS
Cholesterol, mg/dl							
0 h-post feeding	53.00	56.50	60.75	65.50	2.63	NS	NS
4	65.00^{C}	68.50^{BC}	79.00^{AB}	82.75^{A}	3.19*	<0.01	NS
Mean	59.00^{C}	62.50^{BC}	69.87^{AB}	74.12^{A}	2.80*	<0.01	NS
Triglyceride, mg/dl							
0 h-post feeding	26.75	27.50	27.50	39.25	4.47	NS	NS
4	31.25^{B}	42.50^{AB}	46.50^{A}	51.25^{A}	4.08*	0.05	NS
Mean	29.00	35.00	37.00	45.25	3.82	NS	NS

[A-C] Means within rows followed with different superscript letters are statistically different ($p < 0.05$). *: significantly different ($p < 0.05$); **: $p < 0.01$.

[1/]CTOPM= calcium hydroxide 1% treated oil palm meal. NS = $p > 0.05$.

Orthogonal polynomial test for CTOPM levels at L = linear, Q = quadratic.

SEM = Standard error of the mean.

สรุปและข้อเสนอแนะ

การใช้กากผลปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 1% CTOPM ในอาหาร TMR ควรใช้ไม่เกินระดับ 15% ในสูตรอาหาร หากสูงกว่าระดับ 15% อาจส่งผลกระทบต่อสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ เนื่องจาก CTOPM มีปริมาณผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และไขมันที่สูง อย่างไรก็ตาม หากต้องการใช้ CTOPM ในระดับที่สูงขึ้นในสูตรอาหาร TMR ควรมีการแยกกะลาและไขมันออกก่อนเพื่อลดผลกระทบต่อสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะในแพะ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี หลักสูตรสัตวศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี ที่สนับสนุนเงินทุน สถานที่และอำนวยความสะดวกในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

เฉลียว ศาลากิจ. 2548. โลหิตวิทยาทางสัตวแพทย์. คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

ปิ่น จันจุฬา. 2558. การพัฒนาและการใช้ประโยชน์ผลพลอยได้จากการปลูกปาล์มน้ำมัน และอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มเพื่อเป็นอาหารสัตว์: 2. การใช้ประโยชน์ของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์. 2(2): 1-12.

ภูวดล เหมชะรา, พีรวัจน์ ชูเพ็ง และณันญรัตน์ คุ้มครอง. 2565. ผลของทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในอาหารผสมครบส่วน ต่อปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ในแพะ. แก่นเกษตร. 50(4): 1174-1184.

ภูวดล เหมชะรา, พีรวัจน์ ชูเพ็ง, ณันญรัตน์ คุ้มครอง และโสภณ บุญล้ำ. 2563. ผลของทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ต่อปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ในแพะ. แก่นเกษตร. 48(1): 163-176.

สำนักงานวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2565. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้มปี 2565. แหล่งข้อมูล : https://www.oae.go.th/assets/portals/1/files/trend2563-Final-Download.pdf. ค้นเมื่อ 15 เมษายน 2566.

สุรเดช เพชรอาวุธ, ปิ่น จันจุฬา และอนุสรณ์ เชิดทอง. 2560. ผลของทางใบปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ต่อปริมาณการกินได้ และเมแทบอไลท์ในกระแสเลือดของแพะ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 48(2): 161-168.

สุรเดช เพรชอาวุธ. 2561. ผลการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในอาหารผสมเสร็จ ต่อการย่อยได้ของโภชนะ นิเวศวิทยาในรูเมน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนในแพะ. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

อารีย์วรรณ มีแสง, ปิ่น จันจุฬา, วันวิศาข์ งามผ่องใส และอภิชาติ หล่อเพชร. 2554. ผลการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นต่อการย่อยได้ และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของแพะ. วารสารเกษตร 27(1): 87-99.

Al-Samarai, R., and M. H. Mohammad. 2017. Reference age and sex based serum biochemical values in indigenous goats (Iraq). Online Journal of Veterinary Research. 21(5): 270-279.

AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. 16th Edition. Assoc. Off. Anal.Chem., Arlington, VA.

Chanjula, P., A. Mesang, and S. Pongprayoon. 2010. Effects of dietary inclusion of palm kernel cake on nutrient utilization, rumen fermentation characteristics and microbial populations of goats fed *Paspalum plicatulum* hay-based diet. Songklanakarin Journal of Science and Technology. 32(6): 527-536.

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., S. So, C. Suntara, R. Prachumchai, and A. Cherdthong. 2022. Efficiency of feed utilization, ruminal traits, and blood parameters of goats given a total mixed diet ration containing extracted oil palm meal. Veterinary Sciences. 9: 612.

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.

Church, D. C. 1988. The Ruminant Animal, Digestive Physiology and Nutrition. Prentice Hill, New Jersey.

Crocker, C. L. 1967. Rapid determination of urea-nitrogen in serum or plasma without deproteinization. American Journal of Medical Technology. 33: 361-365.

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 ingestivebehaviour. Revista Brasileira de Zootecnia. 40(8): 1799-1806.

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.

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. Journal of The British Veterinary Journal. 138(1): 70-85.

Lunsin, R. 2018. Effect of oil palm meal on nutrient utilization and milk production in lactating dairy cows fed with urea-treated rice straw. Agriculture and Natural Resources. 52: 285-289.

Matsuba, K., A. Padlom, A. Khongpradit, P. Boonsaen, P. Thirawong, S. Sawanon, Y. Suzuki, S. Koike, and Y. Kobayashi. 2019. Selection of plant oil as a supplemental energy source by monitoring rumen profiles and its dietary application in Thai crossbred beef cattle. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 32(10): 1511-1520.

Naik, P. K., S. Saijpaul, and N. Rani. 2007. Evaluation of rumen protected fat prepared by fusion method. Animal Nutrition and Feed Technology. 7: 95-101.

Nestel, P. J., A. Poyser, R. L. Hood, S. C. Mills, M. R. Willis, L. J. Cook, and T. W. Scott. 1978. The effect of dietary fat supplements on cholesterol metabolism in ruminants. Journal of Lipid Research. 19: 899-909.

Nocek, J. E., and J. B. Russell. 1988. Protein and energy as an integrated system, Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. Journal of Dairy Science. 71: 2070-2107.

NRC. 2006. Nutrient requirements of small ruminants. The National Academies Press, Washington, D.C.

Otaru, S. M., A. M. Adamu, O. W. Ehoche, and H. J. Makun. 2011. Effects of varying the level of palm oil on feed intake, milk yield and composition and postpartum weight changes of Red Sokoto goats. Small Ruminant Research. 96: 25–35.

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.

Proaño, F., J. R. Stuart, B. Chongo, L. Flores, M. Herrera, Y. Medina, and L. Sarduy. 2015. Evaluation of three saponification methods on two types of fat as protection against bovine ruminal degradation. Cuban Journal of Agricultural Science. 49(1): 35-39.

Seephueak, W., W. Ngampongsai, and P. Chanjula. 2011. Effects of palm oil sludge in concentrate on nutrient utilization and rumen ecology of thai native cattle fed with hay. Songklanakarin Journal of Science and Technology. 33(3): 271-280.

Steel, R. G. D., and J. H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics: A Biometerial Approach. 2nd Edition. McGraw-Hill Book Co., 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.