ISSN 2351-0188

วารสารสัตวศาสตร์

THAI JORNAL OF ANIMAL SCIENCE

ปีที่ 4 ฉบับพิเศษ 1 11 (2566)
VOL. 4 SUPPLEMENT 1 (2023)

การประชุมวิชาการสัตวศาสตร์แห่งชาติ ครั้งที่ 11

The 11 National Animal Science Conference of Thailand 2023

"ยกระดับมาตรฐานวิชาชีพสัตวบาลไทย พลิกโฉมงานวิจัยสู่สากล"

วันที่ 5-8 กรกฎาคม 2566

ณ ศูนย์แสดงนิทรรศการและการจัดประชุมนานาชาติสมเด็จพระนเรศวรมหาราช

มหาวิทยาลัยนเรศวร

การศึกษาศักยภาพของกากตะกอนปาล์มเป็นแหล่งพลังงานทดแทนรำข้าวในสูตรอาหารข้นโดยใช้เทคนิคการผลิตแก๊สในหลอดทดลอง

Study of potential use of dried palm oil sludge as an energy source partially substitute for rice bran in concentrate mixture using *in vitro* gas production techniques

สุบรรณ ฝอยกลาง[1]*, เกริกเกียรติ ตั้งเตี้ย[1], ชุติกาญจน์ ศรทองแดง[1], ดวงจัน สมบัดเทบพาลี[1], ขาวพอน สะพังทอง[1], อนุสรณ์ เชิดทอง[2], ณรกมล เลาห์รอดพันธ์[3], สินีนาฏ พลโยราช[4], นิราวรรณ กุนัน5 และ พงศธร กุนัน[6]

Suban Foiklang[1]*, Krirkkiat Thangtia[1], Chutikan Sonthongdaeng[1], Duangchane Sombathebphaly[1], Khaophone Saphungthong1, Anusorn Cherdthong[2], Norakamol Laorodphan[3], Sineenart Polyorach[4], Nirawan Gunun[5], and Pongsatorn Gunun[6]

[1] คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้

[1] Faculty of Animal Science and Technology, Maejo University

[2] ศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรอาหารสัตว์เขตร้อน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[2] Tropical Feed Resources Research and Development Center (TROFREC), Faculty of Agriculture, Khon Kaen University

[3] คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร หลักสูตรสาขาวิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

[3] Faculty of Food and Agricultural Technology, Animal Science, Pibulsongkram Rajabhat University

[4] คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[4] Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

[5] สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

[5] Department of Animal Science, Faculty of Technology, Udon Thani Rajabhat University

[6]คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร

[6]Faculty of Natural Resources, Rajamangala University of Technology-Isan, Sakon Nakhon Campus

บทคัดย่อ: การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้กากตะกอนปาล์ม (POS) ทดแทนรำละเอียดบางส่วนต่อจลนศาสตร์การผลิตแก๊สและความสามารถในการย่อยได้ในหลอดทดลอง ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยแบ่งกลุ่มทดลองออกเป็น 6 กลุ่มการทดลอง ประกอบด้วย กากตะกอนปาล์มทดแทนรำละเอียดในอาหารข้น ที่ระดับ 0 (กลุ่มควบคุม), 10, 20, 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่า ค่า a (ส่วนที่ละลายได้ทันที) ค่า b (ส่วนที่ไม่ละลาย) และค่า a+b (ศักยภาพการผลิตแก๊ส) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยมีค่าสูงสุดเมื่อทดแทนรำละเอียดด้วยกากตะกอนปาล์มอบแห้งที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์และพบว่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุในหลอดทดลอง ชั่วโมงที่ 12 และ 24 มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในชั่วโมงที่ 24 กลุ่มที่ทดแทนรำละเอียดด้วยกากตะกอนปาล์มอบแห้งที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการย่อยได้สูงสุด จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า กากตะกอนปาล์มสามารถใช้ทดแทนรำละเอียดได้ที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของกากตะกอนปาล์มในการใช้เป็นแหล่งพลังงานในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง จึงควรมีการวิจัยเชิงลึกเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะงานวิจัยที่ใช้สูตรกากตะกอนปาล์มอบแห้งเป็นแหล่งพลังงานในสัตว์ทดลองในลำดับต่อไป

คำสำคัญ: กากตะกอนปาล์ม; การย่อยสลายในหลอดทดลอง; จลนศาสตร์การผลิตแก๊ส; เทคนิคการผลิตแก๊สในหลอดทดลอง

ABSTRACT: Recent research aimed to study the effects of palm oil sludge (POS) partially substituted for rice bran on *in vitro* gas production kinetics and digestibility. A completely randomized design (CRD) was used as an experimental design with six treatments consisting of palm oil sludge substitute for rice bran in concentrate diets at 0 (control group), 10, 20, 30, 40, and 50%, respectively. It was found that the a, b, and a+b values were significantly different among treatments (P<0.05), with the highest value when rice bran was replaced by palm oil sludge at 10%. Moreover, it was found that in vitro dry matter and organic matter digestibility at 12 h and 24 h were significantly different among treatments (P<0.01), especially when replacing rice bran with palm oil sludge at 40%. Based on the results, it could be summarized that palm oil sludge could replace rice bran by up to 40%, which shows the potential of palm oil sludge as an energy source for ruminants. Therefore, more in-depth *in vivo* research using palm oil sludge as an energy source in a concentrate mixture should be done.

Keywords: dried palm oil sludge; *in vitro* degradability; gas production kinetics; *in vitro* gas production techniques

*Corresponding author: bungung@hotmail.com

บทนำ

กากตะกอนปาล์มเป็นผลพลอยได้ที่หาได้ง่ายในพื้นที่ภาคใต้เนื่องด้วยเป็นพื้นที่ที่มีการปลูกปาล์มอยู่มาก จึงทำให้เกิดโรงงานปาล์มหลายแห่งและมีของเสียจากโรงงานปาล์มน้ำมันหลายอย่างที่สามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ จากการสำรวจโดย โอภาสและคณะ (2548) พบว่าโรงงานในจังหวัดภาคใต้ส่วนใหญ่จะมีผลพลอยได้กากตะกอนปาล์มในแต่ละเดือนไม่น้อยกว่า 30,000 ตัน หากคิดจากจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันทั้งหมดในประเทศปัจจุบัน จะมีเกษตรกรในพื้นที่ใกล้โรงงานมาซื้อกากตะกอนปาล์มเพื่อนำไปผสมใช้เป็นอาหารโคหรือนำไปใช้ทำปุ๋ย กากตะกอนน้ำมันปาล์มมีโปรตีน 14.8 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 10.7เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย NDF 62.9เปอร์เซ็นต์ ADF 56.8เปอร์เซ็นต์ ADL 15.8 เปอร์เซ็นต์ พลังงาน 4,175 cal/g และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เทียบเท่ากับรำข้าว ที่สำคัญมีการย่อยได้ของวัตถุแห้งในกระเพาะหมักของโคถึง 62.3% ซึ่งถือว่าเป็นวัตถุดิบที่มีคุณค่าทางโภชนะค่อนข้างสูงและมีราคาถูก แต่การนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องยังไม่แพร่หลาย สอดคล้องกับโอภาสและคณะ (2549) ที่ได้รายงานว่ากากตะกอนปาล์มมีโปรตีนรวมสูงถึง 14.4 เปอร์เซ็นต์ พลังงานรวม (gross energy, GE) 4,856 cal/g และไขมันรวม (ether extract, EE) 10.9 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับกากเนื้อในเมล็ดปาล์ม ซึ่งมีโปรตีนรวม 15.5 เปอร์เซ็นต์พลังงานรวม 4,739 cal/g และไขมันรวม 7.7 เปอร์เซ็นต์

กากตะกอนปาล์มมีอัตราการย่อยสลายของโปรตีนในกระเพาะรูเมนใกล้เคียงกับกากเนื้อในเมล็ดปาล์ม (Chavalparit et al., 2006) แต่การนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหาร สัตว์ยังไม่แพร่หลายและมีข้อมูลในการนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ค่อนข้างจำกัด ดังนั้นกากตะกอนปาล์มน้ำมันจึงมีศักยภาพสำหรับนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานในอาหารสัตว์ ซึ่งสามารถช่วยลดต้นทุนแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์มีราคาสูง โดยเฉพาะรำละเอียด หากมีการใช้กากตะกอนปาล์มน้ำมันในระดับที่เหมาะสมก็จะสามารถนำมาเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ อย่างไรก็ตามการศึกษาผลของการใช้กากตะกอนปาล์มน้ำมันในสัตว์เคี้ยวเอื้องยังมีข้อมูลอยู่อย่างจำกัด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาการใช้กากตะกอนปาล์มเป็นแหล่งพลังงานทดแทนรำละเอียดในสูตรอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยใช้เทคนิคการผลิตแก๊สในหลอดทดลอง

Table 1. Ingredients of concentrate mixtures

Ingredients (Kg)	Palm oil sludge (POS): Rice bran (RB)					
	0:100	10:90	20:80	30:70	40:60	50:50
Cassava	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
Rice bran	16.00	14.40	12.80	11.20	9.60	8.00
POS	0.00	1.60	3.20	4.80	6.40	8.00
SBM	20.30	20.30	20.30	20.30	20.30	20.30
Urea	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
premix	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
molasses	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Sulfur	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Salt	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition*						
Dry matter (DM), %	89.82	89.71	89.60	89.49	89.39	89.28
Organic matter (OM), %DM	92.80	92.76	92.73	92.69	92.66	92.62
Crude protein (CP), %DM	14.43	14.54	14.65	14.76	14.86	14.97
Neutral detergent fiber (NDF), %DM	12.32	12.74	13.16	13.58	13.99	14.41
Acid detergent fiber (ADF), %DM	5.43	5.86	6.28	6.70	7.13	7.55
Total digestible nutrients, (TDN), %DM	75.48	75.53	75.58	75.62	75.67	75.72

***** *Data from calculation*

วิธีการศึกษา

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ Complete randomized design (CRD) โดยแบ่งกลุ่มทดลองออกเป็น 6 กลุ่มทดลอง (กลุ่มทดลองละ 4 ซ้ำ) ประกอบด้วย กากตะกอนปาล์มน้ำมันอบแห้งทดแทนรำละเอียดบางส่วนที่ระดับต่าง ๆ ได้แก่ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในสูตรอาหารมีวัตถุดิบประกอบด้วย มันเส้น รำละเอียด กากถั่วเหลือง กากตะกอนปาล์มน้ำมัน (POS) ยูเรีย แร่ธาตุผสม กากน้ำตาล กำมะถันและเกลือ ดังแสดงไว้ดัง Table1 หลังจากนั้นนำไปบดผ่านตะแกรง ขนาด 1 มม. โดยมี 6 กลุ่มการทดลอง ดังนี้

T1 = สูตรอาหารที่มีสัดส่วนกากตะกอนปาล์ม: รำ (POS: RB) เท่ากับ 0:100

T2 = สูตรอาหารที่มีสัดส่วนกากตะกอนปาล์ม: รำ (POS: RB) เท่ากับ 10:90

T3 = สูตรอาหารที่มีสัดส่วนกากตะกอนปาล์ม: รำ (POS: RB) เท่ากับ 20:80

T4 = สูตรอาหารที่มีสัดส่วนกากตะกอนปาล์ม: รำ (POS: RB) เท่ากับ 30:70

T5 = สูตรอาหารที่มีสัดส่วนกากตะกอนปาล์ม: รำ (POS: RB) เท่ากับ 40:60

T6 = สูตรอาหารที่มีสัดส่วนกากตะกอนปาล์ม: รำ (POS: RB) เท่ากับ 50:50

การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

นำตัวอย่างอาหารวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ วัตถุแห้ง (dry matter, DM), เถ้า (ash) และโปรตีนหยาบ (crude protein, CP) Ether extract (EE) ตามวิธีการของ AOAC (1995) และวิเคราะห์องค์ประกอบเยื่อใยที่สำคัญ ได้แก่ เยื่อใย NDF และเยื่อใย ADF ตามวิธีการของ Van Soest et al. (1991) วิเคราะห์หาค่าพลังงานรวม (Gross energy, GE) โดยใช้เครื่อง Bomb calorimeter การศึกษาจลนศาสตร์ของการผลิตแก๊ส (kinetics of gas production) ดัดแปลงวิธีการของ Menke and Steingass (1988) นำอาหารทดลองที่บดผ่านตะแกรงขนาด 1 มม. มาชั่งและจดน้ำหนักที่แน่นอน โดยใช้ฟางข้าวบดเป็นอาหารทดลองพื้นฐานในปริมาณ 0.3 กรัม แล้วนำวัตถุดิบอาหารข้นมาผสมตามสูตร แล้วชั่งน้ำหนักปริมาณ 0.2 กรัม ตามอัตราส่วนอาหารที่กำหนด รวมเป็น 0.5 กรัม ลงในขวดแก้วขนาด 50 มล. จากนั้นนำของเหลวจากกระเพาะรูเมน (rumen fluid) จากโคเนื้อเจาะกระเพาะรูเมน แล้วมาผสมภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนในขวดที่บรรจุอาหารทดลองขวดละ 40 มล. พร้อมทั้งปิดจุกยางและฝาครอบอะลูมิเนียมให้สนิท หลังจากนั้นนำตัวอย่างเข้าบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส ทำการวัดผลผลิตแก๊ส ณ ชั่วโมง 0, 1.5, 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48, 72, 96 และ 120 ตามวิธีการของ Foiklang et al. (2016) จากนั้นทำการจดบันทึกปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น นำค่าผลผลิตแก๊สที่ได้มาหาค่าคงที่ a, b และ c โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป fit curve เพื่ออธิบายจลศาสตร์ของการผลิตแก๊สตามแบบจำลองสมการของ Ørskov and McDonald (1979) ทำการวัดค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้ง (*in vitro* dry matter degradability, IVDMD) และการย่อยสลายของอินทรียวัตถุ (*in vitro* organic matter degradability, IVOMD) (Tilley and Terry, 1963) ดังสมการ

IVDMD (%) = [น้ำหนักวัตถุแห้งเริ่มต้น – น้ำหนักวัตถุแห้งที่เหลือหลังการบ่ม]น้ำหนักวัตถุแห้งเริ่มต้น x 100
IVOMD (%) = [น้ำหนักอินทรียวัตถุเริ่มต้น – น้ำหนักอินทรียวัตถุที่เหลือหลังการบ่ม]น้ำหนักวัตถุแห้งเริ่มต้น x 100

การวางแผนการทดลอง

วิเคราะห์โดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Analysis of Variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) โดยใช้ Proc GLM และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan’ s New Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1980) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (1998)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในห้องปฏิบัติการ พบว่ากากตะกอนปาล์มมีปริมาณวัตถุแห้งอยู่ที่ 85.27 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนหยาบ 17.02 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย NDF 58.27 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย ADF 44.03 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 13.02 เปอร์เซ็นต์และเถ้า 14.10 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง (Table2) ซึ่งค่าโปรตีนหยาบ เถ้าและไขมันของกากตะกอนปาล์มอบแห้งมีค่าสูงกว่าการรายงานของ โอภาสและคณะ(2549) ซึ่งรายงานว่าโปรตีนหยาบของกากปาล์มที่สกัดด้วยสารเคมีมีค่า 14.5 เปอร์เซ็นต์ มีไขมัน 5.43 เปอร์เซ็นต์ และมีพลังงานรวม (Gross energy, GE) 4,592 แคลอรี่ต่อกรัม ในขณะที่ เยื่อใย NDF เยื่อใยADF และเถ้า มีค่า 77.75 เปอร์เซ็นต์ 47.88 เปอร์เซ็นต์ และ 4.43 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง ตามลำดับ ซึ่งคุณค่าทางโภชนะที่แตกต่างกันนี้อาจเป็นผลเนื่องจากพื้นที่ในการปลูกน้ำมันปาล์มที่มีสภาพพื้นที่และภูมิอากาศที่แตกต่างกัน เครื่องมือและอุปกรณ์ที่แตกต่างกันของแต่ละโรงงาน

Table 2. Chemical composition of palm oil sludge, rice bran and rice straw used in the study

Items	Palm oil sludge	Rice bran	Rice straw
Dry matter (DM)	85.27	92.06	89.20
	---------- % of dry matter ----------		
Organic matter (OM)	85.90	88.11	85.94
Crude protein (CP)	17.02	12.30	2.41
Neutral detergent fiber (NDF)	58.27	24.13	87.43
Acid detergent fiber (ADF)	44.03	18.56	55.86
Ether extract (EE)	13.02	12.25	1.72
Gross energy (GE), cal/g	4511.60	4320.04	-
Ash	14.10	11.89	14.12

ผลของการทดแทนรำข้าวด้วยกากตะกอนปาล์มต่อจลนศาสตร์การผลิตแก๊ส ได้แสดงใน (Table3) โดยพบว่าการทดแทนรำข้าวด้วยกากตะกอนปาล์ม จะส่งผลให้ค่า a (ส่วนที่ละลายได้ทันที) ค่า b (ส่วนที่ไม่ละลาย) และค่า (a+b) (ส่วนที่มีศักยภาพในการผลิตแก๊ส) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนค่า c (อัตราการผลิตแก๊ส) ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยค่า a มีค่าสูงสุดในกลุ่มที่ทดแทนรำข้าวด้วยกากตะกอนปาล์มในสัดส่วน 10:90 คือ 5.56 และสัดส่วนรองลงมาคือ 0:100 40:60 30:70 20:80 50:50 โดยมีค่า 0.33, -0.07, –1.03, -2.15 และ -3.44 ตามลำดับ ค่า b มีค่าสูงสุดในกลุ่มที่ทดแทนรำข้าวด้วยกากตะกอนปาล์มในสัดส่วน 0:100 เปอร์เซ็นต์ คือ 136.63 และสัดส่วนรองลงมาคือ 20:80 30:70 10:90 40:60 และ50:50 โดยมีค่า 134.54 134.54 134.44 130.52 และ128.00 ตามลำดับ ในขณะที่ค่า a+b มีค่าอยู่ระหว่าง 127.08 – 140.00mL/0.5 gDM ($P < 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า ค่าแก๊สสะสมที่ 96 ชั่วโมง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยมีค่าสูงสุดในกลุ่มที่ทดแทนรำข้าวด้วยกากตะกอนปาล์มในสัดส่วน 10:90 เปอร์เซ็นต์ คือ 114.67 และสัดส่วนรองลงมาคือ 0:100 30:70 20:80 50:50 และ40:60 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่า 113.67 113.67 112.33 109.75 และ 109.50 mL/0.5 gDM

Table 3. Effect of dried palm oil sludge partially substitute for rice bran in concentrate mixture on *in vitro* gas production kinetics and *in vitro* degradability

Items	Palm oil sludge (POS): Rice bran (RB)						SEM	P-value
	0:100	10:90	20:80	30:70	40:60	50:50		
Gas Kinetics[1]								
a	0.33^{b}	5.56^{a}	-2.15^{cd}	-1.03^{c}	-0.07^{c}	-3.44^{d}	0.734	0.005
b	136.63^{a}	134.44^{ab}	134.54^{ab}	134.54^{ab}	128.00^{b}	130.52^{b}	0.753	0.068
c	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.001	0.584
a+b	136.96^{ab}	140.00^{a}	132.38^{ab}	133.51^{ab}	127.93^{b}	127.08^{b}	1.184	0.068
Gas (96 h)[2]	113.67^{ab}	114.67^{a}	112.33^{b}	113.67^{ab}	109.50^{c}	109.75^{c}	0.513	0.023
IVDMD[3], %								
12h	62.40^{a}	58.95^{c}	63.11^{a}	59.97^{bc}	60.20^{b}	60.54^{b}	0.453	0.001
24h	67.91^{b}	65.51^{c}	66.83^{bc}	70.65^{ab}	75.42^{a}	65.65^{c}	0.356	0.004
IVOMD[4], %								
12h	71.78^{bc}	76.75^{a}	70.14^{c}	72.90^{b}	73.71^{b}	74.51^{ab}	0.458	0.002
24h	80.22^{c}	80.34^{c}	80.09^{c}	83.20^{b}	87.31^{a}	80.15^{c}	0.434	0.004

[1]a= the gas production from the immediately soluble fraction (mL), b= the gas production from the insoluble fraction (mL), c= the gas production rate constant for the insoluble fraction (b) (%/h), a+b = the gas potential extent of gas production (mL). [2]Cumulative gas after 96 hours of incubation time (mL/0.5 g of substrate). [3]IVDMD = *in vitro* dry matter degradability. [4]IVOMD = *in vitro* organic matter degradability. SEM=standard error of the means.

การย่อยสลายของวัตถุแห้ง (*in vitro* dry matter degradability, IVDMD) และการย่อยสลายของอินทรียวัตถุ (*in vitro* organic matter degradability, IVOMD) พบว่าการย่อยสลายของวัตถุแห้งในหลอดทดลอง ชั่วโมงที่ 12 และชั่วโมงที่ 24 มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยมีค่ามากที่สุดในกลุ่มที่ทดแทนรำข้าวด้วยกากตะกอนปาล์มในสัดส่วน 20:80 คือ 63.11 เปอร์เซ็นต์ และสัดส่วนรองลงมาคือ 0:100, 50:50, 40:60, 30:70 และ 10:90 โดยมีค่า 62.40, 60.54, 60.20, 59.97 และ58.95 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในขณะที่ IVDMD ชั่วโมงที่ 24 ค่ามากที่สุดอยู่ในกลุ่มที่ทดแทนรำข้าวด้วยกากตะกอนปาล์มในสัดส่วน 40:60 คือ 75.42 เปอร์เซ็นต์ และสัดส่วน 30:70 มีค่า 70.65 เปอร์เซ็นต์ และสัดส่วนรองลงมาคือ 0:100, 10:90, 20:80 และ 50:50 โดยมีค่า 67.91, 65.51, 66.83 และ 65.65 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ IVOMD ชั่วโมงที่ 12 มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยค่ามากที่สุดอยู่ในกลุ่มที่ทดแทนรำข้าวด้วยกากตะกอนปาล์มในสัดส่วน 10:90 โดยมีค่า 76.75 เปอร์เซ็นต์และสัดส่วนรองลงมาคือ 50:50 40:60 30:70 0:100 และ 20:80 โดยมีค่า 74.51, 73.71, 72.90, 71.78 และ 70.14เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วน IVOMD ชั่วโมงที่ 24 มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยค่ามากที่สุดอยู่ที่ในกลุ่มที่ทดแทนรำข้าวด้วยกากตะกอนปาล์มในสัดส่วน 40:60 โดยมีค่า 87.31 เปอร์เซ็นต์และสัดส่วนรองลงมาคือ 30:70, 10:90, 0:100, 50:50 และ 20:80 โดยมีค่า 83.20, 80.34, 80.22, 80.15 และ 80.09 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ สอดคล้องกับ วันวิศาข์ และคณะ (2554) ที่ได้ศึกษาปริมาณการกินได้ การย่อยได้สมรรถภาพการผลิตและต้นทุนค่าอาหารของแพะขุนที่เลี้ยง

ด้วยอาหารผสมสำเร็จที่เลี้ยงร่วมกับกากตะกอนปาล์มน้ำมัน ซึ่งพบว่า แพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันร่วมกับกากตะกอนน้ำมันปาล์มมีปริมาณการกินได้ในรูปเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว และกรัม/กิโลกรัม$^{0.75}$ สูงกว่ากลุ่มที่ใช้หญ้าแห้งเป็นแหล่งเยื่อใย แพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันร่วมกับกากตะกอนน้ำมันปาล์มมีค่าสัมประสิทธิ์ของการย่อยได้ของโปรตีน อินทรียวัตถุลิกโนเซลลูโลส และผนังเซลล์สูงกว่ากลุ่มที่ใช้หญ้าแห้งเป็นแหล่งเยื่อใย ผลตอบแทนเมื่อคิดเฉพาะต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น 1 กก. แพะทั้งสองพันธุ์ให้ผลตอบแทนใกล้เคียงกันแต่แพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมัน+กากตะกอนน้ำมันปาล์มจะให้ผลตอบแทนสูงกว่าแพะที่ได้รับหญ้าแห้งเป็นแหล่งเยื่อในอาหารผสมสำเร็จ นอกจากนี้ เทียนทิพย์และสิทธิศักดิ์ (2561) ได้รายงานว่าปริมาณวัตถุแห้งและโปรตีนที่แพะได้รับในกลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 และ 4 ที่มีการเสริมกากตะกอนปาล์มมีค่าสูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 -3 และ 5 การย่อยได้ของวัตถุแห้ง พบว่าแพะที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2, 4 และ 5 มีการย่อยได้ของวัตถุแห้งสูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 และ 3 นอกจากนี้การย่อยได้ของโปรตีน พบว่าแพะที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 และ 4 มีการย่อยได้ของโปรตีนสูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1, 3 และ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้สามารถสรุปได้ว่าการใช้กากตะกอนน้ำมันปาล์มทดแทนรำละเอียด สามารถช่วยปรับปรุงจลนศาสตร์การผลิตแก๊สและการย่อยได้ในหลอดทดลอง โดยสามารถใช้ทดแทนรำละเอียดได้ถึง 40% ซึ่งงานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นว่าการใช้กากตะกอนน้ำมันปาล์มมีศักยภาพในการใช้เป็นแหล่งพลังงานในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง จึงควรมีการวิจัยเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะงานวิจัยที่ใช้สูตรกากตะกอนน้ำมันปาล์มเป็นแหล่งพลังงานในสูตรอาหารสำหรับทดสอบในตัวสัตว์ในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

เทียนทิพย์ ไกรพรม และสิทธิศักดิ์ จันทรัตน์. 2561. ผลการใช้เศษเหลือทิ้งจากปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารผสมสำเร็จในแพะต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะปริมาณกรดไขมันที่ระเหยง่าย และเมแทบอไลซ์ในเลือด. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์. 10; หน้า 171-183

วันวิศาข์ งามผ่องใส, ไชยวรรณ วัฒนจันทร์, วุฒิชัย สีเผือก และอภิชาติ หล่อเพชร. 2554. ผลการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันร่วมกับกากตะกอนน้ำมันปาล์มในอาหารผสมสำเร็จต่อการกินได้ การย่อยได้ และสมรรถภาพการผลิตแพะขุน. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

โอภาส พิมพา, ธัญจิรา เทพรัตน์, เบญจมาภรณ์ พิมพา และทวีศิลป์ จีนด้วง. 2549. องค์ประกอบทาง เคมีและการย่อยได้ของผลพลอยได้จากปาล์มน้ำมัน และอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย: ศึกษาในสัตว์เคี้ยวเอื้อง.

AOAC. 1995. Official methods of analysis of AOAC International. AOAC International.

Chavalparit, O., W.H. Rulkens, A.P.J. Mol and S. Khaodhair. 2006. Options for Environmental Sustainability of the Crude Palm Oil Industry in Thailand through Enhancement of Industrial Ecosystems. Environment Development and Sustainability 8(2):271-287.

Foiklang S., M. Wanapat and T. Norrapoke. 2016. *In vitro* rumen fermentation and digestibility of buffaloes as influenced by grape pomace powder and urea treated rice straw supplementation. Animal Science Journal. 87: 370–377.

Ørskov, E.R., and I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. J. Agric. Sci. 92:499-503.

Tilley, J.M.A., and R.A. Terry. 1963. A two-stage technique for the digestion of forage crops. J. Br. Grassl. Soc. 18:104–111.

Van Soest P. J., J. B. Robertson, and A. B. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Department of Animal Science, Cornell University.