

บทบาทของแหล่งพืชอาหารสัตว์ต่อการผลิตแก๊สมีเทนในหลอดทดลอง

Influenced of forage sources on ruminal methane production in *in vitro* gas production technique

ฉัตรชัย แก้วพิลา¹, Makoto Otsuka², Keisuke Hayashi², สำราญ วิจิตรพันธ์³ และ กฤตพล สมมัตย์^{1*}
Chatchai Keawpila¹, Makoto Otsuka², Keisuke Hayashi², Samran WijitPhan³ and Kritapon Sommart^{1*}

บทคัดย่อ: การทดลองในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาบทบาทของแหล่งพืชอาหารสัตว์ต่อการผลิตแก๊สมีเทนในหลอดทดลอง โดยใช้ของเหลวจากกระเพาะหมักโคเนื้อ ออกแบบการวิจัยตามแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ จำนวน 4 บล็อก ที่มีอาหารหยาบ 9 แบบ (T1 = หญ้าเนเปียร์ยักษ์ตัดที่อายุ 35 วัน, T2 = หญ้าเนเปียร์เคระตัดที่อายุ 35 วัน, T3 = หญ้าบานาตัดที่อายุ 35 วัน, T4 = หญ้าเนเปียร์ไต้หวันตัดที่อายุ 35 วัน, T5 = หญ้าอาลาฟัดตัดที่อายุ 35 วัน, T6 = หญ้าเนเปียร์สุราษฎร์ธานี 1 ตัดที่อายุ 35 วัน, T7 = หญ้ากินนีสีม่วงตัดที่อายุ 35 วัน, T8 = หญ้ากินนีสีม่วงตัดที่อายุมากกว่า 90 วัน และ T9 = ฟางข้าว) เป็นปัจจัยทดลอง พบว่า T1-T9 มีค่าองค์ประกอบทางเคมีของ DM อยู่ในช่วง 87.62-94.69%, NDF อยู่ในช่วง 63.08-79.72%, CP อยู่ในช่วง 4.22-9.41% และมีค่า ME อยู่ในช่วง 6.15-7.24 MJ/kgDM และ T1-T9 มีค่าผลผลิตแก๊สสะสม ณ ชั่วโมงที่ 6, 12, 24, 48, 60, 72 และ 96 อยู่ในช่วง 3.14-12.25, 6.55-27.07, 12.6-38.31, 44.81-97.03, 64.97-115.55, 81.84-126.80 และ 91.18-133.92 มิลลิลิตรต่อวัตถุดิบอาหาร 0.5 กรัม ตามลำดับ โดย T8 และ T9 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) และมีค่าต่ำกว่า T1-T7 ($P < 0.01$) ผลผลิตแก๊สมีเทนและแก๊สสะสมของ T1-T6 มีค่าสูงกว่า T9 ($P < 0.05$)

คำสำคัญ: อาหารหยาบ, การผลิตแก๊สมีเทน, การศึกษาในหลอดทดลอง, โคเนื้อ

Abstract: The objective of this study was aimed to study ruminal methane production of forage feed sources in *in vitro* gas production technique using mixed ruminal inoculums of beef cattle. The experiment designed was according to a randomized complete blocks design (RCBD) with 4 blocks. The forages treatment were 9 roughage feed source (T1 = *P. purpureum* cv. Kinggrass as 35 day cutting, T2 = *P. purpureum* cv. Mott as 35 day cutting, T3 = *P. purpureum* cv. Banagrass as 35 day cutting, T4 = *P. purpureum* cv. Taiwan as 35 day cutting, T5 = *P. purpureum* cv. Alaphan as 35 day cutting, T6 = *P. purpureum* cv. Surathane 1 as 35 day cutting, T7 = *P. maximum* TD 80 cv. as 35 day cutting, T8 = *P. maximum* TD 80 cv. as 35 day cutting, T9 = *P. maximum* TD 80 cv. as more than 35 day cutting and T9 = rice straw). Chemical composition of DM, NDF, CP and ME of forage treatments ranging from 87.62-94.69%, 63.08-79.72% DM, 4.22-9.41%DM and 15-7.24 MJ/kgDM, respectively. Total gas production at 6, 12, 24, 48, 60, 72 and 96 were 3.14-12.25, 6.55-27.07, 12.6-38.31, 44.81-97.03, 64.97-115.55, 81.84-126.80 and 91.18-133.92 ml/0.5 gDM substrate, respectively. The T8 and T9 were similar in chemical composition and total gas production ($P > 0.05$), but less than T1-T7 ($P < 0.01$). Methane production and total gas production of T1-T6 were higher ($P < 0.01$) than in T9.

Keywords: Roughage, Methane production; *In vitro* gas production, Beef cattle

¹ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ. ขอนแก่น 40002

²Japan International Research Center for Agricultural Sciences, Tsukuba, Ibaraki, 305-8686, Japan

³ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ขอนแก่น กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ จ. ขอนแก่น 40260

*Corresponding author: kritapon@kku.ac.th

บทนำ

แก๊สมีเทน (Methane; CH_4) ที่ผลิตโดยสัตว์เคี้ยวเอื้องเป็นแก๊สที่มีผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อน (Takahashi, 2006) และเป็นพลังงานที่สูญเสียออกมาโดยเปล่าประโยชน์ อยู่ในช่วงร้อยละ 3-12 ของพลังงานรวมที่กินได้ (Gross Energy Intake; GEI) ขึ้นอยู่กับคุณภาพของอาหาร อนันท์ และคณะ (2551) ได้รายงานผลผลิตแก๊สมีเทนของโคพันธุ์บราห์มันมีค่าเฉลี่ย 166-228 ลิตรต่อตัวต่อวัน ซึ่งสูงกว่ารายงานของนันทนา และคณะ (2551) ที่รายงานว่า โคพื้นเมืองไทยมีค่าเฉลี่ย 119-140 ลิตรต่อตัวต่อวัน การผลิตโคเนื้อของเกษตรกรไทยนิยมเลี้ยงด้วยอาหารหยาบหลากหลายชนิด ซึ่งคุณภาพของอาหารหยาบแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน งานวิจัยที่ศึกษาการวัดปริมาณการปลดปล่อยแก๊สมีเทนจากสัตว์เคี้ยวเอื้องชนิดอื่นที่ได้รับแหล่งอาหารหยาบยังมีอยู่อย่างจำกัด (อนันท์ และคณะ, 2551) ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยในครั้งนี้จึงศึกษาบทบาทของแหล่งพืชอาหารสัตว์ต่อการผลิตแก๊สมีเทนรูเมนโดยใช้เทคนิคผลิตแก๊สในหลอดทดลอง (*in vitro* gas production technique)

วิธีการศึกษา

การทดลองครั้งนี้ใช้โคเจาะกระเพาะพันธุ์บราห์มันลูกผสมเพศผู้ จำนวน 2 ตัว ที่เลี้ยงด้วยฟางข้าวแห้งให้กินแบบเต็มที (*Ad libitum*) เป็นแหล่งของของเหลวจากกระเพาะหมัก (Rumen fluid) วางแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) ที่มีอาหารหยาบ 9 แบบ (ปัจจัยทดลอง) ได้แก่ T1 คือ หญ้าเนเปียร์ยักษ์ตัดที่อายุ 35 วัน, T2 คือ หญ้าเนเปียร์เคระดัดที่อายุ 35 วัน, T3 คือ หญ้าบาน่าตัดที่อายุ 35 วัน, T4 คือ หญ้าเนเปียร์ได้หวันตัดที่อายุ 35 วัน, T5 คือ หญ้าอาลาฟัดตัดที่อายุ 35 วัน, T6 คือ หญ้าเนเปียร์สุราษฎร์ธานี 1 ตัดที่อายุ 35 วัน, T7 คือ หญ้ากินนีสีม่วงตัดที่อายุ 35 วัน, T8 คือ หญ้ากินนีสีม่วงตัดที่อายุมากกว่า 90 วัน และ T9 คือ ฟางข้าว สำหรับ T1-T7 ทำการสุมอาหารหยาบที่

ผ่านการบดละเอียดผ่านตะแกรงขนาด 1 mm ปริมาณ 0.5 g ลงในหลอดทดลองความจุ 50 ml ที่บรรจุ rumen inoculums ปริมาตร 40 ml ที่ผ่านการเตรียมตามวิธีการใน Sommart et al. (2000) แล้วทำการบ่มใน water bath ที่ 39-40 °C

ทำการบันทึกปริมาณของแก๊สที่ผลิตจำนวน 26 ครั้ง คือ ณ ชั่วโมงที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 18, 21, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60, 66, 72, 78 และ 96 โดยใช้ไซริงค์แก้วขนาด 20 ml นำแก๊สที่วัดได้เก็บสะสมในกระบอกฉีดขนาด 60 ml ปิดปลายกระบอกด้วยวาล์วปิดเปิด 3 ทางโดยทำการเก็บวัดแก๊สสะสมเป็น 4 ช่วงเวลา คือ ชั่วโมงที่ 0-12, 13-24, 25-36 และ 37-60 นำไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นแก๊สมีเทนโดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี (gas chromatography; GC) Shimadzu Model GC-8A ที่มี Flame Ionization Detector (FID) เป็น Detector การแยกแก๊สมีเทนตามวิธีการของ Lopez and Newbold (2007) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารหยาบ ได้แก่ วัตถุแห้ง (Dry Matter; DM), เถ้า (Ash) โปรตีนหยาบ (Crude Protein; CP) และเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (Neutral Detergent Fiber; NDF) ตามวิธีการมาตรฐาน ทำนายค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (Metabolizable Energy; ME) โดยใช้สมการของ สุวิทย์ (ยังไม่มีพิมพ์) คือ $ME = 0.0426 \cdot GP + 5.6083$ เมื่อ ME คือ Metabolizable Energy (MJ/kgDM), GP คือ ผลผลิตแก๊สสะสมจากการบ่มตัวอย่าง 0.5 กรัมของวัตถุแห้ง (gDM) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Analysis of Variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของปัจจัยการทดลองแบบ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มปัจจัยทดลองโดยวิธี Orthogonal Contrast ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P < 0.05$) ด้วยโปรแกรม SAS (1996)

ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองครั้งนี้พบว่า (ตารางที่ 1) อาหารหยาบแห้งทั้ง 9 ปัจจัยทดลอง มีค่าองค์ประกอบของ DM อยู่ในช่วง 87.62-94.69%, NDF อยู่ในช่วง 63.08-79.72%, Ash อยู่ในช่วง 9.17-16.35%, CP อยู่ในช่วง 4.22-9.41% และมีค่า ME อยู่ในช่วง 6.15-7.24 MJ/kgDM โดยค่า NDF ของ T1-T7 ใกล้เคียงกับรายงานของ พีรพจน์ และ กฤตพล (2550) ค่าองค์ประกอบทางเคมี T8 และ T9 ที่พบในครั้งนี้นี้จัดเป็นอาหารหยาบคุณภาพต่ำ เนื่องจากมีค่า CP ต่ำ (4.42 และ 4.22% ตามลำดับ) และ NDF สูง (79.72 และ 73.94% ตามลำดับ) ซึ่งส่งผลให้ค่า ME ที่ประเมินได้ มีค่าค่อนข้างต่ำกว่า T1-T7 เช่นกัน

อาหารหยาบทั้ง 9 ชนิด มีค่าผลผลิตแก๊สสะสม ณ ชั่วโมงที่ 6, 12, 24, 48, 60, 72 และ 96 อยู่ในช่วง 3.14-12.25, 6.55-27.07, 12.6-38.31, 44.81-97.03, 64.97-115.55, 81.84-126.80 และ 91.18-133.92 ml/0.5 gDM ตามลำดับ (ตารางที่ 2) มีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ Wijitphan et al. (2008) ที่ศึกษาในหมู่นาเนเปียร์ยักษ์ที่อายุตัดในช่วง 25-45 วัน ค่าผลผลิตแก๊สมีความสัมพันธ์กับค่าพลังงานและการย่อยได้ของอาหาร (พีรพจน์ และ กฤตพล, 2550) ค่าผลผลิตแก๊สสะสม ณ ชั่วโมงที่ 24, 48, 60, 72 และ 96 ของ T8 และ T9 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) และมีค่าต่ำกว่า T1-T7 ($P < 0.01$) ซึ่งชี้ให้เห็นว่า T1-T7 เป็นอาหารหยาบที่มีคุณภาพดีกว่า T8 และ T9

ตารางที่ 1 แสดงค่าองค์ประกอบทางเคมีและค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของปัจจัยทดลอง^{1/}

แบบของอาหารหยาบ	DM, %	Ash	CP	NDF	ME
		%DM	%DM		MJ/kgDM
T1 = หญ้าเนเปียร์ยักษ์อายุตัด 35 วัน	88.84 ^d	9.17 ^f	7.54 ^b	70.18 ^d	6.97 ^b
T2 = หญ้าเนเปียร์แคระอายุตัด 35 วัน	88.92 ^d	16.35 ^a	9.41 ^a	63.08 ^f	6.64 ^c
T3 = หญ้าบานาอายุตัด 35 วัน	89.20 ^d	10.22 ^{def}	8.11 ^b	69.79 ^d	6.68 ^c
T4 = หญ้าเนเปียร์ใต้หวันอายุตัด 35 วัน	87.62 ^e	10.75 ^{de}	7.41 ^b	64.74 ^e	7.24 ^a
T5 = หญ้าอัลลาฬัลอายุตัด 35 วัน	89.53 ^d	12.17 ^{bc}	7.75 ^b	66.21 ^e	6.98 ^b
T6 = หญ้าเนเปียร์สุราษฎร์ธานี 1 อายุตัด 35 วัน	89.63 ^d	10.44 ^{def}	7.37 ^b	69.03 ^d	6.93 ^b
T7 = หญ้ากินนีสีม่วงอายุตัด 35 วัน	94.69 ^a	11.00 ^{cd}	7.42 ^b	76.88 ^b	6.62 ^c
T8 = หญ้ากินนีสีม่วงอายุตัดมากกว่า 95 วัน	93.11 ^b	9.5 ^{ef}	4.42 ^c	79.72 ^a	6.15 ^d
T9 = ฟางข้าว	91.43 ^c	13.3 ^{3b}	4.22 ^c	73.94 ^c	6.25 ^d
S.E.M	0.24	0.41	0.36	0.47	0.08
P-value	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Orthogonal Contrast					
T1-T6 VS T7	< 0.01	> 0.05	> 0.05	< 0.01	< 0.01
T1-T6 VS T8-T9	< 0.01	> 0.05	< 0.01	< 0.01	< 0.01
T7 VS T8-T9	< 0.01	> 0.05	< 0.01	> 0.05	< 0.01
T8 VS T9	< 0.01	< 0.01	> 0.05	< 0.01	> 0.05

^{1/}DM คือ วัตถุแห้ง (Dry Matter; DM), เถ้า (Ash) และโปรตีนหยาบ (Crude Protein; CP) เยื่อใยที่ไม่ละลายในสาร

ฟอกที่เป็นกลาง (Neutral Detergent Fiber; NDF), S.E.M. คือ Standard Error of Mean

*ME = 0.0426*GP + 5.6083 เมื่อ ME คือ Metabolizable Energy (MJ/kgDM), GP คือ ผลผลิตแก๊สสะสมจากการบ่มตัวอย่าง 0.5 กรัมของวัตถุแห้ง (gDM) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ตารางที่ 2 ผลผลิตเนื้อสัตว์และผลผลิตเนื้อสัตว์ (ลิตร) หลังการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีต่าง ๆ

รายการ	ผลผลิตเนื้อสัตว์ (ลิตร)										
	ผลผลิตเนื้อสัตว์ (ลิตร)										
	6h	12h	24h	48h	60h	72h	96h	0-12h	13-24h	25-36h	37-60h
T1 = เนื้อหมูเนื้อไก่แช่เย็นแช่เย็น 35 วัน	8.43 ^{ab}	19.95 ^b	31.75 ^b	92.97 ^a	109.79 ^{ab}	120.88 ^{ab}	128.47 ^{ab}	0.48 ^b	0.38 ^{bc}	2.46 ^{abc}	6.97 ^{ab}
T2 = เนื้อหมูเนื้อไก่แช่เย็นแช่เย็น 35 วัน	6.88 ^c	15.87 ^c	24.29 ^c	75.38 ^c	89.69 ^c	101.06 ^c	110.18 ^c	0.37 ^c	0.27 ^{cd}	2.02 ^{bcd}	6.27 ^{bc}
T3 = เนื้อหมูเนื้อไก่แช่เย็นแช่เย็น 35 วัน	7.13 ^{ab}	15.53 ^c	25.19 ^c	83.83 ^b	103.29 ^b	114.91 ^b	122.33 ^b	0.39 ^c	0.33 ^{bc}	2.80 ^{ab}	9.08 ^a
T4 = เนื้อหมูเนื้อไก่แช่เย็นแช่เย็น 35 วัน	12.25 ^a	27.07 ^a	38.31 ^a	97.03 ^a	115.55 ^a	126.80 ^a	133.92 ^a	0.62 ^a	0.35 ^{bc}	3.12 ^a	8.17 ^{ab}
T5 = เนื้อหมูเนื้อไก่แช่เย็นแช่เย็น 35 วัน	9.21 ^b	19.53 ^b	32.23 ^b	88.99 ^{ab}	105.60 ^b	116.76 ^b	123.18 ^b	0.47 ^b	0.41 ^b	2.97 ^{ab}	6.62 ^{ab}
T6 = เนื้อหมูเนื้อไก่แช่เย็นแช่เย็น 35 วัน	8.98 ^{ab}	19.29 ^b	31.13 ^b	91.44 ^{ab}	112.05 ^{ab}	123.89 ^{ab}	131.27 ^{ab}	0.47 ^b	0.41 ^b	2.92 ^{ab}	8.36 ^{ab}
T7 = เนื้อหมูเนื้อไก่แช่เย็นแช่เย็น 35 วัน	3.16 ^d	7.91 ^d	23.73 ^c	72.52 ^c	89.53 ^c	101.14 ^c	109.84 ^c	0.19 ^d	0.63 ^a	2.55 ^{ab}	7.85 ^{ab}
T8 = เนื้อหมูเนื้อไก่แช่เย็นแช่เย็น 35 วัน	4.29 ^d	8.05 ^d	12.61 ^d	44.81 ^d	66.01 ^d	81.84 ^d	95.39 ^d	0.21 ^d	0.17 ^d	1.30 ^d	8.10 ^{ab}
T9 = ฟางข้าว	3.14 ^d	6.55 ^d	15.15 ^d	48.59 ^d	64.97 ^d	79.03 ^d	91.18 ^d	0.17 ^d	0.35 ^{bc}	1.58 ^c	4.08 ^c
S.E.M.	0.17	0.25	0.45	0.71	0.79	0.79	0.74	0.02	0.04	0.29	0.76
P-value	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Orthogonal Contrast											
T1-T6 VS T7	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	> 0.05	> 0.05
T1-T6 VS T8-T9	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
T7 VS T8-T9	> 0.05	> 0.05	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	> 0.05	< 0.01	< 0.01	> 0.05
T8 VS T9	> 0.05	> 0.05	> 0.05	> 0.05	> 0.05	> 0.05	> 0.05	> 0.05	< 0.01	> 0.05	> 0.05

^h คือ ชั่วโมง (hour), S.E.M. คือ Standard Error of Mean

นอกจากนี้ผลการทดลองยังพบว่าอาหารหยาบ T1-T9 มีค่าการผลิตแก๊สมีเทน ณ ชั่วโมงที่ 37-60 เท่ากับ 6.14, 5.27, 7.70, 7.52, 5.88, 7.36, 6.60, 6.33 และ 3.52 ml/0.5 gDM substrate ตามลำดับ โดย T1 และ T3-T7 มีค่าไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) แต่มีค่าสูงกว่า T9 ($P < 0.01$) การผลิตแก๊สมีเทน มีค่าเท่ากับ 131.77, 145.88, 159.44, 166.19, 142.43, 148.74, 168.28, 154.25 และ 99.20 ml/l of total gas ตามลำดับ โดย T2-T8 มีค่าไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) แต่มีค่าสูงกว่า T9 ($P < 0.05$) ผลที่ได้ครั้งนี้มีค่าใกล้เคียงกับ Getachew et al. (2005)

สรุป

อาหารหยาบทั้ง 9 แบบ คือ หญ้าเนเปียร์ทั้ง 6 สายพันธุ์ที่อายุตัด 35 วัน มีค่า ME สูงกว่าหญ้ากินนีสีม่วงที่อายุตัด 35 วัน, พางข้าว และหญ้ากินนีสีม่วงที่อายุตัดมากกว่า 90 วัน ปริมาณการผลิตแก๊สรวมและการผลิตแก๊สมีเทนของอาหารหยาบคุณภาพดีมีค่าสูงกว่าอาหารหยาบคุณภาพต่ำ

คำขอบคุณ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับการอุดหนุนสถานที่และอุปกรณ์จาก โครงการวิจัยเทคโนโลยีการเพิ่มผลผลิตโคเนื้อ โคพื้นเมืองไทยอย่างยั่งยืน ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยความร่วมมือจาก Japan International Research Center for Agricultural Sciences (JIRCAS) แห่งประเทศญี่ปุ่น และได้รับความอนุเคราะห์ในการจัดหาปัจจัยทดลองจากศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ขอนแก่น กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ จ. ขอนแก่น ทางคณะผู้วิจัยจึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

นันทนา มูลมัตย์, Makoto Otsuka และ กฤตพล สมมัตย์. 2552. ผลของวัตถุดิบอาหารสัตว์บางชนิดต่อปริมาณการกินได้ และการปลดปล่อยแก๊สมีเทนในโคเนื้อพันธุ์พื้นเมืองไทย. ในเอกสารการประชุมวิชาการการนำเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา. ระหว่างวันที่

23-24 เมษายน 2552. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

พิรพจน์ นิตพจน์ และ กฤตพล สมมัตย์. 2547. การประเมินคุณค่าทางโภชนาะวัตถุดิบอาหารหยาบและแหล่งเชื้อใยที่ไม่ใช่พืชอาหารสัตว์ ในหลอดทดลองการผลิตแก๊ส. ว. แก่นเกษตร, 35:397-409.

สุวิทย์ ทิพอุเทน และ กฤตพล สมมัตย์. (ยังไม่ตีพิมพ์). สมการทำนายค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ในอาหารโคเนื้อ.

อนันท์ เชาว์เครือ, Takehiro Nishida, จำไพ ใจเที่ยง และ กฤตพล สมมัตย์. 2551. การปลดปล่อยแก๊สมีเทนของโคเนื้อพันธุ์บราห์มันที่ได้รับพืชอาหารสัตว์หยาบเป็นหลัก. ในเอกสารการประชุมเสนอผลงานการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 9. ระหว่างวันที่ 14-15 ธันวาคม 2551. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

Getachew, G., P.H. Robinson, E.J. Depeters, S.J. Taylor, D.D. Gisi, G.E. Higginbotham, and T.J. Riordan, 2005. Methane production from commercial dairy rations estimated using an in vitro gas technique. Anim. Feed Sci. and Technol. 123–124:391–402.

Lopez, S. and C. J. Newbold. 2007. Chapter 1: Analysis of Methane. Page 1-13. In H. P. S. Makkar and P. E. Vercoe (ed), Measuring Methane Production from Ruminants. Springer, Netherlands.

SAS. 1996. SAS User's Guide: Statistics, Version 6.12th Edition. SAS Institute Inc., Cary, NC.

Sommat, K., D.S. Parker, M. Wanapat, and P. Rowlinson. 2000. Fermentation characteristics and microbial protein synthesis in an in vitro system using cassava, rice straw and dried ruzi grass as substrates. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 13:1084-1093.

Takahashi, J. 2006. Emission of GHG from livestock production in Japan, International Congress Series. 1293:13-20.

Wijitphan, S., N. Moonmat, P. Lorwila, and K. Sommat. 2008. Nutritive value of Kinggrass using an in vitro gas production technique. The 13th Animal Science Congress of the Asian – Australasian Association of Animal Production Societies. 22-26 September 2008. Hanoi, Vietnam.