

**ผลของระดับการกินได้พลังงานต่อการผลิตแก๊สมีเทนในโคพื้นเมืองไทย
และโคพันธุ์บราห์มันลูกผสม**

**Effects of energy intake level on methane production of Thai native and Brahman
crossbred cattle**

อรุณ พรหมหลวงศรี¹, Keisuke Hayashi³, Makoto Otsuka³, สุภชัย อุคชาชน² และกฤตพล สมมาตย์^{1*}
Arun Phromloungrsi¹, Keisuke Hayashi³, Makoto Otsuka³, Supachai Udchachon² and
Kritapon Sommart^{1*}

บทคัดย่อ: การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระดับการกินได้พลังงานต่อการผลิตแก๊สมีเทนในโคพื้นเมืองไทยและโคพันธุ์บราห์มันลูกผสม (น้ำหนักเฉลี่ย 263 ± 9 กิโลกรัม และ 356 ± 20 กิโลกรัม ตามลำดับ) วางแผนการทดลองแบบ Replicated 3×3 Latin square โดยมีปัจจัยการทดลองเป็นระดับการกินได้พลังงานที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 1) 0.7×M, 2) 1.1×M และ 3) 1.5×M (M คือค่าความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพ 500 kJ ME/kgBW^{0.75}/d) พบว่า การกินได้พลังงานรวม การสูญเสียพลังงานในมูล การสูญเสียพลังงานในปัสสาวะและการสูญเสียพลังงานมีเทน (kJ/kgBW^{0.75}) ของโคพื้นเมืองไทยและโคพันธุ์บราห์มันลูกผสมมีค่าที่ไม่แตกต่างทางสถิติ (P>0.05) แม้ว่าระดับการกินได้พลังงานที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการผลิตแก๊สมีเทน (121.28, 222.39, 220.00 L/d) ที่เพิ่มขึ้นแบบเส้นโค้งกำลังสอง (P<0.01) แต่ผลจากระดับการกินได้ของพลังงานที่เพิ่มขึ้นทำให้สัดส่วนการผลิตแก๊สมีเทนต่อพลังงานย่อยได้ที่กินได้ (22.45, 13.06, 12.70 % DEI) และสัดส่วนการผลิตแก๊สมีเทนต่อพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้กินได้ (31.67, 15.63, 15.01 % MEI) มีค่าลดลงแบบโค้งกำลังสอง (P<0.05) ผลการทดลองในครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่า ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาหารพลังงานของโคพื้นเมืองไทยและโคพันธุ์บราห์มันลูกผสมมีค่าไม่แตกต่างกัน ระดับการกินได้ของพลังงานที่น้อยได้และระดับการกินได้ของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่เพิ่มขึ้นสามารถลดการการผลิตแก๊สมีเทนในโคเนื้อที่ได้รับอาหารเขตร้อนได้

คำสำคัญ: การกินได้, แก๊สมีเทน, พลังงาน, โค

Abstract: The objective of this study was to focus on effect of energy intake level on methane production. Thai native and Brahman crossbred cattle (262± 9 and 356± 20 kg of BW, respective) were assigned to a replicated 3 × 3 latin squared design in 3 period with 3 feeding levels of the energy intake 1) 0.7×M, 2) 1.1×M and 3) 1.5×M (M=feeding at maintenance level as 500 kJ ME/kgBW^{0.75}/d). It was found that gross energy intake energy loss in feces, urine and methane (kJ/kgBW^{0.75}) of Thai native and Brahman crossbred cattle were not different (P>0.05). Total methane production (121.28, 222.39, 220.00 L/d) quadratically increased (P<0.05) when increased energy intake level. However, it was a quadratically decreased when

¹ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ. ขอนแก่น 40002

² ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ขอนแก่น ต.ท่าพระ อ.เมือง จ.ขอนแก่น

³ Japan International Research Center for Agricultural Sciences, JAPAN

*Corresponding author E-mail: kritapon@kku.ac.th

consideration of ratio of methane energy production to digestible energy intake ($P < 0.05$, 22.45, 13.06, 12.70 % DEI) or metabolisable energy intake ($P < 0.05$; 31.67, 15.63 and 15.01 % MEI). The result of this study indicated that energetic efficiency were no different between Thai native and Brahman crossbred cattle. The increasing of level of digestible energy intake and metabolizable energy intake level can reduce methane production in beef cattle.

Keywords: Intake, methane, energy, cattle

บทนำ

แก๊สมีเทนสามารถผลิตจากกระเพาะหมักสัตว์เคี้ยวเอื้องก่อให้เกิดการสูญเสียพลังงานประมาณ 2-12 เปอร์เซ็นต์ ของพลังงานรวมที่กินได้ (Johnson and Johnson, 1995) แก๊สมีเทนจัดเป็นแก๊สเรือนกระจก (green house gas) ที่มีบทบาทต่อภาวะโลกร้อน (global warming) (Ellis et al., 2007) การผลิตแก๊สมีเทนมีมากกว่า 550 พันล้านตัน/ปี ในจำนวนนี้เป็นกิจกรรมที่มาจากภาคปศุสัตว์ 85 พันล้านตัน/ปี สัตว์เคี้ยวเอื้องจัดเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่มีการผลิตแก๊สมีเทนมากที่สุด (Takahashi, 2006) กนกวรรณ และกฤตพล (2554) รายงานปริมาณและการปลดปล่อยแก๊สมีเทนของโคพื้นเมืองไทยมีค่าประมาณ 145-190 ลิตรต่อตัวต่อวัน ฉัตรชัย และคณะ (2553) พบว่า คุณภาพอาหารหยาบที่แตกต่างกันมีบทบาทต่อการใช้ประโยชน์ได้ของพลังงานและมีผลต่อการผลิตแก๊สมีเทนที่แตกต่างกัน Suzuki et al. (2008) พบว่า โคพันธุ์บราห์มันที่เลี้ยงด้วยอาหารหยาบคุณภาพต่ำมีการปลดปล่อยแก๊สมีเทนออกสู่สิ่งแวดล้อมประมาณ 9.7 เปอร์เซ็นต์ของพลังงานรวมที่กินได้ Johnson and Johnson (1995) เสนอว่า โคเนื้อที่มีปริมาณการกินได้ของพลังงานที่เพิ่มขึ้นสามารถลดสัดส่วนการสูญเสียแก๊สมีเทนต่อพลังงานรวมที่กินได้สอดคล้องกับ อนันท์ และคณะ (2550) รายงานว่า โคพันธุ์บราห์มันที่ได้รับอาหารหยาบร่วมกับการเสริมอาหารขึ้นสามารถลดการปลดปล่อยแก๊สมีเทนลง 8.6, 8.1 และ 7.3 เปอร์เซ็นต์ของพลังงานรวมที่กินได้, ตามลำดับ IPCC (2006) เสนอค่ามาตรฐานสัดส่วนการสูญเสียพลังงานแก๊สมีเทนต่อพลังงานที่กินได้หรือ

เสนอค่าคงที่การปลดปล่อยแก๊สมีเทนเท่ากับ 6 เปอร์เซ็นต์ของพลังงานรวมที่กินได้ อย่างไรก็ตามการศึกษาวิจัยด้านการผลิตแก๊สมีเทนของโคพื้นเมืองพื้นเมืองไทยยังมีอย่างจำกัด (WTSR, 2010) จึงได้ทำการศึกษาการปลดปล่อยแก๊สมีเทนของโคพื้นเมืองไทยและโคพันธุ์บราห์มันลูกผสมที่ได้รับระดับอาหารพลังงานที่แตกต่างกัน

วิธีการศึกษา

การศึกษารั้งนี้ใช้โคเนื้อเพศผู้ไม่ตอนพันธุ์พื้นเมืองไทยและลูกผสมบราห์มันอายุประมาณ 2 ปี (น้ำหนักเฉลี่ย 263 ± 9 กิโลกรัม และ 356 ± 20 กิโลกรัม ตามลำดับ) ดำเนินการทดลอง ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ออกแบบและวางแผนการทดลองแบบ 3×3 Replicated Latin Square Design (Steel and Torries, 1980) ประกอบด้วยรอบการทดลอง (Period) 3 รอบ รอบละ 21 วัน ใช้ระยะเวลาทดลองรวมทั้งสิ้น 112 วัน ใช้สูตรอาหารเป็นปัจจัยการทดลอง (treatment) 3 แบบ สัตว์ทดลองใช้โคเนื้อเพศผู้ (column) (พันธุ์บราห์มันลูกผสม จำนวน 3 ตัว และพันธุ์พื้นเมืองไทย จำนวน 3 ตัว ; 2 จัตุรัส) โดยมีโมเดลการทดลองดังนี้
$$Y_{ijkl} = \mu + S_i + A_{i(j)} + P_j + T_k + \epsilon_{ijkl}$$
 เมื่อ Y_{ijkl} = ค่าสังเกตที่ ij , ซ้ำที่ k เมื่อ $k=1,2$ และ 3 μ = ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทั้งหมด S_i = อิทธิพลเนื่องจากจัตุรัส (square) ที่ระดับ 1 เมื่อ $i=1,2$ และ 3 $A_{i(j)}$ = อิทธิพลเนื่องจากตัวสัตว์ที่ซ้อนในจัตุรัสจำนวน 2 จัตุรัส P_j = อิทธิพลเนื่องจากรอบ (period) ที่ระดับ j เมื่อ $j=1,2$ และ 3 T_k = อิทธิพลเนื่องท

รื้ทเม้นต์ (treatment) ที่ระดั้บ k เมื่อ k=1,2 และ 3 ϵ_{ijk} = ความคลาดเคลื่อนจากการทดลอง (random error) ทำการสุ่มสัตว์ทดลองให้ได้รับปัจจัยอาหารทดลองที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 1) คือ T1 = ให้อาหารที่ระดั้บ 0.7×M, T2 = ให้อาหารที่ระดั้บพลังงาน 1.1×M, T3 = ให้อาหารที่ระดั้บพลังงาน 1.5×M (M คือค่าความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชี้พ 500 kJ ME/kgBW^{0.75}/d) ทำการเลี้ยงสัตว์ด้วยอาหารทดลองในคอกขังเดี่ยวขนาด 2 × 4.5 เมตร เป็นเวลา 15 วัน จากนั้นย้ายขึ้นคอกเมทาบอลิซึม เพื่อวัดปริมาณการกินได้ สุ่มเก็บตัวอย่างได้แก่ อาหารที่ให้ อาหารเหลือ มูล และปัสสาวะ จำนวน 6 วันต่อเนื่องกันโดยใช้วิธีการแบบเก็บทั้งหมด (Total collection) ทำการวัดองค์ประกอบทางเคมีและพลังงานตามวิธีการมาตรฐาน ทำการวัดการหายใจเพื่อวัดปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจน การผลิตแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และมีเทนตามวิธีการของ Suzuki et al. (2008) นำข้อมูลจากการทดลองเข้าประมวลผลและวิเคราะห์เปรียบเทียบทางสถิติ วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยใช้โปรแกรม SAS (SAS, 1996) และวิเคราะห์อิทธิพลของระดั้บปัจจัยด้วย Orthogonal polynomial ร่วมกับเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's new multiple range test

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ตารางที่ 1 แสดงส่วนประกอบสูตรอาหารองค์ประกอบเคมีและพลังงานในสูตรอาหาร ผลการทดลอง (ตารางที่ 2) พบว่า ค่าการกินได้ของโคชนะในโคพื้นเมืองไทยต่ำกว่าโคพันธุ์บราห์มันลูกผสม (P<0.05) วัดดูแห้ง (3.86, 4.97 kg/d), อินทรียัดดู (3.61, 4.73 kg/d), โปรตีนหยาบ (0.28,0.38 kg/d), เยื่อใย NDF (2.36,3.07 kg/d) และค่าการกินได้ของพลังงานรวม (73.96, 95.49 MJ/d, ตามลำดับ) แต่ค่าการกินได้ของพลังงานในหน่วยน้ำหนักเมตาโบลิค (1133.35 , 1169.78 kJ/kgBW^{0.75}) ระหว่างโคพื้น

เมืองไทยและโคพันธุ์บราห์มันลูกผสมไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ระดั้บการกินได้พลังงานที่สัตว์ได้รับมีผลต่อค่าการกินได้ของโคชนะ (วัดดูแห้ง (2.89, 4.99, 5.37 kg/d), อินทรียัดดู (2.83, 4.66, 5.03 kg/d), เยื่อใย NDF (2.28, 3.09, 2.78 kg/d) และค่าการกินได้ของพลังงานรวม (53.04, 95.35, 105.79 MJ/d) เพิ่มขึ้นแบบเส้นโค้งกำลังสอง (P<0.05)

แม้ว่าการผลิตแก๊สมีเทนของโคพื้นเมืองไทยต่ำกว่าโคพันธุ์บราห์มันลูกผสม (P<0.05; 161.33, 214.33 L/d) แต่พลังงานที่สูญเสียในรูปของแก๊สมีเทนที่ปลดปล่อยในหน่วย (kJ/kgBW^{0.75} และ L/kgDMI) มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ((P>0.05); 97.90, 103.06 kJ/kgBW^{0.75} และ 41.04, 42.67 L/kgDMI) และสัดส่วนการผลิตแก๊สมีเทนต่อพลังงานที่กินได้ (พลังงานรวมที่กินได้ 8.65, 8.94 % GEI, พลังงานรวมย่อยได้ 14.73, 17.41% DEI และ พลังงานรวมที่ใช้ประโยชน์ได้ 18.04, 23.51 %MEI) มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ผลการทดลองในครั้งนี้มีความสอดคล้องกับรายงานของ Chuntrakort et al. (2011) ที่รายงานว่า สัดส่วนการผลิตแก๊สมีเทนของโคพื้นเมืองไทยและโคพันธุ์บราห์มันลูกผสมที่ได้รับอาหาร ณ ที่ระดั้บ 1.2×M ไม่มีความแตกต่างกัน

ผลของระดั้บการกินได้พลังงานที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการเพิ่มการผลิตแก๊สมีเทนแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.01; 121.28, 222.39, 220.00 L/d; 4.79, 8.79, 8.69 MJ/d; 64.26, 118.72, 118.47 kJ/kgBW^{0.75}) การเพิ่มการกินได้ของพลังงาน (DEI และ MEI) สามารถลดสัดส่วนการสูญเสียแก๊สมีเทนที่ปลดปล่อยได้แตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05; 22.45, 13.06, 12.70 % DEI และ 31.67, 15.63, 15.01 % MEI) ผลการทดลองในครั้งนี้สอดคล้องกับ อนันท์ และคณะ (2550) ที่รายงานว่า โคบราห์มันในประเทศไทยที่เลี้ยงด้วยอาหารหยาบคุณภาพต่ำเพียงอย่างเดียวจะมีสัดส่วนการสูญเสียแก๊สมีเทนต่อพลังงานรวมที่กินได้สูงกว่าโคเนื้อที่ได้รับอาหารหยาบร่วมกับการเสริมอาหารขึ้นจากกากมะพร้าวและ กากปาล์มที่ระดั้บ (8.6, 8.1 และ 7.3 %

GEI ตามลำดับ) และสอดคล้องกับการศึกษาวิจัยของ Kawashima et al. (2007) ที่รายงานว่าโคบราห์มันที่ได้รับหญ้าที่คุณภาพต่ำ จะมีประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์พลังงานที่ต่ำกว่าโคเนื้อที่ได้รับการเสริมกากถั่วเหลือง 8, 16 และ 24% ในสูตรอาหาร Nitipot et al. (2008) ได้รายงานว่า การลดระดับเยื่อใย NDF ของหญ้าแพงโกล่าในสูตรอาหาร (98.69, 40.00, 30.00 และ 20% ตามลำดับ) มีผลกระทบทำให้สามารถเพิ่มค่าการกินได้ของพลังงาน (298, 429,479 1 และ 456 kJ/kgBW^{0.75}) และมีผลทำให้สามารถลดค่าพลังงานแก๊สมีเทนที่สูญเสียต่อปริมาณพลังงานรวมที่กินได้ (12, 10 และ 9 % GEI ตามลำดับ)

เมื่อพิจารณาความผันแปรของการปลดปล่อยแก๊สมีเทนของโคพื้นเมืองไทยและโคบราห์มันลูกผสม (Figure 1 and Figure 2) พบว่า มีรูปแบบการปลดปล่อยและรูปแบบการสะสมที่คล้ายกัน ผลของระดับการกินได้พลังงานมีความผันแปรตรงต่อการเพิ่มการปลดปล่อยแก๊สมีเทน ในโคที่ได้รับอาหาร 0.7×M มีระดับการกินได้ของพลังงานรวมที่ต่ำสุด (P<0.05) ระดับการปลดปล่อยแก๊สมีเทนจึงไม่มีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างวัน อาจเป็นผลเนื่องมาจากเป็นสูตรอาหารที่มีเยื่อใย NDF สูงจึงต้องใช้เวลานานในการหมักย่อยในรูเมนนาน ทำให้โคไม่สามารถกินอาหารเพิ่มเติมได้มากในช่วงเวลาให้อาหาร แต่โคที่ได้รับอาหาร 1.1×M และ 1.5×M มีระดับการกินได้ของพลังงานรวมที่สูงกว่า (P<0.05) และค่าเยื่อใย NDF ต่ำ ทำให้สามารถกินอาหารได้มากกว่าในระยะเวลาที่รวดเร็ว ทำให้แก๊สมีเทนที่ปลดปล่อยเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะหลังจากที่ได้รับอาหาร 2 ชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ กนกวรรณ และ กฤตพล (2554) ที่พบว่าโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับอาหารหยาบคุณภาพต่ำ (ฟางข้าวหรือหญ้าที่แห้ง) มีปริมาณการปลดปล่อยแก๊สมีเทนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจากที่ได้รับอาหาร 2 ชั่วโมง และมีปริมาณการปลดปล่อยแก๊สมีเทนประมาณ 145 – 190 ลิตรต่อตัวต่อวัน

สรุป

โคพื้นเมืองไทยมีปริมาณการผลิตแก๊สมีเทนที่ต่ำกว่าโคพื้นฐัรบราห์มันลูกผสม แต่มีค่าไม่แตกต่างกันในส่วนของ การสูญเสียพลังงานแก๊สมีเทนต่อการใช้ประโยชน์ของพลังงาน การกินได้ของพลังงานที่เพิ่มขึ้นสามารถลดสัดส่วนการผลิตแก๊สมีเทนได้

เอกสารอ้างอิง

- กนกวรรณ กองพิธิ และ กฤตพล สมมาตย์. 2554. การปลดปล่อยแก๊สมีเทนในโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับอาหารหยาบคุณภาพต่ำ. ว. แก่นเกษตร 39 (3): (2554).
- ฉัตรชัย แก้วพิลา, Makoto Otsuka, Keisuke Hayashi, สำราญ วิจิตรพันธ์ และ กฤตพล สมมาตย์. 2553. บทบาทของแหล่งฟื้ออาหารสัตว์ต่อการผลิตแก๊สมีเทนในหลอดทดลอง. ว. แก่นเกษตร 38 ฉบับพิเศษ : 39-43 (2553).
- อนันท์ เชาว์เครือ. Takehiro Nishida. อิทธิพล ฝ่่าไพศาล. และ กฤตพล สมมาตย์. 2550. ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์พลังงานในโคเนื้อพื้นฐัรบราห์มัน. ว. เกษตร (ม.เชียงใหม่) ปีที่ 23 ฉบับพิเศษ ธันวาคม 2550: 241-245.
- Chuntrakort., M. Otsuka, K. Hayashi, A. Takenaka, S. Udchachon and K. Sommart. 2011. Effects of cotton seed, sunflower seed and coconut kernel in the diets on methane production of Thai native and Brahman crossbred beef cattle. In: Proceeding of the 3th International Conference on sustainable animal agriculture for degveloping countries, 26-29 July 2011, Nakhon Ratchasima, Thailand. (Abstract).
- Ellis, L., E. Kebreab, N. E. Odongo, B. W. McBride, E. K. Okine and J. France. 2007. Prediction

of methane production from dairy and beef cattle. *J. Dairy Sci.* 90, 3456-3466.

IPCC. 2006. Revised IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Workbook (Volume 2), Module 4, Agriculture. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.htm> Accessed Apr.11, 2007.

Johnson, K. A. and D. E. Johnson, 1995. Methane emissions from cattle. *J. Anim. Sci.* 73, 2483–2492.

Nitipot, P., T. Nishida and K. Sommart. (2008). Methane production in Thai native beef cattle fed different level of Pangola grass hay in diets. In: Proceeding of Mae Fah Luang Symposium on the Occasion of the 10th Anniversary of Mae Fah Luang University, 26-28 November 2008, Chiangrai, Thailand. (In press).

Kawashima, T., W. Sumamal, P. Pholsen, R. Chaithiang and F. Terada. (2007). Comparative study on energy and nitrogen metabolism of Brahman cattle and sheep given Ruzi grass hay with different levels of soybean meal. *JARQ* 41(3): 253 – 260.

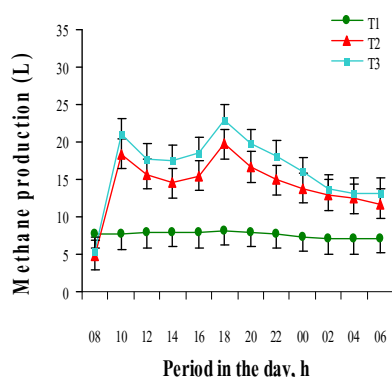
SAS. 1996. SAS User’s Guide: Statistics. Version 6 (12th ed.). Cary, NC: SAS Institute Inc.

Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1980. Principle and Procedures of Statistics : A Biometric Approach (2nd ed.). McGraw-HillBook Co. Inc. NY.

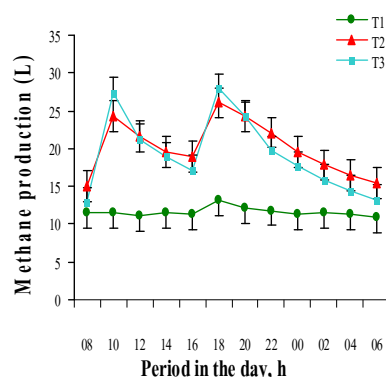
Suzuki, T., I. Phaowphaisal, P. Pholsen, R. Narmsilee, S. Indramanee, P. Nitipot, A. Chaokaur, K. Sommart, N.Khotprom, V. Panichpol, and T. Nishida. 2008. In vivo nutritive value of Pangola grass (*Digitaria eriantha*) hay by a novel indirect calorimeter with a ventilated hood in Thailand. *Japan Agric. Res. Quarterly.* 42 (2):123-129.

Takahashi, J. 2006. Emission of GHG from livestock production in Japan. *International Congress Series.* 1293, 13 – 20. 357.

WTSR. 2010. Nutrient Requirement of Beef Cattle in Indochinese Peninsula. The Working Committee of Thai Feeding Standard for Ruminant. Klungnanavithaya Press. Khon Kaen.



A



B

Figure 1. CH₄ production in Thai native (A) and Brahman crossbred cattle (B) at different time.

Table 1. Feed formulation and chemical composition of experimental diet^{1/}.

Items	Treatments		
	T1 = 0.7×M	T2 = 1.1×M	T3 = 1.5×M
Feed formulation (in 1000 g of DM)			
Rice straw	1000.00	600.00	300.00
Cassava chip	-	171.40	300.00
Rice bran	-	85.70	150.00
Corn meal	-	22.70	40.00
Soybean meal	-	48.30	85.00
Coconut meal	-	28.40	50.00
Palm meal	-	39.80	70.00
Vitamin—mineral premix	-	5.00	5.00
Total	1000.00	1000.00	1000.00
Chemical composition			
DM, %	91.49	91.47	91.46
----- % DM basis -----			
OM	90.43	92.72	93.10
CP	3.07	7.05	10.03
EE	0.70	3.10	4.89
NDF	76.86	62.56	51.84
ADF	54.20	39.48	28.45
GE, MJ/kgDM	17.82	19.33	19.58

^{1/}DM = dry matter, OM = organic matter, CP = crude protein, EE = ether extract, NDF = neutral detergent fiber, ADF = acid detergent fiber, GE = gross energy

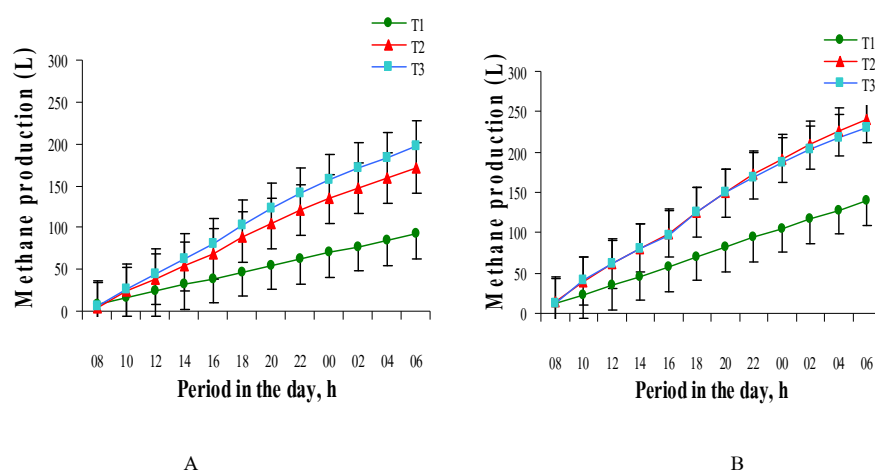


Figure 2. Cumulative CH₄ (litter) production between Thai native (A) and Brahman crossbred cattle (B) at different time.

Table 2. Body weight, intake, Fecal and urine energy loss and methane production of beef cattle ^{1/}.

Items	Squared (Cattle)		SEM	P-Value	Diet (Energy intake level)			SEM	P-Value ^{2/}	
	Thai	Crossbre			0.7×M	1.1×M	1.5×M		L	Q
Observation number	9	9	–	–	6	6	6	–	–	–
Body weight, kg	263 ^y	356 ^x	3.15	<0.01	313	306	308	3.86	0.40	0.37
Intake										
DM, kg/d	3.86 ^y	4.97 ^x	0.12	<0.01	2.89 ^b	4.99 ^a	5.37 ^a	0.15	<0.01	<0.01
OM, kg/d	3.61 ^y	4.73 ^x	0.12	<0.01	2.83 ^b	4.66 ^a	5.03 ^a	0.07	<0.01	<0.01
CP, kg/d	0.28 ^y	0.38 ^x	0.02	<0.01	0.09 ^c	0.36 ^b	0.52 ^a	0.01	<0.01	0.06
NDF, kg/d	2.36 ^y	3.07 ^x	0.15	<0.01	2.28 ^b	3.09 ^a	2.78 ^a	0.09	<0.05	<0.05
GEI, MJ/d	73.96 ^y	95.49 ^x	2.34	<0.01	53.04 ^c	95.35 ^b	105.79 ^a	2.87	<0.01	<0.01
GEI, kJ/kgBW ^{0.75}	1133.35	1169.78	25.99	0.25	713.86 ^c	1303.15 ^b	1437.67 ^a	36.76	<0.01	<0.01
DEI, kJ/kgBW ^{0.75}	711.05	723.42	45.07	0.81	298.77 ^b	917.61 ^a	935.32 ^a	63.74	<0.01	<0.01
MEI, kJ/kgBW ^{0.75}	594.20	596.35	41.42	0.96	220.20 ^b	770.76 ^a	794.86 ^a	58.57	<0.01	<0.01
Fecal energy loss, KJ/kgBW ^{0.75}	422.30	446.35	42.02	0.93	415.09	385.54	502.35	59.42	0.18	0.19
Urine energy loss, KJ/kgBW ^{0.75}	18.95	24.02	4.40	0.66	14.31	28.14	21.99	6.23	0.25	0.10
Methane production										
L/d	161.33 ^y	214.33 ^x	10.20	<0.01	121.28 ^b	222.39 ^a	220.00 ^a	14.43	<0.01	<0.01
MJ/d	6.38	8.48	0.40	<0.01	4.79 ^b	8.79 ^a	8.69 ^a	0.57	<0.01	<0.01
KJ/kgBW ^{0.75}	97.90	103.06	4.15	0.31	64.26 ^b	118.72 ^a	118.47 ^a	5.87	<0.01	<0.01
L/kgDMI	41.04	42.67	0.18	0.46	<u>40.84</u>	<u>43.67</u>	<u>41.06</u>	0.25	0.93	0.26
L/kgNDFI	68.25	68.43	4.03	0.97	53.40 ^b	71.61 ^a	80.03 ^a	5.70	<0.01	0.35
% GEI	8.65	8.94	0.35	0.50	8.99	9.12	8.28	0.35	0.19	0.29
% DEI	14.73	17.41	1.53	0.17	22.45 ^a	13.06 ^b	12.70 ^b	1.78	<0.01	<0.05
% MEI	18.04	23.51	2.83	0.13	31.67 ^a	15.63 ^b	15.01 ^b	2.83	<0.01	0.05

^{x,y} Least square means with different superscripts among squared significantly differ (P<0.05).

^{a,c} Least square means with different superscripts among diet significantly differ (P<0.05).

^{1/} M, maintenance requirement (500 kJ ME per kgBW^{0.75}/day); SEM, standard errors of the means; DM, dry matter; OM, organic matter; CP, crude protein; EE, ether extract; NDF, neutral detergent fiber GEI, gross energy intake, DEI, digestible energy intake; MEI, metabolizable energy intake.

^{2/} Probability of a significant effect of levels or of a linear (L) or quadratic (Q) effect of feeding levels.