Content List Available at ThaiJo
Khon Kaen Agriculture Journal
Journal Home Page : https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj

ผลของการจัดการการให้อาหารต่อการกินได้ การย่อยได้ และผลผลิตแก๊สมีเทนของโคเนื้อลูกผสม (บราห์มัน x พื้นเมืองไทย)

Effect of feeding management on intake, digestibility and enteric methane production of crossbred beef cattle (Brahman x Thai Native)

สุวิทย์ ทิพอุเทน[1]*, ฉัตรชัย แก้วพิลา[2], วรุณ โคตะ[3], อนุสรณ์ เชิดทอง[3], และ สายัณห์ สืบผาง[4]

Suwit Thip-uten[1]*, Chatchai Kaewpila[2], Waroon Khota[3], Anusorn Cherdthong[3] and Sayan Subepang[4]

[1]สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร อ.เมือง จ.สกลนคร 47000
[1]Department of Animal Science, Faculty of Agricultural Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University, Sakon Nakhon, Thailand 47000
[2]สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร อ.พังโคน จ.สกลนคร 47160
[2]Department of Animal Science, Faculty of Natural Resources, Rajamangala University of Technology Isan, Sakon Nakhon 47160
[3]ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002
[3]Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002
[4]สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ อ.เมือง จ.ศรีสะเกษ 33000
[4]Department of Agricultural Technology, Faculty of Liberal Arts and Science, Sisaket Rajabhat University, Sisaket, Thailand 33000

บทคัดย่อ: การจัดการการให้อาหารเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลกระทบสูงต่อประสิทธิภาพการผลิตโคเนื้อ ดังนั้นเพื่อทำความเข้าใจในบริบทของการเลี้ยงด้วยแหล่งทรัพยากรอาหารสัตว์ที่หลากหลายของเกษตรกรไทยให้มากขึ้น การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจัดการการให้อาหารต่อการกินได้การย่อยได้และผลผลิตแก๊สมีเทนของโคเนื้อลูกผสมบราห์มัน x พื้นเมืองไทย วางแผนการทดลองแบบ 4 x 4 จัตุรัสลาตินสแควร์ สุ่มโคเนื้อสายพันธุ์ลูกผสมบราห์มัน x พื้นเมืองไทยเพศผู้ระยะรุ่นอายุ 18 เดือน น้ำหนักตัวเฉลี่ย 157±2.0 กก. จำนวน 4 ตัว โคทุกตัวได้รับอาหารข้นที่ระดับ 1% ของน้ำหนักตัว/วัน แล้วสุ่มให้ได้รับการจัดการการให้อาหารที่ต่างกัน 4 รูปแบบ (treatment, T) คือ T1=ให้ฟางข้าวกินเต็มที่, T2=ให้ฟางข้าวกินเต็มที่ ร่วมกับหัวมันสำปะหลังสดสับหมักยีสต์ *S. cerevisiae* ให้กินที่ระดับ 2% ของน้ำหนักตัว, T3=ให้ฟางข้าวหมักยูเรีย 3% ให้กินเต็มที่ และ T4=ให้ฟางข้าวหมักยูเรีย 3% กินเต็มที่ ร่วมกับให้หัวมันสำปะหลังสดสับหมักยีสต์ *S. cerevisiae* ให้กินที่ระดับ 2% ของน้ำหนักตัว ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าการจัดการให้อาหารที่ต่างกัน 4 รูปแบบไม่มีผลต่อค่าการกินได้วัตถุแห้ง การกินได้อาหารข้น การกินได้อาหารหยาบ การกินได้อินทรีวัตถุ ไขมัน เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด การย่อยได้ของวัตถุแห้ง การย่อยได้ไขมัน การย่อยได้เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง การย่อยได้เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด ค่าการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน การได้รับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ ค่าความเป็นกรดด่างของรูเมน ความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจน และค่าความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้รวม ($P>0.05$) แต่มีผลต่อค่าการกินได้ของโปรตีน ค่าการย่อยได้ของอินทรีวัตถุ การย่อยได้โปรตีน ค่าความเข้มข้นของอะซิเตท โปรพิโอเนท บิวทิเรท สัดส่วนระหว่างอะซิเตทต่อโปรพิโอเนท และค่าแก๊สมีเทน ($P<0.05$) ซึ่งโคกลุ่มที่ได้รับการจัดการการให้อาหารในแบบที่ 4 มีค่าการกินได้วัตถุแห้ง การย่อยได้ของวัตถุแห้ง การย่อยได้อินทรีวัตถุ การย่อยได้โปรตีน การย่อยได้ไขมัน การย่อยของเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง การย่อยของเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด การได้รับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ แอมโมเนียไนโตรเจน กรดไขมันที่ระเหยได้รวมทั้งหมดที่สูง และแก๊สมีเทนต่ำสุดกว่าทุกกลุ่ม ดังนั้นจึงได้สรุปว่า การให้อาหารข้นที่ระดับ 1%ของน้ำหนักตัวร่วมกับหัวมันสำปะหลังสดสับหมักยีสต์ที่ระดับ 2%ของน้ำหนักตัว และให้กินฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย 3% แบบเต็มที่ (T4) เป็นวิธีการจัดการให้อาหารที่เหมาะสมต่อการกินได้การย่อยได้ของโภชนะ และลดค่าการปล่อยมีเทนของโคเนื้อลูกผสมบาร์หมัน x พื้นเมืองไทยได้ แต่เพื่อเพิ่มความมั่นใจผลของการจัดการการให้อาหาร ควรศึกษาด้านสมรรถนะการเจริญเติบโตและองค์ประกอบซากของโคเพิ่มเติมในอนาคต

คำสำคัญ: หัวมันสำปะหลังสดหมัก; แก๊สมีเทน; ฟางข้าวหมักยูเรีย; กรดไขมันที่ระเหยได้; โคลูกผสมบราห์มัน x พื้นเมืองไทย

* Corresponding author: suwit@snru.ac.th

Received: date; May 3, 2021 Accepted: date; August 24, 2021 Published: date; December 29, 2021

ABSTRACT: Feeding management is a major factor that influences the productive performance of beef cattle. Thus, to increase understanding on the backgrounds of beef cattle production under various feed resources of Thai-farming systems. This study aimed to verify the effects of feeding management on feed intake, digestibility and estimated enteric methane production. A 4 x 4 latin square design was employed using 4 heads of crossbred beef cattle (Brahman x Thai native), 18 months of age, with average body weight (BW) of 157 ± 2.0 kg. All cattle were fed concentrate at the level of 1% BW/day. Treatments were composed of 4 feeding managements, as follows: T1=rice straw *ad libitum,* T2=fermented fresh-chopped cassava roots with *S.cerevisiae* at 2% of BW and rice straw *ad libitum,* T3=3% urea treated rice straw *ad libitum* and T4=fermented fresh-chopped cassava roots with *S. cerevisiae* at 2% of BW and 3% urea treated rice straw fed *ad libitum*, respectively. The results found that the differences of feeding management had no effect on dry matter intake (DMI), concentrate intake (CI), roughage intake (RI), organic matter intake (OMI), ether extract intake (EEI), neutral detergent fiber intake (NDFI), acid detergent fiber intake (ADFI), dry matter digestibility (DMD), ether extract digestibility (EED), neutral detergent fiber digestibility (NDFD), acid detergent fiber digestibility (ADFD), microbial crude protein (MCP), metabolizable energy intake (MEI), rumen pH, ammonia nitrogen (NH_3-N) and total volatile fatty acids (TVFA) ($P>0.05$) but, effect on crude protein intake (CPI), organic matter digestibility (OMD), crude protein digestibility (CPD), acetate, propionate, butyrate, acetate per propionate ratio and methane production ($P<0.05$). T4 showed high value of DMI, DMD, OMD, CPD, EED, NDFD, ADFD, MEI, NH_3-N, TVFA and low value CH_4. Therefore, it can be concluded that feeding concentrate diet at 1% of BW with the fermented cassava roots at 2% of BW, and 3% urea treated rice straw *ad libitum* (T4) could improve nutrients intake, nutrient digestibility and decrease CH_4 emission of crossbred beef cattle. To ensuring the result of feeding management, determination of growth performance and carcass characteristics should be further studied.
Keywords: fresh cassava roots fermented; methane gas; urea treated rice straw; volatile fatty acids; crossbred beef cattle (Brahman x Thai native)

บทนำ

โคเนื้อพันธุ์ลูกผสมบราห์มัน x พื้นเมืองไทยมีความโดดเด่นในด้านการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมของประเทศไทยได้อย่างดี รวมทั้งมีขนาดโครงสร้างร่างกายที่ใหญ่ให้ปริมาณและคุณภาพเนื้อได้ดี เกษตรกรนิยมเลี้ยงเพิ่มขึ้น มีสัดส่วนมากถึง 40.34% จากประชากรโคเนื้อทั้งประเทศ 6,230,140 ตัว (กรมปศุสัตว์, 2563) โคเนื้อมีส่วนปล่อยแก๊สมีเทน (methane, CH_4) ที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ในโคปล่อย CH_4 สูงถึง 77% รองลงมาเป็นกระบือ 13% และสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก 10% แก๊ส CH_4 เกิดจากการหมักย่อยอาหารในกระเพาะรูเมน (enteric fermentation) คิดเป็น 40% ของผลผลิตแก๊สทั้งหมดที่เกิดขึ้นในรูเมน (Gerber et al., 2013) เนื่องจากโคอาศัยการทำงานร่วมกันระหว่างการปล่อยเอนไซม์จากจุลินทรีย์ (microbes) ได้แก่แบคทีเรีย รา และโปรโตซัว ที่อยู่กระเพาะส่วนรูเมน (rumen) ทำหน้าที่หมักย่อยอาหารพวกอาหารคาร์โบไฮเดรตโครงสร้าง (structural carbohydrate) ซึ่งเป็นอาหารหลักของสัตว์เคี้ยวเอื้อง กระบวนการหมักอาหารในกระเพาะรูเมนถือเป็นแหล่งที่ผลิต CH_4 มากที่สุด ซึ่งกระบวนการผลิต CH_4 มีขั้นตอนซับซ้อนโดยการทำงานของจุลินทรีย์ *Archaea* กลุ่ม methanogens ที่อยู่ในไฟลัม *Euryarcheota* (Garg and Sherasia, 2015) ในระหว่างกระบวนการหมักจุลินทรีย์จะเปลี่ยนอินทรียวัตถุจากอาหารเป็นแหล่งพลังงานสำหรับการเจริญเติบโตของเซลล์จุลินทรีย์เอง ในกระบวนการเมแทบอลิซึมของจุลินทรีย์ทำให้ได้ผลผลิตสุดท้ายของกระบวนการหมักเกิดขึ้นได้แก่ กรดไขมันที่ระเหยได้ง่าย (volatile fatty acids, VFA), CO_2 และแก๊สไฮโดรเจน (H_2) เป็นต้น โดยจุลินทรีย์กลุ่ม methanogens สามารถใช้ผลผลิตสุดท้ายที่เกิดจากกระบวนการหมักบางตัวร่วมกับการใช้ H_2 เพื่อนำไปใช้ในการผลิตเป็น CH_4 (อนุสรณ์, 2555) ผ่านปฏิกิริยา $CO_2 + 4H_2 \text{---> } CH_4 + 2H_2O$ (Moss et al., 2000) และปลดปล่อยผ่านกระบวนการเรอออกทางปากต่อไป CH_4 นอกจากเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมแล้วยังทำให้สัตว์สูญเสียพลังงาน 2-12% ของพลังงานรวมที่กินได้ทั้งหมด (gross energy intake, GEI) ส่งผลให้ผลผลิตสัตว์ลดลงด้วย (Hristov et al., 2013) Eckard et al. (2010) และ Hristov et al. (2013) เสนอแนวทางลดการปล่อย CH_4 จากกระเพาะรูเมนหลายวิธี เช่น เสริมไขมันในอาหาร ใช้อาหารข้น การใช้สารแทนนินและยีสต์ การจัดการให้อาหารและสารอาหาร การปรับปรุงคุณภาพแหล่งอาหารหยาบ หรือการใช้สารเคมีกำจัดจุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตแก๊สมีเทน ฯลฯ สอดคล้องกับ Grainger and Beauchemin (2011) รายงานว่าการให้อาหารที่มีแป้งสูง (higher starch diets) ทำให้การผลิตแก๊สมีเทนในกระเพาะรูเมนลดลง Knapp et al. (2014) รายงานว่าอาหาร

(feeds) การจัดการให้อาหารและสารอาหาร (feeding management and nutrition) เป็นกลยุทธ์ทางโภชนศาสตร์ในการลดการผลิตแก๊สมีเทน (nutritional mitigation) ผ่านสามกระบวนการคือ 1) การคัดเลือกสารอาหารที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของผลผลิตของ VFA 2)ทำให้มีอัตราการไหลผ่านของอาหารจากกระเพาะรูเมนให้เพิ่มขึ้นซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงประชากรของจุลินทรีย์และรูปแบบผลผลิตของ VFA และโยกย้าย (shift) การย่อยบางอย่างไม่ให้เกิดขึ้นในรูเมนแต่ให้ไปเกิดที่ลำไส้เล็ก และ 3) การจัดการการให้อาหารที่มีคุณภาพสูง เพื่อเร่งการให้ผลผลิตสัตว์ให้ถึงเป้าหมายทำให้ระยะเวลาในการเลี้ยงและการปล่อยมีเทนให้เกิดสั้นลง ในประเทศไทย Thip-uten et al. (2019) รายงานว่าการจัดการเลี้ยงโคเนื้อพื้นเมืองไทยแบบตัดหญ้ารูซี่สดให้กินร่วมกับการเสริมอาหารข้นที่ระดับ 1% ของน้ำหนักตัว สามารถลดปริมาณการปล่อย CH_4 และทำให้สมรรถนะการเจริญเติบโตของโคเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม การเลี้ยงโคเนื้อในประเทศไทยมักประสบปัญหาขาดแคลนอาหารสัตว์ทั้งปริมาณและคุณภาพ โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้งจากเดือนพฤศจิกายนถึงเมษายนของทุกปีซึ่งกินระยะเวลานาน 6 เดือน แต่ในความแห้งแล้งภายใต้บริบทของประเทศไทยก็ยังมีศักยภาพที่เหมาะสมในการปลูกพืชเศรษฐกิจหลายชนิด โดยเฉพาะข้าวและมันสำปะหลังซึ่งเป็นพืชแหล่งพลังงานที่สำคัญสำหรับมนุษย์รวมถึงสัตว์เลี้ยง ซึ่งแต่ละปีมีผลพลอยได้ในรูปของฟางข้าวเฉลี่ยประมาณ 25-45 ล้านตัน (มูลนิธิเกษตรรักษ์สิ่งแวดล้อมประเทศไทย, 2562) และมีผลผลิตมันสำปะหลังเฉลี่ยปีละ 28 ล้านตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563) ทั้งฟางข้าวและมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบที่มีจำนวนมากหาง่ายในทุกภาคของประเทศไทยและมีราคาถูก ทำให้ผู้เลี้ยงโคส่วนใหญ่ใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบหลักและมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานพื้นฐานในอาหารโค แต่ฟางข้าวและมันสำปะหลังมีข้อจำกัดโดยเฉพาะระดับโปรตีน (crude protein, CP) ที่ต่ำเพียง 2.5% ฟางข้าวย่อยได้ยากเพราะมีเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (neutral detergent fiber, NDF) สูงถึง 75.5% และเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (acid detergent fiber, ADF) 55.2% (Gunun et al., 2013) ขณะที่หัวมันสำปะหลังสดเก็บได้ไม่นานจะเกิดการเน่าเสียหรือหากให้กินสดอาจได้รับผลกระทบจากกรดไฮโดรไซยานิก (hydrocyanic acid) รวมถึงการทำให้แห้งต้องใช้พื้นที่จำนวนมากในการตาก การปรับปรุงคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ผ่านกระบวนการหมักร่วมกับการใช้สารเสริมแหล่งโปรตีน (ยูเรียและยีสต์) นอกจากเป็นการเพิ่มโปรตีนแล้วยังเป็นการถนอมอาหารสัตว์เก็บไว้ใช้ในช่วงฤดูแล้งได้ และยังทำให้การกินได้การย่อยได้การใช้ประโยชน์โภชนะและสมรรถนะการผลิตของโคเพิ่มขึ้นอีกด้วย Khampa et al. (2009) รายงานว่าโคเนื้อเพศเมียอายุ 1 ปี ที่ได้รับการจัดการให้อาหารด้วยการเสริมสารมาเลท (malate) 1,000 ก. ยีสต์ (*S. cerevisiae*) 2,000 ก. ลงในอาหารข้นที่มีระดับมันเส้นในสูตรอาหาร 70% ให้โคกินอาหารข้นที่ระดับ 1%ของน้ำหนักตัว ร่วมกับให้กินฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย 5% แบบเต็มที่ พบว่าการจัดการให้อาหารดังกล่าวสามารถเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนและความสามารถในการย่อยได้ของโภชนะสูงสุด และ Gunun et al. (2013) รายงานว่าโคหนุ่มตอนสายพันธุ์ลูกผสม (crossbred dairy steers) โฮสไตล์ฟรี่เชียน 75% x ไทยพื้นเมือง 25% ที่ได้รับฟางข้าวหมักยูเรีย 3% กินแบบเต็มที่ ร่วมกับการเสริมอาหารข้นที่ระดับ 0.5% ของน้ำหนักตัวต่อวัน พบว่าการจัดการให้อาหารดังกล่าวสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการกินได้วัตถุแห้ง การย่อยได้ของโภชนะ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน (ยกเว้นค่า NH_3-N) กรดโปรพิโอนิค การใช้ประโยชน์ไนโตรเจน การสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน และประสิทธิภาพของการสังเคราะห์ไนโตรเจนของจุลินทรีย์ อย่างไรก็ตาม แม้มีรายงานผลของการจัดการให้อาหารที่มีการเสริมยีสต์ *S. cerevisiae* การใช้มันสำปะหลังในรูปมันเส้นที่ระดับสูงในสูตรอาหารข้น การเสริมอาหารข้นให้กินที่ระดับ 0.5-1.0% ของน้ำหนักตัวต่อวัน รวมถึงการปรับปรุงหรือไม่ปรับปรุงฟางข้าวด้วยยูเรียที่ทดสอบในโคเนื้อและโคนมลูกผสม (โฮสไตล์ฟรี่เชียน 75% x ไทยพื้นเมือง 25%) แล้วก็ตาม แต่ข้อมูลด้านการปรับปรุงหรือไม่ปรับปรุงคุณภาพฟางข้าวด้วยยูเรีย การได้รับหรือไม่ได้รับหัวมันสำปะหลังสดสับด้วยการหมักยีสต์ *S. cerevisiae* รวมกับการให้อาหารข้นที่ระดับ 1% ของน้ำหนักตัวต่อวัน ในโคเนื้อสายพันธุ์ลูกผสมบราหมัน x พื้นเมืองไทยยังมีจำกัด

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ทดสอบการปรับปรุงคุณภาพวัตถุดิบ และจัดการให้อาหารต่อการกินได้การย่อยได้ของโภชนะและผลผลิตแก๊ส CH_4ของโคเนื้อลูกผสมบราห์มัน x พื้นเมืองไทย เพื่อให้ได้ฐานข้อมูลในด้านการจัดการอาหารต่อการให้ผลผลิตโคเนื้อและข้อมูลด้านการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจก สำหรับใช้เป็นแนวทางในการกำหนดนโยบายการเลี้ยงสัตว์ของประเทศไทยในอนาคต โดยมีสมมติฐานการวิจัยคือ การจัดการให้โคเนื้อเพศผู้ระยะรุ่นสายพันธุ์ลูกผสมบราห์มัน x พื้นเมืองไทย ได้รับอาหารข้นที่ระดับ 1% ของน้ำหนักตัวต่อวัน ร่วมกับการเสริมหรือไม่เสริมหัวมันสำปะหลังสดสับด้วยการหมักยีสต์ *S. cerevisiae* และให้กินฟางข้าวที่ปรับปรุง

หรือไม่ปรับปรุงคุณภาพด้วยยูเรียแบบเต็มที่ จะมีการจัดการให้อาหารอย่างน้อย 1 รูปแบบบที่มีผลต่อการกินได้การย่อยได้ของโภชนะและผลผลิตแก๊ส CH_4 ของโคเนื้อลูกผสมบราห์มัน x พื้นเมืองไทย แตกต่างกัน

วิธีการศึกษา

1. สัตว์ทดลองและอาหารทดลอง

ใช้โคเนื้อลูกผสมพันธุ์บราห์มัน x พื้นเมืองไทย เพศผู้ ระยะรุ่นอายุ 18 เดือน น้ำหนักเฉลี่ย 157±2.0 กก. จำนวน 4 ตัว (mean ± SD) ก่อนเข้าทดลองโคทุกตัวได้รับการถ่ายพยาธิภายในและภายนอกด้วย IVOMEC-F (Ivermectin 1.5% w/v, Closulon 15% w/v) 1 มล.ต่อน้ำหนักตัวโค 50 กก. ฉีดเข้าใต้ผิวหนัง และบำรุงร่างกายด้วยวิตามินเอ ดี อี (AD_3E) 5 มล.ต่อตัว ฉีดเข้าบริเวณกล้ามเนื้อ ทดลองที่ฟาร์มโคเนื้อของหน่วยส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์ที่ 2 จังหวัดสกลนคร โคแต่ละตัวเลี้ยงในคอกเดี่ยวขนาด 3x6 เมตร มีรางน้ำและรางอาหารแยกรายตัว

สุ่มโคให้ได้รับการจัดการการให้อาหารต่างกัน 4 รูปแบบ (treatment, T) ดังนี้

T1 = ให้ฟางข้าวกินเต็มที่

T2 = ให้ฟางข้าวกินเต็มที่ ร่วมกับหัวมันสำปะหลังสดสับหมักยีสต์ *S. cerevisiae* ให้กินที่ระดับ 2% ของน้ำหนักตัว

T3 = ให้ฟางข้าวหมักยูเรีย 3% ให้กินเต็มที่

T4 = ให้ฟางข้าวหมักยูเรีย 3% กินเต็มที่ ร่วมกับให้หัวมันสำปะหลังสดสับหมักยีสต์ *S. cerevisiae* ให้กินที่ระดับ 2% ของน้ำหนักตัว ตามลำดับ โดยให้โคทุกตัวได้รับอาหารข้นที่ระดับ 1% น้ำหนักตัวต่อวัน

อาหารข้นที่ใช้ทดลองในสูตรประกอบด้วย มันเส้น กากปาล์ม รำข้าว กากถั่วเหลือง ยูเรีย กากน้ำตาล เกลือแกง ซัลเฟอร์ วิตามินแร่ธาตุผสมสำหรับโคเนื้อ จำนวนเท่ากับ 70, 8, 9, 3, 3.1, 3, 1.9, 1 และ 1 กก. ตามลำดับ

ฟางข้าวหมักยูเรีย 3% เตรียมตามวิธี Wanapat et al. (2009) และ Gunun et al. (2013) เหตุผลที่ใช้ยูเรียที่ระดับ 3% ในการหมักเพื่อปรับปรุงคุณภาพของฟางข้าว เนื่องจากการใช้ยูเรียที่ระดับ 3% หรือ 5% สามารถปรับปรุงคุณภาพและเพิ่มระดับโภชนะโปรตีนของฟางข้าวทำให้การย่อยได้เกิดขึ้นได้ดีเหมือนกันในกระเพาะรูเมน แต่การใช้ยูเรียที่ระดับ 3% จะมีต้นทุนการผลิตถูกกว่าการใช้ยูเรียระดับ 5% (Wanapat et al., 2009; Gunun et al., 2013) เตรียมโดยชั่งฟางข้าว 100 กก. น้ำสะอาด 100 ลิตร และยูเรีย (46 %N) จำนวน 3 กก. ละลายยูเรียในน้ำแล้วราดให้ทั่วกองฟาง จากนั้นคลุมด้วยผ้าใบทับด้วยยางรถไม่ให้มีอากาศเข้าหมักนาน 21 วัน จึงใช้เลี้ยงโค หัวมันสำปะหลังสดพันธุ์ห้วยบง 60 อายุประมาณ 10 เดือน สับหมักยีสต์ดัดแปลงจากวิธีของ สิทธิศักดิ์ และคณะ (2553) มีขั้นตอนดังนี้ (1) เตรียมหัวเชื้อยีสต์โดยใช้น้ำตาลทราย 1 กก. ละลายในน้ำสะอาด 10 ลิตร จากนั้นเติมยีสต์ขนมปัง (*S. cerevisiae*) 500 กรัม ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันทิ้งไว้ 20 นาที (2) เตรียมสารละลายกากน้ำตาลยูเรียเพื่อเป็นอาหารเลี้ยงยีสต์ โดยเติมน้ำสะอาด 500 ลิตร ลงในถังพลาสติกขนาด 500 ลิตร ชั่งยูเรีย 20 กก. และกากน้ำตาลปริมาตร 25 กก. เทลงในถังพลาสติกและผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน (3) เมื่อครบเวลาที่กำหนดเทน้ำยีสต์ที่เลี้ยงไว้ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อและเติมออกซิเจนโดยใช้ไม้พายกวนทุก 10 นาที นาน 1 ชม. (4) เตรียมหัวมันสำปะหลังสดที่สับแล้วและบรรจุใส่ในถังหมักขนาด 200 ลิตร (5) เติมน้ำหมักยีสต์ปริมาตร 20 ลิตรต่อหัวมันสำปะหลังสดสับ 180 กก. ปิดฝาถังให้สนิทหมักไว้ที่อุณหภูมิปกตินาน 21 วัน แล้วจึงนำมาเลี้ยงโค องค์ประกอบทางเคมีของอาหารข้น ฟางข้าว ฟางข้าวหมักยูเรีย 3% และหัวมันสำปะหลังสดสับหมักยีสต์ แสดงใน **Table 1**

Table 1 Chemical composition of concentrate (Con), rice straw (RS), 3% urea treated rice straw (3%URS) and fermented fresh-chopped cassava roots with *S. cerevisiae* (FCRFS) used in this experiment

Analyzed chemical composition (%)	Con	RS	3%URS	FCRFS
Dry matter (DM)	86.67	85.29	57.58	50.45
	---------- % of Dry matter ----------			
Organic matter (OM)	93.52	90.29	84.62	92.12
Crude protein (CP)	12.49	3.28	8.80	12.13
Ether extract (EE)	5.74	1.64	0.83	2.63
Neutral detergent fiber (NDF)	15.61	77.61	73.65	18.13
Acid detergent fiber (ADF)	7.84	44.97	40.90	11.59
Metabolizable energy (ME, Mcal /kg DM)	2.43[1/]	1.62[2/]	-	-

[1/]ME (MCal/kg DM) = TDN x 0.045 x 0.82 (Khampa et al., 2009)

[2/]เมธา และฉลอง (2533)

2.แผนการทดลองและวิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 4 x 4 จัตุรัสลาติน สุ่มโคจำนวน 4 ตัว ให้ได้รับการจัดการการให้อาหารที่ต่างกัน 4 รูปแบบ แบ่งการทดลองออกเป็น 4 รอบทดลองๆ ละ 21 วัน ประกอบด้วยระยะปรับสัตว์ 14 วัน และเก็บข้อมูล 7 วัน โดยให้อาหารวันละ 2 ครั้ง คือ เวลา 08.30 น. และเวลา 16.30 น. โคทุกตัวได้รับน้ำดื่มสะอาดกินได้อย่างเต็มที่ตลอดเวลาทดลอง เก็บข้อมูลปริมาณอาหารที่ให้ อาหารที่เหลือในแต่ละวันเพื่อประเมินค่าการกินได้ ชั่งน้ำหนักโคก่อนและหลังแต่ละรอบของการทดลอง สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารข้น ฟางข้าว ฟางข้าวหมักยูเรีย และหัวมันสำปะหลังสดสับหมักยีสต์ทุกรอบการทดลองเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในอาหาร และในช่วงท้ายของแต่ละรอบการทดลองสุ่มเก็บตัวอย่างมูลโครายตัวติดต่อกัน 5 วัน โดยสุ่มเก็บมูลโคด้วยวิธีล้วงเก็บมูลผ่านทวารใหญ่ (rectal grab sampling) เพื่อป้องกันการปนเปื้อนเศษอาหารหรือดินทรายเก็บในเช้าตัวละประมาณ 500 ก. น้ำหนักสด แล้วนำไปแช่แข็งในตู้อุณหภูมิ ลบ 20 ซ° เมื่อครบ 5 วัน แล้วนำตัวอย่างมูลโคแต่ละตัวในแต่ละวันมาผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันสุ่มมา 1 กก. นำไปอบที่ 60 ซ° นาน 72 ชั่วโมง แล้วบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มม. ตัวอย่างอาหารและมูลโคนำไปวิเคราะห์ค่าองค์ประกอบทางเคมีแบบประมาณ (proximate analysis) ได้แก่ วัตถุแห้ง (dry matter, DM) เถ้า (Ash) โปรตีน (crude protein, CP) ไขมัน (ether extract, EE) เยื่อใย (crude fiber, CF) ตามวิธี AOAC (1990) วิเคราะห์เยื่อใย NDF และเยื่อใย ADF ตามวิธี Van Soest et al. (1991) ประเมินค่าการกินได้ของโภชนะและค่าการย่อยได้ปรากฏของโภชนะตาม Thip-uten et al. (2019) ประเมินค่าการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน (microbial crude protein yields, MCP) จาก MCP (g/d) = 0.130 x kg DOMI (digestibility organic matter intake) (ARC, 1984) และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (Metabolizable energy) จากอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ที่ได้รับ 1 kg (DOMI) = 3.8 Mcal ME/kg (Kearl, 1982)

เก็บตัวอย่างของเหลวในกระเพาะรูเมนของโคทดลองในวันสุดท้ายของแต่ละรอบทดลองจากโคแต่ละตัวห่างกัน 3 ช่วงเวลา คือ ก่อนให้อาหารโค (ชั่วโมงที่ 0) หลังให้อาหารผ่านไป 3 และ 6 ชั่วโมง โดยวิธี stomach tube technique ร่วมกับ vacuum pump ดูดเอาของเหลวประมาณ 200 มล.ต่อตัว แล้วแบ่ง 2 ส่วน โดยส่วนแรก ของเหลวในรูเมน 100 มล. นำไปวัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ทันทีด้วยเครื่อง pH meter HANNA® ส่วนที่สองนำไปกรองด้วยผ้าขาวบางเอาเศษอาหารออกเอาเฉพาะส่วนที่เป็นของเหลวปริมาตร 50 มล. ใส่ในขวดพลาสติกที่เติมกรด 6 N HCl ปริมาตร 5 มล. เพื่อหยุดกิจกรรมจุลินทรีย์ จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาทีนาน 15 นาที เก็บเอาส่วนของเหลวใสไปวิเคราะห์ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (ammonia-nitrogen, NH_3-N) ด้วยวิธีการกลั่นตามวิธีของ Bremner and Keeney (1965) และวิเคราะห์กรดไขมันที่ระเหยได้ (volatile fatty acids, VFA) ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟฟี่ (GC 2014, Shimadzu Corp., Kyoto, Japan) และประเมินค่าการผลิต CH_4 ของโคด้วยวิธีทางอ้อมจากปริมาณสารสัมพันธ์

(stoichiometry) ของกรดไขมันที่ระเหยได้ โดย CH_4 (mM/L) = (Acetate + 2Butyrate) – CO_2 โดย CO_2 (mol) = (Acetate/2) + (Propionate/4) + (1.5Butyrate) (Prusty et al., 2017)

3.การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการทดลองนำเข้าวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ด้วย PROC GLM procedure (SAS, 1996) ตามแผนการทดลองแบบจัตุรัสลาตินสแควร์ โดยมีโมเดลทางสถิติดังนี้ $Y_{ijk} = \mu + \rho_i + \gamma_j + \tau_k + \varepsilon_{ijk}$

Y_{ijk} = ค่าสังเกตที่ได้จากตัวแปรอิสระที่ ijk

โดยที่ μ = ค่าเฉลี่ยรวม (overall mean)

ρ_i = อิทธิพลเนื่องจากรอบการทดลองที่ i เมื่อ i = 1, 2, ...,4 (รอบการทดลอง 4 รอบ)

γ_j = อิทธิพลเนื่องจากโคที่ j เมื่อ j = 1, 2, ...,4 (โคลูกผสม 4 ตัว)

τ_k = อิทธิพลเนื่องจากทรีทเมนต์ k เมื่อ k = 1, 2, ...,4 (รูปแบบการจัดการการให้อาหาร 4 แบบ)

ε_{ijk} = ความคลาดเคลื่อนของการทดลอง

เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์ด้วยวิธี Ducan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($P<0.05$) ด้วยโปรแกรม SAS version 6.12 (SAS, 1996)

ผลการศึกษา

ค่าปริมาณการกินได้รวมทั้งหมด (TDMI) อาหารข้นที่กินได้ (CI) อาหารหยาบที่กินได้ (RI) โภชนะที่กินได้ โภชนะที่ย่อยได้ การสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน (MCP) และการได้รับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (MEI) ของโคเนื้อลูกผสมบราห์มัน x พื้นเมืองไทย แสดงใน **Table 2**

Table 2 Effect of feeding management on intake, apparent digestibility, microbial crude protein yields, and energy intake of crossbred beef cattle (Brahman x Thai native)

Parameters	[1/]T1	T2	T3	T4	SEM	P-value
Mean of body weight (kg)	159.50	158.50	157.75	154.50	1.31	0.52
Total dry matter intake (TDMI, kg/day)	5.68	6.22	4.41	7.14	1.93	0.40
Concentrate intake (CI, kg DM/day)	1.61	1.43	1.48	1.51	0.08	0.14
Roughage intake (RI, kg DM/day)	4.06	2.21	2.92	3.02	0.83	0.63
FCRFS intake (kg DM/day)	-	2.58	-	2.60	-	-
Nutrient intake (kg/day)						
Organic matter	5.18	3.56	3.86	4.21	0.79	0.55
Crude protein	0.33^{c}	0.56^{b}	0.44^{bc}	0.77^{a}	0.05	0.04
Ether extract	0.15	0.13	0.10	0.13	0.01	0.25
Neutral detergent fiber	4.04	3.15	2.83	3.81	0.78	0.65
Acid detergent fiber	2.27	1.78	1.54	2.09	0.43	0.63
Apparent digestibility (%)						
Dry matter	68.17	68.22	68.21	70.23	1.44	0.47
Organic matter	70.15^{b}	72.31^{ab}	74.54^{a}	75.85^{ab}	1.41	0.03
Crude protein	73.59^{b}	79.32^{ab}	81.42^{a}	81.75^{a}	1.65	0.02
Ether extract	77.90	78.63	77.92	79.07	0.55	0.42
Neutral detergent fiber	58.07	52.42	58.18	62.85	1.88	0.18
Acid detergent fiber	43.26	41.61	47.29	47.80	1.69	0.31
[2/]Microbial crude protein (MCP, g/day)	104.67	97.26	99.91	102.55	3.86	0.48
[3/]Estimated energy intake						
Metabolizable energy (MEI, Mcal/day)	18.04	17.90	13.07	21.63	3.52	0.47
Metabolizable energy (MEI, Mcal/kg DM)	3.05	2.84	2.92	2.99	0.11	0.48

[1/](T1) Con + RS = fed concentrate at 1 % of BW + rice straw *ad libitum*; (T2) Con + FCRFS + RS = fed concentrate at 1 % of BW + fermented fresh-chopped cassava roots with *Saccharomyces cerevisiae* at 2 % of BW + rice straw *ad libitum*; (T3) Con + 3%URS = fed concentrate at 1 % of BW + 3% urea treated rice straw *ad libitum*; (T4) Con + FCRFS + 3%URS = fed concentrate at 1 % of BW fermented fresh-chopped cassava roots with *S. cerevisiae* at 2 % of BW + 3% urea treated rice straw fed *ad libitum*

[2/]MCP = 0.130 x kg DOMI (ARC, 1984).

[3/]One kg of DOMI = 3.8 Mcal ME/kg (Kearl, 1982).

a, b, c Means in the same row with different letters differ (P<0.05). SEM = standard error of the means.

จากการทดลองพบว่าการจัดการให้อาหารที่ต่างกัน 4 รูปแบบ ไม่มีผลต่อค่าการกินได้วัตถุแห้งรวมทั้งหมด (TDMI) อาหารข้นที่กินได้ (CI) อาหารหยาบที่กินได้ (RI) ไขมันที่กินได้ (EEI) อินทรีย์วัตถุที่กินได้ (OMI) เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลางที่กินได้ (NDFI) เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรดที่กินได้ (ADFI) ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (DMD) การย่อยได้ไขมัน (EED) การย่อยได้ของเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (NDFD) การย่อยได้ของเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (ADFD) การสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน (MCP) และการได้รับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (MEI) (P>0.05) แต่มีผลต่อค่าโปรตีนที่กินได้ (CPI) การย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (OMD) และการย่อยได้ของโปรตีน (CPD) แตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) โดยโคที่ได้รับ T4 มีค่า CPI และ OMD สูงสุด รองลงมาคือ T2, T3 และ T1 ตามลำดับ

Table 3 Effect of feeding management on ruminal pH, ammonia nitrogen (NH_3-N), volatile fatty acids (VFA) and estimated enteric methane production of crossbred beef cattle (Brahman x Thai native)

Parameters	[1/]T1	T2	T3	T4	SEM	P-value
Ruminal pH						
0-h post feeding	7.25	7.20	7.35	7.47	0.11	0.69
3-h post feeding	6.90	6.94	6.70	6.90	0.18	0.33
6-h post feeding	6.40	6.86	5.56	7.05	0.26	0.30
Mean	**7.02**	**7.12**	**7.12**	**7.28**	**0.10**	**0.18**
NH_3-N (mg/l)						
0-h post feeding	26.79	22.58	29.18	26.49	4.15	0.19
3-h post feeding	66.73	55.45	73.47	66.73	17.83	0.14
6-h post feeding	24.84	25.84	49.33	62.03	9.41	0.20
Mean	**41.31**	**34.62**	**42.05**	**45.53**	**7.81**	**0.11**
Total VFA (mmol/l)						
0-h post feeding	65.17	67.37	70.28	73.08	5.02	0.29
3-h post feeding	73.58	70.39	79.44	78.71	4.33	0.43
6-h post feeding	79.12	76.93	79.95	85.48	1.29	0.05
Mean	**71.00**	**71.56**	**73.78**	**78.02**	**3.34**	**0.13**
Acetate (C_2) (mol/100 mol)						
0-h post feeding	74.30^{a}	66.44^{ab}	71.11^{ab}	62.54^{b}	2.40	0.03
3-h post feeding	75.29^{a}	67.98^{bc}	71.34^{ab}	63.97^{c}	1.77	0.04
6-h post feeding	69.78	65.75	67.34	62.31	2.64	0.78
Mean	**74.35^{a}**	**66.73^{ab}**	**71.11^{ab}**	**62.87^{b}**	**2.39**	**0.02**
Propionate (C_3) (mol/100 mol)						
0-h post feeding	18.38^{b}	23.84^{ab}	20.54^{b}	26.22^{a}	1.54	0.04
3-h post feeding	17.30^{c}	22.34^{ab}	19.98^{bc}	25.25^{a}	1.23	0.04
6-h post feeding	21.65	24.28	22.95	26.61	1.63	0.70
Mean	**18.19^{b}**	**23.49^{ab}**	**20.53^{ab}**	**26.04^{a}**	**1.54**	**0.03**

[1/](T1) Con + RS = fed concentrate at 1 % of BW + rice straw *ad libitum*; (T2) Con + FCRFS + RS = fed concentrate at 1 % of BW + fermented fresh-chopped cassava roots with *Saccharomyces cerevisiae* at 2 % of BW + rice straw *ad libitum*; (T3) Con + 3%URS = fed concentrate at 1 % of BW + 3% urea treated rice straw *ad libitum*; (T4) Con + FCRFS + 3%URS = fed concentrate at 1 % of BW fermented fresh-chopped cassava roots with *S. cerevisiae* at 2 % of BW + 3% urea treated rice straw fed *ad libitum*

[2/]CH_4 (mM/L) = (Acetate+2Butyrate) – CO_2 โดยที่ CO_2 (mol) = (Acetate/2) + (Propionate/4) + (1.5Butyrate) (Prusty et al., 2017).

a, b, c Means in the same row with different letters differ (P<0.05). SEM = standard error of the means.

Table 3 Effect of feeding management on ruminal pH, ammonia nitrogen (NH_3-N), volatile fatty acids (VFA) and estimated enteric methane production of crossbred beef cattle (Brahman x Thai native)

Parameters	[1/]T1	T2	T3	T4	SEM	P-value
Butyrate (C_4) (mol/100 mol)						
0-h post feeding	7.31[b]	9.70[ab]	8.34[ab]	11.23[a]	0.92	0.03
3-h post feeding	7.39[b]	9.66[a]	8.68[ab]	10.77[a]	0.56	0.02
6-h post feeding	8.56	9.96	9.70	11.07	1.00	0.87
Mean	**7.45[b]**	**9.77[ab]**	**8.35[ab]**	**11.08[a]**	**0.88**	**0.04**
C_2:C_3 ratio						
0-h post feeding	4.32[a]	2.77[ab]	3.52[ab]	2.40[b]	0.43	0.02
3-h post feeding	4.55[a]	3.07[b]	3.63[ab]	2.55[b]	0.31	0.04
6-h post feeding	3.30	2.75	2.93	2.40	4.25	0.71
Mean	**4.32[a]**	**2.87[b]**	**3.52[ab]**	**2.43[b]**	**0.38**	**0.02**
CH_4 (mM/L)[2/]						
0-h post feeding	36.21[a]	32.11[ab]	34.59[a]	30.33[b]	1.15	0.02
3-h post feeding	37.02[a]	33.24[bc]	35.01[ab]	31.06[c]	0.92	0.04
6-h post feeding	34.76	31.79	32.78	30.04	1.35	0.93
Mean	**36.35[a]**	**32.38[ab]**	**34.59[ab]**	**30.47[b]**	**1.15**	**0.03**

[1/](T1) Con + RS = fed concentrate at 1 % of BW + rice straw *ad libitum*; (T2) Con + FCRFS + RS = fed concentrate at 1 % of BW + fermented fresh-chopped cassava roots with *Saccharomyces cerevisiae* at 2 % of BW + rice straw *ad libitum*; (T3) Con + 3%URS = fed concentrate at 1 % of BW + 3% urea treated rice straw *ad libitum*; (T4) Con + FCRFS + 3%URS = fed concentrate at 1 % of BW fermented fresh-chopped cassava roots with *S. cerevisiae* at 2 % of BW + 3% urea treated rice straw fed *ad libitum*

[2/]CH_4 (mM/L) = (Acetate+2Butyrate) – CO_2 โดยที่ CO_2 (mol) = (Acetate/2) + (Propionate/4) + (1.5Butyrate) (Prusty et al., 2017).

a, b, c Means in the same row with different letters differ (P<0.05). SEM = standard error of the means.

ค่า pH ในน้ำรูเมน NH_3-N, VFA และผลผลิต CH_4 แสดงใน **Table 3** จากการทดลองพบว่าการจัดการให้อาหารที่ต่างกัน 4 รูปแบบ ไม่มีผลต่อค่า pH, NH_3-N และ TVFA (P>0.05) แต่มีผลต่อค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ C_2, C_3, C_4 สัดส่วนระหว่าง C_2:C_3 และค่าผลผลิตเฉลี่ย CH_4 (P<0.05) โดยโคที่ได้รับ T1 มีค่าเฉลี่ยของ C_2 สูงสุด รองลงมาคือ T3, T2 และ T4 ตามลำดับ ขณะที่โคที่ได้รับ T4 มีค่าเฉลี่ยของ C_3 และ C_4 สูงสุด รองลงมาคือ T3, T2 และ T1 ตามลำดับ โคที่ได้รับ T1 มีค่า C_2:C_3 สูงสุดรองลงมาคือ T3, T2 และ T4 ตามลำดับ และโคที่ได้รับ T1 มีค่า CH_4 สูงสุด รองลงมาคือ T3, T2 และ T4 มีค่า CH_4 ต่ำสุด ตามลำดับ

วิจารณ์

ค่าปริมาณการกินอาหารได้และค่าการย่อยได้เป็นปัจจัยสำคัญที่แสดงให้เห็นโอกาสที่สัตว์จะให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น หากสัตว์กินได้ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นในแต่ละวัน (WTSR, 2010) และเป็นตัวชี้วัดทางอ้อมถึงคุณภาพของอาหารนั้นได้ด้วย อย่างไรก็ตาม NRC (2000) รายงานว่าปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของอาหารขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น ปัจจัยด้านสรีรวิทยาของสัตว์ สภาพแวดล้อม การจัดการหรือคุณภาพของอาหาร จากการทดลองพบว่าการให้อาหาร T4 ทำให้โคเนื้อลูกผสมบาร์หมัน x พื้นเมืองไทย มีค่า TDMI, CPI, DMD, OMD, CPD, EED, NDFD, ADFD และ MEI ดีกว่าทุกกลุ่ม Van Soest (1994) และ McDonald et al. (2002) รายงานว่าการปรับปรุงคุณภาพอาหารด้วยการหมักหรือการสับให้มีขนาดเล็กลงจะทำให้การหมักย่อยเยื่อใยในกระเพาะรูเมนเกิดขึ้นน้อยลง เพราะอาหารมีการไหลผ่าน (rate of passage) ออกจากกระเพาะรูเมนอย่างรวดเร็วส่งผลต่อค่าการย่อยได้ลดลง แต่ทำให้ปริมาณการกินอาหารที่มีเยื่อใย

สูงได้เพิ่มขึ้นทดแทน สอดคล้องกับ Khampa et al. (2009) และ Gunun et al. (2013) รายงานว่าการปรับปรุงคุณภาพฟางข้าวโดยการหมักด้วยยูเรียทำให้ค่าการกินได้ การย่อยได้ของโภชนะ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และประสิทธิภาพการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนของโคเพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับรายงานผลการทดลองครั้งนี้ เมื่อการจัดการให้โคได้รับอาหารเป็น T4 ซึ่งเป็นอาหารที่ผ่านกระบวนการหมักก่อนใช้เลี้ยงโค ทำให้ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งและค่าการย่อยได้ของโภชนะเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าการกินได้ของโคกลุ่มนี้สูงถึง 7.14 กก.วัตถุแห้ง/วัน จึงทำให้โคได้รับสารอาหารหลักที่สำคัญโดยเฉพาะโปรตีน (CPI 0.77 กก./วัน) ($P<0.05$) และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (MEI 21.63 เมกะแคลลอรี่/วัน) รวมทั้งค่าการย่อยได้ของเยื่อใย NDF และ ADF ในระดับที่สูงกว่าทุกกลุ่มแม้จะไม่ต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ผลการทดลองครั้งนี้แม้ว่าค่าการย่อยได้ของเยื่อใย NDF และ ADF ไม่ต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่เมื่อพิจารณาค่าตัวเลขจะพบว่ากลุ่มที่ได้รับฟางข้าวหมักยูเรีย (T3 และ T4) จะมีค่าการย่อยได้ของ NDF และ ADF สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับฟางข้าวธรรมดา (T1 และ T2) (Table 2) การย่อยได้ของเยื่อใย NDF และ ADF ในโคกลุ่มที่ได้รับฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย 3% สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับฟางข้าวปกตินั้น อาจเนื่องจากยูเรียมีแตกตัวแล้วปลดปล่อยสาร ammonium hydroxide (NH_4OH) ออกมาในระหว่างกระบวนการหมักฟางข้าวซึ่ง NH_4OH มีฤทธิ์เป็นด่างจะทำให้เกิดการสลายโครงสร้างเส้นใยฟางข้าวที่มีการยึดเกาะกันระหว่างลิกนิน (lignin) กับคาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้าง (structural carbohydrates) (alkali-labile linkages) ทำให้โครงสร้างนั้นถูกทำลายหรือแยกออกส่งผลให้เกิดการย่อยเยื่อใยได้มากขึ้น (Hartley and Jones, 1978) สอดคล้องกับงานทดลองของ Yulistiani et al. (2003) ที่ทดสอบให้แกะเพศผู้สายพันธุ์ Merino น้ำหนักตัวเฉลี่ย 53.62 + 3.44 กก. ได้รับอาหารที่มีแหล่งอาหารหยาบในสูตรอาหารต่างกัน 3 รูปแบบ คือ 1) ฟางข้าวปกติ (untreated rice straw) เสริมด้วยถั่วอาหารสัตว์ระดับสูง 2) ฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย 4% (4%urea ensiled rice straw) ที่หมักนาน 6 สัปดาห์ และ 3) ฟางข้าวปกติที่ฉีดพ่นสารละลายยูเรียปริมาตร 200 มล.ต่อฟางข้าว 1 กก.น้ำหนักแห้ง (urea solution 20%) ในช่วงที่ให้อาหารแกะ (at feeding time) โดยทุกกลุ่มใช้ฟางข้าวที่ผ่านการสับมีขนาดความยาว 5 ซม. ผลการทดลองพบว่า การกินได้วัตถุแห้ง การได้รับพลังงานที่ย่อยได้ (digestible energy intake, DEI) และการย่อยได้ของเยื่อใย NDF ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่างอาหารรูปแบบที่ 1 และ 2 และค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ และการย่อยได้ของเยื่อใย ADF รวมถึงค่าการกักเก็บไนโตรเจน (N-retention) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างการได้รับแหล่งอาหารหยาบที่ต่างกัน 3 รูปแบบ

การทดลองนี้พบว่าโคลูกผสมบราห์มัน x พื้นเมืองไทย มีค่า TDMI และ CI อยู่ในช่วง 1.43-1.61 และ 4.41-7.14 กก.วัตถุแห้ง/วัน ตามลำดับ ใกล้เคียงกับการทดลองของ ธาตรี (2561) ที่รายงานว่าโคเนื้อลูกผสมบราห์มัน x พื้นเมืองไทยเพศผู้อายุ 9-15 เดือน น้ำหนักเฉลี่ย 176±13.93 กก. ที่ได้รับแหล่งอาหารหยาบเป็นหญ้าสด ฟางข้าวหมักยูเรีย 6% และชานอ้อยหมักกากน้ำตาลร่วมกับการให้อาหารข้นที่ระดับ 1% ของน้ำหนักตัว โคมีค่าการกินอาหารข้นและสิ่งแห้งที่กินได้รวมอยู่ในช่วง 1.14-1.17 และ 5.67-6.19 กก.วัตถุแห้ง/วัน ตามลำดับ และรายงานของ Kerketta et al. (2019) พบว่าการจัดการให้อาหารพ่อโคด้วยการให้อาหารข้น 1% ของน้ำหนักตัวร่วมกับการให้กินฟางข้าวหมักยูเรีย 3% และ urea molasses block 500 ก./ตัว/วัน ทำให้ค่าการกินได้รวม การกินได้สิ่งแห้ง น้ำหนักตัว และสุขภาพพ่อโคสมบูรณ์เพิ่มมากขึ้น

ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของของเหลวในกระเพาะรูเมนโคทดลองครั้งนี้ มีค่าระหว่าง 7.02–7.28 ซึ่งค่อนข้างสูงกว่าในช่วงที่ Van Soest (1994) รายงานว่าค่า pH ที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนอยู่ระหว่าง 6.0–7.0 และ Ørskov and Ryle (1988) รายงานว่าค่า pH ที่เหมาะต่อการทำงานของจุลินทรีย์ที่ย่อยเยื่อใย (cellulolytic bacteria) ค่าอยู่ระหว่าง 6.2–7.0 และค่า pH ที่เหมาะต่อการทำงานของจุลินทรีย์กลุ่มที่ย่อยโปรตีนอยู่ระหว่าง 5.5–7.0 (Kopency and Wallace, 1982) ผลการทดลองครั้งนี้พบว่าค่าเฉลี่ย pH มีค่าที่สูง (7.02–7.28) เนื่องจากโคได้รับอาหารข้นปริมาณต่ำ (1.43-161 กก.วัตถุแห้ง/ตัว/วัน) แต่กินอาหารหยาบคือฟางข้าวได้ในปริมาณมาณที่สูง (ระหว่าง 2.21-4.06 กก.วัตถุแห้ง/ตัว/วัน) จึงได้รับแหล่งของเยื่อใย NDF (2.83-4.04 กก./วัน) และ ADF (1.54-2.27 กก./วัน) มากขึ้น ซึ่ง Lu et al. (2005) รายงานว่าอาหารที่มีเยื่อใยสูงนอกจากเป็นแหล่งอาหารสำหรับพวกจุลินทรีย์ที่ย่อยเยื่อใยใช้ประโยชน์เพื่อการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนได้มากขึ้นแล้ว เยื่อใยยังเป็นตัวกระตุ้นทำให้เพิ่มการขับหลั่งน้ำลาย (salivation) ในระหว่างเคี้ยวกินอาหาร (chewing activity) และการเคี้ยวเอื้อง (ruminating) ให้ออกมามากขึ้นด้วย ซึ่งน้ำลายจะทำให้มี buffering capacity เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า pH ของกระเพาะหมักสูงขึ้นด้วย ซึ่งเป็นผลดีต่อจุลินทรีย์กลุ่ม cellulolytic microbes จะ

ผลิตกรดอะซีติกและบิวทีริคได้เพิ่มขึ้น ซึ่งกรดทั้งสองตัวนี้เป็นตั้งต้นในการเพิ่มไขมันในน้ำนมและไขมันแทรกในเนื้อโค แสดงว่าการจัดการให้อาหารที่ต่างกัน 4 รูปแบบครั้งนี้ ไม่กระทบต่อการทำงานของจุลินทรีย์กลุ่มย่อยเยื่อใย แต่อาจกระทบต่อการทำงานของจุลินทรีย์กลุ่มที่ย่อยโปรตีนในกระเพาะรูเมน

เห็นได้จากค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ NH_3-N ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่มีค่าอยู่ระหว่าง 34.62–45.53 มก./ล. ต่ำกว่า Satter and Slyter (1974) รายงานว่าระดับความเข้มข้นของ NH_3-N ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนอยู่ในช่วง 50–80 มก./ล. และต่ำกว่ารายงานของ Islam et al. (2000) ที่ทดลองในโคเนื้อเพศผู้สายพันธุ์ Kedah-Kelantan ให้กินอาหารต่างกัน 3 แบบ คือ 1) ให้ทางปาล์มน้ำมันอัดเม็ด 60 % ร่วมกับอาหารข้น 40 % 2) ให้ทางปาล์มน้ำมันอัดเม็ด 50 % ร่วมกับอาหารข้น 50 % และ 3) ให้ทางปาล์มน้ำมันอัดเม็ด 40 % ร่วมกับอาหารข้น 60 % พบว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ NH_3-N อยู่ในช่วง 70–108 มก./ล. (เฉลี่ย 89 มก./ล.) แต่สอดคล้องกับรายงานของ Álvarez Zapata and Combellas Láres (2005) ที่ทดลองในแม่โคเจาะกระเพาะรูเมนสายพันธุ์ลูกผสมบาร์ห์มัน x โฮสไตล์ฟรีเชี่ยน น้ำหนักตัว 440 กก. ให้กินอาหารต่างกัน 4 แบบ คือ 1) ตอซังข้าวฟ่าง (sorghum straw) อย่างเดียวไม่มีการสับให้กิน 12 กก.น้ำหนักสด 2) ตอซังข้าวฟ่างอย่างเดียวไม่มีการสับให้กิน 12 กก.น้ำหนักสด และแร่ธาตุรวมให้กินแบบเต็มที่ 3)ตอซังข้าวฟ่างอย่างเดียวไม่มีการสับให้กิน 12 กก.น้ำหนักสด และอาหารข้น 1 กก./วัน และ 4) ตอซังข้าวฟ่างอย่างเดียวไม่มีการสับให้กิน 12 กก.น้ำหนักสด อาหารข้น 1 กก./วัน และแร่ธาตุรวมให้กินแบบเต็มที่ พบว่า ณ ชั่วโมงที่ 0 ก่อนให้อาหารมีค่า NH_3-N อยู่ในช่วง 20–39 มก./ล. (P=0.307) แต่เมื่อหลังการให้กินอาหารผ่านไป 3 ชั่วโมง ค่า NH_3-N เพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 22-114 มก./ล. (P=0.0005) และลดลงหลังให้อาหารผ่านไป 6 ชั่วโมง ค่า NH_3-N อยู่ในช่วง 31–54 มก./ล. (P=0.021) ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองนี้ ณ ชั่วโมงที่ 0 ก่อนให้อาหาร หลังการให้กินอาหารผ่านไป 3 ชั่วโมง และหลังการให้กินอาหารผ่านไป 6 ชั่วโมง ค่า NH_3-N อยู่ในช่วง 22.58–29.18, 55.45–73.47 และ 24.84–62.03 มก./ล. ตามลำดับ (**Table 3**) และค่า NH_3-N ใกล้เคียงกับรายงานของ Xia et al. (2018) ที่รายงานว่าพ่อโคนมโฮสไตล์ฟรีเชี่ยนที่ได้รับระดับโปรตีนในอาหาร 10.21, 12.35 และ 14.24 %CP มีค่า NH_3-N เพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงตามระดับโปรตีนโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 50.0–72.90 มก./ล. (P=0.002) จากรายงานของ Islam et al. (2000) และ Álvarez Zapata and Combellas Láres (2005) ทำให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มข้นของ NH_3-N ที่มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงตามช่วงเวลาที่สุ่มวัดโดยจะมีระดับความเข้มข้นของ NH_3-N สูงสุด (peak) ระหว่าง 2–4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร รวมถึงรูปแบบการจัดการให้อาหารที่ต่างกันก็มีผลต่อความเข้มข้นของ NH_3-N ด้วยเช่นกัน สอดคล้องกับ Leng and Nolan (1984) รายงานว่าระดับความเข้มข้นของ NH_3-N ที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์อาจสูง 150–200 มก./ล. เมธา (2533) และ บุญล้อม (2541) รายงานว่าในกระเพาะรูเมนควรมีค่า ระดับความเข้มข้นของ NH_3-N สำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์อยู่ในช่วง 85-300 มก./ล. ซึ่งสูงว่ารายงานของ Satter and Slyter (1974) (50–80 มก./ล.) แสดงให้เห็นว่าค่าความเข้มข้นของ NH_3-N ในกระเพาะรูเมนมีช่วงที่กว้างและขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น ชนิดอาหาร สภาพนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน ค่าความเป็นกรดด่าง สรีรวิทยาของสัตว์ อุณหภูมิสภาพแวดล้อม ช่วงเวลาที่วัด เป็นต้น (เมธา, 2533; Leng, 1990)

ค่า TVFA ของโคทดลองในครั้งนี้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) มีค่าอยู่ในช่วง 71.00–78.02 มม./ล. อยู่ในช่วงปกติที่มีค่าในช่วง 70-130 มม./ล. (France and Siddons, 1993) ขณะที่ค่าความเข้มข้นของ C_2, C_3, C_4, และ C_2:C_3 มีค่าต่างกันทางสถิติ (P<0.05) Ørskov et al. (1988) รายงานว่าค่าความเข้มข้นของ VFA ในกระเพาะรูเมนจะมีค่าผันแปรขึ้นกับปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ และผันแปรตามอาหารที่สัตว์ได้รับ เช่น หากได้รับอาหารคาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้างก็จะมีการผลิตกรด C_2 และ C_4 สูงกว่า C_3 ในทางตรงข้ามหากได้รับอาหารที่เป็นคาร์โบไฮเดรทที่ไม่มีโครงสร้างก็จะมีการผลิตกรด C_3 สูงกว่า C_2 และ C_4 ทำให้สัดสวน C_2:C_3 มีค่าลดลง โดยทั่วไปมีความเข้มข้นของ VFA อยู่ระหว่าง 70-150 มม. หรือประมาณ 5-10 ก./ล. (ฉลอง, 2541; กฤตพล, 2550) VFA ถือเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญสำหรับสัตว์เคี้ยว จากการทดลองครั้งนี้พบว่าผลผลิตของ C_2 จะมีค่าสูงสุดใน T1 เนื่องจากมีการกินได้ของฟางข้าวสูงสุดทำให้ได้คาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้างมากขึ้น ขณะที่ C_3 กลุ่ม T4 จะมีค่าสูงกว่าทุกกลุ่มเนื่องจากมีค่าการกินได้รวมและการย่อยได้ของอินทรียวัตถุที่สูงด้วย สอดคล้องกับ Cherdthong et al. (2018) ที่พบว่าโคเนื้อพื้นเมืองไทยที่ได้รับหัวมันสำปะหลังสดสับที่ระดับ 1.5%ของน้ำหนักตัว มีค่า C_3 สูงกว่ากลุ่มที่ได้หัวมันสำปะหลังที่ระดับ 1% ของน้ำหนักตัว เพราะมีโอกาสได้รับแป้ง (starch) ที่อยู่ในหัวมันสำปะหลังซึ่งเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ไม่มีโครงสร้างเป็นสารตั้งต้นในการผลิต C_3 มากขึ้น

ค่า CH_4 ของโคแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) พบว่าใน T4 มีค่า CH_4 ที่ต่ำสุดโดยเฉพาะเทียบกับ T1 การทดลองครั้งแสดงให้เห็นชัดเจนว่าการปรับปรุงคุณภาพโปรตีนหัวมันสำปะหลังด้วยยีสต์ (*S. cerevisiae*) ให้กินที่ระดับ 2% ของน้ำหนักตัวต่อวัน และปรับปรุงฟางข้าวด้วยยูเรีย (46 %N) ที่ระดับ 3% ผ่านกระบวนการหมัก สามารถลดการปลดปล่อยแก๊ส CH_4 จากกระเพาะรูเมนของโคเนื้อลูกผสมบาร์หมัน x พื้นเมืองไทยได้ สอดคล้องกับ Sommai et al. (2020) ที่รายงานว่าเมื่อมีการใช้ระดับของ yeast-fermented cassava pulp ที่เพิ่มขึ้นในอาหารทำให้ค่า TVFA และ C_3 เพิ่มขึ้น และทำให้ค่า C_2:C_3 และ CH_4 ลดลงอย่างเป็นเส้นตรง Moss (1994) รายงานว่าเมื่อปรับปรุงอาหาร (dietary manipulation) โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide) หรือแอมโมเนีย (ammonia) และการเสริมโปรตีนในอาหารคุณภาพต่ำทำให้การผลิตแก๊สมีเทนลดลงต่อกิโลกรัมอาหารที่กินได้ และ Shioya et al. (2002) รายงานผลการทดสอบกลยุทธ์การให้อาหาร (feeding strategy) เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องในเอเชียใต้ โดยใช้หัวมันหวาน (sweet potato) ร่วมกับการให้หญ้าแห้งคุณภาพต่ำ พบว่าผลผลิตมีเทนลดลงจาก 260 เป็น 146 ล./วัน และผลผลิตมีเทนจาก 48.1 เป็น 25.5 ล./กก.น้ำนมมาตรฐาน (4% fat-corrected-milk, FCM) สำหรับโคนมที่ได้รับหญ้าแห้งอย่างเดียว และหญ้าแห้งร่วมกับหัวมันหวานตามลำดับ

ผลผลิต CH_4 ในรูเมนขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น ค่า pH ของกระเพาะรูเมน กรดไขมัน VFA พันธุ์สัตว์ การจัดการเลี้ยงหรือการให้อาหาร ปริมาณอาหารที่กินได้ ประเภทและคุณภาพของอาหาร อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม คุณภาพของการย่อยได้ของโภชนะ และชนิดกลุ่มจำนวนประชากรของจุลินทรีย์ในรูเมน (Kumar et al., 2009; Shibata and Terada, 2010) ระบบนิเวศวิทยาการหมักย่อยในรูเมนมีความสลับซับซ้อนที่เกิดขึ้นจากการทำงานร่วมกันของจุลินทรีย์ (microorganisms) หลากหลายชนิด (species) Lana et al. (1998) รายงานว่า pH ในกระเพาะรูเมนมีผลกระทบต่อผลผลิต CH_4 สัดส่วนของ C_2:C_3 และการย่อยสลายของโปรตีนและความเข้มข้นของ NH_3-N Leng, (1991) รายงานว่า การเลี้ยงสัตว์หากจัดสัดส่วนของอาหารไม่สมดุล จะส่งผลทำให้เกิดการผลิต CH_4 มากขึ้น ในทางตรงกันข้ามหากมีการจัดสัดส่วนโภชนะที่สำคัญและจัดให้มีอินทรีย์วัตถุมากพอ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการเพิ่มผลผลิตจำนวนจุลินทรีย์ก็ยิ่งจะทำให้มีการผลิต CH_4 ลดลง Garg and Sherasia (2015) รายงานว่าการปรับเปลี่ยนการจัดการโภชนะให้ตรงกับความต้องการของสัตว์ และจัดสมดุลการให้อาหารจะช่วยปรับรูปแบบกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน โดยจะลดจำนวนจุลินทรีย์พวก methanogens ทำให้กระบวนการ methanogenesis ในสัตว์เคี้ยวเอื้องลดลง

สรุป

การปรับปรุงคุณภาพฟางข้าวและหัวมันสำปะหลังสดด้วยการใช้แหล่งโปรตีนจากยูเรียและการใช้ยีสต์ (*S. cerevisiae*) ผ่านการจัดการให้อาหารโดยให้โคกินหัวมันสำปะหลังสดสับหมักยีสต์ (*S. cerevisiae*) ที่ระดับ 2% ของน้ำหนักตัว/วัน และให้กินฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย 3% แบบเต็มที่ (T4) เป็นกลยุทธ์ในการจัดการด้านการให้อาหารที่มีประสิทธิภาพต่อการกินได้วัตถุแห้ง การกินได้โปรตีน การได้รับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ การย่อยได้ของโภชนะ และลดการปลดปล่อยแก๊สมีเทนของโคเนื้อลูกผสมบาร์หมัน x พื้นเมืองไทยได้

ดังนั้น จึงควรขยายผลการศึกษาไปยังรูปแบบของการให้อาหารโคในระยะยาว (long-term feeding trial) ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต และคุณภาพซาก (carcass characteristics) ของโคเนื้อ

เอกสารอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. 2563. ข้อมูลเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์และโคเนื้อรายภาค ปีงบประมาณ พ.ศ. 2563. แหล่งข้อมูล: http://ict.dld.go.th/webnew/images/stories/report/regislives/2020/country/2-cattle.pdf. ค้นเมื่อ 18 มกราคม 2564.

กฤตพล สมมาตย์. 2550. โภชนพลังงานศาสตร์ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง. พิมพ์ครั้งที่ 3. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ฉลอง วิชิราภากร. 2541. โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเบื้องต้น. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ธาตรี จีราพันธุ์. 2561. การเปรียบเทียบผลของการใช้ชานอ้อยหมัก ฟางหมัก หญ้าสด ต่อประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของโคเนื้อลูกผสม (บราห์มันxพื้นเมืองไทย) ในฤดูแล้ง. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 36(2): 117-125.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2541. โภชนศาสตร์สัตว์ เล่ม 1. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มูลนิธิเกษตรรักษ์สิ่งแวดล้อมประเทศไทย. 2562. การผลิตข้าวในประเทศไทย. แหล่งข้อมูล: http://www.aecth.org/upload/13823/Yg2qaxoQyg.pdf. ค้นเมื่อ 28 กันยายน 2563.

เมธา วรรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. หจก. ฟันนี่พับพลิชชิ่ง กทม.

เมธา วรรณพัฒน์ และฉลอง วชิราภากร. 2533. เทคนิคการให้อาหารโคเนื้อและโคนม. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. หจก. ฟันนี่พับพลิชชิ่ง กทม.

สิทธิศักดิ์ คำผา, ศรัญญู เชื้อหลง, ธีระวัฒน์ ศิริอุเทน, สมมาศ อิฐรัตน์ และอุทัย โคตรดก. 2553. การใช้ผลิตภัณฑ์หัวมันสำปะหลังสดหมักยีสต์เป็นอาหารเลี้ยงขุนโคพื้นเมืองลูกผสมเพื่อธุรกิจของฟาร์มเกษตรกรรายย่อย. แก่นเกษตร. 38(ฉบับพิเศษ 1): 20-23.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2563. มันสำปะหลังโรงงาน: เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิตและผลผลิตต่อไร่ ปี 2563. แหล่งข้อมูล: http://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/casava63.pdf. ค้นเมื่อ 8 มกราคม 2564.

อนุสรณ์ เชิดทอง. 2555. แนวทางปัจจุบันสำหรับการลดการผลิตแก๊สเมทเธนจากสัตว์เคี้ยวเอื้อง. แก่นเกษตร. 40: 93-106.

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington. VA.

Álvarez Zapata, R. and J. Combellas Láres. 2005. Evaluation of poultry litter on sorghum straw intake and dry matter disappearance by dry cows. Revista Brasileira do Zootecnia. 34(2): 584-588.

ARC. 1984. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Agriculture Research Council C.A.B. International, Wallingford.

Bremner, J.M., and D.R. Keeney. 1965. Steam distillation methods of determination of ammonium rate and nitrite. Analytica Chimica Acta. 32: 485-493.

Cherdthong, A., B. Khonkhaeng, A. Seankamsorn, C. Supapong, M. Wanapat, N. Gunun, P. Gunun, P. Chanjula, and S. Polyorach. 2018. Effects of feeding fresh cassava root with high-sulfur feed block on feed utilization, rumen fermentation, and blood metabolites in Thai native cattle. Tropical Animal Health and Production. 50: 1365-1371.

Eckard, R.J., C. Grainger, and C.A.M. de Klein. 2010. Options for the abatement of methane and nitrous oxide from ruminant production: A review. Livestock Science. 130: 47–56.

France, J. and R. C. Siddons. 1993. Volatile fatty acid production. P. 107-1210.In: J.M. Forbes and J. France (Eds). Quantitative Aspects Ruminant Digestion and Metabolism. C.A.B. International, Willingford.

Garg, M. R., and P.L. Sherasia. 2015. Ration balancing: A practical approach for reducing methanogenesis in tropical feeding systems. P. 285-301. In: V. Sejian et al. (eds.). Climate change impact on livestock: Adaptation and mitigation.

Gerber, P.J., H. Steinfeld, B. Henderson, A. Mottet, C. Opio, J. Dijkman, A. Falcucci, and G. Tempio. 2013. Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.

Grainger, C., and K. A. Beauchemin. 2011. Can enteric methane emissions from ruminants be lowered without lowering their production? Animal Feed Science and Technology. 166–167: 308–320.

Gunun, P., M. Wanapat, and N. Anantasook. 2013. Effects of physical form and urea treatment of rice straw on rumen fermentation, microbial protein synthesis and nutrient digestibility in dairy steers. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 26(12): 1689-1697.

Hartley, R.D. and E.C. Jones. 1978. Effect of aqueous ammonia and other alkalis on the in vitro digestibility of barley straw. Journal of Science of Food and Agriculture. 29: 92–98.

Hristov, A.N., J. Oh, J. L. Firkins, J. Dijkstra, E. Kebreab, G. Waghorn, H.P.S. Makkar, A.T. Adesogan, W. Yang, C. Lee, P.J. Gerber, B. Henderson, and J.M. Tricarico. 2013. Special Topics-Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. Journal of Animal Science. 91: 5045-5069.

Islam, M., I. Dahlan, M. A. Rajion, and Z. A. Jelan. 2000. Rumen pH and ammonia nitrogen of cattle fed different levels of oil palm (Elaeis guineensis) frond based diet and dry matter degradation of fractions of oil palm frond. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 13(7): 941-947.

Kearl, L.C. 1982. Nutrient Requirements of Ruminants in Developing Countries. International Feedstuffs Institute. Utah Agricultural Experiment station. Utah State University. Logan, Utah, USA.

Kerketta, N., V. M. Victor, K. Praveen, and A. K. Chandraker. 2019. Effect of urea treated rice straw along with urea molasses mineral block supplementation on body weight gain, feed intake and haemato-biochemical parameters of working bullocks. International Journal of Livestock Research. 9(7): 154-163.

Khampa, S., P. Chaowarat, R. Pilajun, P. Khejornsart, and M. Wanapat. 2009. Effects of malate and yeast supplementation in concentrate containing high cassava chip on rumen ecology and digestibility of nutrients in beef cattle. Walailak Journal of Science and Technology. 6(1): 49-58.

Knapp, J.R., G. L. Laur, P.A. Vadas, W.P. Weiss, and J.M. Tricarico. 2014. Enteric methane in dairy cattle production: Quantifying the opportunities and impact of reducing emissions. Journal of Dairy Science. 97: 3231-3261.

Kopency, J. and R. J. Wallace. 1982. Cellular location and some properties of proteolytic enzymes of rumen bacteria. Applied Environmental Microbiology. 43: 1026-1033.

Kumar, S., A. K. Puniya, M. Puniya, S. S. Dagr, S. K. Sirohi, K. Singh, and G. W. Griffith. 2009. Factors affecting rumen methanogens and methane mitigation strategies. World Journal of Microbiology and Biotechnology. 25: 1557-1566.

Lana, R. P., J. B. Russell, and E. V. A. Michael. 1998. The role of pH in regulating ruminal methane and ammonia production. Journal of Animal Science. 76: 2190–2196.

Leng, R. A. and J. V. Nolan. 1984.Nitrogen metabolism in the rumen. Journal of Dairy Science. 67: 1072-1089.

Leng, R. A. 1990. Factors affecting the utilization of poor-quality forages by ruminants particularly under tropical conditions. Nutrition Research and Reviews. 3: 277-303.

Leng, R.A. 1991. Improving ruminant production and reducing methane emissions from ruminants by strategic supplementation. EPA/400/1-91/004, Washington, DC.

Lu, C. D., J. R. Kawas, and O. G. Mahgoub. 2005. Fibre digestion and utilization in goats. Small Ruminant Research 60:45-52.

McDonald, P., R. A. Edward, J. F. D. Greenhalgh, and C. A. Morgan. 2002. Animal Nutrition. 6th Longman Scientific and Technical. New York.

Moss, A.R. 1994. Methane production by ruminants – Literature review of I. Dietary manipulation to reduce methane production and II. Laboratory procedures for estimating methane potential of diets. Nutrition Abstracts and Reviews (Series B). 64: 786-806.

Moss, A.R., J.P. Jouany, and J. Newbold. 2000. Methane production by ruminants: its contribution to global warming. Annales de zootechnie. 49: 231–253.

National Research Council (NRC). 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7th ed. National Academy Press, Washington DC.

Ørskov, E. R., G. W. Reid, and M. Kay. 1988. Prediction of intake by cattle from degradation characteristics of roughage. Animal Production. 46: 29-34.

Prusty, S., S.S. Kundu, and V.K. Sharma. 2017. Nutrient utilization and methane emissions in Murrah buffalo calves fed on diets with different methanogenic potential. Livestock Science. 202: 89-95.

SAS. 1996. User's Guide: Statistic, Version 6.12 SAS Inst. Inc., Cary, NC. USA.

Satter. L. D., and L. L. Slyter. 1974. Effect of ammonia concentration on microbial production *in vitro*. British Journal of Nutrition. 32: 194-201.

Shibata, M., and F. Terada. 2010. Factors affecting methane production and mitigation in ruminants. Animal Science Journal. 81(1): 2-10.

Shioya, S., M. Tanaka, Y. Iwama and M. Kamiya. 2002. Development of nutritional management for controlling methane emissions from ruminants in Southeast Asia. P.191-194. In: Takahashi, J. and B. A. Young (eds). Greenhouse Gases and Animal Agriculture. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.

Sommai, S., T. Ampapon, C. Mapato, P. Totaku, B. Viennasay, M. Matra, and M. Wanapat. 2020. Replacing soybean meal with yeast-fermented cassava pulp (YFCP) on feed intake, nutrient digestibility, rumen microorganism, fermentation, and N-balance in Thai native beef cattle. Tropical Animal Health Production. 52: 2035-2041.

Thip-uten, S., S. Pholsen, K. Sommart, T. Phonbumrung, Y. Cai, and D.E.B. Higgs. 2019. Growth performance and methane production of Thai native beef cattle under grazing and cut-carry ruzi grass with or without concentrate supplementation. Prawarun Agricultural Journal. 16(1): 190-203.

Xia, C., Rahman, M. A. U., Yang, H., Shao, T., Qiu, Q., Su, Huawei and B. Cao. 2018. Effect of increased dietary crude protein levels on production performance, nitrogen utilization, blood metabolites and ruminal fermentation of Holstein bulls. Asian-Australasian Journal of Animal Science. 31(10): 1643-1653.

Van Soest, P.J., J.B. Robertson, and B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science. 74: 3583–3597.

Van Soest, P.J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. 2nd edition. Cornell University.

WTSR (The Working Committee of Thai Feeding Standard for Ruminant). 2010. Nutrient Requirement of Beef Cattle in Indochinese Peninsula. Klungnanavitthaya Press, Khon Kaen, Thailand.

Yulistiani, D., J.R. Gallagher and R.J. Van Barneveld. 2003. Intake and digestibility of untreated and urea treated rice straw base diet fed to sheep. Indonesian Journal of Animal and Veterinary Science. 8(1): 8-16.