

ความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองไทยสายอีสาน เพศเมียระยะเจริญเติบโต

ชัยกระมล คำเมือง^{1/} จีระศักดิ์ ขอบแต่ง^{2/} อรวิมล แก้วเกลี้ยง^{3/} วรณา อ่างทอง^{2/}

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (NE_m) และเพื่อการเจริญเติบโต (NE_g) ของโคพื้นเมืองสายอีสาน เพศเมีย ระยะเจริญเติบโต ใช้โคพื้นเมืองอายุเฉลี่ย 19 ± 0.5 เดือน น้ำหนักตัวเฉลี่ย 122 ± 13 กิโลกรัม จำนวน 20 ตัว แบ่งโคออกเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 5 ตัว สุ่มโคกลุ่มละ 1 ตัว เพื่อใช้เป็นกลุ่มฐานในการสร้างแบบจำลองทางสถิติสำหรับการทำนายน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (empty body weight, EBW) และปริมาณพลังงานของโคทดลองที่เหลือ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก มี 4 ซ้ำ สิ่งทดลองเป็นดังนี้ 1) โคที่ได้รับอาหารแบบ AL และศึกษาซากเมื่อเลี้ยงได้ 83 วัน 2) โคที่ได้รับอาหารแบบ AL และศึกษาซากเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (214 วัน) 3) โคที่ได้รับอาหารในระดับ 70 เปอร์เซ็นต์ของกลุ่ม AL และศึกษาซากเมื่อสิ้นสุดการทดลอง และ 4) กลุ่มที่ได้รับอาหารในระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ของกลุ่ม AL และศึกษาซากเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ประเมินความต้องการพลังงานของโคโดยใช้วิธีการศึกษาซากเชิงเปรียบเทียบ (comparative slaughtering technique) ผลการทดลอง พบว่า โคพื้นเมืองสายอีสาน เพศเมีย ระยะเจริญเติบโต มีค่า NE_m เท่ากับ $70.23 \text{ kcal/kg EBW}^{0.75}/\text{d}$ และมีค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อการดำรงชีพ (k_m) และเพื่อการเจริญเติบโต (k_g) เท่ากับ 0.64 และ 0.40 ตามลำดับ และสมการสำหรับใช้ประเมินความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต หรือ เพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร 1 กิโลกรัม เป็นดังนี้ $NE_g \text{ (Mcal)} = 6.75 \times \text{EBW}^{1.36}$

คำสำคัญ: ความต้องการพลังงาน การดำรงชีพ การเจริญเติบโต โคพื้นเมืองสายอีสาน เพศเมีย

เลขทะเบียนวิชาการ: 66(2) -0214-003

^{1/} ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์เลย ต.ศรีสงคราม อ.วังสะพุง จ.เลย 42130

^{2/} สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ ต.บางกะดี อ.เมือง จ.ปทุมธานี 10200

^{3/} ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์บุรีรัมย์ ต.ห้วยบง อ.ปะคำ จ.บุรีรัมย์ 31220

Energy requirement for maintenance and growth of north-eastern Thai indigenous female (A growing period)

Chaikramon Kummuang^{1/} Jeerasak Chobtang^{2/} Ornvimol Kaeokliang^{3/} Wanna Angthong^{2/}

Abstract

A study was carried out to determine net energy requirements for maintenance (NE_m) and growth (NE_g) of north-eastern Thai indigenous heifers. Twenty heifers with 19 ± 0.5 months of age and 122 ± 13 kg of body weight (BW), were used. Animals were stratified into 4 groups according to their BW. One animal from each group was randomly selected for use as a reference group. Data from the reference group were deployed to develop statistical models for predicting empty body weight (EBW) and the energy content of the remaining heifers. A randomized complete block design with 4 replications was used. Treatments were 1) heifers received rations *ad libitum* (AL) and slaughtered at the 83rd d of a rearing period, 2) AL heifers, slaughtered at the end of a rearing period (214 d), 3) 70%AL heifers, slaughtered at the end of a rearing period, and 4) 40%AL heifers, slaughtered at the end of a rearing period. Net energy requirements were determined using a comparative slaughtering technique. Results showed that the NE_m was 70.23 kcal/kg $EBW^{0.75}/d$. The coefficients of energy use for maintenance (k_m) and for growth (k_g) were 0.64 and 0.40, respectively. The NE_g for 1 kg of empty body weight gain could be estimated by the equation of NE_g (Mcal) = $6.75 \times EBW^{1.36}$

Keywords: energy requirement, maintenance, growth, north-eastern Thai indigenous, female

Registered No: 66(2) -0214-003

^{1/}Loei Animal Nutrition Research and Development Center, Si Songkhram, Wang Saphung, Loei, 42130

^{2/} Bureau of Animal Nutrition Development, Bangkokdee, Muang, Pathumthani, 10200

^{3/} Buri Ram Animal Nutrition Research and Development Center, Hu Thamnop, Pakham, Buri Ram, 31220

บทนำ

การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสัตว์โดยการจัดการให้สัตว์ได้รับโภชนาตามความต้องการของร่างกาย ช่วยลดต้นทุนการผลิตสัตว์และเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของเกษตรกร พลังงานเป็นโภชนาที่สำคัญที่สัตว์มีความต้องการเพื่อใช้ในการดำรงชีพและการให้ผลผลิต โดยสัตว์เปลี่ยนพลังงานในรูปพลังงานเคมีไปเป็นพลังงานความร้อนและพลังงานกล โคเนื้อที่อยู่ในระยะเจริญเติบโตต้องการพลังงานส่วนหนึ่งเพื่อการเมแทบอลิซึมพื้นฐาน (basal metabolism) เพื่อให้ระบบต่าง ๆ ในร่างกายเป็นปกติและใช้พลังงานอีกส่วนหนึ่งเพื่อการเจริญเติบโต อย่างไรก็ตาม ความต้องการพลังงานของโคจะแตกต่างกันไปขึ้นกับสายพันธุ์ อายุและน้ำหนักตัวของสัตว์ รวมถึงการจัดการและสภาพแวดล้อม (NRC, 2001)

ความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพ หมายถึง ปริมาณพลังงานระดับต่ำสุดที่สัตว์ต้องการนำไปใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมพื้นฐานของร่างกาย ส่วนความต้องการพลังงานเพื่อการให้ผลผลิต หมายถึง ปริมาณพลังงานที่สัตว์ใช้ในกระบวนการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตอื่น ๆ เช่น การสร้างน้ำนม เป็นต้น คณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย (2551) รายงานว่า โคอินเดียน (*Bos indicus*) มีความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพต่ำกว่าโคยุโรป (*Bos taurus*) ประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อการดำรงชีพ (k_m) และเพื่อการเจริญเติบโต (k_g) สูงกว่าโคยุโรปประมาณ 9 และ 12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ข้อมูลที่คณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย (2551) ใช้ในการประเมินความต้องการพลังงานของโคในส่วนนี้ส่วนใหญ่เป็นข้อมูลที่ได้จากการทดลองในโคเพศผู้และยังขาดข้อมูลสำหรับการประเมินความต้องการพลังงานในรูปของพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองไทย

ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพและเพื่อการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองไทยสายอีสานเพศเมียระยะเจริญเติบโต

อุปกรณ์และวิธีการ

เลี้ยงสัตว์ทดลองและวิเคราะห์ทางเคมีที่ศูนย์วิจัยและพัฒนามาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง อำเภอมือง จังหวัดขอนแก่น และศึกษาซากและสุ่มตัวอย่างเนื้อเยื่อที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์มหาสารคาม อำเภอยะยี่ จังหวัดมหาสารคาม ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2562 ถึง เดือนกรกฎาคม 2563

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (randomized complete block design) มี 4 ซ้ำ สิ่งทดลอง คือ ระดับการให้อาหาร 3 ระดับ ได้แก่ 1) การให้อาหารแบบเต็มที่ (*ad libitum*, AL) 2) การให้อาหารในระดับ 70 เปอร์เซ็นต์ของ AL และ 3) การให้อาหารในระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ของ AL

สัตว์ทดลองและการจัดการ

โคพื้นเมืองไทยสายอีสานเพศเมีย ระยะเจริญเติบโต อายุเฉลี่ย 19 ± 0.5 เดือน น้ำหนักตัวเฉลี่ย 122 ± 13 กิโลกรัม จำนวน 20 ตัว แบ่งโคที่มีน้ำหนักตัวใกล้เคียงกันออกเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 5 ตัว สุ่มโคจำนวน 1 ตัวจากแต่ละกลุ่มสำหรับใช้เป็นโคกลุ่มฐาน (จำนวน 4 ตัว) สำหรับใช้ข้อมูลในการสร้างแบบจำลองทางสถิติในการทำนายลักษณะต่าง ๆ ของโคทดลองตัวอื่น ๆ ส่วนโคที่เหลือจะสุ่มให้ได้รับสิ่งทดลอง ดังนี้ 1) โคที่ได้รับอาหารแบบเต็มที่ (*ad libitum*, AL) และศึกษาซากเมื่อเลี้ยงได้ 83 วัน (AL1) 2) โคที่ได้รับอาหารแบบ AL

และศึกษาซากเมื่อสิ้นสุดการทดลอง 214 วัน (AL2) 3 โคที่ได้รับอาหารในระดับ 70 เปอร์เซ็นต์ของกลุ่ม AL (70%AL) และศึกษาซากเมื่อสิ้นสุดการทดลอง และ 4) โคที่ได้รับอาหารในระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ของกลุ่ม AL (40%AL) และศึกษาซากเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

อาหารและการให้อาหาร

เลี้ยงโคด้วยอาหารครบส่วนให้มีคุณค่าทางโภชนาการเพียงพอสำหรับให้สัตว์กลุ่มที่ได้รับอาหารแบบเต็มที่มีอัตราการเจริญเติบโตในอัตรา 0.75 กิโลกรัมต่อวัน (คณะกรรมการจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย, 2551) โดยอาหารครบส่วนมีหญ้าแพงโกลาแห้งเป็นแหล่งอาหารหลัก สูตรอาหารและองค์ประกอบทางเคมีแสดงในตารางที่ 1

ให้อาหารสัตว์วันละ 2 ครั้ง ในเวลา 09.00 น และ 15.00 น และปรับปริมาณอาหารสำหรับใช้เลี้ยงโคในกลุ่มที่ได้รับอาหารแบบจำกัดทุกวันโดยใช้ปริมาณการกินอาหารเฉลี่ยของโคกลุ่มที่ได้รับอาหารแบบเต็มที่อยู่ใกล้เคียงกัน

การประเมินพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของอาหารสัตว์

ประเมินการย่อยได้ของโภชนาการโดยใช้วิธี total collection method ในช่วง 7 วันก่อนสิ้นสุดการทดลองในแต่ละระยะโดยเก็บข้อมูลติดต่อกัน 5 วัน บันทึกปริมาณการกินอาหารและปริมาณมูลและสุมย่อยเก็บตัวอย่างปริมาณ 1 กิโลกรัม สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมี

ประเมินค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของอาหารสัตว์ (metabolizable energy, ME) โดยใช้สมการตามคำแนะนำของ Galyean et al. (2016) ดังนี้ $ME (Mcal/kg DM) = 0.9611 \times DE (Mcal/kg DM) - 0.2999$

ตารางที่ 1 สูตรอาหารและองค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่ใช้ในการทดลอง (วัตถุดิบแห้ง)

สูตรอาหารทดลอง	อาหารชั้น	หญ้าแพงโกลาแห้ง	อาหารผสมครบส่วน
หญ้าแพงโกลาแห้ง	-	100	50.0
กากถั่วเหลือง	14.3	-	7.15
ข้าวโพดบด	13.0	-	6.5
กากปาล์ม	16.6	-	8.3
มันเส้น	26.4	-	13.2
รำละเอียด	26.2	-	13.1
ยูเรีย	1.5	-	0.75
ไดแคลเซียมฟอสเฟต	0.5	-	0.25
แคลเซียมคาร์บอเนต	0.5	-	0.25
พรีมิกซ์ ^{1/}	1.0	-	0.5
รวม	100	100	100

ตารางที่ 1 (ต่อ)

องค์ประกอบทางเคมี (% วัตถุแห้ง)	อาหารชั้น	หญ้าแพงโกลาแห้ง	อาหารผสมครบส่วน
วัตถุแห้ง (%)	89.90	87.92	88.91
โปรตีนหยาบ	20.09	4.26	12.18
เถ้า	6.52	1.38	3.95
ไขมัน	7.91	7.80	7.86
ผนังเซลล์	24.75	72.45	48.60
ลิกโนเซลลูโลส	16.06	43.20	29.63
ลิกนิน	4.12	5.69	4.91
คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง	40.73	14.11	27.42

^{1/} ปริมาณวิตามินและแร่ธาตุต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งของวัตถุดิบ ได้แก่ เหล็ก = 18 ก. โคบอลต์ = 0.15 มก. แมงกานีส = 18 ก. คอปเปอร์ = 1.25 ก. สังกะสี = 20 ก. ไอโอดีน = 0.05 ก. ซีลีเนียม = 0.05 ก. วิตามินเอ = 3,000,000 IU วิตามินดี3 = 1,000,000 IU วิตามินอี = 3,000 IU อีทอคซิควิน = 25 ก. และซิลิคอนไดออกไซด์ = 5 ก.

การศึกษาส่วนประกอบของซากและการสุมตัวอย่าง

บันทึกน้ำหนักโคโดยก่อนซึ่งน้ำหนักจะต้องอดอาหารนาน 18 ชั่วโมงและอดน้ำนาน 12 ชั่วโมง จะได้ น้ำหนักมีชีวิตหลังอดอาหารและน้ำ (shrunk body weight, SBW) ส่วนข้อมูลน้ำหนักซากไม่รวมเศษอาหาร ในระบบทางเดินอาหาร (empty body weight, EBW) คำนวณโดยหักลบน้ำหนักเศษอาหารในระบบทางเดินอาหารออกจาก SBW การศึกษาลักษณะและส่วนประกอบของซากและสุมตัวอย่างเนื้อเยื่อของโคตามวิธีการของ จีระศักดิ์และคณะ (2558; 2564) โดยนำตัวอย่างชิ้นส่วนมารวมกันตามกลุ่มของเนื้อเยื่อจำนวน 7 กลุ่ม ดังนี้ 1) เลือด 2) หนัง 3) เนื้อแดง 4) ไขมัน 5) กระดูก 6) อวัยวะภายในที่ไม่ใช่ระบบทางเดินอาหาร ได้แก่ หัวใจ ตับ ตับอ่อน หลอดลมและปอด ไต กระบังลมถุงน้ำดีและอวัยวะเพศ และ 7) อวัยวะภายในที่เป็นระบบทางเดินอาหาร ได้แก่ หลอดอาหาร กระเพาะรูเมน กระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก ลำไส้ใหญ่และขั้วลำไส้ สำหรับ ตัวอย่างจากชิ้นส่วนหัว หาง เอ็นและพังผืดนำไปรวมกับตัวอย่างกระดูก จากนั้น นำไปสับย่อยให้มีขนาดเล็ก และบดผ่านเครื่องบดที่มีรูตะแกรงขนาด 5 มิลลิเมตร จำนวน 3 ครั้ง แล้วสุมตัวอย่างปริมาณ 1 กิโลกรัม อบโดยใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง แล้วบดผ่านตะแกรงที่มีรูขนาด 1 มิลลิเมตร สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมี

การวิเคราะห์ทางเคมี

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างอาหารสัตว์ อาหารเหลือ มูลสัตว์และเนื้อเยื่อต่างๆ ได้แก่ วัตถุแห้ง (dry matter, DM) โดยการอบด้วยตู้อบชนิด force-air oven ที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ตามวิธีที่ 930.15 (AOAC, 2016) วิเคราะห์หาโปรตีนด้วยการหาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนด้วยวิธี Kjeldahlแล้วใช้แฟคเตอร์ 6.25 ตามวิธีที่ 5983-2 (ISO, 2009) ไขมัน (ether extract, EE) โดยใช้ปิโตรเลียมอีเธอร์ตามวิธีที่ 2003.05 (AOAC, 2016) เถ้า (ash) โดยเผาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ตามวิธีที่ 942.05 (AOAC, 2016) สำหรับตัวอย่างอาหารสัตว์และมูล วิเคราะห์ผนังเซลล์ (neutral detergent fiber, NDF) โดยใช้ sodium sulphite และ alpha amylase ตามวิธีที่ 5.1 ของ Undersander et al. (1993) ลิกโนเซลลูโลส (acid detergent fiber, ADF) ด้วยวิธี 973.18 (AOAC, 2016) ลิกนิน (acid

detergent lignin, ADL) ตามวิธีที่ 973.18 (AOAC, 2016) และวิเคราะห์ค่าพลังงาน (gross energy) ของตัวอย่างอาหารสัตว์ อาหารเหลือ มูลสัตว์และเนื้อเยื่อต่างๆ โดยใช้เครื่อง adiabatic bomb calorimeter

การประเมินความต้องการพลังงาน

ประเมินความต้องการพลังงานของโคโดยใช้วิธี comparative slaughtering technique (Lofgreen and Garrett, 1968) ก่อนการชั่งน้ำหนักโคจะต้องอดอาหารนาน 18 ชั่วโมงและอดน้ำนาน 12 ชั่วโมง (shrunk body weight, SBW) และน้ำหนักซากไม่รวมเศษอาหาร (empty body weight, EBW) หมายถึง น้ำหนัก SBW ไม่รวมเศษอาหารในระบบทางเดินอาหาร

ความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพ

ประเมินความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (net energy requirement for maintenance, NE_m) ตามคำแนะนำของ Lofgreen and Garrett (1968) ดังนี้ $HP = \alpha \times e^{(\beta \times MEI)}$ โดยที่ HP (kcal/kg $EBW^{0.75}/d$) หมายถึง พลังงานความร้อนที่โคผลิตขึ้นซึ่งคำนวณโดยใช้สมการดังนี้ $HP = MEI - RE$ โดยที่ MEI (metabolizable energy intake, kcal/kg $EBW^{0.75}/d$) หมายถึง พลังงานใช้ประโยชน์ได้ที่โคกิน และ RE (retained energy, kcal/kg $EBW^{0.75}/d$) หมายถึง พลังงานที่โคสะสมในร่างกาย ค่า e หมายถึง ค่า Euler number ส่วนค่า α และ β เป็นค่าคงที่ของสมการ ทั้งนี้ ค่า α หมายถึง ปริมาณพลังงานที่โคผลิตเมื่อค่า $MEI = 0$ หรือ ความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (NE_m)

ประเมินความต้องการพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (metabolizable energy requirement for maintenance, ME_m) ได้จากการดูลสมการ $HP = \alpha \times e^{(\beta \times MEI)}$ โดยจะได้ค่า ME_m เมื่อค่า $HP = MEI$ (Lofgreen and Garrett, 1968)

ประเมินค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานสุทธิเป็นพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (k_m) ดังนี้ $k_m = NE_m/ME_m$ (NRC, 2001)

ความต้องการพลังงานเพื่อการเจริญเติบโต

ประเมินความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต (net energy requirement for growth, NE_g) โดยใช้เฉพาะข้อมูลจากโคกลุ่มกลุ่มที่ได้รับอาหารแบบเต็มที (กลุ่ม AL1 และ AL2) โดยใช้สมการ allometry (Chizzotti et al., 2007) ดังนี้ $Y = \alpha \times EBW^\beta$ โดยที่ Y หมายถึง ปริมาณพลังงาน (Mcal) EBW หมายถึง น้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหารในระบบทางเดินอาหารของสัตว์ (kg) ส่วนค่า α และ β เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของสมการ ประเมินค่า NE_g หรือความต้องการพลังงานสุทธิสำหรับการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBG) จำนวน 1 กิโลกรัม โดยใช้สูตรของสมการ allometry ดังนี้ NE_g (kcal/kg EBG) = $\alpha \times \beta \times EBW^{(\beta-1)}$ (Chizzotti et al., 2007)

ประเมินความต้องการพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (metabolizable energy requirement for growth, ME_g) โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างค่า NE_g และประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อการเจริญเติบโต (k_g) ดังนี้ ME_g (kcal/kg EBG) = NE_g/k_g โดยค่า k_g หมายถึง ประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อการเจริญเติบโต หรือ ค่าความชันของสมการถดถอยอย่างง่ายระหว่างอัตราการกินพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (MEI_g , kcal/kg $EBW^{0.75}/d$) โดยที่ MEI_g (kcal/kg $EBW^{0.75}/d$) = MEI (kcal/kg $EBW^{0.75}/d$) - MEI_m (kcal/kg $EBW^{0.75}/d$) และอัตราการสะสมพลังงานในร่างกายของโค (RE, kcal/kg $EBW^{0.75}/d$) (Tedeschi et al., 2002)

ผลการทดลองและวิจารณ์

แบบจำลองทางสถิติสำหรับใช้ประเมินลักษณะต่าง ๆ ของโคทดลอง

นำข้อมูล SBW EBW และปริมาณพลังงานของโคกลุ่มฐาน (ตารางที่ 2) มาใช้ในการสร้างแบบจำลองทางสถิติสำหรับการประเมินน้ำหนัก EBW และปริมาณพลังงานของโคทดลองโดยใช้สมการถดถอยอย่างง่าย (simple linear regression) ดังนี้ $Y_i = \alpha + \beta \times X_i$ โดยที่ Y_i หมายถึง EBW หรือปริมาณพลังงานของโคทดลองและ X_i หมายถึง SBW และ EBW ตามลำดับ ส่วนค่า α และ β หมายถึง ค่าจุดตัดแกนตั้ง (y-intercept) และค่าความชันของสมการ (slope) ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ค่า α ของสมการที่ได้มีค่าไม่แตกต่างจากศูนย์ ($p > 0.05$) แบบจำลองทางสถิติสำหรับการทำนายลักษณะต่าง ๆ ของโคทดลองแสดงในตารางที่ 2

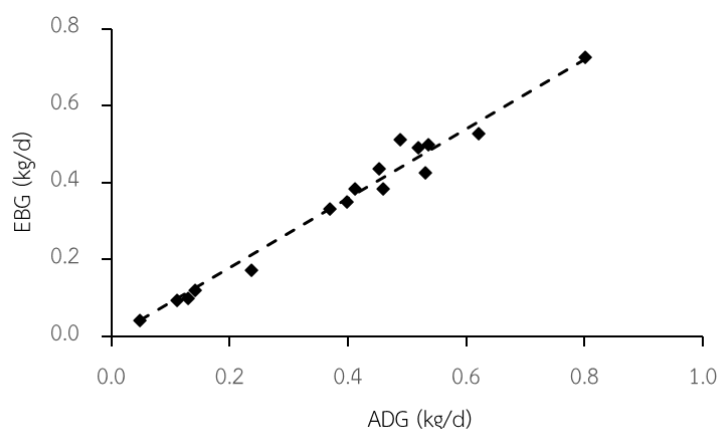
ตารางที่ 2 ลักษณะทั่วไปของโคกลุ่มฐานและแบบจำลองทางสถิติสำหรับการประเมินลักษณะโคทดลอง

ลักษณะ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
น้ำหนักตัวก่อนฆ่า (kg)	124.00	19.54		
น้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (kg)	104.82	16.35		
ปริมาณพลังงาน (Mcal)	225.20	39.31		
	สมการ	β (mean $\pm$ SE)	R^2	
น้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBW, kg)	$EBW = \beta \times SBW$	0.85 ± 0.01	0.99	
ปริมาณพลังงาน (EY, Mcal)	$EY = \beta \times EBW$	2.15 ± 0.03	0.99	

สมรรถนะการผลิตของโคทดลอง

อัตราการเพิ่มน้ำหนักตัว ปริมาณการกินอาหารและพลังงาน และอัตราการสะสมพลังงานของโคทดลอง ($p < 0.05$) ตามระดับการจำกัดอาหารที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ระดับการจำกัดอาหารไม่มีผลต่อค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของอาหารสัตว์ การย่อยได้ของโภชนะและค่าพลังงานที่ย่อยได้และค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของอาหาร ($p > 0.05$) (ตารางที่ 3)

อัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBG, kg/d) ของโคกลุ่มที่ได้รับอาหารแบบเต็มທີ່คิดเป็น 90 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัว (ADG, kg/d) ของโค (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างอัตราการเจริญเติบโต (ADG) และอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBG) เป็นสมการถดถอยอย่างง่ายดังนี้ $EBG = 0.90 (\pm 0.02) \times ADG$, $R^2 = 0.99$

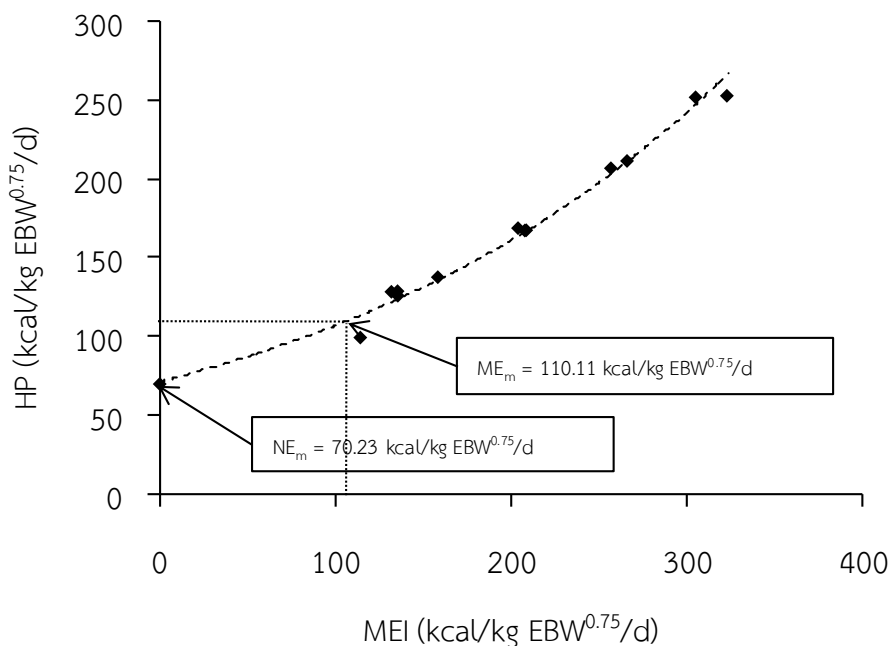
ตารางที่ 3 สมรรถนะการผลิต ปริมาณการกินได้และค่าพลังงานของอาหารของโคที่ได้รับอาหารในปริมาณแตกต่างกัน

รายละเอียด	AL1	AL2	70%AL	40%AL	SEM	p-value
น้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง (kg)	126.75	119.50	119.00	122.63	1.66	0.3168
น้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหารเริ่มต้นการทดลอง (kg)	107.10	100.98	100.56	103.62	1.40	0.3167
น้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง (kg)	170.63	224.38 ^a	188.50 ^b	143.50 ^c	5.74	0.0002
น้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหารสิ้นสุดการทดลอง (kg)	144.41	198.42 ^a	166.79 ^b	123.72 ^c	4.91	0.0001
อัตราการเพิ่มน้ำหนักตัว (kg/d)	0.64	0.53 ^a	0.36 ^b	0.11 ^c	0.03	0.0001
อัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (kg/d)	0.54	0.46 ^a	0.31 ^b	0.10 ^c	0.02	0.0001
ปริมาณพลังงาน (Mcal)	347.80	771.11 ^a	537.55 ^b	316.55 ^c	28.82	0.0001
อัตราการสะสมพลังงาน (kcal/kg EBW ^{0.75} /d)	62.60	57.30 ^a	34.44 ^b	8.53 ^c	2.79	0.0001
ปริมาณการกินได้						
วัตถุดิบแห้ง (g/kg EBW ^{0.75} /d)	107.21	106.37 ^a	78.01 ^b	52.33 ^c	1.66	0.0001
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (kcal/kg EBW ^{0.75} /d)	259.88	288.05 ^a	194.92 ^b	129.41 ^c	10.30	0.0001
ค่าพลังงานของอาหารสัตว์ (Mcal/kg DM)						
พลังงานย่อยได้	2.83	3.13	2.91	2.89	0.10	0.2490
พลังงานใช้ประโยชน์ได้	2.42	2.71	2.49	2.48	0.10	0.2443

AL1 = กลุ่มที่ได้รับอาหารแบบเต็มที่และศึกษาซากเมื่อเลี้ยงได้ 83 วัน; AL2 = กลุ่มที่ได้รับอาหารแบบเต็มที่และศึกษาซากเมื่อสิ้นสุดการทดลอง 214 วัน; 70%AL = กลุ่มที่ได้รับอาหารในระดับ 70 เปอร์เซ็นต์ของกลุ่ม AL และศึกษาซากเมื่อสิ้นสุดการทดลอง 214 วัน; 40%AL = กลุ่มที่ได้รับอาหารในระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ของกลุ่ม AL และศึกษาซากเมื่อสิ้นสุดการทดลอง 214 วัน; SEM = standard error of the means และตัวอักษร a, b, c ที่กำกับค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันแตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ (เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติเฉพาะ AL2 70%AL และ 40%AL โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test)

ความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพ

ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานใช้ประโยชน์ได้ที่โคกิน (MEI, kcal/kg EBW^{0.75}/d) และพลังงานความร้อนที่โคผลิต (HP, kcal/kg EBW^{0.75}/d) เป็นสมการเลขชี้กำลังดังแสดงในภาพที่ 2 โดยที่ความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (NE_m) หรือ พลังงานความร้อนที่โคผลิตเมื่อค่า MEI = 0 มีค่าเท่ากับ 70.23 kcal/kg EBW^{0.75}/d หรือเท่ากับ 59.70 kcal/kg SBW^{0.75}/d และความต้องการพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (ME_m) หรือ พลังงานความร้อนที่โคผลิตเมื่อค่า HP = MEI มีค่าเท่ากับ 110.11 kcal/kg EBW^{0.75}/d หรือเท่ากับ 93.59 kcal/kg SBW^{0.75}/d ตามลำดับ ดังนั้น ประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อการดำรงชีพ (k_m) มีค่าเท่ากับ 0.64



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานความร้อนที่โคผลิต (HP) และพลังงานใช้ประโยชน์ที่โคกิน (MEI) เป็นสมการเลขชี้กำลังดังนี้ $HP = 70.23 (\pm 3.30) \times e^{(0.004 (\pm 0.0002) \times MEI)}$ ($R^2 = 0.98$)

ค่า NE_m ของโคพื้นเมืองสายอีสาน เพศเมีย จากการทดลองครั้งนี้ (70.23 kcal/kg EBW^{0.75}/d) มีค่าใกล้เคียงค่า NE_m ของโคพื้นเมืองไทยสายอีสาน เพศผู้ ระยะเจริญเติบโต (68.31 kcal/kg EBW^{0.75}/d, จีระศักดิ์ และคณะ, 2555) แต่สูงกว่าของโคขาวลำพูน เพศผู้ ระยะเจริญเติบโต (59.91 kcal/kg EBW^{0.75}/d, จีระศักดิ์ และคณะ, 2558) และโคอินเดีย (66.08 kcal/kg BW^{0.75}, คณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย, 2551) อย่างไรก็ตาม ค่า NE_m ที่ได้จากการทดลองครั้งนี้มีค่าต่ำกว่าโค Southern Yellow ในประเทศจีน (83.20 kcal/kg BW^{0.75}, Wei et al., 2018) และของโคยุโรป (77 kcal/kg BW^{0.75}, NASEM, 2016)

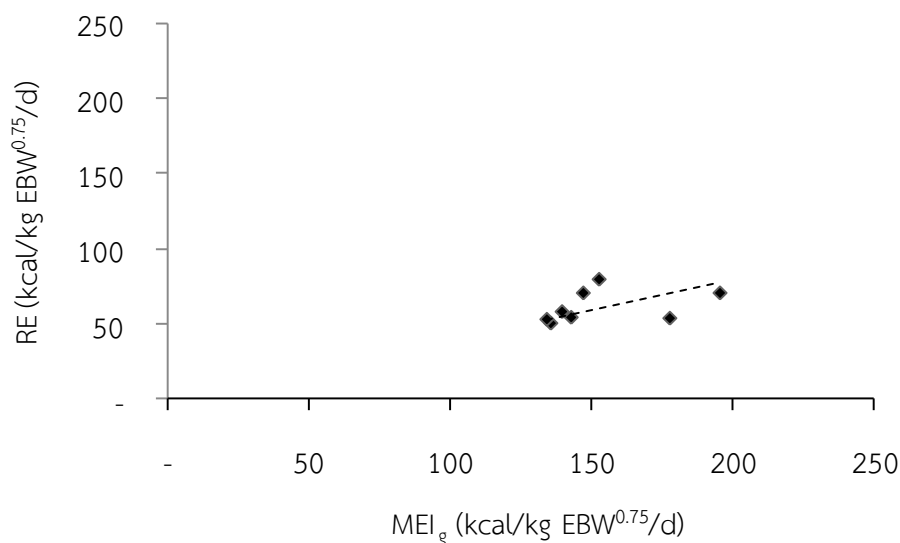
ประสิทธิภาพการใช้พลังงานสุทธิเป็นพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (k_m) ของโคพื้นเมืองสายอีสานเพศเมียจากการทดลองครั้งนี้มีค่าเท่ากับโคพื้นเมืองพันธุ์ Kedah Kelantan ของประเทศมาเลเซีย ตามรายงานของ Liang and Young (1995) และของโคอินเดีย ($k_m = 0.64$) ตามรายงานของคณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย (2551) ($k_m = 0.64$) และใกล้เคียงกับของโคลูกผสม *Bos indicus* ตามรายงานของ Ferrell and Jenkins (1998) ซึ่งมีค่าระหว่าง 0.65-0.69 และใกล้เคียงกับโค Southern Yellow ในประเทศจีน ตามรายงานของ Wei et al. (2018) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.66

อย่างไรก็ตามค่า k_m ของโคพื้นเมืองไทยสายอีสานเพศเมียครั้งนี้มีค่าสูงกว่าโคพื้นเมืองไทยสายอีสานเพศผู้ ระยะเจริญเติบโต ($k_m = 0.58$, จีระศักดิ์ และคณะ, 2555) และโคพันธุ์บราห์มัน ($k_m = 0.58$, Chaokaur et al., 2007) และโคขาวลำพูน เพศผู้ ระยะเจริญเติบโต ($k_m = 0.52$, จีระศักดิ์ และคณะ, 2558) แต่ต่ำกว่าของโคพื้นเมืองไทยตามรายงานของ Tangitwittanachai and Sommart (2007) ที่มีค่า k_m เท่ากับ 0.89

ความต้องการพลังงานเพื่อการเจริญเติบโต

ค่าเฉลี่ย ($\pm$ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน) ของค่า α และ β ที่ได้จากการสมการ allometry ระหว่างปริมาณพลังงาน (Mcal) และน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (kg) มีค่าเท่ากับ 0.0029 (± 0.0002) และ 2.356 (± 0.015) ตามลำดับ ดังนั้น แบบจำลองทางสถิติสำหรับการประเมินความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการเจริญเติบโตของโคทดลอง (NE_g) เป็นดังนี้ NE_g (kcal/kg EBW) = $6.75 \times EBW^{1.36}$

สำหรับการประเมินความต้องการพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (ME_g) ต้องใช้ค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต หรือ ค่า k_g ซึ่งหมายถึง ค่าความชัน (slope) ของสมการถดถอยอย่างง่ายระหว่างปริมาณการกินพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (MEI_g , kcal/kg $EBW^{0.75}/d$) และปริมาณการสะสมพลังงานในร่างกายของโค (RE , kcal/kg $EBW^{0.75}/d$) ที่มีค่าจุดตัดแกนตั้งเท่ากับศูนย์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.40 (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกินพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (MEI_g) และปริมาณการสะสมพลังงานในร่างกายของโค (RE) เป็นสมการถดถอยอย่างง่ายดังนี้ $RE = 0.40 (\pm 0.03) \times MEI_g$ ($R^2 = 0.97$)

ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (k_g) จากการศึกษาค้นนี้มีค่าต่ำกว่ารายงานของคณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย (2551) ซึ่งรายงานค่า k_g ของโคอินเดีย มีค่าเท่ากับ 0.51 ในขณะที่โคยุโรปมีค่า k_g เท่ากับ 0.45 แต่มีค่า k_g สูงกว่าโคพื้นเมืองไทยสายอีสาน เพศผู้ ระยะเจริญเติบโต (จีระศักดิ์ และคณะ, 2555) และโคขาวลำพูน เพศผู้ ระยะเจริญเติบโต (จีระศักดิ์ และคณะ, 2558) ซึ่งมีค่า k_g เท่ากันคือ 0.25

ความต้องการพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของโคพื้นเมืองสายอีสานเพศเมียระยะเจริญเติบโต

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนี้สามารถนำมาใช้ประเมินเป็นความต้องการพลังงานสำหรับโคที่มีน้ำหนักตัวและอัตราการเจริญเติบโตต่างๆ โดยใช้สมการและค่าคงที่ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- 1) ค่าความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ ($NE_m = 70.23$ kcal/kg $EBW^{0.75}/d$)
- 2) ค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ ($k_m = 0.64$)
- 3) สมการทำนายน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBW) และน้ำหนักตัวหลังอดอาหาร 18 ชั่วโมง และอดน้ำ 12 ชั่วโมง (SBW) ดังนี้ $EBW = 0.85 \times SBW$

4) สมการสำหรับประเมินความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต ดังนี้ $NE_g \text{ (kcal/kg EBG)} = 6.75 \times EBW^{1.36}$

5) ค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต ($k_g = 0.40$)

6) สมการสำหรับทำนายอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBG, kg/d) และอัตราการเจริญเติบโต (ADG, kg/d) ดังนี้ $EBG = 0.90 \times ADG$

ดังนั้น ความต้องการพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของโคพื้นเมืองสายอีสาน เพศเมีย ที่มีน้ำหนักตัวอยู่ระหว่าง 100 – 250 กิโลกรัม และมีอัตราการเจริญเติบโตอยู่ระหว่าง 0 – 600 กรัมต่อตัวต่อวัน ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความต้องการพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) สำหรับโคพื้นเมืองไทยสายอีสานที่มีน้ำหนักตัว (SBW) และอัตราการเจริญเติบโต (ADG) ในระดับต่าง ๆ

SBW (kg)	ADG (g/d)	ME (Mcal/d)
100	0	3.08
	200	4.33
	400	5.58
	600	6.83
150	0	4.18
	200	6.35
	400	8.52
	600	10.68
200	0	5.18
	200	8.39
	400	11.60
	600	14.81
250	0	6.13
	200	10.47
	400	14.82
	600	19.15

สรุปผลการทดลอง

ความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพของโคพื้นเมืองสายอีสาน เพศเมีย ระยะเจริญเติบโตมีค่าเท่ากับ $70.23 \text{ kcal/kgEBW}^{0.75}/\text{d}$ ประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อการดำรงชีพและเพื่อการเจริญเติบโตมีค่าเท่ากับ 0.64 และ 0.40 ตามลำดับ และสมการสำหรับใช้ในการประเมินความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการเจริญเติบโตเป็นดังนี้ $NE_g \text{ (kcal/kg EBG)} = 6.75 \times EBW^{1.36}$

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคุณคุณวิโรจน์ ฤทธิ์ฤชัย ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์มหาสารคาม คุณสุกัญญา คำพะแย ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนามาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง ที่อำนวยความสะดวกในการศึกษาซากโคทดลอง คุณวชิรวิทย์ พิชวงค์ และเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์มหาสารคาม คุณศุภกิจ สุนาโท คุณยุทธนา ภูมาศ คุณไชโย นามโนรินทร์ คุณบุษบา วรรณศรี คุณเสาวภา ยลถวิล คุณพิศมัย ชัยนนท์ คุณวิไลวัลย์ ภูเขตวัน และคุณธนวัต โชติเจริญ ที่ให้ความช่วยเหลือในการศึกษาซากโคทดลอง ขอขอบคุณคุณรุ่งไพโร นามสีลี คุณปฐวิมา บุตรชา และเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยและพัฒนามาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง ในการวิเคราะห์ผลทางเคมี

เอกสารอ้างอิง

- คณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย. 2551. ความต้องการโภชนะของโคเนื้อในประเทศไทย. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- จิระศักดิ์ ขอบแต่ง สุมณ โพธิ์จันทร์ ปริญา จเรรัชต์ ศักดา ประจักษ์บุญเจษฎา พินิจ สวัสดิรักษา เศกสรรค์ สอนกุล อภิชาติ บุญเรืองขาว ขบวน อินทรักษ์อัศวิน สายเชื้อ ฆะฤทัย จันทร์ธิบดี สุกัญญา คำพะแย วิโรจน์ ฤทธิ์ฤชัย วรรณมา อ่างทอง และ รุ่งไพโรนามสีลี. 2555. ความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองไทย. รายงานผลงานวิจัยสำนักพัฒนาอาหารสัตว์ประจำปี พ.ศ. 2555. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 1-17.
- จิระศักดิ์ ขอบแต่ง วีระพล พูนพิพัฒน์ อานูภาพ เสี่ยงสาย เฉลา พัทธสินสุข รัชดาวรรณ พูนพิพัฒน์ สุมณ โพธิ์จันทร์ และ วิโรจน์ วนาสิตชัยวัฒน์. 2558. ความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองไทย 1. ระยะเจริญเติบโต น้ำหนัก 100-150 กิโลกรัม. รายงานผลงานวิจัยประจำปี พ.ศ. 2558. สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 45-58.
- จิระศักดิ์ ขอบแต่ง อรวิมล แก้วเกลี้ยง ชัยกระมล คำเมือง ปฐวิมา บุตรชา และสุกัญญา คำพะแย. 2564. ความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองไทยสายอีสานเพศเมียระยะเจริญเติบโต. รายงานผลงานวิจัยสำนักพัฒนาอาหารสัตว์ประจำปี พ.ศ. 2564. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ.
- AOAC. 2016. Official Methods of Analysis. 20thed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA.
- Chaokaur, A., T. Nishida, I. Phaophaisan, P. Pholsen, R. Chaithang and K. Sommart. 2007. Energy metabolism and energy requirement for maintenance of Brahman steer in tropical condition. Proc 2nd Inter. Symp. On Energy and Protein Metabolism and Nutrition, Vichy, France. 505-507.
- Chizzotti, M. L., S. C. V. Filho, L. O. Tedeschi, F. H. Chizzotti, and G. E. Carstens. 2007. Energy and protein requirements for growth and maintenance of F₁Nellore×Red Angus bulls, steers, and heifers. J. Anim. Sci. 85:1971–1981.

- Ferrell, C. L., and T. G. Jenkins. 1998. Body composition and energy utilization by steers of diverse genotypes fed a high-concentrate diet during the finishing period. Part I. Angus, Belgian Blue, Hereford and Piedmontese sires. *J. Anim. Sci.* 76:637–646.
- Galyean, M. L, N. A. Cole, L. O. Tedeschi, and M. E. Branine. 2016. Efficiency of converting digestible energy to metabolizable energy and reevaluation of the California Net Energy System maintenance requirements and equations for predicting dietary net energy values for beef cattle. *J. Anim. Sci.* 94: 1329-1341.
- ISO. 2009. ISO 5983-2: 2009. Animal feeding stuffs-Determination of nitrogen content and calculation of crude protein content-Part2: Block digestion and steam distillation method.
- Liang, J. B., and B. A. Young. 1995. Comparative energetic efficiencies of male Malaysian cattle and buffalo. *Livest. Prod. Sci.* 41: 19-27.
- Lofgreen, G., and W. Garrett. 1968. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. *J. Anim. Sci.* 27: 793-806.
- NASEM, National Academies of Sciences, Engineering and Medicine 2016. Nutrient Requirements of Beef Cattle, 8th ed.; National Academic Press: Washington, DC, USA.
- NRC. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th Revised Edition. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- Tangjitwattanachai, N., and K. Sommart. 2007. Metabolizable energy requirements for maintenance of Thai Native and Brahman beef cattle: Evaluations based on observations of energy retention. *Khon Kaen Agri. J.* 35:287-300.
- Tedeschi, L.O., C. Boin, D.G. Fox, P.R. Leme, G.F. Alleoni and D.P.D. Lanna. 2002. Energy requirement for maintenance and growth of Nellore bulls and steers fed high-forage diets. *J. Anim. Sci.* 80: 1671–1682.
- Undersander, D., D. W. Mertens, and N. Theix. 1993. Forage Analysis Procedures. National Forage Testing Association, Omaha, NE.
- Wei, M., L. Chen, X.M. Lian, Z.Q. Chen and P.S. Yan. 2018. Energy and protein requirements for maintenance of Southern Yellow cattle fed a corn silage or straw-based diet. *Livest. Sci.* 207: 75-82.