

ความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองไทยสายอีสานเพศเมีย ระยะเจริญเติบโต

จิระศักดิ์ ขอบแต่ง^{1/} อรวิมล แก้วเกลี้ยง^{2/} ชัยกระมล คำเมือง^{3/} ปฎิมา บุตรชา^{4/} สุกัญญา คำพะแย^{4/}

บทคัดย่อ

การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารสัตว์ของโคต้องอาศัยข้อมูลความต้องการโภชนะของสัตว์ร่วมกับข้อมูลคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารสัตว์ การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองไทยสายอีสานเพศเมียระยะเจริญเติบโต ใช้โคพื้นเมืองอายุเฉลี่ย 19 ± 0.5 เดือน น้ำหนักตัวเฉลี่ย 122 ± 13 กิโลกรัม จำนวน 20 ตัว แบ่งโคออกเป็น 4 กลุ่มตามน้ำหนักตัว กลุ่มละ 5 ตัว โดยในแต่ละกลุ่มสุ่มให้โคได้รับสิ่งทดลอง ดังนี้ 1) โคกลุ่มฐานจำนวน 4 ตัว สำหรับใช้สร้างแบบจำลองทางสถิติทำนายลักษณะต่าง ๆ ของโคทดลองตัวอื่น 2) กลุ่มที่ได้รับอาหารแบบเต็มที่ (ad libitum, AL) และศึกษาซากเมื่อเลี้ยงได้ 83 วัน จำนวน 4 ตัว (AL1) 3) กลุ่มที่ได้รับอาหารแบบ AL และศึกษาซากเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (214 วัน) จำนวน 4 ตัว (AL2) 4) กลุ่มที่ได้รับอาหารในระดับ 70 เปอร์เซ็นต์ของกลุ่ม AL และศึกษาซากเมื่อสิ้นสุดการทดลองจำนวน 4 ตัว และ 5) กลุ่มที่ได้รับอาหารในระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ของกลุ่ม AL และศึกษาซากเมื่อสิ้นสุดการทดลองจำนวน 4 ตัว ประเมินคุณค่าทางโภชนะโดยใช้วิธี total collection ประเมินความต้องการโปรตีนของโคโดยใช้วิธี comparative slaughtering ความต้องการโปรตีนสุทธิ (net protein requirement for maintenance) และโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (metabolizable protein requirement for maintenance) ของโคทดลองมีค่าเท่ากับ 0.69 และ 1.76 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมทาบอликของน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (empty body weight, EBW) ตามลำดับ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (k_{pm}) และเพื่อการเจริญเติบโต (k_{pg}) มีค่าเท่ากับ 0.39 และ 0.32 ตามลำดับ นอกจากนี้ ความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต (net protein requirement for growth) ของโคพื้นเมืองไทยสายอีสานเพศเมียระยะเจริญเติบโตที่มีน้ำหนักตัวระหว่าง 100-250 กิโลกรัม คำนวณโดยใช้สมการดังนี้ $241.63 \times EBW^{0.13}$

คำสำคัญ: ความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพ ความต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโต โคพื้นเมืองสายอีสานเพศเมีย

เลขทะเบียนวิชาการ: 65(2)-0214-010

^{1/} สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ ต.บางกะดี อ.เมือง จ.ปทุมธานี 12000

^{2/} ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์นครราชสีมา ต.ปากช่อง อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา 30130

^{3/} ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์เลย ต.ศรีสงคราม อ.วังสะพุง จ.เลย 42130

^{4/} ศูนย์วิจัยและพัฒนามาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง ต.ท่าพระ อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40260

Protein requirements for maintenance and growth of growing female north-eastern Thai indigenous cattle

Jeerasak Chobtang^{1/} Ornvimol Kaeokliang^{2/} Chaikramon Kummuang^{3/}
Patima Butcha^{4/} Sukanya Kamphayae^{4/}

Abstract

Increased feed use efficiency of cattle requires information associated with nutrient requirements of animal and nutritive values of feedstuff. This study aimed to determine protein requirements for maintenance and growth of north-eastern Thai indigenous heifers. Totally, 20 north-eastern Thai indigenous heifers with average body weight of 122 ± 13 kg and 19 ± 0.5 months old were divided into 4 groups (5 animals each) based on live bodyweight. Individual animals in a group were assigned as follows: 1) reference group (4 animals) using for developing prediction equations, 2) ad libitum (AL) feeding and slaughtered 83 days of a trial period (4 animals, AL1), 3) AL feeding and slaughtered at the end of the trial (214 days) (4 animals, AL2), 4) 70%AL feeding and slaughtered at the end of the trial (4 animals) and 5) 40%AL feeding and slaughtered at the end of the trial (4 animals). The nutritive values of rations were evaluated using the total collection method. Protein requirements were assessed using the comparative slaughtering method. Net and metabolizable protein requirements for maintenance of the cattle were 0.69 and 1.76 g/kg of $EBW^{0.75}$, respectively. Metabolizable protein use efficiency for maintenance (k_{pm}) and growth (k_{pg}) were 0.39 and 0.32, respectively. Moreover, an equation to estimate net protein requirement for growth of the cattle with body weights between 100-250 kg was $241.63 \times EBW^{-0.13}$.

Keywords: protein requirement for maintenance, protein requirement for growth, north-eastern Thai indigenous cattle, female

Registered No: 65(2)-0214-010

^{1/} Bureau of Animal Nutrition Development, Bangkadee, Muang, Pathum Thani, 12000.

^{2/} Nakhon Ratchasima Animal Nutrition Research and Development Center, Pak Chong, Nakhon Ratchasima, 30130.

^{3/} Loei Animal Nutrition Research and Development Center, Wang Saphung, Loei, 42130.

^{4/} Ruminants Feeding Standard Research and Development Center, Thapra, Muang, KhonKaen, 40260.

บทนำ

โคพื้นเมืองไทยเป็นโคเขตร้อน (*Bos indicus*) ที่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมของประเทศไทยได้ดี เป็นโคขนาดเล็ก ทนทานต่อสภาพอากาศร้อนชื้น ทนต่อโรคพยาธิและแมลงรบกวนได้ดี หากินเก่ง ประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ดีและสามารถใช้ประโยชน์จากอาหารหยาบได้ดี (กรมปศุสัตว์, 2545) ลักษณะปรากฏของโคพื้นเมืองไทยแตกต่างกันไปตามภูมิภาค เช่น โคพื้นเมืองไทยสายอีสานซึ่งสามารถพบได้ทั่วไปในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย Chobtang et al. (2012) และ อิทธิพลและสำราญ (2549) รายงานว่า โคพื้นเมืองไทยสายอีสานเพศผู้ระยะเจริญเติบโตที่ได้รับการจัดการอาหารที่ดีมีอัตราการเจริญเติบโตได้ถึง 0.8 กิโลกรัมต่อวัน

การจัดการด้านอาหารสัตว์โคเนื้ออย่างมีประสิทธิภาพนั้นโคจะต้องได้รับโภชนาการต่าง ๆ สอดคล้องกับความต้องการเพื่อให้สามารถแสดงศักยภาพทางพันธุกรรมได้เต็มที่ซึ่งนอกจากจะช่วยลดการสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแล้วยังช่วยเพิ่มผลตอบแทนจากการเลี้ยงโคอีกด้วย อย่างไรก็ตาม ความต้องการโภชนาการของโคเนื้อจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ พันธุ์ เพศ อายุ ระยะของการเจริญเติบโตปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมรวมถึงปริมาณและคุณภาพของอาหาร (NASEM, 2016) โดยเฉพาะอิทธิพลของเพศซึ่งจะส่งผลต่อปริมาณการกินได้ การเจริญเติบโตและการสะสมเนื้อเยื่อในร่างกายของสัตว์ (Irshad et al., 2013) ซึ่งเกิดจากอิทธิพลของฮอร์โมนเพศ (NASEM, 2016) CSIRO (2007) รายงานว่า โคเพศเมียมีความต้องการโภชนาการต่ำกว่าเพศผู้ประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์

คณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย (2551) ประเมินความต้องการโภชนาการของโคเนื้อในประเทศไทยโดยใช้วิธีการอภิमानและรายงานความต้องการโปรตีนหยาบ (crude protein) ของโคพื้นเมืองไทยโดยไม่ได้คำนึงถึงอิทธิพลของเพศ โดยข้อมูลส่วนใหญ่ได้มาจากการทดลองในโคเพศผู้ ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองไทยสายอีสานเพศเมียระยะเจริญเติบโตสำหรับใช้เป็นข้อมูลในการประกอบสูตรอาหารสัตว์ให้มีความถูกต้องและแม่นยำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสัตว์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเลี้ยงสัตว์ทดลองและวิเคราะห์ทางเคมีดำเนินการที่ศูนย์วิจัยและพัฒนามาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง อำเภอมือง จังหวัดขอนแก่น และการศึกษาซากและการสุ่มตัวอย่างเนื้อเยื่อดำเนินการที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์มหาสารคาม อำเภอยะยั้ง จังหวัดมหาสารคาม ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2562 ถึงเดือนกันยายน 2563

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (randomized complete block design) มี 4 ซ้ำ สิ่งทดลอง คือ ระดับการให้อาหาร 3 ระดับ ได้แก่ 1) การให้อาหารแบบเต็มที่ (AL) ซึ่งมี 2 กลุ่มย่อย คือ กลุ่มที่ศึกษาซากเมื่อเลี้ยงได้ 83 วัน (AL1) และกลุ่มที่ศึกษาซากเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (AL2) 2) การให้อาหารในระดับ 70 เปอร์เซ็นต์ของ AL (70%AL) และ 3) การให้อาหารในระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ของ AL (40%AL)

สัตว์ทดลองและการจัดการ

โคพื้นเมืองไทยสายอีสานเพศเมีย อายุเฉลี่ย 19 ± 0.5 เดือน น้ำหนักตัวเฉลี่ย 122 ± 13 กิโลกรัม จำนวน 20 ตัว แบ่งโคที่มีน้ำหนักตัวใกล้เคียงกันออกเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 5 ตัว สุ่มให้โคแต่ละตัวจากแต่ละกลุ่มให้ได้รับ

สิ่งทดลอง ดังนี้ 1) กลุ่มฐานซึ่งเป็นโคสำหรับใช้ข้อมูลในการสร้างแบบจำลองทางสถิติสำหรับใช้ในการทำนายลักษณะต่าง ๆ เมื่อเริ่มต้นการทดลองของโคทดลองตัวอื่น ๆ จำนวน 4 ตัว 2) กลุ่มที่ได้รับอาหารแบบเต็มที่ (ad libitum, AL) และศึกษาซากเมื่อเลี้ยงได้ 83 วัน (AL1) จำนวน 4 ตัว 3) กลุ่มที่ได้รับอาหารแบบ AL และศึกษาซากเมื่อสิ้นสุดการทดลอง 214 วัน (AL2) จำนวน 4 ตัว 4) กลุ่มที่ได้รับอาหารในระดับ 70 เปอร์เซ็นต์ของกลุ่ม AL (70%AL) จำนวน 4 ตัว และศึกษาซากเมื่อสิ้นสุดการทดลองและ 5) กลุ่มที่ได้รับอาหารในระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ของกลุ่ม AL (40%AL) จำนวน 4 ตัว และศึกษาซากเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ทำการถ่ายพยาธิภายในและภายนอกและฉีดวิตามิน AD₃E ก่อนเริ่มต้นทดลอง 14 วัน ชั่งน้ำหนักสัตว์เพื่อวัดการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวของโคทุก ๆ 14 วัน

อาหารและการให้อาหาร

ประกอบสูตรอาหารครบส่วนให้มีคุณค่าทางโภชนาการเพียงพอสำหรับให้สัตว์กลุ่มที่ได้รับอาหารแบบเต็มที่ที่มีอัตราการเจริญเติบโตในอัตรา 0.75 กิโลกรัมต่อวัน (คณะกรรมการจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย, 2551) อาหารผสมครบส่วนที่มีหญ้าแพงโกลาแห้งเป็นแหล่งอาหารหลักและมีสัดส่วนอาหารชั้น : อาหารหยาบเท่ากับ 50 : 50 สูตรอาหารและองค์ประกอบทางเคมีแสดงในตารางที่ 1

การประเมินคุณค่าทางโภชนาการและโปรตีนที่ใช้ประโยชน์ได้

ประเมินการย่อยได้ของโภชนาการต่าง ๆ โดยใช้วิธี total collection method ในช่วง 7 วันก่อนสิ้นสุดการทดลองในแต่ละช่วงโดยเก็บข้อมูลติดต่อกัน 5 วัน บันทึกปริมาณการกินอาหารและปริมาณมูลและสุมเก็บตัวอย่างปริมาณ 1 กิโลกรัม อบโดยใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง แล้วบดผ่านตะแกรงที่มีรูขนาด 1 มิลลิเมตร สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมี

ประเมินปริมาณโปรตีนจุลินทรีย์ (microbial crude protein, MCP) ตามคำแนะนำของ Galyean and Tedeschi (2014) โดยใช้ข้อมูลปริมาณพลังงานที่ย่อยได้ทั้งหมดที่สัตว์กิน (total digestible nutrient intake, TDNI) โดยใช้สมการดังนี้ $MCP (g/d) = 42.73 + 0.087 \times TDNI (g/d)$

ประเมินปริมาณโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable protein, MP) โดยใช้สมมติฐานดังต่อไปนี้

(1) กำหนดให้จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนสามารถใช้โปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (rumen degradable protein, RDP) ในระดับ 85 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณ RDP ที่สัตว์กิน (NRC, 2001)

(2) กำหนดให้จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนที่สัดส่วนของโปรตีนแท้ (true protein) ในระดับ 80 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนทั้งหมดและสามารถย่อยและดูดซึมได้ในอัตรา 80 เปอร์เซ็นต์ (NRC, 2001)

(3) ประเมินปริมาณโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (rumen undegradable protein, RUP) ดังนี้ ปริมาณโปรตีนทั้งหมด (total crude protein) (g/d) = RDP (g/d) + RUP (g/d)

(4) กำหนดให้สัตว์สามารถย่อย RUP ได้ในระดับ 80 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณ RUP ที่สัตว์กิน (NRC, 2001)

(5) ปริมาณโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ที่สัตว์กิน (metabolizable protein intake) คือ ผลรวมของปริมาณโปรตีนจุลินทรีย์ที่ย่อยได้และปริมาณ RUP ที่ย่อยได้

ตารางที่ 1 สูตรอาหารและองค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่ใช้ในการทดลอง (วัตถุดิบแห้ง)

	อาหารชั้น	หญ้าแพงโกลาแห้ง	อาหารผสมครบส่วน
ส่วนประกอบ			
หญ้าแพงโกลาแห้ง	-	100	50.00
กากถั่วเหลือง	14.30	-	7.15
ข้าวโพดบด	13.00	-	6.50
กากปาล์ม	16.60	-	8.30
มันเส้น	26.40	-	13.20
รำละเอียด	26.20	-	13.10
ยูเรีย	1.50	-	0.75
ไดแคลเซียมฟอสเฟต	0.50	-	0.25
แคลเซียมคาร์บอเนต	0.50	-	0.25
พรีมิกซ์ ^{1/}	1.00	-	0.50
รวม	100	100	100
องค์ประกอบทางเคมี (% วัตถุดิบแห้ง)			
วัตถุดิบแห้ง (%)	89.90	87.92	88.91
โปรตีนหยาบ	20.09	4.26	12.18
ไขมัน	6.52	1.38	3.95
เถา	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

^{1/} ปริมาณวิตามินและแร่ธาตุต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งของวัตถุดิบ ได้แก่ เหล็ก = 18 กรัม โคบอลต์ = 0.15 มิลลิกรัม แมงกานีส = 18 กรัม คอปเปอร์ = 1.25 กรัม สังกะสี = 20 กรัม ไอโอดีน = 0.05 กรัม ซีลีเนียม = 0.05 กรัม วิตามินเอ = 3,000,000 IU วิตามินดี3 = 1,000,000 IU วิตามินอี = 3,000 IU อีทอกซิกวิน = 25 กรัม และ ซิลิคอนไดออกไซด์ = 5 กรัม

การศึกษาซากและการสุมตัวอย่าง

บันทึกน้ำหนักโคโดยก่อนชั่งน้ำหนักจะต้องอดอาหารนาน 18 ชั่วโมงและอดน้ำนาน 12 ชั่วโมง จะได้น้ำหนักมีชีวิตหลังอดอาหารและน้ำ (shrunk body weight, SBW, kg) ส่วนข้อมูลน้ำหนักซากไม่รวมเศษอาหารในระบบทางเดินอาหาร (empty body weight, EBW, kg) คำนวณโดยหักกลบน้ำหนักเศษอาหารในระบบทางเดินอาหารออกจาก SBW

ศึกษาลักษณะซากและสุมตัวอย่างเนื้อเยื่อของโคทดลองตามวิธีการของ จีระศักดิ์และคณะ (2558) โดยแบ่งเนื้อเยื่อออกเป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ 1) เลือด 2) หนัง 3) เนื้อแดง 4) ไขมัน 5) กระดูก 6) อวัยวะภายในที่ไม่ใช่ระบบทางเดินอาหาร ได้แก่ หัวใจ ตับ ตับอ่อน หลอดลมและปอด ไต กระบังลมถุงน้ำดี อวัยวะเพศและ 7) อวัยวะภายในที่เป็นระบบทางเดินอาหาร ได้แก่ หลอดอาหาร กระเพาะรูเมน กระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก ลำไส้ใหญ่และขั้วลำไส้ ตัวอย่างจากชิ้นส่วนหัว หาง เอ็นและพังผืดนำไปรวมกับตัวอย่างกระดูก บันทึกปริมาณและสุมตัวอย่างชิ้นส่วนต่างๆ ในปริมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักชิ้นส่วน สุมตัวอย่างเลือดทันทีเพื่อป้องกันการแข็งตัว สุมตัวอย่างหนังจากด้านท้อง ด้านข้างและด้านหลังของลำตัวเพื่อใช้เป็นตัวแทนของหนังทั้งผืน

นำตัวอย่างชิ้นส่วนมารวมกันตามกลุ่มของเนื้อเยื่อ จากนั้นนำไปสับย่อยให้มีขนาดเล็กและบดผ่านเครื่องบดที่มีรูตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร จำนวน 3 ครั้ง แล้วสุ่มตัวอย่างปริมาณ 1 กิโลกรัม อบโดยใช้ตู้เป่าลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง แล้วบดผ่านตะแกรงที่มีรูขนาด 1 มิลลิเมตร สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมี

การวิเคราะห์ทางเคมี

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างอาหารสัตว์ อาหารเหลือ มูลสัตว์และเนื้อเยื่อต่าง ๆ ได้แก่ วัตถุแห้ง (dry matter, DM) โดยการอบด้วยตู้อบชนิด force-air oven ที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ตามวิธีที่ 930.15 (AOAC, 2016) วิเคราะห์หาโปรตีนด้วยการหาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนด้วยวิธี Kjeldahl แล้วใช้แฟคเตอร์ 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 วิเคราะห์ห่มนังเซลล์ (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 มูลสัตว์และเนื้อเยื่อต่าง ๆ โดยใช้เครื่อง adiabatic bomb calorimeter

การประเมินความต้องการโปรตีน

ประเมินความต้องการโปรตีนของโคโดยใช้วิธี comparative slaughtering method (Lofgreen and Garrett, 1968)

ความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพ

ประเมินความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (net protein requirement for maintenance, NP_m) โดยใช้สมการถดถอยอย่างง่าย (simple linear regression) ระหว่างอัตราการสะสมไนโตรเจนในร่างกาย (nitrogen retention, NR, g/kg EBW^{0.75}/d) และอัตราการกินไนโตรเจนของโคทดลอง (nitrogen intake, NI, g/kg EBW^{0.75}/d) โดยค่า NP_m คือ ปริมาณไนโตรเจนที่สัตว์สูญเสียเมื่อค่า NI = 0 (Amorim et al., 2020; Chizzotti et al., 2007) จากนั้นคำนวณเป็นโปรตีนโดยใช้แฟคเตอร์ 6.25

ประเมินความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (metabolizable protein requirement for maintenance, MP_m) โดยใช้สมการถดถอยอย่างง่ายระหว่างอัตราการกินโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable protein intake, MPI, g/kg EBW^{0.75}/d) และอัตราการสะสมโปรตีนในร่างกาย (retained crude protein, RCP, g/kg EBW^{0.75}/d) โดยค่า MP_m คือ ปริมาณโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ที่สัตว์กินแล้วมีค่า RCP = 0 (Almeida et al., 2020)

คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การใช้โปรตีนใช้ประโยชน์ได้เป็นโปรตีนสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (metabolizable protein use efficiency for maintenance, k_{pm}) ดังนี้ $k_{pm} = NP_m/MP_m$

ความต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโต

ประเมินความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต (net protein requirement for growth, NP_g) โดยใช้เฉพาะข้อมูลจากโคกลุ่มที่ได้รับอาหารแบบ AL (ทั้ง AL1 และ AL2) โดยใช้สมการ allometric (Chizzotti et al., 2007; ARC, 1980) ดังนี้ $Y = \alpha \times EBW^\beta$ โดยที่ Y หมายถึง ปริมาณโปรตีน (kg) ค่า EBW หมายถึง น้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหารในระบบทางเดินอาหารของสัตว์ (kg) และ α และ β เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของสมการและประเมินค่า NP_g สำหรับการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (empty body weight gain,

EBG) 1 กิโลกรัม ที่น้ำหนักตัว (EBW) ต่าง ๆ ของโคโดยใช้สมการ $NP_g \text{ (g/kg EBG)} = \alpha \times \beta \times EBW^{(\beta-1)}$ โดยที่ค่า α และ β ได้จากสมการ allometric (Chizzotti et al., 2007; ARC, 1980)

ประเมินความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (metabolizable protein requirement for growth, MP_g) โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างค่า NP_g และประสิทธิภาพการใช้โปรตีนเพื่อการเจริญเติบโต (k_{pg}) ดังนี้ $MP_g \text{ (g/kg EBG)} = NP_g/k_{pg}$ โดยค่า k_{pg} หมายถึง ค่าความชันของสมการถดถอยอย่างง่ายระหว่างอัตราการกินโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (MPI_g , g/kg $EBW^{0.75}/d$) โดยที่ $MPI_g \text{ (g/kg EBG)} = MPI \text{ (g/kg EBG)} - MPI_m \text{ (g/kg EBG)}$ และอัตราการสะสมโปรตีนในร่างกายของโค (RCP, g/kg $EBW^{0.75}/d$) (Tedeschi et al., 2002)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ลักษณะทั่วไปของโคกลุ่มฐานและแบบจำลองทางสถิติสำหรับใช้ประเมินลักษณะต่าง ๆ ของโคทดลอง

นำข้อมูล SBW EBW และปริมาณโปรตีนของโคกลุ่มฐานมาใช้ในการสร้างแบบจำลองทางสถิติสำหรับใช้ในการประเมินน้ำหนัก EBW และปริมาณโปรตีนของโคทดลอง (ตารางที่ 2) ผลการทดลอง พบว่า สามารถใช้ข้อมูลข้างต้นในการประเมินลักษณะต่าง ๆ ของโคทดลองโดยใช้สมการถดถอยอย่างง่าย (simple linear regression) ดังนี้ $Y_i = \alpha + \beta \times X_i$ โดยที่ Y_i หมายถึง น้ำหนัก EBW หรือปริมาณโปรตีนของโคทดลองและ X_i หมายถึง SBW หรือ EBW ของโคทดลอง ตามลำดับ และค่า α และ β หมายถึง ค่าจุดตัดแกนตั้ง (y-intercept) และค่าความชันของสมการ (slope) ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ค่า α ของสมการถดถอยอย่างง่ายข้างต้นมีค่าไม่แตกต่างจากศูนย์ ($p > 0.05$) แบบจำลองทางสถิติสำหรับใช้ในการทำนายลักษณะต่าง ๆ ของโคทดลองแสดงในตารางที่ 2

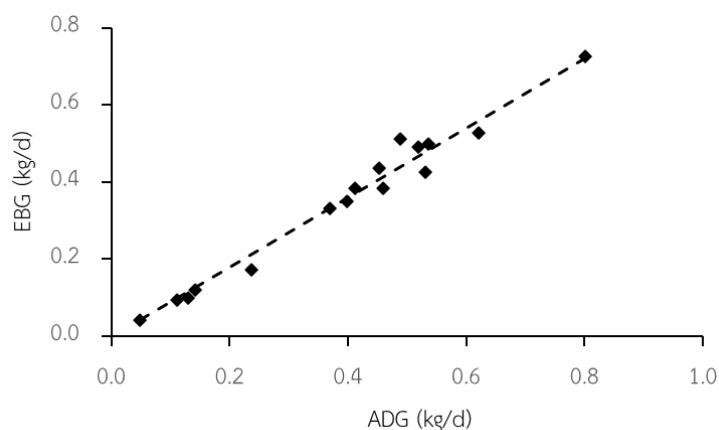
ตารางที่ 2 ลักษณะทั่วไปของโคกลุ่มฐานและแบบจำลองทางสถิติสำหรับใช้ในการประเมินลักษณะต่าง ๆ โคทดลองและแบบจำลองทางสถิติสำหรับใช้ในการประเมินอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร

ลักษณะ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
น้ำหนักตัวก่อนฆ่า (กิโลกรัม)	124.00	19.54
น้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (empty body weight, EBW) (กิโลกรัม)	104.82	16.35
ปริมาณโปรตีน (protein yield, PY) (กิโลกรัม)	21.24	2.92

	สมการ	β (mean $\pm$ SE)	r-square
น้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBW)	$EBW = \beta \times SBW$	0.85 ± 0.01	0.99
ปริมาณโปรตีน (PY)	$PY = \beta \times EBW$	0.20 ± 0.01	0.99

สมรรถนะการผลิตของสัตว์

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัว (ADG, kg/d) และอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBG, kg/d) ของโคกลุ่มที่ได้รับอาหารแบบเต็มที่เป็นแบบสมการถดถอยอย่างง่ายดังนี้ $EBG = 0.90 (\pm 0.02) \times ADG$ ($R^2 = 0.99$) (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างอัตราการเจริญเติบโต (ADG) และอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBG) เป็นสมการถดถอยอย่างง่ายดังนี้ $EBG = 0.90 (\pm 0.02) \times ADG$, $r\text{-square} = 0.99$

การจำกัดอาหารมีผลทำให้โคมีปริมาณการกินอาหารและโภชนะต่าง ๆ ลดลง ($p < 0.05$) ซึ่งส่งผลให้โคมีอัตราการสะสมโปรตีนและสมรรถนะการเจริญเติบโตลดลง ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตาม การจำกัดอาหารไม่ทำให้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะต่าง ๆ เปลี่ยนแปลง ($p > 0.05$) (ตารางที่ 3)

ผลของระดับการกินอาหารและค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะต่าง ๆ ขึ้นกับหลายปัจจัย Chizzotti et al. (2007) รายงานว่า การจำกัดปริมาณการกินอาหารของโคเนื้อทำให้อัตราการไหลผ่านของอาหาร (passage rate) ลดลงอาจจะส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะมีค่าเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม Deng et al. (2014) พบว่า ในแกะพันธุ์ดอร์เปอร์การจำกัดอาหารในระดับ 45 และ 65% ของระดับการกินเต็มที่แม้จะมีผลอย่างมากกับปริมาณการกินได้ของโภชนะต่าง ๆ แต่ไม่ทำให้การย่อยได้ของวัตถุดิบอินทรีย์วัตถุและโปรตีนแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 3 สมรรถนะการผลิต ปริมาณการกินได้ สัมประสิทธิ์การย่อยได้และค่าพลังงานของอาหารของโคที่ได้รับอาหารในปริมาณแตกต่างกัน

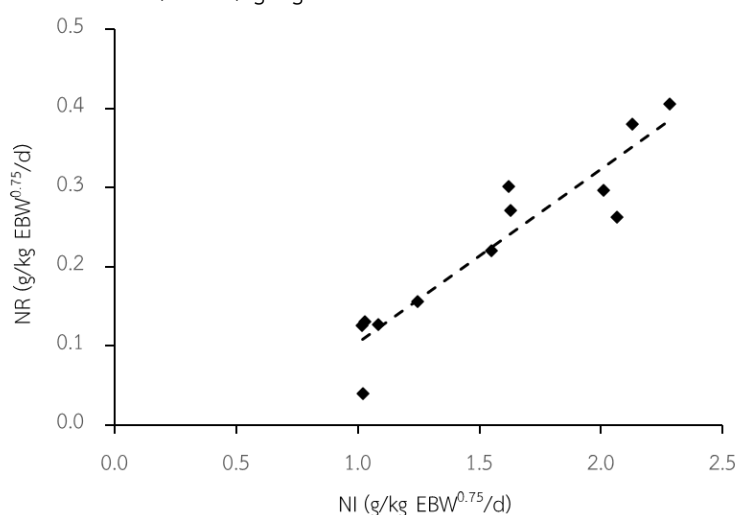
	AL1	AL2	70%AL	40%AL	SEM	p-value
น้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง (kg)	126.75	119.50	119.00	122.63	1.66	0.3168
น้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหารเริ่มต้นการทดลอง (kg)	107.10	100.98	100.56	103.62	1.40	0.3167
น้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง (kg)	170.63	224.38 ^a	188.50 ^b	143.50 ^c	5.74	0.0002
น้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหารสิ้นสุดการทดลอง (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
น้ำหนักโปรตีน (kg)	26.09	39.43 ^a	32.93 ^b	25.80 ^c	1.02	0.0003
อัตราการสะสมโปรตีน ($\text{g/kg EBW}^{0.75}/\text{d}$)	0.06	0.08 ^a	0.05 ^b	0.01 ^c	0.005	0.0003
ปริมาณการกินได้ ($\text{g/kg EBW}^{0.75}/\text{d}$)						
วัตถุดิบ	107.21	106.37 ^a	78.01 ^b	52.33 ^c	1.66	0.0001
โปรตีน	13.50	13.27 ^a	9.44 ^b	6.48 ^c	0.32	0.0001
โปรตีนใช้ประโยชน์ได้	8.59	8.32 ^a	5.84 ^b	3.89 ^c	0.22	0.0001
สัมประสิทธิ์การย่อยได้ (%)						
วัตถุดิบ	62.78	68.74	64.92	63.87	2.03	0.2781

โปรตีน	69.86	68.13	65.38	64.46	1.49	0.2691
ไขมัน	87.29	80.11	75.53	78.84	1.97	0.3099
ผนังเซลล์	55.25	62.80	59.65	57.25	2.90	0.4476
ลิพิด	52.69	60.89	57.45	56.12	2.81	0.5059
โภชนาที่น้อยได้ทั้งหมด	66.28	71.32	67.51	67.17	1.86	0.2893

AL1 = กลุ่มที่ได้รับอาหารแบบเต็มและศึกษาซากเมื่อเลี้ยงได้ 83 วัน; AL2 = กลุ่มที่ได้รับอาหารแบบเต็มและศึกษาซากเมื่อสิ้นสุดการทดลอง 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} ที่กำกับค่าเฉลี่ยแตกต่างกันหมายถึงค่าเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติ (เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติเฉพาะกลุ่ม AL2 70%AL และ 40%AL โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test)

ความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (Net protein requirement for maintenance, NP_m)

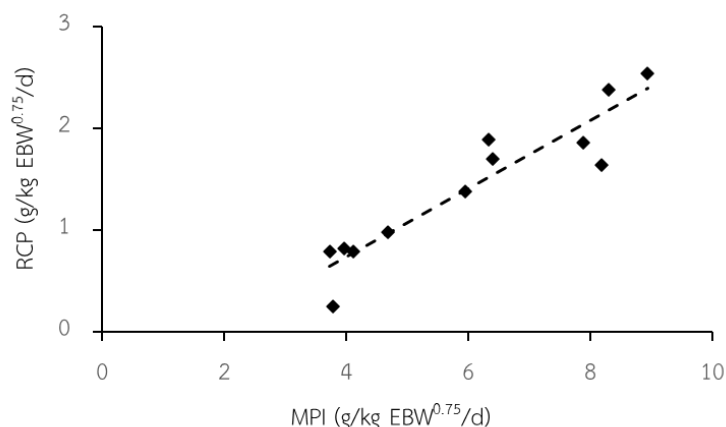
ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสะสมไนโตรเจน (NR) และอัตราการกินไนโตรเจน (NI) ของโคทดลองเป็นแบบเส้นตรง (ภาพที่ 2) โดยมีค่าจุดตัดแกนตั้งเท่ากับ $-0.11 (\pm 0.04)$ ดังนั้น ค่า NP_m หรือ ปริมาณโปรตีนที่มีการสูญเสียเมื่อค่า NI = 0 ของโคพื้นเมืองสายอีสานเพศเมียระยะเจริญเติบโตมีค่าเท่ากับ $0.69 (\pm 0.25)$ g/kg EBW^{0.75}/d หรือเท่ากับ $0.59 (\pm 0.21)$ g/kg SBW^{0.75}/d



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างอัตราการกินไนโตรเจน (NI) และอัตราการสะสมไนโตรเจนในร่างกายของโค (NR) เป็นสมการถดถอยอย่างง่ายดังนี้ $NR = 0.22 (\pm 0.03) \times NI - 0.11 (\pm 0.04)$, r -square = 0.87

ความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (Metabolizable protein requirement for maintenance, MP_m)

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกินโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ (MPI) และอัตราการสะสมโปรตีนในร่างกายสัตว์ (RCP) แสดงในภาพที่ 3 ซึ่งเป็นแบบเส้นตรง ปริมาณการกินโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ที่มีค่า RCP = 0 หรือค่า MP_m มีค่าเท่ากับ 1.76 g/kg EBW^{0.75}/d หรือเท่ากับ 1.50 g/kg SBW^{0.75}/d ดังนั้น ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (k_{pm}) มีค่าเท่ากับ 0.39



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างอัตราการกินโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ (MPI) และอัตราการสะสมโปรตีนในร่างกายของโค (RCP) เป็นสมการถดถอยอย่างง่ายดังนี้ $RCP = 0.34 (\pm 0.04) \times MPI - 0.60 (\pm 0.26)$, $r\text{-square} = 0.87$

โคพื้นเมืองไทยสายอีสานเพศเมียระยะเจริญเติบโตมีความต้องการโปรตีนสุทธิ ($NP_m = 0.69$ g/kg $EBW^{0.75}/d$) และโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ ($MP_m = 1.76$ g/kg $EBW^{0.75}/d$) ต่ำกว่าของโคเซตร้อนของประเทศบราซิลซึ่ง Chizzotti et al. (2008) รายงานว่า โค Nellore เพศเมีย ระยะเจริญเติบโต มีค่า NP_m และ MP_m เท่ากับ 1.74 และ 2.60 g/kg $EBW^{0.75}/d$ ตามลำดับ และค่า NP_m และ MP_m ของโคลูกผสม F1 Nellore $\times$ Red Angus เพศเมีย ระยะเจริญเติบโต เท่ากับ 2.53 และ 3.78 g/kg $EBW^{0.75}/d$ ตามลำดับ (Chizzotti et al., 2007) อย่างไรก็ตาม สัมประสิทธิ์การใช้โปรตีนใช้ประโยชน์ได้ (k_{pm}) ของโคพื้นเมืองไทยสายอีสานเพศเมียระยะเจริญเติบโต (0.39) ใกล้เคียงกับค่า k_{pm} ของโคเซตร้อนของประเทศบราซิลโดย Souza et al. (2012) รายงานว่า มีค่าเท่ากับ 0.37 ซึ่งค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับค่า k_{pm} ของโคยุโรปซึ่ง NRC (1985) รายงานว่า มีค่าเท่ากับ 0.67

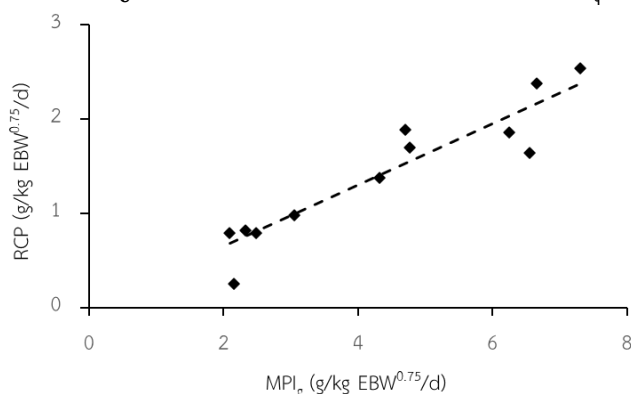
ความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต (Net protein requirement for growth, NP_g)

ค่าเฉลี่ย ($\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของค่า α และ β ที่ได้จากการสมการ allometric ระหว่างปริมาณโปรตีน (kg) และน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (kg) มีค่าเท่ากับ 0.276 (± 0.005) และ 0.874 (± 0.006) ตามลำดับ ดังนั้น แบบจำลองทางสถิติสำหรับการประเมินความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการเจริญเติบโตของโคทดลองดังนี้ NP_g (g/kg EBG) = $241.63 \times EBW^{-0.13}$ จากสมการนี้สรุปได้ว่าโคพื้นเมืองไทยสายอีสานเพศเมียที่อยู่ในระยะเจริญเติบโตและมีน้ำหนักตัวอยู่ระหว่าง 100 – 250 กิโลกรัม มีความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร 1 กิโลกรัม อยู่ในช่วง 136 – 120 กรัม โดยโคที่มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นจะมีความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อเพิ่มน้ำหนักตัวน้อยลง เช่น โคพื้นเมืองไทยสายอีสานเพศเมียระยะเจริญเติบโตที่มีน้ำหนักตัว 100 กิโลกรัม มีความต้องการโปรตีนสุทธิ 136 กรัม สำหรับการเพิ่มน้ำหนักตัว ในขณะที่โคที่มีน้ำหนักตัว 250 กิโลกรัม ต้องการโปรตีนสุทธิเพียง 120 กรัม เท่านั้น ในทำนองเดียวกัน Souza et al. (2012) รายงานว่า โคเซตร้อนมีความต้องการโปรตีนสุทธิในการเพิ่มน้ำหนักตัวลดลงตามน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และรายงานว่ โค Nellore ที่มีน้ำหนักตัว 250 กิโลกรัม ต้องการโปรตีนสุทธิถึง 137 กรัม เพื่อเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม

ความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (Net protein requirement for growth, MP_g)

สำหรับการประเมินความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (MP_g) นั้นต้องใช้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้โปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (k_{pg}) ซึ่งหมายถึง ค่าความชัน (slope) ของสมการถดถอยอย่างง่ายระหว่างปริมาณการกินโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโตและปริมาณการสะสมโปรตีนในร่างกายของโคซึ่งมีค่าเท่ากับ $0.32 (\pm 0.02)$ (ภาพที่ 4) ซึ่งค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับค่า k_{pg} ของโคลูกผสม Holstein $\times$ Gyr เพศเมียระยะเจริญเติบโตซึ่งมีค่า k_{pg} เท่ากับ 0.51 (Castro et al., 2020)

NASEM (2016) รายงานว่า ปัจจัย เช่น สายพันธุ์ เพศ อายุ รูปแบบการเลี้ยง คุณภาพของอาหารและสภาพแวดล้อมอื่นๆ ส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้และการสะสมโปรตีนซึ่งจะทำให้โคมีความต้องการโปรตีนแตกต่างกัน สำหรับโคพื้นเมืองไทยจากการทดลองนี้แม้ว่าจะมีความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ค่อนข้างต่ำแต่ประสิทธิภาพในการใช้โปรตีนทั้งเพื่อการดำรงชีพและเพื่อการเจริญเติบโตก็ต่ำด้วยเช่นกันซึ่งน่าจะเกิดจากสมรรถนะทางพันธุกรรมทางด้านการเจริญเติบโตที่ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับโคเชตอบอน (Bos taurus)



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างอัตราการกินโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (MPI_g) และอัตราการสะสมโปรตีนในร่างกายของโค (RCP) และเป็นสมการถดถอยอย่างง่ายดังนี้ $RCP = 0.32 (\pm 0.02) \times MPI_g$, $r\text{-square} = 0.97$

ความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ของโคพื้นเมืองสายอีสานเพศเมียระยะเจริญเติบโต

จากข้อมูลความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพและเพื่อการเจริญเติบโตนำมาสรุปเป็นความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้สำหรับโคที่มีน้ำหนักตัวและอัตราการเจริญเติบโตต่าง ๆ ได้ดังตารางที่ 4 เช่น โคพื้นเมืองไทยสายอีสานเพศเมียที่อยู่ในระยะเจริญเติบโตที่มีน้ำหนักตัว 250 กิโลกรัม มีความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพรวม 98 กรัมต่อวัน และถ้าต้องการให้โคมีอัตราการเจริญเติบโต 600 กรัมต่อวัน ต้องมีการจัดการอาหารให้โคได้รับโปรตีนใช้ประโยชน์ได้อีก 203 กรัมต่อวัน รวมเป็นโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ที่โคต้องได้รับเท่ากับ 301 กรัมต่อวัน

ตารางที่ 4 ความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้สำหรับโคพื้นเมืองไทยสายอีสานที่มีน้ำหนักตัวและอัตราการเจริญเติบโตในระดับต่าง ๆ

SBW (kg)	ADG (g/d)	Total MP (g/d)
100	0	49
	200	126
	400	202
	600	278
150	0	67
	200	139
	400	212
	600	284
200	0	83
	200	153
	400	222
	600	292
250	0	98
	200	166
	400	233
	600	301

SBW หมายถึง น้ำหนักตัวของโคหลังอดอาหารและน้ำนาน 18 และ 12 ชั่วโมง (kg = กิโลกรัม) ตามลำดับ ADG หมายถึง อัตราการเจริญเติบโต (g/d = กรัมต่อวัน) และ Total MP หมายถึง ความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมด (ความต้องการเพื่อการดำรงชีพ + ความต้องการเพื่อการเจริญเติบโต)

สรุปผลการทดลอง

ความต้องการโปรตีนสุทธิและโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพของโคพื้นเมืองสายอีสานเพศเมีย ระยะเจริญเติบโตที่มีน้ำหนักตัวอยู่ระหว่าง 100 – 250 กิโลกรัม มีค่าเท่ากับ $0.59 \text{ g/kg SBW}^{0.75}/\text{d}$ และ $1.50 \text{ g/kg SBW}^{0.75}/\text{d}$ ตามลำดับ สมการสำหรับการประเมินความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการเจริญเติบโตดังนี้ $NP_g (\text{g/kg EBW}) = 241.63 \times \text{EBW}^{-0.13}$ และมีค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (k_{pg}) เท่ากับ 0.32

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคุณคุณวิโรจน์ ฤทธิ์ฤชัย ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์มหาสารคาม ที่อำนวยความสะดวกในการศึกษาซากโคทดลอง คุณวชิรวิทย์ พิชวงค์ และเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์มหาสารคาม คุณศุภกิจ สุนาโท คุณยุทธนา ภูมาศ คุณไชโย นามโนรินทร์ คุณบุษบา วรรณศรี คุณเสาวภา ยลถวิล คุณพิศมัย ชัยนนท์ คุณวิไลวัลย์ ภูเขตวัน และคุณธนวัต โชติเจริญ ที่ให้ความช่วยเหลือในการศึกษาซากโคทดลอง ขอขอบคุณคุณราไพร นามสาลี คุณวรรณภา อ่างทอง และเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยและพัฒนามาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องในการวิเคราะห์ผลทางเคมี

เอกสารอ้างอิง

- กรมปศุสัตว์. 2545. การเลี้ยงโคพื้นเมือง. เอกสารคำแนะนำ. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด กรุงเทพฯ. 42 หน้า.
- คณะกรรมการจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย. 2551. ความต้องการโภชนะของโคเนื้อในประเทศไทย. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- จิระศักดิ์ ขอบแตง วีระพล พูนพิพัฒน์ อานูภาพ เสี่ยงสาย เฉลา พัทธ์สินสุข รัชดาวรรณ พูนพิพัฒน์ สุมณ โพธิ์จันทร์ และ วิโรจน์ วนาสิตชัยวัฒน์. 2558. ความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองไทย 1. ระยะเจริญเติบโต น้ำหนัก 100-150 กิโลกรัม. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2558. สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- อิทธิพล เผ่าไพศาล และ สำราญ วิจิตรพันธ์. 2549. ผลของปริมาณโปรตีนและพลังงานที่กินต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของโคเนื้อพันธุ์พื้นเมืองไทย. รายงานผลการวิจัยกองอาหารสัตว์ประจำปี 2549. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- Almeida, A.K., E. Kebreab, K.T. Resende, A.N. Medeiros and I.A.M.A. Teixeira. 2020. Genotype effects on energy and protein requirements in growing male goats. *Animal* 14: s323-s331.
- Amorim, T.R., A.L. Silva, M.M. Ladeira, M.L. Chizzotti, C.S. Cunha, O.R. Machado Neto, J.R.R. Carvalho, R.R.P.S. Corte, L.F. Mueller, A.S.C. Pereira and M.I. Marcondes. 2020. Nitrogen metabolism and protein requirements for maintenance of growing Red Norte bulls. *Animal* 14: 763-770.
- AOAC. 2016. Official Methods of Analysis. 20th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA.
- ARC, 1980. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough.
- Castro, M.M.D., R.L. Albino, J.P.P. Rodrigues, A.L.L. Sguizzato, M.M.F. Santos, P.P. Rotta, J.S. Caton, L.E.F.D. Moraes, F.F. Silva and M.I. Marcondes. 2020. Energy and protein requirements of Holstein × Gyr crossbred heifers. *Animal*. doi:10.1017/S1751731120000622.
- Chizzotti, M.L., L.O. Tedeschi and S.C. Valadares Filho. 2008. A meta-analysis of energy and protein requirements for maintenance and growth of Nellore cattle. *J. Anim. Sci.* 86: 1588-1597.
- 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 F₁ Nellore × Red Angus bulls, steers, and heifers. *J. Anim. Sci.* 85: 1971–1981.

- Chobtang, J., W. Phunphipat and S. Phoju. 2012. Growth performance and nitrogen use efficiency of Thai indigenous bulls received different amounts of diet. In: The 15th AAAP Animal Science Congress: Improving Smallholder and Industrial Livestock Production for Enhancing Food Security, Environment and Human Welfare, Bangkok, Thailand.
- CSIRO. 2007. Nutrient Requirements of Domesticated Ruminants. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Collingwood, Australia.
- Deng, K.D., Diao, Q.Y., Jiang, C.G., Tu, Y., Zhang, N.F., Liu, J., Ma, T., Zhao, Y.G., Xu, G.S., 2012. Energy requirements for maintenance and growth of Dorper crossbred ram lambs. *Livest. Sci.* 150, 102-110.
- Galyean, M.L. and L.O. Tedeschi. 2014. Predicting microbial protein synthesis in beef cattle: Relationship to intakes of total digestible nutrients and crude protein. *J. Anim. Sci.* 92: 5099–5111.
- Irshad, A., G. Kandeepan, S. Kumar, A. Ashish Kumar, M. R. Vishnuraj, and V. Shukla. 2013. Factors Influencing Carcass Composition of Livestock: a Review. *J. Anim. Prod. Adv.* 3: 177-186.
- ISO. 2009. ISO 5983-2: 2009. Animal feeding stuffs-Determination of nitrogen content and calculation of crude protein content-Part 2: block digestion and steam distillation method.
- 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.). Nutrient requirements of domestic animals. Washington, DC: National Academy Press
- NRC. 1985. Ruminant Nitrogen Usage. National Academy Press, Washington, DC.
- NRC. 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7th ed. Update 2000. National Research Council. National Academy Press, Washington, DC.
- NRC. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th Revised Edition. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- Souza, E.J.O., S.C. Valadares Filho, A. Guim, R.F.D. Valadares, M.I. Marcondes, M.A. Ferreira, L.F. Prados and P.B. Benedeti. 2012. Protein requirements for females of Nellore, Nellore × Angus and Nellore × Simmental fed on two forage: concentrate ratios. *Revista Brasileira de Zootecnia.* 41: 762-770.
- 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.