

ความต้องการพลังงานและโปรตีนเพื่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองไทย ระยะเจริญเติบโต: การวิเคราะห์ห่อภิมาณ (meta-analysis)

จีระศักดิ์ ขอบแต่ง^{1/}

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความต้องการพลังงานสุทธิและโปรตีนสุทธิของโคพื้นเมืองไทยระยะเจริญเติบโตโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ห่อภิมาณ ใช้ข้อมูลจากรายงานผลการศึกษาความต้องการโภชนาการของโคพื้นเมืองที่ใช้วิธีการศึกษาซากเชิงเปรียบเทียบ (comparative slaughtering technique) จำนวน 4 โครงการ ได้แก่ 1) ความต้องการพลังงานและโปรตีนของโคขาวลำพูน (โคพื้นเมืองภาคเหนือ) เพศผู้ 2) โคพื้นเมืองสายอีสาน เพศผู้ 3) โคพื้นเมืองสายอีสาน เพศเมีย และ 4) โคพื้นเมืองสายใต้ ซึ่งมีทั้งหมด 73 ชุดข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยให้การศึกษาเป็นปัจจัยสุ่ม (random effects) ผลการศึกษา พบว่า เพศของโคพื้นเมืองไทยระยะเจริญเติบโตไม่มีผล ($p>0.05$) ต่อความต้องการพลังงานสุทธิ ($NE_m = 76.72 \text{ kcal/kg EBW}^{0.75}/d$) และโปรตีนสุทธิเพื่อการดำรงชีพ ($NP_m = 0.50 \text{ g/kg EBW}^{0.75}/d$) อย่างไรก็ตาม เพศมีผล ($p<0.05$) ต่อความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (MP_m) โดยโคพื้นเมืองไทยเพศผู้ (โคขาวลำพูน พื้นเมืองไทยสายอีสานและโคพื้นเมืองไทยสายใต้) และโคพื้นเมืองไทยสายอีสานเพศเมียมีค่า MP_m เท่ากับ 1.19 และ 1.76 $\text{g/kg EBW}^{0.75}/d$ ตามลำดับ ในขณะที่เพศไม่มีผล ($p>0.05$) ต่อความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต (NE_g) โดยสมการสำหรับใช้ในการประเมินค่า NE_g ของโคพื้นเมืองไทยเป็นดังนี้ $NE_g (\text{kcal/kg EBG}) = 576 \times \text{EBW}^{0.34}$ แต่เพศมีผล ($p<0.05$) ต่อความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต โดยสมการสำหรับใช้ในการประเมินค่า NP_g สำหรับพื้นเมืองไทยเพศผู้และโคพื้นเมืองไทยสายอีสานเพศเมียเป็นดังนี้ $NP_g (\text{g/kg EBG}) = 114 \times \text{EBW}^{0.17}$ และ $NP_g (\text{g/kg EBG}) = 242 \times \text{EBW}^{0.13}$ ตามลำดับ

คำสำคัญ : ความต้องการโภชนาการเพื่อการดำรงชีพ ความต้องการโภชนาการเพื่อการเจริญเติบโต โคพื้นเมืองไทย

เลขทะเบียนวิชาการ : 67(2)-0214-021

^{1/}สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ อ.เมือง จ.ปทุมธานี

Requirements of energy and protein of growing Thai indigenous cattle: meta-analysis

Jeerasak Chobtang^{1/}

Abstract

The objective of the present study was to assess the net energy and net protein requirements of growing Thai native cattle using a meta-analysis method. Original datasets from four research projects were obtained. These studies performed a comparative slaughtering technique to assess nutrient requirements of Thai native cattle, comprising 1) male growing Kao Lumphun cattle (northern Thai native cattle), 2) male growing north-eastern Thai native cattle, 3) female growing north-eastern Thai native cattle and 4) male growing southern Thai native cattle (fighting bulls), making a total of 73 datasets. A study effect was taken as a random effect in the model. Results showed that there were not sex effects ($p > 0.05$) on net energy ($NE_m = 76.72 \text{ kcal/kg EBW}^{0.75}/\text{d}$) and net protein requirements for maintenance ($NP_m = 0.50 \text{ g/kg EBW}^{0.75}/\text{d}$). However, sex effects were observed ($p < 0.05$) on metabolizable protein requirements for maintenance (MP_m). The MP_m of male growing Thai native cattle (northern, north-eastern and southern cattle) and female growing north-eastern cattle were 1.19 and 1.76 g/kg $EBW^{0.75}/\text{d}$, respectively. There were not sex effects on net energy requirement for growth (NE_g). The equations to estimate NE_g was $NE_g \text{ (kcal/kg EBG)} = 576 \times EBW^{0.34}$. Net protein (NP_g) requirements for growth of growing Thai cattle were different between sexes. The equations to estimate NP_g for male and female cattle were as follows: $NP_g \text{ (g/kg EBG)} = 114 \times EBW^{0.17}$ and $NP_g \text{ (g/kg EBG)} = 242 \times EBW^{0.13}$, respectively.

Keywords: Nutrient requirement for maintenance, Nutrient requirement for growth, Thai native cattle

Registered No.: 67(2)-0214-021

^{1/} Bureau of Animal Nutrition Development, Muang, Pathumthani.

คำนำ

การเลี้ยงโคเนื้อเป็นอาชีพที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย จากสถิติของกรมปศุสัตว์ในปี 2565 ประเทศไทยมีโคเนื้อจำนวน 9.3 ล้านตัว และร้อยละ 52 ของจำนวนโคเนื้อที่เลี้ยงในประเทศไทยเป็นโคพื้นเมืองไทย (กรมปศุสัตว์, 2566) โคพื้นเมืองไทยเป็นโคเขตร้อนที่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมของประเทศไทย จัดเป็นโคที่มีขนาดเล็ก มีความทนทานต่อสภาพอากาศร้อนชื้น ทนต่อโรคพยาธิและแมลงรบกวน มีประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ดี หากินเก่งและสามารถใช้ประโยชน์จากอาหารหยาบได้ดี ลักษณะปรากฏของโคพื้นเมืองไทยแตกต่างกันไปตามภูมิภาค เช่น โคขาวลำพูนซึ่งพบมากในภาคเหนือ โคพื้นเมืองไทยสายอีสานซึ่งพบทั่วไปในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โคลานพบบอกแถวภาคกลางและโคพื้นเมืองไทยสายใต้ (โคชน) พบทั่วไปในภาคใต้ของประเทศไทย โคพื้นเมืองไทยที่ได้รับอาหารที่เหมาะสมมีอัตราการเจริญเติบโตได้ถึง 1 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน รวมถึงการมีลักษณะและคุณภาพซากที่ดี (จิระศักดิ์ และคณะ, 2555; เศกสรรค์ และคณะ, 2549; อาณาภ และคณะ, 2549; อธิพลและสำราญ, 2549)

ในการเลี้ยงโคเนื้อนั้นอาหารจัดเป็นต้นทุนที่สูงคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 60-70 ของต้นทุนทั้งหมด การจัดการอาหารสัตว์ให้สอดคล้องตามความต้องการต้องการโภชนะของสัตว์ช่วยให้สัตว์สามารถแสดงสมรรถนะทางพันธุกรรมได้อย่างเต็มที่และช่วยลดการสูญเสียอาหารจากการให้อาหารมากเกินไปตามความต้องการของสัตว์ ความต้องการโภชนะของสัตว์แตกต่างกันไปขึ้นกับสายพันธุ์ เพศ อายุ น้ำหนักตัวสัตว์ รวมถึงการจัดการและสภาพแวดล้อม (NASEM, 2016) ความต้องการพลังงานและโปรตีนของโคเนื้อระยะเจริญเติบโตนั้นสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนสำคัญ คือ 1) ความต้องการเพื่อการดำรงชีพ ซึ่งหมายถึงปริมาณพลังงานหรือโปรตีนในระดับต่ำสุดที่สัตว์ต้องการเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมขั้นพื้นฐาน (basal metabolism) และ 2) ความต้องการพลังงานหรือโปรตีนเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตหรือการเพิ่มน้ำหนักตัว

การวิเคราะห์ข้อมูลลออิมาน (meta- analysis) เป็นวิธีการที่สามารถสร้างชุดข้อมูลที่สามารถใช้อ้างอิงในขอบเขตที่กว้างขวางมากขึ้น (large inference space) เมื่อเทียบกับการศึกษาวิจัยเชิงเดี่ยวทั่วไป (single experimentation) ที่เป็นการหาคำตอบสำหรับคำถามที่มีความจำเพาะเจาะจง (specific hypothesis) การวิเคราะห์ลออิมานอาศัยหลักการพื้นฐานทางสถิติ (statistic method) ในการหาข้อสรุป (summary) โดยคำนึงถึงความแตกต่างของข้อกำหนด สภาพแวดล้อมและความแตกต่างด้านอื่น ๆ ของการวิจัยที่ได้รับรวบรวมมา ในปัจจุบันการวิเคราะห์ลออิมานได้รับการยอมรับว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งและมีการนำเทคนิคนี้ไปใช้ในการหาข้อสรุปด้านความต้องการโภชนะของสัตว์และเผยแพร่ทั้งในระดับชาติและระดับนานาชาติ เช่น ความต้องการโภชนะของโคเนื้อของประเทศไทยสหรัฐอเมริกา (NASEM, 2016) และความต้องการโภชนะของสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทยฝรั่งเศส (INRA, 2018) เป็นต้น

สำหรับประเทศไทย ในปี 2551 คณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย (2551) ได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการโภชนะของโคพื้นเมืองไทยโดยข้อมูลทั้งหมดได้จากการทดลองแบบ feeding trial และในการประเมินความต้องการโภชนะไม่ได้คำนึงถึงอิทธิพลของการทดลองที่มีความแตกต่างกัน ดังนั้น เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ทันสมัยและสามารถใช้เป็นมาตรฐานการให้อาหารสัตว์สำหรับเลี้ยงโคพื้นเมืองไทยอย่างมีประสิทธิภาพ การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ ประเมินความต้องการโภชนะพลังงานสุทธิและโปรตีนสุทธิเพื่อการดำรงชีพและเพื่อการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองไทยระยะเจริญเติบโตโดยวิธีการวิเคราะห์ลออิมาน

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาวิจัยนี้เป็นรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง (data acquisition) การสังเคราะห์ข้อมูล (data synthetization) และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงอภิมาน (meta-analysis) เพื่อให้ได้ข้อมูลสรุปเกี่ยวกับความต้องการโปรตีนและพลังงานเพื่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองไทยที่อยู่ในระยะเจริญเติบโต โดยเลือกเฉพาะข้อมูลที่ได้จากการศึกษาที่ใช้วิธีการศึกษาซากเชิงเปรียบเทียบ (comparative slaughtering technique)

1. ชุดข้อมูล

การศึกษาค้างนี้ใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลของสำนักพัฒนาอาหารสัตว์ซึ่งเป็นข้อมูลการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับความต้องการพลังงานและโปรตีนของโคพื้นเมืองไทยระยะเจริญเติบโตโดยใช้วิธีการศึกษาซากเชิงเปรียบเทียบจำนวน 4 โครงการ ได้แก่ 1) การศึกษาความต้องการพลังงานและโปรตีนของโคขาวลำพูน เพศผู้ ระยะเจริญเติบโต (จีระศักดิ์ และคณะ, 2555; จีระศักดิ์, 2566ก) 2) การศึกษาความต้องการพลังงานและโปรตีนของโคพื้นเมืองไทยสายอีสาน เพศผู้ ระยะเจริญเติบโต (จีระศักดิ์ และคณะ, 2558; จีระศักดิ์, 2566ข) 3) การศึกษาความต้องการพลังงานและโปรตีนของโคพื้นเมืองไทยสายอีสาน เพศเมีย ระยะเจริญเติบโต (จีระศักดิ์ และคณะ, 2565; ชัยกระมล และคณะ, 2566) และ 4) การศึกษาความต้องการพลังงานและโปรตีนของโคพื้นเมืองไทยสายใต้ เพศผู้ ระยะเจริญเติบโต (คมสัน และคณะ, 2565; จีระศักดิ์, 2566ค)

โดยทั้ง 4 โครงการดำเนินการทดลองในลักษณะเดียวกัน จำนวนสัตว์ทดลองกลุ่มฐานจากทุกโครงการรวมทั้งหมด 18 ตัว สัตว์ทดลองที่ได้รับอาหารแบบเต็มที่ได้จากทุกโครงการจำนวนทั้งหมด 21 ตัว สัตว์ทดลองกลุ่มจำกัดอาหารในระดับ 70 เปอร์เซ็นต์ของกลุ่มที่กินอาหารแบบเต็มที่จำนวนทั้งหมด 17 ตัว และสัตว์ทดลองกลุ่มจำกัดอาหารในระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ของกลุ่มที่กินอาหารแบบเต็มที่จำนวนทั้งหมด 17 ตัว ดังนั้น ข้อมูลซากและองค์ประกอบทางเคมีของซากสัตว์ทดลองจากทุกโครงการจำนวนทั้งหมด 73 ชุดข้อมูลโดยสัตว์ทดลองมีอายุอยู่ในช่วง 1 – 2 ปี มีน้ำหนักตัวอยู่ในช่วง 102 – 301 กิโลกรัม

2. การจัดการข้อมูล

การจัดการข้อมูลสำหรับใช้ในการประเมินความต้องการพลังงานและโปรตีนเพื่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโตดำเนินการตามวิธีการของ Lofgreen and Garrett (1968) และการศึกษาค้างนี้ใช้ข้อมูลจากสัตว์ทดลองรายตัว (individual dataset) ที่ได้จากแต่ละโครงการ

การพัฒนาสมการทางสถิติสำหรับการทำนายค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องและการประเมินความต้องการพลังงานและโปรตีนเพื่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองไทยใช้แบบจำลองทางสถิติที่เป็นแบบผสม (mixed model) ซึ่งเป็นการผสมระหว่างตัวแปรที่เป็นปัจจัยคงที่ (fixed effect) และตัวแปรที่เป็นปัจจัยสุ่ม (random effect) โดยในการศึกษาค้างนี้ใช้การศึกษา (study หรือ experiment) เป็นปัจจัยสุ่ม

โดยในส่วนของการพัฒนาสมการถดถอยอย่างง่าย (simple linear regression) ที่เป็น mixed model ดำเนินการตามคำแนะนำของ St-Pierre (2001) และ Chizzotti et al. (2008) และสำหรับการพัฒนาสมการถดถอยที่ไม่ใช่เส้นตรง (non-linear regression) เพื่อใช้ในการประเมินค่าความต้องการพลังงานและโปรตีนเพื่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโตที่เป็น mixed model ดำเนินการตามคำแนะนำของ Souza et al (2017)

2.1 การประเมินน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร

ทำนายน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (empty body weight, EBW, kg/animal) ของโคมีชีวิตโดยใช้ข้อมูลน้ำหนักตัวของสัตว์ที่อดอาหารนาน 18 ชม. และอดน้ำนาน 12 ชม. (shrunk body weight, SBW, kg/animal) โดยใช้ linear mixed model ดังสมการที่ (1)

$$Y_{ijk} = B_0 + B_1X_{ijk} + S_j + b_jX_{ijk} + e_{ijk} \dots\dots\dots (1)$$

โดยที่ Y_{ijk} หมายถึง น้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBW) ของสัตว์ทดลองลำดับที่ k จากเพศลำดับที่ i ของการศึกษาลำดับที่ j

B_0 หมายถึง จุดตัดแกนตั้ง หรือ ค่าเฉลี่ยของประชากร (μ) ที่เฉลี่ยจากทุกการศึกษา (เรื่อง)

B_1 หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์เมื่อค่า Y ถดถอยบนค่า X (ปัจจัยคงที่)

X_{ijk} หมายถึง น้ำหนักตัวของสัตว์ที่อดอาหารนาน 18 ชม. และอดน้ำนาน 12 ชม. (SBW) ของสัตว์ทดลองลำดับที่ k จากเพศลำดับที่ i ของการศึกษาลำดับที่ j

S_j หมายถึง อิทธิพลของการศึกษาลำดับที่ j (ปัจจัยสุ่ม)

b_j หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์เมื่อค่า Y ถดถอยบนค่า X ของการศึกษาลำดับที่ j (ปัจจัยสุ่ม)

e_{ijk} หมายถึง ความคลาดเคลื่อน

2.2 การประเมินอัตราการเจริญเติบโตไม่รวมเศษอาหาร

ทำนายอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (Empty body weight gain, EBG, kg/d) โดยใช้ข้อมูลอัตราการเจริญเติบโต (average daily gain, ADG, kg/d) โดยใช้ linear mixed model ดังสมการที่ (2)

$$Y_{ijk} = B_0 + B_1X_{ijk} + S_j + b_jX_{ijk} + e_{ijk} \dots\dots\dots (2)$$

โดยที่ Y_{ijk} หมายถึง อัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBG) ของสัตว์ทดลองลำดับที่ k จากเพศลำดับที่ i ของการศึกษาลำดับที่ j

B_0 หมายถึง จุดตัดแกนตั้ง หรือ ค่าเฉลี่ยของประชากร (μ) ที่เฉลี่ยจากทุกการศึกษา (เรื่อง)

B_1 หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์เมื่อค่า Y ถดถอยบนค่า X (ปัจจัยคงที่)

X_{ijk} หมายถึง อัตราการเจริญเติบโต (ADG) ของสัตว์ทดลองลำดับที่ k จากเพศลำดับที่ i ของการศึกษาลำดับที่ j

S_j หมายถึง อิทธิพลของการศึกษาลำดับที่ j (ปัจจัยสุ่ม)

b_j หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์เมื่อค่า Y ถดถอยบนค่า X ของการศึกษาลำดับที่ j (ปัจจัยสุ่ม)

e_{ijk} หมายถึง ความคลาดเคลื่อน

2.3 การประเมินความต้องการพลังงานสุทธิและพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ

ประเมินความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการผลิตความร้อน (heat production, HP, kcal/kg EBW^{0.75}/d) กับอัตราการกินพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy intake, MEI, kcal/kg EBW^{0.75}/d) (Lofgreen and Garrett, 1968) ซึ่งเป็นสมการ exponential equation ดังสมการที่ (3)

$$Y_{ijk} = B_0 e^{(B_1 \times X_{ijk})} + S_j + e_{ijk} \dots\dots\dots (3)$$

โดยที่ Y_{ijk} หมายถึง อัตราการผลิตพลังงานความร้อน (HP) ของสัตว์ทดลองลำดับที่ k จากเพศลำดับที่ i ของการศึกษาลำดับที่ j

B_0 หมายถึง จุดตัดแกนตั้ง หรือ ค่าเฉลี่ยของประชากร (μ) ที่เฉลี่ยจากทุกการศึกษา (เรื่อง)

B_1 หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์เมื่อค่า Y ถดถอยบนค่า X (ปัจจัยคงที่)

X_{ijk} หมายถึง อัตราการกินพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (MEI) ของสัตว์ทดลองลำดับที่ k จากเพศลำดับที่ i ของการศึกษาลำดับที่ j

S_j หมายถึง อิทธิพลของการศึกษาลำดับที่ j (ปัจจัยสุ่ม)

e_{ijk} หมายถึง ความคลาดเคลื่อน

ประเมินความต้องการพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (metabolizable energy requirement for maintenance, ME_m) ได้โดยการดูลสมการ $HP = B_0 \times e^{(B_1 \times MEI)}$ และจะได้ค่า ME_m เมื่อค่า $HP = MEI$ (Lofgreen and Garrett, 1968)

ประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อการดำรงชีพ (k_m) ดังนี้ $k_m = NE_m/ME_m$ (Fernandes et al., 2007; NRC, 2001)

2.4 การประเมินความต้องการโปรตีนสุทธิและโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ

ประเมินความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (net protein requirement for maintenance, NP_m) โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสูญเสียไนโตรเจน (nitrogen loss, NL, g/kg EBW^{0.75}/d) และอัตราการกินไนโตรเจนของโคทดลอง (nitrogen intake, NI, g/kg EBW^{0.75}/d) ดังสมการที่ (4) โดยค่า NP_m คือ ปริมาณไนโตรเจนที่สัตว์สูญเสียเมื่อไม่มีการกินไนโตรเจน หรือ ค่า $NI = 0$ (Amorim et al., 2020; Chizzotti et al., 2007) จากนั้น คำนวณเป็นโปรตีนโดยใช้แฟคเตอร์ 6.25

$$Y_{ijk} = B_0 + B_1X_{ijk} + S_j + b_jX_{ijk} + e_{ijk} \dots\dots\dots (4)$$

โดยที่ Y_{ijk} หมายถึง อัตราการสูญเสียไนโตรเจน (NL) ของสัตว์ทดลองลำดับที่ k จากเพศลำดับที่ i ของการศึกษาลำดับที่ j

B_0 หมายถึง จุดตัดแกนตั้ง หรือ ค่าเฉลี่ยของประชากร (μ) ที่เฉลี่ยจากทุกการศึกษา (เรื่อง)

B_1 หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์เมื่อค่า Y ถดถอยบนค่า X (ปัจจัยคงที่)

X_{ijk} หมายถึง อัตราการกินไนโตรเจน (NI) ของสัตว์ทดลองลำดับที่ k จากเพศลำดับที่ i ของการศึกษาลำดับที่ j

S_j หมายถึง อิทธิพลของการศึกษาลำดับที่ j (ปัจจัยสุ่ม)

e_{ijk} หมายถึง ความคลาดเคลื่อน

ประเมินความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (metabolizable protein requirement for maintenance, MP_m) โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกินโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ (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 อัตราโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ที่สัตว์กินแล้วไม่มีการสะสมโปรตีนในร่างกาย หรือ ค่า $RCP = 0$ (Almeida et al., 2020) ดังสมการที่ (5)

$$Y_{ijk} = B_0 + B_1X_{ijk} + S_j + b_jX_{ijk} + e_{ijk} \dots\dots\dots (5)$$

โดยที่ Y_{ijk} หมายถึง อัตราการสะสมโปรตีน (RCP) ของสัตว์ทดลองลำดับที่ k จากเพศลำดับที่ i ของการศึกษาลำดับที่ j

B_0 หมายถึง จุดตัดแกนตั้ง หรือ ค่าเฉลี่ยของประชากร (μ) ที่เฉลี่ยจากทุกการศึกษา (เรื่อง)

B_1 หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์เมื่อค่า Y ถดถอยบนค่า X (ปัจจัยคงที่)

X_{ijk} หมายถึง อัตราการกินโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ (MPI) ของสัตว์ทดลองลำดับที่ k จากเพศลำดับที่ i ของการศึกษาลำดับที่ j

S_j หมายถึง อิทธิพลของการศึกษาลำดับที่ j (ปัจจัยสุ่ม)

e_{ijk} หมายถึง ความคลาดเคลื่อน

ประเมินประสิทธิภาพการใช้โปรตีนเพื่อการดำรงชีพ (k_{pm}) ดังนี้ $k_{pm} = NP_m/MP_m$ (Fernandes et al., 2007; NRC, 2001)

2.5 การประเมินความต้องการพลังงานและโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโต

ประเมินค่าสัมประสิทธิ์จุดตัดแกนตั้ง (B_0) และค่าความชัน (B_1) ของความสัมพันธ์แบบ allometric equation ระหว่างปริมาณพลังงาน (energy yield, EY, kcal/animal) หรือ ปริมาณโปรตีนในร่างกาย (protein yield, PY, kg/animal) และข้อมูลน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBW, kg/animal) ของสัตว์กลุ่มที่ได้รับอาหารแบบเต็มที่ (ad libitum) ดังสมการที่ (6)

$$Y_{ijk} = B_0 X_{ijk}^{B_1} + S_j + e_{ij} \dots\dots\dots (6)$$

โดยที่ Y_{ijk} หมายถึง ปริมาณพลังงาน (EY) หรือ ปริมาณโปรตีน (PY) ของสัตว์ทดลองลำดับที่ k ของเพศลำดับที่ i จากการศึกษาลำดับที่ j

B_0 หมายถึง จุดตัดแกนตั้ง หรือ ค่าเฉลี่ยของประชากร (μ) ที่เฉลี่ยจากการศึกษา (เรื่อง)

B_1 หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์เมื่อค่า Y ถอดอยบนค่า X (ปัจจัยคงที่)

X_{ij} หมายถึง น้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBW) ของสัตว์ทดลองลำดับที่ k ของเพศลำดับที่ i จากการศึกษาลำดับที่ j

S_j หมายถึง อิทธิพลของการศึกษาลำดับที่ j (ปัจจัยสุ่ม)

e_{ijk} หมายถึง ความคลาดเคลื่อน

จากนั้น หาค่า first partial derivative ของสมการ allometric equation โดยการทำ differentiation สมการที่ (6) ดังนั้น จะได้เป็นสมการที่ (7)

$$Y = 10^{B_0+s+e} B_1 X^{(B_1-1)} \dots\dots\dots (7)$$

และเนื่องจากค่า S และ e มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ ดังนั้น ความต้องการพลังงานสุทธิและโปรตีนสุทธิเพื่อการเจริญเติบโตหรือการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร 1 กิโลกรัม ของโคพื้นเมืองไทยสามารถประเมินได้ดังสมการที่ (8) โดยใช้ค่า B_0 และ B_1 จากสมการที่ (6)

$$Y = 10^{B_0} B_1 X^{(B_1-1)} \dots\dots\dots (8)$$

3. การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อหาอิทธิพลของเพศโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) แบบ mixed model โดยใช้เพศ (sex) และตัวแปรอิสระเป็นปัจจัยคงที่ (fixed effects) และใช้การศึกษา (study) เป็นปัจจัยสุ่ม (random effects) และหากพบว่าเพศมีอิทธิพลทางสถิติ ($p < 0.05$) การประเมินความต้องการพลังงานและโปรตีนจะแยกออกเป็นเพศผู้และเพศเมีย อย่างไรก็ตาม หากเพศไม่มีอิทธิพลทางสถิติ ($p > 0.05$) การประเมินจะไม่แยกเพศ สำหรับการทดสอบอิทธิพลของเพศดำเนินการโดยกำหนดให้เพศเป็น dummy variable ในแบบจำลองทางสถิติ โดยหากมีอิทธิพลของเพศมีความแตกต่างทางสถิติ หมายความว่าสมการถดถอยของแต่ละเพศ (เพศผู้และเพศเมีย) จะมีจุดตัดแกนตั้ง หรือ ค่าสัมประสิทธิ์ B_0 แตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) ในทำนองเดียวกัน หากพบว่ามีอิทธิพลของปฏิกริยาร่วม (interaction) ระหว่างเพศและตัวแปรอิสระ (เช่น อัตราการกินพลังงานใช้ประโยชน์ได้ หรือ น้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร) หมายความว่า ค่าความชัน (slope) หรือ ค่าสัมประสิทธิ์ B_1 ของสมการมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งเกิดจากอิทธิพลของเพศ

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ข้อมูลทั่วไป

ข้อมูลการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับความต้องการพลังงานและโปรตีนของโคพื้นเมืองไทยระยะเจริญเติบโต โดยใช้วิธีการศึกษาจากเชิงเปรียบเทียบจำนวน 4 โครงการ (ตารางที่ 1)

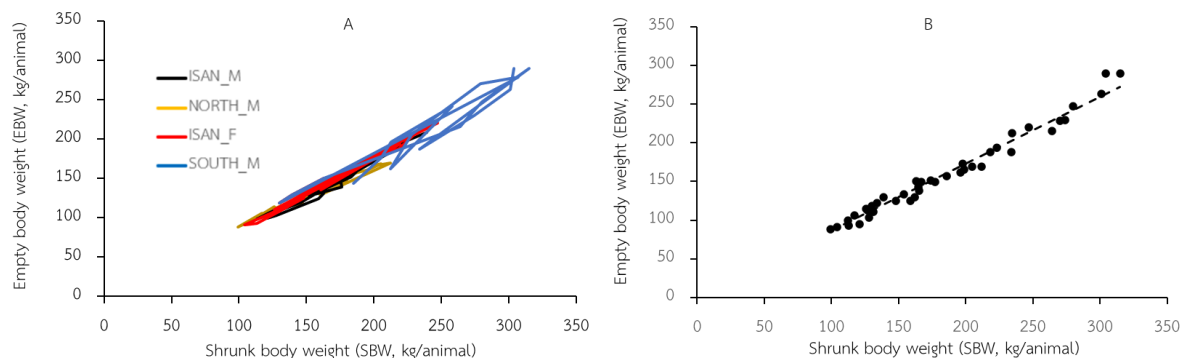
ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของของโคพื้นเมืองไทยระยะเจริญเติบโตสำหรับการวิเคราะห์ห่อภิมาณ

รายการ	iSBW	fSBW	iEBW	fEBW	ADG	EBG	MEI	RE	NI	NR
	กก./ตัว	กก./ตัว	กก./ตัว	กก./ตัว	กก./วัน	กก./วัน	kcal/kg EBW ^{0.75} /d	kcal/kg EBW ^{0.75} /d	g/kg EBW ^{0.75} /d	g/kg EBW ^{0.75} /d
โคขาวลำพูนเพศผู้										
ค่าเฉลี่ย	121.87	171.00	109.20	141.59	0.66	0.59	198.00	41.38	1.51	0.40
ค่าต่ำสุด	105.00	138.00	94.08	114.98	0.24	0.22	120.05	18.78	0.85	0.16
ค่าสูงสุด	132.00	212.00	118.28	169.52	1.12	1.00	276.87	66.99	2.20	0.65
ส่วนเบี่ยงเบน	7.30	24.07	6.54	19.28	0.33	0.29	57.97	15.60	0.48	0.14
มาตรฐาน										
โคพื้นเมืองสายอีสานเพศผู้										
ค่าเฉลี่ย	140.33	175.92	112.69	148.94	0.30	0.31	180.83	28.59	1.45	0.17
ค่าต่ำสุด	104.00	113.00	88.35	98.42	0.06	0.07	143.08	14.51	0.97	0.01
ค่าสูงสุด	178.00	239.00	137.93	208.65	0.52	0.60	222.23	38.12	1.96	0.31
ส่วนเบี่ยงเบน	23.65	33.8	15.85	31.60	0.14	0.16	24.74	8.19	0.34	0.10
มาตรฐาน										
โคพื้นเมืองสายอีสานเพศเมีย										
ค่าเฉลี่ย	120.38	185.46	101.82	162.98	0.33	0.29	194.13	33.63	1.30	0.16
ค่าต่ำสุด	102.00	126.00	86.61	110.70	0.05	0.04	109.39	3.44	0.85	0.01
ค่าสูงสุด	134.50	247.00	113.52	220.12	0.62	0.53	305.38	70.46	1.92	0.35
ส่วนเบี่ยงเบน	12.05	40.47	9.98	37.32	0.19	0.17	66.89	21.92	0.41	0.12
มาตรฐาน										
โคพื้นเมืองไทยสายใต้เพศผู้										
ค่าเฉลี่ย	143.88	256.69	132.37	226.75	0.44	0.36	257.31	16.93	1.24	0.24
ค่าต่ำสุด	124.00	181.00	114.08	144.08	0.25	0.13	117.15	4.50	0.69	0.10
ค่าสูงสุด	170.00	301.00	156.40	289.77	0.56	0.50	425.47	27.87	1.89	0.35
ส่วนเบี่ยงเบน	14.42	38.80	13.26	13.26	0.12	0.13	108.85	8.02	0.43	0.08
มาตรฐาน										

หมายเหตุ: iSBW = น้ำหนัก SBW เริ่มต้นการทดลอง; fSBW = น้ำหนัก SBW เมื่อสิ้นสุดการทดลอง; iEBW = น้ำหนัก EBW เมื่อเริ่มต้นการทดลอง; fEBW = น้ำหนัก EBW เมื่อสิ้นสุดการทดลอง; ADG = อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย; EBG = อัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหารเฉลี่ย; MEI = อัตราการกินพลังงานใช้ประโยชน์ได้; RE = อัตราการสะสมพลังงานในร่างกาย; NI = อัตราการกินไนโตรเจน; NR = อัตราการสะสมไนโตรเจนในร่างกาย

2. การประเมินน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร

ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักตัว SBW และ EBW ของโคพื้นเมืองไทยระยะเจริญเติบโตแสดงในภาพที่ 1(A) โดยจะเห็นได้ว่าโคมีน้ำหนัก EBW เพิ่มขึ้นตามน้ำหนัก SBW ที่เพิ่มขึ้นในทุกการศึกษา



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักตัว SBW และน้ำหนักตัว EBW ของโคพื้นเมืองไทยระยะเจริญเติบโต
A; ค่าสังเกตแยกตามลำดับของการศึกษา (NORTH_M: โคขาวลำพูนเพศผู้ ISAN_M: โคพื้นเมืองไทยสาย
อีสานเพศผู้ ISAN_F: โคพื้นเมืองไทยสายอีสานเพศเมีย และ SOUTH_M: โคพื้นเมืองไทยสายใต้เพศผู้
B; ค่าสังเกตไม่แยกลำดับของการศึกษาและลักษณะของเส้นกราฟที่ได้จากสมการถดถอยอย่างง่าย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า เพศไม่มีอิทธิพลทางสถิติ ($p > 0.05$) ต่อค่าจุดตัดแกนตั้งและค่าความชันของสมการ (ตารางภาคผนวกที่ 1) และเมื่อวิเคราะห์ข้อมูลโดยนำเอาอิทธิพลของเพศออกจากการวิเคราะห์ผลการวิเคราะห์ พบว่า ค่าจุดตัดแกนตั้งไม่มีความแตกต่างจากศูนย์ ($p > 0.05$) ดังแสดงในสมการที่ (9) และตารางภาคผนวกที่ 2 จากนั้น จึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยบังคับให้สมการมีจุดตัดแกนตั้งเท่ากับศูนย์และได้สมการสำหรับใช้ทำนายน้ำหนักตัว EBW จากน้ำหนักตัว SBW ดังแสดงในภาพที่ 1(B) และสมการที่ (10) ดังนี้

$$EBW \text{ (kg)} = 0.86 (\pm 0.03) SBW \text{ (kg)} - 0.69 (\pm 4.67) \dots\dots\dots (9)$$

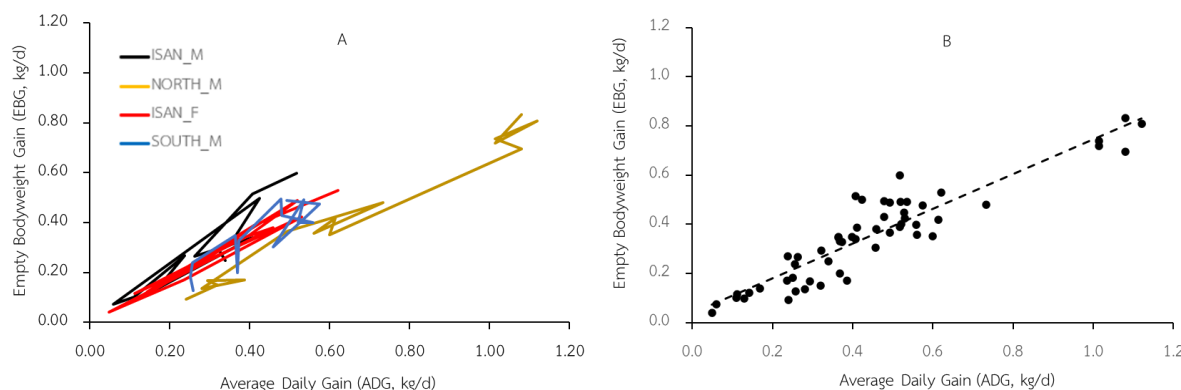
$$EBW \text{ (kg)} = 0.86 (\pm 0.01) SBW \text{ (kg)} \dots\dots\dots (10)$$

การอดอาหารนาน 18 ชม. ร่วมกับการอดน้ำนาน 12 ชม. (ข้ามคืน) ส่งผลให้ความแปรปรวนที่เกิดจากปริมาณเศษอาหารที่ตกค้างอยู่ในระบบทางเดินอาหารของโคลดลง และเมื่อทำการซ้ำหาละโคเพื่อหาค่า EBW แล้วพบว่า น้ำหนัก EBW คิดเป็น 86 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก SBW

NRC (2000) รายงานว่า น้ำหนัก EBW ของโคเนื้อมีค่าอยู่ในช่วง 85-95 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก SBW ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์ คุณภาพของอาหารที่ใช้รวมไปถึงการจัดการอาหารสัตว์ที่มีความแตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม ในประเทศบราซิล Valadares Filho et al. (2016) รายงานว่า โค Zebu (*Bos indicus*) ที่อยู่ในระยะเจริญเติบโตมีค่า EBW เฉลี่ยเท่ากับ 86.3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก SBW ซึ่งใกล้เคียงกับโคพื้นเมืองไทย

3. การประเมินอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร

ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBG) และอัตราการเจริญเติบโต (ADG) ของโคพื้นเมืองไทยระยะเจริญเติบโตแสดงในภาพที่ 2(A) โดยจะเห็นได้ว่าโคมีค่า EBG เพิ่มขึ้นตามค่า ADG ที่เพิ่มขึ้นในทุกการศึกษา



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจริญเติบโต (ADG) และอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBG) ของโคพื้นเมืองไทยระยะเจริญเติบโต

A; ค่าสังเกตแยกตามลำดับการศึกษา (NORTH_M: โคขาวลำพูนเพศผู้ ISAN_M: โคพื้นเมืองไทยสายอีสานเพศผู้ ISAN_F: โคพื้นเมืองไทยสายอีสานเพศเมีย และ SOUTH_M: โคพื้นเมืองไทยสายใต้เพศผู้

B; ค่าสังเกตไม่แยกลำดับของการศึกษาและลักษณะของเส้นกราฟที่ได้จากสมการถดถอยอย่างง่าย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า เพศไม่มีอิทธิพลทางสถิติ ($p>0.05$) ต่อค่าจุดตัดแกนตั้งและค่าความชันของสมการ (ตารางภาคผนวกที่ 3) และเมื่อวิเคราะห์ข้อมูลโดยนำเอาอิทธิพลของเพศออกจากการวิเคราะห์ผลการวิเคราะห์ พบว่า ค่าจุดตัดแกนตั้งไม่มีความแตกต่างจากศูนย์ ($p>0.05$) ดังแสดงในสมการที่ (11) และตารางภาคผนวกที่ 4 จากนั้น จึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยบังคับให้สมการมีจุดตัดแกนตั้งเท่ากับศูนย์และได้สมการสำหรับใช้ทำนายค่า EBG จากค่า ADG ดังแสดงในภาพที่ 2(B) และสมการที่ (12) ดังนี้

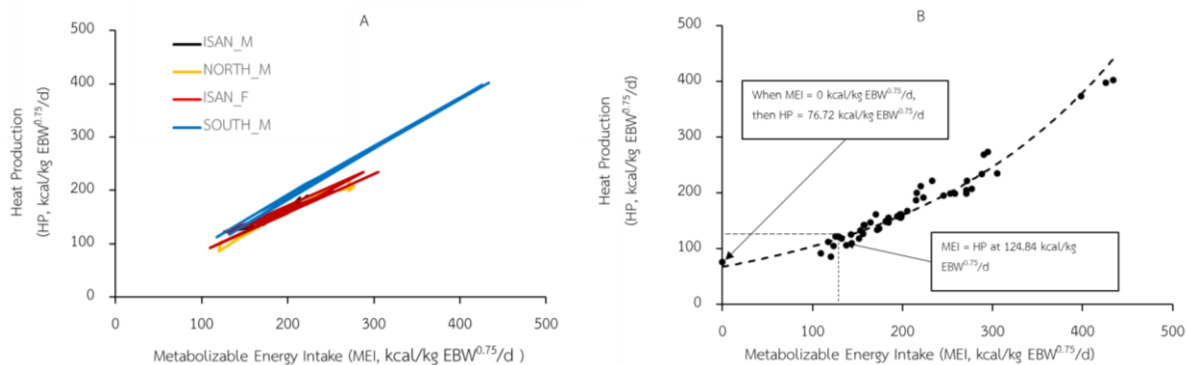
$$EBG \text{ (g/d)} = 0.92 (\pm 0.08) ADG \text{ (g/d)} - 0.04 (\pm 0.03) \dots\dots\dots (11)$$

$$EBG \text{ (g/d)} = 0.85 (\pm 0.07) ADG \text{ (g/d)} \dots\dots\dots (12)$$

ค่า EBG ของโคพื้นเมืองไทยระยะเจริญเติบโตคิดเป็น 85 เปอร์เซ็นต์ของค่า ADG ซึ่งมีค่าค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับโคยุโรป *Bos taurus* ซึ่ง NRC (2000) รายงานว่า มีค่า EBG เท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ของ ADG ส่วนข้อมูลจากประเทศบราซิล Valadares Filho et al. (2016) รายงานว่า โค Zebu (*Bos indicus*) ที่อยู่ในระยะเจริญเติบโตมีค่า ADG ระหว่าง 0.25 – 1.75 kg/d จะมีค่า EBG/ADG อยู่ในช่วง 0.94 – 0.97 และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.96 สำหรับโคที่ปล่อยแทะเล็มแปลงหญ้า กล่าวได้ว่า ความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์คุณภาพอาหารสัตว์และการจัดการอาหารสัตว์ที่มีแตกต่างกันอาจส่งผลต่อค่า EBG/ADG

4. ความต้องการพลังงานสุทธิและพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกินพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (MEI) และอัตราการผลิตพลังงานความร้อน (HP) ของโคพื้นเมืองไทยระยะเจริญเติบโตแสดงในภาพที่ 3(A) โดยจะเห็นได้ว่าโคมีค่า HP เพิ่มขึ้นตามค่า MEI ที่เพิ่มขึ้นในทุกการศึกษา



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกินพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (MEI) และอัตราการผลิตพลังงานความร้อน (HP) ของโคพื้นเมืองไทยระยะเจริญเติบโต

A; ค่าสังเกตแยกตามลำดับการศึกษา (NORTH_M: โคขาวลำพูนเพศผู้ ISAN_M: โคพื้นเมืองไทยสายอีสานเพศผู้ ISAN_F: โคพื้นเมืองไทยสายอีสานเพศเมีย และ SOUTH_M: โคพื้นเมืองไทยสายใต้เพศผู้

B; ค่าสังเกตไม่แยกลำดับของการศึกษาและลักษณะของเส้นกราฟที่ได้จากการสมการ exponential

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า เพศไม่มีอิทธิพลทางสถิติ ($p > 0.05$) ต่อค่าจุดตัดแกนตั้งและค่าความชันของสมการ (ตารางภาคผนวกที่ 5) กล่าวได้ว่า ความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (NE_m) ของโคพื้นเมืองไทยเพศผู้และเพศเมียไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกินพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (MEI) และปริมาณพลังงานความร้อนที่โคผลิต (HP) เป็นสมการ exponential ดังแสดงในภาพที่ 3(B) และสมการที่ (13) ดังนี้

$$HP \text{ (kcal/kg EBW}^{0.75}/\text{d)} = 76.72 (\pm 4.02) e^{0.0039 (\pm 0.0001) * MEI \text{ (kcal/kg EBW}^{0.75}/\text{d)}} \dots\dots (13)$$

จากภาพที่ 4 จะเห็นได้ว่า ค่า NE_m ของโคพื้นเมืองไทยเฉลี่ยเท่ากับ 76.72 ± 4.02 kcal/kg EBW^{0.75}/d และเมื่อคูณสมการจนค่า MEI = HP จะได้ค่า ME_m ซึ่งมีค่าเท่ากับ 124.84 kcal/kg EBW^{0.75}/d ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อการดำรงชีพ (k_m) โดยนำค่า NE_m/ME_m จะเท่ากับ 0.61

สัตว์เคี้ยวเอื้องใช้พลังงานเพื่อการดำรงชีพอยู่ในช่วง 50 – 70 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณพลังงานที่กิน (Derno et al., 2005) อย่างไรก็ตาม โคพื้นเมืองไทยระยะเจริญเติบโตใช้พลังงานเพื่อการดำรงชีพเฉลี่ยเท่ากับ $84.66 (\pm 7.05)$ เปอร์เซ็นต์ของพลังงานที่กินทำให้มีพลังงานเหลือสำหรับใช้ในการเจริญเติบโตน้อย นอกจากนี้โคพื้นเมืองไทยระยะเจริญเติบโตมีค่า NE_m (เฉลี่ยเท่ากับ 89.21 kcal/kg SBW^{0.75}/d) คำนวณโดยใช้สมการที่ (10): $EBW = 0.86 * SBW$ สูงกว่าของโค *Bos taurus* ที่ NASEM (2016) รายงานว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 77 kcal/kg SBW^{0.75}/d สำหรับโคเขตร้อนในประเทศบราซิล Valadares Filho et al. (2016) รายงานว่าค่า NE_m ของโค Zebu (*Bos indicus*) ที่อยู่ในระยะเจริญเติบโตมีค่า NE_m เฉลี่ยเท่ากับ 75 kcal/kg EBW^{0.75}/d ซึ่งใกล้เคียงกับโคพื้นเมืองไทย

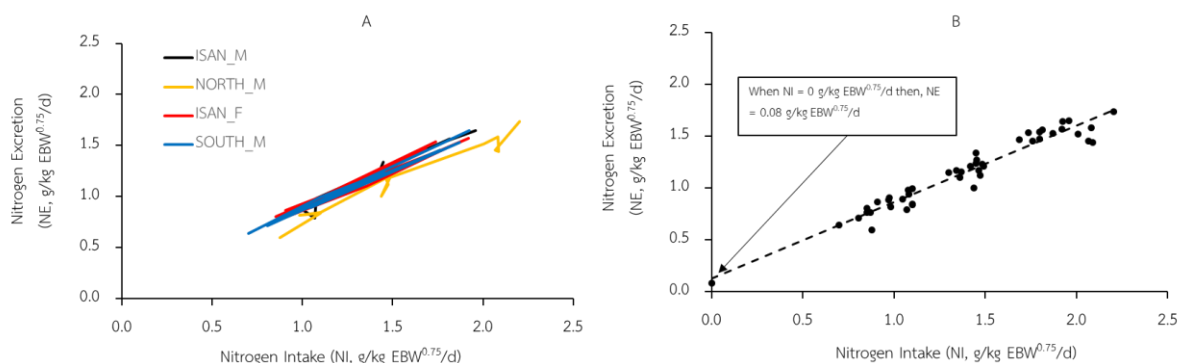
Chizzotti et al. (2007) รายงานว่า เพศของโค (เพศผู้ เพศเมีย และเพศผู้ตอน) ไม่มีผลต่อความต้องการพลังงานสุทธิ (NE_m) และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME_m) เพื่อการดำรงชีพของโคเนื้อลูกผสมพันธุ์ Nellor × Red Angus ระยะเจริญเติบโต โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 71.2 kcal/kg EBW^{0.75}/d และ 100.00 kcal/kg EBW^{0.75}/d ตามลำดับ

ประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อการดำรงชีพ (k_m) โคพื้นเมืองไทยระยะเจริญเติบโตมีค่าใกล้เคียงกับของโคพื้นเมืองของประเทศมาเลเซีย (0.64, Liang and Young, 1995) โคบราห์มันที่เลี้ยงในประเทศไทย (0.58, Chaokaur et al., 2007) และโค *Bos indicus* (0.64, คณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยว

เอื้องของประเทศไทย, 2551) แต่ต่ำกว่าค่า k_m ของโคเนื้อลูกผสมพันธุ์ Nellor × Red Angus ระยะเจริญเติบโตซึ่งมีค่าเท่ากับ 71.3 (Chizzotti et al., 2007)

5. ความต้องการโปรตีนสุทธิและโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกินไนโตรเจน (NI) และอัตราการสูญเสียไนโตรเจน (NE) ของโคพื้นเมืองไทยระยะเจริญเติบโตแสดงในภาพที่ 4(A) โดยจะเห็นได้ว่า ในทุกการศึกษา โคมีค่า NE เพิ่มขึ้นตามค่า NI ที่เพิ่มขึ้น



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกินไนโตรเจน (NI) และอัตราการสูญเสียไนโตรเจน (NL) ของโคพื้นเมืองไทยระยะเจริญเติบโต

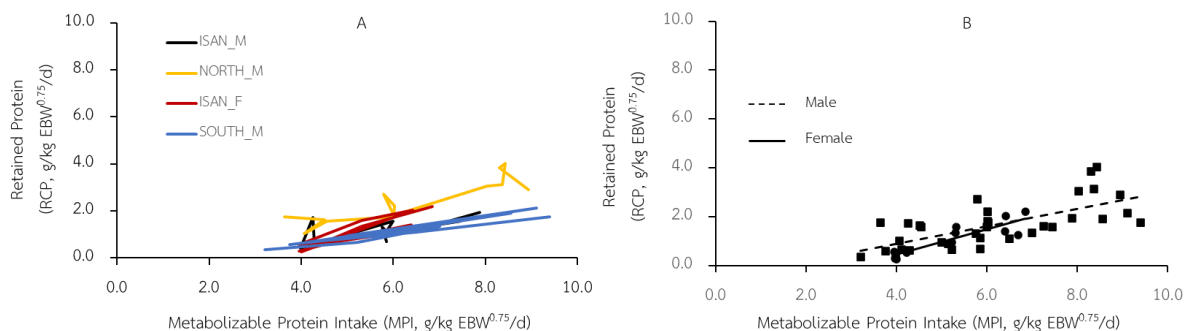
A; ค่าสังเกตแยกตามลำดับของการศึกษา (NORTH_M: โคขาวลำพูนเพศผู้ ISAN_M: โคพื้นเมืองไทยสายอีสานเพศผู้ ISAN_F: โคพื้นเมืองไทยสายอีสานเพศเมีย และ SOUTH_M: โคพื้นเมืองไทยสายใต้เพศผู้ B; ค่าสังเกตไม่แยกลำดับของการศึกษาและลักษณะของเส้นกราฟที่ได้จากสมการถดถอยอย่างง่าย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า เพศไม่มีอิทธิพลทางสถิติ ($p>0.05$) ต่อค่าจุดตัดแกนตั้งและค่าความชันของสมการ (ตารางภาคผนวกที่ 6) และเมื่อวิเคราะห์ข้อมูลโดยเอาอิทธิพลของเพศออกจากสมการได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางภาคผนวกที่ 7 และแสดงในภาพที่ 4(B) และสมการที่ (14) ดังนี้

$$NE \text{ (g/kg EBW}^{0.75}/\text{d)} = 0.77 (\pm 0.03) NI \text{ (g/kg EBW}^{0.75}/\text{d)} - 0.08 (\pm 0.03) \dots\dots\dots (14)$$

ดังนั้น จุดตัดแกนตั้งหรืออัตราการสูญเสียไนโตรเจนของโคพื้นเมืองไทยโดยที่อัตราการกินไนโตรเจนเท่ากับศูนย์มีค่าเท่ากับ $0.08 \text{ g/kg EBW}^{0.75}/\text{d}$ และเมื่อคูณด้วย 6.25 จะได้ค่าความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (NP_m) เท่ากับ $0.50 \text{ g/kg EBW}^{0.75}/\text{d}$

ความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการดำรงชีพของโค หมายถึง ปริมาณโปรตีนที่สัตว์ต้องการสำหรับใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึม (metabolism) ต่าง ๆ รวมไปถึงการหลั่งของฮอร์โมนและผิวหนัง ความต้องการโปรตีนสุทธิของโคพื้นเมืองไทยมีค่าต่ำเมื่อเทียบกับโคเนื้อสายพันธุ์อื่น ๆ เช่น โค Nellor (*Bos indicus*) ในประเทศบราซิล ($1.74 \text{ g/kg EBW}^{0.75}/\text{d}$, Chizzotti et al., 2008) และโค Yellow cattle ในประเทศจีน ($2.63 \text{ g/kg EBW}^{0.75}/\text{d}$, Wei et al., 2018) นอกจากนี้ Chizzotti et al. (2007) รายงานว่า เพศของโค (เพศผู้ เพศเมีย และเพศผู้ตอน) ไม่มีผลต่อความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการดำรงชีพของโคเนื้อลูกผสมพันธุ์ Nellor × Red Angus ระยะเจริญเติบโต โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $2.53 \text{ g/kg EBW}^{0.75}/\text{d}$



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกินโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ (MPI) และอัตราการสะสมโปรตีนในร่างกาย (RCP) ของโคพื้นเมืองไทยระยะเจริญเติบโต

A; ค่าสังเกตแยกตามลำดับของการศึกษา (NORTH_M: โคขาวลำพูนเพศผู้ ISAN_M: โคพื้นเมืองไทยสายอีสานเพศผู้ ISAN_F: โคพื้นเมืองไทยสายอีสานเพศเมีย และ SOUTH_M: โคพื้นเมืองไทยสายใต้เพศผู้
B; ค่าสังเกตไม่แยกลำดับของการศึกษาและลักษณะของเส้นกราฟที่ได้จากสมการถดถอยอย่างง่ายที่แยกตามเพศของสัตว์

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกินโปรตีนใช้ประโยชน์ได้และอัตราการสะสมโปรตีนจะเห็นว่า อัตราการสะสมโปรตีน (RCP) ของโคพื้นเมืองระยะเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นตามอัตราการกินโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ (MPI) ที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 5(A)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า เพศมีอิทธิพล ($p < 0.05$) ต่อค่าจุดตัดแกนตั้งแต่ไม่มีอิทธิพล ($p > 0.05$) ต่อค่าความชันของสมการดังแสดงในตารางภาคผนวกที่ 8 และภาพที่ 5(B) กล่าวได้ว่า โคพื้นเมืองไทยเพศผู้และเพศเมียมีความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพแตกต่างกัน สมการสำหรับใช้ประเมินค่า MP_m ของโคพื้นเมืองไทยเพศผู้แสดงในตารางภาคผนวกที่ 9 และสมการที่ (15) และเพศเมียแสดงในตารางภาคผนวกที่ 10 และสมการที่ (16) ดังนี้

$$RCP \text{ (g/kg EBW}^{0.75}/\text{d)} = 0.32 (\pm 0.07) MPI \text{ (g/kg EBW}^{0.75}/\text{d)} - 0.38 (\pm 0.23) \dots\dots\dots (15)$$

$$RCP \text{ (g/kg EBW}^{0.75}/\text{d)} = 0.34 (\pm 0.04) MPI \text{ (g/kg EBW}^{0.75}/\text{d)} - 0.60 (\pm 0.26) \dots\dots\dots (16)$$

ดังนั้น เมื่อไม่มีการสะสมโปรตีน หรือ ค่า $RCP = 0$ จะได้ค่า MPI เท่ากับ 1.19 และ 1.76 g/kg EBW^{0.75}/d สำหรับโคพื้นเมืองไทยเพศผู้และเพศเมีย ตามลำดับ

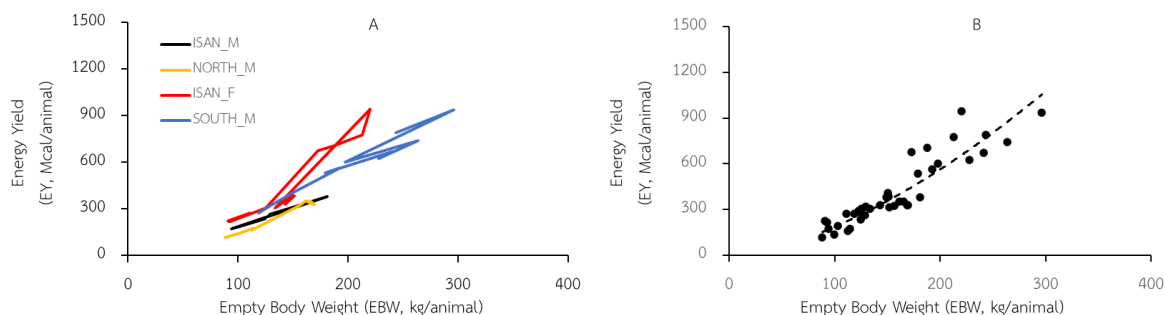
ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนหรือค่าสัมประสิทธิ์การใช้พลังงานเพื่อการดำรงชีพ (k_{pm}) สามารถคำนวณได้โดยนำค่า NP_m/MP_m จะได้เท่ากับ 0.42 และ 0.28 สำหรับโคพื้นเมืองไทยเพศผู้และเพศเมีย ตามลำดับ

ค่า MP_m ของโคเนื้อจะแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์และระยะการเจริญเติบโตของโค เช่น โค Nellor (*Bos indicus*) ของประเทศบราซิลมีค่า 2.59 g/kg EBW^{0.75}/d (Chizzotti et al., 2008) โคลูกผสมพันธุ์ Holstien × Gyr ระยะเจริญเติบโต เพศผู้ มีค่า 3.52 g/kg SBW^{0.75}/d (Silva et al., 2017) โคลูกผสมพันธุ์ Holstien × Gyr ระยะเจริญเติบโต เพศเมีย มีค่า 3.05 g/kg SBW^{0.75}/d (Oss et al., 2017) โค Yellow cattle ของประเทศจีน มีค่า 3.93 g/kg BW^{0.75}/d (Wei et al., 2018) และโค *Bos taurus* มีค่า 3.8 g/kg SBW^{0.75}/d (NASEM, 2016)

6. ความต้องการพลังงานสุทธิและพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต

ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักตัว EBW และปริมาณพลังงานทั้งหมด (EY) ของโคพื้นเมืองไทยระยะเจริญเติบโตแสดงในภาพที่ 6(A) ซึ่งเห็นได้ว่า ในทุกการศึกษา โคมีค่า EY เพิ่มขึ้นตามค่า EBW ที่เพิ่มขึ้น

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า เพศไม่มีอิทธิพล ($p>0.05$) ต่อค่าจุดตัดแกนตั้งและค่าความชันของสมการ (ตารางภาคผนวกที่ 11) ดังนั้น จึงวิเคราะห์ข้อมูลโดยเอาอิทธิพลของเพศออกจากการวิเคราะห์ข้อมูล โดยผลการวิเคราะห์แสดงในตารางภาคผนวกที่ 12 และภาพที่ 6(B) โดยพบว่า ค่าเฉลี่ย ($\pm$ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน) ของค่า B_0 และ B_1 ของสมการ allometric มีค่าเท่ากับ $0.43 (\pm 0.17)$ และ $1.34 (\pm 0.07)$ ตามลำดับ



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักตัว EBW และปริมาณพลังงานทั้งหมด (EY) ในร่างกายของโคพื้นเมืองไทยระยะเจริญเติบโต

A; ค่าสังเกตแยกตามลำดับของการศึกษา (NORTH_M: โคขาวลำพูนเพศผู้ ISAN_M: โคพื้นเมืองไทยสายอีสานเพศผู้ ISAN_F: โคพื้นเมืองไทยสายอีสานเพศเมีย และ SOUTH_M: โคพื้นเมืองไทยสายใต้เพศผู้
B; ค่าสังเกตไม่แยกลำดับของการศึกษาและลักษณะของเส้นกราฟที่ได้จากสมการ allometric

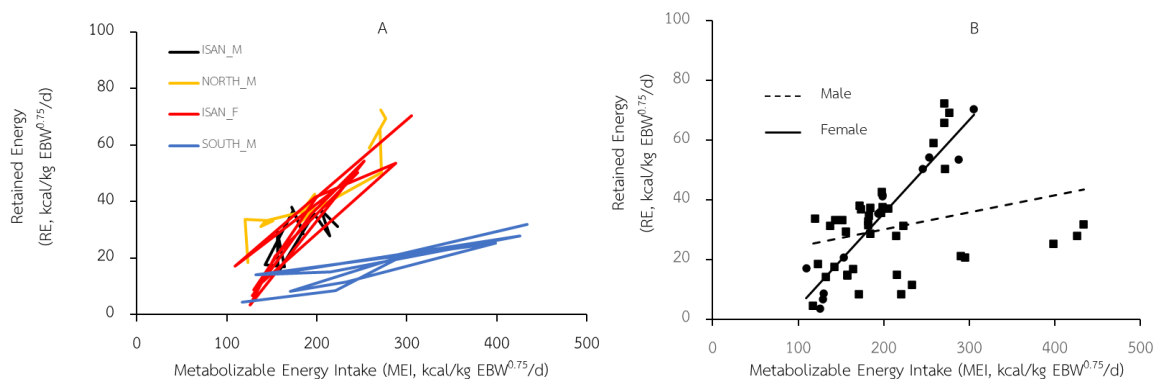
กล่าวได้ว่าความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร 1 กิโลกรัม ของโคเพศผู้และเพศเมียไม่แตกต่างกัน ดังนั้น แบบจำลองทางสถิติสำหรับใช้ในการประเมินความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการเจริญเติบโตของโคทดลอง (NE_g) สำหรับโคพื้นเมืองไทยดังแสดงในสมการที่ (17) ดังนี้

$$NE_g \text{ (kcal/kg EBG)} = 576 \times EBW \text{ (kg)}^{0.34} \dots\dots\dots (17)$$

หากใช้แบบจำลองนี้ในการประเมินความต้องการพลังงานสุทธิในการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร 1 กิโลกรัม ของโคพื้นเมืองไทยที่มีน้ำหนักตัว 100 – 300 กิโลกรัม โคจะต้องได้รับพลังงานสุทธิจากอาหาร 2,757 – 4,005 kcal ซึ่งสูงกว่าความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร 1 กิโลกรัม ของโคเนื้อลูกผสมพันธุ์ Holstien $\times$ Gyr เพศผู้ ระยะเจริญเติบโต ที่มีน้ำหนักตัว 100 – 300 กิโลกรัม ซึ่งมีค่า 1,550 – 3,532 kcal (Oss et al., 2017) อย่างไรก็ตาม Chizzotti et al. (2007) รายงานว่า เพศของโค (เพศผู้ เพศเมียและเพศผู้ตอน) มีผลต่อความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการเจริญเติบโตของโคเนื้อลูกผสมพันธุ์ Nellor $\times$ Red Angus ระยะเจริญเติบโต โดยโคเพศผู้มีความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการเจริญเติบโตน้อยกว่าเพศเมียประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์

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

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกินพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (MEI) และอัตราการสะสมพลังงานในร่างกาย (RE) ของโคพื้นเมืองไทยระยะเจริญเติบโตแสดงในภาพที่ 7(A) โดยจะเห็นว่า ในทุกการศึกษา โคมีค่า RE เพิ่มขึ้นตามค่า MEI ที่เพิ่มขึ้น แต่มีอัตราการเพิ่มแตกต่างกัน



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกินพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (MEI) และอัตราการสะสมพลังงานในร่างกาย (RE) ของโคพื้นเมืองไทยระยะเจริญเติบโต

A; ค่าสังเกตแยกตามลำดับของการศึกษา (NORTH_M: โคขาวลำพูนเพศผู้ ISAN_M: โคพื้นเมืองไทยสายอีสานเพศผู้ ISAN_F: โคพื้นเมืองไทยสายอีสานเพศเมีย และ SOUTH_M: โคพื้นเมืองไทยสายใต้เพศผู้
B; ค่าสังเกตไม่แยกลำดับของการศึกษาและลักษณะของเส้นกราฟที่ได้จากสมการถอยอย่างง่ายที่แยกตามเพศของสัตว์

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงในตารางภาคผนวกที่ 12 และพบว่า เพศมีอิทธิพล ($p < 0.05$) ต่อค่าจุดตัดแกนตั้งแต่ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความชัน ($p > 0.05$) ของสมการดังแสดงในภาพที่ 7(B) โดยสมการเส้นตรงระหว่างค่า MEI และค่า RE ของโคพื้นเมืองไทยแสดงในตารางภาคผนวกที่ 13 และสมการ (18) ดังนี้

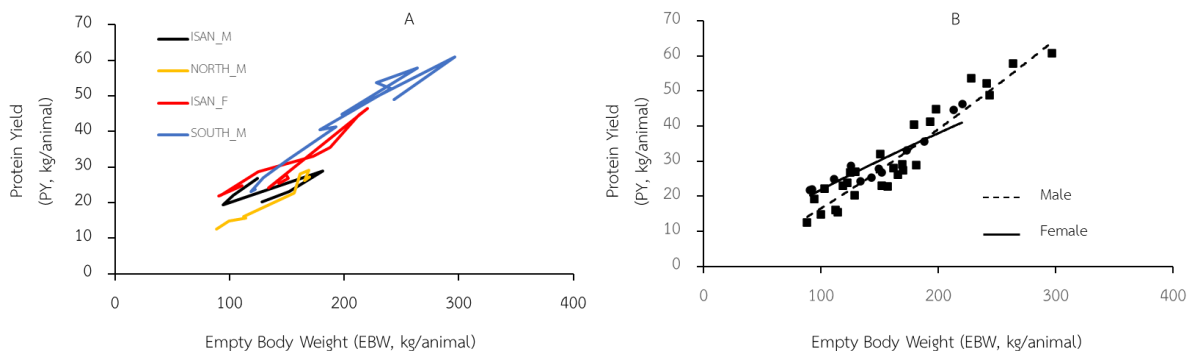
$$RE \text{ (kcal/kg EBW}^{0.75}/\text{d)} = 0.21 (\pm 0.05) MEI \text{ (kcal/kg EBW}^{0.75}/\text{d)} - 10.08 (\pm 6.07) \dots\dots\dots (18)$$

ค่าความชันของสมการ คือ ค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อการเจริญเติบโต หรือ ค่า k_g มีค่าเท่ากับ 0.21 ค่า k_g จากการศึกษานี้มีค่าค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับโค *Bos indicus* (0.51, คณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย, 2551) และโค *Bos taurus* (0.45, คณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย, 2551)

7. ความต้องการโปรตีนสุทธิและโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต

ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักตัว EBW และปริมาณโปรตีนทั้งหมด (PY) ของโคพื้นเมืองไทยระยะเจริญเติบโตแสดงในภาพที่ 8(A) ซึ่งเห็นได้ว่า ในทุกการศึกษา โคมีค่า PY เพิ่มขึ้นตามค่า EBW ที่เพิ่มขึ้น

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า เพศมีอิทธิพล ($p < 0.05$) ต่อค่าจุดตัดแกนตั้งและค่าความชันของสมการ (ตารางภาคผนวกที่ 14) ดังนั้น จึงทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยแยกข้อมูลตามเพศของสัตว์ดังแสดงในภาพที่ 8(B) และผลการวิเคราะห์ข้อมูล สำหรับโคพื้นเมืองไทยเพศผู้และเพศเมียแสดงในตารางภาคผนวกที่ 15 และ 16 ตามลำดับ และพบว่า ค่า B_0 และ B_1 ของสมการ allometric สำหรับโคพื้นเมืองไทยเพศผู้มีค่าเท่ากับ $0.08 (\pm 0.04)$ และ $1.117 (\pm 0.10)$ และโคเพศเมียมีค่าเท่ากับ $0.28 (\pm 0.01)$ และ $0.87 (\pm 0.01)$



ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักตัว EBW และปริมาณโปรตีนทั้งหมด (EP) ในร่างกายของโคพื้นเมืองไทยระยะเจริญเติบโต

A; ค่าสังเกตแยกตามลำดับของการศึกษา (NORTH_M: โคขาวลำพูนเพศผู้ ISAN_M: โคพื้นเมืองไทยสายอีสานเพศผู้ ISAN_F: โคพื้นเมืองไทยสายอีสานเพศเมีย และ SOUTH_M: โคพื้นเมืองไทยสายใต้เพศผู้

B; ค่าสังเกตไม่แยกลำดับของการศึกษาและลักษณะของเส้นกราฟที่ได้จากสมการ allometric ที่แยกตามเพศของสัตว์

ดังนั้น แบบจำลองทางสถิติสำหรับการประเมินความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการเจริญเติบโตหรือเพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร 1 กิโลกรัม (NP_g) ของโคพื้นเมืองไทย เพศผู้และเพศเมียดังสมการ (19) และ (20) ดังนี้

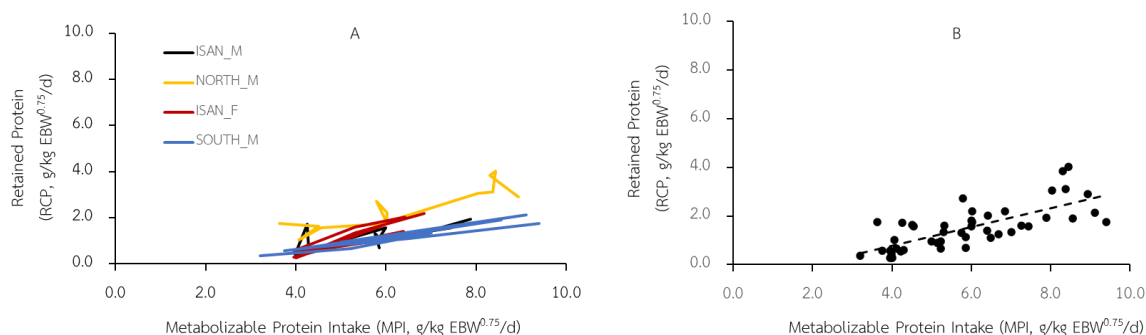
$$NP_g \text{ (g/kg EBG)} = 114 \times EBW \text{ (kg)}^{0.17} \dots\dots\dots (19)$$

$$NP_g \text{ (g/kg EBG)} = 242 \times EBW \text{ (kg)}^{0.13} \dots\dots\dots (20)$$

จากผลการศึกษานี้กล่าวได้ว่าหากต้องการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร 1 กิโลกรัม โคพื้นเมืองไทยเพศผู้และเพศเมียที่มีน้ำหนักตัว 100 – 200 กิโลกรัม ต้องได้รับโปรตีนสุทธิจากอาหารในปริมาณ 308 – 347 กรัม และ 100 – 122 กรัม ตามลำดับ Gomes et al. (2017) รายงานว่า ความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการเจริญเติบโตของโคพันธุ์ Angus และ Nellore ที่มีน้ำหนักตัวอยู่ในช่วง 350 – 500 กิโลกรัม มีค่าอยู่ในช่วง 209 – 219 กรัมต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน ในทางกลับกัน Chizzotti et al. (2007) รายงานว่าเพศของโค (เพศผู้ เพศเมียและเพศผู้ตอน) ไม่มีผลต่อความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการเจริญเติบโตของโคเนื้อลูกผสมพันธุ์ Nellore × Red Angus ระยะเจริญเติบโต

สำหรับการประเมินความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (MP_g) ต้องใช้ค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต หรือ ค่า k_{pg} ซึ่งหมายถึง ค่าความชัน (slope) ของสมการถดถอยอย่างง่ายระหว่างปริมาณการกินโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (MPI_g , g/kg $EBW^{0.75}/d$) และปริมาณการสะสมโปรตีนในร่างกายของโค (RCP , g/kg $EBW^{0.75}/d$)

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกินโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ (MPI) และอัตราการสะสมโปรตีนในร่างกาย (RCP) ของโคพื้นเมืองไทยระยะเจริญเติบโตแสดงในภาพที่ 9(A) โดยจะเห็นได้ว่า ในทุกการศึกษา โคมีค่า RCP เพิ่มขึ้นตามค่า MPI ที่เพิ่มขึ้น



ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกินโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ (MPI) และอัตราการสะสมโปรตีนในร่างกาย (RCP) ของโคพื้นเมืองไทยระยะเจริญเติบโต

A; ค่าสังเกตแยกตามลำดับของการศึกษา (NORTH_M: โคขาวลำพูนเพศผู้ ISAN_M: โคพื้นเมืองไทยสายอีสานเพศผู้ ISAN_F: โคพื้นเมืองไทยสายอีสานเพศเมีย และ SOUTH_M: โคพื้นเมืองไทยสายใต้เพศผู้ B; ค่าสังเกตไม่แยกลำดับของการศึกษาและลักษณะของเส้นกราฟที่ได้จากการถดถอยอย่างง่าย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า เพศมีอิทธิพล ($p < 0.05$) ต่อค่าจุดตัดแกนตั้งแต่ไม่มีอิทธิพล ($p > 0.05$) ต่อค่าความชันของสมการดังแสดงในตารางภาคผนวกที่ 8 และภาพที่ 9(B) ดังนั้น สมการสำหรับใช้ประเมินค่า MP_m ของโคพื้นเมืองไทยเพศผู้แสดงในตารางภาคผนวกที่ 9 และสมการที่ (21) และสมการสำหรับโคพื้นเมืองไทยเพศเมียแสดงในตารางภาคผนวกที่ 10 และสมการที่ (22) ดังนี้

$$RCP \text{ (g/kg EBW}^{0.75}/\text{d)} = 0.32 (\pm 0.07) MPI \text{ (g/kg EBW}^{0.75}/\text{d)} - 0.38 (\pm 0.23) \dots\dots\dots (21)$$

$$RCP \text{ (g/kg EBW}^{0.75}/\text{d)} = 0.34 (\pm 0.04) MPI \text{ (g/kg EBW}^{0.75}/\text{d)} - 0.60 (\pm 0.26) \dots\dots\dots (22)$$

ดังนั้น ค่า k_{pg} ของโคพื้นเมืองไทยเพศผู้และเพศเมียมีค่าเท่ากับ 0.32 และ 0.34 ตามลำดับ โดยค่า k_{pg} ของโคพื้นเมืองไทยทั้งเพศผู้และเพศเมีย ระยะเจริญเติบโตที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้มีค่าค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับค่า k_{pg} ของโคลูกผสม Holstein $\times$ Gyr เพศเมีย ระยะเจริญเติบโต ซึ่งมีค่า k_{pg} เท่ากับ 0.51 (Castro et al., 2020)

NASEM (2016) รายงานว่า ปัจจัย เช่น สายพันธุ์ เพศ อายุ รูปแบบการเลี้ยง คุณภาพของอาหารและสภาพแวดล้อมอื่นๆ ส่งผลต่อประสิทธิภาพการสะสมโปรตีนในร่างกายซึ่งจะทำให้โคมีความต้องการโปรตีนแตกต่างกัน สำหรับโคพื้นเมืองไทยจากการทดลองนี้แม้ว่าจะมีความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ค่อนข้างต่ำ แต่ประสิทธิภาพในการใช้โปรตีนทั้งเพื่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโตก็ต่ำด้วยเช่นกันซึ่งน่าจะเกิดจากสมรรถนะทางพันธุกรรมทางด้านการเจริญเติบโตที่ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับโคเขตอบอุ่น (*Bos taurus*)

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษานี้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสรุปได้ว่า ความต้องการพลังงานสุทธิ (NE_m) และโปรตีนสุทธิ (NP_m) เพื่อการดำรงชีพของโคพื้นเมืองไทย (โคขาวลำพูนเพศผู้ โคพื้นเมืองไทยสายอีสานเพศผู้และเพศเมีย และโคพื้นเมืองไทยสายใต้เพศผู้) ระยะเจริญเติบโต มีค่าเท่ากับ 76.72 kcal/kg EBW^{0.75}/d และ 0.50 g/kg EBW^{0.75}/d ตามลำดับ โคพื้นเมืองไทยเพศผู้และโคพื้นเมืองไทยสายอีสานจากการศึกษานี้มีความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพเท่ากับ 1.19 และ 1.76 g/kg EBW^{0.75}/d ตามลำดับ เพศไม่มีผลต่อความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต (NE_g) โดยสมการสำหรับใช้ในการประเมินค่า NE_g ดังนี้ NE_g (kcal/kg EBG) = 576 $\times$ EBW^{0.34} และความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต (NP_g) ของโคพื้นเมือง

ไทยเพศผู้และโคพื้นเมืองไทยสายอีสานเพศเมียระยะเจริญเติบโต ดังนี้ $NP_g \text{ (g/kg EBW)} = 114 \times EBW^{0.17}$ และ $NP_g \text{ (g/kg EBW)} = 242 \times EBW^{0.13}$ ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะกรรมการวิชาการสำนักพัฒนาอาหารสัตว์ที่ได้ให้คำแนะนำในการแก้ไขเพิ่มเติม
จนรายงานนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1 ผลวิเคราะห์ทางสถิติอิทธิพลของเพศและปฏิกริยาร่วมระหว่างค่าน้ำหนักตัวหลังอดอาหารและน้ำ (SBW) และเพศ (Sex) สำหรับความสัมพันธ์ (สมการทำนาย) ระหว่างค่าน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBW) จากค่า SBW โดยมีการศึกษา (study) เป็นปัจจัยสุ่ม (random effect)

Effects	Num DF	Den DF	F-value	p-value
SBW	1	2	932.86	<0.0001
Sex (y-intercept)	1	35	0.88	0.3547
Sex * SBW (slope)	1	35	1.90	0.1765

ตารางภาคผนวกที่ 2 ผลวิเคราะห์ทางสถิติสมการถดถอยอย่างง่าย (simple linear regression) สำหรับทำนายค่า EBW โดยใช้ค่า SBW โดยมีการศึกษา (study) เป็นปัจจัยสุ่ม (random effect)

Effects	Estimate	Standard error	DF	t-value	p-value
Intercept	-0.69	4.67	3	-0.15	0.8922
Slope	0.86	0.03	3	31.62	<0.0001

ตารางภาคผนวกที่ 3 ผลวิเคราะห์ทางสถิติอิทธิพลของเพศและปฏิกริยาร่วมระหว่างค่าอัตราการเจริญเติบโต (ADG) และเพศ (Sex) สำหรับความสัมพันธ์ (สมการทำนาย) ระหว่างค่าอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBG) และค่า ADG โดยมีการศึกษา (study) เป็นปัจจัยสุ่ม (random effect)

Effects	Num DF	Den DF	F-value	p-value
ADG	1	2	18.38	0.0500
Sex (y-intercept)	1	47	1.35	0.2518
Sex * ADG (slope)	1	47	0.15	0.7007

ตารางภาคผนวกที่ 4 ผลวิเคราะห์ทางสถิติสมการถดถอยอย่างง่าย (simple linear regression) สำหรับทำนายค่า EBW โดยใช้ค่า SBW โดยมีการศึกษา (study) เป็นปัจจัยสุ่ม (random effect)

Effects	Estimate	Standard error	DF	t-value	p-value
Intercept	-0.04	0.03	3	-1.57	0.2149
Slope	0.92	0.08	3	11.75	0.0013

ตารางภาคผนวกที่ 5 ผลวิเคราะห์ทางสถิติอิทธิพลของเพศและปฏิภกริยาร่วมระหว่างค่าปริมาณการกินพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (MEI) และเพศ (Sex) สำหรับความสัมพันธ์ (สมการทำนาย) ระหว่างค่า LOG ของค่าการผลิตพลังงานความร้อน (HP) และค่า MEI โดยมีการศึกษา (study) เป็นปัจจัยสุ่ม (random effect)

Effects	Num DF	Den DF	F-value	p-value
MEI	1	2	53.81	0.0181
Sex (y-intercept)	1	43	0.01	0.9261
Sex * MEI (slope)	1	43	0.11	0.7407

ตารางภาคผนวกที่ 6 ผลวิเคราะห์ทางสถิติอิทธิพลของเพศและปฏิภกริยาร่วมระหว่างค่าปริมาณการกินไนโตรเจน (NI) และเพศ (Sex) สำหรับความสัมพันธ์ (สมการทำนาย) ระหว่างค่าการสูญเสียไนโตรเจน (NE) และค่า NI โดยมีการศึกษา (study) เป็นปัจจัยสุ่ม (random effect)

Effects	Num DF	Den DF	F-value	p-value
NI	1	2	111.29	0.0089
Sex (y-intercept)	1	37	1.36	0.2516
Sex * MEI (slope)	1	37	0.07	0.7892

ตารางภาคผนวกที่ 7 ผลวิเคราะห์ทางสถิติสมการถดถอยอย่างง่าย (simple linear regression) สำหรับทำนายค่า NE โดยใช้ค่า NI โดยมีการศึกษา (study) เป็นปัจจัยสุ่ม (random effect)

Effects	Estimate	Standard error	DF	t-value	p-value
Intercept	0.08	0.03	3	2.64	0.0776
Slope	0.77	0.03	3	24.94	0.0001

ตารางภาคผนวกที่ 8 ผลวิเคราะห์ทางสถิติอิทธิพลของเพศและปฏิภกริยาร่วมระหว่างค่าปริมาณการกินโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ (MPI) และเพศ (Sex) สำหรับความสัมพันธ์ (สมการทำนาย) ระหว่างค่าการสะสมโปรตีน (RCP) และค่า MPI โดยมีการศึกษา (study) เป็นปัจจัยสุ่ม (random effect)

Effects	Num DF	Den DF	F-value	p-value
MPI	1	2	12.96	0.0692
Sex (y-intercept)	1	37	4.35	0.0439
Sex * MEI (slope)	1	37	1.47	0.2338

ตารางภาคผนวกที่ 9 ผลวิเคราะห์ทางสถิติสมการถดถอยอย่างง่าย (simple linear regression) สำหรับทำนายค่า RCP โดยใช้ค่า MPI สำหรับโคพื้นเมืองเพศผู้ โดยมีการศึกษา (study) เป็นปัจจัยสุ่ม (random effect)

Effects	Estimate	Standard error	DF	t-value	p-value
Intercept	-0.38	0.23	2	-1.63	0.2441
Slope	0.32	0.07	2	4.64	0.0435

ตารางภาคผนวกที่ 10 ผลวิเคราะห์ทางสถิติสมการถดถอยอย่างง่าย (simple linear regression) สำหรับทำนายค่า RCP โดยใช้ค่า MPI สำหรับโคพื้นเมืองเทศเมีย

Effects	Estimate	Standard error	DF	t-value	p-value
Intercept	-0.60	0.26	9	-2.33	0.0418
Slope	0.34	0.04	9	8.18	0.0001

ตารางภาคผนวกที่ 11 ผลวิเคราะห์ทางสถิติอิทธิพลของเพศและปฏิกริยาร่วมระหว่างค่า LOG ของค่าน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBW) และเพศ (Sex) สำหรับความสัมพันธ์ (สมการทำนาย) ระหว่างค่า LOG ของค่าปริมาณโปรตีนในสัตว์ (PY) และค่า EBW โดยมีการศึกษา (study) เป็นปัจจัยสุ่ม (random effect)

Effects	Num DF	Den DF	F-value	p-value
EBW	1	2	12.79	0.0701
Sex (y-intercept)	1	26	1.48	0.2344
Sex * MEI (slope)	1	26	1.50	0.2315

ตารางภาคผนวกที่ 12 ผลวิเคราะห์ทางสถิติสมการยกกำลังสำหรับความสัมพันธ์ (สมการทำนาย) ระหว่างค่าปริมาณโปรตีนในสัตว์ (PY) และค่า EBW สำหรับโคพื้นเมืองเทศผู้ โดยมีการศึกษา (study) เป็นปัจจัยสุ่ม (random effect)

Parameter	Estimate	Standard error	DF	t-value	p-value
B ₀	0.43	0.17	3	2.44	0.0923
B ₁	1.34	0.07	3	17.99	0.0004

ตารางภาคผนวกที่ 13 ผลวิเคราะห์ทางสถิติอิทธิพลของเพศและปฏิกริยาร่วมระหว่างค่าอัตราการกินพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (MEI) และเพศ (Sex) สำหรับความสัมพันธ์ (สมการทำนาย) ระหว่างค่าอัตราการสะสมพลังงานในร่างกายสัตว์ (RE) และค่า MEI โดยมีการศึกษา (study) เป็นปัจจัยสุ่ม (random effect)

Effects	Num DF	Den DF	F-value	p-value
MEI	1	2	13.62	0.0662
Sex (y-intercept)	1	43	13.56	0.0006
Sex * MEI (slope)	1	43	2.93	0.1294

ตารางภาคผนวกที่ 14 ผลวิเคราะห์ทางสถิติอิทธิพลของเพศและปฏิกริยาร่วมระหว่างค่า LOG ของค่าน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBW) และเพศ (Sex) สำหรับความสัมพันธ์ (สมการทำนาย) ระหว่างค่า LOG ของค่าปริมาณโปรตีนในสัตว์ (PY) และค่า EBW โดยมีการศึกษา (study) เป็นปัจจัยสุ่ม (random effect)

Effects	Num DF	Den DF	F-value	p-value
EBW	1	2	4.52	0.1675

Sex (y-intercept)	1	26	10.83	0.0029
Sex * MEI (slope)	1	26	10.45	0.0033

ตารางภาคผนวกที่ 15 ผลวิเคราะห์ทางสถิติสมการยกกำลังสำหรับความสัมพันธ์ (สมการทำนาย) ระหว่างค่าปริมาณโปรตีนในสัตว์ (PY) และค่า EBW สำหรับโคพื้นเมืองเพศผู้ โดยมีการศึกษา (study) เป็นปัจจัยสุ่ม (random effect)

Parameter	Estimate	Standard error	DF	t-value	p-value
B ₀	0.08	0.04	2	1.81	0.2127
B ₁	1.17	0.10	2	11.67	0.0073

ตารางภาคผนวกที่ 16 ผลวิเคราะห์ทางสถิติสมการยกกำลังสำหรับความสัมพันธ์ (สมการทำนาย) ระหว่างค่าปริมาณโปรตีนในสัตว์ (PY) และค่า EBW สำหรับโคพื้นเมืองเพศเมีย

Parameter	Estimate	Standard error	DF	t-value	p-value
B ₀	0.10	0.01	8	8.48	<0.0001
B ₁	1.03	0.14	8	7.41	<0.0001

เอกสารอ้างอิง

- กรมปศุสัตว์. 2566. สถิติปศุสัตว์. ศูนย์สารสนเทศ กรมปศุสัตว์. แหล่งที่มา www.dld.go.th; วันที่สืบค้น 10 พฤษภาคม 2566
- คณะกรรมการจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย. 2551. ความต้องการโภชนะของโคเนื้อในประเทศไทย. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- คมสัน ทะกัน สุภรดา สถาพันธ์ เจ๊ะฮาหมัด ทังปากถ้ำ จูรีรัตน์ เงินแดง จีระศักดิ์ ขอบแต่ง และ ขบวนการ อินทรักษ์. 2565. ความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพและเพื่อการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองไทยภาคใต้เพศผู้ (1) ระยะเจริญเติบโต. อยู่ระหว่างการส่งเพื่อตีพิมพ์.
- จีระศักดิ์ ขอบแต่ง. 2566ก. ความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพและเพื่อการเจริญเติบโตของโคขาวลำพูนเพศผู้ ระยะเจริญเติบโต. ติดต่อบริษัท.
- จีระศักดิ์ ขอบแต่ง. 2566ข. ความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพและเพื่อการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองไทยสายอีสาน เพศผู้ ระยะเจริญเติบโต. ติดต่อบริษัท.
- จีระศักดิ์ ขอบแต่ง. 2566ค. ความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพและเพื่อการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองไทยสายใต้ เพศผู้ ระยะเจริญเติบโต. ติดต่อบริษัท.
- จีระศักดิ์ ขอบแต่ง วีระพล พูนพิพัฒน์ อานุกาฬ เสี่ยงสาย เฉลา พัทธสินสุข รัชดาวรรณ พูนพิพัฒน์ สุนน โพธิ์จันทร์ และ วิโรจน์ วนาสิตชัยวัฒน์. 2558. ความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองไทย 1. ระยะเจริญเติบโต น้ำหนัก 100-150 กิโลกรัม. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2558. สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและ สหกรณ์. หน้า 45-58.

- จิระศักดิ์ ขอบแต่ง สุมณ โพธิ์จันทร์ ปริญา จเรรัตน์ ศักดา ประจักษ์บุญเจษฎา พินิจ สวัสดิรักษา เศกสรรค์ สอนกุล อภิชาติ บุญเรืองขาว ขบวน อินทร์ชัย อัครวิน สายเชื้อ ฆะฤทัย จันทรธิบัติ สุกัญญา คำพะแย วรณา อ่างทอง ราไพร นามสีลี. 2555. ความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองไทย. รายงานผลงานวิจัยสำนักพัฒนาอาหารสัตว์ ประจำปี พ.ศ. 2555. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 1-17.
- จิระศักดิ์ ขอบแต่ง อรวิมล แก้วเกลี้ยง ชัยกระมล คำเมือง ปฏิมา บุตรชา สุกัญญา คำพะแย. 2563. ความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองไทยสายอีสานเพศเมีย ระยะเจริญเติบโต. อยู่ระหว่างการส่งเพื่อตีพิมพ์.
- ชัยกระมล คำเมือง จิระศักดิ์ ขอบแต่ง อรวิมล แก้วเกลี้ยง และ วรณา อ่างทอง. 2566. ความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองไทยสายอีสานเพศเมีย (ระยะเจริญเติบโต). อยู่ระหว่างการส่งเพื่อตีพิมพ์.
- เศกสรรค์ สอนกุล อานุกาฬ เสี่ยงสาย และ ศุภวันจักรี พลมีศักดิ์. 2549. สมรรถภาพโคพื้นเมืองเพศผู้ภายใต้การเลี้ยงแบบปล่อยแทะเล็มในแปลงหญ้าซีตารี และแปลงถั่วท่าพระสไตโลในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี. รายงานผลการวิจัยกองอาหารสัตว์ ประจำปี พ.ศ. 2549 กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- อานุกาฬ เสี่ยงสาย ปรัชญา ปรัชญลักษณ์ วิโรจน์ วนาสิทธชัยวัฒน์ และ สุมณ โพธิ์จันทร์. 2549. น้ำหนักเริ่มขุนที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตและลักษณะซากของโคพื้นเมืองเพศผู้ในสภาพการเลี้ยงแบบขังคอก. รายงานผลการวิจัยกองอาหารสัตว์ ประจำปี พ.ศ. 2549 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.
- Chaokaur, A., T. Nishida, I. Phaophasan, 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., 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.

- Derno, M., W. Jentsch, M. Schweigel, S. Kuhla, C.C. Metges and H.D. Matthes. 2005. Measurements of heat production for estimation of maintenance energy requirements of Hereford steers. *J. Anim. Sci.* 83: 2590-2597.
- Fernandes, M.H.M.R., K.T. Resende, L.O. Tedeschi, J.S. Fernandes Jr., H.M. Silva, G.E. Carstens, T.T. Berchielli, I.A.M.A. Teixeira and L. Akinaga. 2007. Energy and protein requirements for maintenance and growth of Boer crossbred kids. *J. Anim. Sci.* 85: 1014-1023.
- 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.
- Gomes, R. A. K. C. Busato, M. M. Ladeira, K. A. Johnson, M. C. Galvao, A. C. Rodrigues, M. L. Chizzotti. 2017. Energy and protein requirements for Angus and Nellore young bulls. *Livest. Sci.* 195: 67-73.
- INRA. 2018. INRA feeding system for ruminants. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands.
- 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. 2016. Nutrient Requirements of Beef Cattle, 8th revised edition. The National Academies Press, Washington, DC, USA.
- 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.
- Oss, D.B., F.S. Machado, T.R. Tomich, L.G.R. Pereira, M.M. Campos, M.M.D. Castro, T.E. da Silva and M.I. Marcondes. 2017. Energy and protein requirements of crossbred (Holstein × Gyr) growing bulls. *J. Dairy Sci.* 100: 2603-2613.
- Silva, F. A. S., S. C. Valadares Filho, L. N. Renno, D. Zanetti, L. F. Costa e Silva, L. A. Godoi, J. M. P. Vieira, A. C. B. Menezes, P. Pucetti and P. P. Rotta. 2017. Energy and protein requirements for growth of Holstein × Gyr Heifers. *J. Anim. Physio. Anim. Nutri.* 102: 82-93.
- Souza, A.P., St-Pierre, N.R., Fernandes, M.H.R.M., Almeida, A.K., Vargas, J.A.C., Resende, K.T., Teixeira, I.A.M.A., 2017. Sex effects on net protein and energy requirements for growth of Saanen goats. *J. Dairy Sci.* 100: 4574-4586.
- St-Pierre, N. R. 2001. Invited Review: Integrating quantitative findings from multiple studies using mixed model methodology. *J. Dairy Sci.* 84: 741-755.

- Valadares Filho, S. C., L. F. Costa e Silva, M. P. Gionbelli, P. P. Rotta, M. I. Marcondes, M. L. Chizzotti and L. F. Prados. 2016. Nutrient Requirements of Zebu and Crossbred Cattle. 3rd ed. Viçosa (MG) : UFV, DZO. 314 pp.
- Wei, M., L. Chen, X.M. Lian, Z.Q. Chen, 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.