



บทที่ 3

วิธีดำเนินการทดลอง

3.1 สัตว์ทดลอง

การทดลองครั้งนี้ดำเนินการ ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น โดยความร่วมมือระหว่างมหาวิทยาลัยขอนแก่น กรมปศุสัตว์ และ Japan International Research Center for Agricultural Sciences (JIRCAS) ในระหว่างวันที่ 2 มีนาคม ถึง 9 กรกฎาคม 2552 ใช้โคเนื้อพื้นเมืองไทยสายภาคตะวันออกเฉียงเหนือเพศผู้ จำนวน 12 ตัว มีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 342.25 ± 30.46 กิโลกรัม อายุเฉลี่ยประมาณ 3 ปี ก่อนเข้าสู่ระยะทดลองจะทำการปรับสัตว์นาน 14 วัน โดยการนำสัตว์ทดลองเข้าเลี้ยงในคอกขังเดี่ยวเพื่อให้เกิดความเคยชินกับคอก คนเลี้ยงและอาหารทดลอง พร้อมได้รับน้ำสะอาดตลอดระยะเวลาการทดลอง สัตว์แต่ละตัวจะได้รับการฉีดยาถ่ายพยาธิ (IVOMEC – F; Ivermectin 1.5% w/v, Closulon 15% w/v) เข้าใต้ผิวหนัง 1 มิลลิลิตรต่อน้ำหนักสัตว์ 50 กิโลกรัม และฉีดวิตามิน เอ ดี อี (AD₃E) (Phoenix Belgium; Vit. A 300,000 IU, Vit. D₃ 100,000 IU, Vit. E acetate 50 mg) เข้ากล้ามเนื้อ 4 มิลลิลิตรต่อตัว ก่อนเข้างานทดลอง

3.2 การวางแผนการทดลอง

ออกแบบการทดลองโดยใช้แผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (randomized complete block design; RCBD) โดยใช้สัตว์ทดลอง คือ โคเนื้อพื้นเมืองไทยสายภาคตะวันออกเฉียงเหนือเพศผู้ จำนวน 12 ตัว (observation) จัดแบ่งกลุ่มสัตว์โดยใช้น้ำหนักที่ใกล้เคียงกันออกเป็น 4 กลุ่ม (block) กลุ่มละ 3 ตัว ใช้สูตรอาหารเป็นปัจจัยในการทดลอง 3 ทริทเมนต์ (treatment) สัตว์ทดลองภายในกลุ่มเดียวกันจะถูกสุ่มให้ได้ปัจจัยการทดลองแตกต่างกัน โดยมีแผนผังการทดลอง (layout) ดังตารางที่ 3.1 โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

3.2.1 ระยะปรับสัตว์ก่อนเข้างานทดลอง (preliminary period) ทำการนำสัตว์เข้าคอกขังเดี่ยวเพื่อปรับสภาพให้คุ้นเคยกับคอก คนเลี้ยง และอาหารทดลอง พร้อมกับมีน้ำสะอาดและแร่ธาตุ ก่อนให้กินตลอดการทดลองเป็นระยะเวลานาน 14 วัน

3.2.2 ระยะทดลอง (experimental period) ในระยะนี้สัตว์แต่ละตัวจะได้รับปัจจัยการทดลองที่แตกต่างกัน 3 แบบ ตามแผนการทดลองเป็นระยะเวลานาน 6 วัน

ตารางที่ 3.1 แผนผังการทดลอง^{1/}

Block	Lay out		
Block 1	A1 B1 T1	A2 B1 T3	A3 B1 T2
Block 2	A4 B2 T1	A5 B2 T2	A6 B2 T3
Block 3	A7 B3 T3	A8 B3 T2	A9 B3 T1
Block 4	A10 B4 T2	A11 B4 T1	A12 B4 T3

^{1/} A = Animal, B = Blocks, T = Treatments

3.3 ปัจจัยการทดลอง

ใช้ฟางหญ้าสุ่มและฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ โดยมีสัดส่วนของอาหารข้นและอาหารหยาบเท่ากับ 70 ต่อ 30 โดยสูตรอาหารทดลองแสดงในตารางที่ 3.2 ประกอบด้วยปัจจัยการทดลองจำนวน 3 ทริทเมนต์ ดังนี้

T1 คือ ใช้ฟางหญ้าสุ่มเป็นอาหารหยาบร่วมกับอาหารข้น ให้กินแบบเต็มที่ (*ad libitum*)

T2 คือ ใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบร่วมกับอาหารข้น ให้กินแบบเต็มที่ (*ad libitum*)

T3 คือ ใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบร่วมกับอาหารข้น ให้กินอาหารแบบขั่นบันได

การให้กินอาหารแบบขั่นบันไดมีวิธีการจัดการ คือ โคในกลุ่มนี้จะได้รับการอดอาหารเป็นระยะเวลา 7 วัน หลังจากนั้นให้กินอาหารทดลองในระดับ 1.1 เท่าของความต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ นาน 50 วัน หลังจากนั้น ให้กินอาหารทดลองแบบเต็มที่ (*ad libitum*) นาน 30 วัน โดยระดับความต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (metabolizable energy requirement for maintenance; ME_m) ของโคพื้นเมืองไทยมีค่าเท่ากับ $484 \text{ kJ/kgBW}^{0.75}/\text{d}$ (WTSR, 2008)

3.4 อาหารและการให้อาหารทดลอง

3.4.1 วัตถุดิบอาหารสัตว์และการคำนวณสูตรอาหาร

ใช้ฟางหญ้าสุ่มและฟางข้าว ที่ผ่านการสับให้มีขนาดเล็กลงประมาณ 5 - 7 เซนติเมตร เป็นแหล่งอาหารหยาบหลัก โดยมีส่วนประกอบของสูตรอาหารแสดงไว้ในตารางที่ 3.2 ที่ได้จากการคำนวณปริมาณวัตถุดิบอาหารที่จะให้สัตว์กินในสัดส่วนที่เหมาะสม เพื่อให้สัตว์ได้รับโภชนาการตามความต้องการในการดำรงชีพและการให้ผลผลิต ตามคำแนะนำของ WTSR (2008) ซึ่งจำเป็นจะต้องอาศัยข้อมูลพื้นฐาน และมีขั้นตอนในการคำนวณหาส่วนประกอบสูตรอาหาร โดยสรุปดังนี้

ตารางที่ 3.2 สูตรอาหารทดลองและองค์ประกอบทางเคมี

Items	Treatment	
	T1	T2 and T3
Ingredients (% of DM)		
Ruzi straw	30.00	-
Rice straw	-	30.00
Coconut meal	10.00	10.00
Palm meal	6.00	6.00
Cassava chip	28.00	28.00
Rice bran	24.50	24.50
Urea	0.50	0.50
Mixes mineral ^{1/}	0.50	0.50
Premix (vitamins) ^{2/}	0.50	0.50
Total	100.00	100.00
Analyzed chemical composition ^{3/} , %		
DM	90.82	91.15
	----- % of DM -----	
OM	93.24	93.18
CP	9.44	9.73
EE	4.85	4.97
NDF	32.41	33.72
ADF	21.41	22.82
GE, MJ/kgDM	18.10	17.67

^{1/}Chemical composition were calcium = 164.00 g, cobalt = 0.04 g, copper = 1.00 g, iodine = 0.04 g, iron = 2.00 g, magnesium = 2.89 g, manganese = 11.00 g, phosphorus = 80.00 g, selenium = 0.03 g, sodium = 136.60 g, sulfur = 19.20 g, zinc = 3.58 g and carrier = 1,000.00 g

^{2/}Chemical composition were vitamins (A = 2×10^6 I.U., D₃ = 4×10^6 I.U. and E = 3×10^3 I.U.), minerals (cobalt = 0.02 g, copper = 1.60, iodine = 0.10, iron = 10.00 g, magnesium = 10.00 g, manganese = 8.00 g, selenium = 0.06 g and zinc = 6.00 g), anti-rancidity = 2.50 g and carrier = 1,000.00 g

^{3/}DM = dry matter, OM = organic matter, CP = crude protein, EE = ether extract, NDF = neutral detergent fiber, ADF = acids detergent fiber, GE = gross energy.

3.4.1.1 ค่าความต้องการโภชนะของสัตว์ที่จะประกอบสูตรอาหาร เพื่อให้ถูกต้อง และตรงตามความต้องการเพื่อการดำรงชีพ และเพิ่มระดับของการให้ผลผลิตของสัตว์ โดยหาได้จากตารางมาตรฐานการให้อาหารของ ARC (1980), NRC (1996, 2000) หรือ WTSR (2008, 2010) โดยสิ่งที่ควรทราบ ได้แก่ ปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบ, ความต้องการพลังงาน เช่น พลังงานที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ และพลังงานสุทธิ ความต้องการโปรตีนหยาบ ความต้องการแร่ธาตุและวิตามิน แล้วคำนวณหาความต้องการต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งของอาหาร ยกตัวอย่างเช่น WTSR (2008) แนะนำว่า โคพื้นเมืองไทยที่มีน้ำหนักตัว 300 กิโลกรัม มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 1000 กรัมต่อวัน จะต้องกินอาหารโดยน้ำหนักแห้งเท่ากับ 8.08 กิโลกรัมต่อวัน ต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เท่ากับ 66.23 เมกะจูลต่อวัน และโปรตีนหยาบ 743 กรัมต่อวัน ดังนั้นในสูตรอาหารต้องมีพลังงานเท่ากับ 8.20 เมกะจูลต่อวัตถุดิบแห้ง 1 กิโลกรัม และโปรตีนหยาบ 91.96 กรัมต่อวัตถุดิบแห้ง 1 กิโลกรัม หรือ 9.196 เปอร์เซ็นต์

3.4.1.2 รายการวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่จะนำมาประกอบสูตรอาหาร โดยควรเลือกวัตถุดิบที่สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น และต้องทราบองค์ประกอบทางเคมี และคุณค่าทางโภชนะ รวมทั้งราคาของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่นำมาใช้เป็นส่วนประกอบ แล้วคำนวณราคาของโภชนะต่อหน่วยน้ำหนักของวัตถุดิบอาหารแต่ละชนิด เพื่อช่วยในการเลือกวัตถุดิบมาประกอบสูตรอาหารให้มีราคาต่ำสุด

3.4.1.3 คำนวณหาสัดส่วนของวัตถุดิบอาหารสัตว์ในสูตรต่อกิโลกรัมโดยน้ำหนักแห้งของอาหาร

3.4.1.4 ทำการตรวจสอบปริมาณโภชนะในสูตรอาหารที่คำนวณได้ว่าเพียงพอหรือไม่อีกครั้ง

3.4.1.5 เมื่อได้ส่วนประกอบของสูตรอาหารแล้ว ควรเปลี่ยนจากน้ำหนักแห้ง (dry matter basis) ให้เป็นน้ำหนักสด (as fed basis) เพื่อความสะดวกในการผสม หรือให้อาหารเลี้ยงสัตว์

3.4.2 วิธีการให้อาหาร

ทำการชั่งอาหารข้นและอาหารหยาบในอัตราส่วน 70 ต่อ 30 โดยชั่งแยกอาหารข้นและอาหารหยาบตามปริมาณที่โคจะได้รับในแต่ละมื้อ ลงในถุงพลาสติกก่อนที่จะนำไปให้โคกินในแต่ละมื้อ (ปริมาณอาหารที่ให้โคกินจะมีการปรับทุก ๆ 7 วัน เพื่อให้โคได้รับอาหารตามน้ำหนักตัวของโคแต่ละตัว) โดยมีวิธีการจัดการให้อาหาร คือ เทอาหารข้นและอาหารหยาบลงในรางอาหาร จากนั้นใช้มือผสมคลุกเคล้าอาหารให้เข้ากันดี เพื่อลดพฤติกรรมเลือกกินอาหาร โดยมีการให้อาหารวันละ 2 มื้อ คือ มื้อเช้าเวลา 09.30 น. และมื้อเย็นเวลา 17.30 น.

3.5 การเก็บข้อมูลและสุ่มเก็บตัวอย่าง

3.5.1 การเก็บข้อมูลปริมาณการกินได้และการสุ่มเก็บตัวอย่างอาหาร

ในช่วงสุดท้ายของการทดลองจะทำการย้ายโคขึ้นไปอยู่บนกรงเมแทบอลิซึมนาน 6 วัน เพื่อทำการจดบันทึกปริมาณอาหารหยาบ อาหารชั้นที่ให้ และปริมาณอาหารที่สัตว์กินเหลือ โดยการนำอาหารออกจากรางอาหารทุกครั้งก่อนการให้อาหารใหม่ในช่วงเช้าของแต่ละวัน ตลอดจนการสุ่มเก็บตัวอย่าง เพื่อนำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณการกินได้ต่อวัน โดยหาได้จาก

$$\text{ปริมาณการกินได้ (กิโลกรัมต่อวัน)} = (\text{ปริมาณอาหารที่ให้ในมือเช้า} + \text{มือเย็น}) - \text{ปริมาณอาหารที่เหลือ}$$

พร้อมทั้งทำการเก็บรวบรวมอาหารที่สัตว์กินและอาหารที่สัตว์กินเหลือในแต่ละวัน เพื่อทำการสุ่มเก็บตัวอย่างอาหาร สำหรับนำไปปดผ่านตะแกรง เพื่อเตรียมวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

3.5.2 การเก็บตัวอย่างมูลและปัสสาวะ

ย้ายโคขึ้นไปอยู่บนกรงเมแทบอลิซึมเพื่อการสุ่มเก็บตัวอย่างมูลและปัสสาวะ ซึ่งได้ออกแบบกรงเลี้ยงให้โคสามารถยืนหรือนอน และเก็บข้อมูลได้อย่างสะดวก โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างมูลและปัสสาวะเป็นระยะเวลา 6 วัน ทำการชั่งน้ำหนักและสุ่มเก็บมูลและปัสสาวะตามวิธีการทดลองโดยวิธีการเก็บข้อมูลทั้งหมด (total collection) ได้แก่ อาหารที่ให้กิน อาหารที่เหลือมูลที่ขับออก และปัสสาวะที่สัตว์ขับออกในแต่ละวัน เมื่อสิ้นสุดแต่ละระยะการทดลอง นำมูลของสัตว์เป็นรายตัวมาทำการคลุกเคล้าให้เข้ากันดี แล้วทำการสุ่มเก็บอีกครั้งประมาณ 1 กิโลกรัม จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี

ส่วนปัสสาวะจะทำการเก็บปัสสาวะที่สัตว์ขับออกในแต่ละวัน โดยใช้ภาชนะที่รองรับปัสสาวะ โดยภาชนะจะบรรจุกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ที่มีความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ ประมาณครึ่งละ 100 - 150 มิลลิลิตร เพื่อรักษาปริมาณไนโตรเจนในปัสสาวะ และช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองจะทำการสุ่มปัสสาวะของสัตว์เป็นรายตัวประมาณ 500 มิลลิลิตร แล้วนำไปเก็บรักษาในตู้แช่แข็ง (อุณหภูมิประมาณ -20 องศาเซลเซียส) เพื่อนำไปวิเคราะห์หาพลังงานรวมทั้งหมด และไนโตรเจนที่สูญเสียออกมาในปัสสาวะ

3.5.3 การวิเคราะห์ห่อหุ้มประกอบทางเคมีในอาหารและมูล

นำตัวอย่างอาหารหรือมูลไปทำการวิเคราะห์ห่อหุ้มประกอบทางเคมี โดยการอบร้อนที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตรและนำไปวิเคราะห์หา วัตถุแห้ง (dry matter; DM) เถ้า (ash) โปรตีนหยาบ (crude protein; CP) ไขมัน (ether extract; EE) และค่าพลังงานรวมทั้งหมดในอาหาร (gross energy; GE) ตามวิธีของ AOAC (1990) และทำการ วิเคราะห์ปริมาณเยื่อใยในอาหาร ได้แก่ เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (neutral detergent fiber; NDF) และเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (acid detergent fiber; ADF) ตามวิธีของ Van Soest et al. (1991)

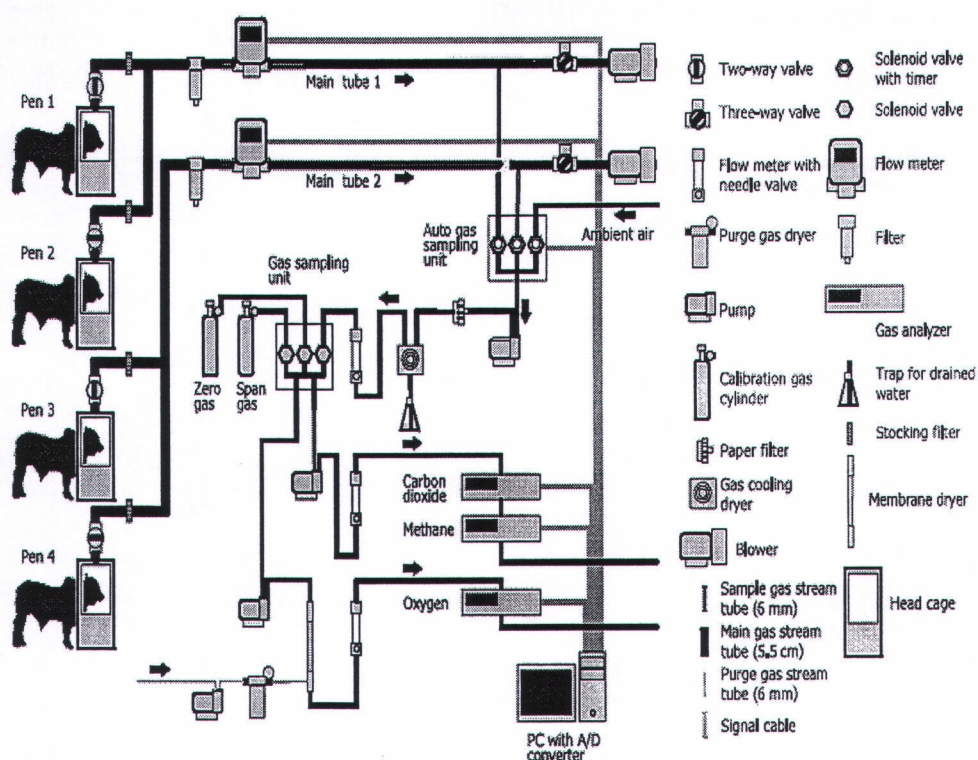
3.5.4 การวัดการหายใจเพื่อประเมินเมแทบอลิซึมพลังงาน

โดยใช้เครื่อง respiration calorimetry with head hood แสดงดังภาพที่ 3.1 ในช่วง ระยะการการเก็บตัวอย่างแก๊ส จะทำการย้ายโคขึ้นไปอยู่บนกรงเมแทบอลิซึมร่วมกับห้องวัดการ หายใจ (respiration chamber) ซึ่งออกแบบให้โคสามารถยืนหรือนอน และวัดปริมาตรแก๊สได้อย่าง สะดวก รวมทั้งมีเครื่องมือและอุปกรณ์ที่สามารถวัดปริมาตรและความเข้มข้นของแก๊สในอากาศ ก่อนและหลังจากการผ่านเข้าไปในห้องวัดการหายใจ (อนันท์ และคณะ, 2551) ที่ประกอบด้วย ตู้ สำหรับวัดการหายใจ มาตรวัดอัตราการไหลในการไหลผ่านของอากาศออกจากตู้ เครื่องวัดปริมาตรแก๊ส ออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทนและเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อัตโนมัติ (Suzuki et al., 2008) โดยทำการปรับปริมาตรแก๊สออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และมีเทนด้วย แก๊สมาตรฐานก่อนทำการวัดแก๊สทุกครั้งในช่วงเช้าเวลา 09.00 สำหรับสัตว์แต่ละตัว (Tangjitwatthanachai, 2010) จากนั้นทำการวัดและบันทึกปริมาตรแก๊สด้วยโปรแกรม testpoint ที่ ทำการวัดอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล (ทุกๆ 4 นาที 32 วินาที ตลอด 24 ชั่วโมง) เพื่อ วัดการหายใจเป็นระยะเวลานาน 3 วัน และนำข้อมูลที่ได้มาประเมินค่าพลังงานความร้อนที่ผลิต (total heat production) จากการวัดค่าความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนที่ใช้ในการหายใจ แก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์และมีเทน ร่วมกับปริมาณไนโตรเจนที่ขับถ่ายทางปัสสาวะ ซึ่งข้อมูลที่ได้ สามารถคำนวณได้จากสมการของ Brouwer (1965) ดังสมการ

$$\text{Total heat production (THP; kJ)} = 16.18 \times \text{O}_2 + 5.02 \times \text{CO}_2 - 2.17 \times \text{CH}_4 - 5.99 \times \text{N}$$

โดย

O_2	=	ปริมาตรของแก๊สออกซิเจนที่ใช้ (ลิตร)
CO_2	=	ปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิต (ลิตร)
CH_4	=	ปริมาตรของแก๊สมีเทนที่ผลิต (ลิตร)
N	=	ปริมาณของไนโตรเจนที่ขับออกมาทางปัสสาวะ (กรัม)



ภาพที่ 3.1 แผนผังระบบการวัดค่าพลังงานความร้อนในสัตว์ทางอ้อมด้วยการวัดการหายใจแบบ

Head hood

ที่มา: Suzuki et al., 2008

3.5.5 การชั่งน้ำหนักสัตว์ทดลอง

ทำการชั่งและบันทึกน้ำหนักสัตว์ทดลองก่อนเข้าการทดลอง และในช่วงการทดลอง ทุกๆสัปดาห์ ตลอดจนงานทดลอง เพื่อใช้ในการปรับปริมาณอาหารที่ให้ตามน้ำหนักของร่างกาย บันทึกการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักและการคำนวณหาอัตราการใช้พลังงานต่อวันเป็นรายตัว

3.6 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้

โดยนำโภชนะในมูลมาหักออกจากโภชนะในอาหารที่กินจะทราบปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ (digestible nutrient) คือ อาหารหรือโภชนะที่กินเข้าไป ส่วนที่ย่อยได้จะถูกดูดซึม ส่วนที่ย่อยไม่ได้ จะถูกขับออกในมูลและคิดเป็นร้อยละของโภชนะในอาหารนั้น จะเป็นค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ (digestible coefficient) หรือความสามารถในการย่อยได้ (digestibility) ตามวิธีการของ Schnider and Flatt (1975) มีวิธีการคำนวณดังนี้

$$\text{Digestibility (\%)} = \frac{(\text{nutrient consumed} - \text{nutrient in feces}) \times 100}{\text{nutrient consumed}}$$

โดย

$$\begin{aligned} \text{nutrient consumed} &= \text{ปริมาณโภชนาที่กิน} \\ \text{nutrient in feces} &= \text{ปริมาณโภชนาที่ขับออกในมูล} \end{aligned}$$

3.7 การประเมินค่าเมแทบอลิซึมของพลังงาน ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่กินได้ ค่าความต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ และค่าประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโต

3.7.1 การคำนวณค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่กินได้ (metabolizable energy intake; MEI)

โดยนำค่าพลังงานรวมทั้งหมดในอาหารที่กินได้ (GEI) หักลบด้วยค่าพลังงานที่ขับถ่ายออกทางมูล (FE) ค่าพลังงานที่ขับถ่ายออกทางปัสสาวะ (UE) และค่าพลังงานที่สูญเสียออกมาทางรูปแก๊สมีเทน (CH_4) จะได้ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่กินได้

$$\text{MEI} = \text{GEI} - \text{FE} - \text{UE} - \text{CH}_4$$

โดย

MEI = พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่กินได้ (metabolizable energy intake, $\text{kJ/kgBW}^{0.75}/\text{d}$)

GEI = พลังงานรวมทั้งหมดในอาหารที่กินได้ (gross energy intake, $\text{kJ/kgBW}^{0.75}/\text{d}$)

FE = พลังงานที่ขับถ่ายออกทางมูล (fecal energy, $\text{kJ/kgBW}^{0.75}/\text{d}$)

UE = พลังงานที่ขับถ่ายออกทางปัสสาวะ (urine energy, $\text{kJ/kgBW}^{0.75}/\text{d}$)

CH_4 = พลังงานที่สูญเสียออกมาทางรูปแก๊สมีเทน (methane energy loss, $\text{kJ/kgBW}^{0.75}/\text{d}$)

เมื่อนำค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่กินได้ (MEI, $\text{kJ/kgBW}^{0.75}/\text{d}$) หักลบด้วยค่าพลังงานความร้อนทั้งหมดที่ร่างกายผลิตขึ้น (total heat production; THP, $\text{kJ/kgBW}^{0.75}/\text{d}$) จะได้เป็นค่าพลังงานที่เก็บกักได้ (energy retention; ER, $\text{kJ/kgBW}^{0.75}/\text{d}$) โดยการคำนวณจาก

$$\text{ER} = \text{MEI} - \text{THP}$$

3.7.2 การประเมินค่าความต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (metabolizable energy for maintenance; ME_m)

สามารถคำนวณได้จากสมการเส้นตรงตามวิธีการของ ARC (1980) โดยความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่กินได้ (metabolizable energy intake; MEI, $\text{kJ/kgBW}^{0.75}/\text{d}$) และค่าพลังงานที่เก็บกักได้ (energy retention; ER, $\text{kJ/kgBW}^{0.75}/\text{d}$) โดยค่าความต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ มีค่าเท่ากับค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่กินได้ ณ จุดที่ค่าพลังงานที่เก็บกักได้มีค่าเท่ากับศูนย์ (กฤตพล, 2550ก)

3.7.3 การประเมินค่าประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (efficiency of metabolizable energy for maintenance; k_m)

ค่าประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพของโคพื้นเมืองไทยจากการประมวลผลข้อมูลทางสถิติ สามารถแสดงสมการความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่กินได้ (MEI, $\text{kJ/kgBW}^{0.75}/\text{d}$) กับค่าพลังงานที่ร่างกายเก็บกักได้ (ER, $\text{kJ/kgBW}^{0.75}/\text{d}$) โดยค่าสมการที่ได้มาจากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณการกินได้ของพลังงานต่ำกว่า 1.1 เท่าของการดำรงชีพ ($1.1 \times M$) เมื่อ $M = 484 \text{ kJ/kgBW}^{0.75}/\text{d}$) โดยการคำนวณจาก

$$k_m = \text{FHP} / \text{MEI}_{\text{ER}=0}$$

3.7.4 การประเมินค่าประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (efficiency of metabolizable energy for growth; k_g)

ค่าประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองไทยจากการประมวลผลข้อมูลทางสถิติ สามารถแสดงสมการความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่กินได้ (MEI, $\text{kJ/kgBW}^{0.75}/\text{d}$) กับค่าพลังงานที่ร่างกายเก็บกักได้ (ER, $\text{kJ/kgBW}^{0.75}/\text{d}$) โดยค่าสมการที่ได้มาจากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณการกินได้ของพลังงานสูงกว่า 1.1 เท่าของการดำรงชีพ ($1.1 \times M$) เมื่อ $M = 484 \text{ kJ/kgBW}^{0.75}/\text{d}$) โดยการคำนวณจาก

$$k_g = \text{ER} / \text{MEI}_{\text{ER}>0}$$

3.8 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมแบบ Analysis of variance (ANOVA) สำหรับแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน และ

เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของปัจจัยการทดลองโดย least significant difference (LSD) รวมถึงทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มปัจจัยทดลองด้วยวิธี orthogonal contrast ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($P < 0.05$) โดยการใช้โปรแกรม SAS 6.12 (1996)

โดยมีโมเดลของการทดลองดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \varepsilon_{ij}$$

เมื่อ Y_{ij} = ค่าสังเกตจากบล็อกที่ i ทรีทเมนต์ที่ j

μ = ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทั้งหมด (overall mean)

β_i = อิทธิพลเนื่องจากบล็อก (block) ที่ i เมื่อ $i = 1, \dots, 4$

τ_j = อิทธิพลเนื่องจากทรีทเมนต์ (treatment) ที่ j เมื่อ $j = 1, \dots, 3$

ε_{ij} = ความคลาดเคลื่อนของการทดลอง (error) เมื่อ $i = 1, \dots, 4$ และ $j = 1, \dots, 3$

3.9 ระยะเวลาทำการวิจัย

3.9.1 ทำการทดลองเลี้ยงสัตว์ระหว่าง วันที่ 2 มีนาคม 2552 ถึงวันที่ 5 กรกฎาคม 2552

3.9.2 ทำการเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี 6 กรกฎาคม 2552 ถึงวันที่ 6 ตุลาคม 2552

3.9.2 ทำการวิเคราะห์ทางเคมี ระหว่าง วันที่ 7 ตุลาคม 2552 ถึงวันที่ 30 พฤศจิกายน 2553

3.9.3 เขียนรูปเล่มวิทยานิพนธ์ ระหว่าง วันที่ 1 ธันวาคม 2553 ถึงวันที่ 30 มีนาคม 2554

3.10 สถานที่ทำการวิจัย

3.10.1 สถานีทดลองอาหารสัตว์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ขอนแก่น ต. ท่าพระ อ. เมือง จ. ขอนแก่น

3.10.2 ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ขอนแก่น ต. ท่าพระ อ. เมือง จ. ขอนแก่น

3.10.3 ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

3.10.4 ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น