

ความต้องการพลังงานและโปรตีนเพื่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโตของไก่เบตงเพศผู้ อายุ 56-140 วัน

อานุภาพ เสี่ยงสาย^{1/} พินิจ สวัสดิ์รักษา^{2/} จีระศักดิ์ ชอบแต่ง^{1/} ขบวนการ อินทร์รักษ์^{3/} จุริรัตน์ เงินแดง^{4/}

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (net energy requirement for maintenance, NE_m) และโปรตีนสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (net protein requirement for maintenance, NP_m) ความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต (net energy requirement for growth, NE_g) และโปรตีนสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต (net protein requirement for growth, NP_g) ของไก่เบตงเพศผู้ที่มีอายุระหว่าง 56-140 วัน ประเมินความต้องการโภชนะต่างๆ ของไก่ที่มีน้ำหนักเมแทบอลิกไม่รวมเศษอาหาร (metabolic empty bodyweight, $EBW^{0.75}$) ต่าง ๆ โดยใช้วิธีการศึกษาแบบการชำแหละซากเชิงเปรียบเทียบ (comparative slaughter technique)

ผลการทดลอง พบว่า ไก่เบตงเพศผู้มีค่า NE_m เท่ากับ 55.21 kcal/kg $EBW^{0.75}/d$ และค่า NP_m เท่ากับ 2.68 g/kg $EBW^{0.75}/d$ โดยมีสมการสำหรับใช้ในประเมินค่า NE_g และ NP_g เพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (empty bodyweight gain, EBG) จำนวน 1 กิโลกรัม ของไก่เบตงที่น้ำหนักตัวต่าง ๆ เป็นดังนี้ NE_g (kcal/kg EBG) = $1,990 \times EBW^{-0.06}$ และ NP_g (g/kg EBG) = $215.68 \times EBW^{0.21}$ ตามลำดับ

คำสำคัญ: ไก่เบตง ความต้องการโภชนะ โปรตีน พลังงาน

เลขทะเบียนวิชาการ : 64(2)-0214-037

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

^{2/} ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์นครราชสีมา อ. ตากใบ จ. นครราชสีมา

^{3/} ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์สตูล อ. ควนกาหลง จ. สตูล

^{4/} ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์เพชรบุรี อ. ชะอำ จ. เพชรบุรี

Energy and protein requirements for maintenance and growth of male Betong chicken during 56-140 days of age

Arnupap Sengsai^{1/} Pinit Sawatdiraksa^{2/} Jeerasak Chobtang^{1/} Kabouan Intaruk^{3/}

Jureerut Ngendang^{4/}

Abstract

The objective of the present study was to assess net energy (NE_m) and net protein requirements (NP_m) requirements for maintenance and net energy (NE_g) and net protein requirements (NP_g) for growth of male Betong chickens during 56-140 days of age. A comparative slaughtering technique was used to estimate nutrient requirements of the chickens at different metabolic empty bodyweights ($EBW^{0.75}$).

Results showed that the NE_m and NP_m values of male Betong chicken were 55.21 kcal/kg $EBW^{0.75}/d$ and 2.68 g/kg $EBW^{0.75}/d$, respectively. In addition, the mathematical model to estimate the NE_g and NP_g values for 1 kg empty bodyweight gain (EBG) of the chickens at different EBW were as followings: NE_g (kcal/kg EBG) = $1,990 \times EBW^{-0.06}$ and NP_g (g/kg EBG) = $215.68 \times EBW^{0.21}$, respectively.

Keywords: Betong chicken, nutrient requirements, protein, energy

Technical No.: 64(2)-0214-037

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

^{2/} Narathiwat Animal Nutrition Research and Development Center, Tak Bai, Narathiwat.

^{3/} Satun Animal Nutrition Research and Development Center, Khuan Kalong, Satun.

^{4/} Petchaburi Animal Nutrition Research and Development Center, Cha-Am, Petchaburi

คำนำ

ไก่เบตง (Betong chicken) เป็นไก่พื้นเมืองไทยที่เลี้ยงกันมากในพื้นที่จังหวัดปัตตานี ยะลาและ นราธิวาส โดยมีลักษณะประจำพันธุ์ คือ หัวกว้าง ใบหน้ามีสีแดง ปากมีสีเหลือง หงอนจักร คอตั้งแข็งแรง ขน คอมีสีเหลืองทองที่หัวและคอย ๆ จางลงมาถึงลำตัวคล้ายสร้อยคอ ขนลำตัวมีสีเหลืองทองตลอดทั้งลำตัว ปีก สั้นขนหางไม่ดก สั้น ไม่มีขนกรวยหาง ขนที่อกและใต้ปีกสีเหลืองอ่อน เพศผู้และเพศเมียมีน้ำหนักเมื่อโตเต็มที่ ประมาณ 3.0 และ 2.7 กิโลกรัม ตามลำดับ มีความสม่ำเสมอและคงตัวในลักษณะประจำพันธุ์ สามารถ ขยายพันธุ์ได้ง่าย ทนต่อสภาพอากาศร้อนในเขตภาคใต้ มีเนื้อที่มีรสชาติดี นุ่ม ไม่เหนียว มีไขมันน้อย หนัง กรอบ เป็นที่ต้องการของตลาด (สำนักพัฒนาพันธุ์สัตว์, 2562) น้ำหนักส่งตลาดของไก่เบตงเพศผู้ในช่วง 2.0-2.5 กิโลกรัม และเพศเมียอยู่ในช่วง 1.5-2.0 กิโลกรัม การเลี้ยงไก่เบตงของเกษตรกรมีรูปแบบแตกต่างกัน ไป ปัจจุบันมีการเลี้ยงไก่เบตงเชิงพาณิชย์มากขึ้น มีการจัดการสุขาภิบาลที่ดีควบคู่กับการให้อาหารอย่าง เหมาะสมจะช่วยให้ไก่มีอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารดีขึ้น (ปิยะนันท์และคณะ, 2562; ปิ่นและคณะ, 2547; ธาณี, 2546; Chanjula and Pattamarakha, 2002)

กรมปศุสัตว์ได้มีการส่งเสริมเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดภาคใต้ขยายแดนผลิตลูกไก่เบตงพันธุ์แท้จำหน่าย สำหรับนำไปเลี้ยงเพื่อการผลิตเนื้อคุณภาพดีให้กับผู้บริโภคในพื้นที่ มีการสร้างเครือข่ายปรับปรุงพันธุ์และ ขยายพันธุ์ เครือข่ายอนุรักษ์พันธุ์และขยายพันธุ์และเครือข่ายใช้ประโยชน์พันธุ์กรรมและเทคโนโลยี โดยมี วัตถุประสงค์ทั้งเพื่อการอนุรักษ์พันธุ์และการผลิตเพื่อการบริโภคให้เพียงพอกับความต้องการของตลาด โดยเฉพาะในช่วงเทศกาลซึ่งจะมีความต้องการบริโภคสูงมาก (ชูศักดิ์ และคณะ, 2562) ต้นทุนค่าอาหารสัตว์ เป็นต้นทุนหลักในการเลี้ยงไก่ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 60-70 ของต้นทุนทั้งหมด ข้อมูลความต้องการโภชนะของไก่ โดยเฉพาะระดับโปรตีนและพลังงานจะช่วยให้การประกอบสูตรอาหารสัตว์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ มีอัตรา การเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารที่สอดคล้องกับศักยภาพทางพันธุกรรม อย่างไรก็ตาม ข้อมูลความต้องการโภชนะของไก่เบตงมีอยู่อย่างจำกัดและไม่สมบูรณ์ทำให้ไม่สามารถจัดการอาหารสัตว์ได้ อย่างแม่นยำได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งไก่ในช่วงระยะขุน อายุ 56 – 140 วัน หรือ ระยะส่งตลาด ซึ่งมีความ ต้องการโภชนะเพื่อการเจริญเติบโตของร่างกายสูง ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความ ต้องการพลังงานและโปรตีนเพื่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโตของไก่เบตงเพศผู้ที่มีอายุระหว่าง 56 -140 วัน

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการทดลอง ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์นราธิวาส ตำบลไพรวัน อำเภอ ตากใบ จังหวัด นราธิวาส ระหว่างเดือนตุลาคม 2562 ถึงเดือนกันยายน 2563

การดำเนินการทดลอง

การหาความต้องการโภชนะตามวิธีการและขั้นตอนของวิธีการชำแหละซากเชิงเปรียบเทียบ (comparative slaughter technique)

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design) มี 4 ซ้ำ สิ่งทดลอง ได้แก่ ระดับการให้อาหาร 4 ระดับ คือ (1) ให้อาหารแบบเต็มที่ (*ad libitum*, AL) (2) ให้อาหารในระดับ 85 เปอร์เซ็นต์ของระดับ AL (3) ให้อาหารในระดับ 70 เปอร์เซ็นต์ของระดับ AL และ (4) ให้อาหารในระดับ 55 เปอร์เซ็นต์ของระดับ AL สำหรับไก่ทดลอง 4 กลุ่ม ส่วนไก่กลุ่มฐาน 1 กลุ่มจะใช้ประเมินหาการสะสมองค์ประกอบทางเคมีเมื่อเริ่มทดลอง

สัตว์ทดลองและการเก็บข้อมูล

ใช้ไก่เบตงเพศผู้ที่มีอายุ 56 วัน จำนวน 340 ตัว ไก่ทุกตัวทำวัคซีนตามโปรแกรมของกรมปศุสัตว์ สุ่มไก่ออกเป็น 5 กลุ่ม ตามวิธีการชำแหละซากเชิงเปรียบเทียบ

กลุ่มที่ 1 กลุ่มฐาน 20 ตัว ใช้เป็นไก่กลุ่มฐานสำหรับสร้างสมการถดถอยอย่างง่าย (simple linear regression) สำหรับใช้ประเมินองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ วัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน และพลังงาน ในวันแรกของการทดลอง

กลุ่มที่ 2 ไก่กลุ่ม 200 ตัว จะแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มย่อย ๆ ละ 40 ตัว ในแต่ละกลุ่มย่อยแบ่ง เป็น 4 ซ้ำ ๆ ละ 10 ตัว โดยไก่ในกลุ่มนี้จะได้รับแบบกินเต็มที่ (*ad libitum*, AL) และสุ่มไก่เพื่อประเมินองค์ประกอบทางเคมี ในสัปดาห์ 2 4 6 8 และ 10

กลุ่มที่ 3 - 5 แบ่งกลุ่มละ 40 ตัว (แต่ละกลุ่มจะแบ่งไก่ออกเป็น 4 ซ้ำ ๆ ละ 10 ตัว) จะได้รับอาหารแบบจำกัดในระดับ 85 70 และ 55 เปอร์เซ็นต์ ของระดับแบบกินเต็มที่ AL ตามลำดับ สุ่มไก่มาศึกษาซากในสัปดาห์ที่ 10 ของการทดลอง

เลี้ยงไก่แต่ละซ้ำในคอกย่อยขนาด 2×2 ตารางเมตร มีรางอาหารและรางน้ำที่ไก่สามารถเข้าถึงอาหารและน้ำสะอาดได้สะดวกในการศึกษาซากไก่จะทำการงดให้อาหารเป็นเวลา 18 ชั่วโมง งดน้ำ 12 ชั่วโมง ก่อนการชำแหละ ซึ่งน้ำหนักไก่ทดลองก่อนฆ่าชำแหละจะได้น้ำหนักตัวอดอาหาร (Shrunk bodyweight, SBW) จากนั้น จึงฆ่าไก่ให้ตายโดยสงบโดยการตีกระดูกข้อต่อระหว่างหัวและกระดูกคอ เปิดซากแล้วเอาเศษอาหารที่เหลืออยู่ในระบบทางเดินอาหารออกทั้งหมดจะได้น้ำหนักซากไม่รวมเศษอาหาร (empty bodyweight, EBW) นำซากไก่เบตงทั้งหมดมาสับเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วนำไปบดโดยใช้เครื่องบดที่มีรูขนาด 5 มิลลิเมตร จำนวน 3 รอบ สุ่มตัวอย่างซากไก่แล้วนำมาอบโดยใช้ตู้อบชนิดเป่าลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่ แล้วนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมี

อาหารและการให้อาหาร

ใช้อาหารทดลองที่มีส่วนประกอบของกากถั่วเหลืองและข้าวโพดเป็นวัตถุดิบหลัก ประกอบสูตรอาหารให้มีคุณค่าทางโภชนาการสำหรับเลี้ยงไก่พื้นเมืองที่มีโปรตีนหยาบร้อยละ 17 พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 3,200 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ตามคำแนะนำของเครือข่ายความร่วมมือด้านงานวิจัยสาขาโภชนาการศาสตร์สัตว์ (2560) สำหรับสูตรอาหารและคุณค่าทางโภชนาการของอาหารทดลองแสดงในตารางที่ 1

บันทึกปริมาณอาหารที่กินทุกวัน สำหรับปริมาณอาหารที่จะใช้เลี้ยงไก่ในกลุ่มที่ได้รับอาหารแบบจำกัดจะคำนวณจากปริมาณอาหารที่กินในกลุ่มที่ได้รับอาหารแบบเต็มทีในวันก่อนหน้า 1 วัน และมีการสุ่มตัวอย่างอาหารทดลองสำหรับใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

การประเมินค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้

ประเมินคุณค่าโภชนะของอาหารสัตว์ทดลอง โดยวิธี total collection ดำเนินการในช่วง 7 วันสุดท้ายของการทดลอง สุ่มไก่จากคอก AL คอก 85%AL คอก 75%AL และคอก 55%AL มาคอกละ 2 ตัว สำหรับใช้เป็นตัวแทนในการศึกษาเพื่อประเมินคุณค่าทางโภชนะของอาหารสัตว์ นำไก่มาเลี้ยงในคอกเมแทบอลิซึม (metabolism cage) นาน 7 วัน บันทึกปริมาณการกินอาหารและปริมาณมูล และสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารสัตว์และตัวอย่างมูลในช่วง 5 วันสุดท้าย ใช้กรดซัลฟริกเข้มข้น 20% จำนวน 10 มิลลิลิตรต่อวัน โดยแบ่ง 5 ครั้ง ๆ ละ 2 มิลลิลิตร ผิดพันบนมูลไก่เพื่อการตรึงไนโตรเจนและหยุดการทำงานของจุลินทรีย์ นำตัวอย่างที่สุ่มเก็บมาอบโดยใช้ตู้อบชนิดเป่าลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง จากนั้น นำไปบดผ่านตะแกรงที่มีรูขนาด 1 มิลลิเมตร สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมี

ประเมินค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ไม่รวมพลังงานจากการกักเก็บไนโตรเจน (ME_n) โดยใช้สมการดังนี้ ME_n (kcal/kg DM) = $AME - [8.22 \times (NI - NEx)/DMI]$ (Lammers et al., 2008) โดยที่ NI (g/d) หมายถึง ปริมาณไนโตรเจนที่สัตว์กิน และ NEx (g/d) หมายถึง ปริมาณไนโตรเจนที่สัตว์สูญเสีย และประเมินค่าพลังงานที่กินได้ (metabolizable energy intake, MEI) โดยใช้สมการดังนี้ $MEI = ME_n \times DMI$

การวิเคราะห์ทางเคมี

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างอาหารสัตว์ มูลและเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของไก่ ได้แก่ วัตถุแห้ง (dry matter, DM) โดยการอบด้วยตู้อบชนิด force-air oven ที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ตามวิธีที่ 930.15 (AOAC, 2016) วิเคราะห์หาโปรตีนด้วยการหาไนโตรเจนด้วยวิธี Kjeldahl แล้วใช้แฟกเตอร์ 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) วิเคราะห์เยื่อใยหยาบ (crude fiber, CF) โดยใช้เครื่อง Fibertec ตามวิธี ISO 6865 (ISO, 2009) และวิเคราะห์ค่าพลังงานรวม (gross energy, GE) โดยเครื่อง automatic isoperibol calorimeter (6400; Parr, Molin, Illinois, USA) ตามวิธีของ DIN 51900-2 (2003-05)

ตารางที่ 1 สูตรอาหารและองค์ประกอบทางเคมีของอาหารไก่อายุ 56-140 วัน

วัตถุดิบอาหารสัตว์	ร้อยละ
ข้าวโพดบด	64.00
กากถั่วเหลืองโปรตีนมากกว่าร้อยละ 44	22.00
ปลาป่น โปรตีนมากกว่าร้อยละ 55	2.50
รำละเอียด	4.00
น้ำมันถั่วเหลือง	5.00
เปลือกหอยป่น	0.50
ดีแอล-เมทไธโอนีน	-
เกลือ	0.10
ไดแคลเซียมฟอสเฟต พี 18	1.40
พรีมิกซ์ไก่ไข่ (วิตามิน+แร่ธาตุ) *	0.50
รวม	100
องค์ประกอบทางเคมี (%)	
วัตถุดิบแห้ง	90.00
โปรตีน	17.19
ไขมัน	8.72
เยื่อใย	1.97
แคลเซียม	0.87
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	0.72
ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้	0.41
กรดอะมิโนไลซีน	0.96
กรดอะมิโนเมทไธโอนีน	0.32
กรดอะมิโนเมทไธโอนีน+ซิสทีน	0.59
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	3,200

* พรีมิกซ์ ส่วนประกอบใน 1 กก. ประกอบด้วย วิตามินเอ 2,000,000 หน่วยสากล วิตามินดี₃ 250,000 หน่วยสากล วิตามินอี 4000 หน่วยสากล วิตามินเค₃ 0.80 กรัม วิตามินบี₁ 0.83 กรัม วิตามินบี₂ 1.60 กรัม วิตามินบี₆ 1.81 กรัม วิตามินบี₁₂ 3.00 มิลลิกรัม โคเลีน 240 กรัม ไนอาซีน 12 กรัม กรดเพนโทธีนิก 5 กรัม แมกนีเซียม 5.34 กรัม แมงกานีส 24.80 กรัม เหล็ก 22.50 กรัม สังกะสี 18 กรัม ทองแดง 2.25 กรัม ซีลีเนียม 0.06 กรัม สารธรมคุณภาพอาหารสัตว์ 2.50 กรัม เติมน้ำจืดจนครบ 1 กิโลกรัม

ความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ

ประเมินค่า NE_m (ความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ; net energy requirement for maintenance) จากการศึกษาของ Lofgreen and Garrett (1968) และ Sakomura et al. (2005) โดยใช้สมการดังนี้ $HP = \alpha \times e^{(\beta \times MEI)}$ โดยที่ ค่า e หมายถึง ค่า Euler's number (~2.718281) ส่วนค่า α และ β เป็นค่าคงที่ของสมการ ดังนั้น จะได้ค่าความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (NE_m) เมื่อแทนค่า MEI ด้วยศูนย์

ความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต

ประเมินค่า NE_g (ความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต; net energy requirement for growth) หรือพลังงานสุทธิสำหรับใช้ในการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหารในระบบทางเดินอาหาร (empty body weight gain, EBG) 1 กิโลกรัม โดยใช้เฉพาะข้อมูลจากไก่เบตงกลุ่มที่กินอาหารแบบเต็มที (AL) ทั้ง 5 ระยะ นำมาสร้างสมการ allometry (ARC, 1980) ดังนี้ $EY = \alpha \times EBW^\beta$ โดยที่ EY หมายถึง ปริมาณพลังงาน (Mcal) ทั้งหมดในตัวไก่เบตง และ empty body weight, EBW หมายถึง น้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหารในระบบทางเดินอาหารของไก่เบตง (กิโลกรัม) ส่วนค่า α และ β เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของสมการ การประเมินค่า NE_g ที่น้ำหนักตัว (EBW) ต่าง ๆ ของไก่เบตงโดยใช้สูตรลำดับที่ 1 ของสมการ allometry จะได้สมการดังนี้ $NE_g \text{ (Mcal/kg EBG)} = \alpha \times \beta \times EBW^{(\beta-1)}$ (Lofgreen and Garrett, 1968; ARC, 1980)

ประเมินค่า RE การกักเก็บพลังงาน (energy retention, kcal/kg $EBW^{0.75}/d$) โดยนำปริมาณโปรตีนและไขมันที่กักเก็บในร่างกายคูณด้วยค่าพลังงานของโปรตีนและไขมันในเนื้อเยื่อ (5.66 kcal/g และ 9.37 kcal/g ตามลำดับ) (Blaxter and Rook, 1953)

ประเมินค่าพลังงานความร้อน (heat production, HP, kcal/kg $BW^{0.75}/d$) โดยใช้สมการของ Lofgreen and Garrett, (1968) ดังนี้ $HP = MEI - RE$

ประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อการดำรงชีพ (K_m)

คำนวณประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อการดำรงชีพ (K_m) ได้ดังนี้ $K_m = NE_m/ME_m$ (ARC, 1980) โดย ME_m (ความต้องการพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ) โดยใช้สมการ $HP = \alpha \times e^{(\beta \times MEI)}$ และจะได้ค่า ME_m ก็ต่อเมื่อค่า $MEI = HP$ (Lofgreen and Garrett, 1968 ; Sakomura et al. 2005)

ประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อการเจริญเติบโต (K_g)

ประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อการเจริญเติบโต ซึ่งได้จากค่าความชัน (slope) ของสมการถดถอยอย่างง่ายระหว่างปริมาณการกินพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (MEI_g , kcal/kg $EBW^{0.75}/d$) [โดยที่ $MEI_g \text{ (kcal/kg } EBW^{0.75}/d) = MEI \text{ (kcal/kg } EBW^{0.75}/d) - ME_m \text{ (kcal/kg } EBW^{0.75}/d)$] และอัตราการกักเก็บพลังงานในร่างกาย (RE, kcal/kg $EBW^{0.75}/d$) จากการแนะนำของ Tedeschi et al. (2002)

โปรตีนสุทธิเพื่อการดำรงชีพ

การประเมินค่า NP_m (net protein requirement for maintenance; ความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการดำรงชีพ) โดยใช้สมการเลขชี้กำลังระหว่างปริมาณการกินไนโตรเจน (nitrogen intake, NI, g/kg $EBW^{0.75}/d$) หรือ ไนโตรเจนที่กิน (nitrogen intake) และปริมาณการสูญเสียไนโตรเจน (nitrogen loss, NEx, g/kg $EBW^{0.75}/d$) โดยที่ค่า NEx หมายถึง ปริมาณไนโตรเจนที่มีสูญเสียออกจากร่างกาย ($NEx = NI - NR$) ดังต่อไปนี้ $NEx = \alpha \times e^{(\beta \times NI)}$ โดยที่ ค่า e หมายถึง ค่า Euler's number (~ 2.718281) ส่วนค่า α และ β เป็นค่าคงที่ของสมการ ทั้งนี้ ค่า α หมายถึง ปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกเมื่อค่า $NI = 0$ หรือ หมายถึง ความต้องการไนโตรเจนสุทธิเพื่อการดำรงชีพแล้วคูณด้วยแฟกเตอร์ 6.25 จะได้ค่าความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการดำรงชีพ

โปรตีนสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต

ประเมินค่า NP_g (net protein requirement for growth) หรือโปรตีนสุทธิสำหรับการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร EBG (empty bodyweight gain) จำนวน 1 กิโลกรัม โดยใช้เฉพาะข้อมูลจากไก่เบตงกลุ่มที่กินอาหารแบบเต็มทั้ง 5 ระยะ สำหรับใช้ในการสร้างสมการ allometry (Lofgreen and Garrett, 1968; ARC, 1980) ดังนี้ $EP = \alpha \times EBW^\beta$ โดยที่ EP หมายถึง ปริมาณโปรตีน (กิโลกรัม) และ EBW หมายถึง น้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหารในระบบทางเดินอาหารของไก่เบตง (กิโลกรัม) ส่วนค่า α และ β เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของสมการ

ประเมินการกักเก็บไนโตรเจน (nitrogen retention, NR, g/kg $BW^{0.75}/d$) โดยใช้ปริมาณไนโตรเจนในตัวไก่เบตงเมื่อเริ่มต้นการทดลอง (g/kg $BW^{0.75}$) หักลบออกจากปริมาณไนโตรเจนในตัวไก่เบตงเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (g/kg $BW^{0.75}$)

การประเมินค่า NP_g ที่น้ำหนักตัว (EBW) ต่าง ๆ ของไก่เบตงโดยใช้อนุพันธ์ลำดับที่ 1 ของสมการ allometry ได้สมการดังนี้ NP_g (g/kg EBG) = $\alpha \times \beta \times EBW^{(\beta-1)}$ (Lofgreen and Garrett, 1968; ARC, 1980)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ไก่ทดลองกลุ่มฐาน

ไก่กลุ่มฐานมีน้ำหนักตัวมีชีวิตเฉลี่ยเท่ากับ 926.67 กรัม มีความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ 68.68 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์โปรตีน ไขมันและเถ้าเฉลี่ยเท่ากับ 70.32 18.72 และ 10.95 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และมีพลังงาน 5,984.88 kcal/kg DM องค์ประกอบของโปรตีนในครั้งนี้ใกล้เคียงกับรายงานของ Wattanachant และคณะ (2004) ที่ศึกษาเปรียบเทียบองค์ประกอบเนื้อไก่ของไก่พื้นเมืองไทย อายุ 16 สัปดาห์กับไก่เนื้อเชิงการค้า อายุ 38 วัน ไก่ทั้งสองสายพันธุ์มีน้ำหนัก 1.5 กก. มีองค์ประกอบของโปรตีนคิดเป็น 19-20 และ 20-22 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งตามลำดับ

สมรรถนะการผลิตของไก่เบตง

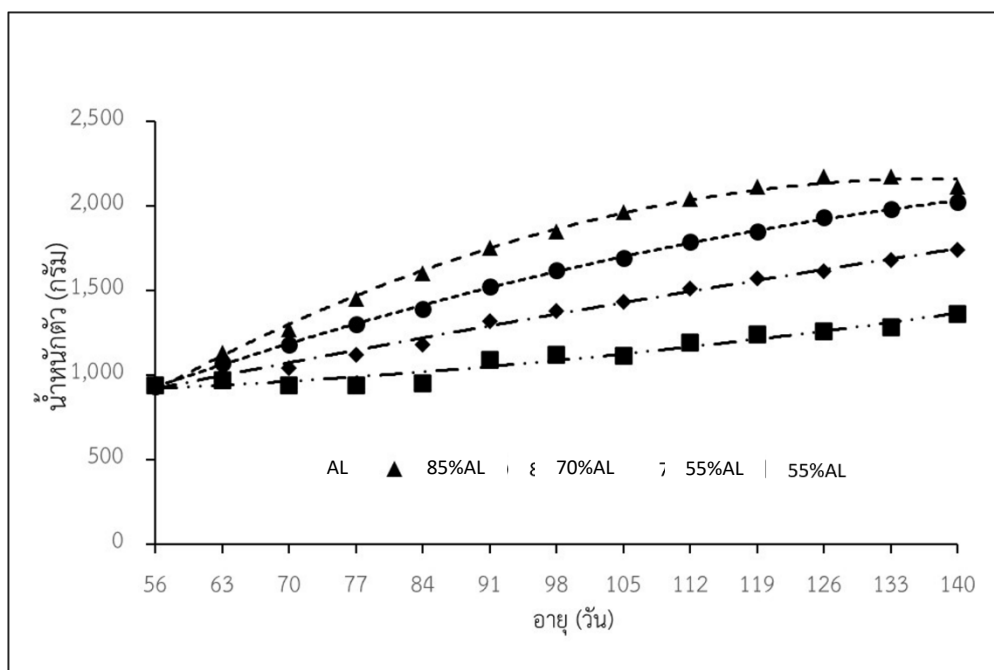
ตารางที่ 2 แสดงสมรรถนะการผลิตของไก่เบตงแตกต่างกันตามระดับโปรตีนที่ได้รับโดยไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารเต็ม AL และกลุ่ม 85%AL มีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด ระหว่าง 13.09-14.05 กรัมต่อวัน ($p < 0.05$) ถัดมาเป็นไก่ในกลุ่ม 70%AL เท่ากับ 9.50 กรัมต่อวัน และไก่ในกลุ่ม 55%AL มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำสุดเท่ากับ 5.11 กรัมต่อวัน ($p < 0.05$) ภาพที่ 1 แสดงอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวของไก่เบตงในช่วง 56-140 วัน โดยไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารเต็ม AL จะมีอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวสูงมากในช่วงเริ่มต้นของการเลี้ยงและจะลดลงเมื่อมีอายุเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะหลังจากไก่มีอายุ 120 วัน อัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวค่อนข้างคงที่ซึ่งเป็นช่วงอายุที่จะมีการจำหน่ายเพื่อการบริโภค

อาหารที่ใช้ในการทดลองนี้มีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ไม่รวมพลังงานจากการกักเก็บไนโตรเจน (ME_n) เฉลี่ยเท่ากับ 2,863 kcal/kg DM การจำกัดอาหารเพิ่มขึ้นทำให้ไก่เบตงมีปริมาณการกินวัตถุดิบ โปรตีนและพลังงานลดลง ($p < 0.05$) ซึ่งส่งผลให้อัตราการกักเก็บพลังงานและอัตราการกักเก็บโปรตีนของไก่เบตงลดลงด้วย ($p < 0.05$) อัตราการเจริญเติบโตและน้ำหนักสุดท้ายของไก่เบตงกลุ่ม AL มีค่าใกล้เคียงกับรายงานการศึกษาครวญ และคณะ (2561) และ Sopian et al. (2020)

ตารางที่ 2 สมรรถนะการผลิต ปริมาณการกินอาหารของไก่เบตงเพศผู้ อายุ 56-140 วัน ที่ได้รับอาหารในปริมาณแตกต่างกัน

	AL	85%AL	70%AL	55%AL	SEM	p-value
น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	928.75	930.00	980.00	937.50	7.96	0.2643
น้ำหนักสิ้นสุด (กรัม)	2,109.00 ^a	2,027.38 ^a	1,748.13 ^b	1,366.75 ^c	62.42	<0.0001
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	14.05 ^a	13.09 ^a	9.50 ^b	5.11 ^c	0.75	<0.0001
ปริมาณการกิน						
วัตถุดิบ(กรัม/kg EBW ^{0.75} /วัน)	56.90 ^a	48.91 ^b	42.04 ^c	36.80 ^d	1.00	<0.0001
โปรตีน (กรัม/kg EBW ^{0.75} /วัน)	10.33 ^a	8.89 ^b	7.63 ^c	6.68 ^d	0.18	<0.0001
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (kcal/kg EBW ^{0.75} /วัน)	163.03 ^a	140.4 ^b	120.44 ^c	105.42 ^d	2.88	<0.0001

SEM = standard error of the means; ตัวอักษร ^{a, b, c} ที่กำกับค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันแตกต่างกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างทางสถิติและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test



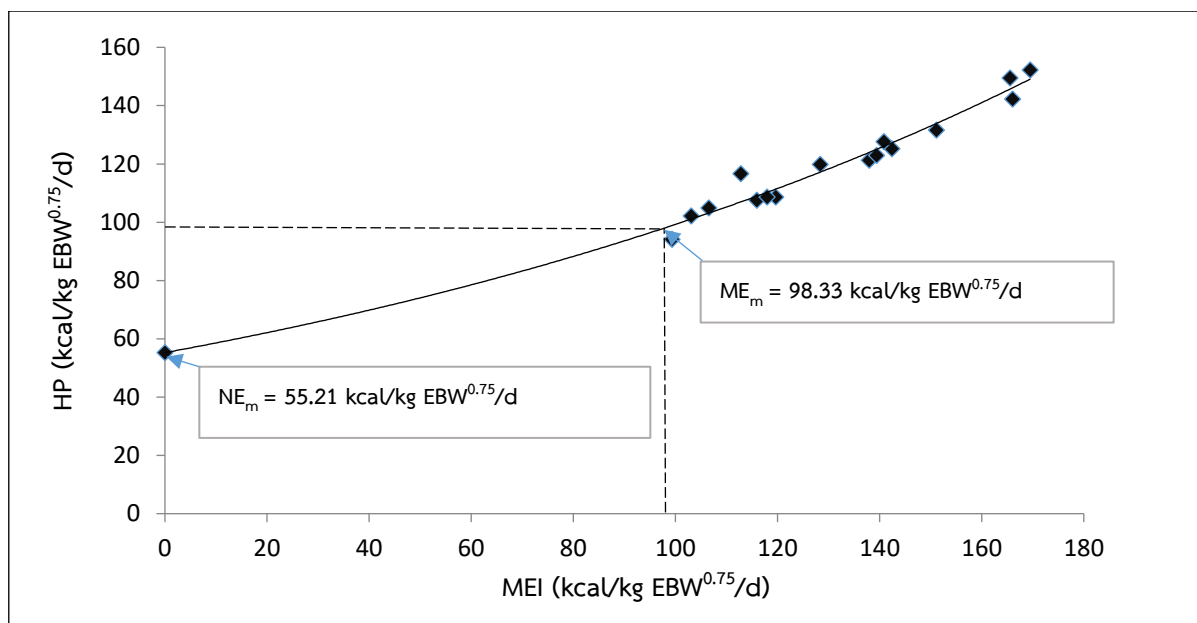
ภาพที่ 1 อัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวของไก่เบตง เพศผู้ ในช่วงอายุ 56-140 วัน

ผลการประเมินความต้องการพลังงานสุทธิของไก่เบตง

พลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ

ค่า NE_m ของไก่เบตงจากการทดลองนี้มีค่าเท่ากับ 55.21 kcal/kg $EBW^{0.75}/d$ ค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อการดำรงชีพ K_m ซึ่งคำนวณได้จาก $K_m = NE_m/ME_m$ มีค่าเท่ากับ 0.56 โดยค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (ME_m) ของการทดลองนี้มีค่าเท่ากับ 98.33 kcal/kg $EBW^{0.75}/d$ ได้จากการดูลสมการ $HP = \alpha \times e^{(\beta \times MEI)}$ และจะได้ค่า ME_m ก็ต่อเมื่อค่า $MEI = HP$ (ภาพที่ 2)

ความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพของสัตว์ปีกแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ เพศ ช่วงอายุและการให้ผลผลิตของสัตว์ อย่างไรก็ตาม ค่าความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ ($NE_m = 55.21$ kcal/kg $EBW^{0.75}/d$) และประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อการดำรงชีพ ($K_m = 0.56$) ของไก่เบตงที่ได้จากการทดลองนี้มีค่าค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับไก่เนื้อพันธุ์ Ross มีค่า NE_m และ K_m เท่ากับ 96.25 และ 0.76 (Sakomura et al., 2005) ไก่เนื้อพันธุ์ฮับบาร์ด อายุ 5-20 สัปดาห์ มีค่า NE_m และ K_m เท่ากับ 92.5 และ 0.72 (Sakomura et al., 2003) นอกจากนั้น Liu et al. (2017) รายงานว่าความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพของไก่เนื้อพันธุ์ Arbor Acres อายุ 15 – 21 วัน พบว่า มีค่า NE_m และ K_m เท่ากับ 110.42 และ 0.75 ตามลำดับ



ภาพที่ 2 การประเมินค่า NE_m และค่า ME_m โดยใช้ค่าปริมาณการกินพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (MEI) และการผลิตพลังงานความร้อน (HP) เป็นสมการเลขชี้กำลังดังนี้ $HP = 55.21 (\pm 2.69) e^{(0.006 \pm 0.0003 \times MEI)}$ ($R^2 = 0.95$) เมื่อค่าพลังงานความร้อนที่สัตว์ผลิตขึ้นเมื่อค่า $MEI = 0$ จะได้ค่า $NE_m = 55.21 \text{ kcal/kg EBW}^{0.75}/d$ สำหรับการประเมินค่า ME_m โดยใช้สมการ $HP = \alpha \times e^{(\beta \times MEI)}$ จะได้ค่า ME_m ก็ต่อเมื่อค่า $MEI = HP$ ซึ่งจะได้ค่า $ME_m = 98.33 \text{ kcal/kg EBW}^{0.75}/d$

พลังงานสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต

สมการ allometry ระหว่างน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBW) และปริมาณพลังงาน (Energy yield) เป็นสมการดังนี้

$$\text{Energy yield} = 2.115 (\pm 0.140) \text{ EBW}^{0.9423 (\pm 0.101)} \quad (R^2 = 0.83)$$

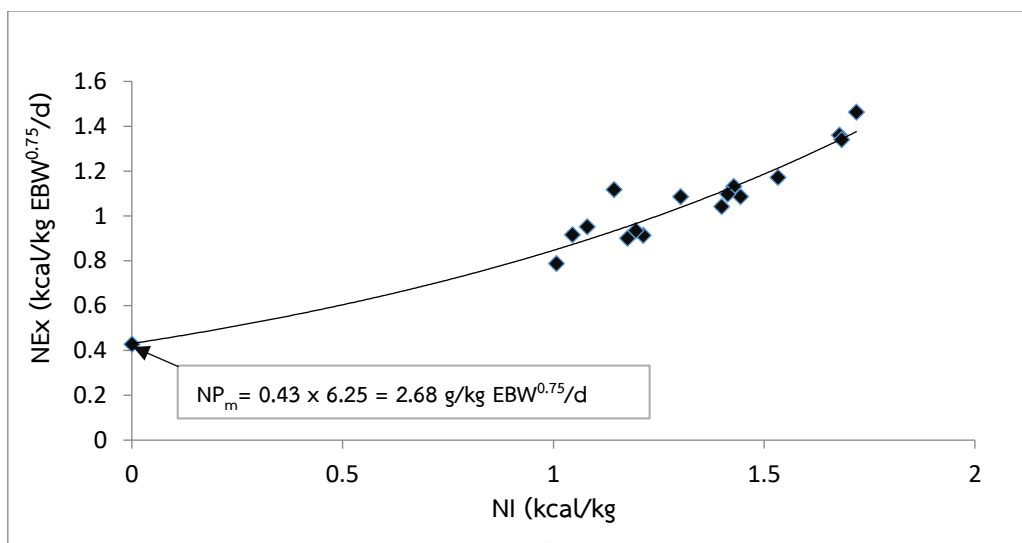
ดังนั้น จึงได้สมการประเมิน NE_g ได้ดังนี้ $NE_g (\text{kcal/kg EBG}) = 1,990 \times \text{EBW}^{-0.06}$ โดยไก่เบตงที่มีน้ำหนักตัวระหว่าง 900 – 2,200 กรัม จะมีค่า NE_g เพิ่มขึ้นตามน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น

ประเมินค่า K_g (ค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อการเจริญเติบโต) ซึ่งได้จากค่าความชัน (slope) ของสมการถดถอยอย่างง่ายระหว่างปริมาณการกินพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (MEI_g , kcal/kg $\text{EBW}^{0.75}/d$) [โดยที่ $MEI_g (\text{kcal/kg EBW}^{0.75}/d) = MEI (\text{kcal/kg EBW}^{0.75}/d) - ME_m (\text{kcal/kg EBW}^{0.75}/d)$] โดยสมการถดถอยอย่างง่ายดังนี้ $RE = 0.34 (\pm 0.02) MEI_g$ ($R^2 = 0.95$) ดังนั้นการทดลองนี้จึงได้ค่า $K_g = 0.34$

ความต้องการโปรตีนสุทธิของไก่เบตง

โปรตีนสุทธิเพื่อการดำรงชีพ

จากภาพที่ 3 จากการทดลองนี้ประเมินค่าความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (NP_m) มีค่าเท่ากับ $2.68 (\pm 0.275) \text{ g/kg EBW}^{0.75}/d$ คำนวณจากปริมาณไนโตรเจนที่มีการขับออกโดยที่ค่า $NI = 0$ มีค่าเท่ากับ $0.43 \text{ g/kg EBW}^{0.75}/d$



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกินไนโตรเจน (NI) และอัตราการสูญเสียไนโตรเจน (NEx) เป็นสมการเลขชี้กำลังดังนี้ $NEx = 0.43 (\pm 0.04) e^{(0.68 \pm 0.07) \times NI}$ ($R^2 = 0.86$)

โปรตีนสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต

สมการ allometry ระหว่างปริมาณโปรตีน (Protein yield) และน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBW) ของไก่ทดลอง ดังนี้ Protein yield จากการทดลองนี้มีค่า $= 0.199 (\pm 0.006) \times EBW^{1.0128(\pm 0.047)}$ ($R^2 = 0.97$) ดังนั้น สมการสำหรับใช้ประเมินค่า NP_g เป็นดังนี้ $NP_g \text{ (g/kg EBG)} = 215.68 \times EBW^{0.208}$

ความต้องการพลังงานสุทธิและโปรตีนสุทธิของไก่เบตง

จากผลการทดลองครั้งนี้ได้ความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ เท่ากับ 55.21 kcal/kg $EBW^{0.75}/d$ และมีสมการสำหรับใช้ในประเมินความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต หรือการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBG) จำนวน 1 กิโลกรัม ดังนี้ $NE_g \text{ (kcal/kg EBG)} = 1,990 \times EBW^{-0.06}$

ความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการดำรงชีพเท่ากับ 2.68 g/kg $EBW^{0.75}/d$ และมีสมการสำหรับใช้ในการประเมินความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต หรือการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBG) จำนวน 1 กิโลกรัม เป็นสมการดังนี้ $NP_g \text{ (g/kg EBG)} = 215.68 \times EBW^{0.21}$

ตารางที่ 3 แสดงการแปลผลจากข้อมูลจากการศึกษาครั้งนี้ โดยการคำนวณและแทนค่าน้ำหนักตัวของไก่ระหว่าง 800-2,400 กรัม และอัตราการเจริญเติบโตต่าง ๆ (0 5 10 15 และ 20 กรัมต่อวัน) ในรูปแบบตารางความต้องการพลังงานสุทธิและโปรตีนสุทธิของไก่เบตง เพศผู้ ที่มีน้ำหนักตัวและอัตราการเจริญเติบโตในระดับต่าง ๆ

ตัวอย่างการแปรผลและนำข้อมูลไปใช้ เช่น การเลี้ยงไก่เบตงที่มีน้ำหนักตัว 1,800 กรัม ให้มีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 10 กรัมต่อวัน จะต้องให้อาหารที่มีพลังงานสุทธิวันละ 101.17 kcal และโปรตีนสุทธิวันละ 6.38 กรัม เป็นต้น

ตารางที่ 3 ความต้องการพลังงานสุทธิและโปรตีนสุทธิของไก่เบตง เพศผู้ ที่มีน้ำหนักตัวและการเจริญเติบโตในระดับต่าง ๆ

SBW (g) ADG (g/d)	NE (kcal/d)					NP (g/d)				
	0	5	10	15	20	0	5	10	15	20
800	44.68	54.17	63.75	73.34	83.99	2.16	3.18	4.2	5.21	6.31
1,000	52.71	62.3	71.9	81.5	92.36	2.56	3.62	4.69	5.75	6.91
1,200	60.43	70.04	79.64	89.25	100.31	2.93	4.04	5.14	6.25	7.46
1,400	67.84	77.45	84.07	96.68	107.92	3.29	4.43	5.58	6.72	7.97
1,600	74.98	84.6	94.23	103.85	115.27	3.64	4.81	5.99	7.16	8.45
1,800	81.91	91.51	101.17	110.8	122.39	3.98	5.18	6.38	7.59	8.91
2,000	88.64	98.28	107.91	117.55	129.31	4.3	5.53	6.76	7.99	9.36
2,200	95.21	104.86	114.49	124.14	136.03	4.62	5.88	7.13	8.38	9.78
2,400	101.63	111.28	120.92	130.57	142.65	4.93	6.21	7.49	8.77	10.19

SBW = Shrunk bodyweight, ADG = Average daily grain, NE = Net energy, NP= Net protein

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาเพื่อประเมินความต้องการพลังงานสุทธิและโปรตีนสุทธิเพื่อการดำรงชีพและเพื่อการเจริญเติบโตของไก่เบตงเพศผู้ที่มีอายุ 56 – 140 วัน โดยใช้เทคนิคชำแหละซากเชิงเปรียบเทียบ (Comparative slaughter technique) สรุปผลได้ดังนี้ ความต้องการพลังงานสุทธิมีค่าเท่ากับ $55.21 \text{ kcal/kg EBW}^{0.75}/\text{d}$ และโปรตีนสุทธิเพื่อการดำรงชีพ $2.68 \text{ g/kg EBW}^{0.75}/\text{d}$ และสมการสำหรับประเมินความต้องการพลังงานสุทธิ $\text{NE}_g (\text{kcal/kg EBG}) = 1,990 \times \text{EBW}^{-0.06}$ และสมการประเมินโปรตีนสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต $\text{NP}_g (\text{g/kg EBG}) = 215.68 \times \text{EBW}^{0.21}$

ข้อเสนอแนะ

ข้อมูลความต้องการโภชนะ (Nutrient requirements) ของไก่เบตงเพศผู้ที่มีอายุระหว่าง 56-140 วัน สามารถนำไปใช้ในการวางแผนการจัดการอาหารไก่เบตงอย่างแม่นยำ (Precision Feeding) เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหาร อย่างไรก็ตาม จะต้องต้องมีข้อมูลคุณค่าทางโภชนะ (Nutritive values) ของวัตถุดิบของวัตถุดิบอาหารสัตว์ ดังนั้น ควรมีการศึกษาคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารสัตว์เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการประกอบสูตรอาหารไก่แบบแม่นยำต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- เครือข่ายความร่วมมือด้านงานวิจัยสาขาโภชนศาสตร์สัตว์. 2560. ฐานข้อมูลคุณค่าทางโภชนาของวัตถุดิบ และความต้องการโภชนาที่แนะนำสำหรับสัตว์ปีกในประเทศไทย.
- ครวญ บัวศิริ มงคล เทพรัตน์ และธัญจิรา เทพรัตน์. 2561. การพัฒนาการผลิตไก่เบตงในเชิงพาณิชย์ของ เกษตรกรในอำเภอคลองหอยโข่ง จังหวัดสงขลา. วารสารเกษตรพระพิรุณ ปีที่15 ฉบับที่ 1 มกราคม- มิถุนายน 2561. 130-137.
- ชูศักดิ์ ทองแดง จีรศักดิ์ บำรุงศักดิ์ และกมลทิพย์ คำคงเพชร. 2562. การศึกษาความต้องการบริโภคไก่เบตง ในพื้นที่ปศุสัตว์เขต 9. กองส่งเสริมและพัฒนาการปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์ แหล่งที่มา http://extension.dld.go.th/th1/index.php?option=com_content&view วันที่ค้น 2 กุมภาพันธ์ 2564
- ธานี ภาคอุทัย. 2546. การแบ่งปันผลประโยชน์จากการเก็บเกี่ยวทรัพยากรพันธุกรรมสัตว์ กรณีศึกษา ระบบ การตลาดไก่พื้นเมืองสายพันธุ์เบตง จังหวัดยะลา. สำนักพัฒนาการปศุสัตว์และถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. แหล่งที่มา http://extension.dld.go.th/th1/index.php?option=com_content&view วันที่ค้น 2 กุมภาพันธ์ 2564
- ปิ่น จันจุฬา วรวิทย์ วนิชาชาติ อารัง ทองจำรูญ และสมศักดิ์ เหล่าเจริญสุข. 2547. การเลี้ยงไก่เบตงใน หมู่บ้าน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ของประเทศไทย : การศึกษาลักษณะที่ปรากฏ การเจริญเติบโต เปอร์เซ็นต์ซากและลักษณะการผลิตไข่ของไก่เบตง. วารสารเกษตร 20(3): 278 – 288.
- ปิยะนันท์ นวลหนูปล้อง ไชยวรรณ วัฒนจันทร์ สุธา วัฒนสิทธิ์ และบัญชา สมบูรณ์สุข. 2562. ระบบการ ผลิตไก่เบตงเชิงพาณิชย์ของเกษตรกรในพื้นที่3 จังหวัดชายแดนใต้ (ปัตตานี ยะลา และนราธิวาส). วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 36(1): 1-10.
- พันธุ์สัตว์ สำนักพัฒนาพันธุ์สัตว์. 2562. สำนักพัฒนาพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 130 น.
- 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.
- Blaxter, K.L., and J.A.F. Rook. 1953. The heat of combustion of the tissues of cattle in relation to their chemical composition. Br. J. Nutr. 7: 83–91.
- Chanjula, P. and K. Pattamarakha. 2002. Betong chicken raising in Southern Thailand: A Preliminary Survey. J. ISSAAS. 8(2): 14-24.

- 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.
- Justina, V., J.V. Caldas, N. Boonsinchai, J. Wang, J.A. England and C.N. Coe. 2019. The dynamics of body composition and body energy content in broilers. *Poultry Science* 98:866–877.
- Lammers, P.J., B.J. Kerr, M.S. Honeyman, K. Stalder, W.A. Dozier III, T.E. Weber, M.T. Kidd and K. Bregendahl. 2008. Nitrogen-corrected apparent metabolizable energy value of crude glycerol for laying hens. *Poult. Sci.* 87: 104-107.
- Liu, W., C.H. Lin, Z.K. Wu, G.H. Liu, H.J. Yan, H.M. Yang and H.Y. Cai. 2017. Estimation of the net energy requirement for maintenance in broilers. *Asian-Australas J Anim Sci.* 30: 849–856.
- Liu, SK., Z.Y. Niu, Y.N. Min, Z.P. Wang, J. Zhang, Z.F. He, H.L. Li, T.T. Sun and F.Z. Liu. 2015. Effects of dietary crude protein on the growth performance, carcass characteristics and serum biochemical indexes of Lueyang Black-boned chickens from seven to twelve weeks of age. *Braz J Poult Sci.* 17: 103-108.
- Lofgreen, G.P. and W.N.A. Garrett. 1968. System for expressing net energy requirement and feed values for growing and finishing beef cattle. *J. Anim. Sci.* 27: 793-806.
- Nguyen, V.T., C. Bunchasak and S. Chantsavang. 2010. Effects of Dietary Protein and Energy on Growth Performance and Carcass Characteristics of Betong Chickens (*Gallus domesticus*) During Growing Period. *International Journal of poultry science* 9 (5) 468-472.
- NRC. 1994. Nutrient Requirements of Poultry 9th Revised Edition. National Research Council. The National Academies Press.
- Sakomura, N.K., R. Silva, H.P. Couto, C. Coon, and C.R. Pacheco. 2003. Modeling Metabolizable Energy Utilization in Broiler Breeder Pullets. *Poultry Science* 82:419–427
- Sakomura, N.K., F.A. Longo, E.O. Oviedo-Rondon, C.BOA-Viagem and A. Ferraudo. 2005. Modeling energy utilization and growth parameter description for broiler chicken. *Poult. Sci.* 84: 1363-1369.
- Sopian, Y., C. Wattanachant and S. Wattanasit. 2020. Carcass Characteristics and Meat Quality of Betong Chicken Fed with Diets Supplemented with Crude Glycerin. *J. Poult. Sci.*, 57: 291-296, 2020.

- Tedeschi, L.O., C. Boin, D.G. Fox, P.R. Leme, G.F. Alleoni and D.P. Lanna. 2002. Energy requirement for maintenance and growth of Nellore bulls and steers fed high-forage diets. J ANIM SCI 2002, 80:1671-1682.
- Wattanachant, S., S. Benjakul, and D.A. Ledward. 2004. Composition, Color, and Texture of Thai Indigenous and Broiler Chicken Muscles. Poultry Science 83:123–128