

ความต้องการพลังงานและโปรตีนเพื่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโตของไก่เหลืองหางขาว กบินทร์บุรี เพศผู้ อายุ 28 – 56 วัน

ศุภลักษณ์ ศรีจันดี^{1/} ธนภฤต อ่อนจันทร์^{1/} สุวรรณ เกศกมลასัน^{2/} ลิขิต สืบวงษ์^{1/} จิระศักดิ์ ขอบแต่ง^{2/}
อานุภาพ เสี่ยงสาย^{2/} แพรวพรรณ ชูช่วย^{3/}ธีระชัย ช่อไม้^{4/} ญุฑาภา โคตรพรหม^{2/}

บทคัดย่อ

การทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความต้องการพลังงานสุทธิ (net energy requirement for maintenance, NE_m) และโปรตีนสุทธิ (net protein requirement for maintenance, NP_m) เพื่อการดำรงชีพ และความต้องการพลังงานสุทธิ (net energy requirement for growth, NE_g) และโปรตีนสุทธิ (net protein requirement for growth, NP_g) เพื่อการเจริญเติบโตของไก่เหลืองหางขาวกบินทร์บุรี เพศผู้ อายุ 28 – 56 วัน ประเมินความต้องการโภชนาการโดยวิธี comparative slaughtering technique

ผลการทดลอง พบว่า ไก่เหลืองหางขาวกบินทร์บุรี เพศผู้ อายุ 28 – 56 วัน มีค่า NE_m และ NP_m เท่ากับ 54.18 kcal/kg $EBW^{0.75}$ (empty body weight) และ 1.00 g/kg $EBW^{0.75}$ ตามลำดับ ค่า NE_g และ NP_g เพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (empty bodyweight gain, EBG) 1 กรัม เป็นสมการดังนี้ NE_g (kcal/g EBG) = $5.13 \times EBW^{1.14}$ และ NP_g (g/g EBG) = $0.76 \times EBW^{1.16}$ ตามลำดับ และค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อการดำรงชีพและเพื่อการเจริญเติบโตมีค่าเท่ากับ 0.63 และ 0.33 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ไก่เหลืองหางขาวกบินทร์บุรี ความต้องการโภชนาการ โปรตีน พลังงาน

เลขทะเบียนวิชาการ : 66(2)-0214-027

^{1/}ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์สระแก้ว อ.คลองหาด จ.สระแก้ว

^{2/}สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ อ.เมือง จ.ปทุมธานี

^{3/}ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์นครราชสีมา อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา

^{4/}ศูนย์วิจัยและพัฒนาสัตว์ปีก อ.กบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี

Energy and protein requirements for maintenance and growth of male Lueng Hang Kao Kabinburi chicken from 28 to 56 days of age

Supalak Srijundee^{1/} Tanakit Onjun ^{1/} Suwannee Kaskamalas ^{2/} Likit Suebwong^{1/}
Jeerasak Chobtang^{2/} Anuphab Sengsai^{2/} Preawphan Chuchuai^{3/} Teerachai Choimai^{4/}
Nathanat Kotphom^{2/}

Abstract

An objective of the present study was to assess net energy (NE_m) and net protein requirements (NP_m) for maintenance and net energy (NE_g) and net protein requirements (NP_g) for growth of male Lueng Hang Kao Kabinburi chickens, 28 – 56 days of age. Nutrient requirements were estimated by using the comparative slaughtering technique.

Results showed that the NE_m and NP_m of the chickens were 54.18 kcal/kg $EBW^{0.75}/d$ and 1.00 g/kg $EBW^{0.75}/d$, respectively. The NE_g and NP_g of chickens to increase empty body weight gain (EBG) 1 g could be estimated by using the equations of NE_g (kcal/g EBG) = $5.13 \times EBW^{1.14}$ and NP_g (g/g EBG) = $0.76 \times EBW^{1.16}$, respectively. The energy use coefficients for maintenance and for growth were 0.63 and 0.33, respectively.

Keywords: Lueng Hang Kao Kabinburi chicken, nutrient requirements, protein, energy

Technical No.: 66(2)-0214-027

^{1/}Sakaeo Animal Nutrition Research and Development Center, Khong Had, Sakaeo.

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

^{3/}Nakornrachasima Animal Nutrition Research and Development Center, Pak Chong,
Nakornrachasima

^{4/}Poultry Research and Development Center, Kabin Buri, Prachinburi

คำนำ

ในปี 2564 ประเทศไทยมีไก่พื้นเมืองจำนวน 111,855,131 ตัว เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่จำนวน 2,734,534 ราย ในพื้นที่ปศุสัตว์เขต 2 มีไก่พื้นเมือง จำนวน 4,22,103 ตัว เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมือง 100,325 ราย ไก่เหลืองหางขาวบรินทร์บุรีเป็นไก่พันธุ์พื้นเมืองที่ได้รับความนิยมเลี้ยงและบริโภคในพื้นที่เขต 2 นอกเหนือจากการบริโภคภายในประเทศจะเพิ่มขึ้นแล้ว ความต้องการบริโภคไก่เหลืองหางขาวบรินทร์บุรีของประเทศเพื่อนบ้านก็เพิ่มขึ้นด้วย และการค้าขายไก่พื้นเมืองให้แก่ประเทศเพื่อนบ้านผู้บริโภคชาวกัมพูชา จะนิยมไก่พื้นเมืองที่มีหน้าแข้งเหลืองไม่ตัดปาก ขนเต็มตัว ไม่แก่เกินไป (นฤมล และคณะ, 2562)

ไก่พื้นเมืองเหลืองหางขาวบรินทร์บุรีเป็นไก่พื้นเมืองที่กรมปศุสัตว์นำมาคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ให้มีลักษณะทางเศรษฐกิจดีขึ้น สามารถเลี้ยงได้ในระบบฟาร์มได้ ไก่เพศผู้มีน้ำหนักเมื่อโตเต็มที่เฉลี่ย 3.14 กิโลกรัม และเพศเมีย 2.28 กิโลกรัม (สำนักพัฒนาพันธุ์สัตว์, 2553) จากการรายงานของเครือข่ายความร่วมมือด้านงานวิจัยสาขาโภชนศาสตร์สัตว์ (2560) แนะนำว่า ไก่พื้นเมืองในประเทศไทยที่มีอายุ 22-42 วัน ต้องเลี้ยงด้วยอาหารที่มีพลังงานใช้ประโยชน์ได้ที่ 3,050-3,100 กิโลแคลอรี และมีโปรตีน 18-19 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม การเลี้ยงไก่เหลืองหางขาวบรินทร์บุรีของเกษตรกรนั้นนอกจากจะเลี้ยงตามธรรมชาติแล้วยังมีการเลี้ยงในเชิงพาณิชย์ด้วยเนื่องจากว่าค่าอาหารสัตว์เป็นต้นทุนหลักในการเลี้ยงสัตว์ ทั้งนี้หลักการประกอบสูตรอาหารสัตว์ในระบบพลังงานสุทธิ คือ การประกอบสูตรอาหารที่มีพลังงานสุทธิสอดคล้องกับความต้องการพลังงานสุทธิของสัตว์ (Zuidhof, 2019) ซึ่งจะช่วยให้ประสิทธิภาพการให้อาหารสูงสุด อนึ่งพลังงานสุทธิเป็นพลังงานในอาหารที่สัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมด

การทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อหาความต้องการพลังงานและโปรตีนเพื่อการดำรงชีพและเพื่อการเจริญเติบโตของไก่เหลืองหางขาวบรินทร์บุรีเพศผู้ ที่อายุ 28 – 56 วัน เพื่อเป็นข้อมูลในการเลี้ยงแก่เกษตรกรในการเลี้ยงเชิงพาณิชย์เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไก่พื้นเมืองพันธุ์เหลืองหางขาวบรินทร์บุรี และจะเป็นการพัฒนาอาชีพการเลี้ยงไก่พื้นเมืองในพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการเลี้ยงสัตว์ทดลองที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์สระแก้ว อ.คลองหาด จ.สระแก้ว ระหว่างเดือนตุลาคม 2562 ถึง มีนาคม 2564 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีดำเนินการที่กลุ่มวิจัยและพัฒนาการวิเคราะห์อาหารสัตว์ อ.เมืองปทุมธานี จ.ปทุมธานี และประเมินความต้องการโภชนะโดยวิธี comparative slaughtering technique

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design) มี 4 ซ้ำ สิ่งทดลอง คือ ระดับการให้อาหาร 4 ระดับ ได้แก่ (1) การให้อาหารแบบเต็มที่ (*ad libitum*, AL) (2) การให้อาหารในระดับ 80 เปอร์เซ็นต์ของ AL (80%AL) (3) การให้อาหารในระดับ 60 เปอร์เซ็นต์ของ AL (60%AL) และ (4) การให้อาหารในระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ของ AL (40%AL)

สัตว์ทดลองและการจัดการ

ไก่เหลืองหางขาวกบินทร์บุรี เพศผู้ อายุ 28 วัน จำนวน 300 ตัว มีน้ำหนักเฉลี่ย 190 ± 2 กรัม โดยไก่ทุกตัวได้รับวัคซีนตามคำแนะนำของกรมปศุสัตว์ สุ่มไก่ออกเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ไก่กลุ่มฐาน ใช้ไก่จำนวน 20 ตัว แบ่งออกเป็น 10 กลุ่ม ๆ ละ 2 ตัว โดยไก่กลุ่มนี้จะทำการศึกษาซากในวันแรกของการทดลอง ข้อมูลน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (empty body weight, EBW) และองค์ประกอบทางเคมี (พลังงานและโปรตีน) ของไก่กลุ่มนี้ นำมาใช้สร้างสมการถดถอยอย่างง่าย (simple linear regression) สำหรับทำนาย EBW และองค์ประกอบทางเคมีของไก่กลุ่มอื่น ๆ

กลุ่มที่ 2 (AL) ไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารแบบเต็มที จำนวน 160 ตัว โดยสุ่มออกเป็น 4 กลุ่มย่อย ๆ ละ 40 ตัว จากนั้น แบ่งไก่ในแต่ละกลุ่มย่อยออกเป็น 4 ซ้ำๆ ละ 10 ตัว ไก่กลุ่มนี้จะทุกซ้ำถูกสุ่มเพื่อศึกษาซาก ดังนี้

กลุ่มย่อยที่ 1 ศึกษาซากเมื่อไก่อายุครบ 35 วัน

กลุ่มย่อยที่ 2 ศึกษาซากเมื่อไก่อายุครบ 42 วัน

กลุ่มย่อยที่ 3 ศึกษาซากเมื่อไก่อายุครบ 49 วัน

กลุ่มย่อยที่ 4 ศึกษาซากเมื่อไก่อายุครบ 56 วัน (สิ้นสุดการทดลอง)

กลุ่มที่ 3 (80%) ไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารแบบจำกัดในระดับ 80 เปอร์เซ็นต์ของระดับ AL กลุ่มนี้จะมีไก่ 40 ตัว แบ่งเป็น 4 ซ้ำๆ ละ 10 ตัว ศึกษาซากเพื่อประเมินการสะสมไขมันของไก่ ในวันสุดท้ายของการทดลอง

กลุ่มที่ 4 (60%) ไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารแบบจำกัดในระดับ 60 เปอร์เซ็นต์ของระดับ AL ไก่กลุ่มนี้มีจำนวน 40 ตัว แบ่งเป็น 4 ซ้ำๆ ละ 10 ตัว ศึกษาซากเพื่อประเมินการสะสมไขมันของไก่ ในวันสุดท้ายของการทดลอง

กลุ่มที่ 5 (40%) ไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารแบบจำกัดในระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ของระดับ AL ไก่กลุ่มนี้มีจำนวน 40 ตัว แบ่งเป็น 4 ซ้ำๆ ละ 10 ตัว ศึกษาซากเพื่อประเมินการสะสมไขมันของไก่ ในวันสุดท้ายของการทดลอง หรือเมื่อไก่อายุได้ 56 วัน

เลี้ยงไก่แต่ละซ้ำในคอกย่อยที่มีขนาด 2×2 ตารางเมตร โดยมีรางอาหารและรางน้ำที่ไก่สามารถเข้าถึงอาหารและน้ำสะอาดได้สะดวก

อาหารและการให้อาหาร

ใช้อาหารมีส่วนประกอบของกากถั่วเหลืองและข้าวโพดเป็นวัตถุดิบหลัก ประกอบสูตรอาหารให้มีคุณค่าทางโภชนาการสำหรับเลี้ยงไก่พื้นเมืองไทยตามคำแนะนำของเครือข่ายความร่วมมือด้านงานวิจัยสาขาโภชนาการศาสตร์ สัตว์ (2560) สูตรอาหารและคุณค่าทางโภชนาการของอาหารแสดงในตารางที่ 1

บันทึกปริมาณการกินอาหารของไก่ทุกวัน สำหรับปริมาณอาหารที่จะใช้เลี้ยงไก่ในกลุ่มที่ได้รับอาหารแบบจำกัดนั้นจะคำนวณจากปริมาณการกินอาหารเฉลี่ยของไก่ในกลุ่มที่ได้รับอาหารแบบเต็มที่ก่อนหน้านี้ 1 วัน สุ่มตัวอย่างอาหารสัตว์และวัตถุดิบอาหารสัตว์สำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ตารางที่ 1 สูตรอาหารและองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

วัตถุดิบอาหารสัตว์	ร้อยละ
ข้าวโพดบด	57.00
กากถั่วเหลืองโปรตีนมากกว่าร้อยละ 44	28.00
ปลาป่นโปรตีนมากกว่าร้อยละ 55	3.00
รำละเอียด	4.00
น้ำมันถั่วเหลือง	5.00

เปลือกหอยป่น	0.60
กรดอะมิโนเมทไธโอนีน	0.10
ไดแคลเซียมฟอสเฟต พี 18	1.80
พรีมิกซ์ (วิตามิน+แร่ธาตุ)*	0.50
รวม	100
องค์ประกอบทางเคมี (%)	
วัตถุดิบ	88.25
โปรตีน	18.55
ไขมัน	10.61
เยื่อใย**	1.50
แคลเซียม**	1.02
ฟอสฟอรัสทั้งหมด**	0.51
ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้***	0.45
กรดอะมิโนไลซีน**	1.14
กรดอะมิโนเมทไธโอนีน**	0.45
กรดอะมิโนเมทไธโอนีน+ซิสทีน**	0.76
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	4,812

* พรีมิกซ์ ส่วนประกอบใน 1 กก. ประกอบด้วย วิตามินเอ 2,000,000หน่วยสากล วิตามินดี3 250,000หน่วยสากล 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 ไนอาซิน 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

** ค่าจากการคำนวณ

การประเมินพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของอาหารสัตว์

ประเมินคุณค่าโภชนะของอาหารทดลองโดยวิธี total collection ในช่วง 7 วันสุดท้ายของการทดลอง โดยสุ่มไก่จากคอก AL คอก 80%AL คอก 60%AL และคอก 40%AL คอกละ 2 ตัว เพื่อใช้เป็นตัวแทนในการศึกษาคุณค่าทางโภชนะของอาหารสัตว์ เลี้ยงไก่ทดลองในคอกเมแทบอลิซึม (metabolism cage) นาน 7 วัน บันทึกปริมาณการกินอาหารและปริมาณมูล และสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารสัตว์และตัวอย่างมูลในช่วง 5 วันสุดท้าย ใช้กรด ซัลฟูริกเข้มข้น 20% ผิดพันบนมูลในภาตเก็บมูล จำนวน 10 มิลลิลิตรต่อวัน เพื่อการตรึงไนโตรเจนและหยุดการทำงานของจุลินทรีย์ โดยแบ่งออกเป็นวันละ 5 ครั้ง เวลา 08.00 น. 11.00 น. 14.00 น. 17.00 น. และ 20.00 น. ครั้งละ 2 มิลลิลิตร

นำตัวอย่างอาหารและมูลมาอบโดยใช้ตู้อบชนิดเป่าลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง จากนั้น นำไปบดผ่านตะแกรงที่มีรูขนาด 1 มิลลิเมตร สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมี

ประเมินค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy, ME) ของอาหารโดยใช้สมการดังนี้ ME (kcal/kg DM) = (GEI – GEE)/DMI (Lammers et al., 2005) โดยที่ GEI (kcal/d) หมายถึง ปริมาณพลังงานรวมที่สัตว์กิน GEE (kcal/d) หมายถึง ปริมาณพลังงานรวมที่สัตว์ขับถ่าย และ DMI หมายถึง ปริมาณวัตถุดิบที่สัตว์กิน (kg/d)

ประเมินค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ไม่รวมพลังงานจากการกักเก็บไนโตรเจน (ME_n) โดยใช้สมการดังนี้ ME_n (kcal/kg DM) = $AME - [8.22 \times (NI - NEx)/DMI]$ (Lammers et al., 2005) โดยที่ NI (g/d) หมายถึง ปริมาณไนโตรเจนที่สัตว์กิน และ NEx (g/d) หมายถึง ปริมาณไนโตรเจนที่สัตว์สูญเสีย

ประเมินค่าพลังงานที่กินได้ (metabolizable energy intake, MEI) โดยใช้สมการ $MEI = ME_n \times DMI$ โดยที่ DMI หมายถึง ปริมาณวัตถุดิบที่กิน

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในอาหาร มูล และเนื้อเยื่อ

สุ่มตัวอย่างไก่ทดลองในช่วงเวลาตามแผน โดยชั่งน้ำหนักก่อนทำการการุณยฆาตโดยใช้วิธีการตีกระดูก ข้อต่อระหว่างหัวและคอ เปิดซากแล้วเอาเศษอาหารที่เหลืออยู่ในระบบทางเดินอาหารออกทั้งหมดจะได้น้ำหนัก ซากไม่รวมเศษอาหาร (EBW) นำซากไก่ทั้งหมดมาสับเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วนำไปบดโดยใช้เครื่องบดที่มีรูขนาด 5 มิลลิเมตร จำนวน 3 รอบ คลุกเคล้าให้เข้ากันแล้วสุ่มตัวอย่างแล้วนำมาอบโดยใช้ตู้อบชนิดเป่าลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่ แล้วนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร นำไป วิเคราะห์ ความชื้น ไขมัน เถ้า ตามวิธีการของ AOAC (2016) โปรตีน ตามวิธีการของ In house method in AOAC (2016) โดยการอบด้วยตู้อบชนิด force-air oven ที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ตามวิธีที่ 930.15 (AOAC, 2016) ค่าพลังงานรวม (gross energy, GE) โดยเครื่อง Automatic isoperibol calorimeter ยี่ห้อ Parr รุ่น 6400

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลสมรรถนะการผลิตของไก่เหลืองหางขาวบินทร์บุรี เพศผู้ อายุ 28-56 วัน ที่ได้รับอาหาร ในปริมาณแตกต่างกันของกลุ่มกินเต็มที (AL) 1-4 80%AL 60%AL และ 40%AL วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแตกต่างทาง สถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ประเมินความต้องการโภชนาการใช้วิธีการชำแหละซากเชิงเปรียบเทียบ (comparative slaughter technique) (Lofgreen and Garrett, 1968; Sakomura et al.2005)

ความต้องการพลังงานสุทธิและพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ

ประเมินการสะสมพลังงานของสัตว์ (Retained energy, RE) โดยใช้ค่าปริมาณพลังงานของไก่เมื่อสิ้นสุด การทดลองในแต่ละช่วงหักลบออกจากปริมาณพลังงานของไก่เมื่อเริ่มต้นการทดลองซึ่งได้จากการทำนายโดยใช้ สมการถดถอยอย่างง่าย จากนั้น ประเมินการสูญเสียพลังงานความร้อน (Heat production, HP) โดยสมการ ดังนี้ $HP = MEI - RE$ (Lofgreen and Garrett, 1968)

ประเมินค่า NE_m โดยใช้สมการ exponential ดังนี้ $HP = \alpha \times e^{(\beta \times MEI)}$ โดยที่ค่า e หมายถึงค่า Euler's number (~2.718281) ส่วนค่า α และ β เป็นค่าคงที่ของสมการ และจะได้ค่าความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อ การดำรงชีพ (NE_m) เมื่อแทนค่า MEI ด้วยศูนย์ ($MEI = 0$) (Lofgreen and Garrett, 1968; Sakomura et al., 2005)

ประเมินค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (Metabolizable energy requirement for maintenance, ME_m) โดยการดูลสมการ $HP = \alpha \times e^{(\beta \times MEI)}$ และจะได้ค่า ME_m ก็ต่อเมื่อค่า $MEI = HP$ (Lofgreen and Garrett, 1968; Sakomura et al.2005)

ความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต

ประเมินค่า NE_g หรือพลังงานสุทธิสำหรับการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหารในระบบทางเดินอาหาร (empty body weight gain, EBG) 1 กรัม โดยใช้เฉพาะข้อมูลจากไก่กลุ่มฐานและกลุ่มที่ได้รับอาหารแบบเต็มที (AL) นำมาสร้างสมการ allometry (ARC, 1980) ดังนี้ $EY = \alpha \times EBW^\beta$ โดยที่ EY หมายถึงปริมาณพลังงาน (Energy yield, kcal) ในตัวไก่ และ empty body weight (EBW) หมายถึงน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหารในระบบทางเดินอาหารของไก่ (กรัม) ส่วนค่า α และ β เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของสมการ จากนั้น ประเมินค่า NE_g ที่น้ำหนักตัว (EBW) ต่าง ๆ ของไก่โดยใช้อนุพันธ์ลำดับที่ 1 (1st derivatives) ของสมการ allometry ดังกล่าว ได้ดังนี้ NE_g (Mcal/kg EBG) = $\alpha \times \beta \times EBW^{(\beta-1)}$ (Lofgreen and Garrett, 1968; ARC, 1980)

ประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อการดำรงชีพ (k_m)

คำนวณประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อการดำรงชีพ (k_m) โดยใช้สมการดังนี้ $k_m = NE_m / ME_m$ (ARC, 1980)

ประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อการเจริญเติบโต (k_g)

ค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อการเจริญเติบโตได้จากค่าความชัน (slope) ของสมการถดถอยอย่างง่ายที่มีจุดตัดแกนตั้งเท่ากับศูนย์ระหว่างปริมาณการกินพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (MEI_g , kcal/kg $EBW^{0.75}/d$) [โดยที่ MEI_g (kcal/kg $EBW^{0.75}/d$) = MEI (kcal/kg $EBW^{0.75}/d$) - ME_m (kcal/kg $EBW^{0.75}/d$)] และอัตราการกักเก็บพลังงานในร่างกาย (RE, kcal/kg $EBW^{0.75}/d$) (Tedeschi et al., 2002)

ความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการดำรงชีพ

ประเมินค่า NP_m โดยใช้สมการเลขชี้กำลังระหว่างปริมาณการกินไนโตรเจน (nitrogen intake, NI, g/kg $EBW^{0.75}/d$) และปริมาณการสูญเสียไนโตรเจน (nitrogen loss, NL, g/kg $EBW^{0.75}/d$) โดยที่ค่า NL หมายถึงปริมาณไนโตรเจนที่มีสูญเสียจากร่างกาย ($NL = NI - NR$) ดังนี้ $NL = \alpha \times e^{(\beta \times NI)}$ โดยที่ค่า e หมายถึง ค่า Euler's number (~2.718281) ส่วนค่า α และ β เป็นค่าคงที่ของสมการ ทั้งนี้ ค่า α หมายถึง ปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกเมื่อค่า $NI = 0$ หรือ หมายถึง ความต้องการไนโตรเจนสุทธิเพื่อการดำรงชีพ จากนั้น นำมาคูณด้วยแฟกเตอร์ 6.25 จะได้ค่าความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการดำรงชีพ

ความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต

ประเมินค่า NP_g หรือความต้องการโปรตีนสุทธิสำหรับการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (empty body weight gain, EBG) จำนวน 1 กรัม โดยใช้เฉพาะข้อมูลจากไก่กลุ่มฐานและกลุ่มที่ได้รับอาหารแบบเต็มที (AL) นำข้อมูลมาสร้างสมการ allometry (Lofgreen and Garrett, 1968; ARC, 1980) ดังนี้ $PY = \alpha \times EBW^\beta$ โดยที่ PY หมายถึง ปริมาณโปรตีน (Protein yield, กรัม) และ EBW หมายถึง น้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหารในระบบทางเดินอาหารของไก่ (กรัม) ส่วนค่า α และ β เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของสมการ จากนั้น ประเมินค่า NP_g ที่น้ำหนักตัว (EBW) ต่าง ๆ ของไก่โดยใช้อนุพันธ์ลำดับที่ 1 (1st derivatives) ของสมการ allometry ดังกล่าว ได้ดังนี้ NP_g (g/kg EBG) = $\alpha \times \beta \times EBW^{(\beta-1)}$ (Lofgreen and Garrett, 1968; ARC, 1980)

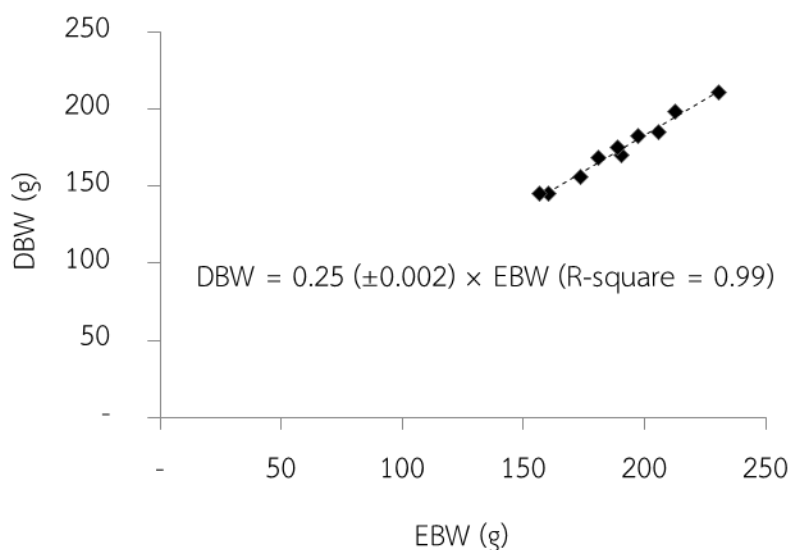
ผลการทดลองและวิจารณ์

ไก่ทดลองกลุ่มฐาน

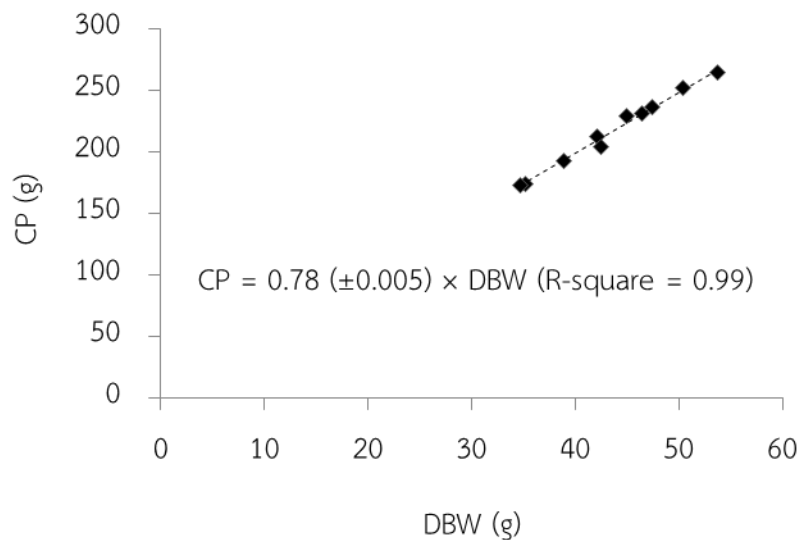
ไก่อกลุ่มฐานมีน้ำหนักตัวมีชีวิตเฉลี่ยเท่ากับ 189.75 ± 23.11 กรัม น้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหารเท่ากับ $173.8721.66$ กรัม คิดเป็นน้ำหนักแห้งเท่ากับ 43.63 ± 6.24 กรัม มีโปรตีนเท่ากับ 34.06 ± 4.33 กรัม ไขมันเท่ากับ 3.80 ± 1.02 มีเถ้าเท่ากับ 4.97 ± 0.79 กรัมต่อตัว และพลังงานเท่ากับ 216.88 ± 31.14 กิโลแคลอรี

ไก่อกลุ่มฐานมีน้ำหนักตัวอยู่ช่วงปกติของไก่เหลืองหางขาวกบินทร์บุรีเพศผู้ โดย อัญญาวุฒิและคณะ (2564) รายงานว่า ไก่เหลืองหางขาวกบินทร์บุรีเพศอายุ 4 สัปดาห์ จะมีน้ำหนักตัวอยู่ที่ 212.32 กรัมต่อตัว

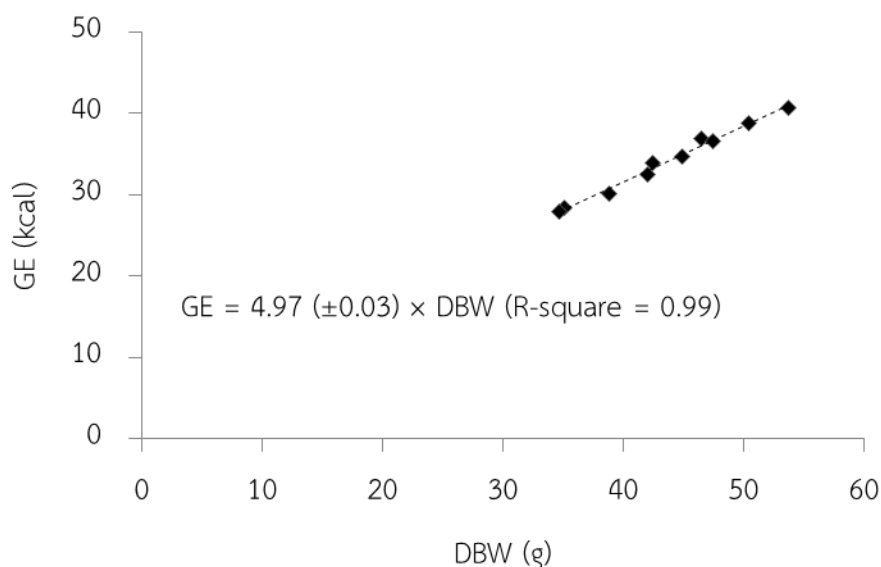
ข้อมูลไก่อกลุ่มฐานนำมาสร้างเป็นสมการถดถอยอย่างง่ายสำหรับใช้ทำนายลักษณะต่าง ๆ ของไก่ทดลองได้อย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ น้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร น้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 1) ปริมาณไนโตรเจน (ภาพที่ 2) และปริมาณพลังงาน (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBW) และน้ำหนักแห้ง (DBW)



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้ง (DBW) และน้ำหนักโปรตีน (CP)



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้ง (DBW) และปริมาณพลังงาน (GE)

สมรรถนะการผลิตของไก่เหลืองหางขาวกบินทร์บุรี

น้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง อัตราการเจริญเติบโตและปริมาณการกินอาหารและโภชนาของไก่เหลืองหางขาวกบินทร์บุรีลดลง ($p < 0.05$) ตามระดับการจำกัดอาหารที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 2) อย่างไรก็ตาม ไก่ที่ได้รับอาหารเต็มที่ (AL) มีอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่าง ($p > 0.05$) กับไก่ที่ได้รับอาหาร 80%AL แต่สูงกว่า ($p < 0.05$) ไก่ที่ได้รับระดับการให้อาหาร 60%AL และ 40%AL

อัษฎาวุธและคณะ (2564) รายงานว่า ไก่เหลืองหางขาวกบินทร์บุรีคณะเพศ ที่มีอายุ 4-8 สัปดาห์ที่เลี้ยงแบบขังคอกและปล่อยอิสระมีอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 14.79-15.33 กรัมต่อตัวต่อวัน ซึ่งสูงกว่าอัตราการเจริญเติบโตของไก่เหลืองหางขาวกบินทร์บุรี เพศผู้ กลุ่มที่กินแบบเต็มที่ของการทดลองนี้

อาหารที่ใช้ในการทดลองนี้มีค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ไม่รวมค่าพลังงานจากการสะสมไนโตรเจน (ME_n) เฉลี่ยเท่ากับ 4,050 kcal/kg DM ซึ่งสูงกว่าที่คำนวณไว้

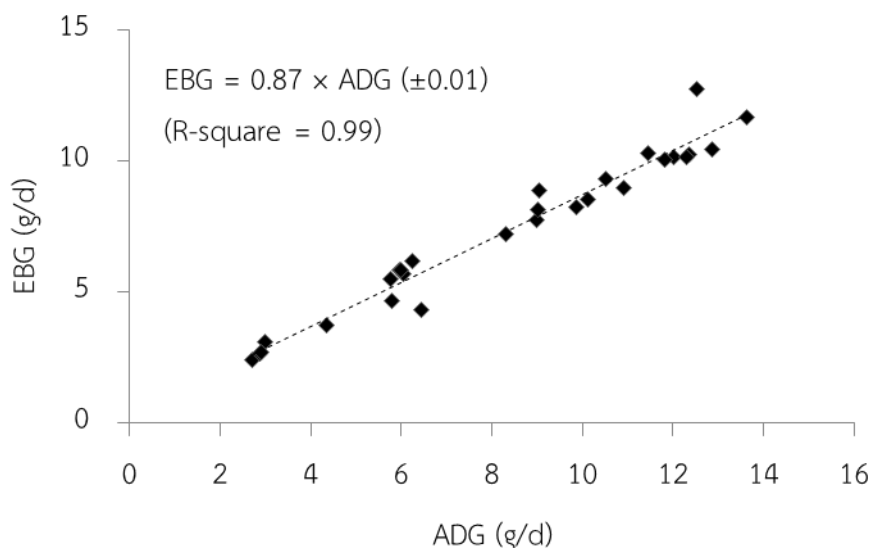
ตารางที่ 2 สมรรถนะการผลิตของอาหารสัตว์ของไก่เหลืองหางขาวกบินทร์บุรี เพศผู้ อายุ 28-56 วัน ที่ได้รับอาหารในปริมาณแตกต่างกัน

รายการ	ระดับการให้อาหาร							SEM	p-value
	AL1	AL2	AL3	AL4	80%AL	60%AL	40%AL		

น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	191.65	191.65	191.65	191.65	190.43	190.08	189.70	2.63	0.9566
น้ำหนักสิ้นสุด (กรัม)	274.87	365.80	459.37	558.04 ^a	541.69 ^a	479.08 ^b	353.63 ^c	13.87	<0.0001
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	2.87	6.01	9.23	12.63 ^a	12.11 ^a	9.97 ^b	5.66 ^c	0.43	<0.0001
ปริมาณการกิน									
วัตถุดิบ (กรัม/kg EBW ^{0.75} /วัน)	81.62	76.68	76.88	75.63 ^a	61.33 ^b	49.02 ^c	38.21 ^d	1.30	<0.0001
โปรตีน (กรัม/kg EBW ^{0.75} /วัน)	15.14	14.22	14.26	14.03 ^a	11.38 ^b	9.10 ^c	7.09 ^d	0.24	<0.0001
พลังงานใช้ประโยชน์ได้									
(kcal/kg EBW ^{0.75} /วัน)	292.25	274.56	275.27	306.29 ^a	248.38 ^b	198.54 ^c	154.75 ^d	5.28	<0.0001

SEM=standard error of the means; ตัวอักษร ^{a, b, c} ที่กำกับค่าเฉลี่ยในแถวบนเดียวกันแตกต่างกัน

อัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBG) ของไก่เหลืองหางขาวกบินทร์บุรีคิดเป็น 87 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเจริญเติบโต (ADG) (ภาพที่ 4) ธนฤตและคณะ (2565) รายงานว่าไก่เหลืองหางขาวกบินทร์บุรีเพศอายุแรกเกิดถึง 28 วันมีอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหารเฉลี่ยเท่ากับ 84 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเจริญเติบโต



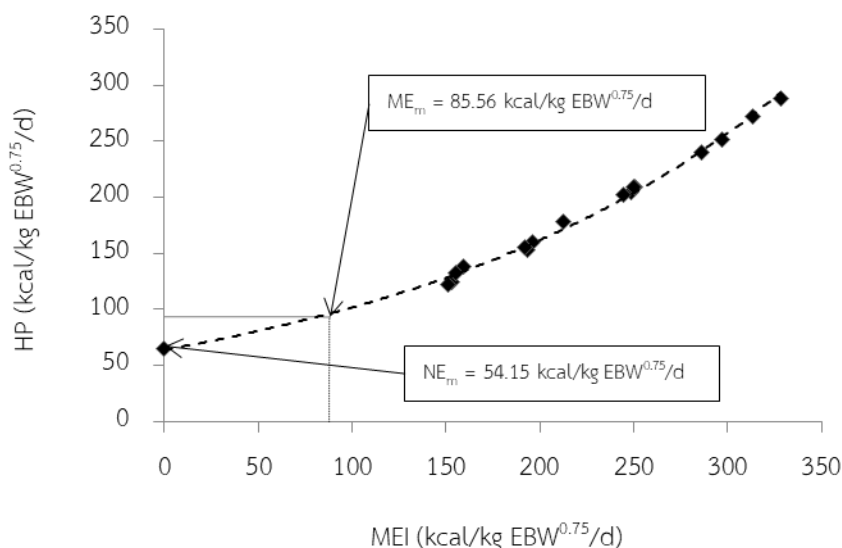
ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจริญเติบโต (ADG) และอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBG) ของไก่ทอดลอง

ความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (NE_m)

ไก่เหลืองหางขาวกบินทร์บุรี เพศผู้ อายุ 28 – 56 วัน มีค่า NE_m เท่ากับ 54.18 kcal/kg EBW^{0.75}/d (ภาพที่ 5) สำหรับความต้องการพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (ME_m) มีค่าเท่ากับ 85.56 kcal/kg EBW^{0.75}/d ดังนั้น ค่า k_m หรือ ประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อการดำรงชีพ (k_m = NE_m/ME_m) มีค่าเท่ากับ 0.63

ความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพของสัตว์ปีกจะมีความแตกต่างกันไปตาม พันธุ์ เพศ ช่วงอายุ และการให้ผลผลิต (Sakomura et al. 2005) อย่างไรก็ตาม ค่า NE_m ของไก่เหลืองหางขาวกบินทร์บุรี เพศผู้ อายุ 28-56 วัน ที่ได้จากการทดลองนี้ มีค่าใกล้เคียงกับไก่เหลืองหางขาวกบินทร์บุรี คณะแพศ ระยะแรกเกิด – 28 วัน

ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 54.74 kcal/kg EBW^{0.75}/d (ธนภฤต และคณะ, 2565) ส่วนของไก่เบตงอายุ 28-56 วัน เพศผู้ (79.69 kcal/kg EBW^{0.75}/d) และเพศเมีย (75.26 kcal/kg EBW^{0.75}/d) (อานุภาพ และคณะ, 2564) และไก่เนื้อพันธุ์ Arbor Acres อายุ 15 – 21 วัน (110.42 kcal/kg EBW^{0.75}/d) (Liu et al., 2017) กล่าวได้ว่า ไก่เหลืองหางขาวกบินทร์บุรี ใช้พลังงานเพื่อการดำรงชีพน้อยกว่าเมื่อเทียบกับไก่พันธุ์อื่น ๆ



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกินพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (MEI) และการผลิตพลังงานความร้อน (HP) เป็นสมการเลขชี้กำลังดังนี้ $HP = 54.18 (\pm 1.62) \times e^{(0.0053 (\pm 0.0001) \times MEI)}$ ($R^2 = 0.99$) เมื่อค่าพลังงานความร้อนที่สัตว์ผลิตขึ้นเมื่อค่า MEI = 0 จะได้ค่า $NE_m = 54.18$ kcal/kg EBW^{0.75}/d การประเมินค่า ME_m โดยใช้สมการ $HP = \alpha \times e^{(\beta \times MEI)}$ จะได้ค่า ME_m ก็ต่อเมื่อค่า MEI = HP ซึ่งจะได้ค่า $ME_m = 85.56$ kcal/kg EBW^{0.75}/d

ความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต (NE_g)

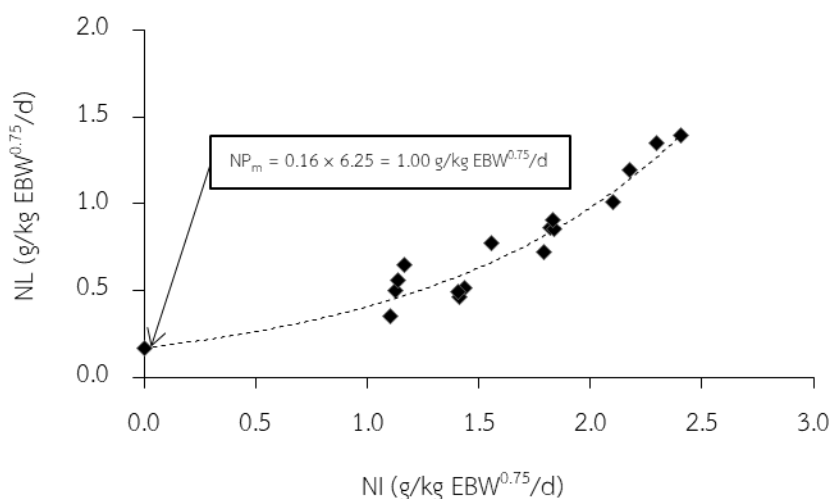
สมการ allometry ระหว่างน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBW) และปริมาณพลังงานในร่างกาย (Energy yield) ของไก่เหลืองหางขาวกบินทร์บุรี เป็นสมการดังนี้ $Energy\ yield = 2.40 (\pm 0.14) \times EBW^{2.14 (\pm 0.07)}$ ($R^2 = 0.99$) ดังนั้น สมการสำหรับประเมินความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการเจริญเติบโตเป็นดังนี้ NE_g (kcal/g EBG) = $5.13 \times EBW^{1.14}$ โดยไก่ทดลองที่มีน้ำหนักตัว 200 - 600 กรัม จะมีค่า NE_g เพิ่มขึ้นตามน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น

ประเมินค่า k_g หรือค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อการเจริญเติบโตซึ่งได้จากค่าความชัน (slope) ของสมการถดถอยอย่างง่ายระหว่างปริมาณการกินพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (MEI_g , kcal/kg EBW^{0.75}/d) [โดยที่ MEI_g (kcal/kg EBW^{0.75}/d) = MEI (kcal/kg EBW^{0.75}/d) - ME_m (kcal/kg EBW^{0.75}/d)] โดยสมการถดถอยอย่างง่ายดังนี้ $RE = 0.33 (\pm 0.03) \times MEI_g$ ($R^2 = 0.88$) ดังนั้น ค่า $k_g = 0.33$ ในส่วนของไก่เบตงเพศผู้ อายุ 28-56 วัน ($k_g = 0.22$) และไก่เบตง เพศเมีย อายุ 28-56 วัน ($k_g = 0.15$) (อานุภาพ และคณะ, 2564)

ความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (NP_m)

ไก่เหลืองหางขาวกบินทร์บุรี เพศผู้ มีค่า NP_m เท่ากับ 1.00 g/kg EBW^{0.75}/d (ภาพที่ 6) ส่วนค่า NP_m ของไก่เบตงเพศผู้และเพศเมีย อายุ 28-56 วัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.40 และ 4.75 g/kg EBW^{0.75}/d (อานุภาพ และคณะ,

2564) ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างของสายพันธุ์ เพศ อายุ และระยะการเจริญเติบโต ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญทำให้ไก่มีความต้องการโภชนาแตกต่างกัน (Sakomura, 2004)



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกินไนโตรเจน (NI) และอัตราการสูญเสียไนโตรเจน (NL) เป็นสมการเลขชี้กำลังดังนี้ $NL = 0.16 (\pm 0.02) \times e^{(0.93 (\pm 0.07) \times NI)}$ ($R^2 = 0.93$)

ความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต (NP_g)

สมการ allometry ระหว่างปริมาณโปรตีน (Protein yield) และน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBW) ของไก่เป็นดังนี้ ได้ค่า $\text{Protein yield} = 0.35 (\pm 0.03) \times \text{EBW}^{2.16 (\pm 0.10)}$ ($R^2 = 0.99$) ดังนั้น สมการสำหรับใช้ประเมินค่าประเมินความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต(NP_g) หรือ ความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (Empty bodyweight gain, EBG) 1 กรัม เป็นดังนี้ $NP_g (\text{g/g EBG}) = 0.76 \times \text{EBW}^{1.16}$ ดังนั้น ความต้องการพลังงานสุทธิและความต้องการโปรตีนสุทธิสำหรับไก่เหลืองหางขาวบินทร์บุรี เพศผู้ อายุ 28 - 56 วัน ที่มีน้ำหนักตัวและอัตราการเจริญเติบโตต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความต้องการพลังงานสุทธิและโปรตีนสุทธิของไก่เหลืองหางขาวบินทร์บุรี เพศผู้ อายุ 28-56 วัน ที่มีน้ำหนักตัวและอัตราการเจริญเติบโตในระดับต่าง ๆ

BW (g)	NE (kcal/d)				NP (g/d)				
	ADG (g/d)	0	5	10	15	0	5	10	15
200		7.93	15.85	23.78	31.70	1.14	2.28	3.42	4.56
250		10.22	20.43	30.65	40.87	1.47	2.95	4.42	5.90
300		12.57	25.15	37.72	50.29	1.82	3.64	5.46	7.28

350	14.98	29.97	44.95	59.93	2.18	4.35	6.53	8.71
400	17.44	34.88	52.33	69.77	2.54	5.08	7.62	10.16
450	19.94	39.89	59.83	79.78	2.91	5.82	8.73	11.64
500	22.48	44.97	67.45	89.94	3.29	6.58	9.87	13.15
550	25.06	50.12	75.18	100.24	3.67	7.34	11.02	14.69
600	27.67	55.34	83.01	110.68	4.06	8.12	12.18	16.24

BW = Bodyweight, ADG = Average daily gain, NE = Net energy requirement, NP = Net protein requirement

สรุปผลการทดลอง

ไก่เหลืองหางขาวกบินทร์บุรีเพศผู้ อายุ 28-56 วัน มีความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ มีค่าเท่ากับ 54.14 kcal/kg EBW^{0.75}/d และโปรตีนสุทธิเพื่อการดำรงชีพมีค่าเท่ากับ 1.00 g/kg EBW^{0.75}/d โดยมีค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อการดำรงชีพ (k_m) เท่ากับ 0.63 และสมการสำหรับใช้ในการประเมินความต้องการพลังงานสุทธิและโปรตีนสุทธิเพื่อการเจริญเติบโตของไก่ที่มีน้ำหนักตัวอยู่ระหว่าง 200 – 600 กรัม ดังนี้ NE_g (kcal/g EBG) = $5.13 \times EBW^{1.14}$ และ NP_g (g/g EBG) = $0.76 \times EBW^{1.16}$ ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อการเจริญเติบโต (k_g) เท่ากับ 0.33

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้อำนวยการสำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กลุ่มวิจัยและพัฒนาการวิเคราะห์อาหารสัตว์ ที่อำนวยความสะดวกในการดำเนินงานและการวิเคราะห์ตัวอย่างทางเคมี ขอขอบคุณผู้อำนวยการและเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์สระแก้วที่ช่วยให้การศึกษาวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- เครือข่ายความร่วมมือด้านงานวิจัยสาขาโภชนศาสตร์สัตว์. 2560. ฐานข้อมูลคุณค่าทางโภชนาการของวัตถุดิบและความต้องการโภชนาการที่แนะนำสำหรับสัตว์ปีกในประเทศไทย.
- ธนภุต อ่อนจันทร์ จีระศักดิ์ ขอบแต่ง ศุภลักษณ์ ศรีจันดี ศศนันท์ คฤหเดช และ แพรวพรรณ ชูช่วย. 2565. ความต้องการพลังงานและโปรตีนเพื่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโตของไก่เหลืองหางขาวกบินทร์บุรีระยะแรกเกิดถึง 28 วัน. เอกสารรอกการเผยแพร่.
- นฤมล สมคณา เอกสิทธิ์ สมคณา และ พีรณิธิ ราชวิชา. 2562. การพัฒนาการผลิต ไก่พื้นเมืองด้วยสมุนไพรในจังหวัดบุรีรัมย์. โครงการจัดการความรู้และถ่ายทอดเทคโนโลยีจากผลงานวิจัย และนวัตกรรมกรมการ

- ถ่ายทอดองค์ความรู้ (ออนไลน์) http://www.thai-explore.net/search_detail/result/9118 วันที่ค้น 5 ตุลาคม 2565
- สำนักพัฒนาพันธุ์สัตว์. 2553. พันธุ์สัตว์ปีก. สัตว์พันธุ์ดีกรมปศุสัตว์. (ออนไลน์) breeding.dld.go.th/th/index.php/2021-04-07-04-07-16/2021-04-20-09-39-49/1091-2021-04-20-09-16-25 วันที่ค้น 1 มีนาคม 2566
- อานุภาพ เสี่ยงสาย ขบวน อินทรีกษ จีระศักดิ์ ชอบแต่ง พินิจ สวัสดิรักษา และ สดุดี พงษ์เพียจันทร์. 2564. ความต้องการพลังงานและโปรตีนเพื่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโตของไก่เบตง อายุ 28-56 วัน. เอกสารประกอบการเผยแพร่.
- อัษฎาวุธ วัฒนเสริม อัญชลี เจือหอม จิระนันท์ อินทรี และ เฉลิมชัย จันทศร. 2564. การศึกษาสมรรถภาพการผลิต องค์ประกอบซาก ของไก่ซีท่าพระและไก่เหลืองหางขาวกบินทร์บุรีเมื่อเลี้ยงในระบบขังคอกและปล่อยอิสระ. องค์ความรู้. E-journal (ออนไลน์) <https://e-wichakarn.dld.go.th/papers/2022.html>.
- AOAC. 2016. Official method of analysis. 20th edition. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA.
- ARC. 1980. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough.
- Jean Noblet, Shu-Biao Wu, Mingan Choct. 2022. Methodologies for energy evaluation of pig and poultry feeds: A review. *Animal Nutrition* 8 (2022) 185-203.
- DIN. 2005. DIN 51900-2. 2003-05. Testing of solid and liquid fuels -Determination of the gross calorific value by the bomb calorimeter and calculation of the net calorific value – Part 2: Method using isoperibol or static, jacket calorimeter. German.
- Lammers, P.J., B.J. Kerr, M.S. Honeyman, K. Stalder, W.A. Dozier III, T.E. Weber, M.T. Kidd and K. Bregendahl. 2005. 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-AustralasJAnimSci.* 30: 849-856.
- Liu, S.K., ZY. Niu, YN. Min, ZP. Wang, J. Zhang, ZF. He, HL. Li, TT. Sun and FZ. 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.
- Sakomura, N.K. 2004. Modeling energy utilization in broiler breeders, laying hens and broilers. *Brazilian Journal of Poultry Science.* vol.6 no.1: 1-11.

- 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 chickens. *Poult. Sci.* 84: 1363-1369
- Tedeschi, L.O., C. Boin, D.G. Fox, P.R. Leme, G.F. Alleoni and D.P.d. Lanna. 2002. Energy requirement for maintenance and growth of Nellore bulls and steers fed high-forage diets. *J. Anim. Sci.* 80: 1671-1682.
- Zuidhof, M. 2019. A review of dietary metabolizable and net energy: Uncoupling heat production and retained energy. *J. Appl. Poult. Res.* 28: 231-241.