

องค์ประกอบทางโภชนาและพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของเศษเหลือเครื่องใน สัตว์ปีกในไก่ประดู่หางดำและไก่กระดูกดำโครงการหลวง

Nutrient Composition and Metabolizable Energy of Poultry Offal Waste in Pradu Hang Dam and Royal Project Black Bone Chicken

ธีรเจต พิงคะสัน วรันทอร์น สิริธิสอน บุญล้อม ชีวะอิสระกุล และ สุขชน ตั้งทวีวัฒน์

Teerached Pingkasun, Waruntorn Sittisorn, Boonlom Cheva-Isarakul and Suchon Tangtaweewipat*

ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

Department of Animal and Aquatic Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

*Corresponding author: E-mail: agani002@gmail.com

(Received: 26 May 2023; Accepted: 17 August 2023)

Abstract: The objective was to determine the nutritional composition and metabolizable energy (ME) of poultry offal waste (POW). After autoclave sterilization, POW exhibited crude nutritional content expressed as a percentage of dry matter (% DM), i.e., crude protein (CP), ether extract (EE), crude fiber (CF), ash, and nitrogen free extract (NFE) at 66.57, 23.35, 1.01, 4.90, and 4.16 % respectively, with a gross energy (GE) of 6.520 kcal/g DM. The study aimed to determine metabolizable energy (ME) using adult male native chicken of 2 breeds i.e. Pradu Hang Dam chicken vs. Royal Project black bone chicken as experimental animals. Two experiments were conducted in which the first experiment was done by single force-feeding method. In the second experiment the substitution method was conducted using POW at 0, 2, 4 and 8 %. The obtained data of this later method were subjected to a linear regression equation for ME prediction. The results showed that no significant difference ($P>0.05$) was found among birds of the 2 breeds. When the result of 2 experiments were taken into consideration. It was found that single force-feeding method showed a slightly higher ME value of 4.226 ± 0.037 kcal/g DM as compared to the substitution method (4.073 ± 0.015 kcal/g DM, R-square = 0.99). Furthermore, using the regression equation, ME was nearly equivalent to the replacement of POW in the basal diet at a single level of 8 % (4.059 kcal/g DM). The result tended to indicate that the appropriate level of POW utilization in poultry diet should be around 8%.

Keywords: Single force-feeding method, metabolizable energy, poultry offal waste, regression equation, substitution method

บทคัดย่อ: วัตถุประสงค์เพื่อหาองค์ประกอบทางโภชนาและพลังงานใช้ประโยชน์ (Metabolizable energy; ME) ของเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีก (Poultry offal waste; POW) เมื่อมาเชื้อ POW โดยใช้หมอนึ่งแรงดัน พบว่า มีโภชนาคิดเป็นร้อยละวัตถุดิบ (% DM) ดังนี้ โปรตีน (crude protein; CP), ไขมัน (ether extract; EE), เยื่อใย (crude fiber; CF), เถ้า (ash) และสารไร้นโตรเจนที่ละลายได้ในน้ำ (nitrogen free extract; NFE) เท่ากับ 66.57, 23.35, 1.01, 4.90 และ 4.16% ตามลำดับ โดยมีพลังงานรวม (Gross energy; GE) เท่ากับ 6.520 kcal/g DM หาค่า ME โดยแบ่งเป็น 2 การทดลองใช้ไก่เพศผู้โตเต็มวัย 2 สายพันธุ์ คือ ไก่พื้นเมืองประดู่หางดำกับไก่กระดุกดำมูลนิธิโครงการหลวง การทดลองที่ 1 ใช้วิธีบังคับให้กินวัตถุดิบทดสอบ (POW) เพียงอย่างเดียวด้วย (single force-feeding method) การทดลองที่ 2 ใช้วิธีแทนที่อาหารพื้นฐาน (substitution method) ด้วย POW ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 8% จากนั้นใช้สมการถดถอย (linear regression equation) ทำนายค่า ME ผลพบว่า ค่า ME จากไก่ทั้ง 2 สายพันธุ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการ พบว่า การบังคับให้กิน POW มีค่า ME สูงกว่าการทำนายโดยใช้สมการถดถอย (4.226 ± 0.079 vs. 4.073 ± 0.015 kcal/g DM, R-square = 0.99) และพบว่า ค่า ME ที่ได้จากการทำนายใกล้เคียงกับค่า ME เมื่อใช้ POW แทนที่อาหารพื้นฐานที่ระดับ 8% (4.059 kcal/g DM) ซึ่งอาจบ่งบอกระดับการใช้ที่เหมาะสมในอาหารสัตว์ปีกได้

คำสำคัญ: วิธีบังคับให้กินวัตถุดิบทดสอบ พลังงานใช้ประโยชน์ได้ เศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีก สมการถดถอย วิธีใช้วัตถุดิบทดสอบแทนที่ส่วนของอาหารพื้นฐาน

คำนำ

เศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีก (poultry offal waste; POW) เป็นผลพลอย (by-product) ได้จากกระบวนการชำแหละตักแต่งซากสัตว์ปีกเพื่อการบริโภคของมนุษย์ ทำให้มีเศษเหลือจำนวนหนึ่ง อาทิเช่น ขนไก่ อวัยวะภายใน หัว เท้า และเลือด นับเป็นของเสียที่ไม่เหมาะแก่การรับประทาน (Senkoylu *et al.*, 2005) หากมีการจัดการที่ไม่ดีมักก่อปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การส่งกลิ่นเหม็นรบกวน เป็นแหล่งสะสมเชื้อโรคในแหล่งดินและน้ำ เช่น *Salmonella spp.*, *Campylobacter spp.* และ *Listeria spp.* (Giri *et al.*, 2010) โดยมีรายงานว่าเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกสามารถใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ได้ (Sahraei *et al.*, 2012) เช่น ใช้ในไก่เนื้อ (Romoser, 1955) เป็นต้น องค์ประกอบทางโภชนาและปริมาณ ME เป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญในการนำวัตถุดิบไปประกอบสูตรอาหารสัตว์ แต่เศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกในแต่ละประเทศมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน ขึ้นกับสัดส่วนของเศษเหลือที่ไม่นำไปบริโภค ส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนาการของวัตถุดิบ (Dale and Fuller, 1984) ตัวอย่างเช่น ระดับ โปรตีน (crude protein; CP)

ไขมัน (ether extract; EE) เยื่อใย (crude fiber; CF) เถ้า (ash) สารไร้นโตรเจนที่ละลายได้ในน้ำ (nitrogen free extract; NFE) แคลเซียม (calcium; Ca) และฟอสฟอรัส (phosphorus; P) Wisman *et al.* (1958) รายงานว่า เศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกในรัฐเวอร์จิเนีย สหรัฐอเมริกา ประกอบด้วย หัว เท้า และอวัยวะภายใน มีค่า CP, EE, ash, CF, NFE, Ca และ P เท่ากับ 58.09, 15.87, 18.05, 0.85, 7.14, 8.57 และ 3.25% DM ตามลำดับ Dale *et al.* (1993) รายงานค่าเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกจาก 4 ประเทศ (สหรัฐอเมริกา คอสตาริกา เอลซัลวาดอร์ และเวเนซุเอลา) ซึ่งมีสัดส่วนของอวัยวะที่เหลือทิ้งแตกต่างกัน โดยเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกของสหรัฐอเมริกามีไขมันรวมอยู่ด้วย มีค่าเฉลี่ย CP และ EE เท่ากับ 56.52 และ 35.00% DM มีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้จริง (true metabolizable energy; TME) เท่ากับ 5.032 kcal/g DM Salami and Oyewole (1997) และ Oyewole and Salami (1997) รายงานว่าเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกของไนจีเรียซึ่งเป็นเศษเหลือที่มีเฉพาะส่วนลำไส้มีค่าเฉลี่ย CP, EE, CF, ash และ NFE เท่ากับ 59.57, 14.36, 0.37, 5.44 และ 20.25% DM ตามลำดับในประเทศเดียวกัน Udedibie *et al.* (1988) ได้รายงาน

ถึงเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกที่ประกอบด้วย หัว ลำไส้ ขน เลือด เปลือกไข่ และไก่ที่ตายก่อนเข้าสู่กระบวนการฆ่าและรวมอยู่ด้วยมีค่า CP, EE, CF และ ash เท่ากับ 56.40, 20.90, 4.60 และ 7.70% DM ตามลำดับ มีค่า ME เท่ากับ 3.180 kcal/g DM เห็นได้ว่าเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกที่มีส่วนหัว ขน เลือด เปลือกไข่ และไก่ที่ตายก่อนฆ่าและ มีค่าโปรตีนต่ำกว่าแต่มีค่า EE, CF และ ash สูงกว่า D' Agostini *et al.* (2004) รายงานว่าเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกในบราซิลซึ่งเป็นเศษเหลือจากอวัยวะภายในที่ไม่มีส่วนขนมีค่า CP และ EE เท่ากับ 71.92 และ 20.55% DM มีค่า GE และ ME เท่ากับ 6.220 และ 4.750 kcal/g DM ขณะที่ Eyng *et al.* (2010) รายงานถึงเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกของบราซิลเช่นกัน แต่มีเฉพาะลำไส้เท่านั้น มีโปรตีนและไขมัน เท่ากับ 61.35 และ 16.02% DM มีค่า GE, พลังงานใช้ประโยชน์ปรากฏ (apparent metabolizable energy; AME) และ TME เท่ากับ 5.501, 3.219 และ 4.112 kcal/g DM ตามลำดับ Nunes *et al.* (2006) รายงานว่าเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกจากโรงฆ่าและสัตว์ปีกในโปรตุเกสซึ่งมีส่วนอวัยวะภายในรวมกับหัว และคอ โดยไม่มีขน มี CP, EE, ash, CF, NFE, Ca และ P เท่ากับ 59.10, 17.50, 18.79, 1.85, 2.77, 3.99 และ 2.89% DM ตามลำดับ มีค่า AME และ TME เท่ากับ 3.062 และ 3.211 kcal/g DM Feedipedia (2012) รายงานค่าเฉลี่ยของเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกจากแหล่งศึกษาต่าง ๆ ว่ามี CP, EE และ ash เท่ากับ 60.20, 27.90 และ 10.60% DM ตามลำดับ มีค่า GE เท่ากับ 5.830 kcal/g DM ส่วน Rocker *et al.* (2021) รายงานถึงเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกจากโรงงานแปรรูปสัตว์ปีกตามหลักสากลของออสเตรเลียมี CP, EE, ash, NFE และ GE เท่ากับ 70.32, 13.00, 16.86, 5.14% DM และ 5.400 kcal/g DM ตามลำดับ สำหรับในประเทศไทย Khieokhajonkhet and Detpan (2019) ได้รายงานว่เศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกที่ได้จากโรงงานฆ่าและสัตว์ปีกมี CP, EE และ ash เท่ากับ 46.46, 16.54 และ 6.14% DM ตามลำดับ และมี GE เท่ากับ 4.528 kcal/g DM เห็นได้ว่าคุณค่าทางโภชนาการของเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกจากแหล่ง ต่าง ๆ มีความความผันผวนค่อนข้างสูงขึ้นกับสัดส่วนของเศษเหลือ (อวัยวะ) ที่มนุษย์ไม่นำไปบริโภค

การหาค่าพลังงานของวัตถุดิบแต่ละชนิดเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญเพื่อใช้ประกอบสูตรอาหารให้เหมาะสมกับความต้องการของสัตว์ ค่า ME เป็นค่าหนึ่งที่ใช้ในการคำนวณสูตรอาหารสัตว์ปีก โดย Farrell (1978) รายงานว่า การหาค่า ME สามารถทำได้ 2 วิธี คือ การให้ไก่เพศผู้โตเต็มวัยกินวัตถุดิบที่ต้องการทดสอบเพียงชนิดเดียวโดยกรอกเข้าทางปากไก่ (single force-feeding method or single ingredient) กับการใช้วัตถุดิบทดสอบไปแทนที่ส่วนของอาหารพื้นฐานที่รู้คุณค่าทางโภชนาแล้ว (substitution method) ซึ่งทั้งสองวิธีดังกล่าว McIntosh *et al.* (1962) ได้ศึกษากับเมล็ดธัญพืช พบว่า 'ไม่มีความแตกต่างกันมากนัก แต่ Sibbald (1979) พบว่าวิธีการบังคับให้ไก่กินวัตถุดิบทดสอบเพียงชนิดเดียวให้ผลที่น่าพอใจเฉพาะวัตถุดิบประเภทเมล็ดธัญพืชบางชนิดเท่านั้น จึงอาจกล่าวได้ว่าวิธีนี้เหมาะสมกับวัตถุดิบบางชนิดแต่ไม่เหมาะกับวัตถุดิบทั่ว ๆ ไป ที่อาจมีลักษณะไม่น่ากิน หรือมีคุณค่าทางโภชนาไม่สมดุล ทำให้เกิดการสลายตัวของเนื้อเยื่อมาใช้เป็นพลังงาน ส่งผลให้ค่า ME ลดลง (Sibbald, 1979) ส่วนวิธีการใช้วัตถุดิบทดสอบไปแทนที่ส่วนของอาหารพื้นฐานในระดับที่สูงขึ้นตามลำดับจนถึงระดับปกติที่ใช้ในการประกอบสูตรอาหาร จากนั้นใช้สมการถดถอย (regression analysis equation) ทำนายค่า ME ของวัตถุดิบทดสอบ (Miller, 1974) วิธีนี้ให้ผลเป็นที่น่าพอใจกับวัตถุดิบทุกชนิด (Sibbald *et al.*, 1960) แต่ค่า ME ที่ได้จากวิธีนี้อาจมีความคลาดเคลื่อนได้หากใช้แทนที่อาหารพื้นฐานในระดับต่ำ ๆ (Campbell *et al.*, 1983) การหาโดยวิธีนี้จะป็นค่าที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุดเพราะวัตถุดิบแต่ละชนิดที่ประกอบกันเป็นสูตรอาหาร มีการเสริมสร้างคุณค่าทางโภชนาะร่วมกัน (feed ingredient interaction) มีผลทำให้ค่า ME ของวัตถุดิบอีกชนิดหนึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงเรียกว่า การเกิด association effect (Tangtaweewipat *et al.*, 1988)

ปัจจุบันข้อมูลคุณค่าทางโภชนาของเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกภายในประเทศไทยมีรายงานไม่แพร่หลายนัก โดยทั้งประเทศมีโรงเชือดสัตว์ปีกมาตรฐานที่ได้รับใบอนุญาตทั้งสิ้น 529 แห่ง (Bureau of Livestock, 2022) และมีปริมาณการผลิตเนื้อไก่รวมจำนวน 3.3 ล้านตัน

(USDA, 2023) หรือเทียบเป็นน้ำหนักไก่มีชีวิตประมาณ 4.0 ล้านตัน คาดว่ามีเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกประมาณ 6 หมื่นตัน ซึ่งอ้างอิงจาก Diarra *et al.* (2015) ที่ระบุว่า เศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกมีสัดส่วนร้อยละ 1.46 ของน้ำหนักมีชีวิต โดยส่วนของเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกนี้ จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกปีตามอัตราการผลิตที่เพิ่มขึ้น การนำเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบเป็นอาหารสัตว์ จึงเป็นแนวทางที่น่าสนใจ ดังนั้น การศึกษาเรื่องนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาองค์ประกอบทางโภชนาการและค่า ME ของเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกที่ได้จากโรงงานชำแหละไก่เนื้อในจังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดลำพูน ซึ่งเป็นโรงงานมาตรฐานมีกำลังการผลิตประมาณวันละหนึ่งแสนตัว เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ใช้ประโยชน์ในการประกอบสูตรอาหารสัตว์ปีก รวมถึงเป็นการตอบสนองต่อนโยบายการพัฒนาเศรษฐกิจแบบองค์รวมที่มุ่งเน้นการพัฒนา 3 เศรษฐกิจไปพร้อมกัน (Bio-Circular-Green Economy Model: BCG Model) ในด้านการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า โดยการลดปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องจากผลพลอยได้ (เศษเหลือ) จากกระบวนการชำแหละแตกแต่งซากสัตว์ปีก ก่อให้เกิดการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมวัตถุดิบ

เศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกนำมาจากโรงงานในจังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดลำพูน ที่มีกระบวนการชำแหละและตัดแต่งซากไก่เนื้อตามมาตรฐานสากล มีกำลังการผลิตวันละหนึ่งแสนตัว ประกอบด้วย กระเพาะพัก กระเพาะจริง ลำไส้เล็ก ลำไส้ใหญ่ ตับอ่อน และไขมันห่อหุ้มอวัยวะในช่องท้อง โดยเก็บตัวอย่างสดจากโรงงานในช่วงเช้า จากนั้นนำตัวอย่างเข้ากระบวนการฆ่าเชื้อ (sterilization) ด้วยหม้อนึ่งแรงดันไอน้ำ (autoclave) ที่ความดัน 30 psi อุณหภูมิ 134 °C เป็นเวลา 3 นาที ซึ่ง Park *et al.* (2010) รายงานว่า วิธีการข้างต้นเป็นการฆ่าเชื้อในอาหารตามหลักสากลทั่วไป ประกอบกับ McNaughton *et al.* (1977) ได้แนะนำว่า ควรใช้เวลาในกระบวนการฆ่าเชื้อนี้ให้สั้นที่สุด เพราะ

หากใช้เวลานานส่งผลต่อการใช้ประโยชน์ได้ของไลซีนที่ลดลง หลังจากนั้นทำการกรองแยกส่วนของน้ำออกอบให้แห้งด้วยตู้อบลมร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมงหรือจนกว่าแห้งดี เมื่อแห้งสนิทนำตัวอย่างไปบดผ่านตะแกรงที่มีรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มม. เก็บรวบรวมไว้เพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป

การประเมินคุณค่าทางโภชนาการ

ทำการสุ่มเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกที่ได้เก็บรวบรวมไว้ข้างต้นไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีอย่างหยาบ (proximate analysis) ตามที่บ่งไว้โดย AOAC (2005) โดยค่า DM, CP, EE, CF และ ash อ้างอิงตาม AOAC Official Method 934.01, 2001.11, 920.39, 962.09 และ 942.05 ตามลำดับ ในขณะที่ค่าสารไนโตรเจนที่ละลายได้ในน้ำ (NFE) คำนวณจากค่า %DM - %ash - %EE - %CP - %CF ส่วนการวิเคราะห์ค่าพลังงานรวม (GE) ใช้เครื่อง bomb calorimeter รุ่น AC-500 (LECO, 2018) การวิเคราะห์กรดอะมิโนที่ใช้เป็นเครื่อง ARACUS รุ่น Classic ผลิตโดยบริษัท Membrapure ประเทศเยอรมัน ที่ห้องปฏิบัติการกลางคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ตามวิธีการจาก Chinese National Standard (2000) อ้างอิงเลขที่ GB/T18246-2000

การหาค่าพลังงานใช้ประโยชน์

การศึกษาในครั้งนี้ ได้ปฏิบัติตามข้อกำหนดจรรยาบรรณการใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ (สัตว์เกษตร) ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เลขที่ AG02002/2565 แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 การทดลองดังนี้

การทดลองที่ 1: วิธีบังคับให้ไก่กินวัตถุดิบเพียงชนิดเดียวด้วยการกรอกปาก (single force-feeding method) ใช้ไก่เพศผู้โตเต็มวัย ที่มีอายุ 26 สัปดาห์ จำนวน 2 สายพันธุ์ คือ ไก่พื้นเมืองพันธุ์ประดู่หางดำ (Pradu Hang Dam; PDHD) เทียบกับไก่กระดุกดำที่คัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์โดยมูลนิธิโครงการหลวง (Royal Project black-bone chicken; RPBB) จำนวนสายพันธุ์ละ 8 ตัว เลี้ยงในกรง metabolic cage แบบขัง

เดี่ยวขนาด 35 × 45 × 50 ซม. มีถาดรองรับมูลใต้กรง และมีภาชนะใส่อาหาร ภาชนะใส่น้ำสำหรับให้ไก่กิน แยกเป็นรายตัว ใช้ระยะเวลาทดลอง 9 วัน โดยในช่วง 7 วันแรกให้ไก่ทุกตัวได้รับอาหารที่มี 18% CP แบบเต็ม ที่เพื่อให้ปรับตัวคุ้นเคยกับสภาพกรงและสภาพแวดล้อม ซึ่งเป็นระยะเตรียมพร้อม (preliminary period) จากนั้นทำการอดอาหารไก่ทุกตัวเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้ขับถ่ายมูลออกให้หมด เมื่อครบ 24 ชั่วโมงแล้ว แบ่งไก่แต่ละพันธุ์ออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจำนวน 6 ตัว ทำการกรอกเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกเข้าทางปากไก่ตัวละ 30 กรัม ตามวิธีที่ดัดแปลงจาก Sibbald (1976) ดังนี้ หลังจากให้ไก่อดอาหารครบ 24 ชั่วโมง นำไก่ออกจากกรง metabolic cage ซึ่งนำหนักตัวไก่ จากนั้นใช้มือเปิดปากไก่เพื่อให้อาหารทดสอบ ซึ่งเตรียมได้จากเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกจำนวน 30 กรัม นำไปผสมกับน้ำสะอาดสัดส่วน 20% หรือประมาณ 6 มล. คลุกเคล้าให้เข้ากัน แล้วปั้นให้เป็นเม็ดเล็ก ๆ โดยจะได้จำนวน 10 เม็ด จากนั้นจึงนำเม็ดอาหารทดสอบกรอกผ่านปากไก่อลงสู่หลอดอาหารไปยังกระเพาะพัก (crop) ทำครั้งละเม็ด จนครบ 10 เม็ด ทำการฉีดน้ำเข้าทางปากไก่อเพื่อไล่เม็ดอาหารทดสอบลงสู่กระเพาะพัก โดยใช้กระบอกฉีดยาแบบพลาสติกขนาด 5 มล. ที่บรรจุน้ำสะอาดเต็ม กระบอกฉีด ทำการฉีดน้ำ 2 ครั้ง จนอาหารทุกเม็ดลงไปอยู่ที่กระเพาะพัก ซึ่งนำหนักตัวไก่อีกครั้งก่อนปล่อยเข้ากรง metabolic cage พร้อมกับนำแผ่นพลาสติกแบบใสรองบนถาดรองรับมูลใต้กรง เพื่อเก็บมูลเป็นเวลา 24 ชั่วโมงนับตั้งแต่กรอกอาหารทางปากเสร็จสิ้น สำหรับนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีต่อไป ส่วนไก่ที่เหลืออีก 2 ตัวทำการอดอาหารต่อไปอีก 24 ชั่วโมงเพื่อหาค่า endogenous loss สำหรับคำนวณค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้จริง (TME)

บันทึกข้อมูลปริมาณอาหารที่ให้กินและน้ำหนักมูลจากไก่ทุกตัวหลังจากกรอกเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกครบ 24 ชั่วโมง รวมทั้งบันทึกน้ำหนักมูลไก่ 2 ตัวที่อดอาหารด้วย นำมูลที่เก็บได้จากไก่อแต่ละตัวมาอบแห้งในตู้อบลมร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 2 วัน หรือจนกว่าแห้งดี บันทึกน้ำหนักมูลก่อนและหลังอบ จากนั้นบดผ่านตะแกรงที่มีรูขนาดเส้นผ่าน

ศูนย์กลาง 1 มม. ทำการผสมตัวอย่างอาหารและมูลไก่อไปวิเคราะห์ค่า GE เพื่อคำนวณค่า AME หรือโดยทั่วไปใช้คำว่า ME และค่า TME โดยใช้สูตรที่อ้างอิงจาก Cheva-Isarakul *et al.* (2001) ดังนี้

$$\text{AME หรือ ME (kcal/g DM)} = \frac{(\text{GE}_i \times F_i) - (\text{GE}_f \times E_f)}{F_i}$$

$$\text{TME (kcal/g DM)} = \frac{(\text{GE}_i \times F_i) - [(\text{GE}_f \times E_f) - (\text{GE}_r \times E_r)]}{F_i}$$

โดยที่:

GE_i = GE ของเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีก (kcal/g DM)

GE_f = GE ของมูลไก่ตัวที่ให้เศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีก (kcal/g DM)

GE_r = พลังงานรวมของมูลไก่ตัวที่อดอาหาร (kcal/g DM)

F_i = ปริมาณเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกที่กรอกปาก (g DM)

E_f = ปริมาณมูลไก่ตัวที่ให้เศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีก (g DM)

E_r = ปริมาณมูลไก่ตัวที่อดอาหาร (g DM)

ในการเก็บตัวอย่างมูลไก่ หากมีเศษอาหารขนไก่ หรือสิ่งแปลกปลอมต่าง ๆ ปะปนกับตัวอย่างมูล ใช้คีมคีบหรือช้อนเล็ก ๆ ตักออก ส่วนกรณีที่เป็นเศษอาหารหรือขนไก่ที่มีขนาดเล็กมาก ไม่สามารถใช้ช้อนตักหรือคีมคีบออกได้ ทำการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมเหล่านี้อีกครั้งภายหลังจากนำมูลไปอบให้แห้ง ทำการบดด้วยครกบดยา (mortar) จากนั้นนำไปร่อนผ่านตะแกรงที่มีรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มม. เพื่อแยกสิ่งปนเปื้อนออก ทำเช่นนี้ซ้ำ 5-10 รอบ หรือจนกว่าสิ่งปนเปื้อนหมดไป นำสิ่งปนเปื้อนที่แยกได้ทั้งหมดซึ่งนำหนักเพื่อหักออกจากน้ำหนักมูลก่อนและหลังอบ

การทดลองที่ 2: วิธีการแทนที่อาหารพื้นฐาน (Substitution method) ใส่ไก่ทดลองในกรงขังเดี่ยว มีถาดรองรับมูล ภาชนะใส่อาหาร และใส่น้ำแบบแยกรายตัวเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 แต่ใช้ไก่จำนวนสายพันธุ์ละ 4 ตัว วางแผนการทดลองแบบ 4 × 4 Latin square โดยใช้เศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกแทนที่ส่วนของอาหารพื้นฐาน (Table 1) ที่ระดับต่าง ๆ คือ 0, 2, 4 และ 8% แบ่งระยะเวลาทดลองเป็น 4 ช่วง ๆ ละ 9 วัน รวมเวลาทดลองทั้งสิ้น 36 วัน แต่ละช่วงแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะ 5 วันแรก (preliminary period) เพื่อให้

Table 1. Ingredients and nutrient composition of basal diet

Ingredients	(%)	Calculated nutrient composition (% air dry basis)	
Yellow corn	57.45	CP	18.00
Rice bran	14.00	GE (kcal/g)	3.89
Soybean meal	16.00	ME (kcal/g)	2.90
Fish meal (55% CP)	8.00	CF	4.10
Calcium carbonate	1.89	EE	4.77
Monocalcium phosphate (22% P)	0.85	Calcium	1.01
L-Lysine	0.11	Available phosphorus	0.45
DL-Methionine	0.20	Lysine	1.03
Salt	0.5	Methionine	0.51
Premix ¹	1.0	Methionine + Cysteine	0.91
Total	100.00		

¹ mg/kg feed unless otherwise noted: Vitamin A 37.5 IU, Vitamin D₃ 7.5 IU, Vitamin E 0.06 IU, Vitamin K₃ 0.01, Vitamin B₁ 0.01, Vitamin B₂ 0.02, Vitamin B₆ 0.01, Vitamin B₁₂ 0.06, Pantothenic acid 0.03, Nicotinic acid 0.09, Folic acid 0.003, Biotin 0.04 µg, Choline chloride 0.63, Cu 0.004, Manganese 0.15, Zinc 0.11, Iron 0.20, Iodine 0.001 and Selenium 0.0004

GE = Gross energy; ME = Metabolizable energy; CP = Crude protein; CF = Crude fiber; EE = Ether extract

ไก่ปรับตัวเข้ากับอาหารทดลองและสภาพของกรง ส่วน 4 วันหลังเป็นระยะเก็บข้อมูล (collection period) โดยบันทึกปริมาณอาหารที่กิน และมูลที่ถ่ายออกทุกวัน ที่เวลา 9.00 น. จากนั้นนำมูลไก่ที่เก็บได้ในแต่ละวัน จากไก่แต่ละตัวใส่ถุงพลาสติกไปเก็บไว้ในตู้แช่แข็งที่ อุณหภูมิ -4 °C (ทั้งหมด 4 วัน) เมื่อเสร็จการทดลอง ในแต่ละช่วง นำมูลที่เก็บไว้จากตู้แช่แข็งไปไว้ที่ อุณหภูมิห้องเพื่อให้ละลาย แล้วนำไปอบให้แห้งที่ อุณหภูมิ 65 °C เป็นเวลา 2 วันหรือจนกว่าแห้งดี บันทึก นำหนักมูลแห้งอบ บดและคลุกเคล้าให้เข้ากัน ทำการ- สุ่มตัวอย่างอาหารและมูลไปวิเคราะห์หาค่าพลังงานรวม เพื่อคำนวณค่า ME

หลังจากทำการทดลองครบ 9 วันในช่วงแรก แล้ว ให้เปลี่ยนอาหารทดลองไปให้ไก่ตัวอื่น โดยสลับ ตัวไก่จนแต่ละตัวได้รับอาหารครบทั้ง 4 สูตร ตามแผน

การทดลองแบบ 4 × 4 Latin square จากนั้นนำค่า ME ของสูตรอาหารที่ไก่ทุกตัวได้รับในแต่ละช่วงเข้าสมการ- ถดถอยเชิงเส้น (Linear regression equation) เพื่อ คำนวณค่า ME ของเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกเหมือน การแทนที่อาหารพื้นฐานที่ 100 %

นอกจากนี้ ในการทดลองที่ 2 (การใช้เศษเหลือ เครื่องในสัตว์ปีกแทนที่อาหารพื้นฐาน 4 ระดับ) ยังสามารถคำนวณหาค่า ME ของเศษเหลือเครื่องใน สัตว์ปีกที่ระดับนั้น ๆ ได้ด้วย ซึ่งอ้างอิงไว้โดย Cheva- Isarakul and Tangtaweewipat (1990) เพื่อใช้เป็นค่า เปรียบเทียบกับ 2 วิธีการข้างต้นได้ โดยมีสูตรในการ+ คำนวณ ดังนี้

$$= \frac{\text{AME หรือ ME of POW (kcal/g DM)} - \text{ME of Mix diet - (\% Basal diet} \times \text{ME of Basal diet)}}{\% \text{ POW}}$$

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลการเปรียบเทียบระหว่างสองสายพันธุ์ (PDHD vs. RPBB) ที่ได้จาก single force - feeding method วิเคราะห์ผลทางสถิติด้วย T-test ข้อมูลที่ได้จาก substitution method ใช้แผนการทดลองแบบ 4×4 Latin square design และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วย Duncan's new multiple range test (Steel *et al.*, 1997) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 21.

ผลการศึกษาและวิจารณ์

คุณค่าทางโภชนาการของเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีก

คุณค่าทางโภชนาการของเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกเมื่อผ่านการ autoclave ที่ความดัน 30 psi อุณหภูมิ 134°C เป็นเวลา 3 นาที (Table 2) ปรากฏว่ามี CP, EE, CF, และ ash เท่ากับ 66.57, 23.35, 1.01 และ 4.90 % DM มี GE 6.520 kcal/g DM เศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกในการศึกษาครั้งนี้ มีค่า CP สูงกว่าที่รายงานโดย McNaughton *et al.* (1976); Feedipedia (2012) แต่น้อยกว่า Rocker *et al.* (2021) ในด้านพลังงาน พบว่า มีค่า GE สูงกว่าที่รายงานไว้โดย Rocker *et al.* (2021); Feedipedia (2012) นอกจากนี้พบว่า มีคุณค่าทางโภชนาการโดยเฉพาะค่า CP และ EE สูงกว่าปลาป่น (fish meal; FM 61 % CP) ที่นิยมใช้ในประเทศไทยด้วย

สำหรับกรดอะมิโนที่จำเป็นของเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีก (Table 2) มีค่าเมทไธโอนีน สูงกว่าปริมาณที่รายงานไว้โดย McNaughton *et al.* (1976); Feedipedia (2012); Rocker *et al.* (2021) รวมทั้งยังมีกรดอะมิโนจำเป็นบางชนิดที่สูงกว่าปลาป่น โดยเฉพาะค่าเฟนิลอะลานีน ลิวซีน และวาลีน เห็นได้ว่าเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกมีศักยภาพที่นำไปใช้เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นในสูตรอาหารสัตว์ปีกได้

ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีก

การทดลองที่ 1: Single force-feeding method

ค่า AME หรือ ME และค่า TME ของเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกในไก่ประดู่หางดำ (PDHD) และไก่กระ-

ดุกดำโครงการหลวง (RPBB) ที่ศึกษาโดยวิธีบังคับให้ไก่กิน (Table 3) มีค่า ME เท่ากับ 4.199 และ 4.252 kcal/g DM ส่วน TME มีค่าเท่ากับ 4.360 และ 4.370 kcal/g DM ในไก่สายพันธุ์ PDHD และ RPBB ตามลำดับ โดยค่าที่ได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ค่าเฉลี่ยจากในทั้ง 2 สายพันธุ์ พบว่า ME และ TME เท่ากับ 4.226 และ 4.365 kcal/g DM หรือเท่ากับ 4.038 และ 4.171 kcal/g air dry ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่ารายงานของ Dale *et al.* (1993) ที่ระบุว่า มีค่าเท่ากับ 5.032 kcal/g DM ทั้งนี้ อาจมีสาเหตุเนื่องมาจากเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีปริมาณ EE ต่ำกว่า (23.35 vs. 35.00 % DM) แต่ผลจากการศึกษานี้ มีค่าสูงกว่าของ Nunes *et al.* (2006); Eyng *et al.* (2010) ที่รายงานว่ามีค่า AME เท่ากับ 3.026 และ 3.219 kcal/g DM และมีค่า TME เท่ากับ 3.211 และ 4.112 kcal/g DM ตามลำดับ ซึ่งอาจเนื่องมาจากตัวอย่างที่ใช้ศึกษาของทั้ง 2 รายงานข้างต้นมีค่า EE ต่ำกว่า (17.49 และ 16.02 % DM ตามลำดับ) ในขณะที่ค่าจากการศึกษานี้ใกล้เคียงกับรายงานของ D' Agostini *et al.* (2004) ที่ระบุว่า มี ME เท่ากับ 4.750 kcal/g DM โดยมีค่า EE เท่ากับ 20.55 % DM ซึ่งใกล้เคียงกับตัวอย่างที่ใช้ในครั้งนี้ ดังนั้น จึงเห็นได้ว่า ค่า AME หรือ TME มีความผันแปรตามปริมาณ EE หรือขึ้นกับส่วนประกอบของเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกที่นำมาใช้ศึกษา

การทดลองที่ 2: Substitution method

ค่า ME หรือ AME ที่ได้จากการศึกษาโดยให้ไก่ประดู่หางดำ (PDHD) และไก่กระดุกดำ (RPBB) ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกแทนที่อาหารพื้นฐานระดับต่าง ๆ ด้วยแผนการทดลองแบบ 4×4 Latin square (Table 4) เมื่อแทนที่อาหารพื้นฐานด้วยเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกในสัดส่วนที่สูงขึ้น มีผลทำให้ค่า ME ที่ศึกษาในไก่ทั้ง 2 สายพันธุ์เพิ่มขึ้นตามระดับของเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยกลุ่มที่ได้รับในระดับ 8 % มีค่า ME สูงที่สุดตามมาด้วยระดับ 4 % และ 2 % ตามลำดับ อย่างไรก็ตามไม่พบนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเมื่อไก่แต่ละตัว (4 ตัว) ได้รับอาหารทั้ง 4 สูตร ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกัน ไม่ว่าใช้ไก่สายพันธุ์ PDHD หรือ

Table 2. Chemical composition, essential amino acids and ME content of poultry offal waste in this study compared with other references and fish meal

Ingredient	POW				FM (61% CP)
	Present study ¹	McNaughton <i>et al.</i> (1976)	Rocker <i>et al.</i> (2021)	Feedipedia (2012)	NRC (1994)
Chemical composition (% DM):					
CP	66.57	60.07	70.32	60.20	65.76
EE	23.35	28.06	13.00	27.90	10.22
CF	1.01	5.21	n.a	n.a.	0.76
ash	4.90	6.54	16.86	10.60	n.a.
NFE	4.16	n.a.	5.14	n.a.	n.a.
GE (kcal/g DM)	6.52	n.a.	5.40	5.83	n.a.
Essential amino acids (% DM):					
Methionine	1.53	0.84	1.14	1.40	1.77
Lysine	3.30	2.38	3.77	4.40	4.90
Phenylalanine	2.46	2.74	2.39	3.90	2.40
Threonine	2.33	2.68	2.73	3.90	2.67
Tryptophan	0.35	n.a.	n.a.	0.70	0.53
Arginine	3.73	3.75	3.70	6.60	4.00
Histidine	1.30	0.63	n.a.	1.80	1.54
Isoleucine	2.62	2.56	2.23	3.90	2.48
Leucine	4.60	4.53	4.44	7.00	4.52
Valine	3.26	3.69	2.85	5.40	3.01

¹ Chemical compositions and essential amino acids analyzed at Feed Laboratory, Department of Animal and Aquatic Sciences and Central Laboratory, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, respectively.

POW = poultry offal waste; FM = fish meal; n.a. = no data available; GE = gross energy; CP = crude protein; CF = crude fiber; EE = ether extract; NFE = nitrogen free extract

RPBB ก็ตาม โดยมีค่าระหว่าง 3.077 - 3.083 kcal/g DM (Table 4) แสดงให้เห็นว่า ในการศึกษาเพื่อหาค่า ME ในไก่ทั้ง 2 สายพันธุ์ ใช้ไก่พื้นเมืองสายพันธุ์ใดก็ได้ โดยให้ผลไม่แตกต่างกัน

การแทนที่อาหารพื้นฐานด้วยเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกระดับ 2 - 8% แล้วทำให้อาหารผสมมีระดับพลังงานเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกที่ใช้ศึกษาครั้งนี้มีค่าพลังงานสูงกว่าอาหารพื้นฐานโดยมีค่า GE เท่ากับ 6.52 kcal/g DM หรือ 6.06 kcal/g air dry เทียบกับ 3.89

kcal/g air dry ซึ่งสอดคล้องกับ Cheva-Isarakul and Tangtaweewipat (1990) ที่ได้ศึกษาค่า ME ของเมล็ดทานตะวันด้วยการใช้แทนที่อาหารพื้นฐานเช่นกัน พบว่า เมล็ดทานตะวันซึ่งมีค่า GE สูงกว่าอาหารพื้นฐาน (6.20 เทียบกับ 3.70 kcal/g air dry) มีผลทำให้ ME ของอาหารผสมมีค่าสูงขึ้นเมื่อเทียบกับ ME ของอาหารพื้นฐาน

สำหรับปัจจัยด้านตัวไก่แต่ละตัวของทั้ง 2 สายพันธุ์ ซึ่งไม่พบนัยสำคัญนั้น โดยมีค่า ME เฉลี่ยจากไก่แต่ละตัวใกล้เคียงกัน (3.075 - 3.083 kcal/g DM ในไก่

Table 3. Appearance metabolizable energy (AME) and true metabolizable energy (TME) of poultry offal waste from single force-feeding method comparing between 2 breeds of chicken (Experiment 1)

Poultry type	PDHD	RPBB	Average	P-value
AME (kcal/g DM) ¹	4.199 ± 0.019	4.252 ± 0.190	4.226 ± 0.079	0.520
TME (kcal/g DM) ²	4.360 ± 0.020	4.370 ± 0.177	4.365 ± 0.083	0.898

$$^1 \text{ AME} = \frac{(\text{GE}_i \times \text{F}_i) - (\text{GE}_f \times \text{E}_f)}{\text{F}_i} \quad ^2 \text{ TME} = \frac{(\text{GE}_i \times \text{F}_i) - [(\text{GE}_f \times \text{E}_f) - (\text{GE}_r \times \text{E}_r)]}{\text{F}_i}$$

No significant difference was found between breeds of chicken. The value indicates as Mean ± SD

POW = poultry offal waste; PDHD = Pradu Hang Dam chicken; RPBB = Royal Project black bone chicken; AME = apparent metabolizable energy; TME = true metabolizable energy

Table 4. Metabolizable energy of 4 experimental diets and 4 birds from substitution method using 2 breeds of chicken (Experiment 2)

Level of POW in diet (%)	0 (Basal diet)	2	4	8	Average ¹	P-value
PDHD (kcal/g DM)						
Bird No.						
1	3.051	3.060	3.086	3.135	3.083 ± 0.038	
2	3.042	3.059	3.082	3.124	3.077 ± 0.036	
3	3.039	3.065	3.090	3.130	3.081 ± 0.039	
4	3.046	3.062	3.079	3.121	3.077 ± 0.032	
Average	3.045 ± 0.005 ^d	3.062 ± 0.003 ^c	3.084 ± 0.005 ^b	3.128 ± 0.006 ^a		< 0.01
RPBB (kcal/g DM)						
Bird No.						
1	3.047	3.067	3.090	3.126	3.083 ± 0.034	
2	3.045	3.057	3.084	3.127	3.078 ± 0.036	
3	3.051	3.064	3.087	3.123	3.081 ± 0.032	
4	3.040	3.062	3.080	3.128	3.078 ± 0.037	
Average	3.046 ± 0.005 ^d	3.063 ± 0.004 ^c	3.085 ± 0.004 ^b	3.126 ± 0.002 ^a		< 0.01

^{a-d} Values within a row with no common superscripts are significantly different ($P < 0.05$)

¹ No significant difference was found among birds of each breed

POW = poultry offal waste; PDHD = Pradu Hang Dam chicken; RPBB = Royal Project black bone chicken

ทั้ง 2 สายพันธุ์) แสดงให้เห็นถึงค่า ME ที่ได้จากไก่แต่ละตัวมีความแปรปรวนน้อย ซึ่งการหาค่า ME โดยวิธีนี้จัดว่ามีความแม่นยำสูงเหมาะที่จะนำไปใช้ศึกษาเกี่ยวกับวัตถุดิบทุกชนิด โดย Tangtaweewipat *et al.* (1988); Cheva-Isarakul and Tangtaweewipat (1990) ได้ให้ความเห็นว่า วิธีการแทนที่อาหารพื้นฐานหลายระดับเป็นวิธีที่มีความเหมาะสมกับวัตถุดิบอาหารแทบทุกชนิด เพราะสามารถกำจัดปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ในตัววัตถุดิบอาหาร เช่น การมีโภชนะที่ไม่สมดุล แม้ว่าจะต้องทำการทดลองเป็นเวลานานและมีความยุ่งยากในการเตรียมวัตถุดิบก็ตาม

จากข้อมูลค่า ME ของอาหารผสมแต่ละระดับที่ได้จากวิธี Substitution method (Table 4) นี้ เมื่อนำมาเข้าสมการถดถอยเชิงเส้น (Linear regression equation) เพื่อหาค่า ME ของเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกโดยทำการแทนที่อาหารพื้นฐานที่ระดับสูงสุด (100%) พบว่ามีค่า ME ในไก่ PDHD เท่ากับ 4.083 kcal/g DM หรือเทียบเท่ากับ 3.819 kcal/g air dry โดยสมการเส้นตรงที่คำนวณได้ คือ

$$Y = 3.043 + 0.0104X$$

$$(R\text{-square} = 0.99; n = 4)$$

ส่วนในไก่ RPBB เมื่อเข้าสมการเส้นตรง พบว่าที่ระดับสูงสุดมีค่า ME เท่ากับ 4.046 kcal/g DM หรือเท่ากับ 3.784 kcal/g air dry โดยสมการเส้นตรงที่คำนวณได้ คือ

$$Y = 3.042 + .0102X$$

$$(R\text{-square} = 0.99; n = 4)$$

เมื่อ $Y =$ ค่า ME ของเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีก(kcal/g DM)

$X =$ ระดับการใช้เศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกแทนที่อาหารพื้นฐาน (%)

$n =$ จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ

$R\text{-square} =$ ค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ

จากทั้ง 2 สมการข้างต้นมีค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ ($R\text{-square}$) สูงถึง 99 % ซึ่งให้เห็นถึงความแม่นยำของสมการ อย่างไรก็ตามเมื่อนำค่าดังกล่าวเปรียบเทียบกับวิธีการบังคับให้ไก่กินวัตถุดิบเพียงชนิดเดียว พบว่า มีค่า ME ที่ต่ำกว่า อาจเนื่องจากเป็น

ธรรมชาติของวัตถุดิบชนิดเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีก โดย Sibbald (1979) ซึ่งเป็นผู้รวบรวมเทคนิคและวิธีการสำหรับหาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้จากวัตถุดิบอาหารสัตว์ปีกชนิดต่าง ๆ ได้ให้ความเห็นว่า การให้สัตว์ปีกกินวัตถุดิบเพียงชนิดเดียว (single ingredient assay) ใช้ได้เฉพาะกับวัตถุดิบบางชนิดเท่านั้น โดยวัตถุดิบนั้นต้องมีโภชนะใกล้เคียงกับความต้องการของสัตว์ปีกหรือเป็นอาหารตามธรรมชาติอยู่แล้ว แต่สำหรับวัตถุดิบที่มีโภชนะที่ไม่สมดุล ไม่น่ากิน ถ้าให้กินเป็นเวลาติดต่อกันหลายวัน อาจส่งผลเสียต่อสุขภาพของสัตว์ทดลอง วิธีข้างต้นจึงไม่เหมาะสมกับวัตถุดิบบางชนิด ในขณะที่วิธีการแทนที่อาหารพื้นฐานระดับต่าง ๆ เพื่อนำค่าพลังงานอาหารผสมในแต่ละระดับมาเข้าสมการเส้นตรง แม้ว่าเป็นวิธีที่ยุ่งยากและใช้เวลาในการทดสอบนาน แต่สามารถจัดความแปรปรวนของค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของวัตถุดิบ (Miller, 1974) การคำนึงถึงธรรมชาติของวัตถุดิบให้เหมาะสมกับวิธีการหาค่า ME จึงเป็นเรื่องสำคัญ Tangtaweewipat *et al.* (1988) ได้ศึกษาการหาค่า ME จากข้าวเปลือกบดและถั่วมะแฮะบดโดยวิธีแทนที่ส่วนของอาหารพื้นฐานและการใช้เป็นอาหารเดียวในสัตว์ปีก พบว่า ข้าวเปลือกมีค่า ME ที่ได้จากการทำนายด้วยสมการเส้นตรงต่ำกว่าค่าที่ได้จากวิธีการใช้เป็นวัตถุดิบเพียงชนิดเดียว แต่ผล ME ในถั่วมะแฮะนั้นได้ผลตรงกันข้าม โดยจะได้ค่าที่สูงกว่าวิธีให้วัตถุดิบเพียงชนิดเดียวอย่างมาก ทั้งนี้เนื่องจากในถั่วมะแฮะมี trypsin inhibitor และ chymotrypsin inhibitor (Tangtaweewipat and Elliott, 1989) ที่ทำให้การใช้ประโยชน์ได้จากโปรตีนลดลง ส่งผลให้เมื่อใช้วิธีให้วัตถุดิบเพียงชนิดเดียว ME จึงลดต่ำลง

ค่า ME ของสูตรอาหารที่ใช้เศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกแทนที่อาหารพื้นฐานแต่ละระดับ แล้วเข้าสมการถดถอยประเมินค่า ME ของเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกในไก่ทั้ง 2 สายพันธุ์ (Table 5) ค่า ME เพิ่มขึ้นตามระดับเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกที่แทนที่อาหารพื้นฐาน (2, 4 และ 8%) ซึ่งสอดคล้องกับ Miller (1974) ที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น โดยการใช้เศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกแทนที่ในระดับ 8% มีค่า ME สูงสุด และมีค่าใกล้เคียงกับ ME ของเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกที่ทำนายโดยใช้สมการ

Table 5. Metabolizable energy of POW calculated from single level of substitution method compared with the predicted from regression equation, as well as from single force-feeding method

Methods	PDHD	RPBB	Average from two breeds
ME of POW from each single level of substitution ¹			
2% POW	3.973	3.785	3.879
4% POW	4.059	3.981	4.020
8% POW	4.101	4.017	4.059
Average	4.044±0.065	3.928±0.125	
ME of POW being predicted from regression equation	4.083	4.062	4.073±0.015
ME of POW from single force-feeding method	4.199±0.018	4.252±0.019	4.226±0.079

$$^1 \text{ ME of POW at each substitution level} = \frac{\text{ME of Mix diet} - (\% \text{ basal diet} \times \text{ME of basal diet})}{\% \text{ POW}}$$

POW = poultry offal waste; PDHD = Pradu Hang Dam chicken; RPBB = Royal Project black bone chicken; ME = metabolizable energy

ถดถอย (4.101 และ 4.017 kcal/g DM vs. 4.083 และ 4.062 kcal/g DM ในไก่ PDHD และ RPBB ตามลำดับ) แสดงให้เห็นว่าหากต้องการหา ME ของเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกด้วยการแทนที่ระดับเดียว ควรเลือกใช้ที่ระดับ 8% จะมีความแม่นยำกว่าระดับอื่น ผลการศึกษาค่า ME ในครั้งนี้สอดคล้องกับรายงานของ Tangtaweewipat *et al.* (1988); Cheva-Isarakul and Tangtaweewipat (1990) ที่รายงานว่า ME ของวัตถุดิบจากวิธีการแทนที่อาหารพื้นฐานที่ระดับใดระดับหนึ่งมักสอดคล้องกับค่า ME ที่ได้จากการทำนายด้วยสมการถดถอย แต่จะใกล้เคียงกับระดับใดนั้นต้องขึ้นอยู่กับธรรมชาติของวัตถุดิบชนิดนั้น อย่างไรก็ตาม ค่า ME ของเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกจากวิธีบังคับให้ไก่กินวัตถุดิบเพียงชนิดเดียว ยังมีค่าสูงกว่าวิธีแทนที่อาหารพื้นฐาน โดยไก่ PDHD มีค่าเท่ากับ 4.199 kcal/g DM ส่วนไก่ RPBB มีค่าเท่ากับ 4.252 kcal/g DM แสดงให้เห็นว่า วัตถุดิบชนิดเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกที่ใช้ศึกษาครั้งนี้ หากนำค่า ME ที่ได้จากการบังคับให้ไก่กินเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกชนิดเดียวไปใช้คำนวณในสูตรอาหารสัตว์ปีกมีความเป็นไปได้ที่สัตว์จะได้รับพลังงานใช้ประโยชน์ไม่

ครบถ้วน เนื่องจากใช้ค่า ME ของเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกสูงเกินความเป็นจริงในการคำนวณ

เมื่อทำการเฉลี่ยค่า ME ของเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกในไก่ทั้งสองสายพันธุ์ พบว่า การใช้สมการถดถอยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.073 ± 0.015 kcal/g DM หรือเทียบเท่ากับ 3.791 kcal/g air dry ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยเมื่อใช้เศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกแทนที่อาหารพื้นฐานที่ระดับ 8% (4.059 kcal/g DM; Table 5)

ผลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลแหล่งอื่น ๆ พบว่า มีค่า ME หรือ AME ต่ำกว่ารายงานของ D' Agostini *et al.* (2004) ที่รายงานค่า ME มีค่าเท่ากับ 4.750 kcal/g DM ซึ่งเป็นเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกที่มีโปรตีนและไขมันสูงมาก (71.92 และ 20.55 % DM ตามลำดับ) แต่มีค่าสูงกว่า Udedibie *et al.* (1988); Nunes *et al.* (2006); Eyng *et al.* (2010) ซึ่งรายงานว่ามีค่า 3.180, 3.062 และ 3.219 kcal/g DM ตามลำดับ สำหรับค่า TME ที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งได้จากวิธีบังคับให้ไก่กินเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกชนิดเดียว โดยเฉลี่ยจากไก่ทั้ง 2 สายพันธุ์ มีค่าเท่ากับ 4.226 kcal/g DM นั้น พบว่า มีค่าต่ำ

กว่า Dale *et al.* (1993) แต่สูงกว่า Nunes *et al.* (2006) ค่อนข้างมาก ซึ่งรายงานไว้ว่ามีค่าเท่ากับ 5.032 และ 3.211 kcal/g DM ตามลำดับ ในขณะที่มีค่าใกล้เคียงกับ Eyng *et al.* (2010) ที่รายงานว่ามีค่า 4.112 kcal/g DM

ผลการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกที่ใช้ศึกษาครั้งนี้ มีค่า ME สูงกว่าวัตถุดิบประเภทโปรตีนที่นิยมใช้ในสูตรอาหารสัตว์ทั่วไป เช่น ปลาป่น (61 % CP) และกากถั่วเหลือง ซึ่งมี ME อยู่ที่ 3.065 และ 2.478 kcal/g DM ตามลำดับ (NRC, 1994) จึงอาจเป็นข้อดีสำหรับการเลือกใช้เศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกที่เป็นเศษเหลือจากโรงชำแหละไก่เนื้อในพื้นที่ภาคเหนือ หรือโรงชำแหละสัตว์ปีกขนาดเล็กในท้องถิ่นหรือในชุมชนต่าง ๆ โดยใช้ทดแทนวัตถุดิบแหล่งโปรตีนที่นิยมใช้ในปัจจุบัน

สรุป

เศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีก (Poultry offal waste) ที่ได้จากโรงงานชำแหละในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ และลำพูน ซึ่งประกอบด้วยกระเพาะพัก กระเพาะจริง ลำไส้เล็ก ลำไส้ใหญ่ ตับอ่อน และไขมันห่อหุ้มอวัยวะในช่องท้อง เมื่อนำไปผ่าน autoclave ที่ความดัน 30 psi อุณหภูมิ 134 °C เป็นเวลา 3 นาที มีคุณค่าทางโภชนาการเทียบเป็นร้อยละของวัตถุดิบแห้ง (% DM) ดังนี้ CP, EE, CF, ash และ NFE เท่ากับ 66.57, 23.35, 1.01, 4.90 และ 4.16 ตามลำดับ โดยมี GE เท่ากับ 6.520 kcal/g DM

เมื่อนำเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกไปหาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ ด้วยวิธีการบังคับให้กินวัตถุดิบเพียงชนิดเดียว และวิธีการแทนที่อาหารพื้นฐานแต่ละระดับ จากนั้นใช้การทำนายด้วยสมการถดถอยในไก่พื้นเมืองสองสายพันธุ์ (ไก่ประดู่หางดำเทียบกับไก่กระดุกดำ) ผลปรากฏว่า ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างสายพันธุ์ เมื่อเทียบระหว่างวิธีการ ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกที่ได้จากวิธีการบังคับให้กินวัตถุดิบเพียงชนิดเดียวสูงกว่าการทำนายโดยใช้สมการถดถอยเล็กน้อย (4.226 ± 0.079 vs. 4.073 ± 0.015 kcal/g DM) อย่างไรก็ตามวิธีการ

ทำนายโดยใช้สมการถดถอยผลมีความแม่นยำมากกว่า เนื่องจากมีค่าใกล้เคียงกับการใช้ประกอบสูตรอาหารจริง ($R^2 = 0.99$) จึงแนะนำให้ใช้ข้อมูลพลังงานใช้ประโยชน์ของเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกเท่ากับ 4.073 ± 0.015 kcal/g DM หรือ 3.810 ± 0.014 kcal/g air dry โดยเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับวิธีการแทนที่อาหารพื้นฐานด้วยเศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกระดับ 8% (4.059 kcal/g DM) ซึ่งอาจบ่งบอกถึงระดับการใช้เศษเหลือเครื่องในสัตว์ปีกที่เหมาะสมในอาหารสัตว์ปีกได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่สนับสนุนทุนวิจัย และขอขอบคุณ คุณกิตติกร พลเมืองดี ผู้จัดการทั่วไป สำนักงานเชียงใหม่ บริษัท เบทาโกรเกษตรอุตสาหกรรม จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์วัตถุดิบสำหรับการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, Maryland.
- Bureau of Livestock. 2022. Number of slaughterhouses in Thailand (Online). Available: <https://certify.dld.go.th/certify/index.php/th/2021-08-25-02-54-50/66-2016-05-18-06-09-08/1695-2022-05-18-03-12-46> (July 13, 2023). (in Thai)
- Campbell, G.L., L.D. Campbell and R. Blair. 1983. Calculation of metabolizable energy for ingredients incorporated at low levels into a reference diet. Poultry Science 62(4): 705-707.
- Cheva-Isarakul, B. and S. Tangtaweewipat. 1990. Nutritive value of sunflower seeds in poultry diet. pp. 61-72. In: Proceedings of

- 28th Kasetsart University Annual Conference: Animals, Veterinary Medicine and Fisheries. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Cheva-Isarakul, B., S. Tangtaweewipat and P. Sangsrijun. 2001. Chemical composition and metabolizable energy of mustard meal. pp. 153-160. *In*: Proceedings of 39th Kasetsart University Annual Conference. Animals and Veterinary Medicine. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Chinese National Standard. 2000. Determination of Amino Acids in Feeds, GB/T 18246-2000, China Standard Press, Beijing.
- D' Agostini, P., P.C. Gomes, L.F.T. Albino, H.S. Rostagno and L.M. Sá. 2004. Values of chemical and energy composition of some feedstuffs for broiler chicks. *Revista Brasileira de Zootecnia* 33(1): 128-134. (in Portuguese)
- Dale, N. and H.L. Fuller. 1984. Correlation of protein content of feedstuffs with the magnitude of nitrogen correction in true metabolizable energy determinations. *Poultry Science* 63(5): 1008-1012.
- Dale, N., B. Fancher, M. Zumbado and A. Villacres. 1993. Metabolizable energy content of poultry offal meal. *Journal of Applied Poultry Research* 2(1): 40-42.
- Diarra, S.S., D. Sandakabatu, D. Perera, P. Tabuaciri and U. Mohammed. 2015. Growth performance and carcass yield of broiler chickens fed commercial finisher and cassava copra meal-based diets. *Journal of Applied Animal Research* 43(3): 352-356. <http://dx.doi.org/10.1080/09712119.2014.978774>.
- Eyng, C., R.V. Nunes, H.S. Rostagno, L.F.T. Albino, C.G.V. Nunes and L.D.G. Bruno. 2010. Chemical composition, energetic values and real digestible amino acid of different viscera meals for poultry. *Revista Brasileira de Zootecnia* 39(4): 779-786. (in Portuguese)
- Farrell, D.J. 1978. Rapid determination of metabolisable energy of foods using cockerels. *British Poultry Science* 19(3): 303-308.
- Feedipedia. 2012. Animal feed resources information system (Online). Available: <https://www.feedipedia.org/node/12474> (August 14, 2022).
- Giri, S.S., S.K. Sahoo and S.N. Mohanty. 2010. Replacement of by-catch fishmeal with dried chicken viscera meal in extruded feeds: effect on growth, nutrient utilisation and carcass composition of catfish *Clarias batrachus* (Linn.) fingerlings. *Aquaculture International* 18(4): 539-544.
- Khieokhajonkhet, A. and N. Detpan. 2019. Effects of replacement of fishmeal protein by chicken viscera meal protein on growth performance and feed efficiency in hybrid catfish (*Clarias microcephalus* x *C. gariepinus*). *Khon Kaen Agriculture Journal* 47(1): 95-104. (in Thai)
- LECO. 2018. AC500 Bomb calorimeter. (Online). Available: <https://leco.co.th/product/ac500-bombcalorimeter> (August 24, 2022). (in Thai)
- McIntosh, J.I., S.J. Slinger, I.R. Sibbald and G.C. Ashton. 1962. Factors affecting the metabolizable energy content of poultry feeds: 7. The Effects of Grinding, Pelleting

- and Grit Feeding on the Availability of the Energy of Wheat, Corn, Oats and Barley; 8. A Study on the Effects of Dietary Balance. Poultry Science 41(2): 445-456.
- McNaughton, J.L., J.D. May and A.C. Strickland. 1976. Compositions of poultry offal meals from various processing plants. Poultry Science 56(5): 1659-1661.
- McNaughton, J.L., H.A. Pasha, E.J. Day and B.C. Dilworth. 1977. Effect of pressure and temperature on poultry offal meal quality. Poultry Science 56(4): 1161-1167.
- Miller, W.S. 1974. The determination of metabolizable energy. pp. 91-112. *In*: T.R Morris and B.M. Freeman (eds.). Energy Requirements of Poultry. British Poultry Science Ltd., Edinburgh.
- NRC. 1994. Nutrient Requirements of Poultry. 9th ed. National Academy Press, Washington, D.C. 176 p.
- Nunes, R.V., H.S. Rostagno, P.C. Gomes, C.G.V. Nunes, L.F.T. Albino, P.C. Pozza, M. A. Dionizio and M.S. de Araújo. 2006. Energetic values of different feedstuffs of animal origin for poultry. Revista Brasileira de Zootecnia 35(Suppl.4): 1752-1757. (in Portuguese)
- Oyewole, S.O.O. and R.I. Salami. 1997. Replacement value of poultry visceral offal meal in the diet of broiler chickens. Nigerian Journal of Animal Production 24(2): 116-123.
- Park, J.G., B.S. Song, J.H. Kim, J.N. Park, I.J. Han, H.J. Hwang, M.W. Byun, H.Y. Cho, Y.W. Kim, J.H. Mah and J.W. Lee. 2010. Effect of autoclaving and irradiation on microbiological safety and quality of ready-to-eat *bulgogi*. Korean Journal for Food Science of Animal Resources 30(5): 780-786.
- Rocker, M.M., M.J. Lewis, T.S. Mock, D.S. Francis, F. Bellagamba, V.M. Moretti, G.P. Quinn, R.P. Smullen and G.M. Turchini. 2021. Poultry offal meal production conditions impact meal quality and digestibility in Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture 542: 736909, doi: 10.1016/j.aquaculture. 2021.736909.
- Romoser, G.L. 1955. Studies on feather meal, poultry by-product meal and methionine in broiler rations. Feedstuffs 27(18): 48-50.
- Sahraei, M., H. Lootfollahian and A. Ghanbari. 2012. Effect of poultry by product meal on performance parameters, serum uric acid concentration and carcass characteristics. Iranian Journal of Applied Animal Science 2(1): 73-77.
- Salami, R.I. and S.O.O. Oyewole. 1997. Evaluation of poultry visceral offal meal as a substitute for fish meal in grower pullets' diets. Nigerian Journal of Animal Production 24(1): 20-25.
- Senkoylu, N., H.E. Samli, H. Akyurek, A. Agma and S. Yasar. 2005. Performance and egg characteristics of laying hens fed diets incorporated with poultry by-product and feather meals. Journal of Applied Poultry Research 14(3): 542-547.
- Sibbald, I.R. 1976. A bioassay for true metabolizable energy in feedingstuffs. Poultry Science 55(1): 303-308.
- Sibbald, I.R. 1979. Metabolizable energy evaluation of poultry diets. pp. 35-50. *In*: W. Haresign and D. Lewis (eds.), Recent Advances in Animal Nutrition-1979: Studies in

- Agricultural and Food Sciences. Butterworths, London.
- Sibbald, I.R., J.D. Summers and S.J. Slinger. 1960. Factors affecting the metabolizable energy content of poultry feeds. *Poultry Science* 39(3): 544-556.
- Steel, R.G.D., J.H. Torrie and D.A. Dickey. 1997. *Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach*. 3rd ed. McGraw-Hill Book Co. Inc., New York. 666 p.
- Tangtaweewipat, S. and R. Elliott. 1989. Nutritional value of pigeon pea (*Cajanus cajan*) meal in poultry diets. *Animal Feed Science and Technology* 25(1-2): 123-135. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(89\)90113-2](https://doi.org/10.1016/0377-8401(89)90113-2).
- Tangtaweewipat, S., T. Vearasilp and B. Cheva-Isarakul. 1988. Metabolizable energy value of ground paddy and ground pigeon pea determined by regression and single feeding methods in poultry diets. *Journal of Agriculture* 4(2): 108-121. (in Thai)
- Udedibie, A.B.I., G. Anyanwu, U.I. Ukpai and A.J. Oyet. 1988. Poultry offal meal as a protein supplement for laying hens and finisher broilers. *Nigerian Journal of Animal Production* 15(1): 103-109.
- USDA. 2023. *Livestock and poultry world markets and trade* (Online). Available: https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.pdf (July 15, 2023).
- Wisman, E.L., C.E. Holmes and R. W. Engel. 1958. Utilization of poultry by-products in poultry rations. *Poultry Science* 37(4): 834-838.
-