

การศึกษาค่าการย่อยได้ปรากฏของโภชนะของฟักทองในอาหารไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่

เจษฎา ศักดิ์^{1/} พรพิมล บุญวงศ์^{1/} เฉลา พิทักษ์สินสุข^{1/}

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาค่าการย่อยได้ปรากฏของโภชนะ (Apparent nutrient digestibility; ANSD) และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (Apparent metabolizable energy corrected for nitrogen; AME_n) ของฟักทองในอาหารไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ โดยใช้ไก่พื้นเมืองพันธุ์ประดู่หางดำเพศผู้ อายุ 12 สัปดาห์ จำนวน 80 ตัว วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) ไก่จะถูกสุ่มลงในกลุ่มการทดลองที่แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ตัว ศึกษาการย่อยได้ปรากฏของโภชนะในอาหารด้วยวิธี difference method ใช้ระยะเวลาทั้งหมด 12 วัน โดยนำไก่มาเลี้ยงบนกรงเมตาบอลิกที่มีภาตรองสำหรับเก็บมูล แต่ละกลุ่มจะได้รับอาหารที่แตกต่างกัน ได้แก่ กลุ่มที่ 1) อาหารสูตรพื้นฐานที่มีโปรตีนรวม 19.88 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานรวม 4,671 Kcal/kg กลุ่มที่ 2) อาหารพื้นฐานผสมฟักทองทั้งผลบดในอัตรา 80 : 20 กลุ่มที่ 3) อาหารพื้นฐานผสมเนื้อและเปลือกฟักทองบดในอัตรา 80 : 20 กลุ่มที่ 4) อาหารพื้นฐานผสมสับและเมล็ดฟักทองบดในอัตรา 80 : 20 ผสม C-lite™ ในอาหารอัตรา 1.5% สำหรับใช้เป็นตัวบ่งชี้ (indigestible marker) ในการศึกษาการย่อยได้

ผลการทดลอง พบว่า สับและเมล็ดฟักทองมีค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ปรากฏที่ปรับไนโตรเจน (AME_n) เท่ากับ 4148.78±20.87 Kcal/kg ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบ โปรตีน ไขมัน และเยื่อใย เท่ากับ 67.17±16.93 67.32±15.89 87.58±5.28 และ 31.83±9.33 ตามลำดับ ฟักทองทั้งผลมีค่า AME_n 3819.73±69.07 Kcal/kg ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบ โปรตีน ไขมัน และเยื่อใย เท่ากับ 53.98±17.22 56.07±16.43 78.95±11.76 และ 43.90±4.63 ตามลำดับ เนื้อและเปลือกฟักทองมีค่า AME_n เท่ากับ 3382.78±90.85 Kcal/kg ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบ โปรตีน ไขมัน และเยื่อใย เท่ากับ 62.34±5.50 63.88±4.94 83.42±9.45 และ 30.31±17.62 ตามลำดับ

คำสำคัญ : การย่อยได้ ไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ ฟักทอง

เลขทะเบียนวิชาการ: 65(2)-0214-107

^{1/}ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ลำปาง อำเภอลำปาง จังหวัดลำปาง

A Study of Apparent Nutrients Digestibility of Pumpkin Meal in the Diet of Pradu Hangdum Chiang Mai Chicken

Jessada Sakdee^{1/} Pornpimon Boonwong^{1/} Chalao Pitaksinsuk^{1/}

Abstract

The study was conducted to evaluate the apparent nutrients digestibility (AN_sD) and apparent metabolizable energy corrected for nitrogen (AME_n) of Pumpkin Meal in Pradu Hangdum Chiang Mai chicken. In total, 80 male Pradu Hangdum Chiang Mai chickens 12 weeks of age were used for 12 days experimental period to study the apparent nutrients digestibility using the difference or substitution method. The Chickens were arranged by completely randomized design and randomly divided into 4 groups, each group consisting of 4 replications of 5 chickens each. They were raised in a metabolic cage and given different diets as follows: group 1 basal diet contained 19.88% crude protein and 4,671 Kcal/kg gross energy, group 2 basal diet mixed with dried whole pumpkin in the ratio of 80:20, group 3 basal diet mixed with dried pumpkin flesh and peel in the ratio of 80:20 and group 4 basal diet mixed with dried pumpkin seed in the ratio of 80:20. The experimental diet supplemented with 1.5% C-lite™ for the indigestible marker.

The results of this study showed that the pumpkin seed had apparent metabolizable energy corrected for nitrogen (AME_n) 4148.78±20.87 Kcal/kg. The apparent nutrient digestibility coefficient of the pumpkin seed for dry matter, protein, fat, and fiber were 67.17±16.93, 67.32±15.89, 87.58±5.28 and 31.83±9.33, respectively. The whole pumpkin had AME_n 3819.73±69.07 Kcal/kg. The apparent nutrient digestibility coefficient of the whole pumpkin for dry matter, protein, fat, and fiber were 53.98±17.22, 56.07±16.43, 78.95±11.76 and 43.90±4.63, respectively. The pumpkin flesh and peel had AME_n 3382.78±90.85 Kcal/kg. The apparent nutrient digestibility coefficient of the pumpkin flesh and peel for dry matter, protein, fat, and fiber were 62.34±5.50, 63.88±4.94, 83.42±9.45 and 30.31±17.62, respectively.

Keywords: Digestibility, Pradu Hangdum Chiang Mai chicken, metabolizable energy, pumpkin

Registered No. : 65(2)-0214-107

^{1/}Lampang Animal Nutrition Research and Development Center, Hang Chat district, Lampang Province

บทนำ

ไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่เป็นไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์แท้ที่พัฒนาพันธุ์จากความร่วมมือของกรมปศุสัตว์ และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ซึ่งเป็นที่นิยมเลี้ยงกันมากในเกษตรกรภาคเหนือตอนบน เนื่องจากมี อัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหาร รวมทั้งผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่สูงมากเมื่อเทียบกับการเลี้ยงไก่ลูกผสมพื้นเมืองชนิดอื่น จากข้อมูลของสำนักพัฒนาพันธุ์สัตว์ในปี 2564 กรมปศุสัตว์ได้ วางเป้าหมายผลิตลูกไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ในศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์ของกรมปศุสัตว์จำนวน 900,000 ตัว และมีการเลี้ยงในระบบฟาร์มมากขึ้น

อุตสาหกรรมฟักทองมีวัสดุเหลือใช้ปริมาณมาก นอกจากผลฟักทองคั้นแล้วยังมีส่วนของไส้และ เมล็ดฟักทอง และเนื้อและเปลือกฟักทองเป็นวัสดุเหลือใช้ที่สำคัญ ประเทศไทยมีการปลูกฟักทองคิดเป็นพื้นที่ ประมาณ 49,625 ไร่ คิดเป็นผลผลิตฟักทอง 81,337.77 ตัน/ปี พื้นที่ปลูกฟักทองส่วนใหญ่ของประเทศไทยอยู่ ในภาคอีสาน และภาคเหนือ โดยในพื้นที่ 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบน ได้แก่แม่ฮ่องสอน เชียงราย พะเยา เชียงใหม่ น่าน ลำปาง ลำพูน และแพร่ มีพื้นที่ปลูกฟักทองรวมกันถึง 15,105 ไร่ คิดเป็น 30.44% ของพื้นที่ ปลูกทั้งประเทศ หรือ คิดเป็นผลผลิต 25,707.31 ตัน/ปี หรือ 31.61% ของผลผลิตฟักทองรวมทั้งประเทศ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2559) ในบางพื้นที่ที่มีการผลิตฟักทองเพื่อขายเมล็ดพันธุ์ จะมีเนื้อฟักทองเหลือทิ้ง รวมเป็นปริมาณประมาณ 600 ตัน/ปี (ชัยวัฒน์ และคณะ, 2562) ในบางพื้นที่ เช่นพื้นที่โครงการหลวงและ โครงการขยายผลโครงการหลวงที่มีการปลูกฟักทองญี่ปุ่นเพื่อขายเนื้อฟักทองโดยคว้านเอาส่วนของไส้และ เมล็ดฟักทองทิ้งไป ถูกปล่อยให้เน่าเสียโดยเปล่าประโยชน์เป็นจำนวนมาก คิดเป็นปริมาณประมาณ 50-60 ตัน/ปี ฟักทองมีคุณค่าโภชนะสูง Datt *et al.* (2008) พบว่า เศษเหลือของฟักทองหลังจากแยกเมล็ดออก (เนื้อ และเปลือกฟักทอง) มีโปรตีน 15.1% และ ไขมัน 4.0% นอกจากนี้ ยังมีรายงานว่าส่วนของเมล็ดฟักทองมี โปรตีนถึง 30.60% ไขมัน 34.5% เยื่อใย 16.24% แคลเซียม 0.51% และฟอสฟอรัส 0.18% โดยน้ำหนักแห้ง (Martinez *et al.*, 2010) จากผลการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการของศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ลำปาง พบว่า ส่วนของเนื้อและเปลือกฟักทองที่เหลือจากการคว้านเอาเมล็ดออกแล้วมีโปรตีน 16.81% ไขมัน 4.00% เยื่อใย 14.53% โดยน้ำหนักแห้ง

ปัจจุบันยังมีข้อมูลการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ฟักทองในอาหารสัตว์ค่อนข้างน้อย ดังนั้น การศึกษานี้จึงมี วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการย่อยได้ปรากฏของโภชนะ และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ในส่วนต่างๆ ของฟักทองในอาหารไก่ประดู่หางดำ

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

สถานที่ทดลองและระยะเวลาดำเนินการทดลอง

ดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ลำปาง ตำบลเวียงตาล อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง ระหว่างเดือนตุลาคม 2562 ถึง เดือนกันยายน 2563

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) มี 4 ซ้ำ สิ่งทดลอง คือ สูตรอาหารที่มีฟักทองเป็นส่วนประกอบ ได้แก่

สูตรที่ 1 อาหารพื้นฐาน (ไม่มีฟักทองเป็นส่วนประกอบ)

สูตรที่ 2 อาหารพื้นฐานผสมฟักทองทั้งผลแห้งบด อัตรา 80 : 20 (as fed basis)

สูตรที่ 3 อาหารพื้นฐานผสมเนื้อและเปลือกฟักทองแห้งบด อัตรา 80 : 20 (as fed basis)

สูตรที่ 4 อาหารพื้นฐานผสมไส้และเมล็ดฟักทองแห้งบด อัตรา 80 : 20 (as fed basis)

สัตว์ทดลองและการจัดการ

ใช้ไก่พื้นเมืองพันธุ์ประดู่หางดำเพศผู้ อายุ 12 สัปดาห์ จำนวน 80 ตัว ไก่ทดลองได้รับการทำวัคซีนป้องกันโรคนิวคาสเซิลและโรคหลอดลมอักเสบติดต่อเมื่ออายุ 1 2 3 และ 6 สัปดาห์ วัคซีนป้องกันโรคกัมโบโรเมื่ออายุ 1 สัปดาห์ วัคซีนป้องกันโรคหิวาต์เมื่ออายุ 4 สัปดาห์ และวัคซีนฝีดาษไก่เมื่ออายุ 5 สัปดาห์

ไก่มีน้ำหนักเริ่มต้นการทดลองเฉลี่ยเท่ากับ 1.31 ± 0.07 กิโลกรัม สุ่มไก่ให้กับสิ่งทดลอง ๆ ละ 4 ตัว ๆ ละ 5 ตัว เลี้ยงไก่ในกรงเมตาบอลิก (metabolism cage) ที่มีขนาด $46 \times 40 \times 37$ เซนติเมตร กรงละ 1 ตัว ในโรงเรือนเปิดที่ผ่านการทำความสะอาด ฟ่นน้ำยาฆ่าเชื้อโรค และพักคอก 24 วัน ก่อนนำเข้าเลี้ยง โดยให้ไก่ได้รับอาหารและน้ำสะอาดอย่างเต็มที่

อาหารและการให้อาหาร

สูตรอาหารพื้นฐานและองค์ประกอบทางเคมีแสดงในตารางที่ 1 โดยสูตรอาหารมีระดับโปรตีนพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ และโภชนาอื่นๆ สอดคล้องกับความต้องการของไก่พันธุ์ประดู่หางดำ ที่แนะนำโดยภาณุพงศ์ และคณะ (2560) และ NRC (1994)

เตรียมฟักทองแต่ละส่วนที่จะนำมาใช้ในการทดลอง ดังนี้

1. ฟักทองทั้งผลแห้งบด เตรียมโดยการนำฟักทองทั้งผลมาสับให้มีความหนาของชิ้นฟักทองประมาณ 1 เซนติเมตร จากนั้นนำไปอบด้วยตู้อบชนิด force-air oven ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน จนแห้งสนิท จากนั้นนำไปบดให้ละเอียดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตรด้วยเครื่องบดตัวอย่าง

2. เนื้อและเปลือกฟักทองแห้งบดเตรียมโดยนำฟักทองทั้งผลมาผ่าซีก จากนั้นใช้ช้อนควั่นเอาไส้และเมล็ดฟักทองออก ส่วนที่เหลือจะเป็นเนื้อและเปลือกฟักทอง (เนื้อติดเปลือก) ซึ่งจะนำมาสับให้มีความหนาของชิ้นฟักทองประมาณ 1 เซนติเมตร จากนั้นนำไปอบด้วยตู้อบชนิด force-air oven ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน จนแห้งสนิท จากนั้นนำไปบดให้ละเอียดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตรด้วยเครื่องบดตัวอย่าง

3. ไส้และเมล็ดฟักทองแห้งบด เป็นส่วนของไส้และเมล็ดฟักทองที่ควั่นแยกออกมาจากเนื้อและเปลือกฟักทองที่ผ่าซีกมาจากฟักทองทั้งผล นำส่วนของไส้และเมล็ดดังกล่าวไปอบด้วยตู้อบชนิด force-air oven ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน จนแห้งสนิท จากนั้นนำไปบดให้ละเอียดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตรด้วยเครื่องบดตัวอย่าง

ผสม C-liteTM กับอาหารสูตรต่างๆ ในอัตรา 1.5% สำหรับใช้เป็นตัวบ่งชี้ (indigestible marker) ในการประเมินสัมประสิทธิ์การย่อยได้ปรากฏ

ตารางที่ 1 องค์ประกอบและระดับโภชนะในอาหารสูตรพื้นฐาน (as fed basis) ที่ได้จากการคำนวณ*

วัตถุดิบ (%)	ปริมาณ (%ในสูตรอาหาร)
ข้าวโพด	65.22
กากถั่วเหลือง 44% CP	21.20
ปลาป่น	4.61
น้ำมันถั่วเหลือง	4.00
ไคแคลเซียมฟอสเฟต	1.73
C-lite	1.50
โซเดียมไบคาร์บอเนต	0.80
พรีมิกซ์ไก่เนื้อ**	0.50
เกลือ	0.15
ดีแอล-เมทไธโอนีน	0.07
แอล-ไลซีน	0.10
แอล-ทรีโอนีน	0.12
องค์ประกอบทางเคมีจากการคำนวณ	
โปรตีน (%)	18.00
พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (Kcal/Kg)	3,200
ไขมัน (%)	7.13
เยื่อใย (%)	3.02
แคลเซียม (%)	0.80
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (%)	0.75
ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ (%)	0.46
ไลซีน (%)	0.90
เมทไธโอนีน (%)	0.36
เมทไธโอนีน+ซิสตีน(%)	0.60
ทรีโอนีน (%)	0.68

*คำนวณโดยใช้โปรแกรม KU Feed Calculator N 1.00

**พรีมิกซ์ประกอบด้วย: วิตามิน A 4.80 หน่วยสากล, วิตามิน D₃ 0.96 หน่วยสากล, วิตามิน E 3.20 กรัม, วิตามิน K₃ 0.80 กรัม, วิตามิน B₁ 0.40 กรัม, วิตามิน B₂ 1.60 กรัม, วิตามิน B₆ 1.20 กรัม, วิตามิน B₁₂ 0.004 กรัม, กรดแพนโทธิค 3.80 กรัม, ไนอะซิน 6 กรัม, กรดฟอลิก 0.20 กรัม, ไบโอติน 0.036 กรัม, ซีลีเนียม 0.04 กรัม, เหล็ก 24 กรัม, แมงกานีส 24 กรัม, สังกะสี 16 กรัม, ทองแดง 2.40 กรัม, ไอโอดีน 0.14 กรัม, สารธรมอาหาร 2.50 กรัม, สารแต่งกลิ่น 10 กรัม และ เติมน้ำให้ครบ 1 กิโลกรัม

การศึกษาการย่อยได้ปรากฏและพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏ

ศึกษาการย่อยได้ปรากฏของโภชนะในอาหารโดยใช้วิธี difference method ซึ่งเป็นการวัดความแตกต่างของการย่อยได้ปรากฏระหว่างอาหารพื้นฐาน (basal diet) และอาหารสูตรพื้นฐานที่มีการผสมด้วยวัตถุดิบที่ต้องการศึกษา (test diet) (Nalle *et al.*, 2011) ใช้ระยะเวลาทั้งหมด 12 วัน โดยแบ่งออกเป็น 2 ช่วง ดังนี้ 1) ช่วงปรับตัวนาน 7 วัน เพื่อให้ไก่มีโอกาสปรับตัวเข้ากับกรง และ 2) ช่วงการเก็บข้อมูลนาน 5 วัน

สำหรับในช่วงการเก็บข้อมูล ทำการเก็บมูลวันละ 2 ครั้ง เวลา 11.00 น. และ 15.00 น. โดยเลือกเฉพาะมูลที่ปราศจากการปนเปื้อนของอาหารและเศษขนไก่ สุ่มเก็บตัวอย่างมูลวันละ 200 กรัมต่อกรง นำมา

แช่เย็นทันทีเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ จากนั้น รวมตัวอย่างมูลไก่ในแต่ละวันแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำไปบดผ่านตะแกรงที่มีรูขนาด 1 มิลลิเมตร และเก็บไว้ในตู้แช่ -4 องศาเซลเซียส เพื่อรอนำไปวิเคราะห์ทางเคมีต่อไป

การวิเคราะห์ทางเคมี

ตัวอย่างฟักทองส่วนต่างๆ อาหาร และมูลไก่จะถูกนำมาวิเคราะห์หาพลังงานรวม (Gross energy) โดยใช้ bomb calorimeter พร้อมทั้งวิเคราะห์หาองค์ประกอบของโภชนะต่างๆ ได้แก่ วัตถุแห้ง (dry matter) โดยการอบด้วยตู้อบชนิด force-air oven ที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ตามวิธีที่ 930.15 (AOAC, 2016) โปรตีนหยาบ (crude protein) ด้วยการหาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนด้วยวิธี Kjeldahl แล้วคูณด้วยแฟกเตอร์ 6.25 ตามวิธีที่ 5983-2 (ISO, 2009) ไขมันรวม (ether extract) โดยใช้ปิโตรเลียมอีเธอร์ ตามวิธีที่ 2003.05 (AOAC, 2016) และนำตัวอย่างอาหารและมูลไปวิเคราะห์หาปริมาณ acid insoluble ash (AIA) ตามวิธีของ Vogtmann *et al.* (1975)

การคำนวณค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏและค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้

นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการมาคำนวณหาค่าต่างๆ ดังนี้

1. พลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏ (Apparent metabolizable energy; AME) ตามวิธีของ Xie *et al.* (2021) ดังสมการ

$$\text{AME (Kcal/Kg)} = \text{GE}_{\text{diet}} - \left(\frac{\text{GE}_{\text{excreta}} \times \text{AIA}_{\text{diet}}}{\text{AIA}_{\text{excreta}}} \right)$$

2. พลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏที่ปรับไนโตรเจน (Apparent metabolizable energy corrected for nitrogen; AME_N) ตามวิธีของ Leeson and Summers (2001) ดังสมการ

$$\text{AME}_N \text{ (Kcal/Kg)} = \text{GE}_{\text{diet}} - \left(\frac{\text{GE}_{\text{excreta}} \times \text{AIA}_{\text{diet}}}{\text{AIA}_{\text{excreta}}} \right) - N_{\text{retained}} \times 8.22$$

เมื่อ GE_{diet} = ค่าพลังงานรวมของอาหาร, $\text{GE}_{\text{excreta}}$ = ค่าพลังงานรวมของมูล, AIA_{diet} = ค่าเถ้าที่ไม่ละลายในกรดของอาหาร, $\text{AIA}_{\text{excreta}}$ = ค่าเถ้าที่ไม่ละลายในกรดของมูล N_{retained} (g/Kg) = ปริมาณไนโตรเจนที่สะสมในร่างกายต่ออาหารที่กิน 1 กก. และ 8.22 = ค่าพลังงานของไนโตรเจนในกรดยูริก เมื่อมีการสลายไนโตรเจนที่สะสมในร่างกาย 1 กรัม (kcal)

$$\text{เมื่อ } N_{\text{retained}} \text{ (g/Kg)} = N_{\text{diet}} - \left(\frac{\text{AIA}_{\text{diet}} \times N_{\text{excreta}}}{\text{AIA}_{\text{excreta}}} \right)$$

3. การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (Apparent dry matter digestibility; ADMD) ตามวิธีของ Church and Pond (1988) ดังสมการ

$$\text{ADMD (\%)} = 100 - \left(100 \times \frac{\text{AIA}_{\text{diet}}}{\text{AIA}_{\text{excreta}}} \right)$$

4. การย่อยได้ปรากฏของโภชนะ (Apparent nutrient digestibility; ANsD) ตามวิธีของ ตามวิธีของ Leeson and Summers (2001) ดังสมการ

$$\text{ANsD (\%)} = \left(\frac{(\text{Ns}_{\text{diet}}/\text{AIA}_{\text{diet}}) - (\text{Ns}_{\text{feces}}/\text{AIA}_{\text{feces}})}{(\text{Ns}_{\text{diet}}/\text{AIA}_{\text{diet}})} \right) \times 100$$

เมื่อ Ns_{diet} = ค่าโภชนะในอาหาร, $\text{Ns}_{\text{excreta}}$ = ค่าโภชนะในมูล, AIA_{diet} = ค่าเถ้าที่ไม่ละลายในกรดของอาหาร, $\text{AIA}_{\text{excreta}}$ = ค่าเถ้าที่ไม่ละลายในกรดของมูล, Ns = ค่าโภชนะต่างๆ ได้แก่ วัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน เยื่อใย

5. การย่อยได้ปรากฏของโภชนะของวัตถุดิบที่ทดสอบ (Apparent nutrient digestibility of test ingredient; %) ตามวิธีของ Nalle *et al.* (2011) ดังสมการ

$$\text{ANsD of test ingredient (\%)} = \left(\frac{A - (B \times 0.8)}{0.2} \right)$$

เมื่อ A = ค่าการย่อยได้ปรากฏของโภชนะในกลุ่มอาหารควบคุมผสมวัตถุดิบทดสอบ 80:20 เปอร์เซ็นต์, B = ค่าการย่อยได้ปรากฏของโภชนะในกลุ่มอาหารควบคุม 100 เปอร์เซ็นต์, 0.8 = ค่าอัตราส่วนของอาหารควบคุม 80 เปอร์เซ็นต์, 0.2 = ค่าอัตราส่วนของวัตถุดิบทดสอบ 20 เปอร์เซ็นต์, Ns = ค่าโภชนะต่างๆ ได้แก่ วัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน เยื่อใย

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ตามแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มการทดลองโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT)

ผลการทดลองและวิจารณ์

องค์ประกอบทางเคมีของฟักทองและอาหารทดลองแสดงใน ตาราง ที่ 2 และพบว่า แต่ละส่วนของ ฟักทองมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน ไล่และเมล็ดฟักทองมีโปรตีนและไขมันสูงกว่าเนื้อและเปลือก ฟักทอง สำหรับฟักทองทั้งผลมีโปรตีนใกล้เคียงกับเนื้อและเปลือกฟักทองแต่มีไขมันสูงกว่า ทั้งนี้เนื่องจาก ฟักทองทั้งผลมีส่วนส่วนของเนื้อและเปลือกมากกว่าส่วนของไล่และเมล็ดฟักทอง ดังนั้น เมื่อผสมฟักทองกับ อาหารพื้นฐานในอัตรา 20% ก็ส่งผลให้อาหารผสมมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกันไปด้วย เช่น อาหารผสม ที่มีไล่ฟักทองก็จะมีโปรตีนและไขมันสูงกว่าอาหารที่มีเนื้อและเปลือกฟักทอง และอาหารผสมที่มีฟักทองทั้งผล

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของฟักทองส่วนต่างๆและอาหารทดลอง (dry matter basis)

รายการ	GE (Kcal/kg)	DM (%)	CP (%)	EE (%)	CF (%)	Ash (%)	NFE (%)	AIA (%)
ฟักทองทั้งผล	NA	7.69	26.51	7.33	6.37	9.42	50.37	NA
เนื้อและเปลือกฟักทอง	NA	8.76	22.39	2.73	6.26	9.76	58.86	NA
ไล่และเมล็ดฟักทอง	NA	14.01	32.07	26.22	7.45	8.62	25.64	NA
อาหารพื้นฐาน	4,671.00	88.10	19.88	6.37	3.05	8.04	62.67	6.27
อาหารพื้นฐาน : ฟักทองทั้งผล (80 : 20)	4,735.75	88.27	20.69	7.08	5.07	8.37	58.79	6.64
อาหารพื้นฐาน : เนื้อและเปลือก ฟักทอง (80 : 20)	4,618.75	88.14	20.34	6.29	4.92	8.23	60.23	6.56
อาหารพื้นฐาน : ไล่และเมล็ด ฟักทอง (80 : 20)	4,874.50	88.77	23.21	11.14	6.07	8.22	51.37	6.46

GE = Gross energy, DM = Dry matter, CP = Crude protein, CF = Crude fiber, EE = Ether extract, NFE = Nitrogen free extract, AIA = Acid insoluble ash, NA = Not available

Datt *et al.* (2008) รายงานว่า ฟักทองทั้งผลมีโปรตีน 15.1 เปอร์เซ็นต์ และไขมัน 4.0 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้ง และ Martinez *et al.* (2010) รายงานว่า เมล็ดฟักทองมีโปรตีน ไขมัน เยื่อใย และ เถ้า เท่ากับ 30.60 เปอร์เซ็นต์ 34.50 เปอร์เซ็นต์ 16.24 เปอร์เซ็นต์ 4.50 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ นอกจากนี้ Bakshi *et al.* (2016) รายงานว่า เนื้อและเปลือกฟักทองมีโปรตีนและไขมันเท่ากับ 16.0 และ 8.9 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และ Kim *et al.* (2012) ที่ทำการศึกษายองค์ประกอบทางเคมีของ ฟักทองส่วนต่าง ๆ และพบว่า ในส่วนของเมล็ดฟักทองจะมีไขมัน คาร์โบไฮเดรต รวมทั้งโปรตีนสูงกว่าเนื้อและ เปลือกฟักทอง โดยองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันอาจเกิดจากสายพันธุ์ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน การเขต กรรมในเรื่องของการเพาะปลูก สภาพภูมิอากาศของแหล่งที่ปลูกที่แตกต่างกัน การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว การคัดแยก การตัดแต่ง รวมทั้งวิธีการได้มาของฟักทองส่วนต่างๆ หรือการจัดการกับเศษเหลือจากฟักทอง (By-product)

พลังงานใช้ประโยชน์ได้และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ

ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏและค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ปรากฏของอาหารทดลองแสดงใน ตารางที่ 3 และพบว่า ค่า AME และ AME_n ของอาหารทดลองที่มีส่วนผสมของฟักทองมีค่าสูงกว่าอาหาร พื้นฐาน กล่าวได้ว่า ฟักทองมีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏสูงกว่าอาหารพื้นฐาน และเมื่อพิจารณาอาหาร

ทดลองที่มีส่วนผสมของฟักทองส่วนต่าง ๆ แล้วพบว่า อาหารที่มีส่วนผสมของไส้และเมล็ดฟักทองมีค่าพลังงานสูงกว่าอาหารที่มีฟักทองทั้งผล และ เนื้อและเปลือกฟักทอง ตามลำดับ ซึ่งกล่าวได้ว่า ไส้และเมล็ดฟักทองมีค่าพลังงานต่อหน่วยน้ำหนักแห้งสูงกว่าฟักทองทั้งผล และเนื้อและเปลือกฟักทอง ตามลำดับ

อย่างไรก็ตาม ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบ โปรตีน ไขมันและเยื่อใยหยาบของอาหารทั้ง 4 สูตร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 3 ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ปรากฏ และค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ปรากฏของโภชนะในอาหารทดลอง

รายการ	AME (Kcal/kg)	AME _n (Kcal/kg)	ADMD (%)	ACPD (%)	AEED (%)	ACFD (%)
อาหารพื้นฐาน	3266.36 ^D	3249.60 ^D	62.22	64.12	87.13	23.82
อาหารพื้นฐาน : ฟักทองทั้งผลแห้งบด (80 : 20)	3380.77 ^B	3363.63 ^B	60.57	62.51	85.50	27.84
อาหารพื้นฐาน : เนื้อและเปลือกฟักทอง แห้งบด (80 : 20)	3293.25 ^C	3276.24 ^C	62.24	64.07	86.39	25.12
อาหารพื้นฐาน : ไส้และเมล็ดฟักทองแห้ง บด (80 : 20)	3449.20 ^A	3429.44 ^A	63.21	64.76	87.22	25.42
SEM	18.90	18.62	0.67	0.62	0.50	0.73
P-value	<0.0001	<0.0001	0.61	0.67	0.63	0.29

^{A,B,C,D} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์แนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

AME = Apparent metabolizable energy, AME_n = Apparent metabolizable energy corrected for nitrogen, ADMD = Apparent dry matter digestibility, ACPD = Apparent crude protein digestibility, AEED = Apparent ether extract digestibility, ACFD = Apparent crude fiber digestibility

ผลการคำนวณค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏและค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ปรากฏของโภชนะของฟักทองแสดงในตารางที่ 4 และพบว่า ค่า AME และ AME_n ของไส้และเมล็ดฟักทองมีค่าสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ ฟักทองทั้งผล และเนื้อและเปลือกฟักทอง ตามลำดับ

ตารางที่ 4 ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ปรากฏ และค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ปรากฏของวัตถุดิบที่ทดสอบ

รายการ	AME (Kcal/kg)	AME _n (Kcal/kg)	ADMD (%)	ACPD (%)	AEED (%)	ACFD (%)
ฟักทองทั้งผล	3838.40±68.44	3819.73±69.07	53.98±17.22	56.07±16.43	78.95±11.76	43.90±4.63
เนื้อและเปลือกฟักทอง	3400.81±95.07	3382.78±90.85	62.34±5.50	63.88±4.94	83.42±9.45	30.31±17.62
ไส้ และ เมล็ดฟักทอง	4180.57±25.84	4148.78±20.87	67.17±16.93	67.32±15.89	87.58±5.28	31.83±9.33

*ค่าในตารางแสดงถึงค่าเฉลี่ย ± ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation; SD)

ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏและค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ปรากฏของโภชนะในส่วนต่างๆของฟักทองที่ได้จากการคำนวณแสดงใน ตารางที่ 4 และพบว่า ค่า AME และ AME_n ของไส้และเมล็ดฟักทองมีค่าสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ ฟักทองทั้งผล และเนื้อและเปลือกฟักทอง ตามลำดับ กล่าวได้ว่า ไส้และเมล็ดฟักทองมีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏสูงกว่าฟักทองทั้งผล และเนื้อและเปลือกฟักทอง ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม

ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ปรากฏใ้และเมล็ดพืชทอง พักทองทั้งผล และเนื้อและเปลือกพืชทอง มีค่าใกล้เคียงกัน

จากค่าในตารางที่ 3 และ ตารางที่ 4 อาหารทดลองในแต่ละกลุ่ม และพืชทองส่วนต่างๆ มีค่าการย่อยได้ของพลังงานที่แตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีรวมทั้งค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของพืชทองส่วนต่างๆที่มีความแตกต่างกัน โดยค่า AME_n ของใ้และเมล็ดพืชทองที่สูงกว่าส่วนอื่นๆ อาจเนื่องมาจากใ้และเมล็ดพืชทองมีไขมันรวมทั้งโปรตีนเป็นองค์ประกอบอยู่สูงกว่าส่วนอื่นๆของพืชทอง สอดคล้องกับการศึกษาของ Kim *et al.* (2012) ที่ทำการศึกษาค่าองค์ประกอบทางเคมีของพืชทองส่วนต่างๆพบว่า ในส่วนของเมล็ดพืชทองจะมีไขมัน คาร์โบไฮเดรต รวมทั้งโปรตีนสูงกว่าเนื้อและเปลือกพืชทอง สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในการทดลองนี้ดังแสดงในตารางที่ 2 ที่พบว่า ใ้และเมล็ดพืชทองมีโปรตีนรวมทั้งไขมันสูงกว่าพืชทองทั้งผล และเนื้อและเปลือกพืชทอง

สรุปผลการทดลอง

ผลการทดลองสรุปได้ว่า ใ้และเมล็ดพืชทองมีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏที่ปรับไนโตรเจน (AMEn) เท่ากับ 4148.78 ± 20.87 Kcal/kg ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบ โปรตีน ไขมัน และเยื่อใย เท่ากับ 67.17 ± 16.93 67.32 ± 15.89 87.58 ± 5.28 และ 31.83 ± 9.33 ตามลำดับ พืชทองทั้งผลมีค่า AMEn 3819.73 ± 69.07 Kcal/kg ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบ โปรตีน ไขมัน และเยื่อใย เท่ากับ 53.98 ± 17.22 56.07 ± 16.43 78.95 ± 11.76 และ 43.90 ± 4.63 ตามลำดับ เนื้อและเปลือกพืชทองมีค่า AMEn เท่ากับ 3382.78 ± 90.85 Kcal/kg ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบ โปรตีน ไขมัน และเยื่อใย เท่ากับ 62.34 ± 5.50 63.88 ± 4.94 83.42 ± 9.45 และ 30.31 ± 17.62 ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาต่อไปควรศึกษาค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโนและค่าการย่อยได้ปรากฏของโภชนะที่ลำใ้เล็กส่วนปลายในพืชทองส่วนต่างๆเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วนในการประกอบสูตรอาหารไก่พื้นเมืองได้อย่างแม่นยำ ตรงกับความต้องการโภชนะของไก่พื้นเมืองมากขึ้น รวมทั้งควรมีการศึกษาผลของการนำส่วนต่างๆของพืชทองไปใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2559. สถานการณ์การปลูกพืชทองรายจังหวัด ปี 2559. [แหล่งข้อมูลออนไลน์] ที่มา <http://www.agriinfo.doae.go.th/year60/plant/rotor/veget/62.pdf>. 27 สิงหาคม 2561.
- ชัยวัฒน์ สิงห์ชัย, ชัยณรงค์ วงศ์สรศรี, สมชาติ ธนะ, โชค โสรจกุล และชรรค์ชัย ดันเมฆ. 2562. ผลของการใช้พืชทองหมักร่วมกับรำข้าวในอาหารต่อประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพเนื้อของไก่พื้นเมือง. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 36(2): 45-57.
- ภาณุพงศ์ จีระธรรมเสถียร, สุภาพร อีสริโยดม, อำนวย เลี้ยวธารากุล, นวลจันทร์ พารักษา. 2560. ผลของระดับโปรตีนในอาหารต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของ ไก่ประดู่หางดำ เชียงใหม่. แก่นเกษตร 45 (3) : 497-504.

- AOAC. 2016. Official Methods of Analysis. 20thed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
- Bakshi M., M Wadhwa and H. Makkar. 2016. Waste to worth: vegetable wastes as animal feed. CAB Reviews 11(12): 1-26.
- Church, D.C. and W.G. Pond. 1988. Basic Animal Nutrition. 3rd Ed. John Wiley & Sons Inc. New York.
- Datt C, A. Chhabra, N. P. Singh, K. M. Bujarbaruah. 2008. Nutritional characteristics of horticultural crop residues as ruminal feeds. Indian Journal of Animal Sciences. 78: 312-316.
- International Organization for Standardization. 2009. Determination of nitrogen content and calculation of crude protein content - Part 2: Block digestion and steam distillation method. Available source: www.iso.org/standard/52199.html. June, 30, 2009.
- Kim, M. Y, E. J. Kim, Y. N. Kim, C. Choi and B. H. Lee. 2012. Comparison of the chemical compositions and nutritive values of various pumpkin (*Cucurbitaceae*) species and parts. Nutrition Research and Practice. 6(1): 21-27.
- Leeson, S., and J.D. Summers. 2001. Scott's Nutrition of the Chicken. 4th ed. Guelph: University Science Books. Canada.
- Martinez, Y., M. Valdivie, M. Estarron, G. Solano and J. Cordova. 2010. Serum lipid profile of laying hens fed pumpkin (*Cucurbita maxima*) seed level. Cuban Journal of Agricultural Science. 44: 392-393.
- Nalle, C.L., V. Ravindran, and G. Ravindran. 2011. Nutritional Value of Peas (*Pisum sativum* L.) for broilers: Apparent metabolizable energy, apparent ileal amino acid digestibility and production performance. Anim. Prod. Sci. 51: 150-155.
- NRC. 1994. Nutrient Requirements of Poultry. 9thed. National Academy Press, Washington, DC.
- Vogtmann, H., P. Frirter, and A.L. Prabuck. 1975. A new method of determining metabolizable energy and digestibility of fatty acids in broiler diets. British Poult. Sci. 16: 531-534.
- Xie, K, X. He, D. X. H, B. Zhang and Z. Song. 2021. Evaluation of Nitrogen-Corrected Apparent Metabolizable Energy and Standardized Ileal Amino Acid Digestibility of Different Sources of Rice and Rice Milling Byproducts in Broilers. Animals. 11: 1894-1911.