



ผลการใช้วัตถุดิบโปรตีนทางเลือกร่วมกับการเสริมเอนไซม์โปรติเอสในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตและค่าการย่อยได้แบบปรากฏของโปรตีนที่ลำไส้เล็กส่วนปลายในไก่เนื้อ

มนัรยา แต่ลิขง¹ เสกสม อาตมางกูร¹ และยุวเรศ เรืองพานิช^{1,*}

¹ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

บทคัดย่อ: การศึกษาผลของการได้รับอาหารที่มีกากเรปซิดและเนื้อและกระดูกป่นเป็นวัตถุดิบโปรตีนทางเลือกร่วมกับการเสริมเอนไซม์โปรติเอสต่อสมรรถภาพการผลิต ลักษณะซาก และค่าการย่อยได้แบบปรากฏของโปรตีนที่ลำไส้เล็กส่วนปลายในไก่เนื้อ ประกอบด้วย 2 การทดลอง ได้แก่ การทดลองที่ 1 การศึกษาสมรรถภาพการผลิตและลักษณะซาก ใช้ไก่ Ross 308 เพศผู้ จำนวน 1,200 ตัว แบ่งเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ซ้ำ ซ้ำละ 30 ตัว และการทดลองที่ 2 การศึกษาค่าการย่อยได้แบบปรากฏของโปรตีนที่ลำไส้เล็กส่วนปลาย ใช้ไก่ Ross 308 เพศผู้ จำนวน 120 ตัว แบ่งเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 6 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ตัว ทั้งสองการทดลองใช้อาหารทดลองเหมือนกัน คือ 1) อาหารพื้นฐานข้าวโพดและกากถั่วเหลือง [CS], 2) อาหาร CS ที่ลดโปรตีน 0.5% + เอนไซม์โปรติเอส 125 พีพีเอ็ม [CS(-)+P], 3) อาหารพื้นฐานที่มีกากเรปซิดและเนื้อและกระดูกป่น [CSRМ] และ 4) อาหาร CSRМ ที่ลดโปรตีน 0.5% + เอนไซม์โปรติเอส 125 พีพีเอ็ม [CSRМ(-)+P] โดยคำนวณให้มีระดับโปรตีนและพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เท่ากันทุกกลุ่ม ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ผลการทดลองพบว่าในระยะไก่เล็ก (อายุ 1-17 วัน) ไก่เนื้อกลุ่ม CSRМ มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นต่อยกกว่ากลุ่ม CS ($P < 0.05$) ขณะที่กลุ่ม CS(-)+P และ CSRМ(-)+P มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว และอัตราการตายเทียบเท่ากับกลุ่ม CS และ CSRМ ตามลำดับ ทั้งนี้ไม่พบความแตกต่างของสมรรถภาพการผลิตในระยะไก่รุ่น (อายุ 18-35 วัน) และตลอดระยะทดลอง (35 วัน) ในทุกกลุ่มทดลอง นอกจากนี้พบว่ากลุ่ม CSRМ และ CSRМ(-)+P มีเปอร์เซ็นต์หน้าอกต่ำกว่ากลุ่ม CS ($P < 0.05$) ผลจากการทดลองไม่พบความแตกต่างของค่าการย่อยได้แบบปรากฏของโปรตีนที่ลำไส้เล็กส่วนปลายระหว่างกลุ่มทดลอง อย่างไรก็ตามพบว่าไก่เนื้อกลุ่ม CSRМ(-)+P ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจดีกว่ากลุ่มอื่น ดังนั้นจึงสามารถใช้กากเรปซิดและเนื้อและกระดูกป่นเป็นวัตถุดิบโปรตีนทางเลือกร่วมกับการเสริมเอนไซม์โปรติเอสในอาหารไก่เนื้อที่มีการลดระดับโปรตีน เพื่อลดต้นทุนการผลิตไก่เนื้อได้

คำสำคัญ: ไก่เนื้อ โปรติเอส วัตถุดิบโปรตีนทางเลือก สมรรถภาพการผลิต ค่าการย่อยได้แบบปรากฏของโปรตีน

*ผู้รับผิดชอบบทความ

สัตวแพทยมหาวิทยาลัย. 2562. 14(2): 93-104.

E-mail address: agryos@ku.ac.th

Effect of Using Alternative Protein Feedstuffs with Protease Supplementation in Diet on Growth Performance and Apparent Ileal Protein Digestibility of Broilers

Manathaya Taelibhong¹, Seksom Attamangkune¹, and Yuwares Ruangpanit^{1,#}

¹Department of Animal Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen campus, Nakhon Pathom 73140

Abstract: Two studies were conducted to evaluate the use of rapeseed meal and meat and bone meal as alternative protein feedstuffs with protease supplementation on growth performance, carcass traits and apparent ileal protein digestibility (AID) in broiler. Experiment 1, Broiler performance and carcass traits were evaluated using 1,200 male Ross 308 broilers. All birds were randomly divided into 4 dietary treatments with 10 replications (30 birds/replication). Experiment 2, AID was studied using 120 male Ross 308 broilers fed with 4 dietary treatments as in Experiment 1. Each treatment consisted with 6 replications (5 birds/replication). The dietary treatments were 1) corn-soybean basal diet [CS], 2) CS with reduced 0.5% CP+125 ppm. protease [CS(-)+P], 3) CS with rapeseed meal and meat and bone meal [CSRМ] and 4) CSRМ with reduced 0.5% CP+125 ppm. protease [CSRМ(-)+P]. All diets were formulated to be isonitrogenous and isocaloric. Both experiments were assigned in CRD. During starter period (1-17 DOA), CSRМ birds had lower BWG than that of the CS group ($P < 0.05$). Whereas CS(-)+P and CSRМ(-)+P groups had BWG, feed intake, FCR and mortality rate similar to that of the CS and CSRМ groups, respectively. There was no significant difference of growth performance among dietary treatments during grower period (18-35 DOA) and throughout the experimental period (35 days). Percentage of breast yield was significantly lower in CSRМ and CSRМ(-)+P groups than that of the CS group ($P < 0.05$). However, no significant difference of AID was observed among dietary treatments. Birds fed CSRМ(-)+P diet had better ROI than the other groups. Therefore, rapeseed meal and meat and bone meal are able to be incorporated as alternative protein feedstuffs in broiler diet containing lower CP supplemented with protease to reduce production cost of broilers.

Keywords: Broiler, Protease, Alternative protein feedstuff, Performance, Apparent ileal protein digestibility

[#]Corresponding author

J. Mahanakorn Vet. Med. 2019 14(2): 93-104.

E-mail address: agryos@ku.ac.th

บทนำ

ความต้องการอาหารโปรตีนที่เพิ่มขึ้นตามจำนวนประชากรโลกได้ส่งผลให้อุตสาหกรรมการผลิตไก่เนื้อมีการพัฒนาระบบการผลิตเพื่อให้สอดคล้องกับอุปสงค์ของผู้บริโภค (OECD/FAO, 2018) สมรรถภาพการผลิตที่ดีของไก่เนื้อส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับ การได้รับโภชนาการอย่างเพียงพอและตรงตามความต้องการ อย่างไรก็ตามในบางสถานการณ์การก้าวเหลื่อมซึ่งเป็นวัตถุดิบโปรตีนหลักในอาหารไก่เนื้อเกิดความผันผวนทั้งในแง่ของปริมาณและราคา จึงมีการนำวัตถุดิบโปรตีนทางเลือกที่เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการผลิตอาหารหรือเชื้อเพลิงมาใช้ทดแทนเพื่อช่วยลดต้นทุนของอาหาร แต่วัตถุดิบโปรตีนทางเลือกบางชนิดที่นิยมนำมาใช้ เช่น กากเรปซีด และเนื้อและกระดูกป่น มักพบปัจจัยที่อาจส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ของโภชนา เช่น กากเรปซีดมีโอกาสพบปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) จากความร้อนที่สูงเกินไประหว่างกระบวนการผลิต (Salazar-Villanea et al., 2016) และมีสารต้านโภชนา เช่น สารยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ย่อยโปรตีน (rapeseed proteinase inhibitor) (West and Norton, 1991) ส่วนเนื้อและกระดูกป่นพบเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่เป็นโปรตีนชนิดย่อยยากป่นอยู่ (Adedokun and Olojede, 2019) ทำให้ไก่ใช้ประโยชน์จากโภชนาได้ลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ประโยชน์จากโปรตีนในไก่ระยะเล็กเนื่องจากระบบย่อยอาหารจะพัฒนาอย่างสมบูรณ์เมื่ออายุ 14-21 วัน (Ward, 2014) อีกทั้งลักษณะกายวิภาคของทางเดินอาหารในไก่เนื้อมีขนาดเล็กและสั้น ทำให้มีระยะเวลาคงอยู่ของอาหารค่อนข้างจำกัด ส่งผลต่อการย่อยและใช้ประโยชน์ได้ของโภชนาของไก่ (Meng et al., 2005) จึงมีการนำ

เอนไซม์โปรติเอส (protease) มาเสริมลงในอาหารไก่เนื้อเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการย่อยโปรตีนให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการลดต้นทุนการผลิตไก่เนื้อ มีงานวิจัยจำนวนมากที่นำเสนอประโยชน์ของการเสริมเอนไซม์โปรติเอสในอาหารไก่เนื้อ และพบว่า การใช้วัตถุดิบโปรตีนที่แตกต่างกันในสูตรอาหารอาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์โปรติเอสได้ (Khattak et al., 2006) การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่มีกากเรปซีดและเนื้อและกระดูกป่นเป็นวัตถุดิบโปรตีนทางเลือกร่วมกับการเสริมเอนไซม์โปรติเอสเปรียบเทียบกับที่ได้รับอาหารพื้นฐานข้าวโพดและกากถั่วเหลืองต่อสมรรถภาพการผลิต ลักษณะซากและค่าการย่อยได้แบบปรากฏของโปรตีนที่ลำไส้เล็กส่วนปลาย

วิธีการศึกษา

วิธีการทดลอง

การศึกษานี้แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 การศึกษาสมรรถภาพการผลิตและลักษณะซากของไก่เนื้อ ใช้ไก่เนื้อสายพันธุ์ Ross 308 เพศผู้ จำนวน 1,200 ตัว แบ่งเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ซ้ำ ซ้ำละ 30 ตัว และการทดลองที่ 2 การศึกษาค่าการย่อยได้แบบปรากฏของโปรตีนที่ลำไส้เล็กส่วนปลาย (apparent ileal protein digestibility, AID) ใช้ไก่เนื้อสายพันธุ์ Ross 308 เพศผู้ อายุ 20 วัน จำนวน 120 ตัว แบ่งเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 6 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ตัว วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยคำนวณให้อาหารทดลองมีระดับโปรตีนและพลังงานที่ได้รับเท่ากันทุกกลุ่ม โดยมีองค์ประกอบทางโภชนาเป็นไปตามมาตรฐานที่สายพันธุ์กำหนด (Aviagen, 2014) และมีการปรับเปลี่ยนระดับโปรตีนและ

พลังงานให้เหมาะสมในแต่ละช่วงอายุ โดยมีอาหารทดลองทั้งหมด 4 สูตร ดังนี้

สูตรที่ 1 อาหารพื้นฐานข้าวโพดและกากถั่วเหลือง [CS]

สูตรที่ 2 อาหาร CS ที่ลดโปรตีนรวม 0.5% และเสริมเอนไซม์โปรติเอสที่ระดับ 125 พีพีเอ็ม [CS(-)+P]

สูตรที่ 3 อาหารพื้นฐานที่มีกากเรปซีดและเนื้อและกระดูกป่นเป็นวัตถุดิบโปรตีนทางเลือก [CSRМ]

สูตรที่ 4 อาหาร CSRМ ที่ลดโปรตีนรวม 0.5% และเสริมเอนไซม์โปรติเอสที่ระดับ 125 พีพีเอ็ม [CSRМ(-)+P]

สูตรอาหารแบ่งออกเป็นสองระยะ ได้แก่ ระยะไก่เล็ก (starter period) อายุ 1-17 วัน และระยะไกรุ่น (grower period) อายุ 18-35 วัน วัตถุดิบและองค์ประกอบทางโภชนาการจากการคำนวณดังแสดงใน Table 1 และ Table 2

การทดลองที่ 1 ทำการเลี้ยงไก่เนื้อในโรงเรือนแบบปิดที่ควบคุมอุณหภูมิด้วยระบบระเหยไอน้ำ เป็นเวลา 35 วัน อาหารไก่เนื้อช่วงอายุ 1-9 วันเป็นอาหารเม็ดขบ และเปลี่ยนเป็นอาหารเม็ดเมื่อไก่อายุ 10 วัน ให้ไก่ได้รับอาหารและน้ำอย่างเต็มที่ (*ad libitum*) ทำการเก็บข้อมูลสมรรถภาพการผลิต โดยบันทึกน้ำหนักตัว ปริมาณอาหารที่กิน และจำนวนไกตาย ที่อายุ 1, 17 และ 35 วัน แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหา น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (body weight gain, BWG) ปริมาณอาหารที่กิน (feed intake, FI) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (feed conversion ratio, FCR) และอัตราการตาย (mortality rate) ของไก่เนื้อตามช่วงอายุที่ศึกษา หลังสิ้นสุดการทดลองทำการสุ่มไก่ที่อายุ 37 วัน จำนวน 4 ตัวจากแต่ละขั้การทดลองรวม 160 ตัว นำมาศึกษาลักษณะซาก

ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ซาก (carcass yield) และ เปอร์เซ็นต์หน้าอก (breast yield)

การทดลองที่ 2 นำไก่เนื้ออายุ 20 วันไปเลี้ยงบนกรงศึกษาการย่อยได้ (metabolic cage) เป็นเวลา 9 วัน โดยให้อาหารเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 แต่บดอาหารเม็ดให้ละเอียด ผสมไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO₂) ที่ระดับ 0.3% ในอาหารทดลองทุกสูตรในช่วงสามวันสุดท้าย เพื่อใช้เป็นสารบ่งชี้ในการคำนวณค่าการย่อยได้แบบปรากฏ เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่อายุ 28 วัน ทำการเก็บสิ่งย่อย (digesta) ของไก่เนื้อจากบริเวณกึ่งกลางของลำไส้เล็กส่วนปลายไปจนถึงก่อน ileo-cecal junction ประมาณ 2 ซม. เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ค่าการย่อยได้แบบปรากฏของโปรตีนที่ลำไส้เล็กส่วนปลายตามวิธีการของ Kaczmarek et al. (2016)

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ R เวอร์ชัน 3.3.3

ผลการทดลองและวิจารณ์

สมรรถภาพการผลิต

ผลการศึกษาในระยะไก่เล็ก พบว่าไก่เนื้อกลุ่มที่ได้รับอาหาร CSRМ มีปริมาณอาหารที่กินไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ได้รับอาหาร CS แต่มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นต่ำกว่า ($P < 0.05$) (Table 3) เนื่องจากไกรยะเล็กยังมีระบบย่อยอาหารไม่สมบูรณ์ โดยเฉพาะในช่วงสัปดาห์แรกที่ความจุของทางเดินอาหารมีจำกัด จึงกินอาหารไม่ได้มากนัก และความเป็นกรด-ด่าง (pH) ภายในกระเพาะแท้และกึ่งที่สูง (Angel

Table 1 Ingredient and nutrient composition of experimental diets^{1/} (per 100 kg. feed) during starter period

Ingredients	CS	CS(-)+P	CSRM	CSRM(-)+P
Corn	52.47	55.83	52.88	56.25
Soybean meal (48.6% CP)	28.74	26.06	24.23	21.55
Full fat soybean (35.5% CP)	12.00	12.00	12.00	12.00
Rapeseed meal (36.3% CP)	-	-	3.00	3.00
Meat and bone meal (51.3% CP)	-	-	2.00	2.00
Soybean oil	2.30	1.51	2.29	1.50
MDCP (21.6% P, 16.9% Ca)	2.06	2.07	1.47	1.48
Limestone (38.7% Ca)	1.02	1.04	0.72	0.74
Salt	0.32	0.32	0.29	0.29
Sodium bicarbonate (27.0% Na)	0.20	0.20	0.20	0.20
Choline chloride (60.0%)	0.05	0.07	0.03	0.04
Premix	0.20	0.20	0.20	0.20
L-lysine	0.14	0.19	0.19	0.23
DL-methionine	0.25	0.24	0.24	0.24
L-threonine	-	0.01	0.01	0.02
Pellet binder	0.20	0.20	0.20	0.20
Salinomycin (12.0%)	0.05	0.05	0.05	0.05
Protease ^{2/}	-	0.0125	-	0.0125
Calculated nutrient composition (%)				
ME (kcal/kg)	3,025	3,025	3,025	3,025
Crude protein	22.50	22.00	22.50	22.00
Calcium	0.90	0.90	0.90	0.90
Available phosphorus	0.45	0.45	0.45	0.45

^{1/}CS = corn-soybean basal diet; CS(-)+P = CS with a reduction of 0.5% CP+125 ppm. protease; CSRM = CS with rapeseed meal and meat and bone meal; CSRM(-)+P = CSRM with a reduction of 0.5% CP+125 ppm. protease

^{2/}Alkaline serine endopeptidase produced from *Bacillus subtilis* fermentation containing 3,125 protease units per kg. feed.

Table 2 Ingredient and nutrient composition of experimental diets^{1/} (per 100 kg. feed) during grower period

Ingredients	CS	CS(-)+P	CSRM	CSRM(-)+P
Corn	60.95	64.30	59.37	62.73
Soybean meal (48.6% CP)	24.33	21.68	19.73	17.07
Full fat soybean (35.5% CP)	8.00	8.00	8.00	8.00
Rapeseed meal (36.3% CP)	-	-	5.00	5.00
Meat and bone meal (51.3% CP)	-	-	1.00	1.00
Soybean oil	2.78	1.99	3.50	2.72
MDCP (21.6% P, 16.9% Ca)	1.58	1.59	1.26	1.27
Limestone (38.7% Ca)	1.03	1.05	0.84	0.86
Salt	0.33	0.33	0.31	0.31
Sodium bicarbonate (27.0% Na)	0.20	0.20	0.20	0.20
Choline chloride (60.0%)	0.07	0.08	0.03	0.04
Premix	0.20	0.20	0.20	0.20
L-lysine	0.10	0.14	0.14	0.18
DL-methionine	0.18	0.18	0.17	0.16
Pellet binder	0.20	0.20	0.20	0.20
Salinomycin (12.0%)	0.05	0.05	0.05	0.05
Protease ^{2/}	-	0.0125	-	0.0125
Calculated nutrient composition (%)				
ME (kcal/kg)	3,100	3,100	3,100	3,100
Crude protein	19.50	19.00	19.50	19.00
Calcium	0.80	0.80	0.80	0.80
Available phosphorus	0.36	0.36	0.36	0.36

^{1/}CS = corn-soybean basal diet; CS(-)+P = CS with a reduction of 0.5% CP+125 ppm. protease; CSRM = CS with rapeseed meal and meat and bone meal; CSRM(-)+P = CSRM with a reduction of 0.5% CP+125 ppm. protease.

^{2/}Alkaline serine endopeptidase produced from *Bacillus subtilis* fermentation containing 3,125 protease units per kg. feed.

and Sorbara, 2014) ยังส่งผลให้ลูกไก่ไม่สามารถใช้ประโยชน์จากอาหารที่มีกากเรปซีดและเนื้อและกระดูกปน ซึ่งเป็นวัตถุดิบโปรตีนทางเลือกที่มีข้อจำกัดในการถูกย่อยไปใช้ประโยชน์ไม่ได้เต็มที่ ด้านการเสริมเอนไซม์โปรติเอสในไก่เนื้อระยะเล็กที่ระดับ 125 พีพีเอ็ม ทำให้ไก่เนื้อกลุ่ม CS(-)+P และ CSR(-)+P มีสมรรถภาพการผลิตดีเทียบเท่ากับกลุ่มที่ได้รับอาหาร CS และ CSR ตามลำดับ (Table 3) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการเสริมเอนไซม์โปรติเอสในอาหารทั้งที่มีและไม่มีวัตถุดิบโปรตีนทางเลือกสามารถช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนของไก่เนื้อระยะเล็กให้ดีขึ้นได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลที่พบในการศึกษาของ Yan et al. (2011)

อย่างไรก็ตามการใช้วัตถุดิบโปรตีนทางเลือกในอาหารส่งผลต่อไก่เนื้อเฉพาะระยะไก่เล็กเท่านั้น เนื่องจากพบว่าไก่เนื้อในระยะรุ่น (อายุ 18-35 วัน) มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว และอัตราการตาย ไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลอง (Table 3) ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการที่ระบบย่อยอาหารของไก่เนื้อในระยะนี้มีการพัฒนาอย่างสมบูรณ์แล้ว ทำให้กระบวนการหลังกรดและการผลิตน้ำย่อยจากตัวสัตว์ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถย่อยและดูดซึมสารอาหารได้ดียิ่งขึ้น ส่งผลให้มีสารอาหารเพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อได้ดีเทียบเท่ากัน จึงไม่พบความแตกต่างของสมรรถภาพการผลิตในระหว่างกลุ่มทดลอง และพบผลเช่นเดียวกันนี้ในตลอดระยะทดลอง (อายุ 1-35 วัน) นอกจากนี้พบว่า การเสริมเอนไซม์โปรติเอสไม่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อในระยะนี้ด้วยเช่นกัน สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Rada et al. (2013) ที่พบว่า การเสริมเอนไซม์โปรติเอสในอาหารที่มีระดับ

โปรตีนลดลง 4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นระดับปานกลาง ส่งผลให้สมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อในระยะรุ่นไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม ในขณะที่ผลการศึกษาของ Yuan et al. (2015) พบว่าการเสริมเอนไซม์โปรติเอสในอาหารที่มีระดับโปรตีนลดลงในระดับที่สูงมากถึง 7.5 เปอร์เซ็นต์จากกลุ่มควบคุม มีแนวโน้มช่วยปรับปรุงอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวในไก่เนื้อที่อายุ 42 วันให้ดีขึ้น ($P=0.065$) จึงอาจกล่าวได้ว่าการทำงานของเอนไซม์โปรติเอสอาจไม่สามารถแสดงผลเชิงบวกได้อย่างชัดเจนในไก่เนื้อระยะรุ่นที่ได้รับอาหารที่มีการลดโปรตีนที่ระดับปานกลาง เนื่องจากที่ระดับโปรตีนดังกล่าวอาจไม่ส่งผลเชิงลบที่รุนแรงต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อ และการเสริมเอนไซม์โปรติเอสสามารถชดเชยโดยการเพิ่มการใช้ประโยชน์ของสารอาหารโปรตีนและกรดอะมิโนแก่ไก่เนื้อให้เทียบเท่ากับกลุ่มควบคุมได้ไม่ยาก ขณะที่การเสริมเอนไซม์โปรติเอสในอาหารที่มีการลดระดับโปรตีนที่สูงมากขึ้นนั้น อาจช่วยปรับปรุงสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อให้เห็นได้ชัดเจนมากกว่า เนื่องจากระดับโปรตีนที่ลดลงมากนั้นจะส่งผลเชิงลบต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อที่รุนแรงกว่า การเสริมเอนไซม์จึงสามารถแสดงผลเชิงบวกได้ชัดเจนมากขึ้น ทางด้านอัตราการตายของไก่เนื้อทุกกลุ่มในการทดลองครั้งนี้พบว่าอยู่ในระดับปกติ อย่างไรก็ตาม มีรายงานว่า การเสริมเอนไซม์โปรติเอสสามารถช่วยลดปริมาณสารต้านโภชนาในวัตถุดิบและอาหารสัตว์ได้ ซึ่งอาจส่งผลทางอ้อมให้อัตราการตายของไก่เนื้อลดลงได้ (Haase, 2010)

ลักษณะซาก

จากการศึกษาพบว่าไก่เนื้อทั้ง 4 กลุ่มทดลองมีเปอร์เซ็นต์ซากที่ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่เปอร์เซ็นต์หน้าอกของไก่เนื้อในกลุ่ม CSR และ

Table 3 Effect of feeding alternative protein feedstuffs with or without protease supplementation on growth performance and carcass traits of broiler

Parameters ^{2/}	Treatments ^{1/}				SEM	P-value
	CS	CS(-)+P	CSRM	CSRM(-)+P		
1 to 17 d						
BWG, g/bird	687.21 ^a	675.44 ^{ab}	671.77 ^b	666.04 ^b	2.771	0.0181
FI, g/bird	979.53	961.49	969.01	974.32	5.245	0.6773
FCR	1.426	1.424	1.443	1.464	0.007	0.1619
Mortality, %	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.4085
18 to 35 d						
BWG, g/bird	1,906.94	1,884.51	1,881.71	1,877.10	8.081	0.7585
FI, g/bird	2,901.79	2,923.16	2,926.20	2,923.51	14.260	0.3061
FCR	1.524	1.552	1.556	1.558	0.009	0.3124
Mortality, %	1.40	2.88	2.50	1.07	0.009	0.0682
1 to 35 d						
BWG, g/bird	2,594.15	2,559.94	2,553.48	2,543.15	9.568	0.2245
FI, g/bird	3,881.32	3,884.64	3,895.20	3,897.84	14.927	0.3210
FCR	1.497	1.518	1.526	1.533	0.007	0.1312
Mortality, %	1.31	2.69	2.33	1.00	0.008	0.0697
Carcass traits (37 d)						
Carcass yield, %	84.75	83.69	84.06	84.03	0.083	0.4170
Breast yield, %	30.59 ^a	29.95 ^{ab}	29.11 ^b	29.58 ^b	0.163	0.0124
AID, % (28 d)	85.45	84.70	83.21	82.44	0.474	0.0832

^{1/}CS = corn-soybean basal diet; CS(-)+P = CS with a reduction of 0.5% CP+125 ppm. protease; CSRM = CS with rapeseed meal and meat and bone meal; CSRM(-)+P = CSRM with a reduction of 0.5% CP+125 ppm. protease

^{2/}BWG = body weight gain; FI = feed intake; FCR = feed conversion ratio; Carcass yield = percentage of the live animal that ends up as carcass; AID = apparent ileal protein digestibility

Table 4 Economic return on investment of broiler fed alternative protein feedstuff with or without protease supplementation^{1/}

Economic index	CS	CS (-)+P	CSRM	CSRM(-)+P
Cost of feed, THB/kg	15.45	15.03	15.39	14.96
Feed cost per gain (FCG), THB/bird	60.79	60.06	61.41	58.92
Salable bird return (SBR), THB/bird	85.85	84.73	84.52	84.19
Net profits return (NPR), THB/bird	25.06	24.66	23.11	25.26
Return of investment (ROI), THB/bird				
: vs CS		-0.40	-1.95	0.20
: vs CS(-)+P	0.40		-1.55	0.60
: vs CSRM	1.95	1.55		2.15
: vs CSRM(-)+P	-0.20	-0.60	-2.15	

^{1/}CS = corn-soybean basal diet; CS(-)+P = CS with a reduction of 0.5% CP+125 ppm. protease; CSRM = CS with rapeseed meal and meat and bone meal; CSRM(-)+P = CSRM with a reduction of 0.5% CP+125 ppm. protease

CSRM(-)+P มีค่าต่ำกว่ากลุ่ม CS ($P < 0.05$) (Table 3) จากผลการทดลองครั้งนี้ที่พบว่าการใช้วัตถุดิบทางเลือกในอาหารนั้นมีอิทธิพลต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ระยะเล็ก ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการที่โปรตีนในวัตถุดิบโปรตีนทางเลือกมีการย่อยและใช้ประโยชน์ได้ดีในไก่ที่อายุน้อย และส่งผลกระทบต่อสมดุลของกรดอะมิโนที่ไก่เพื่อนำมาใช้ได้ในร่างกาย (Liu, 2000) ทำให้ประสิทธิภาพการสร้างกล้ามเนื้อหน้าอกลดลง เนื่องจากเส้นใยกล้ามเนื้อหน้าอกเป็นชนิด fast-twitch glycolytic fiber ที่ตอบสนองต่อชนิดของกรดอะมิโนที่เปลี่ยนแปลงไปได้รวดเร็วกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดอื่น (Miraglia et al., 2006) อย่างไรก็ตามไม่พบผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์ซากของไก่เนื้อในระหว่างกลุ่มทดลอง เนื่องจากการศึกษาเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนซากเพิ่มเติมพบว่าเปอร์เซ็นต์น้องและเปอร์เซ็นต์สะโพกของไก่เนื้อในกลุ่ม CSRM มีค่า

สูงกว่ากลุ่ม CS ผลรวมของเปอร์เซ็นต์ซากในไก่เนื้อแต่ละกลุ่มจึงแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ นอกจากนี้การเสริมเอนไซม์โปรติเอสในกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ลดระดับโปรตีนยังสามารถช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์หน้าอกให้ดีเทียบเท่ากับกลุ่มที่ได้รับอาหารระดับโปรตีนปกติทั้งในกลุ่มที่ใช้และไม่ใช้วัตถุดิบโปรตีนทางเลือก

ค่าการย่อยได้แบบปรากฏของโปรตีนที่ลำไส้เล็กส่วนปลาย

จากผลการศึกษาพบว่าการใช้วัตถุดิบโปรตีนทางเลือกไม่ส่งผลกระทบต่อค่าการย่อยได้แบบปรากฏของโปรตีนที่ลำไส้เล็กส่วนปลาย ($P > 0.05$) (Table 3) เนื่องจากการศึกษาในไก่เนื้อที่อายุ 28 วัน ซึ่งเป็นช่วงที่ระบบย่อยอาหารเจริญอย่างสมบูรณ์แล้ว ทำให้พบประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนดีเท่า

เทียมกัน สอดคล้องกับผลของสมรรถภาพการผลิตใน
ระยะไก่อุ่นที่พบว่าไม่แตกต่างกันในทุกกลุ่มทดลอง

ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

การใช้วัตถุดิบโปรตีนทางเลือกในอาหารไก่เนื้อ
และการลดระดับโปรตีนร่วมกับเสริมเอนไซม์
โปรติเอสในอาหารช่วยให้ราคาของอาหารไก่เนื้อ
ลดลง และยังส่งผลให้ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่
ได้รับ (FCG) ต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารปกติ โดยที่
การเสริมเอนไซม์โปรติเอสในกลุ่ม CSRM(-)+P จะให้
กำไรสุทธิ (NPR) มากกว่ากลุ่ม CSRM อีกทั้งยังให้
ผลตอบแทนการลงทุน (ROI) ดีกว่ากลุ่มอื่น (Table
4) แสดงว่าการใช้วัตถุดิบโปรตีนทางเลือกในอาหาร
ไก่เนื้อสามารถช่วยลดต้นทุน โดยที่มีการเจริญเติบโต
ในระยะไก่อุ่นเทียบเท่ากับไก่เนื้อที่ได้รับอาหาร
พื้นฐาน จึงให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่ดีกว่า และ
แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการใช้เอนไซม์โปรติเอส
ในอาหารที่มีวัตถุดิบโปรตีนทางเลือกที่ลดระดับ
โปรตีนลงได้อย่างชัดเจน

สรุป

การใช้กากเรปซีดและเนื้อและกระดูกป่นเป็น
วัตถุดิบโปรตีนทางเลือกอาจส่งผลกระทบต่อ
สมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อระยะเล็ก เนื่องจาก
ทางเดินอาหารยังพัฒนาไม่สมบูรณ์เต็มที่ การเสริม
เอนไซม์โปรติเอสในอาหารที่ลดระดับโปรตีนทั้งใน
อาหารที่ใช้และไม่ใช้วัตถุดิบโปรตีนทางเลือกพบว่า
สามารถช่วยปรับปรุงสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อ
ระยะเล็กให้ดีขึ้นเทียบเท่ากับไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่มี
โปรตีนระดับปกติได้ อย่างไรก็ตามการใช้วัตถุดิบ
โปรตีนทางเลือกและการเสริมเอนไซม์โปรติเอสไม่
ส่งผลให้เกิดความแตกต่างด้านสมรรถภาพการผลิตใน
ระยะไก่อุ่นและตลอดระยะทดลอง เพอร์เซ็นต์ซาก

และค่าการย่อยได้แบบปรากฏของโปรตีนที่ลำไส้เล็ก
ส่วนปลายของไก่เนื้อที่ทำการศึกษา ซึ่งอาจเป็นผล
จากไก่เนื้อระยะรุ่นมีประสิทธิผลการย่อยอาหารได้
อย่างสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น โดยการนำวัตถุดิบโปรตีน
ทางเลือกมาใช้ทดแทนกากถั่วเหลืองบางส่วน
นอกจากไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพการ
ผลิตโดยรวมของไก่เนื้อแล้ว ยังพบว่าสามารถช่วยลด
ต้นทุนค่าอาหาร และเพิ่มผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ
ให้สูงขึ้นได้เมื่อใช้ร่วมกับการลดระดับโปรตีนและ
เสริมเอนไซม์โปรติเอสในอาหารไก่เนื้อ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์การเรียนรู้วิชาการ
ด้านสัตวศาสตร์ และห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหาร
สัตว์ ภาควิชาสัตวบาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ที่เอื้อเพื่อ
สถานที่ดำเนินการวิจัย และบริษัท Jefo, Nutrition
จำกัด ประเทศแคนาดา สำหรับทุนวิจัยและผลิตภัณฑ์
เอนไซม์โปรติเอสในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- Adedokun, S. A. and O. C. Olojede. 2019.
Optimizing gastrointestinal integrity in
poultry: the role of nutrients and feed
additives. *Front. Vet. Sci.* 5(348): 1-11.
- Angel, R. and J. O. B. Sorbara. 2014. Why is it
important to understand substrates if
we are to optimize exogenous enzyme
efficacy? *Poult. Sci.* 93: 2375-2379.
- Aviagen. 2014. Ross 308 Broiler Nutrition
Specifications. Available Source:
http://en.aviagen.com/assets/Tech_Ce

- nter/Ross_Broiler/Ross308BroilerNutritionSpecs2014-EN.pdf, March 5, 2016.
- Haase, V. H. 2010. Hypoxic regulation of erythropoiesis and iron metabolism. *Am. J. Physiol. Renal. Physiol.* 299: F1-F13.
- Kaczmarek, S. A., A. Barri, M. Hejdysz, and A. Rutkowski. 2016. Effect of different doses of coated butyric acid on growth performance and energy utilization in broilers. *Poult. Sci.* 95: 851-859.
- Khattak, F. M., T. N. Pasha, Z. Hayat, and A. Mahmud. 2006. Enzymes in poultry nutrition. *J. Anim. Pl. Sci.* 16(1-2): 1-7.
- Liu, M. 2000. Nutritional evaluation of high ash meat and bone meal for poultry. MS Thesis, University of Manitoba Winnipeg, Canada.
- Meng, X., B. A. Slominski, C. M. Nyachoti, L. D. Campbell, and W. Guenter. 2005. Degradation of cell wall polysaccharides by combinations of carbohydrase enzymes and their effect on nutrient utilization and broiler chicken performance. *Poult. Sci.* 84: 37-47.
- Miraglia, D., R. Mammoli, R. Branciaro, D. Runucci, and B.T. Cenci Goga. 2006. Characterization of muscle fiber type and evaluation of the presence of giant fibres in two meat chicken hybrids. *Vet. Res. Commun.* 30(Suppl. 1): 357-360.
- Organisation for Economic Co-operation and Development and Food and Agriculture Organization of the United Nations (OECD-FAO). 2018. OECD-FAO Agricultural Outlook 2018-2027. OECD Publishing. Paris. 107 p.
- Rada, V., M. Foltyn, M. Lichovnikova, and A. Musilova. 2013. Effects of protease supplementation of low protein broiler diets on growth parameters and carcass characteristic. Proceedings of International PhD Students Conference, Mendel University in Brno, Czech Republic, 20-21 November 2013: 268-272.
- Salazar-Villanea, S., E. M. A. M. Bruininx, H. Gruppen, W. H. Hendriks, P. Carré, A. Quinsac and A. F. B. van der Poel. 2016. Physical and chemical changes of rapeseed meal protein during toasting and their effects on in vitro digestibility. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 7: 62.
- Ward, N. E. 2014. Choosing enzyme solution depends on many factors. *Feedstuffs* 86: 1-4.
- West, G. and G. Norton. 1991. Rapeseed proteinase inhibitors, pp. 928-933. Proceeding of the 8th International Rapeseed Congress. Saskatchewan, Canada.
- Yan, F., J. Dibner, C. D. Knight, M. Vazquez-Anon, N. Odetallah, and S. Carter. 2011.

Effect of dietary protein and protease supplementation on performance and gut health of broiler chicks. *Poult. Sci.* 90(E-Suppl. 1): 19.

Yuan, L., S. Q. Wang, Z. X. Wang, H. Zhu, and K. Huang. 2015. Effects of exogenous protease supplementation on endogenous trypsin activity and gene expression in broilers. *Genet. Mol. Res.* 14: 13633-13641.

