บทความวิจัย

สัตวแพทย์มหานครสาร

JOURNAL OF MAHANAKORN VETERINARY MEDICINE

Available online: www.tci-thaijo.org/index.php/jmvm/

ผลของการเสริมสารฟลาโวนอยด์จากส้มต่อสมรรถภาพการผลิต ความเครียดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน และสุขภาพทางเดินอาหารของไก่เนื้อภายใต้การเลี้ยงแบบหนาแน่น

กิตติศักดิ์ อินทร์เสวก[1] ทวีศักดิ์ ส่งเสริม[2] อรประพันธ์ ส่งเสริม[1] นิติพงศ์ หอมวงษ์[1] อรรถวุฒิ พลายบุญ[1] และยุวเรศ เรืองพานิช[1,#]

[1]ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน; [2]ภาควิชาพยาธิวิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140 ประเทศไทย

บทคัดย่อ: การเลี้ยงไก่เนื้อภายใต้ความหนาแน่นสูง ก่อให้เกิดความเครียดและส่งผลเสียต่อสุขภาพและการให้ผลผลิต การใช้ยาปฏิชีวนะในลักษณะการเร่งการเจริญเติบโตพบว่าช่วยบรรเทาปัญหาดังกล่าว แต่นำมาซึ่งความเสี่ยงต่อการดื้อยาของจุลินทรีย์ในทางเดินอาหาร สารฟลาโวนอยด์จากส้มพบว่ามีศักยภาพในการใช้ทดแทนการใช้ยาปฏิชีวนะในการปรับปรุงสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อภายใต้สภาวะเครียด งานวิจัยใช้ไก่เนื้อสายพันธุ์ Ross308 เพศผู้ อายุ 1 วัน จำนวน 1,500 ตัว แบ่งออกเป็น 5 กลุ่มทดลอง กลุ่มละ 10 ซ้ำ ดังนี้ กลุ่มที่ 1 ไก่เนื้อเลี้ยงที่ความหนาแน่นปกติ 10 ตัวต่อตารางเมตร (NSD) กลุ่มที่ 2 ไก่เนื้อเลี้ยงที่ความหนาแน่นสูง 15 ตัวต่อตารางเมตร (HSD) กลุ่มที่ 3 HSD เลี้ยงด้วยอาหารเสริมแบคซิทราซิน 50 ppm (BCT50) กลุ่มที่ 4 และ 5 HSD เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสารฟลาโวนอยด์จากส้ม 300 ppm (FVN300) และ 400 ppm (FVN400) ตามลำดับ ผลการทดลองไม่พบความแตกต่างทางสถิติต่อ FI และ BW ระหว่างกลุ่มทดลองในทุกระยะของการเลี้ยง อย่างไรก็ตามในช่วงระยะรุ่น 11 - 24 วัน พบว่า FCR ของไก่เนื้อที่เลี้ยงภายใต้ความหนาแน่นสูงมีค่าสูงกว่าการเลี้ยงไก่เนื้อที่ความหนาแน่นปกติ ในขณะที่การเสริมฟลาโวนอยด์จากส้มส่งผลให้ FCR ต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ทางด้าน H:L และ ระดับ MDA ในซีรั่มของไก่เนื้อที่เลี้ยงที่ความหนาแน่นสูง พบว่ามีค่าสูงกว่าการเลี้ยงไก่เนื้อที่ความหนาแน่นปกติ ในขณะที่การเสริมสารฟลาโวนอยด์จากส้มส่งผลให้ค่าดัชนีดังกล่าวลดลง (P<0.05) นอกจากนี้พบว่าการเสริมสารฟลาโวนอยด์จากส้มส่งผลให้เพิ่มความสูงของวิลไลและ VH: CD (P<0.01) ของลำไส้เล็กส่วนกลางเมื่อเปรียบเทียบกับการเลี้ยงที่ความหนาแน่นสูงที่ไม่ได้รับสารเสริม

คำสำคัญ: ฟลาโวนอยด์จากส้ม การเลี้ยงหนาแน่น ความเครียดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ไก่เนื้อ

[#]ผู้รับผิดชอบบทความ

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

สัตวแพทย์มหานครสาร. 2566. 18(2): 181-190.

Effect of Citrus Flavonoids Supplementation on Growth Performance, Oxidative Stress, and Gut Health of Broilers Raised under High Stocking Density

Kittisak Insawake[1], Thaweesak Songserm[2], Ornprapan Songserm[1], Nitipong Homwong[1], Atthawoot Plaiboon[1], and Yuwares Ruangpanit[1,#]

[1]Animal Science Department, Faculty of Agriculture Kasetsart University, Kamphaeng Saen; [2]Department of Veterinary Pathology, Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140, Thailand

Abstract: High stocking density can cause stress which leads to negative effects on broiler health and growth performance. Although antibiotic growth promoters (AGPs) could be used to alleviate these effects, they could raise the risk of antibiotic-resistant pathogens. This citrus flavonoid is a potential as an alternative to AGPs. A total of 1,500 one-day-old male chicks (Ross308) were divided into 5 treatments with 10 replicates including, 1) normal stocking density (NSD, 10 birds/m^2), 2) high stocking density (HSD, 15 birds/m^2), 3) HSD with 50 ppm Bacitracin (BCT50), 4) HSD with 300 ppm citrus flavonoids (FVN300), and 5) HSD with 400 ppm citrus flavonoids (FVN400). There was no significant different in FI and BW (P >0.05) among dietary treatments in all period of experiment. However, during 11-24 DOA, FCR of HSD was significantly higher than the NSD (P<0.05). The supplementation FVN at both levels showed the positive effect on lowering FCR of NSD birds (P<0.05). At 35 DOA, the level H:L ratio and serum MDA levels of HSD birds were significantly higher than those of NSD birds (P<0.05) were significantly decreased in the supplementation FVN at both levels significantly lower these parameters when compared to that of the HSD (P<0.05). The supplementation of FVN significantly increased jejunal villus height and VH: CD ratio of HSD birds (P<0.01). FVN showed a very promising improvement of oxidative stress status and gut health of broilers.

Keywords: Citrus flavonoids, Socking density, Oxidative stress, Broiler

[#]Corresponding author

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

J. Mahanakorn Vet. Med. 2023 18(2): 181-190.

บทนำ

การพัฒนาสายพันธุ์ที่มีมาอย่างต่อเนื่องส่งผลให้ไก่เนื้อมีอัตราการเจริญเติบโตที่สูงขึ้นในระยะเวลาอันสั้น และอาจทำให้ความต้องการพื้นที่ต่อตัวไก่เพื่อความเป็นอยู่ที่สุขสบายเพิ่มขึ้นตามไปด้วย อย่างไรก็ตามพบว่าการเลี้ยงไก่เนื้อในระบบอุตสาหกรรมมักใช้จำนวนตัวต่อพื้นที่ที่สูงเพื่อความคุ้มทุน ซึ่งพบว่าเป็นปัจจัยหนึ่งที่

ก่อให้เกิดผลเสียต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ เนื่องจากส่งผลให้อุณหภูมิรอบตัวไก่เพิ่มขึ้น ปริมาณแอมโมเนียสะสมสูงขึ้น รวมทั้งเป็นที่มาของปัญหาการเข้าถึงอาหารและน้ำในไก่เนื้อ (Abudabos *et al.*, 2013) จากปัจจัยดังกล่าวอาจเป็นสาเหตุให้ไก่เนื้อเกิดความเครียดก่อให้เกิดการเพิ่มขึ้นของอนุมูลอิสระจากปฏิกิริยาออกซิเดชันในร่างกาย กระตุ้นภาวะการอักเสบ และการเสื่อมของสุขภาพทางเดินอาหาร (Li *et al.*, 2019) ที่ผ่านมาพบว่าวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันปัญหาดังกล่าวคือการใช้ยาปฏิชีวนะในลักษณะเป็นสารเร่งการเจริญเติบโต (antibiotic growth promoters; AGPs) เนื่องจากพบว่ามีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระและต้านการอักเสบได้ (Niewold, 2007; Kabploy *et al.*, 2016) แต่การใช้ AGPs ในอาหารไก่เนื้อเป็นเวลานานมักก่อให้เกิดปัญหาการดื้อยาของจุลินทรีย์ในไก่เนื้อ และอาจเกิดการตกค้างในผลิตภัณฑ์ไก่เนื้อไปสู่ผู้บริโภคได้ จากความกังวลดังกล่าวจึงทำให้มีมาตรการลดและห้ามใช้ AGPs ซึ่งนำไปสู่การถดถอยด้านประสิทธิภาพการผลิตสัตว์ การวิจัยเกี่ยวกับการใช้สารเสริมเพื่อปรับปรุงการเจริญเติบโตที่มาจากแหล่งธรรมชาติมากขึ้น เพื่อให้สามารถนำมาใช้เป็นสารเสริมทดแทนการใช้ยาปฏิชีวนะในระดับ AGPs โดยไม่ก่อให้เกิดการตกค้างของเชื้อจุลินทรีย์ดื้อยาที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) เป็นสารเมแทบอไลท์ทุติยภูมิจากพืชที่พบได้ทั่วไป และพบมากในผลไม้ตระกูลส้ม ซึ่งจัดเป็นสารประกอบโพลีฟีนอล (Panche *et al.*, 2016) มีฤทธิ์ทางเภสัช เช่น การต้านอนุมูลอิสระ (Nimse and Pal, 2015) และการต้านการอักเสบ (Kim *et al.*, 2004) ที่มีความปลอดภัยในการนำมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสัตว์ การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมฟลาโวนอยด์จากส้มในการทดแทนการใช้ยาปฏิชีวนะต่อสมรรถภาพการผลิต ความเครียดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน และสุขภาพทางเดินอาหารของไก่เนื้อภายใต้การเลี้ยงแบบหนาแน่นสูง

อุปกรณ์และวิธีการ

สัตว์ทดลองและอาหารทดลอง

การทดลองใช้ไก่เนื้อสายพันธุ์ Ross308 เพศผู้ อายุ 1 วัน จำนวน 1,500 ตัว แบ่งไก่เนื้อออกเป็น 5 กลุ่มทดลอง กลุ่มละ 10 ซ้ำ ดังนี้ กลุ่มที่ 1 ไก่เนื้อเลี้ยงที่ความหนาแน่นปกติ 10 ตัวต่อตารางเมตร ด้วยอาหารควบคุม (NSD) กลุ่มที่ 2 ไก่เนื้อเลี้ยงที่ความหนาแน่นสูง 15 ตัวต่อตารางเมตร ด้วยอาหารควบคุม (HSD) กลุ่มที่ 3 HSD เลี้ยงด้วยอาหารเสริมยาปฏิชีวนะแบคซิทราซิน 50 ppm (BCT50) กลุ่มที่ 4 HSD เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสารฟลาโวนอยด์จากส้ม 300 ppm (FVN300) และกลุ่มที่ 5 HSD เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสารฟลาโวนอยด์จากส้ม 400 ppm (FVN400) โดยสารฟลาโวนอยด์จากส้มเป็นผลิตภัณฑ์ภายใต้ชื่อทางการค้าคือ Bioflavex GC ของบริษัท HealthTech Bio Actives (HTBA) ประเทศสเปน มีสารออกฤทธิ์หลักที่สำคัญ คือ เฮสเพอริดิน และนารินจิน รวมกันที่ความเข้มข้น 45% ทำการเลี้ยงไก่เนื้อในโรงเรือนระบบปิดที่มีระบบทำความเย็นด้วยการระเหยไอน้ำเป็นระยะเวลา 37 วัน อาหารทดลองเป็นอาหารพื้นฐานข้าวโพดและกากถั่วเหลือง ไก่เนื้อที่ช่วงอายุ 1-10 วัน จะได้รับอาหารไก่เนื้อระยะเล็ก และไก่เนื้อที่ช่วงอายุ 11-24 วัน และ 25-37 วัน จะได้รับอาหารระยะไก่รุ่น โดยองค์ประกอบของอาหารและคุณค่าทางโภชนะที่ได้จากการคำนวณแสดงในตารางที่ 1

สมรรถภาพการผลิต

การบันทึกผลการทดลองแบ่งเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะเล็ก (1-10 วัน) ระยะรุ่น (11-24 วัน) และระยะก่อนส่งตลาด (25-37 วัน) โดยในแต่ละช่วงมีการบันทึกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวโดยชั่งไก่เนื้อทุกตัวในทุกกลุ่มทดลอง และปริมาณอาหารที่กินที่อายุ 1, 10, 24, และ 37 วัน บันทึกจำนวนไก่ตายเป็นรายวัน จากนั้น

Table 1 Ingredient composition and calculated nutrient analysis

Ingredients (%)	**Starter diet (d 0-10)**	**Grower - Finisher diet (d 11-37)**
Corn	54.84	62.19
Soybean meal, 48%CP	30.27	21.51
Full fat soybean	8.0	10.0
Soybean oil	1.80	1.31
Mono-dicalcium phosphate (P22)	1.79	1.68
Limestone	1.45	1.43
Salt	0.38	0.36
Broiler vit/min premix[1]	0.28	0.28
DL-Methionine	0.47	0.44
L-Lysine HCl	0.34	0.40
Choline Chloride, 60%	0.06	0.07
Calculated nutrient analysis (%)		
ME for poultry (kcal/kg)	3,100	3,150
Crude protein	23.0	20.0
Moisture	10.89	10.87
Fat	5.80	6.15
Crude fiber	3.19	3.25
Ash	5.79	5.31
Calcium	0.96	0.91
Total P	0.77	0.68

[1]1 kg of premix contained: vitamin A 3,000,000 IU, vitamin D3 600,000 IU, vitamin E 4,000 IU, vitamin K 1g, vitamin B1 0.5 g, vitamin B2 1.4 g, vitamin B6 0.9 g, vitamin B12 0.5 mg, nicotinic acid 7 g, pantothenic acid 2.21 g, folic acid 0.2 g, biotin 0.3 mg, manganese 12 g, zinc 9.0 g, iron 16.0 g, copper 0.32 g, iodine 0.08 g, selenium 0.03 g

นำมาคำนวณค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวและอัตราการตาย

การวิเคราะห์ค่าทางโลหิตวิทยา

ทำการเก็บตัวอย่างเลือดจากไก่เนื้อที่อายุ 35 วัน จากทุกซ้ำ ซ้ำละ 2 ตัว โดยเจาะเลือดปริมาตร 3 มิลลิลิตรต่อตัว บริเวณเส้นเลือดดำใต้ปีก แบ่งเลือด 1 มิลลิลิตร เก็บในหลอดเก็บเลือดที่เคลือบด้วย EDTA ป้องกันการแข็งตัวของเลือด เพื่อใช้ในการวิเคราะห์อัตราส่วนของ เฮทเทอโรฟิลและลิมโฟไซต์ (H:L) ซึ่งใช้เป็นดัชนีความเครียด ตัวอย่างเลือดอีก 2 มิลลิลิตร เก็บในหลอดเก็บเลือด นำไปไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดการแข็งตัวของเลือด นำมาแยกซีรั่มโดยปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ตัวอย่างซีรั่มใช้สำหรับวิเคราะห์ปริมาณฮอร์โมนคอร์ติโคสเตอโรน (corticosterone; CORT) ด้วยวิธี ELISA (MyBioSource, Inc., San Diego, CA)

และวิเคราะห์ระดับอนุมูลอิสระในซีรั่มโดยการวัดค่า Thiobarbituric acid reactive substances (TBARs) ที่แสดงถึงปริมาณของมาลอนไดอัลดีไฮด์ (malondialdehyde, MDA) โดยดัดแปลงจากวิธีของ Grotto *et al*. (2007)

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของลำไส้เล็ก

ทำการเก็บตัวอย่างเนื้อเยื่อลำไส้เล็กส่วนกลางของไก่เนื้อที่อายุ 35 วัน จากทุกซ้ำ ซ้ำละ 2 ตัว โดยเก็บเนื้อเยื่อบริเวณกึ่งกลางของสำไส้ ขนาดชิ้นประมาณ 2 เซนติเมตร คงสภาพเนื้อเยื่อด้วยฟอร์มาลินความเข้มข้น 10 %โดยปริมาตร แล้วย้อมด้วยสี heamatoxyline และ eosin ตรวจผลภายใต้กล้องจุลทรรศน์ และโปรแกรมการวัดขนาด โดยวัดความสูงของวิลไล ความลึกของคริปท์ ความกว้างวิลไล นำมาคำนวณอัตราส่วนของความยาวของวิลไลต่อความลึกของคริปท์ (VH:CD) และคำนวณพื้นที่ผิวของวิลไล โดยวิธีของ Brunnsgaard (1998)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) ด้วยโปรแกรม SAS Studio University Edition โดยพิจารณาความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% (P<0.05) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองโดยวิธี Tukey's test

ผลการศึกษาและวิจารณ์

สมรรถภาพการผลิต

ผลการทดลองเลี้ยงไก่เนื้อในสภาพความหนาแน่นปกติที่ 10 ตัวต่อตารางเมตร เปรียบเทียบกับการเลี้ยงที่ความหนาแน่นสูงที่ 15 ตัวต่อตารางเมตร ต่อสมรรถภาพการผลิต แสดงในตารางที่ 2 ในช่วงอายุ 1-10 วัน พบว่าปริมาณการกินและน้ำหนักตัวของไก่เนื้อ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) เนื่องจากในช่วงอายุนี้ไก่เนื้อมีขนาดตัวที่เล็ก ความต้องการใช้พื้นที่ต่อตัวไม่สูงมาก ทำให้ปัจจัยด้านความหนาแน่นยังไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิต ในช่วงอายุดังกล่าวเมื่อไก่เนื้อเข้าสู่ระยะรุ่น (อายุ 11-24 วัน) พบว่าปริมาณการกินและน้ำหนักตัวของไก่เนื้อไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) เมื่อคำนวณอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) พบว่าไก่เนื้อที่เลี้ยงภายใต้ความหนาแน่นสูงมีค่า FCR ที่สูงกว่าการเลี้ยงภายใต้ความหนาแน่นปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในระยะไก่รุ่นเป็นช่วงที่ไก่เนื้อมีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว มีความต้องการสารอาหารสูงขึ้น ถึงแม้ในการทดลองไก่เนื้อจะได้รับอาหารและน้ำอย่างเต็มที่ (*ad libitum*) แต่การเลี้ยงไก่เนื้อที่หนาแน่นขึ้นจากการเพิ่มจำนวนไก่เนื้อต่อพื้นที่ ส่งผลทำให้ไก่เนื้อถูกจำกัดการเข้าถึงอาหารและน้ำ ทำให้ไก่เนื้อต้องเผชิญกับภาวะเครียด ซึ่งกระตุ้นให้มีการสร้างพลังงานสำรองเพิ่มขึ้นเพื่อใช้ปรับตัวต่อความเครียด ส่งผลให้เกิดอนุมูลอิสระจากกระบวนการสร้างพลังงานสูงขึ้นจนทำลายสมดุลรีดอกซ์ (redox) นำมาสู่ภาวะความเครียดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งสร้างความเสียหายต่อเซลล์และเนื้อเยื่อของลำไส้ ทำให้ลดประสิทธิภาพของการย่อยและการดูดซึมสารอาหาร ส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิตที่ลดลง อย่างไรก็ตามพบว่าการเสริม ฟลาโวนอยด์จากส้มและยาปฏิชีวนะช่วยปรับปรุงค่า FCR ของไก่เนื้อที่เลี้ยงภายใต้สภาพ ความหนาแน่นสูงให้ดีเทียบเท่าไก่เนื้อที่เลี้ยงภายใต้ความหนาแน่นปกติ เนื่องด้วยคุณสมบัติ การต้านอนุมูลอิสระของฟลาโวนอยด์ ช่วยให้ปริมาณของอนุมูลอิสระลดลงให้อยู่ในระดับสมดุล ที่ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อเนื้อเยื่อของลำไส้ ส่งเสริมการย่อยและการดูดซึมของลำไส้ให้ดีขึ้น สอดคล้องกับ Zhou *et al.* (2019) ที่รายงานการเสริมสารฟลาโวนอยด์ที่ระดับ 200 ppm ช่วยปรับปรุงค่า FCR ของไก่เนื้อในช่วงอายุ 21 ถึง 42 วันและ 7 ถึง 42 วันให้ดีขึ้น ในช่วงระยะก่อนส่งตลาด (อายุ 25-37 วัน) เป็นช่วงที่ไก่เนื้อมีขนาด

ตัวที่โตเต็มที่ มีความร้อนสะสมในร่างกายที่สูง และมีความไวต่อความเครียด แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) แต่ยังคงพบว่าไก่เนื้อที่เลี้ยงภายใต้ความหนาแน่นสูงมีน้ำหนักตัวต่ำกว่าไก่เนื้อที่เลี้ยงภายใต้ความหนาแน่นปกติ ส่งผลให้ไก่เนื้อที่เลี้ยงภายใต้ความหนาแน่นสูงมี FCR สูงกว่าไก่เนื้อที่เลี้ยงภายใต้ความหนาแน่นปกติ สอดคล้องกับรายงานของ Guardia *et al*. (2011) ซึ่งพบว่าในช่วงอายุ 32 ถึง 39 วัน การเลี้ยงไก่เนื้อที่ความหนาแน่น 17 ตัวต่อตารางเมตร ส่งผลให้น้ำหนักตัวของไก่ลดลงร้อยละ 5.5 และส่งผลให้ FCR ด้อยลงถึงร้อยละ 3.1 เมื่อเปรียบเทียบกับการเลี้ยง ที่ความหนาแน่น 12 ตัวต่อตารางเมตร โดยตลอดช่วงของการเลี้ยง (อายุ 1-37 วัน) ไม่พบความแตกต่างทางสถิติด้านสมรรถภาพการผลิต (P>0.05) อย่างไรก็ตามพบว่าไก่เนื้อที่ได้รับสารฟลาโวนอยด์จากส้มมีปริมาณการกินที่ต่ำกว่าไก่เนื้อที่เลี้ยงภายใต้ความหนาแน่นสูง ในขณะที่มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกัน เนื่องด้วยสารฟลาโวนอยด์จากส้มช่วยลดปริมาณอนุมูลอิสระให้อยู่ในระดับสมดุล ช่วยลดการเข้าทำลายของอนุมูลอิสระต่อเนื้อเยื่อของลำไส้ ทำให้ลดการสูญเสียพลังงานในการซ่อมแซมและฟื้นฟูเนื้อเยื่อที่เสียหาย พลังงานถูกใช้ในการเจริญเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพ และช่วยปรับปรุงระบบทางเดินอาหารให้สามารถใช้ประโยชน์จากสารอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลถึงสมรรถภาพการผลิตให้ดีขึ้น

การวิเคราะห์ค่าทางโลหิตวิทยา

ผลของการวิเคราะห์ค่าโลหิตวิยาของไก่เนื้อที่อายุ 35 วัน ซึ่งแสดงในตารางที่ 3 จากการศึกษาดัชนีความเครียดโดยการประเมินจากค่า H:L และ ระดับ CORT พบว่าไก่เนื้อที่เลี้ยงภายใต้ความหนาแน่นสูงมีค่า H:L สูงกว่าการเลี้ยงไก่เนื้อภายใต้ความหนาแน่นปกติ โดย Gomes *et al*. (2014) ได้รายงานถึงการเพิ่มความหนาแน่นในการเลี้ยงไก่ นั้นทำให้น้ำหนักของต่อมเบอร์ซ่าลดลง ซึ่งส่งผลต่อจำนวนของเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ลดลงไปด้วย จึงเป็นสาเหตุให้ค่า H:L สูงขึ้น อย่างไรก็ตามพบว่าการเสริมสารฟลาโวนอยด์จากส้มที่ 300 ppm มีผลช่วยลดระดับของ H:L อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับการเลี้ยงที่ ความหนาแน่นสูง ในขณะที่การเสริมยาปฏิชีวนะไม่พบความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งผลทดลองสอดคล้องกับ Kamboh *et al*. (2013) รายงานผลของการเสริมฟลาโวนอยด์ในอาหารของไก่เนื้อที่เลี้ยงภายใต้ความเครียดจากความร้อน ส่งผลต่อการลดลงของเฮทเทอโรฟิล และค่า H:L เนื่องด้วยความเครียดจะกระตุ้นร่างกายให้หลั่งฮอร์โมนกลูโคคอร์ติคอยด์ ซึ่งส่งผลต่อการเพิ่มอัตราการไหลเวียนเลือดจากไขกระดูกเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณของ H:L สูงขึ้น นอกจากนี้ความเครียดยังส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอนุมูลอิสระ ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเครียดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งส่งผลรบกวนการทำงานของฮอร์โมนแบบตอบสนองกลับ (feedback) ให้ยังคงกระตุ้นอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นฟลาโวนอยด์จึงช่วยลดปริมาณของอนุมูลอิสระให้อยู่ในสมดุลช่วยให้ฮอร์โมนทำงานเป็นปกติ (Prevatto *et al*., 2017) อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้พบว่าระดับ CORT ของไก่เนื้อทุกกลุ่มทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) เนื่องจาก CORT มีกลไกการทำงานแบบตอบสนองกลับซึ่งเปลี่ยนแปลงปริมาณได้รวดเร็วจึงเป็นข้อจำกัดของ CORT ต่อการนำมาใช้วัดดัชนีความเครียด (Kamboh *et al*., 2013)

การตอบสนองความเครียดในร่างกายส่งผลให้ระดับของอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจนำมาสู่ภาวะความเครียดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งสามารถประเมินระดับของอนุมูลอิสระจากปริมาณของ MDA ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาลิพิดเปอร์ออกซิเดชันในซีรั่มหรือเนื้อเยื่อ (Church and Pryor, 1985) จากการทดลองพบว่าการเลี้ยงไก่เนื้อภายใต้ความหนาแน่นสูงมีระดับ MDA สูงกว่าไก่เนื้อที่เลี้ยงภายใต้ความหนาแน่นปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) อย่างไรก็ตามพบว่าการเสริมสารฟลาโวนอยด์จากส้มจะช่วยลดระดับของ MDA ลงเทียบเท่า

Table 2 Effect of citrus flavonoids as alternative to antibiotic growth promoters on growth performance in broiler under different stocking densities.

Treatment	NSD	HSD	BCT50	FVN300	FVN400	SEM	P-value
1-10 DOA							
Initial BW	38.3	38.5	38.5	38.5	38.3	0.05	0.3759
Feed intake (g)	293.8	292.2	295.9	293.1	294.5	1.61	0.9622
Body weight gain (g)	255.1	255.2	261.1	259.6	256.1	1.81	0.9223
FCR	1.15	1.15	1.13	1.13	1.15	0.005	0.5107
Mortality (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	N/A	N/A
11-24 DOA							
Feed intake (g)	1,000.0	1,020.0	1,010.9	1,003.5	1,009.0	4.32	0.6448
Body weight gain (g)	697.2	686.6	695.3	698.0	701.2	3.48	0.7391
FCR	1.43[b]	1.49[a]	1.46[b]	1.44[b]	1.44[b]	0.005	0.0074
Mortality (%)	0.45	0.00	0.00	0.31	0.31	0.139	0.5237
25-37 DOA							
Feed intake (g)	1,847.1	1,831.1	1,861.9	1,818.4	1,800.1	15.54	0.7497
Body weight gain (g)	1,153.1	1,100.0	1,107.6	1,104.2	1,094.3	10.48	0.4111
FCR	1.60	1.67	1.69	1.65	1.65	0.014	0.3970
Mortality (%)	0.50	1.58	0.32	1.27	0.00	0.251	0.2494
1-37 DOA							
Feed intake (g)	3,115.1	3,143.3	3,168.6	3,115.1	3,103.7	17.28	0.7810
Body weight gain (g)	2,105.4	2,051.3	2,064.0	2,061.8	2,051.3	11.24	0.5397
FCR	1.49	1.54	1.54	1.51	1.51	0.007	0.2012
Mortality (%)	0.93	1.56	0.31	1.56	0.31	0.253	0.2593

N/A = non-statistical analysis

[a-b] Means with different superscripts in the same row are significantly different ($P<0.05$)

Table 3 Effect of citrus flavonoids as alternative to antibiotic growth promoters on blood component in broiler under different stocking densities

Treatment	ND	HD	BCT50	FVN300	FVN400	SEM	P-value
H:L ratio	2.244[b]	2.824[a]	2.768[a]	2.228[b]	2.754[ab]	0.013	0.0226
CORT (ng/ml)	6.126	6.301	6.220	6.145	6.164	0.003	0.7740
MDA (nMol/mg)	10.08[b]	10.85[a]	10.77[ab]	10.08[b]	10.09[b]	0.004	0.0216

[a-b] Means with different superscripts in the same row are significantly different ($P<0.05$)

กับการเลี้ยงไก่เนื้อภายใต้ความหนาแน่นปกติ (P<0.05) ทั้งนี้เนื่องจากอนุมูลอิสระเป็นสารที่มีอิเล็กตรอนไม่ครบคู่ ทำให้โมเลกุลไม่เสถียร ซึ่งอนุมูลอิสระจึงสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นในร่างกายก่อให้เกิดความเสียหายต่อเซลล์และเนื้อเยื่อ โดยฟลาโวนอยด์มีโครงสร้างเป็นวงแหวนฟีนอล ซึ่งสามารถถ่ายเทอะตอมไฮโดรเจนให้กับโมเลกุลของอนุมูลอิสระ ทำให้มีความเสถียรและยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาจากอนุมูลอิสระด้วย (free-radical scavenging) นอกจากนี้ฟลาโวนอยด์สามารถส่งเสริมการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการต้านอนุมูลอิสระในเซลล์ เช่น เอนไซม์ซุปเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส เอนไซม์คะตาเลส และ เอนไซม์กลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส เป็นต้น (Nimse and Pal, 2015) จากกลไกดังกล่าวทำให้ฟลาโวนอยด์จึงมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งช่วยยับยั้งการเกิดสภาวะความเครียดจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของลำไส้เล็ก

ผลการศึกษาสัณฐานวิทยาของลำไส้เล็กส่วนกลางของไก่เนื้อ อายุ 35 วัน ซึ่งแสดงในตารางที่ 4 พบว่าไก่เนื้อภายใต้ความหนาแน่นสูง มีความสูงของวิไลและ VH:CD มีค่าต่ำกว่าการเลี้ยงที่ความหนาแน่นปกติ ในขณะที่ความลึกของคริปท์ ความกว้างวิลไล และ พื้นที่ผิวของวิลไลไม่พบความแตกต่างทางสถิติในทุกกลุ่มทดลอง (P>0.05) เนื่องจากการเลี้ยงไก่เนื้อแบบหนาแน่นสูงส่งผลต่อการเพิ่มอุณหภูมิรอบๆ ตัวไก่ ไก่เนื้อจึงมีการหอบสูงขึ้นเพื่อกระจายความร้อนสู่ภายนอก โดยเพิ่มการไหลเวียนของเลือดเพื่อเร่งการระบายความร้อน ส่งผลให้ปริมาณเลือดในลำไส้ของเยื่อบุผิวลดลง ทำให้ปริมาณสารอาหารและออกซิเจนนำสู่เยื่อบุผิวลดลงก่อให้เกิดการหลุดลอกของเยื่อบุผิวของลำไส้เพิ่มขึ้น (Varasteh *et al*., 2015) ส่งผลให้ความสูงวิลไล และ VH:CD ลดลง (Liu *et al*., 2016) อย่างไรก็ตามพบว่าการเสริมสารฟลาโวนอยด์จากส้ม ส่งผลให้ความสูงของวิไลและ VH:CD สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) เทียบเท่ากับการเลี้ยงภายใต้ความหนาแน่นปกติ สอดคล้องกับ Zhu *et al*. (2021) รายงานการเสริมฟลาโวนอยด์ในอาหาร พบว่าช่วยเพิ่มความสูงของวิลไล และ VH:CD ในลำไส้เล็กส่วนปลาย และลดความลึกของคริปท์ในลำไส้ส่วนต้นและส่วนกลางของไก่ไข่ที่เผชิญสภาวะความเครียดส่งผลให้อนุมูลอิสระเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพทางเดินอาหาร เนื่องจากอนุมูลอิสระสามารถเข้าทำปฏิกิริยาลิพิดเปอร์ออกซิเดชันกับเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้เกิดความเสียหายต่อวิลไล เนื่องด้วยฟลาโวนอยด์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพช่วยลดปริมาณอนุมูลอิสระลง ส่งผลให้สุขภาพทางเดินอาหารให้แข็งแรงขึ้น เซลล์ของผนังลำไส้เกิดการขยายตัว และเพิ่มจำนวนมากขึ้น ส่งผลให้วิลไลมีความยาวมากขึ้น (Turan and Mahmood, 2007)

Table 4 Effect of citrus flavonoids as alternative to antibiotic growth promoters on jejunum morphology in broiler under different stocking densities

Treatment	NSD	HSD	BCT50	FVN300	FVN400	SEM	P-value
Villus height (μm)	1,269.4^{ab}	1,158.6^{b}	1,253.2^{ab}	1,350.7^{a}	1,308.9^{a}	17.9	0.0206
Crypt depth (μm)	180.5	191.2	182.5	179.3	170.2	3.0	0.3055
Villus width (μm)	165.9	161.5	160.9	157.5	154.6	1.7	0.2611
VH: CD ratio	7.13^{b}	6.26^{c}	7.02^{b}	7.99^{a}	7.85^{a}	0.08	<0.001
Villi surface area (mm^2)	0.66	0.59	0.62	0.67	0.62	0.01	0.3589

$^{a-b}$ Means with different superscripts in the same row are significantly different (P<0.05)

สรุป

การเลี้ยงไก่เนื้อภายใต้ความหนาแน่นสูงก่อให้เกิดผลเสียต่อสัตว์เมื่อเปรียบเทียบกับการเลี้ยงไก่เนื้อภายใต้ความหนาแน่นปกติ ในด้านของสมรรถภาพการผลิต พบว่าทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวด้อยลง ดัชนีความเครียดจากค่า H:L และระดับ MDA มีค่าที่สูงขึ้น ร่วมทั้งการลดลงของความสูงของวิไล และ VH:CD ของลำไส้เล็กส่วนกลาง อย่างไรก็ตามการเสริมสารฟลาโวนอยด์จากส้มในไก่เนื้อที่เลี้ยงภายใต้ความหนาแน่นสูง สามารถช่วยปรับปรุงสมรรถภาพการผลิต โดยทำให้มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่ดีขึ้น นอกจากนี้ พบว่าสารฟลาโวนอยด์จากส้มสามารถลดดัชนีความเครียด H:L และลดระดับ MDA ในเลือดได้ รวมทั้งส่งเสริมสุขภาพระบบทางเดินอาหาร ในการเพิ่มความสูงของวิลไล และ VH:CD ในลำไส้เล็กส่วนกลางได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ที่สนับสนุนทุนวิจัย ภายใต้แผนงานวิจัย สัตว์เศรษฐกิจ และ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่อำนวยความสะดวกในเรื่องของการใช้สถานที่ อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ระหว่างปฏิบัติงานทดลอง

เอกสารอ้างอิง

Abudabos, A.M., Samara, E.M., Hussein, E.O.S., Al-Ghadi, M.Q. and AlAtiyat, R. M. 2013. Impacts of stocking density on the performance and welfare of broiler chickens. Ital. J. Anim. Sci. 12: e66–e71.

Brunnsgaard, G. 1998. Effects of cereal type and feed particle size on morphological characteristics epithelial cell proliferation and lectin binding patterns in the large intestine of pig. J. Anim. 76: 2786-2798.

Guardia S. 2011. Effects of stocking density on the growth performance and digestive microbiota of broiler chickens. Poult. Sci. 90: 1878-1889.

Gomes, A.V.S., Quinteiro-Filho, W.M., Ribeiro, A., Ferraz-de-Paula, V., Pinheiro, M.L., Baskeville, E., Akamine, A.T., Astolfi-Ferreira, C.S., Ferreira, A.J.P., Palermo-Neto, J. 2014. Overcrowding stress decreases macrophage activity and increases *Salmonella enteritidis* invasion in broiler chickens. Avian. Pathol. 43: 82–90.

Grotto, D., Santa Maria, L.D., Boeira, S., Valentini, J., Charão, M.F., Moro, A.M., Nascimento, P.C., Pomblum, V.J. and Garcia, S.C. 2007. Rapid quantification of malondialdehyde in plasma by high performance liquid chromatography-visible detection. J. Pharm. Biomed. Anal. 43: 619–624.

Kabploy, K., Bunyapraphatsara, N., Morales, N.P. and Paraksa, N. 2016. Effect of antibiotic growth promoters on anti-oxidative and anti-inflammatory activities in broiler chickens. Thai. J. Vet. Med. 46(1): 89-95.

Kamboh, A.A., Hang, S.Q., Bakhetgul, M. and Zhu, W-Y. 2013. Effects of genistein and hesperidin on biomarkers of heat stress in broilers under persistent summer stress. Poult. Sci. 92: 2411-2418.

Kim, H.P., Kun, H.S., Hyeun, W.C. and Sam, S.K. 2004. Anti-inflammatory plant flavonoids

and cellular action mechanisms. J. Pharmacol. Sci. 96: 229-245.

Li, W., Wei, F., Xu, B., Sun, Q., Deng, W., Ma, H., Bai, J. and Li, S. 2019. Effect of stocking density and alpha-lipoic acid on the growth performance, physiological and oxidative stress and immune response of broilers. Asian Austral. J. Anim. 32(12): 1914-1922.

Niewold, T.A. 2007. The nonantibiotic anti-inflammatory effect of antimicrobial growth promoters, the real mode of action? A hypothesis. Poult. Sci. 86: 605–609.

Nimse, S.B. and Pal, D. 2015. Free radicals, natural antioxidants, and their reaction mechanisms. RSC Adv. 5(35): 27986-8006.

Panche, A.N, Diwan, A.D. and Chandra, S.R. 2016. Flavonoids: an overview. J. of Nutri. Sci. 5(47): 1-15.

Prevatto, J.P., Torres, R.C., Diaz, B.L., Silva, P.M.R., Martins, M.A., and Carvalho, V.F. 2017. Antioxidant Treatment Induces Hyperactivation of the HPA Axis by Upregulating ACTH Receptor in the Adrenal and Downregulating Glucocorticoid Receptors in the Pituitary. Oxid. Med. Cell Longev. 2017: 4156361.

Turan, A. and Mahmood, A. 2007. The profile of antioxidant systems and lipid peroxidation across the crypt-villus axis in rat intestine. Dig. Dis. Sci. 52: 1840-1844.

Zhou, Y., Mao, S. and Zhou, M. 2019. Effect of the flavonoid baicalein as a feed additive on the growth performance, immunity, and antioxidant capacity of broiler chickens. Poult. Sci. 98 (7): 2790-2799.

Zhu, A.N., Zhang, K.Y., Wang, J.P., Bai, S.P., Zeng, Q.F., Peng, H.W. and Ding, X.M. 2021. Effect of different concentrations of neohesperidin dihydrochalcone on performance, egg quality, serum biochemistry and intestinal morphology in laying hens. Poult. Sci. 100: 101387.