

การเสริมผงแก่นมะหาดต่อการเจริญเติบโต การต้านการอักเสบ และการลดความเครียด ในไก่ลูกผสมพื้นเมือง

Effect of *Artocarpus lakoocha* Heartwood Powder Supplementation on Growth Performance, Anti-Inflammatory and Stress-Reducing Responses in Crossbred Native Chickens

ณัฐวัฒน์ ตันพล¹, ทิพย์สุดา บุญมาทัน^{1*} และนพรัตน์ ผกาเชิด¹
Nathawat Tanpol¹, Thipsuda Boonmatan^{1*} and Nopparat Phakachoe¹

Received date: 24 พ.ย. 68 Revised date: 16 ม.ค. 69 Accepted date: 19 ม.ค. 69

DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2026.269858>

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมผงแก่นมะหาด (*Artocarpus lakoocha* heartwood powder) ซึ่งมีส่วนด้านในของลำต้น ในอาหารไก่ลูกผสมพื้นเมืองต่อความสามารถในการต้านการอักเสบ การลดความเครียด และประสิทธิภาพการเจริญเติบโต โดยใช้การทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ในไก่ลูกผสมพื้นเมือง แรกเกิดถึง 70 วัน จำนวนทั้งหมด 400 ตัว แบ่งเป็น 4 กลุ่มทดลองกลุ่มๆ ละ 4 ซ้ำๆ ละ 25 ตัว โดยมีกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่เสริมผงแก่นมะหาดที่ระดับ 0.2% 0.4% และ 0.6% ผลการศึกษาพบว่าการเสริมผงแก่นมะหาดที่ระดับ 0.4% และ 0.6% มีผลต่อปริมาณอาหารที่กินได้ที่ 0-4 สัปดาห์ที่ลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อ น้ำหนักตัวเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร ($p > 0.05$) ด้านตัวชี้วัดความเครียด และการอักเสบ พบว่าการเสริมผงแก่นมะหาดที่ระดับ 0.2% 0.4% และ 0.6% มีผลต่อระดับคอร์ติโคสเตอโรนที่ต่ำลงในเลือด และที่ระดับ 0.2% พบว่า Heterophil ต่อ Lymphocyte (h/l ratio) ต่ำที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังนั้นการเสริมผงแก่นมะหาดในระดับ 0.2% สามารถช่วยลดความเครียดในไก่ลูกผสมพื้นเมืองได้ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและคุณภาพการผลิต ซึ่งมีศักยภาพในการนำไปใช้เป็นสารเสริมอาหารธรรมชาติทดแทนการใช้สารสังเคราะห์หรือยาปฏิชีวนะในอุตสาหกรรมการผลิตสัตว์ปีกได้อย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: ผงแก่นมะหาด ไก่ลูกผสมพื้นเมือง ความเครียด การอักเสบ

Abstract

This study was conducted to evaluate the effects of dietary supplementation with *Artocarpus lakoocha* heartwood powder on anti-inflammatory responses, stress reduction, and growth performance of native crossbred chickens. A 70-day feeding trial was performed using a completely randomized design (CRD). A total of 400 day-old chicks were randomly allocated to four treatment groups, with four replicates of 25 birds each. The experimental treatments consisted of a basal diet (control) and diets supplemented with *A. lakoocha* heartwood powder at concentrations of 0.2%, 0.4%, and 0.6%. The results indicated that dietary supplementation with *A. lakoocha* heartwood powder at levels of 0.4% and 0.6% significantly reduced feed intake during 0–4 weeks of age ($p < 0.05$). However, no significant effects were observed on body weight, average daily gain, or feed conversion ratio throughout the experimental period ($P > 0.05$). Regarding stress and inflammatory indicators, supplementation with *A. lakoocha* heartwood powder at levels of 0.2%, 0.4%, and 0.6% significantly decreased blood corticosterone levels. In addition, chickens supplemented with 0.2% *A. lakoocha* heartwood powder showed the lowest heterophil-to-lymphocyte (H/L) ratio, with a significant difference ($p < 0.05$). In conclusion, supplementing the diet of native crossbred chickens with 0.2% *A. lakoocha* heartwood powder can effectively alleviate stress without adversely affecting growth performance. These findings suggest its potential as a phytogenic feed additive to reduce the reliance on synthetic compounds and antibiotics in sustainable poultry production.

Keywords: *Artocarpus lakoocha* heartwood powder, native crossbred chickens, stress, inflammation

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ 46000

¹ Department of Animal Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, Kalasin University, Kalasin 46000

* Corresponding author: thipsuda.bo@ksu.ac.th

คำนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตไก่ลูกผสมพื้นเมืองมีแนวโน้มขยายตัวในเชิงพาณิชย์ ส่งผลให้รูปแบบการเลี้ยงมีความหนาแน่นสูง ประกอบกับสภาพภูมิอากาศในเขตร้อนและภาวะโลกร้อนทำให้ไก่ต้องเผชิญกับสภาวะเครียดจากความร้อน (heat stress) ซึ่งเป็นปัจจัยลบสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อสรีรวิทยาและระบบต่อมไร้ท่อของสัตว์ ทำให้ระดับฮอร์โมนความเครียดคือ คอร์ติโคสเตอรอน (corticosterone) ในเลือดเพิ่มสูงขึ้น (Nawab et al., 2018; Sapolsky et al., 2000) และเกิดความไม่สมดุลของเม็ดเลือดขาว โดยสะท้อนผ่านค่าอัตราส่วนเฮเทอโรฟิลต่อลิมโฟไซต์ (h/l ratio) ที่สูงขึ้น (Gross and Siegel, 1983) ภาวะดังกล่าวส่งผลให้เกิดอนุมูลอิสระและความเครียดออกซิเดชัน (oxidative stress) นำไปสู่ภาวะภูมิคุ้มกันต่ำ การอักเสบเรื้อรัง สมรรถนะการผลิตลดลง และอัตราการตายเพิ่มขึ้น (Nawab et al., 2018) เพื่อควบคุมโรคและรักษาประสิทธิภาพการผลิต ผู้เลี้ยงจึงจำเป็นต้องพึ่งพายาปฏิชีวนะและยาต้านจุลชีพ อย่างไรก็ตาม การใช้ยาดังกล่าวอย่างต่อเนื่องก่อให้เกิดความเสี่ยงเรื่องสารตกค้างในผลิตภัณฑ์สัตว์ ซึ่งเป็นประเด็นที่ผู้บริโภคและหน่วยงานด้านความปลอดภัยอาหารให้ความสำคัญอย่างยิ่ง จึงเกิดแนวทางในการลดการใช้ยาปฏิชีวนะและหาสารทดแทนจากธรรมชาติ โดยเฉพาะสมุนไพร ซึ่งมีศักยภาพในการเสริมภูมิคุ้มกัน ปรับสมดุลสุขภาพสัตว์ และลดปัญหาโรกระบบทางเดินอาหารโดยไม่ทิ้งสารตกค้าง (Jha and Kim, 2021)

มะหาด (*Artocarpus lakoocha* Roxb.) เป็นไม้ยืนต้นในวงศ์ Moraceae ที่เป็นพืชประจำถิ่นสำคัญของไทยและพบทั่วไปในเอเชีย ส่วนต่าง ๆ ของมะหาดถูกใช้ในยาแผนโบราณมาอย่างยาวนาน โดยเฉพาะ "แก่นมะหาด" ซึ่งคือเนื้อไม้ส่วนในสุด (Heartwood) ของลำต้นที่มีการสะสมของสารฟลักซ์เคมี (phytochemicals) เข้มข้นกว่าส่วนอื่น การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีพบว่าแก่นมะหาดอุดมไปด้วยสารกลุ่มฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ปริมาณสูง (Jagtap and Bapat, 2010) โดยสารสำคัญที่พบมากที่สุด ได้แก่ ออกซีเรสเวราทรอล (oxyresveratrol) และ เควอซีติน (quercetin) ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูง (Singhatong et al., 2010; Subtaeng et al., 2023) สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในแก่นมะหาด โดยเฉพาะ เควอซีติน (quercetin) มีบทบาทสำคัญต่อสรีรวิทยาของสัตว์ผ่านหลายกลไก กล่าวคือ เควอซีตินทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีศักยภาพ ช่วยปกป้องเซลล์จากความเสียหายโดยการดักจับอนุมูลอิสระโดยตรง และกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระในร่างกาย (Dong et al., 2020) นอกจากนี้ ยังมีคุณสมบัติด้านการอักเสบ (anti-inflammatory) โดยมีรายงานว่าเควอซีตินสามารถ ยับยั้งเส้นทางการส่งสัญญาณ NF- κ B (nuclear factor kappa B signaling pathway) ซึ่งเป็นตัวควบคุมหลักของการตอบสนองต่อการอักเสบ ส่งผลให้การหลั่งสารสื่อกลางที่ก่อให้เกิดการอักเสบ (pro-inflammatory cytokines) ลดลง และช่วยปรับสมดุลระบบภูมิคุ้มกัน ทำให้สัตว์สามารถต่อต้านความเครียดจากสภาพแวดล้อมได้ดียิ่งขึ้น (Yang et al., 2020)

จากข้อมูลข้างต้น การวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะนำแก่นมะหาด ซึ่งผ่านการวิเคราะห์แล้วว่ามีสารออกฤทธิ์กลุ่มฟลาโวนอยด์ โดยเฉพาะเควอซีติน มาใช้เป็นสารเสริมในอาหารสัตว์ โดยมีสมมติฐานว่าสารออกฤทธิ์ดังกล่าวจะช่วยลดระดับความเครียดทางสรีรวิทยา ลดการอักเสบ และส่งเสริมสุขภาพของไก่ได้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมแก่นมะหาดในอาหารไก่ลูกผสมพื้นเมือง ต่อความสามารถในการต้านการอักเสบ การต้านความเครียด ผ่านตัวชี้วัดทางโลหิตวิทยาและฮอร์โมน และประสิทธิภาพการเจริญเติบโต เพื่อเป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์จากสมุนไพรท้องถิ่นในการผลิตสัตว์ปีกอย่างยั่งยืนต่อไป

วิธีการศึกษา

การเลี้ยงและการจัดการ

การศึกษาครั้งนี้ได้รับอนุญาตใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ตามเอกสารอนุญาตเลขที่ KSU-AE-056 ใช้ไก่ลูกผสมพื้นเมืองสายพันธุ์ชัยอารี ของบริษัท ฟาร์มชัยอารี จำกัด อายุ 1 วัน จำนวน 400 ตัว แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มๆ ละ 4 ซ้ำๆ ละ 25 ตัว เลี้ยงในโรงเรือนระบบเปิด ขนาด 1.5x1.5 เมตร (พื้นที่ 11 ตัวต่อ 1 ตารางเมตร) จำนวน 16 คอก ให้กินอาหารผสมตามความต้องการเต็มที่ (*ad libitum*) หรือโดยเฉลี่ย 85-95 กรัมต่อตัวต่อวัน ระยะเวลาการเลี้ยง 70 วัน โดยให้อาหารไก่เนื้อสำเร็จรูปทางการค้า ซึ่งระบุบนฉลากและเอกสารกำกับผลิตภัณฑ์ว่าไม่มีการผสมยาปฏิชีวนะในสูตรอาหาร (antibiotic-free) ตามช่วงอายุ ดังนี้ ไก่อายุ 0-4 สัปดาห์ ให้อาหารสำเร็จรูปโปรตีนไม่ต่ำกว่า 21% ไก่อายุ 5-6 สัปดาห์ ให้อาหารไก่เนื้อสำเร็จรูปโปรตีนไม่ต่ำกว่า 19% และไก่อายุ 7-10 สัปดาห์ ให้อาหารไก่เนื้อสำเร็จรูปโปรตีนไม่ต่ำกว่า 17% โปรแกรมแสงธรรมชาติ ให้กินอาหาร-น้ำดื่มที่ และทำการป้องกันโรคตามโปรแกรมการให้วัคซีนของกรมปศุสัตว์

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design) โดยมีกลุ่มทดลองที่ต้องการศึกษา 4 กลุ่ม ก่อนทำการทดลอง เตรียมแก่นมะหาด เริ่มจากนำส่วนเนื้อไม้ด้านในของลำต้นมะหาดที่อายุไม่ต่ำกว่า 5 ปี สับเป็นชิ้นขนาด 2-5 เซนติเมตร นำไปตากแดด 3-4 วัน จากนั้นนำมาบดโดยเครื่องบดแบบ hummer mill ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.15 มิลลิเมตร จน

เป็นผงละเอียด นำเข้าเครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ในการทดลองนี้ก่อนเสริมผงแก่นมะหาด จะดำเนินการวิเคราะห์ Total flavonoid ด้วยวิธี Aluminum chloride colorimetric method (Chang et al., 2002) จากผลการวิเคราะห์พบสารออกฤทธิ์ เควอซิติน (quercetin) 0.39 ± 0.01 มิลลิกรัม/100 มิลลิกรัมวัตถุแห้ง เพื่อใช้ผสมในแต่ละกลุ่มการทดลอง ดังนี้

กลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มควบคุม (control)

กลุ่มทดลองที่ 2 เสริมผงแก่นมะหาด ลงในอาหารที่ระดับ 0.2% ต่อน้ำหนักอาหาร ปริมาณเควอซิติน 7.8 มก./กก.อาหาร

กลุ่มทดลองที่ 3 เสริมผงแก่นมะหาด ลงในอาหารที่ระดับ 0.4% ต่อน้ำหนักอาหาร ปริมาณเควอซิติน 15.6 มก./กก.อาหาร

กลุ่มทดลองที่ 4 เสริมผงแก่นมะหาด ลงในอาหารที่ระดับ 0.6% ต่อน้ำหนักอาหาร ปริมาณเควอซิติน 23.4 มก./กก.อาหาร

การเก็บข้อมูลสมรรถนะการผลิต

เก็บข้อมูลสมรรถนะการเลี้ยง ตั้งแต่แรกเกิดถึง 70 วัน ชั่งน้ำหนักทุกสัปดาห์ เก็บข้อมูลปริมาณอาหารที่กินได้ โดยทำการชั่งอาหารที่ให้ และอาหารที่เหลือในแต่ละวัน จนสิ้นสุดการทดลอง เพื่อนำไปคำนวณปริมาณอาหารที่กินได้เฉลี่ย (feed intake) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG) ของแต่ละกลุ่มทดลอง และเก็บข้อมูลการตายของไก่ทุกวัน เพื่อดูอัตราการตาย ของแต่ละกลุ่มทดลอง สูตรคำนวณสมรรถนะการผลิต ดังนี้

ปริมาณอาหารที่กินได้ (feed intake) = ปริมาณอาหารที่กินทั้งหมด (กรัม) / (จำนวนสัตว์ x จำนวนวันของการทดลอง)

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก (FCR) = ปริมาณอาหารที่กินทั้งหมด (กรัม) / น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นทั้งหมด (กรัม)

อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG) = {น้ำหนักตัวสุดท้าย(กรัม) - น้ำหนักตัวเริ่มต้น (กรัม)} / จำนวนวันของการทดลอง

อัตราการตาย (%) = (จำนวนสัตว์ที่ตาย / จำนวนสัตว์เริ่มต้น) X 100

การศึกษาโลหิตวิทยาทางด้านความเครียด และการอักเสบ

วิเคราะห์ความเข้มข้นของคอร์ติโคสเตอรอน (Corticosterone)

เก็บตัวอย่างเลือดไก่ที่อายุ 10 สัปดาห์ เพื่อวิเคราะห์ค่าโลหิตวิทยาทั้งหมด โดยใช้เข็มฉีดยาเบอร์ 21 เก็บจากเส้นเลือดปีก (wing vein) ปริมาณ 2 มิลลิลิตร เลือดที่เก็บได้ถูกใส่ลงในหลอดเก็บเลือดที่ไม่มีสารป้องกันเลือดแข็งตัว ปลอຍให้เลือดแข็งตัว จากนั้นนำเลือดไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 3,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที ดูดส่วนใส 5 μ l และเติม 5 μ l ของ Dissociation reagent ลงในหลอดไมโครเซนติฟิวจ์ ผสมเบาๆ แล้วบ่มที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที ตามด้วยการเติม 490 μ l ของ 1X Assay buffer เพื่อให้ได้อัตราส่วนการเจือจางเริ่มต้นที่ 1:100 หลังจากนั้นนำพลาสมาที่ได้วิเคราะห์ความเข้มข้นของคอร์ติโคสเตอรอน โดยใช้ชุดทดสอบสำเร็จรูป corticosterone ELISA assay mini-kit (Thermo Fisher Scientific, 2024) ตามวิธีของผู้ผลิต โดยจะนำพลาสมา และสารมาตรฐานที่เตรียมไว้ เติลงลงใน microplate หลังจากนั้นการเติมเอนไซม์และสารเคมีเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาสี แล้วอ่านค่าความเข้มข้นของคอร์ติโคสเตอรอน ด้วย Microplate reader ที่ความยาวคลื่น 450 nm. สุดท้าย อ่านค่าที่คำนวณความเข้มข้นของคอร์ติโคสเตอรอนจากเครื่อง

การประเมินค่าอัตราส่วน Heterophil ต่อ Lymphocyte (H/L ratio)

เก็บเลือดปริมาณ 1 มิลลิลิตร ลงในหลอด EDTA ตรวจหาค่าโลหิตวิทยา (complete blood count) โดยเครื่อง Horiba hematology analyzer รุ่น Pentra ES60 และใช้การย้อมและนับเซลล์เม็ดเลือดขาวด้วย Wright's stain หรือ May-Grünwald Giemsa stain ตามวิธีของ Gross and Siegel (1983) อ่านด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 100x โดยแยกชนิด heterophils และ lymphocytes จากนั้นคำนวณค่า H/L ratio ทำโดยการหารจำนวน heterophils ด้วยจำนวน lymphocytes ของสัตว์แต่ละตัว

การประเมินค่า Erythrocyte sedimentation rate (ESR)

เก็บเลือดปริมาณ 1 มิลลิลิตร ลงในหลอด EDTA หลังจากนั้น ทำการวัดค่า ESR ใช้วิธี Westergren modified โดยเติมเลือดลงในหลอด Westergren อ่านระยะจากเส้นบนของพลาสมาบนสุดถึงขอบบนสุดของชั้นเม็ดเลือดแดงหลังจากปล่อยให้เซลล์เม็ดเลือดแดงตกตะกอนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง บันทึกเป็น mm/hr (Gross and Siegel, 1983)

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ข้อมูลทั้งหมดจะถูกนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มการทดลองด้วย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยโปรแกรม SPSS for window version 16.0 (IBM Corp, 2007)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการศึกษาผลของการเสริมผงแก่นมะหาดในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่ลูกผสมพื้นเมืองตลอดระยะเวลา 10 สัปดาห์ พบว่าการเสริมผงแก่นมะหาดในทุกระดับ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมในทุกช่วงอายุ ดังแสดงใน Table 1 อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG, g/day) ค่า ADG ในช่วงอายุ 0-4, 4-6, 6-8, 8-10 และ 0-10 สัปดาห์ พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยในช่วงอายุ 0-4 สัปดาห์ กลุ่มที่ได้รับการเสริมมีค่า ADG ใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ย 14.48-14.94 กรัมต่อวัน เช่นเดียวกับช่วงอายุ 4-6 และ 6-8 สัปดาห์ ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 22.58-28.49 กรัมต่อวัน ส่วนในช่วง 8-10 สัปดาห์ ADG มีค่า 19.22-22.09 กรัมต่อวัน และเมื่อพิจารณาตลอดการทดลองตั้งแต่ 0-10 สัปดาห์ พบว่า ADG เฉลี่ยอยู่ในช่วง 19.83-20.63 กรัมต่อวัน

Table 1 Effect of *Artocarpus lakoocha* heartwood powder in diets on the growth performance of crossbred native chickens

Performance	Age (week)	Treatment				SEM	p-value
		Control	0.2%	0.4%	0.6%		
Body weight (g)							
	2	181.58	200.13	182.61	182.37	5.71	0.563
	4	439.55	423.33	442.67	452.42	5.79	0.382
	6	776.46	821.44	808.68	768.52	13.32	0.478
	8	1,133.09	1,169.99	1,152.92	1,167.39	13.73	0.805
	10	1,440.30	1,479.21	1,430	1,452.92	10.75	0.439
ADG (g/day)							
	0-4	14.48	13.87	14.59	14.94	0.2	0.157
	4-6	24.06	28.44	26.1	22.58	0.98	0.162
	6-8	25.47	24.90	24.59	28.49	0.80	0.308
	8-10	21.94	22.09	19.22	20.39	0.85	0.631
	0-10	20.03	20.63	19.83	20.27	0.14	0.122
Feed intake (g/b)							
	0-4	551.65 ^b	566.94 ^b	518.84 ^a	514.16 ^a	7.08	0.004
	4-6	865.33	838.96	837.08	845.63	7.11	0.523
	6-8	1,584.71	1,552.89	1,551.67	1,567.5	9.78	0.645
	8-10	1,626.41	1,509.78	1,592.5	1,608.75	8.54	0.248
	0-10	4,767.15	4,582	4,626.59	4,664.7	10.15	0.396
FCR							
	0-4	1.64	1.81	1.57	1.49	0.22	0.117
	4-6	2.51	2.28	2.72	2.52	0.21	0.38
	6-8	4.90	4.18	4.14	4.44	0.39	0.215
	8-10	4.98	4.43	5.68	5.42	0.39	0.086
	0-10	3.45	3.13	3.15	3.13	0.06	0.143

a-b means in the same row with different superscripts differ significantly at $P < 0.05$.

ADG = average dairy gain, FCR = feed conversion ratio

SEM = pooled standard error of means

ปริมาณอาหารที่กินได้สะสม ผลการทดลองพบว่าในช่วงอายุ 0-4 สัปดาห์ กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมผงแก่นมะหาดระดับ 0.2% มีค่าปริมาณอาหารที่กินได้สะสมอยู่ที่ 551.65 และ 566.94 กรัมต่อตัว ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับระดับ 0.4% และ 0.6% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) การลดลงของปริมาณการกินอาหารในกลุ่มที่ได้รับผงแก่นมะหาดระดับสูงใน

ช่วงแรกนี้ สอดคล้องกับรายงานที่พบว่าในแก่นมะหาดมีสารฟลักซ์เคมีในกลุ่มแทนนิน (tannins) และซาโปนิน (saponins) เป็นองค์ประกอบ (Jagtap and Bapat, 2010) สารเหล่านี้มีคุณสมบัติให้รสฝาดและขม (Cheeke, 1971) ซึ่งส่งผลกระทบต่อความน่ากินของอาหาร (palatability) ทำให้ลูกไก่ที่ยังไม่คุ้นเคยกับรสชาติลดการกินอาหารลงในช่วงแรกของการเลี้ยง (Brugaletta et al., 2020) อย่างไรก็ตาม ในช่วงอายุ 4–6, 6–8 และ 8–10 สัปดาห์ รวมถึงค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง (0–10 สัปดาห์) ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ของปริมาณอาหารที่กินได้สะสมระหว่างกลุ่มทดลอง ($p>0.05$) แสดงให้เห็นว่าเมื่อไก่มีอายุมากขึ้น สามารถปรับตัวต่อรสชาติและกลิ่นของสมุนไพรในอาหารได้ดีขึ้น (habituation) ส่งผลให้พฤติกรรมการกินอาหารกลับมาเป็นปกติในระยะต่อมา โดยไม่ได้รับผลกระทบจากระดับการเสริมที่แตกต่างกัน

ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (feed conversion ratio) ในช่วงอายุ 0–4 สัปดาห์ พบว่าไก่ทุกกลุ่มทดลองมีค่า FCR อยู่ระหว่าง 1.49–1.81 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แม้ว่ากลุ่มที่เสริมระดับสูง 0.4–0.6% จะมีการกินอาหารลดลงในช่วงนี้ แต่อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวยังคงมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับกลุ่มควบคุม เช่นเดียวกับในช่วงอายุ 4–6, 6–8 และ 8–10 สัปดาห์ ค่า FCR แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อพิจารณาภาพรวมตลอดการทดลอง 0–10 สัปดาห์ ค่า FCR ของทุกกลุ่มอยู่ในช่วง 3.13–3.45 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเช่นกัน ($p>0.05$) ข้อมูลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า การเสริมผงแก่นมะหาดที่ระดับ 0.2–0.6% ไม่ได้ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของไก่ลูกผสมพื้นเมือง แม้จะมีผลต่อปริมาณการกินได้ในช่วงแรกก็ตาม

การศึกษาโลหิตวิทยาทางด้านความเครียด การอักเสบ และอัตราการตาย ดังแสดงใน Table 2 พบว่า การเสริมผงแก่นมะหาดในระดับ 0.2%, 0.4% และ 0.6% ซึ่งให้สารเคอควิซินประมาณ 7.8, 15.6 และ 23.4 มก./กก.อาหาร ตามลำดับ สามารถลดระดับคอร์ติโคสเตอรอนของไก่ลูกผสมพื้นเมืองได้อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ผลดังกล่าวสะท้อนว่าฮอร์โมนคอร์ติโคสเตอรอนที่ลดลง อาจมีสาเหตุมาจากฤทธิ์ทางชีวภาพของเคอควิซิน (quercetin) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการยับยั้งการทำงานของ แกนไฮโปทาลามัส-พิทูอิทารี-อะดรีนัล (hypothalamic-pituitary-adrenal axis: HPA axis) ซึ่งเป็นระบบประสาทต่อมไร้ท่อหลักที่ทำหน้าที่ควบคุมการตอบสนองต่อความเครียด ส่งผลให้ลดการหลั่งฮอร์โมนในกลุ่ม กลูโคคอร์ติคอยด์ (glucocorticoids) หรือคอร์ติโคสเตอรอนในไก่ นอกจากนี้ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเคอควิซินยังช่วยลดภาวะความเครียดออกซิเดชัน ซึ่งเป็นปัจจัยกระตุ้นให้เกิดการหลั่งฮอร์โมนความเครียดดังกล่าวอีกด้วย (Sapolsky et al., 2000) แม้จะงานวิจัยนี้จะไม่ได้ทำการเหนี่ยวนำความเครียดให้เกิดขึ้นกับสัตว์โดยตรง แต่การเลี้ยงในโรงเรือนระบบเปิดภายใต้สภาพอากาศฤดูร้อนที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 30–35 องศาเซลเซียส ติดต่อกันหลายชั่วโมงต่อวัน จัดเป็นภาวะเครียดจากความร้อนตามธรรมชาติ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่กระตุ้นให้ระดับคอร์ติโคสเตอรอนในเลือดของสัตว์ปีกเพิ่มสูงขึ้นได้อย่างชัดเจน (Nawab et al., 2018) การที่ผลการทดลองพบว่าไก่ในกลุ่มที่เสริมผงแก่นมะหาดมีระดับ ฮอร์โมนคอร์ติโคสเตอรอน (corticosterone) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม จึงเป็นหลักฐานที่แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของสารเคอควิซิน ในผงแก่นมะหาด ในการช่วยบรรเทาความเครียดจากสภาพแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพจริง

ค่าอัตราการตกตะกอนของเม็ดเลือดแดง (erythrocyte sedimentation rate: ESR) ในไก่ลูกผสมพื้นเมือง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ระหว่างกลุ่มทดลอง ($p>0.05$) โดยไก่ในกลุ่มควบคุมมีค่า ESR เท่ากับ 2.50 mm/hr ในขณะที่กลุ่มที่ได้รับการเสริมผงแก่นมะหาดในระดับ 0.2%, 0.4% และ 0.6% มีค่าเท่ากับ 1.67, 1.50 และ 1.58 mm/hr ตามลำดับ ถึงแม้จะไม่พบความแตกต่างทางสถิติ แต่สังเกตได้ว่ากลุ่มที่ได้รับผงแก่นมะหาดมีค่าเฉลี่ย ESR ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งค่า ESR เป็นตัวชี้วัดทางสรีรวิทยาที่สำคัญต่อภาวะการอักเสบ (inflammation marker) โดยมักสัมพันธ์กับระดับโปรตีนในพลาสมาที่ผิดปกติ เช่น ไฟบริโนเจน (fibrinogen) และโกลบูลิน (globulin) ที่จะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อสัตว์เกิดความเครียดหรือการอักเสบ (Qureshi et al., 2015) ดังนั้น ค่า ESR ที่มีแนวโน้มลดลงในกลุ่มทดลองจึงอาจสะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพของสารออกฤทธิ์ในแก่นมะหาดในการช่วยลดภาวะการอักเสบและรักษาสมดุลของร่างกาย

ผลการศึกษาองค์ประกอบของเม็ดเลือดขาว (leukocyte composition) พบว่าการเสริมผงแก่นมะหาดในระดับที่แตกต่างกันส่งผลต่อสัดส่วนของ เฮเทอโรฟิล (heterophils) และ ลิมโฟไซต์ (lymphocytes) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) โดยพบว่าค่าร้อยละของเฮเทอโรฟิลในกลุ่มควบคุม, กลุ่มเสริม 0.2%, 0.4% และ 0.6% มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 25.17, 19.58, 26.18 และเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ 34.17% ตามลำดับ (Table 2) การที่กลุ่มเสริมผงแก่นมะหาดระดับ 0.6% มีค่าเฮเทอโรฟิลสูงที่สุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากกลุ่มอื่น สะท้อนให้เห็นถึงการตอบสนองต่อภาวะความเครียดทางสรีรวิทยาที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของเฮเทอโรฟิลเป็นกลไกการตอบสนองตามธรรมชาติของสัตว์ปีกเมื่อเผชิญกับปัจจัยเครียดหรือสิ่งแปลกปลอม ในทางตรงกันข้าม ค่าร้อยละของลิมโฟไซต์ในกลุ่มทดลองดังกล่าวอยู่ที่ 64.58, 67.83, 64.09 และลดลงต่ำสุดเหลือเพียง 52.92% ตามลำดับ โดยกลุ่มที่เสริมระดับ 0.6% มีค่าต่ำที่สุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากกลุ่มอื่น ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีความเครียดที่ระบุว่า เมื่อสัตว์เกิด

ความเครียด ร่างกายจะมีการกระตุ้นการทำงานของ แกนไฮโปทาลามัส-พิทูอิทารี-อะดรีนัล (hypothalamic-pituitary-adrenal axis) ส่งผลให้มีการหลั่งฮอร์โมนกลูโคคอร์ติคอยด์ (glucocorticoids) หรือคอร์ติโคสเตอรอนออกมาในกระแสเลือดเพิ่มขึ้น (Sapolsky et al., 2000) ซึ่งฮอร์โมนดังกล่าวมีฤทธิ์ยับยั้งและลดจำนวนของลิมโฟไซต์ (lymphopenia) รวมทั้งกระตุ้นการหลั่งเอเทอโรฟิลจากไขกระดูก (Gross and Siegel, 1983) ทำให้สัดส่วนของลิมโฟไซต์ลดลงในกลุ่มที่ได้รับสารเสริมในปริมาณที่สูงเกินไป

อัตราส่วนเอเทอโรฟิลต่อลิมโฟไซต์ (heterophil/lymphocyte ratio: h/l ratio) โดยทั่วไปค่า H/L ratio ถูกใช้เป็นดัชนีชี้วัดทางสรีรวิทยาที่น่าเชื่อถือในการประเมินภาวะความเครียดระยะยาวในสัตว์ปีก โดย ค่า H/L ratio ที่ต่ำ สะท้อนถึงสภาวะร่างกายที่มีความสมดุลและมีความเครียดต่ำ ในขณะที่ค่าที่สูงบ่งชี้ว่าสัตว์กำลังเผชิญกับความเครียด ซึ่งสัมพันธ์กับการตอบสนองของระบบต่อมไร้ท่อและระบบภูมิคุ้มกัน (Gross and Siegel, 1983) ผลการทดลองพบว่าการเสริมผงแก่นมะหาดส่งผลต่อค่า H/L ratio ของไก่ลูกผสมพื้นเมืองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริมผงแก่นมะหาดในระดับ 0.2% มีค่า H/L ratio ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.293 ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากกลุ่มที่ได้รับการเสริมระดับสูง 0.6% ที่ 0.560 ผลดังกล่าวบ่งชี้ว่าการเสริมที่ระดับ 0.2% สามารถลดความเครียดในสัตว์ปีกได้จริง กลไกดังกล่าวสามารถอธิบายได้ว่า เมื่อสัตว์เผชิญกับสภาวะปกติหรือมีความเครียดต่ำ ระดับฮอร์โมนความเครียดในเลือดจะอยู่ในระดับพื้นฐาน ทำให้สัดส่วนของเม็ดเลือดขาวชนิดเอเทอโรฟิลซึ่งทำหน้าที่กำจัดสิ่งแปลกปลอม) และลิมโฟไซต์ซึ่งทำหน้าที่สร้างภูมิคุ้มกันอยู่ในภาวะสมดุล แต่เมื่อสัตว์เกิดความเครียด ร่างกายจะกระตุ้นการทำงานของแกน HPA axis ให้หลั่งฮอร์โมนกลุ่ม กลูโคคอร์ติคอยด์ (glucocorticoids) หรือ คอร์ติโคสเตอรอน (corticosterone) ออกมามากขึ้น ฮอร์โมนนี้มีฤทธิ์ทางสรีรวิทยาในการกระตุ้นให้ไขกระดูกปล่อยเอเทอโรฟิลออกมาสู่กระแสเลือดมากขึ้นในขณะเดียวกันก็ยับยั้งการสร้างและทำลายลิมโฟไซต์ ส่งผลให้ค่าสัดส่วน H/L ratio เพิ่มขึ้น (Davis et al., 2008) ดังนั้น ค่า H/L ratio ที่ต่ำในกลุ่ม 0.2% จึงยืนยันได้ว่าสารออกฤทธิ์ในแก่นมะหาดช่วยลดการหลั่งฮอร์โมนความเครียดและรักษาสมดุลของระบบภูมิคุ้มกันได้ ในทางตรงกันข้าม การเสริมผงแก่นมะหาดในระดับสูงที่ 0.6% ทำให้ค่า H/L ratio เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ปรากฏการณ์นี้อาจอธิบายได้ด้วยกลไก ภาวะโปรออกซิแดนท์ (pro-oxidant effect) กล่าวคือ แม้ว่าสารกลุ่มฟลาโวนอยด์และสารประกอบฟีนอลิกจะมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม แต่หากได้รับในปริมาณที่สูงเกินไป สารเหล่านี้สามารถกระตุ้นให้เกิดการสร้างอนุมูลอิสระ (autoxidation) และทำลายเซลล์ได้ (Eghbaliferiz and Iranshahi, 2016) ส่งผลให้ร่างกายเกิดกระบวนการอักเสบในระดับเนื้อเยื่อ ซึ่งกระตุ้นการสร้างและการหลั่งของเอเทอโรฟิลเพื่อตอบสนองต่อการอักเสบนั้น ทำให้ค่า H/L ratio เพิ่มขึ้นแม้ว่าระดับฮอร์โมนความเครียดจะต่ำก็ตาม

อัตราการตาย (mortality Rate) ผลการศึกษาอัตราการตายสะสมตลอดระยะเวลาการทดลอง พบว่าอัตราการตายของไก่ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมผงแก่นมะหาดในระดับต่างๆ (0.2–0.6%) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตาม พบว่ากลุ่มที่เสริมผงแก่นมะหาดที่ระดับ 0.2% มีแนวโน้มของอัตราการตายต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมในระดับอื่น แม้จะไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ชัดเจน แต่ผลดังกล่าวมีความสอดคล้องกับข้อมูลค่าอัตราส่วนเอเทอโรฟิลต่อลิมโฟไซต์ (h/l ratio) ที่พบในกลุ่ม 0.2% มีค่าต่ำที่สุดเช่นกัน ซึ่งบ่งชี้ว่าการเสริมที่ระดับนี้เป็นอาจจะจะเป็นระดับที่เหมาะสม ในการช่วยเพิ่มความทนทานต่อความเครียด (stress tolerance) ให้กับสัตว์ปีก ความเป็นไปได้ของกลไกการลดอัตราการตายในกลุ่มนี้ อาจเกี่ยวข้องกับฤทธิ์ของสารฟลักซ์เคมีในแก่นมะหาด โดยเฉพาะ เควอซีติน (quercetin) ที่ช่วยลดภาวะความเครียดออกซิเดชัน (oxidative stress) โดยทำหน้าที่ดักจับอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจากความร้อนและกระบวนการเมตาบอลิซึม ช่วยปกป้องเซลล์จากการอักเสบเรื้อรัง (chronic inflammation) และความเสียหายระดับเนื้อเยื่อ (Dong et al., 2020) ส่งผลให้ไก่มีสุขภาพโดยรวมแข็งแรงและมีโอกาสรอดชีวิตสูงขึ้นแม้ต้องเผชิญกับสภาพแวดล้อมที่ร้อน

จากการศึกษาผลของการเสริมผงแก่นมะหาดต่อความเครียด การอักเสบ และอัตราการตาย พบว่าการเสริมผงแก่นมะหาดในอาหารมีประสิทธิภาพในการลดความเครียดในไก่ลูกผสมพื้นเมืองอย่างมีนัยสำคัญ โดยสามารถลดระดับ คอร์ติโคสเตอรอน (corticosterone) ซึ่งเป็นฮอร์โมนหลักในกลุ่ม กลูโคคอร์ติคอยด์ (glucocorticoids) ของสัตว์ปีก ได้ในทุกระดับการเสริม ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการเสริมที่ระดับ 0.2% เป็นระดับที่เหมาะสมที่สุด (optimal level) ในการลดความเครียดเรื้อรังเนื่องจากกลุ่มดังกล่าวมี ค่าอัตราส่วนเอเทอโรฟิลต่อลิมโฟไซต์ (h/l ratio) ต่ำที่สุด และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากกลุ่มที่เสริมระดับสูง (0.6%) ซึ่งสะท้อนถึงสภาวะสมดุลทางสรีรวิทยาที่ดีที่สุดในทางตรงกันข้าม การเสริมในระดับสูงที่ 0.6% แม้จะลดระดับฮอร์โมนได้ แต่กลับส่งผลให้ค่า H/L ratio และจำนวน เอเทอโรฟิล (heterophils) เพิ่มขึ้น ซึ่งเอเทอโรฟิลเป็นเม็ดเลือดขาวชนิดที่มีบทบาทสำคัญในการตอบสนองต่อความเครียดในสัตว์ปีก (ทำหน้าที่คล้ายคลึงกับนิวโทรฟิลในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม) การเพิ่มขึ้นของค่าดังกล่าวในกลุ่ม 0.6% อาจเป็นสัญญาณของ ความเครียดทางโภชนาการ (nutritional stress) หรือภาวะที่ร่างกายเสียสมดุลจากการได้รับสารฟลักซ์เคมีในปริมาณที่มากเกินไป จนเกิดภาระทางเมตาบอลิซึม (metabolic burden) ส่งผลให้มีการกระตุ้นการสร้างเอเทอโร

ฟิลและลดจำนวนลิโฟไซต์ลง สำหรับผลด้านการต้านการอักเสบ (ESR) และอัตราการตาย แม้จะพบแนวโน้มที่ดีขึ้นในกลุ่มที่เสริมผงแก่นมะหาด แต่ผลลัพธ์ยังไม่มี ความแตกต่างทางสถิติในการศึกษานี้ โดยสรุปแล้ว ผงแก่นมะหาดที่ระดับ 0.2% มีศักยภาพในการเป็นสารเสริมชีวภาพเพื่อเพิ่มความสามารถในการต่อสู้ความเครียดในสัตว์ปีกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Table 2 Effect of *Artocarpus lakoocha* heartwood powder supplementation on stress, hematological parameters, inflammation, and mortality rate

Parameter	treatment				SEM	P -value
	control	0.2%	0.4%	0.6%		
Corticosterone (g/dL)	0.035 ^a	0.0113 ^b	0.0138 ^b	0.0125 ^b	0.003	0.043
ESR (mm/hr)	2.50	1.67	1.50	1.58	0.2	0.359
Heterophil %	25.17 ^b	19.58 ^b	26.18 ^b	34.17 ^a	1.24	<0.01
Lymphocyte %	64.58 ^a	67.83 ^a	64.09 ^a	52.92 ^b	1.43	<0.01
H/L ratio	0.413 ^{ab}	0.293 ^b	0.425 ^{ab}	0.560 ^a	0.03	0.014
Mortality rate (%)	5	1	2	4	0.78	0.255

a–b means in the same row with different superscripts differ significantly at $P < 0.05$.

ESR = Erythrocyte sedimentation rate, H/L ratio = Heterophil/Lymphocyte ratio

SEM = pooled standard error of means

สรุปผลการศึกษา

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของการเสริมผงแก่นมะหาดในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต ภาวะเครียด และการตอบสนองต่อการอักเสบในไก่ลูกผสมพื้นเมืองตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 10 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่า การเสริมผงแก่นมะหาดที่ระดับ 0.2–0.6% ไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต ทั้งในด้านน้ำหนักตัวเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน และการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักร่างกาย แต่มีผลต่อปริมาณอาหารสะสม ในช่วง 0–4 สัปดาห์ ส่วนการศึกษาโลหิตวิทยาทางด้านความเครียดและการอักเสบ พบว่าการเสริมผงแก่นมะหาดทุกระดับช่วย ลดระดับคอร์ติโคสเตอโรนเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม และในกลุ่มที่เสริมผงแก่นมะหาดในระดับ 0.2% ยังพบว่ามียอัตรส่วนเฮเทอโรฟิลต่อลิโฟไซต์ (h/l ratio) ต่ำที่สุดอีกด้วย สะท้อนถึงภาวะสุขภาพที่แข็งแรงและการอักเสบที่ลดลง โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในภาพรวม สรุปได้ว่า การเสริมผงแก่นมะหาดที่ระดับ 0.2% เป็นระดับที่เหมาะสมที่สุด ในการลดความเครียด และส่งเสริมสมดุลภูมิคุ้มกันในไก่ลูกผสมพื้นเมือง โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต ในการใช้ประโยชน์ของผงมะหาด อาจพิจารณาใช้ร่วมกับเอนไซม์ในช่วงระยะแรก 0–4 สัปดาห์ เอนไซม์กลุ่มย่อยเยื่อใย (fibrolytic enzymes) เช่น ไซลานเนส (xylanase) เพื่อลดผลกระทบจากเยื่อใย หรือให้เสริมผงแก่นมะหาดหลังจาก อายุ 4 สัปดาห์ เป็นต้นไป สำหรับงานวิจัยต่อไป ควรจะทำการหาปริมาณการเสริมที่เหมาะสมที่สุด (dose optimization) โดยมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อหาขีดระดับการตอบสนองที่ละเอียดขึ้น โดยทดสอบในระดับความเข้มข้นที่แคบลงระหว่าง 0.1% ถึง 0.3% เพื่อระบุจุดที่ให้ประสิทธิผลสูงสุดได้อย่างแม่นยำ

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอประกาศว่าบทความนี้ไม่มีประโยชน์ทับซ้อนใดๆ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัย งบประมาณ โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2568 ขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์ เครื่องมือ วิทยาศาสตร์ และสถานที่ในการเลี้ยงสัตว์ทดลอง ตลอดจนอำนวยความสะดวกในการทำงานวิจัยจนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไป

ด้วยดี ขอขอบคุณคณะกรรมการกำกับดูแลการดำเนินการต่อสัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ที่ให้ข้อเสนอแนะ คำปรึกษาเกี่ยวกับจรรยาบรรณการใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์

การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

ความคิดริเริ่ม และสมมุติฐาน: ญัฐวัฒน์ ตันพล การปฏิบัติการวิจัย การมีส่วนร่วมในการออกแบบ การทดลอง การทดสอบ เครื่องมือวัด วิธีการเก็บข้อมูล และเกณฑ์: ญัฐวัฒน์ ตันพล, ทิพย์สุตา บุญมาทัน, นพรัตน์ ผกาเชิด การจัดเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการแปลผล: ญัฐวัฒน์ ตันพล การวิพากษ์วิจารณ์ผล: ญัฐวัฒน์ ตันพล, ทิพย์สุตา บุญมาทัน, นพรัตน์ ผกาเชิด การมีส่วนร่วมในการเขียนต้นฉบับ: ญัฐวัฒน์ ตันพล, ทิพย์สุตา บุญมาทัน, นพรัตน์ ผกาเชิด.

เอกสารอ้างอิง

- Brugaletta, G., Luise, D., De Cesare, A., Zampiga, M., Laghi, L., Trevisi, P., Manfreda, G., & Sirri, F. (2020). Insights into the mode of action of tannin-based feed additives in broiler chickens: Looking for connections with the plasma metabolome and caecal microbiota. *Italian Journal of Animal Science*, 19(1), 1349–1362. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2020.1842813>.
- Chang, C., Yang, M., Wen, H., & Chern, J. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 10(3), 178–182. <https://doi.org/10.38212/2224-6614.2748>.
- Cheeke, P. R. (1971). Nutritional and physiological implications of saponins: A review. *Canadian Journal of Animal Science*, 51(3), 621–632. <https://doi.org/10.4141/cjas71-082>.
- Davis, A. K., Maney, D. L., & Maerz, J. C. (2008). The use of leukocyte profiles to measure stress in vertebrates: a review for ecologists. *Functional Ecology*, 22(5), 760–772. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2008.01467.x>.
- Dong, Y., Lei, J., & Zhang, B. (2020). Effects of dietary quercetin on the antioxidative status and cecal microbiota in broiler chickens fed with oxidized oil. *Poultry Science*, 99(10), 4892–4903. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.06.028>.
- Eghbaliferiz, S., & Iranshahi, M. (2016). Prooxidant activity of polyphenols, flavonoids, anthocyanins and carotenoids: Updated review of mechanisms and catalyzing metals. *Phytotherapy Research*, 30(9), 1379–1391. <https://doi.org/10.1002/ptr.5643>.
- Gross, W. B., & Siegel, H. S. (1983). Evaluation of the heterophil/lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens. *Avian Diseases*, 27(1), 972–979. <https://doi.org/10.2307/1590198>.
- IBM Corp. (2007). IBM SPSS Statistics for Windows (Version 16.0) [Computer software]. IBM Corp.
- Jagtap, U. B., & Bapat, V. A. (2010). Artocarpus: A review of traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Journal of Ethnopharmacology*, 129(2), 177–196. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.03.031>.
- Jha, R., & Kim, S. W. (2021). Editorial: nutritional intervention for the intestinal health of young monogastric animals. *Frontiers in Veterinary Science*, 8(1), 668563. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.668563>.
- Nawab, A., Ibtisham, F., Li, G., Kieser, B., Wu, J., Liu, W., Zhao, Y., Nawab, Y., Li, K., Xiao, M., & An, L. (2018). Heat stress in poultry production: Mitigation strategies to overcome the future challenges facing the global poultry industry. *Journal of Thermal Biology*, 78(1), 131–139. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.08.010>.
- Qureshi, M. H., Akbar, H., Rashid, I., Qureshi, M. I., & Bajwa, A. A. (2015). Hematological Studies in Chickens Infected with Hydro Pericardium Syndrome. *NUST Journal of Natural Sciences*, 3(1), 1–8. <https://doi.org/10.53992/njns.v3i1.23>.
- Sapolsky, R. M., Krey, L. C., & McEwen, B. S. (2000). The neuroendocrinology of stress and aging: The glucocorticoid cascade hypothesis. *Endocrine Reviews*, 21(1), 98–111. <https://doi.org/10.1210/edrv-7-3-284>.
- Singhatong, S., Leelarungrayub, D., & Chaiyasut, C. (2010). Antioxidant and toxicity activities of Artocarpus lakoocha Roxb. heartwood extract. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(10), 947–953. <https://doi.org/10.5897/JMPR10.133>.
- Subtaeng, S., Jitpreeda, P., & Rojpitikul, T. (2023). Oxyresveratrol Contents in Artocarpus Lakoocha Heartwood and Its Biological Activities. *Thai Journal of Science and Technology*, 11(3), 37–51. <https://doi.org/10.14456/tjst.2023.4>.
- Thermo Fisher Scientific. (2024). *Corticosterone Competitive ELISA Kit*. Retrived from: <https://www.thermofisher.com/elisa/product/Corticosterone-Competitive-ELISA-Kit/EIACORT>
- Yang, J. X., Maria, T. C., Zhou, B., Xiao, F. L., Wang, M., Mao, Y. J., & Li, Y. (2020). Quercetin improves immune function in Arbor Acre broilers through activation of NF- κ B signaling pathway. *Poultry Science*, 99(2), 906–913. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.12.021>.