



Vet Integr Sci

Veterinary Integrative Sciences

ISSN: 2629-9968 (online)

Website: www.vet.cmu.ac.th/cmvj



Research article

The effect of Curcumin on growth performance, blood biochemistry and antioxidant activities in boiler chickens

Charinya Pimson^{*1}, Phornnipa Bakban¹, Sunadda Suwanrat¹ and Natedara Chanutsa²

¹ Department of animal health science, Faculty of Agro industrial technology, Kalasin University, Kalasin 46000, Thailand

² Department of science and mathematics, Faculty of Agro industrial technology, Kalasin University, Kalasin 46000, Thailand

Abstract

The antioxidant effects of Curcumin that extracted from *Curcuma longa* not only reduce free radical but also improve growth performances in broilers. A study was conducted to investigate the effects of Curcumin on blood biochemistry parameters and antioxidant status of broilers exposed to varies of raising systems. The 180 boilers were randomly assigned into 6 categories compose of 3 raising systems; semi-intensive and stocking densities of 10 and 16 birds/m² in each group fed with control diet mixed with and without 10% Curcumin. The result show that the activities of antioxidant systems, lipid peroxidation were gradually increased in highest stocking density (16 birds/m²). However, the level of lipid peroxidation was reduced while, catalase and superoxide dismutase activities were significantly increased in blood chickens as also the growth performances and blood biochemistry that improved after fed with 10% Curcumin. This finding indicates that Curcumin has potentiated to reducing the oxidative stress, activated antioxidant enzyme activities and improve the growth performance of broilers raised under stress condition.

Keywords: : Antioxidant, Boilers, Curcumin, High stocking density

***Corresponding author:** Charinya Pimson, Faculty of Agroindustrial technology, Kalasin University, Kalasin 46000, Thailand
E-mail: sine.charin@gmail.com

Article history; received manuscript: 10 April 2018, accepted manuscript: 30 May 2018, published online: 9 July 2018

Academic editor: Korakot Nganvongpanit



Open Access Copyright: ©2018 Author (s). This is an open access article distributed under the term of the Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution, and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author (s) and the source.

บทนำ

การเลี้ยงไก่ในพื้นที่จำกัด ส่งผลต่อการจัดการด้านการเลี้ยง การให้อาหาร การสุขาภิบาลและการป้องกันโรค รวมถึงลดต้นทุนการผลิต ในทางตรงข้ามการเลี้ยงในรูปแบบนี้ทำให้สัตว์มีโอกาสในการแสดงพฤติกรรมธรรมชาติที่ลดลง ส่งผลให้ไก่มีน้ำหนักตัวน้อย ผลผลิตเนื้อและประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลง มีคุณภาพต่ำและอัตราการตายเพิ่มขึ้น (Houshmand et al., 2012) ปัจจุบันมีการศึกษาความหนาแน่นเฉลี่ยที่พอเหมาะต่อการเลี้ยงไก่เนื้อสูงสุด 14 ตัวต่อตารางเมตร (Feddes et al., 2002; Simitzis et al., 2012; Kang et al., 2016) แต่หากเพิ่มความหนาแน่นส่งผลให้เกิดภาวะเครียดออกซิเดชัน (oxidative stress) กระตุ้นการสร้างอนุมูลอิสระ (free radicals) ในไก่มากขึ้น (Papadopoulou et al., 2017) อนุมูลอิสระเหล่านี้ก่อให้เกิดความเสียหายกับเซลล์ ดีเอ็นเอ โปรตีน ไขมัน รวมไปถึงสภาวะความสมดุลของร่างกาย (Akbarian et al., 2016) ภาวะเครียดออกซิเดชันเรื้อรังนำไปสู่การลดความสามารถของกระบวนการเมตาบอลิซึมในไมโทคอนเดรีย ซึ่งถือว่าเป็นส่วนสำคัญในการผลิตพลังงานให้แก่เซลล์ร่างกาย ส่งผลให้เซลล์เสื่อมสภาพ แตกและปล่อยเอนไซม์ออกมาทำลายเซลล์ข้างเคียง อีกทั้งยังรบกวนการทำงานของเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant enzyme activities) เช่น ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส (superoxide dismutase; SOD) คาตาเลส (catalase; CAT) และกลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส (glutathione peroxidase, GPX) เมื่ออนุมูลอิสระซูเปอร์ออกไซด์แอนไอออน (superoxide anion, $O_2^{\cdot-}$) เกิดขึ้นภายในเซลล์ เอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตสจะเปลี่ยนอนุมูลอิสระดังกล่าวให้เป็นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide; H_2O_2) และจะถูกเปลี่ยนเป็นออกซิเจนและน้ำ ด้วยเอนไซม์คาตาเลส และกลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส (Pamplona and Costantini, 2011)

ภาวะเครียดออกซิเดชันมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเม็ดเลือดขาวหลายชนิด (Jiang et al., 2017) ขึ้นแรกกระตุ้นการทำงานของแกนไฮโปทาลามิกพิทูอิทารีอะดรีนัล (hypothalamic-pituitary-adrenal axis; HPA) ซึ่งเป็นกลุ่มเซลล์ควบคุมความสัมพันธ์และการตอบสนองต่อกันและกัน ระหว่างต่อมใต้สมองส่วนไฮโปทาลามัส ต่อมพิทูอิทารี และต่อมหมวกไต ซึ่งเป็นส่วนหลักส่วนหนึ่งของระบบประสาทต่อมไร้ท่อ ที่ควบคุมการตอบสนองของร่างกายต่อความเครียดและการทำงานเช่น การย่อยอาหาร ระบบภูมิคุ้มกัน อารมณ์ ความรู้สึกทางเพศ และการเก็บและใช้พลังงานของร่างกาย นอกจากนี้ยังรบกวนการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ (sympathetic nervous system; SNS) ทำให้การเจริญเติบโตของร่างกายลดลง ส่งผลให้น้ำหนักลด (Dhabhar, 2002) ต่อมารบกวนระบบไหลเวียนเลือดโดยกระตุ้นการหลั่งไซโตไคน์ (cytokine) ทำให้มีการเพิ่มขึ้นของอินเตอร์เฟียร์รอนแกมมา (interferon- γ) อินเตอร์ลิวคิน-12 (interleukin-12) และทูเมอร์เนโครซิสแฟกเตอร์-แอลฟา (tumor necrosis factor หรือ TNF- α) ทำให้ระบบภูมิคุ้มกันทำงานผิดปกติไป และยับยั้งการทำงานของกลูโคคอร์ติคอยด์ฮอร์โมน (glucocorticoids) ซึ่งมีผลต่อการหลั่งฮอร์โมนคอร์ติซอล (cortisol) ไฮโดรคอร์ติซอล (hydrocortisol) คอร์ติโซน (cortisone) คอร์ติโคสเตอโรน (corticosterone) อีกทั้งยังกระตุ้นการทำงานของ Natural killer cells (NK cells) ให้มากขึ้น (Dhabhar et al., 2012) การยับยั้งการตอบสนองต่อระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายนี้ส่งผลให้การเจริญเติบโตของไก่ลดลง (Tankson et al., 2001)

ปัจจุบันการเลี้ยงไก่อินทรีย์ เช่น การเลี้ยงแบบมีพื้นที่ปล่อยออกสู่ภายนอก (free-range) เพื่อผลิตไก่ที่มีคุณภาพ จากกระบวนการผลิตที่อ้างอิงสวัสดิภาพสัตว์ เลี้ยงด้วยผลิตภัณฑ์ธรรมชาติร่วมกับการเสริมสารสกัดจากสมุนไพรในอาหารไก่ เพื่อช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตและลดภาวะเครียดออกซิเดชัน จากรูปแบบการเลี้ยงที่เกิดขึ้น สารสกัดเคอร์คูมินเป็นสารประกอบสำคัญในสมุนไพรขมิ้นชัน (*Curcuma longa*) มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ ลดอาการอักเสบ เพิ่มภูมิคุ้มกัน อิมมูโนโกลบูลินชนิดจี (IgG) และเพิ่มประสิทธิภาพด้านการเจริญเติบโต (Guil-Guerrero et al., 2017; Lee et al., 2017) รายงานความเป็นพิษ (toxicity) ในสัตว์ทดลองพบว่า เคอร์คูมินเป็นสารที่ไม่ก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ (nonmutagenic agent) เมื่อให้อาหารที่มีส่วนผสมของสารสกัดเคอร์คูมินความเข้มข้นร้อยละ 30 แบบครั้งเดียว หรือให้ปริมาณ 1.8 กรัมต่อกิโลกรัมทุกวันเป็นเวลา 90 วันในหนูแรท และ 0.8 กรัมต่อกิโลกรัมทุกวันเป็นเวลา 90 วัน ในลิง พบว่าไม่ก่อให้เกิดพิษ (Chainani-Wu, 2003) เช่นเดียวกับการศึกษาในมนุษย์ที่พบว่าเมื่อให้สารสกัดเคอร์คูมิน 8000 มิลลิกรัมครั้งเดียวในคนปกติและ 1200 มิลลิกรัมต่อวัน ต่อเนื่องกันเป็นเวลา 2 สัปดาห์ในผู้ป่วยข้ออักเสบจากโรครุมตอยด์ พบว่าช่วยลดการอักเสบได้และไม่ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อร่างกาย (Cheng et al., 2001) ขนาดที่แนะนำให้ใช้เพื่อลดภาวะเครียดออกซิเดชันในหนูทดลองที่ก่อให้เกิดพิษแบบฉับพลัน (acute) ไม่ควรเกิน 2000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน และขนาดที่ก่อให้เกิดพิษแบบกึ่งเรื้อรัง (subchronic toxicity) ไม่ควรเกิน 800 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน (Liju et al., 2013; Gopi et al., 2016) ปัจจุบันยังไม่มีรายงานการศึกษาความเป็นพิษของเคอร์คูมินในสัตว์ปีก แต่พบรายงานการศึกษาการใช้สารสกัดขมิ้นชันในด้านอื่น เช่น ลดการเกิดพิษจากอะฟลาทอกซิน (aflatoxin) ซึ่งเป็นสารพิษจากเชื้อรา (Yarru et al., 2009; Rangsz and Ahangaran, 2011) หรือการทดสอบประสิทธิภาพของเคอร์คูมินในความเข้มข้นร้อยละ 10 ในอาหารเพื่อกระตุ้นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันในไก่ (Abou-Elkhair et al., 2014; Sayrafi et al., 2017) จึงเป็นที่มาของการศึกษาการเสริมสารสกัดเคอร์คูมินในอาหารเพื่อลดภาวะเครียดออกซิเดชันและผลกระทบจากอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น และสามารถพัฒนาองค์ความรู้สู่กระบวนการผลิตไก่เนื้อได้ในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

ไก่กระທงสายพันธุ์คอบบ์ (Cobb) จำนวน 180 ตัว อายุ 3 สัปดาห์ วางแผนการทดลองแบบ 2x3 Factorial in Completely Randomized Design (CRD) ปัจจัยที่ 1 คือ อาหารผสมและไม่ผสมสารสกัดเคอร์คูมินร้อยละ 10 ปัจจัยที่ 2 คือ รูปแบบการเลี้ยง 3 แบบ คือ 1) รูปแบบเลี้ยงกึ่งปล่อยอิสระ ขังคอกพื้นที่ 2 ตารางเมตรต่อตัว ช่วงเวลา 18.00-6.59 น. และปล่อยแปลงหญ้าพื้นที่ 4 ตารางเมตรต่อตัว ช่วงเวลา 7.00-17.59 นาฬิกา 2) รูปแบบเลี้ยงขังคอกหนาแน่น 10 ตัวต่อตารางเมตร และ 3) รูปแบบเลี้ยงขังคอกหนาแน่น 16 ตัวต่อตารางเมตร

ไก่ทุกตัวได้รับวัคซีนตามโปรแกรมของกรมปศุสัตว์ ได้รับอาหารไก่สำเร็จรูปโปรตีนหยาบร้อยละ 20 ได้รับอาหารและน้ำไม่จำกัด (ad libitum) วันละ 2 ครั้งเวลาเช้าและเย็น ทำการทดลองในโรงเรือนระบบปิด (evaporative cooling system) ภายใต้การควบคุมดูแลโดยสัตวแพทย์ การทดลองแบ่งเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 3 ซ้ำ 10 ตัวต่อหนึ่งซ้ำ กลุ่มที่ 1 อาหารสำเร็จรูปเลี้ยงกึ่งปล่อยอิสระ (OC-semi) กลุ่มที่ 2 อาหารสำเร็จรูปเลี้ยงขังคอก 10 ตัวต่อตารางเมตร (OC-10 birds) กลุ่มที่ 3 อาหารสำเร็จรูปเลี้ยงขังคอก 16 ตัวต่อตารางเมตร (OC-16 birds) กลุ่มที่ 4 อาหารผสมสารสกัดเคอร์คูมินร้อยละ 10 เลี้ยงกึ่งปล่อยอิสระ (10C-semi) กลุ่มที่ 5 อาหารผสมสารสกัดเคอร์คูมินร้อยละ 10 เลี้ยงขังคอก 8 ตัวต่อตารางเมตร (10C-10 birds) กลุ่มที่ 6 อาหารผสมสารสกัดเคอร์คูมินร้อยละ 10 เลี้ยงขังคอก 16 ตัวต่อตารางเมตร (10C-16 birds)

เก็บข้อมูลน้ำหนักไก่ ปริมาณอาหารที่กิน เพื่อคำนวณหาอัตราการเจริญเติบโต (average daily gain; ADG) และอัตราการแลกน้ำหนัก (feed conversion ratio; FCR) ที่อายุสัปดาห์ที่ 6 เก็บตัวอย่างเลือดจากหลอดเลือดดำบริเวณปีก (wing vein) เพื่อส่งตรวจวัดค่าโลหิตวิทยา ณ ห้องปฏิบัติการโลหิตวิทยา โรงพยาบาลสัตว์คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และตรวจวัดสมรรถนะการทำงานของเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ ณ ห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น งานวิจัยชิ้นนี้ผ่านการรับรองจริยบรรณสัตว์ทดลอง โดยคณะกรรมการพิจารณาการใช้สัตว์ทดลองเพื่องานทางวิทยาศาสตร์และวิจัย มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ เลขที่ใบอนุญาต 11/2559

การเตรียมสารสกัดเคอร์คูมินจากสมุนไพรขมิ้นชัน

เหง้าขมิ้นชันได้รับความอนุเคราะห์จากภาควิชาเภสัชเคมีและผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น นำมาทำความสะอาด ผึ่งแห้งและหั่นเป็นแผ่นบาง อบที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง บดให้เป็นผงหยาบ แช่ด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หมักซ้ำ 3 ครั้ง กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 จากนั้นนำไประเหยด้วยเครื่องระเหยภายใต้สุญญากาศ (Rotary Evaporator R-II, Buchi, Switzerland) แล้วนำสารละลายที่ได้ทั้งหมดทำให้แห้งด้วยเครื่องทำให้แห้งด้วยความเย็นและสุญญากาศ (Freeze dryer-lyolab, Thermo Scientific, USA) ซึ่งน้ำหนักสารและคำนวณหาปริมาณเนื้อสารสกัดที่ได้ (% yield) ซึ่งเท่ากับ 31.74 ± 2.67 เตรียมสารละลายมาตรฐานเคอร์คูมินด้วยความเข้มข้น 20 mg/L เพื่อศึกษาการดูดกลืนแสงสูงสุดซึ่งเท่ากับ 425 nm ด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer (Cary 1E, Varian, USA) ซึ่งใช้เป็นค่าดูดกลืนแสงมาตรฐานในการระบุ (identification) ชนิดของสมุนไพรและใช้ความยาวคลื่นนี้ในการตรวจวัดตลอดการวิเคราะห์ จากนั้นวิเคราะห์ปริมาณเคอร์คูมินโดยใช้เทคนิค HPLC ด้วยเครื่อง เครื่อง High performance liquid chromatography (SDP-M10A VP, Shimadzu, USA) ด้วยคอลัมน์ Reverse phase column C18 (Thermo Scientific, USA) ขนาด 4.6x150 มิลลิเมตร โดยใช้ 2% acetic acid และ acetonitrile เป็นวัฏภาคเคลื่อนที่ อัตราการไหลเท่ากับ 1 มิลลิลิตรต่อนาที เวลาในการวิเคราะห์ 6 นาที (Jayaprakasha et al, 2002)

การวิเคราะห์สมรรถนะการทำงานของเอนไซม์คาตาเลส ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส กลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส และระดับลิปิดเปอร์ออกซิเดชัน

ตัวอย่างเลือดไก่กระທຸກນຳມາເຈົ້າຈາກໃນສາລະລາຍຟອສເຟຕັບເຟຣີໃຫ້ເປັນ 300 ເທົ່າ ວິເຄາະສມຸດສະການງານຂອງເອນໄຊມ໌ຄາຕາເລສ ໂດຍໃຊ້ H_2O_2 ເປັນສາຣ໌ດັ່ງຕໍ່ນຳປະຕິກິຣຳກັບ ammonium molybdate ດ້າສາຣ໌ປະກອບສີເສື່ອ ເຕີມຕົວຢ່າງເລືອດລົງໃນປະຕິກິຣຳແລະເປີຍເບີຍທາຍກຳຍັບຍັງປະຕິກິຣຳກັບຫຼອດຫຼວກຸມແລະຄຳນວນສມຸດສະການງານຂອງເອນໄຊມ໌ຄາຕາເລສ ທີ່ໄດ້ເປີຍເບີຍທາຍກຳຍັບຍັງສາຣ໌ມາຕຣາສູນ ນອກຈາກນີ້ປະຕິກິຣຳລະຫວ່າງ xanthine ແລະ xanthine oxidase ຖືກນຳມາໃຊ້ໃນການວິເຄາະສມຸດສະການງານຂອງເອນໄຊມ໌ສູເປຣອກໄຊດິສມິວເຕສ ໂດຍການວັດອັດຕາການຍັບຍັງ formazan ແລະທຳໃຫ້ເກີດສີດ້ວຍ nitroterazolium blue chloride (NBT) ຈາກນັ້ນນຳໄປວັດຄ່າດູດກຼິນແສງທີ່ຄວາມຍາວຄືນ 550 ນຳໂນເມຕຣ ເປີຍເບີຍທາຍກຳຍັບຍັງສາຣ໌ມາຕຣາສູນສູເປຣອກໄຊດິສມິວເຕສ ໃນໝູ່ທີ່ອັດຕາການເປີຍເບີຍທາຍກຳຍັບຍັງ reduced glutathione (GSH) ໄປເປັນ oxidized glutathione (GSSG) ໂດຍການງານຂອງເອນໄຊມ໌ກຼູຕາໄອໂອນເປຣອກໄຊດິສມິວເຕສ ຖືກນຳມາໃຊ້ໃນການວິເຄາະສມຸດສະການງານຂອງເອນໄຊມ໌ທີ່ເກີດຂຶ້ນ (Stukelj et al, 2013)

ເພື່ອສຶກສາຄວາມແຕກຕ່າງຂອງລະດັບລິປິດເປຣອກໄຊດິສມິວເຕສຊຶ່ງປ່ຽນຊຶ້ງເກີດອຸນຸລິສະໄນໃນຮ່າງກາຍສີມີຊີວິດ ຕົວຢ່າງເລືອດໄດ້ຖືກທຸກນຳໄປມຸມພ້ອມສາຣ໌ມາຕຣາສູນ standard malondialdehyde (MDA) ທີ່ອຸນຸລິສະໄນ 37 ອຸນຸລະເຊຍເປັນເວລາ 1 ຂົ້ວໂມງ ເຕີມສາຣ໌ມຸມທີ່ປະກອບດ້ວຍ trichloroacetic acid, 2-thiobarbituric acid (TBA) ແລະກຣຕອະຊິດິກ ແລະແຂ້ໃນອ່າງນ້ຳເຕືອດເປັນເວລາ 15 ນຳທີ ດູດສາຣ໌ລະລາຍໄສສ່ວນບນແລ້ວນຳໄປວັດອັດຕາການດູດກຼິນແສງຟຼູອຣເສເນດທີ່ຄວາມຍາວຄືນ 551 ນຳໂນເມຕຣ ແລະ 528 ນຳໂນເມຕຣເປີຍເບີຍທາຍກຳຍັບຍັງ ກັບສາຣ໌ມາຕຣາສູນ MDA (Pimson et al., 2014)

การทดสอบทางสถิติ

แสดงผลเป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean $\pm$ SD) การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธี ANOVA ร่วมกับการทดสอบด้วย Tukey's test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ค่า $P < 0.05$ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 17.1

ผลการศึกษา

เมื่อเปรียบเทียบสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่ในระบบการเลี้ยงทั้ง 3 แบบ ได้แก่ รูปแบบเลี้ยงกึ่งปล่อยอิสระ รูปแบบเลี้ยงขังคอกหนาแน่น 10 และ 16 ตัวต่อตารางเมตร พบว่าปริมาณการกินอาหาร และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ของไก่ทั้งสามรูปแบบการเลี้ยงไม่แตกต่างกันทางสถิติ และเมื่อเสริมสารสกัดเคอร์คูมินความเข้มข้นร้อยละ 10 ในอาหาร ปริมาณการกินอาหารและน้ำหนักตัวที่เพิ่มของไก่ทั้งสามกลุ่มไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่อัตราการเจริญเติบโตและอัตราการแลกน้ำหนักของไก่ที่ถูกเลี้ยงในกลุ่มขังคอกหนาแน่น 16 ตัวต่อตารางเมตร มีค่าต่ำกว่ากลุ่มกึ่งปล่อยอิสระและกลุ่มขังคอกหนาแน่น 10 ตัวต่อตารางเมตรอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อเสริมสารสกัดเคอร์คูมินความเข้มข้นร้อยละ 10 พบว่าอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการแลกน้ำหนักสูงขึ้นจนไม่แตกต่างจากการเลี้ยงในกลุ่มอื่น (Table 1)

Table 1 Growth performances of broilers fed with Curcumin under three raising systems. The data are presented as the mean $\pm$ SD. Different lower-case letters indicate a significant difference among different precipitation levels ($P < 0.05$)

Groups	Growth performances			
	Feed intake	Body weight gain (g/bird)	Average daily gain (g/bird/day)	Feed conversion ratio (feed/gain)
0C-semi	2713.45 $\pm$ 23.20	1151.20 $\pm$ 8.23	83.38 $\pm$ 2.20a	2.26 $\pm$ 0.50 ^a
0C-10 birds	2664.80 $\pm$ 17.50	1132.50 $\pm$ 4.34	79.93 $\pm$ 3.33a	2.18 $\pm$ 0.15 ^a
0C-16 birds	2025.20 $\pm$ 26.40	1095.40 $\pm$ 5.25	69.78 $\pm$ 1.75b	1.89 $\pm$ 0.25 ^b
10C-semi	2835.50 $\pm$ 11.30	1223.80 $\pm$ 7.25	88.62 $\pm$ 2.25a	2.34 $\pm$ 0.33 ^a
10C-10 birds	2819.20 $\pm$ 15.50	1211.50 $\pm$ 6.75	87.17 $\pm$ 2.45a	2.30 $\pm$ 0.20 ^a
10C-16 birds	2796.75 $\pm$ 16.40	1203.00 $\pm$ 3.33	86.76 $\pm$ 3.75a	2.29 $\pm$ 0.75 ^a

นอกจากสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่แล้ว การศึกษาผลของรูปแบบการเลี้ยงและการเสริมสารสกัดเคอร์คูมินความเข้มข้นร้อยละ 10 ในอาหารไก่ต่อค่าโลหิตวิทยา ช่วยยืนยันผลสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่ได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งพบว่าผลของจำนวนเม็ดเลือดแดง (red blood cell) ในไก่ทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน ในขณะที่การเลี้ยงแบบขังคอกหนาแน่น 16 ตัวต่อตารางเมตร ทำให้ฮีโมโกลบิน (hemoglobin) และเปอร์เซ็นต์ของเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (hematocrit value) ต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ในส่วนของผลต่อเม็ดเลือดขาว (white blood cell) การเลี้ยงแบบขังคอกหนาแน่น 16 ตัวต่อตารางเมตร มีผลทำให้จำนวนเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ (lymphocyte) และโมโนไซต์ (monocyte) ต่ำ จำนวนเฮเทอโรฟิล (heterophil) สูงขึ้น มีผลทำให้อัตราส่วนระหว่างเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ต่อเฮเทอโรฟิล (H/L ratio) มีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แต่เมื่อเสริมสารสกัดเคอร์คูมินความเข้มข้นร้อยละ 10 ในอาหาร ส่งผลเปลี่ยนแปลงค่าโลหิตวิทยาให้อยู่ในระดับปกติ (Table 2)

Table 2 Hematology parameters of broilers fed with Curcumin under three raising systems. The data are presented as the mean $\pm$ SD. Different lower-case letters indicate a significant difference among different precipitation levels ($P < 0.05$)

Parameters	Groups						
	OC-semi	OC-10 birds	OC-16 birds	10C-semi	10C-10 birds	10C-16 birds	References*
Red blood cell characteristics							
RBCs ($10^6/\text{mm}^3$)	2.16 $\pm$ 0.06	2.13 $\pm$ 0.06	2.08 $\pm$ 0.16	2.22 $\pm$ 0.13	2.21 $\pm$ 0.24	2.17 $\pm$ 0.16	2.15 $\pm$ 0.06
Hemoglobin (g/DL)	9.48 $\pm$ 0.83 ^a	9.54 $\pm$ 0.94 ^a	7.83 $\pm$ 0.74 ^b	9.52 $\pm$ 0.27 ^a	9.50 $\pm$ 0.54 ^a	9.47 $\pm$ 0.54 ^a	9.50 $\pm$ 0.38
Hematocrit value (%)	28.90 $\pm$ 1.98 ^a	27.59 $\pm$ 1.74 ^a	23.50 $\pm$ 0.90 ^b	29.10 $\pm$ 0.65 ^a	28.80 $\pm$ 0.80 ^a	28.00 $\pm$ 0.35 ^a	28.90 $\pm$ 1.98
White blood cells characteristics							
WBCs ($10^3/\text{mm}^3$)	21.50 $\pm$ 1.12	22.50 $\pm$ 0.61	23.80 $\pm$ 0.85	22.00 $\pm$ 0.35	22.40 $\pm$ 1.10	22.60 $\pm$ 1.02	22.50 $\pm$ 0.85
Lymphocytes (%)	48.40 $\pm$ 0.85 ^a	47.15 $\pm$ 0.55 ^a	42.20 $\pm$ 1.10 ^b	48.90 $\pm$ 0.46 ^a	48.00 $\pm$ 0.50 ^a	47.80 $\pm$ 0.25 ^a	48.40 $\pm$ 0.85
Monocyte (%)	1.70 $\pm$ 0.35 ^a	1.72 $\pm$ 0.50 ^a	0.92 $\pm$ 0.50 ^b	1.67 $\pm$ 0.25 ^a	1.72 $\pm$ 0.45 ^a	1.70 $\pm$ 0.33 ^a	1.70 $\pm$ 0.35
Basophil (%)	0.35 $\pm$ 0.20	0.31 $\pm$ 0.33	0.28 $\pm$ 0.75	0.29 $\pm$ 0.45	0.33 $\pm$ 0.50	0.33 $\pm$ 0.20	0.81 $\pm$ 0.36
Eosinophil (%)	2.10 $\pm$ 0.75	2.21 $\pm$ 0.25	2.45 $\pm$ 0.33	2.00 $\pm$ 0.50	2.32 $\pm$ 0.40	2.20 $\pm$ 0.43	2.27 $\pm$ 0.39
Heterophil (%)	31.90 $\pm$ 1.89 ^a	32.7 $\pm$ 0.57 ^a	43.3 $\pm$ 0.46 ^b	33.0 $\pm$ 0.24 ^a	32.6 $\pm$ 1.04 ^a	33.1 $\pm$ 1.10 ^a	32.0 $\pm$ 1.89
H/L ratio	0.68 $\pm$ 0.26 ^a	0.72 $\pm$ 0.43 ^a	1.13 $\pm$ 0.33 ^b	0.62 $\pm$ 0.77 ^a	0.71 $\pm$ 0.32 ^a	0.69 $\pm$ 0.66 ^a	0.58 $\pm$ 0.20

*References: Orawan and Aengwanich, 2007; Kuttappan et al., 2013; Attia et al., 2017

ระดับลิปเปอร์ออกซิเดชันบ่งชี้ถึงการเกิดอนุมูลอิสระในไก่ พบว่ารูปแบบการเลี้ยงขังคอกหนาแน่น 16 ตัวต่อตารางเมตร ส่งผลให้ระดับลิปเปอร์ออกซิเดชันสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ปล่อยอิสระและขังคอกหนาแน่น 10 ตัวต่อตารางเมตร (Figure 1) แต่เมื่อไก่ได้รับอาหารที่เสริมสารสกัดเคอร์คูมินความเข้มข้นร้อยละ 10 พบว่าระดับลิปเปอร์ออกซิเดชันต่ำลงจนไม่แตกต่างกับทุกกลุ่ม ($P<0.05$) สอดคล้องกับการศึกษาสมรรถนะการทำงานของเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระที่ประกอบไปด้วย เอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส คาตาเลส และกลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส พบว่าทั้งสามชนิดสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในกลุ่มเลี้ยงขังคอกหนาแน่น 16 ตัวต่อตารางเมตร และลดต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อได้รับสารสกัดเคอร์คูมิน โดยเอนไซม์ ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส ต่ำกว่าการเลี้ยงในทุกรูปแบบ (Figure 2A) เอนไซม์คาตาเลส ลดลงเทียบเท่ากับกลุ่มที่ปล่อยอิสระ และเลี้ยงขังคอกหนาแน่น 10 ตัวต่อตารางเมตร (Figure 2B) ในขณะที่เอนไซม์กลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส กลับสูงขึ้นใกล้เคียงกับไก่กลุ่มที่ไม่เครียดแต่ได้รับอาหารเสริม (10C-semi และ 10C-10 birds) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) (Figure 2C)

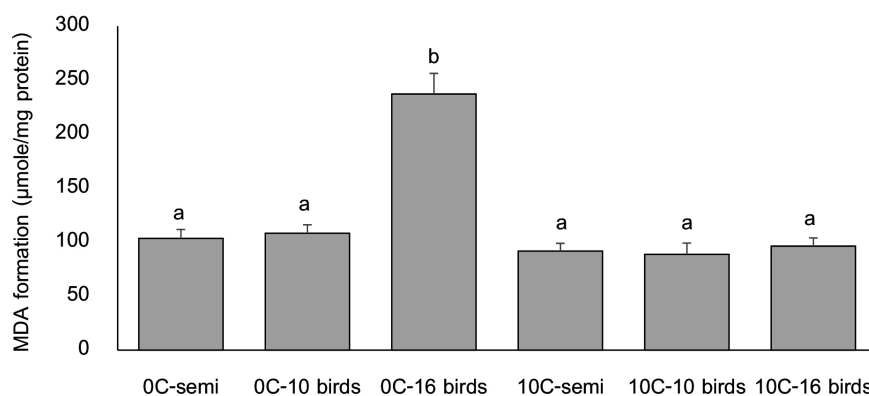


Figure 1 The level of lipid peroxidation of broilers fed with Curcumin under three raising systems. The data are presented as the mean $\pm$ SD. Different lower-case letters indicate a significant difference among different precipitation levels ($P<0.05$)

วิจารณ์

รูปแบบเลี้ยงกึ่งปล่อยอิสระ รูปแบบเลี้ยงขังคอกหนาแน่น 10 และ 16 ตัวต่อตารางเมตร ส่งผลต่อระดับความเครียดในไก่ได้แตกต่างกัน พบว่ารูปแบบเลี้ยงกึ่งปล่อยอิสระและรูปแบบเลี้ยงขังคอกหนาแน่น 10 ตัวต่อตารางเมตร ทำให้ไก่มีสมรรถนะการเจริญเติบโตที่มีประสิทธิภาพ ปริมาณของเม็ดเลือดแดงและเม็ดเลือดขาวในแต่ละชนิดอยู่ในเกณฑ์ปกติ เมื่อยืนยันผลด้วยระดับลิปเปอร์ออกซิเดชันที่บ่งชี้ถึงปริมาณอนุมูลอิสระ และสมรรถนะของเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ พบว่าการเลี้ยงไก่ทั้งสองแบบไม่มีผลต่อความเครียด สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ที่พบว่ารูปแบบขังคอกความหนาแน่นไม่เกิน 10-12 ตัวต่อตารางเมตร ช่วยลดภาวะเครียดออกซิเดชัน (Simitzis et al. 2012; Kang et al., 2016) และเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโตได้ใกล้เคียงกับการเลี้ยงกึ่งปล่อยอิสระ (Thomas et al., 2004; Gupta., 2017) แต่เมื่อเพิ่มความหนาแน่นถึง 16 ตัวต่อตารางเมตร การเพิ่มผลผลิตและสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่กระทลง

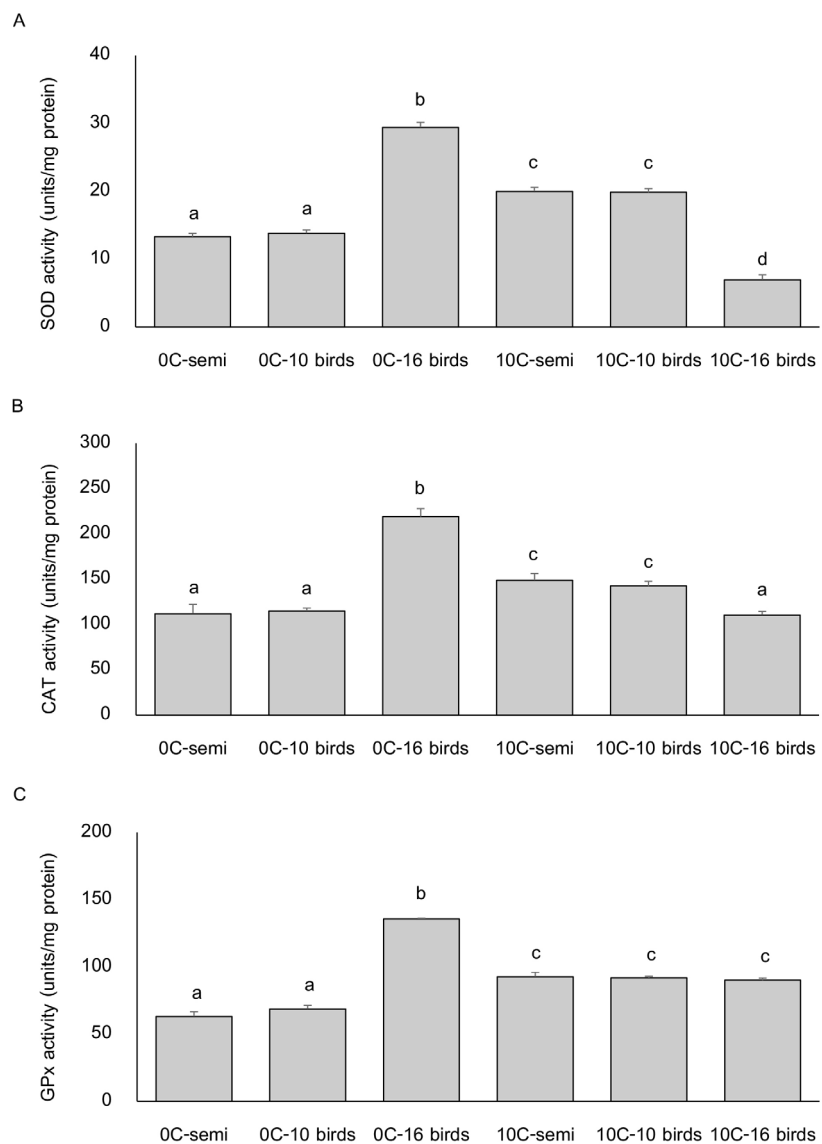


Figure 2 Antioxidant enzyme activity of broilers fed with Curcumin under three raising systems. The data are presented as the mean $\pm$ SD. Different lower-case letters indicate a significant difference among different precipitation levels ($P < 0.05$)

เนื่องจากความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ไก่มีภาวะความเครียด การกินอาหารลดลง เพิ่มปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ (malondialdehyde หรือ MDA) หรือระดับของลิพิดเปอร์ออกซิเดชัน บ่งชี้ภาวะเครียดออกซิเดชันจากระดับอนุมูลอิสระที่สูงขึ้น ส่งผลให้การทำงานของเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส คาตาเลส และกลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส เพิ่มขึ้น หากเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส ซึ่งเป็นเอนไซม์ชนิดแรกที่ทำหน้าที่เปลี่ยนอนุมูลอิสระ ไม่สามารถกำจัดอนุมูลอิสระให้หมดได้ เอนไซม์คาตาเลส จะเข้ามาทำปฏิกิริยาต่อ แต่หากอยู่ในภาวะที่มีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ไม่มากนัก เอนไซม์กลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส จะทำหน้าที่หลักในการกำจัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Birben et al., 2012) สอดคล้องกับระดับการทำงานของเอนไซม์ต้านอนุมูลในไก่กลุ่มที่เลี้ยงซึ่งคอกความหนาแน่นไม่เกิน 16 ตัวต่อตารางเมตร

สูงขึ้นมากเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น ในการศึกษาพฤติกรรมสัตว์ เมื่อไก่เกิดความเครียดจากพฤติกรรมทางสังคมของสัตว์โดยการเพิ่มความหนาแน่นในการเลี้ยง (social stress) จะแสดงออกพฤติกรรม เช่น เบื่ออาหาร จิกชน ก้าวร้าว เหยียบหรือขับไล่ตัวอื่นออกจากรางอาหารซึ่งถือเป็นพฤติกรรมการจัดอันดับทางสังคม (Ericsson et al., 2016; Marino, 2017) นอกจากนี้ความเครียดยังมีผลต่อการกระตุ้นการหลั่งฮอร์โมนกลูโคคอร์ติคอยด์ที่ส่งผลต่อระบบภูมิคุ้มกัน (Dhabhar, 2002) ทำให้พบการลดลงของฮีโมโกลบินและปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น จากอิทธิพลของฮอร์โมนกลูโคคอร์ติคอยด์ที่มีผลต่อระบบการสร้างเม็ดเลือด (hemopoietic system) โดยเฉพาะฮีโมโกลบินที่เป็นส่วนประกอบของเม็ดเลือดแดง การสร้างเม็ดเลือดขาว ความเครียดมีผลต่อเยื่อหุ้มเซลล์และการเมตาบอลิซึมของเซลล์เม็ดเลือด จึงพบการลดลงของเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ (Post et al., 2003; Lin et al., 2004) แต่เพิ่มจำนวนเม็ดเลือดขาวชนิดเฮโทโรฟิล ดังนั้นเมื่อคำนวณหา H/L ratio จึงพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้น ช่วยยืนยันภาวะเครียดที่เกิดขึ้นในไก่ได้ (Thaxton and Puvadolpirod, 2000; Tankson et al., 2001)

การเหนี่ยวนำให้เกิดความเครียดจากรูปแบบการเลี้ยงขังคอกหนาแน่น 16 ตัวต่อตารางเมตร ที่พบว่าระดับความเครียดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อการศึกษาถึงประสิทธิภาพของสารเคอร์คูมินที่เป็นส่วนประกอบหลักในขมิ้นชันต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่ การเปลี่ยนแปลงของค่าโลหิตวิทยาและผลต่อระบบต้านอนุมูลอิสระ แสดงให้เห็นว่าการเสริมสารสกัดเคอร์คูมินในไก่กลุ่มที่ไม่เครียดช่วยเพิ่มสมรรถนะการทำงานของเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส คาตาเลส และกลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส ในไก่กลุ่มที่เลี้ยงในรูปแบบกึ่งปล่อยอิสระและกลุ่มขังคอกหนาแน่น 10 ตัวต่อตารางเมตร เปรียบเทียบกับไก่ที่เลี้ยงรูปแบบเดียวกันแต่ไม่ได้เสริมสารเคอร์คูมิน สอดคล้องกับหลายการศึกษาที่พบว่านอกจากทำหน้าที่ในการกำจัดอนุมูลอิสระแล้วเคอร์คูมินยังมีฤทธิ์ในการช่วยกระตุ้นการทำงานและเพิ่มประสิทธิภาพของเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระในร่างกายได้อีกด้วย (Arshami et al., 2013; Zhang et al., 2015) และเมื่อเสริมสารเคอร์คูมินในอาหารไก่กลุ่มขังคอกหนาแน่น 16 ตัวต่อตารางเมตรที่พบว่าปริมาณอนุมูลอิสระและภาวะเครียดออกซิเดชันสูงขึ้น สารเคอร์คูมินช่วยเพิ่มสมรรถนะการเจริญเติบโตให้มีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับกลุ่มอื่น เพิ่มปริมาณของเม็ดเลือดแดงและเม็ดเลือดขาวในแต่ละชนิดอยู่ในเกณฑ์ปกติ เพิ่มการทำงานของเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส กำจัดอนุมูลอิสระเป็นผลให้ลิปิดเปอร์ออกซิเดชันลดลง นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มสมรรถนะของเอนไซม์คาตาเลส และกลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส ให้มีประสิทธิภาพพร้อมทำงานมากยิ่งขึ้น (Abou-Elkhair et al., 2014; Zhang et al., 2014; Zhang et al., 2015)

การลดลงของภาวะเครียดออกซิเดชันนี้เป็นผลจากกลไกการทำงานของสารเคอร์คูมิน โดยอาศัยการทำงานร่วมกันสองส่วน ส่วนแรกเคอร์คูมินสามารถจับกับอนุมูลอิสระไม่ว่าจะเป็น ซูเปอร์ออกไซด์แอนไอออน (superoxide anion; O⁻) เปอร์ออกซีไนไตร (peroxynitrite; NOO) ไนตริกออกไซด์ (nitric oxide; NO) เปอร์ออกซิลแรดดิคัล (peroxyl radicals; ROO) หรือ ไฮดรอกซิล (hydroxyl; OH⁻) เป็นผลทำให้อนุมูลอิสระลดจำนวนลง ควบคู่กับการทำงานของกลไกที่สองที่กระตุ้นการแสดงออกของยีนที่ทำหน้าที่ปกป้องเซลล์ (cytoprotective gene) ทำงานโดยการเพิ่มการแสดงออกของ ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส คาตาเลส กลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส กลูตาไธโอนรีดักเตส (glutathione reductase; GR) และ กลูตาไธโอนเอสทรานเฟอเรส (glutathione-S-transferase; GST) ซึ่งเป็นโปรตีนต้านอนุมูลอิสระ ผลิตภัณฑ์อนุมูลอิสระเพื่อปกป้องเซลล์จากการทำลายของภาวะเครียดออกซิเดชัน (Panchal et al., 2008; Trujillo et al., 2013) และทำหน้าที่รักษาสสมดุลรีดอกซ์ภายในเซลล์ โดยมีเอนไซม์ในระบบต้านอนุมูลอิสระที่เป็นเป้าหมายสำคัญ คือ NADPH-quinone oxidoreductase-1 หรือ NQO1 และฮีมออกซิจีเนส (heme oxygenase-1; HO-1) ทำให้ร่างกายมีการสร้างสารต้าน

อนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้น (Jeong et al., 2006; Yarru et al., 2009) และยังกระตุ้นการแสดงออกของยีน γ -glutamylcysteine ligase หรือ γ -GCL เพื่อกระตุ้นการสร้างกลูตาไธโอนซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญของร่างกาย (Hewlings and Kalman, 2017) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Yarru และคณะในปี 2009 ที่พบว่าสารสกัดเคอร์คูมินช่วยลดความเป็นพิษของอะฟลาท็อกซินในไก่เนื้อโดยการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ เช่นเดียวกับ Rangsz และ Ahangaran (2011) ที่พบว่าสารเคอร์คูมินที่พบในขมิ้นชันกระตุ้นการเจริญเติบโตได้ดีในไก่เนื้อ และ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sayrafi และคณะ (2017) ที่ทดสอบประสิทธิภาพของเคอร์คูมินในการกระตุ้นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันในไก่ พบว่าเคอร์คูมินจะปกป้องเบอร์ซาออฟฟาบรีเชียส (Bursa of Fabricius) ซึ่งเป็นอวัยวะสำคัญที่ทำหน้าที่ในการกระตุ้นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันของสัตว์ปีก

สรุป

ปัจจุบันมีการศึกษาถึงประสิทธิภาพของการเสริมขมิ้นชันที่มีสารประกอบที่สำคัญคือ เคอร์คูมิน ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่อย่างแพร่หลาย แต่ยังไม่พบการศึกษาที่บ่งชี้ถึงประสิทธิภาพของสารสกัดเคอร์คูมินต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าโลหิตวิทยาและผลต่อระบบต้านอนุมูลอิสระ โดยเฉพาะการเหนี่ยวนำให้เกิดความเครียดจากรูปแบบการเลี้ยง จากผลการทดลองนี้พบว่าสารสกัดเคอร์คูมินมีประสิทธิภาพในการปรับค่าโลหิตวิทยาของไก่ที่อยู่ในสภาวะเครียดออกซิเดชันให้เป็นปกติ ช่วยลดอนุมูลอิสระและเพิ่มสมรรถนะการทำงานของเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระได้ จึงสามารถใช้สารสกัดเคอร์คูมิน ซึ่งเป็นส่วนประกอบทางเคมีหลักในขมิ้นชันนี้เสริมในอาหารเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงไก่กระทง ให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น

REFERENCES

- Abou-Elkhair, R., Ahmed, H.A., Selim, S., 2014. Effects of black pepper (*Piper nigrum*), turmeric powder (*Curcuma longa*) and coriander seeds (*Coriandrum sativum*) and their combinations as feed additives on growth performance, carcass traits, some blood parameters and humoral immune response of broiler chickens. Asian-Australas J. Anim. Sci. 27, 847-854.
- Akbarian, A., Michiels, J., Degroote, J., Majdeddin, M., Golian, A., De Smet, S., 2016. Association between heat stress and oxidative stress in poultry; mitochondrial dysfunction and dietary interventions with phytochemicals. J. Anim. Sci. Biotechnol. 7, 37.
- Arshami, J., Pilevar, M., Aami Azghadi, M., Raji, A.R., 2013. Hypolipidemic and antioxidative effects of curcumin on blood parameters, humoral immunity, and jejunum histology in Hy-line hens. Avicenna J. Phytomed. 3, 178-185.
- Attia, Y.A., Al-Harhi, M.A., El-Shafey, A.S., Rehab, Y.A., Kim, W.K., 2017. Enhancing tolerance of broiler chickens to heat stress by supplementation with vitamin E, vitamin c and/or probiotics. Ann. Anim. Sci. 17, 1155–1169.

- Birben, E., Sahiner, U.M., Sackesen, C., Erzurum, S., Kalayci, O., 2012. Oxidative stress and antioxidant defense. *World Allergy Organ. J.* 5, 9–19.
- Chainani-Wu, N., 2003. Safety and anti-inflammatory activity of curcumin: a component of tumeric (*Curcuma longa*). *J. Altern. Complement Med.* 9, 161-168.
- Cheng, A.L., Hsu, C.H., Lin, J.K., Hsu, M.M., Ho, Y.F., Shen, T.S., Ko, J.Y., Lin, J.T., Lin, B.R., Ming-Shiang, W., Yu, H.S., Jee, S.H., Chen, G.S., Chen, T.M., Chen, C.A., Lai, M.K., Pu, Y.S., Pan, M.H., Wang, Y.J., Tsai, C.C., Hsieh, C.Y., 2001. Phase I clinical trial of curcumin, a chemopreventive agent, in patients with high-risk or pre-malignant lesions. *Anticancer Res.* 21, 2895-2900.
- Dhabhar, F.S., 2002. Stress-induced augmentation of immune function—the role of stress hormones, leukocyte trafficking, and cytokines. *Brain. Behav. Immun.* 16, 785–798.
- Dhabhar, F.S., Malarkey, W.B., Neri, E., McEwen, B.S., 2012. Stress-induced redistribution of immune cells—from barracks to boulevards to battlefields: a tale of three hormones—Curt Richter Award winner. *Psychoneuroendocrinology.* 37, 1345–1368.
- Ericsson, M., Henriksen, R., Bélteky, J., Sundman, A., Shionoya, K., Jensen P., 2016. Long-term and transgenerational effects of stress experienced during different life phases in chickens (*Gallus gallus*). *PLoS One.* 11, e0153879.
- Feddes, J.J., Emmanuel, E.J., Zuidhof, M.J., 2002. Broiler performance, body weight variance, feed and water intake, and carcass quality at different stocking densities. *Poult. Sci.* 81, 774-779.
- Gopi, S., Jacob, J., Mathur, K.Y., 2016. Acute and subchronic oral toxicity studies of hydrogenated curcuminoid formulation ‘CuroWhite’ in rats. *Toxicol. Rep.* 3, 817-825.
- Guil-Guerrero, J.L., Ramos, L., Zúñiga Paredes J.C., Carlosama-Yépez, M., Moreno, C., Ruales P., 2017. Effects of turmeric rhizome powder and curcumin in poultry production. A review. *J. Anim. Feed. Sci.* 26, 293–302.
- Gupta, K., Behera, K., Pradhan, C.R., Acharya, A.P., Sethy, K., Behera, D., Lone, S.A., Shinde, K.P., 2017. Influence of stocking density on the performance, carcass characteristics, hemato-biochemical indices of Vanaraja chickens Shailesh. *Indian J. Anim. Res.* 51, 939-943.
- Hewlings, S.J., Kalman, D.S., 2017. Curcumin: A review of its' effects on human health. *Foods.* DOI: 10.3390/foods6100092.
- Houshmand, M., Azhar, K., Zulkifli, I., Bejo, M.H., Kamyab, A., 2012. Effects of prebiotic, protein level, and stocking density on performance, immunity, and stress indicators of broilers. *Poult. Sci.* 91, 393-401.
- Jayaprakasha, G.K., Jagan Mohan Rao, L., Sakariah, K.K., 2002. Improved HPLC method for the determination of curcumin, demethoxycurcumin, and bisdemethoxycurcumin. *J. Agric Food Chem.* 50, 3668-3672.
- Jeong, G.S., Oh, G.S., Pae, H.O., Jeong, S.O., Kim, Y.C., Shin, M.K., Seo, B.Y., Han, S.Y., Lee, H.S., Jeong, J.G., Koh, J.S., Chung, H.T., 2006. Comparative effects of curcuminoids on endothelial heme oxygenase-1 expression: ortho-methoxy groups are essential to enhance heme oxygenase activity and protection. *Exp. Mol. Med.* 38, 393-400.

- Jiang, W., Li, Y., Sun, J., Li, L., Li, J.W., Zhang, C., Huang, C., Yang, J., Kong, G.Y., Li, Z.F., 2017. Spleen contributes to restraint stress induced changes in blood leukocytes distribution. *Sci. Rep.* 7, 6501. DOI: 10.1038/s41598-017-06956-9.
- Kang, H.K., Park, S.B., Kim, S.H., Kim, C.H., 2016. Effects of stock density on the laying performance, blood parameter, corticosterone, litter quality, gas emission and bone mineral density of laying hens in floor pens. *Poult. Sci.* 95, 2764-2770.
- Kuttappan, V.A., Huff, G.R., Huff, W.E., Hargis, B.M., Apple, J.K., Coon, C., Owens, C.M., 2013. Comparison of hematologic and serologic profiles of broiler birds with normal and severe degrees of white striping in breast fillets. *Poult. Sci.* 92, 339-345.
- Lee, M.T., Lin, W.C., Yu, B., Lee, T.T., 2017. Antioxidant capacity of phytochemicals and their potential effects on oxidative status in animals - A review. *Asian-Australas J. Anim. Sci.* 30, 299-308.
- Liju, V.B., Jeena, K., Kuttan, R., 2013. Acute and subchronic toxicity as well as mutagenic evaluation of essential oil from turmeric (*Curcuma longa* L). *Food Chem. Toxicol.* 53, 52-61.
- Lin, H., Decuypere, E., Buyse, J., 2004. Oxidative stress induced by corticosterone administration in broiler chickens (*Gallus gallus domesticus*) 1. Chronic exposure. *Comp. Biochem. Physiol. B. Biochem. Mol. Biol.* 139, 737-744.
- Marino, L., 2017. Thinking chickens: a review of cognition, emotion, and behavior in the domestic chicken. *Anim. Cogn.* 20, 127-147.
- Orawan, C., Aengwanich, W., 2007. Blood cell characteristics, hematological values and average daily gained weight of Thai indigenous, Thai indigenous crossbred and broiler chickens. *Pak. J. Biol. Sci.* 10, 302-309.
- Pamplona, R., Costantini, D., 2011. Molecular and structural antioxidant defenses against oxidative stress in animals. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* 301, R843-R863.
- Panchal, H.D., Vranizan, K., Lee, C.Y., Ho, J., Ngai, J., Timiras, P.S., 2008. Early anti-oxidative and anti-proliferative curcumin effects on neuroglioma cells suggest therapeutic targets. *Neurochem. Res.* 33, 1701-1710.
- Papadopoulou, A., Petrotos, K., Stagos, D., Gerasopoulos, K., Maimaris, A., Makris, H., Kafantaris, I., Makri, S., Kerasioti, E., Halabalaki, M., Brieudes, V., Ntasi, G., Kokkas, S., Tzimas, P., Goulas, P., Zakharenko, A.M., Golokhvast, K.S., Tsatsakis, A., Kouretas, D., 2017. Enhancement of antioxidant mechanisms and reduction of oxidative stress in chickens after the administration of drinking water enriched with polyphenolic powder from olive mill waste waters. *Oxid. Med. Cell. Longev.* DOI: 10.1155/2017/8273160.
- Pimson, C., Chatuphonprasert, W., Jarukamjorn, K., 2014. Improvement of antioxidant balance in diabetes mellitus type 1 mice by glutathione supplement. *Pak. J. Pharm. Sci.* 27, 1731-1737.
- Post, J., Rebel, J.M., ter Huurne, A.A., 2003. Physiological effects of elevated plasma corticosterone concentrations in broiler chickens. An alternative means by which to assess the physiological effects of stress. *Poult. Sci.* 82, 1313-1318.

- Rangsaz, N., Ahangaran, M.G., 2011. Evaluation of turmeric extract on performance indices impressed by induced aflatoxicosis in broiler chickens. *Toxicol. Ind. Health.* 27, 956-960.
- Sayrafi, R., Mirzakhani, N., Mobaseri, R., 2017. Effects of turmeric (*Curcuma longa*) and vitamin E on histopathological lesions induced in bursa of Fabricius of broiler chicks by salinomycin. *Vet. Res. Forum.* 8, 231-236.
- Simitzis, P.E., Kalogeraki, E., Goliomytis, M., Charismiadiou, M.A., Triantaphyllopoulos, K., Ayoutanti, A., Niforou, K., Hager-Theodorides, A.L., Deligeorgis, S.G., 2012. Impact of stocking density on broiler growth performance, meat characteristics, behavioural components and indicators of physiological and oxidative stress. *Br. Poult. Sci.* 53, 721-730.
- Stukelj, M., Toplak, I., Svete, A.N., 2013. Blood antioxidant enzymes (SOD, GPX), biochemical and haematological parameters in pigs naturally infected with porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *Pol. J. Vet. Sci.* 16, 369-376.
- Tankson, J.D., Vizzier-Thaxton, Y., Thaxton, J.P., May, J.D., Cameron, J.A., 2001. Stress and nutritional quality of broilers. *Poult. Sci.* 80, 1384-1389.
- Thaxton, J.P., Puvadolpirod, S., 2000. Model of physiological stress in chickens 5. Quantitative evaluation. *Poult. Sci.* 79, 391-395.
- Thomas, D.G., Ravindran, V., Thomas, D.V., Camden, B.J., Cottam, Y.H., Morel, P.C., Cook, C.J., 2004. Influence of stocking density on the performance, carcass characteristics and selected welfare indicators of broiler chickens. *N. Z. Vet. J.* 52, 76-81.
- Trujillo, J., Chirino, Y.I., Molina-Jijón, E., Andérica-Romero, A.C., Tapia, E., Pedraza-Chaverri, J., 2013. Renoprotective effect of the antioxidant curcumin: Recent findings. *Redox. Biol.* 17, 448-456.
- Yarru, L.P., Settivari, R.S., Gowda, N.K., Antoniou, E., Ledoux, D.R., Rottinghaus, G.E., 2009. Effects of turmeric (*Curcuma longa*) on the expression of hepatic genes associated with biotransformation, antioxidant, and immune systems in broiler chicks fed aflatoxin. *Poult. Sci.* 88, 2620-2627.
- Zhang, J., Hou, X., Ahmad, H., Zhang, H., Zhang, L., Wang, T., 2014. Assessment of free radicals scavenging activity of seven natural pigments and protective effects in AAPH-challenged chicken erythrocytes. *Food Chem.* 145, 57-65.
- Zhang, J., Hu, Z., Lu, C., Bai, K., Zhang, L., Wang, T., 2015. Effect of various levels of dietary curcumin on meat quality and antioxidant profile of breast muscle in broilers. *J. Agric. Food Chem.* 63, 3880-3886.

How to cite this article;

Charinya Pimson, Phornnipa Bakban, Sunadda Suwanrat and Natedara Chanutsa. The effect of Curcumin on growth performance, blood biochemistry and antioxidant activities in boiler chickens. *Veterinary Integrative Sciences.* 2018; 16(2): 95-107.
