วารสารแก่นเกษตร THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

Journal Home Page : https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj



การใช้สารเสริมไฟโตจีนิกเพื่อลดผลกระทบความเครียดจากความร้อนในไก่เนื้อ

The use of phytogenic additives to alleviate heat stress in broilers

สิทธิพงษ์ รักงาม[1], เมริษา ศิริโสภาพงษ์[1] และ สุทิศา เข็มผะกา[1]*

Sitthipong Rakngam[1], Merisa Sirisopapong[1] and Sutisa Khempaka[1]*

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา 30000

[1] School of Animal Production Technology and Innovation, Institute of Agricultural Technology, Suranaree University of Technology, Nakhon-Ratchasima 30000, Thailand

บทคัดย่อ: ปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตสัตว์ทั่วโลกกำลังประสบปัญหากับภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศอย่างรุนแรง ทำให้สัตว์เกิดความเครียดจากความร้อนได้ง่ายและก่อให้เกิดอนุมูลอิสระในร่างกายเกินกว่ากลไกของร่างกายที่จะกำจัดได้ ซึ่งเหนี่ยวนำให้เกิดความเครียดออกซิเดชัน มีผลให้เซลล์ต่าง ๆ รวมถึงเซลล์บริเวณผนังลำไส้ถูกทำลาย ส่งผลให้ความสามารถในการย่อยและใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะด้อยประสิทธิภาพและสมรรถนะการเจริญเติบโตลดลง อีกทั้งยังก่อให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจมูลค่ามหาศาล ดังนั้นการรวบรวมเอกสารครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติของสารเสริมไฟโตจีนิกที่มีศักยภาพนำมาประยุกต์ใช้เพื่อลดผลกระทบที่เกิดจากความเครียดจากความร้อนในไก่เนื้อ ซึ่งพบว่าสารเสริมไฟโตจีนิกจากส่วนต่าง ๆ ของพืชและสมุนไพร ทั้งในรูปผงแห้ง สารสกัดแบบเดี่ยวหรือสารสกัดแบบผสมที่มีองค์ประกอบของสารฟีนอลหรือโพลีฟีนอล สามารถช่วยปรับปรุงสมรรถนะการเจริญเติบโต เพิ่มความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ เพิ่มการแสดงออกของยีน Heat shock protein (HSP) กระตุ้นภูมิคุ้มกัน และลดการอักเสบในไก่เนื้อที่เลี้ยงภายใต้ภาวะความเครียดจากความร้อนได้

คำสำคัญ: ไฟโตจีนิก; ฟีนอล; ความเครียดจากความร้อน; ไก่เนื้อ

ABSTRACT: The global animal production industry is currently facing severe global warming and climate change. This makes the animal more prone to heat stress (HS) and produces free radicals beyond the body's mechanism to eliminate, leading to oxidative stress. As a result of cellular damage, including gut barrier integrity leading to interference with digestion and nutrient utilization and growth performance, causing tremendous economic losses. The aim of this study was to examine the properties of potential phytogenic additives in order to alleviate heat stress in broilers. It was found that phytogenic additives from different parts of plants and herbs, either in the form of dry powder, pure extracts or mixed extracts which contain phenol or polyphenol compounds can improve growth performance, enhance antioxidant activity, upregulate heat shock protein expression and reduce inflammation of broiler under HS condition.

Keywords: phytogenic; phenols; heat stress; broilers

บทนำ

ปัจจุบันทั่วโลกกำลังประสบกับปัญหาภาวะโลกร้อนและมีแนวโน้มที่จะทวีความรุนแรงมากขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งภาวะดังกล่าวส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมการผลิตสัตว์อย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผลิตไก่เนื้อในภูมิภาคเขตร้อน (Nawab et al., 2018; Kpomasse et al., 2021; Thornton et al., 2021) เนื่องจากไก่เนื้อทางการค้ามีการปรับปรุงพันธุกรรมให้มีประสิทธิภาพการใช้อาหารที่ดีและมีอัตราการเจริญเติบโตสูง แต่อย่างไรก็ตามไก่เนื้อเหล่านี้ก็เกิดภาวะความเครียดจากความร้อนได้ง่าย (Kalmar et al., 2013; Awad et al., 2020) ซึ่งความเครียดจากความร้อนจะเหนี่ยวนำให้เกิดอนุมูลอิสระในร่างกายเกินกว่ากลไกของร่างกายจะสามารถกำจัดได้ นำไปสู่

* Corresponding author: khampaka@sut.ac.th

Received: date; April 5, 2022 Accepted: date; July 18, 2022 Published: date; October 12, 2022

ภาวะการเกิดความเครียดออกซิเดชัน ส่งผลให้เซลล์ต่าง ๆ ถูกทำลาย ปริมาณการกินอาหารลดลง ภูมิคุ้มกันต่ำ อัตราการตายเพิ่มขึ้น และสมรรถนะการเจริญเติบโตลดลง (Nawab et al., 2018; Ranjan et al., 2019; Vandana and Sejian, 2021) ซึ่งที่ผ่านมามีการแก้ปัญหาด้วยการเลี้ยงสัตว์ในโรงเรือนระบบปิด และการนำกลยุทธด้านโภชนศาสตร์มาใช้เพื่อลดผลกระทบ เช่น การเพิ่มระดับความเข้มข้นของพลังงานในอาหาร การใช้ยาปฏิชีวนะ รวมถึงการใช้สารเสริมชนิดต่าง ๆ (ได้แก่ วิตามิน แร่ธาตุ โพรไบโอติก พรีไบโอติก เป็นต้น) และสารไฟโตจีนิกที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระและลดการอักเสบก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ได้รับความสนใจในการนำมาใช้ประโยชน์เพิ่มมากขึ้น (Sahin et al., 2016; Chowdhury, 2021; Nawaz et al., 2021)

สารเสริมไฟโตจีนิกหรือไฟโตไบโอติก (phytogenic feed additives or phytobiotics) จัดเป็นสารประกอบหรือสารออกฤทธิ์ทางธรรมชาติที่ได้จากส่วนต่าง ๆ ของพืชสมุนไพรและเครื่องเทศ เช่น ดอก ใบ ลำต้น เปลือกและราก ปัจจุบันได้มีการนำมาใช้เป็นสารกระตุ้นการเจริญเติบโตทดแทนยาปฏิชีวนะอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ทั้งในรูปแบบผงแห้ง สารสกัด น้ำมันหอมระเหย รวมถึงสารออกฤทธิ์ที่บริสุทธิ์ เนื่องจากมีคุณสมบัติช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้อาหาร ลดการอักเสบ กระตุ้นภูมิคุ้มกัน เพิ่มความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และกระตุ้นการเจริญเติบโต (Saleh et al., 2018; Attia et al., 2020) สารไฟโตจีนิกมีองค์ประกอบหลัก ๆ 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นโภชนะและส่วนที่เป็นส่วนประกอบของสารชีวโมเลกุลซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์ต่าง ๆ สารออกฤทธิ์อาจมีความแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับส่วนของพืช ฤดูกาลที่เก็บเกี่ยว พื้นที่เพาะปลูก และกระบวนการผลิต จากการรายงานที่ผ่านมาพบว่าการเสริมผงขมิ้นชันซึ่งประกอบด้วยสารออกฤทธิ์ Curcuminoids ในอาหาร สามารถปรับปรุงสมรรถนะการเจริญเติบโต เพิ่มกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ในการต้านอนุมูลอิสระ (glutathione peroxidase, GPx; superoxide dismutase, SOD) และลดปริมาณ Malonaldehyde (MDA) ในเลือดของไก่เนื้อที่ได้รับความเครียดจากความร้อนได้ (Akhavan-Salamat and Ghasemi, 2016) นอกจากนี้ Song et al. (2019) ยังพบว่าการเสริมสารสกัดจากชาเขียวที่ประกอบด้วยสารออกฤทธิ์ Catechins สามารถเพิ่มการแสดงออกของยีน GPx, SOD และ Catalase (CAT) อีกทั้งช่วยยังลดการแสดงออกของยีน Nuclear factor kappa B (NF-kB) และ Lipopolysaccharide induced tumor necrosis factor α factor (LITAF) ในลำไส้เล็กส่วนกลางของไก่เนื้อที่เลี้ยงภายใต้ภาวะความเครียดจากความร้อนได้ สารไฟโตจีนิกถือได้ว่าเป็นสารเสริมกลุ่มที่มีความสำคัญและมีศักยภาพอย่างเด่นชัดในการช่วยบรรเทาหรือลดผลกระทบและความเสียหายทางเศรษฐกิจที่เกิดอันเนื่องมาจากความเครียดจากความร้อนในอุตสาหกรรมการผลิตไก่เนื้อ

ดังนั้นการรวบรวมเอกสารครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาคุณสมบัติของสารเสริมไฟโตจีนิกที่มีศักยภาพและสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการลดผลกระทบจากความเครียดจากความร้อนในไก่เนื้อเมื่อเลี้ยงในภูมิภาคเขตร้อน

ความเครียดจากความร้อนต่ออุตสาหกรรมการผลิตไก่เนื้อ

เนื่องจากในปัจจุบันทั่วโลกกำลังประสบกับปัญหาภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศอย่างรุนแรง ส่งผลให้อุตสาหกรรมการผลิตสัตว์ได้รับผลกระทบอย่างมาก โดยเฉพาะสัตว์ปีกประเภทไก่เนื้อสายพันธุ์ทางการค้า (Nawab et al., 2018) ประกอบกับประชากรโลกมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งคาดการณ์ว่าภายในปี พ.ศ. 2643 จะมีจำนวนสูงถึง 10.9 พันล้านคน หรือมีอัตราการเจริญเติบโตประมาณ 36.93% เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2565 (Roser, 2019) อีกทั้งในปัจจุบันสถานการณ์โรคอหิวาห์แอฟริกันที่กำลังระบาดในสุกร ซึ่งทำให้มีสุกรล้มตายเป็นจำนวนมากจนปริมาณผลผลิตไม่เพียงพอกับความต้องการของผู้บริโภคและราคาจำหน่ายเพิ่มขึ้นเกือบเท่าตัว ส่งผลให้ผู้บริโภคหันไปเลือกบริโภคเนื้อไก่ทดแทนมากขึ้น เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูงและมีราคาถูก จากความต้องการของผู้บริโภคที่เพิ่มขึ้น บริษัทผู้พัฒนาสายพันธุ์ไก่เนื้อทางการค้าได้ทำการคัดเลือกและพัฒนาสายพันธุ์อย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ไก่มีสมรรถนะการผลิตสูงและได้น้ำหนักส่งตลาดในระยะเวลาสั้น แต่อย่างไรก็ตามการพัฒนาพันธุ์ลักษณะนี้จะทำให้ไก่มีกระบวนการเมแทบอลิซึมที่สูง การพัฒนาของระบบต่าง ๆ ในร่างกายและการเจริญเติบโตที่เร็วกว่าปกติ ส่งผลให้ไก่ไวต่อการเกิดความเครียดจากความร้อนได้ง่ายกว่าไก่ที่เจริญเติบโตช้า (Kalmar et al., 2013) แม้ว่าในปัจจุบันอุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่เนื้อทั่วโลกทั้งในเขตหนาวและเขตร้อน รวมถึงประเทศไทยจะมีการเลี้ยงในระบบโรงเรือนปิดที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้สัตว์อยู่อย่างสบายและเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต (thermoneutral zone, TNZ) ประมาณ 18–28°C ได้ (Shakeri et al., 2020) แต่อย่างไรก็ตามในฤดู

ร้อนประเทศในเขตยุโรปมีอุณหภูมิสูงถึง 28.6–48.8°C เช่นเดียวกับประเทศไทยก็มีอุณหภูมิสูงถึง 39–43°C อีกทั้งประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้น ซึ่งยากต่อการจัดการระบายอากาศภายในโรงเรือนที่ใช้หลักการระเหยของน้ำ (evaporative cooling system) ทำให้ระบบระบายอากาศทำงานไม่มีประสิทธิภาพและอุณหภูมิในโรงเรือนสามารถลดได้สูงสุดไม่เกิน 5–6°C เท่านั้น (ศิขัณฑ์, 2558) ส่งผลให้ไก่ไม่สามารถระบายความร้อนออกจากร่างกายได้อย่างมีประสิทธิภาพและก่อให้เกิดความเครียด ซึ่งความเครียดจากความร้อนก่อให้เกิดอนุมูลอิสระในไมโตคอนเดรียปริมาณมากเกินกว่าความสามารถและกลไกของร่างกายที่จะกำจัดได้ ทำให้เซลล์ต่าง ๆ ถูกทำลายและเกิดการอักเสบขึ้น โดยเฉพาะบริเวณผนังลำไส้ ซึ่งมีหน้าที่สำคัญในการย่อยและดูดซึมอาหาร นอกจากนี้ยังทำหน้าเป็นภูมิคุ้มกันด่านแรก ๆ ในการป้องกันเชื้อโรคเข้าสู่ร่างกาย ส่งผลให้ความสามารถในการย่อยและดูดซึมอาหารด้อยประสิทธิภาพลง นำไปสู่การมีสมรรถนะการเจริญเติบโตที่ลดลง

ความเครียดจากความร้อนต่อการเกิดความเครียดออกซิเดชัน

กระบวนการขนส่งอิเล็กตรอน (electron transport chain) เป็นกระบวนการที่เกิดในไมโตคอนเดรียและมีความสำคัญในการสร้างพลังงานให้กับเซลล์ต่าง ๆ ของร่างกาย เมื่อสัตว์ปีกเผชิญกับภาวะความเครียดจากความร้อนเซลล์จะมีความต้องการใช้พลังงานมากกว่าภาวะปกติถึงสองเท่า ซึ่งร่างกายจะมีกลไกการปรับตัวในการสร้างพลังงานให้เพียงพอกับความต้องการของร่างกายผ่านกระบวนการขนส่งอิเล็กตรอนและออกซิเดชันของกรดไขมันเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามโปรตอนจะเกิดการรั่วไหล (proton leakage) มากขึ้นและก่อให้เกิดความต่างศักย์ระหว่างเยื่อหุ้มเซลล์ (membrane potential, $\Delta\Psi$) เพิ่มขึ้น โดย $\Delta\Psi$ ที่สูงจะทำให้กระบวนการขนส่งอิเล็กตรอนไม่มีประสิทธิภาพและเกิดการรั่วไหลของโปรตอนมากขึ้น ส่งผลให้เกิดซุปเปอร์ออกไซด์แอนไอออน (superoxide anion, $O_2^{\bullet-}$) ที่เป็นอนุมูลอิสระของออกซิเจน (reactive oxygen species, ROS) ในไมโตคอนเดรียมากขึ้น (Akbarian et al., 2016) นอกจากนี้ยังทำให้การทำงานของ 3–Hydroxyacyl CoA dehydrogenase (3HADH) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่สำคัญในการเกิดเบต้าออกซิเดชันของกรดไขมัน และ Citrate synthase ซึ่งเป็นเอนไซม์ในการสร้างพลังงานของวัฏจักรเครปส์ (Krebs cycle) ลดลง (Azad et al., 2010) โดยปกติภายในไมโตคอนเดรียจะมีกลไกในการควบคุมปริมาณ $O_2^{\bullet-}$ ไม่ให้สูงเกินไปจนเป็นพิษกับเซลล์ด้วยการขนส่งโปรตอนที่รั่วไหลออกมาผ่านเข้าไปในเมทริกซ์ของไมโตคอนเดรียอีกครั้ง ผ่านทางโปรตีนเมมเบรนที่อยู่บริเวณเยื่อหุ้มชั้นในของไมโตคอนเดรีย (uncoupling proteins, UCP) ส่งผลให้ $\Delta\Psi$ ลดลงและกระบวนการขนส่งอิเล็กตรอนเพื่อสร้างพลังงานมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (Pamplona et al., 2012) อย่างไรก็ตามถ้าอนุมูลอิสระมีปริมาณมากเกินกว่าความสามารถที่จะกำจัดได้ ส่งผลให้โปรตีน ไขมันและกรดนิวคลีอิกซึ่งเป็นองค์ประกอบของเซลล์ต่าง ๆ ถูกทำลาย ตลอดจนกระบวนการในการสร้างพลังงานให้กับเซลล์ก็จะด้อยประสิทธิภาพลง นอกจากนี้อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นยังทำหน้าที่เป็น Secondary messenger ในการกระตุ้นการส่งสัญญาณระหว่างเซลล์กับ Transcription factor ที่เกี่ยวข้องกับการอยู่รอดของเซลล์ เช่น Activator protein 1 (AP-1) สามารถกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ในการกำจัดอนุมูลอิสระได้ NF-kB สามารถกระตุ้นกลไกการอักเสบ และ Nuclear factor erythroid 2-related factor 2 (Nrf2) ซึ่งเป็นโปรตีนที่สำคัญที่จับกับตำแหน่ง Promoter ของยีนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ (Leonarduzzi et al., 2010; Akbarian et al., 2016) (**Figure 1**)

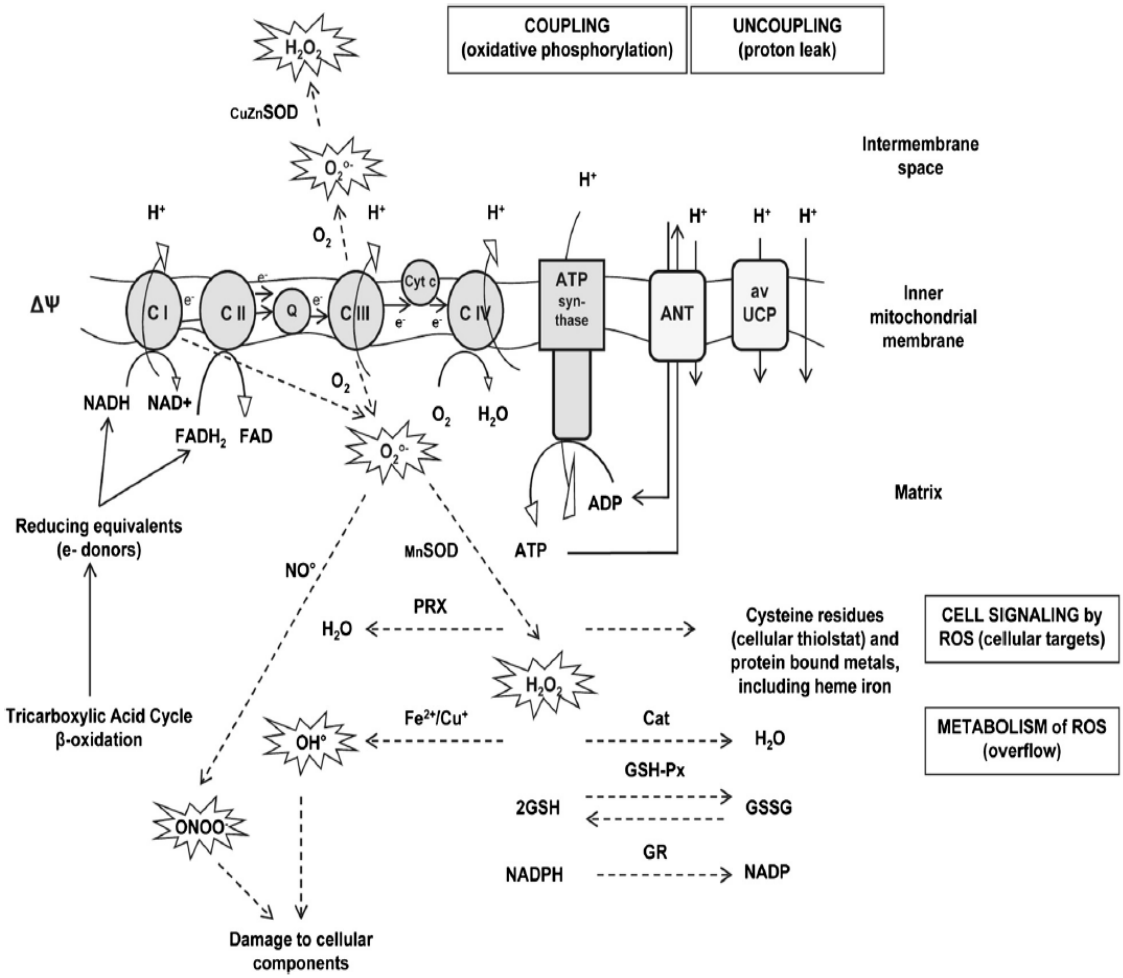


Figure 1 Mitochondrial energy transduction and patho-physiology of oxidative stress upon heat stress

Source: Akbarian et al. (2016)

ความเครียดจากความร้อนต่อความแข็งแรงของผนังลำไส้และการอักเสบของลำไส้

ความเครียดจากความร้อนเหนี่ยวนำให้เกิดอนุมูลอิสระปริมาณมากเกินกว่าความสามารถของร่างกายที่จะกำจัดได้ ซึ่งอนุมูลอิสระจะไปทำลายโครงสร้างและองค์ประกอบของเซลล์ที่เป็นไขมัน โปรตีน และกรดดีออกซีไรโบนิวคลีอิก ส่งผลให้เยื่อเมือก (intestinal mucosa) และเซลล์บริเวณผนังลำไส้ (intestinal cell) ซึ่งมีหน้าที่สำคัญในการย่อยและการดูดซึมอาหารถูกทำลาย นอกจากนี้ยังมีผลในการทำลายโปรตีน Tight junction (TJ) ที่ช่วยเสริมสร้างความแข็งแรงให้กับเซลล์ผนังลำไส้ เมื่อโปรตีน TJ ถูกทำลายจะทำให้ความแข็งแรงของลำไส้ลดลง และเชื้อจุลชีพรวมถึงสารพิษต่าง ๆ จะถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้เกิดการติดเชื้อและอักเสบบริเวณลำไส้เพิ่มขึ้น นำไปสู่ความสามารถในการย่อยและการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะด้อยประสิทธิภาพ และเป็นผลให้สมรรถนะการเจริญเติบโตลดลง (Abdel-Moneim et al., 2021) (**Figure 2**)

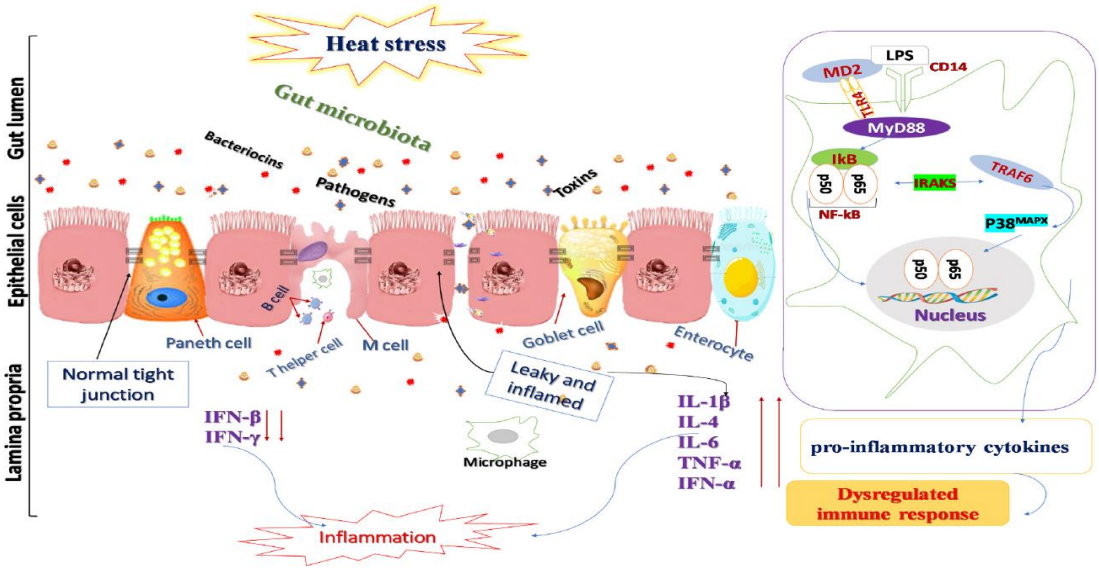


Figure 2 Heat stress on intestinal integrity and inflammatory

Source: Abdel-Moneim et al. (2021)

กลไกการปรับตัวของไก่เนื้อภายใต้ภาวะความเครียดจากความร้อน

กลไกทางทางกายภาพ

ไก่เนื้อเป็นไก่สายพันธุ์ทางการค้าที่ถูกปรับปรุงพันธุ์ให้มีอัตราการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตามต้องมีการเลี้ยงในโรงเรือนควบคุมอุณหภูมิที่มีสภาวะเหมาะสมจึงจะเจริญเติบโตสูงสุดตามศักยภาพของพันธุกรรม นอกจากนี้ในสภาวะอากาศร้อนระบบระบายอากาศภายในโรงเรือน โดยเฉพาะพื้นที่เขตร้อนชื้นจะไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม (ประมาณ 18–28°C) ส่งผลให้ไก่เนื้อไม่สามารถระบายความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เกิดการสะสมความร้อนในร่างกายเกินกว่า 41°C และเหนี่ยวนำให้เกิดความเครียดออกซิเดชัน ไก่เนื้อเป็นสัตว์ปีกที่ไม่มีต่อมเหงื่อ ซึ่งมีกลไกการปรับตัวให้อยู่รอดโดยการระบายความร้อนออกจากร่างกายด้วยการเพิ่มอัตราหายใจ การกางปีกและเกลือกกลิ้งแผ่รังสีความร้อนผ่านวัสดุรองพื้น การลดการสร้างความร้อนในร่างกายด้วยการลดกิจกรรมต่าง ๆ ลดการกินอาหารเพื่อลดความร้อนที่จะเพิ่มขึ้นจากกระบวนการเมแทบอลิซึมของโภชนะ โดยเฉพาะสารอาหารประเภทโปรตีนเนื่องจากมีความร้อนจากกระบวนการเมแทบอลิซึม (heat increment from metabolism) ที่ค่อนข้างสูงกว่าคาร์โบไฮเดรทและไขมัน ในขณะเดียวกันความต้องการพลังงานในการดำรงชีพ (energy for maintenance) เพื่อใช้ในการระบายความร้อนออกจากร่างกายก็จะเพิ่มขึ้น นอกจากนี้อัตราการหายใจที่เพิ่มขึ้นยังทำให้สูญเสียคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และเกิดไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) ทำให้เลือดเป็นด่างมากขึ้น ส่งผลให้สมดุลของไอออน เช่น Na^+ K^+ และ Cl^- ซึ่งเกี่ยวข้องกับการรักษาสมดุลของน้ำและแร่ธาตุเปลี่ยนแปลงไป (Hakker, 2018)

กลไกในระดับเซลล์

เมื่อสัตว์ปีกเผชิญกับความเครียดจากความร้อน โปรตีนจะถูกทำลายจากอนุมูลอิสระและเกิดการม้วนพับที่ผิดปกติ ส่งผลให้ไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ร่างกายจะมีกลไกด่านที่ 2 ในการปรับตัวให้อยู่รอดหรือป้องกันการถูกทำลายในระดับเซลล์ ด้วยการส่งสัญญาณให้ Transcription factors ที่เกี่ยวข้องกับการปรับตัวและอยู่รอดของเซลล์รับรู้ และเพิ่มการแสดงออกของยีน Heat shock protein (HSP) โดยการส่งสัญญาณระหว่างเซลล์กระตุ้น Heat shock factors (HSF) ให้แยกจาก HSP ซึ่ง HSF จะอยู่ในรูปที่สามารถทำงานได้ และ HSF จะถูกเติมหมู่ฟอสเฟต 3 หมู่ จากนั้น HSF จะเคลื่อนที่เข้าไปในนิวเคลียสเพื่อไปจับกับ Heat shock element (HSE) ซึ่งเป็นตำแหน่งสำคัญในการควบคุมการแสดงออกของยีน ส่งผลให้มีการแสดงออกของยีน HSP เพิ่มมากขึ้น HSP จะไปช่วยให้โปรตีนที่ถูกทำลายหรือเสียสภาพเกิดการม้วนพับใหม่และกลับมาทำงานได้อีกครั้ง นอกจากนี้ HSP ยังช่วยให้สัตว์ทนความร้อน

ได้ดีขึ้น (Shehata et al., 2020) อีกทั้งยังมีการส่งสัญญาณให้ Nrf2 ซึ่งเป็น Transcription factor ที่สำคัญที่จับกับตำแหน่งที่เป็น Promoter ของยีนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ ส่งผลให้เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการกำจัดอนุมูลอิสระ เช่น GPx, SOD และ CAT มีการแสดงออกที่เพิ่มมากขึ้น (Leonarduzzi et al., 2010; Akbarian et al., 2016) (**Figure 3**)

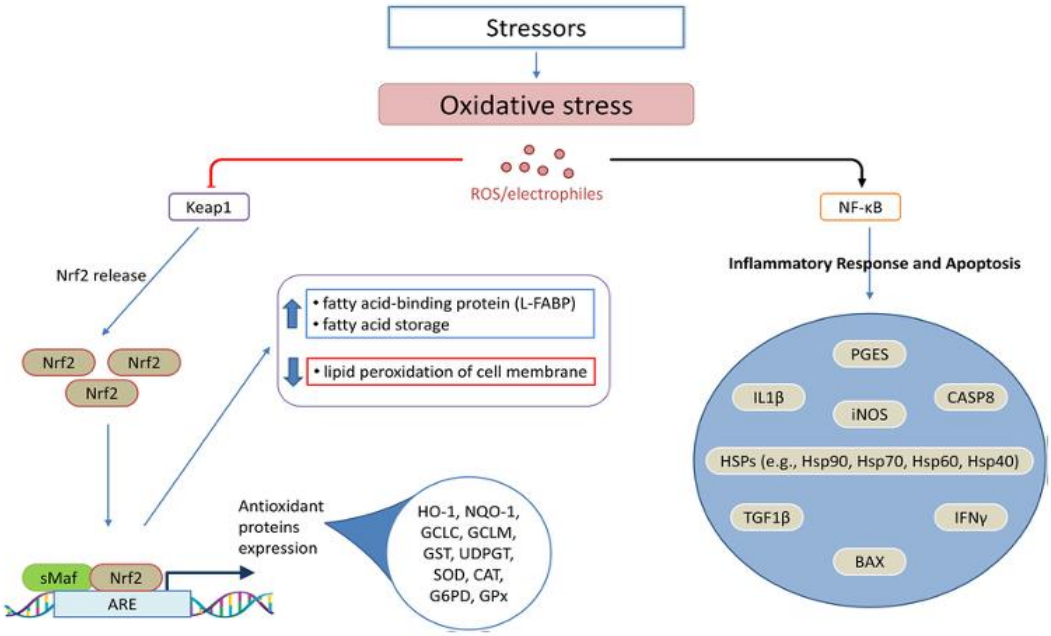


Figure 3 Antioxidant protein expression upon oxidative stress

Source: Abo-Al-Ela et al. (2021)

สารเสริมไฟโตจีนิกหรือไฟโตไบโอติก

สารเสริมไฟโตจีนิก (phytogenic feed additives) หรือนิยมเรียกอีกชื่อว่าไฟโตไบโอติก (phytobiotics) เป็นสารประกอบหรือสารออกฤทธิ์ทางธรรมชาติที่ได้จากส่วนต่าง ๆ ของพืช สมุนไพร และเครื่องเทศ เช่น ดอก ใบ ลำต้น เปลือก และราก ปัจจุบันได้มีการนำมาใช้เป็นสารเสริมกระตุ้นการเจริญเติบโตทดแทนยาปฏิชีวนะในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์อย่างแพร่หลาย ทั้งในรูปแบบผงแห้ง สารสกัด น้ำมันหอมระเหย รวมถึงสารออกฤทธิ์ที่บริสุทธิ์ เนื่องจากมีคุณสมบัติช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้อาหาร ลดการอักเสบ กระตุ้นภูมิคุ้มกัน เพิ่มความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และกระตุ้นการเจริญเติบโต สารไฟโตจีนิกมีองค์ประกอบหลัก ๆ 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นโภชนะและสารประกอบที่ออกฤทธิ์ต่าง ๆ เช่น น้ำมันหอมระเหยและสารประกอบฟีโนลิก เป็นต้น สารออกฤทธิ์อาจมีความแตกต่างกันไปขึ้นกับส่วนของพืช ฤดูกาลที่เก็บเกี่ยว พื้นที่ปลูกและกระบวนการผลิต (Saleh et al., 2018; Attia et al., 2020)

สารออกฤทธิ์ในสารเสริมไฟโตจีนิก

สารไฟโตจีนิกแบ่งออกเป็นหลายประเภทขึ้นกับส่วนของพืช กรรมวิธีการสกัด กลไกการออฤทธิ์ และชนิดของสารออกฤทธิ์ ซึ่งในที่นี้จะจัดจำแนกสารไฟโตจีนิกเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ตามองค์ประกอบของสารออกฤทธิ์ ดังนี้

แอลคาลอยด์ (alkaloids) เป็นสารประกอบที่มีรสขม มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ สูตรโครงสร้างซับซ้อนแตกต่างกันไปกว่า 12,000 ชนิด สารแอลคาลอยด์มีคุณสมบัติเป็นด่าง ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ เป็นสารที่พบมากในพืชสมุนไพร (14–20%) และมีปริมาณแตกต่างกันออกไปตามส่วนของพืช (ราก ลำต้น ใบ ดอก ผล) ชนิดของพืช และฤดูกาลในการเก็บเกี่ยว นอกจากนี้ยังมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาในการลดอาการปวด การอักเสบและการคลายตัวของกล้ามเนื้อ เช่น อะโทรปีน (atropine) พบได้ในต้นลำโพง มอร์ฟีน (morphine) ที่ได้จากรากฝิ่น นิโคติน (nicotine) ที่ได้จากใบยาสูบ คาเฟอีน (caffeine) ที่พบในเปลือกเมล็ดกาแฟ โกโก้และใบชา เป็นต้น (Antolak and Kregiel, 2017) จากการทดสอบเสริมสารสกัดแซงกุยนารีน (sanguinarine) ที่ได้จากดอก

ป็อปปี้ในอาหารไก่เนื้อ พบว่าสามารถปรับปรุงสมรรถนะการเจริญเติบโตและลดการอักเสบของลำไส้ในไก่เนื้อที่เลี้ยงภายใต้ภาวะความเครียดจากความร้อนได้ (Kikusato et al., 2020) แต่อย่างไรก็ตามการเสริมสารสกัดคาเฟอีน ส่งผลให้ไก่เนื้อกินอาหารลดลงและกระทบต่อน้ำหนักตัวและประสิทธิภาพการใช้อาหาร (Kamely et al., 2022)

เทอปีนและเทอปีนอยด์ (terpenes and terpenoids) เป็นสารประกอบอะโรมาติกที่เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหย (essential oils) พบได้ในพืชสมุนไพรที่มีกลิ่นทุกชนิด ซึ่งพืชสร้างขึ้นมาเพื่อป้องกันตัวเองจากศัตรูต่าง ๆ ที่จะมาทำอันตรายและมีมากกว่า 25,000 ชนิด เช่น แคโรทีนอยด์ (carotenoids) ซึ่งเป็นรงควัตถุที่มีสีส้ม-แดง และยังเป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและกระตุ้นภูมิคุ้มกัน อาทิเช่น ไลโคปีน (lycopene) ที่ได้จากมะเขือเทศ เป็นต้น ซาโปนิน (saponin) เป็นสารประกอบไกลโคไซด์ที่เป็นสเตอรอยด์หรือไตรเทอปีน มีคุณสมบัติทำให้เม็ดเลือดแดงแตกและเป็นพิษต่อสัตว์เลือดเย็น พบได้ในยัคค่า อะกาเว ดิจิทาลิส ควิลายาและโสม เป็นต้น ควิลายาและยัคค่าถูกใช้เป็นสารเสริมในอาหารสัตว์ สำหรับลดกลิ่นแอมโมเนีย ลดคอเลสเตอรอล ลดการอักเสบ และฆ่าพยาธิ (Antolak and Kregiel, 2017) มีการรายงานว่าน้ำมันหอมระเหยจากต้นชา (tea tree essential oil) ซึ่งประกอบด้วย Terpinen-4-ol **γ**-Terpinene และ **α**-Terpinene มีคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อจุลชีพก่อโรคและลดการอักเสบ และการใช้เป็นสารเสริมในอาหารไก่ไข่ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารและผลผลิตไข่ได้ (Puvaca et al., 2020) นอกจากนี้ยังพบว่าการเสริมผงยัคค่าในอาหาร สามารถเพิ่มการกินอาหาร ลดปริมาณ MDA ในเลือด และลดการแสดงออกของยีน Cholecystokinin (CCK) ในสมองส่วน Hypothalamus ของไก่เนื้อที่เลี้ยงภายใต้ภาวะความเครียดจากความร้อนได้เช่นกัน (Luo et al., 2022)

สารประกอบฟีโนลิก (phenolic compounds) หรือสารประกอบฟีนอลจัดเป็นสารประกอบที่ละลายในน้ำและมีคุณสมบัติสำคัญในการต้านอนุมูลอิสระ โดยสารประกอบฟีโนลิกที่มักพบในพืชสมุนไพรและเครื่องเทศ ได้แก่ กรดฟีโนลิก (phenolic acids: gallic, protochatechuic, p-coumaric acid, caffeic, tannin และ rosmarinic) ฟีโนลิกไดเทอร์ปีน (phenolic diterpenes: carnosol, carnosic acid, rosmanol และ rosmarinic acid) ฟลาโวนอยด์ (flavonoids: epicatechin, quercetin, epicatechin gallate, epigallocatechin gallate และ rutin) และน้ำมันหอมระเหย (volatile oils: eugenol, carvacrol, safrole, thymol, menthol, 1,8-cineole, **α**-terpineol, p-cymene, cinnamaldehyde, myristicin และ piperine) (Brewer, 2011) ซึ่งในปัจจุบันสารประกอบฟีโนลิกถูกนำมาใช้เป็นสารเสริมในอาหารสัตว์อย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีคุณสมบัติในการลดการอักเสบและต้านอนุมูลอิสระ โดยมีรายงานว่าการเสริมเคอร์คูมิน (curcumin) ในอาหารไก่เนื้อที่เลี้ยงภายใต้ภาวะความเครียดจากความร้อน สามารถปรับปรุงสมรรถนะการเจริญเติบโต กระตุ้นการแสดงออกของยีน SOD, GPx และ Glutathione ได้ (Abdel-Moneim et al., 2021)

กลไกการทำงานของสารเสริมไฟโตจีนิกกลุ่มโพลีฟีนอลในการลดความเครียดจากความร้อน

กลุ่มสารเสริมไฟโตจีนิกที่มีศักยภาพในการลดผลกระทบความเครียดจากความร้อนต้องมีสารประกอบฟีโนลิกหรือโพลีฟีนอลเป็นองค์ประกอบหลัก โครงสร้างโมเลกุลสารประกอบฟีโนลิก (PhenOH) ประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl groups, OH^-) ที่จับกับวงแหวนอะโรมาติก (aromatic ring) ซึ่งสามารถให้โปรตอน (H-atom) และอิเล็กตรอนกับอนุมูลอิสระ (free radical, $R^{\bullet}$) ทำให้อนุมูลอิสระมีความเสถียรมากขึ้น รวมถึงลดการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่อนุมูลอิสระด้วยการเคลื่อนย้ายไอออนบวก (metal chelate ion, Me^{2+}) ออกจาก Fe^{2+} Cu^{2+} และ Cu^{+} เพื่อลดการเกิดอนุมูลอิสระของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ในปฏิกิริยาเฟนตัน (Fenton reaction) ได้ นอกจากนี้ PhenOH ยังสามารถกระตุ้นยีน Nrf2 ซึ่งเป็นตัวควบคุมการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ที่ช่วยในการต้านหรือกำจัดอนุมูลอิสระ โดย PhenOH จะทำลายพันธะซีสเทอีน (cysteine) ที่จับอยู่กับโปรตีน Keap1 ทำให้ Nrf2 หลุดออกมาและเคลื่อนเข้าไปในนิวเคลียส จากนั้น Nrf2 จะเข้าไปจับกับ Antioxidant response element (ARE) ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ควบคุมการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการกำจัดอนุมูลอิสระ ส่งผลให้มีการแสดงออกของเอนไซม์กำจัดอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้นและลดอนุมูลอิสระที่เกิดจากความเครียดจากความร้อนได้ (Saracila et al., 2021) (**Figure 4**)

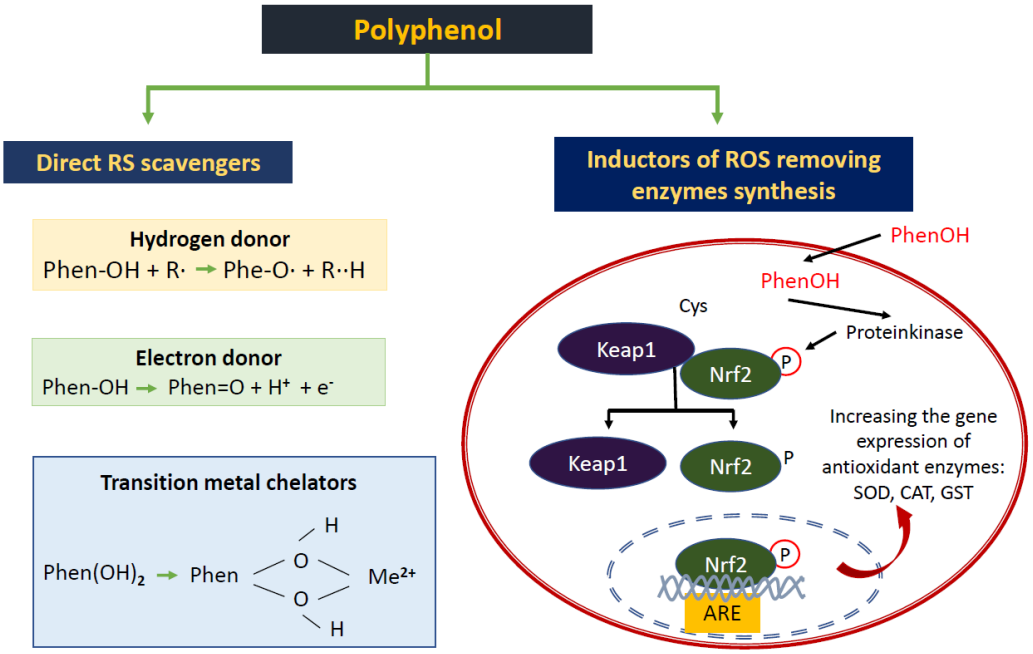


Figure 4 Mechanism of action of phytogenic for mitigate oxidative and heat stress

Source: Modified from Saracila et al. (2021)

ผลของการเสริมสารไฟโตจีนิกกลุ่มโพลีฟีนอลในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เนื้อที่ได้รับความเครียดจากความร้อน

สมรรถนะการเจริญเติบโตเป็นดัชนีที่สำคัญที่ใช้ในการประเมินความสามารถในการผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่ได้จากการผลิตไก่เนื้อในแต่ละรุ่น จากการรวบรวมเอกสารพบว่าการเสริมสารสกัดจากเมล็ดองุ่นในอาหารที่ระดับ 0.03 % สามารถปรับปรุงสมรรถนะการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการผลิตของยุโรป (European production efficiency factor, EPEF) ของไก่เนื้อที่เลี้ยงภายใต้ภาวะความเครียดจากความร้อนเทียบเท่ากับวิตามินซี (Hajati et al., 2015) ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Turcu et al. (2019) และ Ghanima et al. (2021) ที่รายงานว่าการเสริมสารสกัดจากออริกาโน่ที่ระดับ 0.01% และสารสกัดแบบผสมที่ประกอบด้วยเมล็ดกาแฟเขียว ชาเขียว อบเชย และโรสแมรี่ ในระดับ 0.3% สามารถปรับปรุงสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เนื้อที่ได้รับความเครียดจากความร้อนได้เช่นกัน Wang et al. (2021) พบว่าการเสริมสารสกัด Resveratrol จากต้นผักไผ่ญี่ปุ่น (*Polygonum cuspidatum*) ที่ระดับ 0.04% สามารถปรับปรุงสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เนื้อที่เลี้ยงภายใต้ภาวะความเครียดจากความร้อนได้เทียบเท่ากับการเลี้ยงในภาวะปกติ นอกจากนี้ยังมีการรายงานว่าการเสริมผงขมิ้นชันที่ระดับ 0.2% ผงลูกไหนที่ระดับ 2.5% รวมถึงผงกากชาเขียวและชาดำที่ผ่านกระบวนการสกัดชานั้น สามารถปรับปรุงสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เนื้อที่ได้รับความเครียดจากความร้อนได้เช่นกัน (Akhavan-Salamat and Ghasemi, 2016; Chowdhury, 2021; Wasti et al., 2021) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสารเสริมไฟโตจีนิกทั้งในรูปแบบสารสกัดและแบบผงที่กล่าวมาข้างต้นมีสารออกฤทธิ์กลุ่มฟีโนลิกเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งสามารถให้และรับอิเล็กตรอนจากอนุมูลอิสระ ทำให้อนุมูลอิสระมีความเสถียรและยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระได้ นอกจากนี้สารประกอบฟีโนลิกยังมีกลิ่นรส ที่ช่วยกระตุ้นการกินได้และกระตุ้น Nrf2 ให้เข้าไปจับกับตำแหน่งที่ควบคุมการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ในการต้านอนุมูลอิสระ ทำให้กำจัดอนุมูลอิสระที่เกิดจากความเครียดออกซิเดชันได้ดีขึ้น ส่งผลให้เซลล์ต่าง ๆ ในร่างกาย โดยเฉพาะเซลล์บริเวณผนังลำไส้ที่ทำหน้าที่ในการย่อยและการดูดซึมอาหารถูกทำลายลดลงและสัตว์สามารถใช้ประโยชน์จากโภชนะได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น นำไปสู่การมีสมรรถนะการเจริญเติบโตที่ดีขึ้นตามลำดับ

Table 1 Effects of dietary phytogenic additives (polyphenol) on growth performance of broilers subjected to heat stress

Sources	Form	Bioactive compound	Results	Reference
Grape seed	Extract	Polyphenol, Proanthocyanidins	Dietary inclusion of 0.03% grape seed extract improved BW (9.9%) and EPEF (19.4%) in broilers under heat stress compared to vitamin C.	Hajati et al. (2015)
Turmeric rhizome	Powder	Curcuminoids	Dietary inclusion of 0.2% turmeric rhizome partially restored the decrease in BWG (11.6%), FI (3.8%) and mortality (3.2%) of heat-stressed broilers.	Akhavan-Salamat and Ghasemi (2016)
Oregano	Extract Powder	Carvacrol, Thymol	Dietary inclusion of 0.01% oregano oil extract significantly improved BW (12.6%) and ADG (5.9%), but 0.005% oregano oil extract + 1% oregano powder no effect on improved growth performance in broilers under heat stress.	Turcu et al. (2019)
Green coffee Green tea Cinnamon Rosemary	Extract	Chlorogenic acid Catechins Eugenol, Cinnamaldehyde Rosmarinic acid	Dietary inclusion of 0.3% phytogenic extract from green coffee, green tea, cinnamon and rosemary improved FI (3.4, 3.1, 1.4, and 0.4%, respectively), BWG (1.5, 2.6, 1.7, and 1.0%, respectively), FCR (4.9, 5.5, 3.0, and 1.2%, respectively), including mortality rate (4.4, 4.4, 3.2, and 3.6%, respectively) in broilers under heat stress. Green tea can improve the highest yields of broilers compared to other phytogenic extracts.	Ghanima et al. (2021)
Green and black tea waste	Powder	Epigallocatechin gallate	Dietary inclusion of 0.05% green and black tea waste powder improved FCR (26.6 and 20.1%, respectively) in broilers under heat stress.	Chowdhury, (2021)
Resveratrol	Extract	Polyphenol (resveratrol)	Dietary inclusion of 0.04% resveratrol improved BW (6.3%) and ADG (9.6%) of broilers under heat stress compared to thermoneutral condition.	Wang et al. (2021)
Plum	Powder	Polyphenolic compounds, Carotenoids, α-tocopherol	Dietary inclusion of 2.5% plum improved BW, FI, ADG and FCR in broilers under heat stress.	Wasti et al. (2021)

Footnote: ADG = average daily gain, BW = body weight, BWG = body weight gain, FI = feed intake, EPEF = european production efficiency factor, FCR = feed conversion ratio

ผลของการเสริมสารไฟโตจีนิกกลุ่มโพลีฟีนอลในอาหารต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของไก่เนื้อที่ได้รับความเครียดจากความร้อน

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเป็นกลไกที่สำคัญในการกำจัดอนุมูลอิสระของร่างกาย ซึ่งความเครียดจากความร้อนมีผลทำให้เกิดอนุมูลอิสระเกินกว่าความสามารถของร่างกายที่จะสามารถกำจัดได้และเหนี่ยวนำให้เกิดความเครียดออกซิเดชันและยังทำให้เซลล์เกิดความเสียหาย จากการรวบรวมเอกสารพบว่าการเสริมสารสกัด Epigallocatechin gallate ที่บริสุทธิ์จากใบชาในอาหารที่ระดับ 0.06% สามารถเพิ่มการแสดงออกของยีน Nrf2 ซึ่งเป็น Transcription factor ที่กระตุ้นให้เกิดการแปรรหัสของโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระอย่างมีประสิทธิภาพ มีผลเพิ่มการแสดงออกของยีน GPx, SOD, CAT และลดปริมาณ MDA ในเยื่อเมือกผนังลำไส้เล็กส่วนกลางของไก่เนื้อภายใต้ภาวะความเครียดจากความร้อนได้ (Song et al., 2019) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Wang et al. (2021) ที่เสริมสารสกัด Resveratrol ที่ระดับ 0.04% และ Ghanima et al. (2021) พบว่าการเสริมสารสกัดผสมที่ประกอบด้วยเมล็ดกาแฟเขียว ชาเขียว อบเชย และโรสแมรี่ ที่ระดับ 0.3% สามารถเพิ่มกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ GPx, SOD, CAT และลดปริมาณ MDA ในซีรัมของไก่เนื้อที่ได้รับความเครียดจากความร้อนได้ และสอดคล้องกับงานทดลองของ Akhavan-Salamat and Ghasemi (2016) ที่เสริมผงขมิ้นชันที่ระดับ 0.2% นอกจากนี้ยังพบว่าการเสริมผงลูกไหนที่ระดับ 2.5% สามารถเพิ่มการแสดงออกของยีน SOD1, SOD2, GPx1, GPx3 และ Nrf2 ในลำไส้เล็กส่วนท้ายของไก่เนื้อที่ได้รับความเครียดจากความร้อนได้เช่นกัน (Wasti et al., 2021) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสารเสริมไฟโตจีนิกทั้งในรูปสกัดและผงแห้งที่ได้จากพืชสมุนไพรซึ่งประกอบด้วยสารประกอบฟีโนลิก เช่น Curcuminoids, Epigallocatechin gallate และ Resveratrol เป็นต้น ซึ่งสารเหล่านี้สามารถทำลายพันธะซีสเทอีนที่จับอยู่กับโปรตีน Keap1 ทำให้ Nrf2 หลุดออกมาและเคลื่อนเข้าไปในนิวเคลียส จากนั้น Nrf2 จะเข้าไปจับกับ ARE ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ควบคุมการแปลรหัสของยีนที่เกี่ยวข้องกับการกำจัดอนุมูลอิสระ ส่งผลให้มีการแสดงออกของเอนไซม์กำจัดอนุมูลอิสระ เช่น GPx, SOD และ CAT เพิ่มมากขึ้น

Table 2 Effects of dietary phytogenic additives (polyphenol) on antioxidant capacity of broilers subjected to heat stress

Sources	Form	Bioactive compound	Results	Reference
Turmeric rhizome	Powder	Curcuminoids	Dietary inclusion of 0.2% turmeric rhizome powder increased GPx and SOD activities and alleviated the increased levels of MDA in serum due to heat stress	Akhavan-Salamat and Ghasemi (2016)
Tea	Extract	Epigallocatechin gallate	Dietary inclusion of 0.06% epigallocatechin gallate upregulated Nrf2 mRNA expression, enhanced antioxidant capacity (GPx, SOD, CAT) and decreased MDA in jejunal mucosa of broilers under heat stress.	Song et al. (2019)
Green coffee Green tea Cinnamon Rosemary	Extract	Chlorogenic acid Catechins Eugenol, Cinnamaldehyde Rosmarinic acid	Dietary inclusion of 0.3% phytogenic extract from green coffee, green tea, cinnamon and rosemary enhanced serum antioxidant enzyme activities (GPx, SOD, CAT) and reduced MDA in broilers under heat stress. In addition, green coffee has shown the greatest potential than other phytogenics.	Ghanima et al. (2021)
Resveratrol	Extract	Polyphenol (resveratrol)	Dietary inclusion of 0.04% resveratrol increased the jejunal mRNA expression levels of the Nrf2 signaling pathway and the antioxidant enzyme (SOD, GPx) of broilers under heat stress compared to thermoneutral condition.	Wang et al. (2021)
Plum	Powder	Polyphenolic compounds, Carotenoids, α-tocopherol	Dietary inclusion of 2.5% plum significantly upregulated mRNA expression of SOD1, SOD2, GPx1, GPx3 and Nrf2 in the ilium of broilers under heat stress.	Wasti et al. (2021)

Footnote: GPx = glutathione peroxidase, SOD = superoxide dismutase, CAT = catalase, MDA = malonaldehyde, Nrf2 = nuclear factor erythroid 2–related factor 2

ผลของการเสริมไฟโตจีนิกกลุ่มโพลีฟีนอลในอาหารต่อการแสดงออกของยีนโปรตีนฮีทช็อกของไก่เนื้อที่ได้รับความเครียดจากความร้อน

HSP เป็นโปรตีนตัวช่วยไม่ให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพและป้องกันการม้วนพับที่ผิดปกติ ซึ่งในภาวะความเครียดจากความร้อนโปรตีนจะเกิดการเสียสภาพและม้วนพับที่ผิดปกติ ส่งผลให้ไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการรวบรวมเอกสารพบว่าการเสริมสารสกัดจากเปลือกทับทิมในอาหารไก่เนื้อที่ระดับ 0.005–0.01% สามารถเพิ่มการแสดงออกของยีน HSP70 ในลำไส้เล็กส่วนกลางของไก่เนื้อที่ได้รับความเครียดจากความร้อนได้ (Gopi et al., 2019) สอดคล้องกับงานทดลองของ Wasti et al. (2021) ซึ่งทำการเสริมผงลูกไหนในระดับ 2.5% สามารถเพิ่มการแสดงออกของยีน HSF1, HSF3, HSP70 และ HSP90 ในลำไส้เล็กส่วนท้าย Eldeib et al. (2021) ศึกษาการเสริมสารสกัดในรูปแบบผสมซึ่งประกอบด้วยกระเทียม ไธม์ ออริกาโน่ สาระแหน่ และโรสแมรี่ ที่ระดับ 0.04% พบว่ามีผลทำให้ปริมาณ HSP70 ในเลือดเพิ่มสูงขึ้น ขณะที่ Hajati et al. (2015) รายงานว่าการเสริมสารสกัดจากเมล็ดองุ่นที่ระดับ 0.015–0.03% สามารถลดการแสดงออกของยีน HSP70 ในตับและหัวใจได้ และการเสริมสารสกัดเคอร์คูมิน จากขมิ้นชันที่ระดับ 0.005–0.01% มีผลลดการแสดงออกของยีน HSP70 และ HSP90 นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มการแสดงออกของยีน av–UCP ในเนื้ออกได้เช่นกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสารเสริมไฟโตจีนิกสามารถกระตุ้นการตอบสนองของเซลล์เพื่อให้สามารถปรับตัวอยู่รอดในภาวะความเครียดจากความร้อน โดยเพิ่มการแสดงออกของยีน HSP ให้มากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการแสดงออกของยีน HSP อาจขึ้นกับอีกหลาย ๆ ปัจจัย เช่น พันธุกรรม ช่วงอายุ ระยะเวลา และความเคยชินจากการได้รับความร้อน

Table 3 Effects of dietary phytogenic additives (polyphenol) on heat shock protein expressions of broilers subjected to heat stress

Source	Form	Bioactive compound	Results	Reference
Grape seed	Extract	Polyphenols (catechin and epicatechin)	Dietary inclusion of 0.015–0.03% grape seed extract downregulated mRNA expression of HSP70 in the liver and heart of heat-stressed broilers.	Hajati et al. (2015)
Turmeric rhizome	Extract	Curcumin	Dietary inclusion of 0.005–0.01% curcumin decreased breast HSP70 and HSP90 and increased av-UCP mRNA expression levels in broilers under heat stress.	Zhang et al. (2015)
Pomegranate peel	Extract	Polyphenol	Dietary inclusion of 0.005–0.01% pomegranate peel extract upregulated jejunal HSP70 mRNA expression in heat stressed broilers.	Gopi et al. (2019)
Garlic, Thyme, Oregano, Peppermint, Rosemary	Extract	Allicin, Thymol, Carvacrol, Mental, Rosmarinic acid	The inclusion of 0.04% phyto-plus extract as a powder including garlic, thyme, oregano, peppermint and rosemary extract increased HSP70 in the blood of broilers under heat stress.	Eldeib et al. (2021)
Plum	Powder	Polyphenolic compounds, Carotenoids, α-tocopherol	Dietary inclusion of 2.5% plum significantly upregulated HSF1, HSF3, HSP70 and HSP90 in ileal mRNA expression of broilers under heat stress.	Wasti et al. (2021)

Footnote: HSP70/90 = heat shock protein 70/90, HSF1/3 = heat shock factor 1/3, av–UCP = avian uncoupling protein

ผลของการเสริมไฟโตจีนิกกลุ่มโพลีฟีนอลในอาหารต่อภูมิคุ้มกันและการอักเสบของไก่เนื้อที่ได้รับความเครียดจากความร้อน

ภูมิคุ้มกันและการอักเสบเป็นส่วนสำคัญในการป้องกันการติดเชื้อและบ่งบอกถึงสุขภาพของสัตว์ได้ ซึ่งความเครียดจากความร้อนก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญที่ทำให้สัตว์เกิดการอักเสบและมีภูมิคุ้มกันลดลง จากการรวบรวมเอกสารพบว่าการเสริมสารสกัด Resveratrol ที่ระดับ 0.05% ในอาหาร สามารถลดการแสดงออกของยีน NF-kB และ Cytokine ที่ก่อให้เกิดการอักเสบ (IL-1β, IL-4, IL-6 และ TNFa) ในม้ามของไก่เนื้อที่เลี้ยงภายใต้ภาวะความเครียดจากความร้อนได้ (He et al., 2019) ซึ่งสอดคล้องกับการเสริมสารสกัด Epigallocatechin gallate จากชาที่ระดับ 0.06% ก็สามารถลดการแสดงออกของยีน NF-kB และ LITAF ในลำไส้เล็กส่วนกลางได้เช่นกัน (Song et al., 2019) นอกจากนี้ Liu et al. (2020) รายงานว่าการเสริมสารสกัดเคอร์คูมิน จากขมิ้นชันที่ระดับ 0.015–0.02% สามารถเพิ่มปริมาณอิมมูโนโกลบูลิน (IgA, IgG, IgM) และลดปริมาณ IL-6 ในเลือดของไก่เนื้อที่เลี้ยงภายใต้ภาวะความเครียดจากความร้อน ซึ่งปริมาณ Ig ที่เพิ่มขึ้นแสดงให้เห็นว่าสารสกัดเคอร์คูมินมีผลในการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน โดยช่วยเพิ่มจำนวนเม็ดเลือดขาวและมีการสร้างแอนติบอดี้ที่มากขึ้น และปริมาณ IL-6 ที่ลดลงยังบ่งชี้ว่าสารสกัดเคอร์คูมินสามารถลดการอักเสบได้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสารเสริมไฟโตจีนิกมีสารออกฤทธิ์ที่มีคุณสมบัติในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันและลดการอักเสบ โดยไปมีผลลดการแสดงออกของ NF-kB ซึ่งเป็นโปรตีนที่จับจำเพาะกับดีเอ็นเอในตำแหน่งที่ควบคุมการถอดรหัสของยีนที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบ ส่งผลให้มีการแสดงออกและการหลั่งไซโตไคน์ที่ก่อให้เกิดการอักเสบลดลง

Table 4 Effects of dietary phytogenic additive (polyphenol) on immunity and inflammatory of broilers subjected to heat stress

Source	Form	Bioactive compound	Results	Reference
Resveratrol	Extract	Polyphenol (resveratrol)	Dietary inclusion of 0.05% resveratrol in diets alleviated inflammatory cytokine (IL-1β, IL-4, IL-6 and TNFa) and NF-kB mRNA expression in the spleen of broilers under heat stress.	He et al. (2019)
Tea	Extract	Epigallocatechin gallate	Dietary inclusion of 0. 06% epigallocatechin gallate downregulated NF-kB and LITAF mRNA expression in the jejunum of broilers under heat stress.	Song et al. (2019)
Turmeric rhizome	Extract	Curcumin	Dietary inclusion of 0. 015- 0. 02% curcumin increased serum activity levels of IgA, IgG, IgM and decreased activity of IL-6 in laying hens under heat stress.	Liu et al. (2020)

Footnote: IL = interleukin, TNFa = tumor necrosis factor alpha, NF-kB = nuclear factor kappa B, IgA/G/M = immunoglobulin A/G/M

สรุปและข้อเสนอแนะ

สารเสริมไฟโตจีนิกจากพืชสมุนไพรทั้งในรูปผงแห้ง สารสกัดแบบเดี่ยวหรือแบบผสมที่มีสารออกฤทธิ์ในกลุ่มสารประกอบฟีโนลิกหรือโพลีฟีนอล ได้แก่ Curcumin, Catechin, Epigallocatechin gallate, Resveratrol, Carvacrol, Thymol, Rosmarinic acid, Chlorogenic acid และ Carotenoids เป็นต้น มีคุณสมบัติช่วยปรับปรุงสมรรถนะการเจริญเติบโต เพิ่มความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ เพิ่มการแสดงออกของยีน HSP การกระตุ้นภูมิคุ้มกัน และลดการอักเสบในไก่เนื้อที่เลี้ยงภายใต้ภาวะความเครียดจากความร้อน ดังนั้นสารเสริมไฟโตจีนิกกลุ่มโพลีฟีนอลจึงมีศักยภาพและสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการลดผลกระทบจากความเครียดจากความร้อนในไก่เนื้อภูมิภาคเขตร้อนได้ ปริมาณการใช้สารเสริมไฟโตจีนิกขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของสารประกอบฟีนอลหรือโพลีฟีนอลเป็นหลัก

โดยการใช้ในรูปแบบสารสกัดหรือแบบผงแห้งสามารถใช้ได้ตั้งแต่ 0.01-0.3% และ 0.05-2.5% ตามลำดับ อย่างไรก็ตามสารไฟโตจีนิกในรูปผงแห้งจะมีสารออกฤทธิ์น้อยกว่าสารสกัดซึ่งจำเป็นต้องเพิ่มระดับการเสริมในสูตรอาหาร แต่อาจส่งผลให้มีเยื่อใยเพิ่มสูงขึ้นที่กระทบต่อการย่อยและการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในอาหารได้ การใช้ในรูปสารสกัดหรือน้ำมันหอมระเหยควรต้องระวังเรื่องการระเหยของสารออกฤทธิ์ในระหว่างกระบวนการผลิตและการเก็บรักษา นอกจากนี้ปริมาณสารโพลีฟีนอลยังมีความผันแปรไปตามพื้นที่เพาะปลูก ฤดูกาล กระบวนการเก็บเกี่ยว กระบวนการผลิต ตลอดจนกระบวนการเก็บรักษา ดังนั้นในการนำมาใช้เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดอาจต้องทำการวิเคราะห์สารออกฤทธิ์นั้น ๆ อยู่เสมอ และอาจใช้สารห่อหุ้ม (encapsulation) เพื่อป้องกันสารออกฤทธิ์ถูกทำลายร่วมด้วย

คำขอบคุณ

บทความนี้ได้รับการสนับสนุนจากทุนกิตติบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เลขที่สัญญาทุน 33/2563 สาขาวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เอกสารอ้างอิง

ศิขัณฑ์ พงศ์พิทักษ์. 2558. โรงเรือนระบบ evap. กับการเลี้ยงสัตว์เขตร้อนชื้น. แหล่งข้อมูล: https://www.evap-cooling.com/16807297. ค้นเมื่อ 25 มกราคม 2564.

Abdel–Moneim, A.M.E., A.M. Shehata, R.E. Khidr, V.K. Paswan, N.S. Ibrahim, A.A. El–Ghoul, S.A. Aldhumri, S.A. Gabr, N.M. Mesalam, A.M. Elbaz, M.A. Elsayed, M.M. Wakwak, and T.A. Ebeid. 2021. Nutritional manipulation to combat heat stress in poultry – a comprehensive review. Journal of Thermal Biology. 98: 1–20.

Abo–Al–Ela, H.G., S. El–Kassas, K. El–Naggar, S.E. Abdo, A.R. Jahejo, and R.A. Al Wakeel. 2021. Stress and immunity in poultry: light management and nanotechnology as effective immune enhancers to fight stress. Cell Stress and Chaperones. 26: 457–472.

Akbarian, A., J. Michiels, J. Degroote, M. Majdeddin, A. Golian, and S. De Smet. 2016. Association between heat stress and oxidative stress in poultry: mitochondrial dysfunction and dietary interventions with phytochemicals. Journal of Animal Science and Biotechnology. 7: 1–14.

Akhavan– Salamat, H., and H.A. Ghasemi. 2016. Alleviation of chronic heat stress in broilers by dietary supplementation of betaine and turmeric rhizome powder: dynamics of performance, leukocyte profile, humoral immunity, and antioxidant status. Tropical Animal Health and Production. 48: 181–188.

Antolak, H., and D. Kregiel. 2017. Food preservatives from plants. Food Additives. 9: 46–77.

Attia, Y.A., M.M. Alagawany, M.R. Farag, F.M. Alkhatib, A.F. Khafaga, A.M. E. Abdel–Moneim, K.A. Asiry, N.M. Mesalam, M. E. Shafi, M. A. Al– Harthi, and M. E. Abd El– Hack. 2020. Phytogenic products and phytochemicals as a candidate strategy to improve tolerance to coronavirus. Frontiers in Vertenary Science. 7: 1–18.

Awad, E.A., M. Najaa, Z.A. Zulaikha, I. Zulkifli, and A.F. Soleimani. 2020. Effects of heat stress on growth performance, selected physiological and immunological parameters, caecal microflora, and meat quality in two broiler strains. Asian-Australasian Journal of Animal Science. 33: 778–787.

Azad, M. A. K., M. Kikusato, S. Sudo, T. Amo, and M. Toyomizu. 2010. Time course of ROS production in skeletal muscle mitochondria from chronic heat–exposed broiler chicken. Comparative Biochemistry and Physiology. 157: 266–271.

Brewer, M.S. 2011. Natural antioxidants : sources, compounds, mechanisms of action, and potential applications. Comprehensive reviews in Food Science and Food Safty. 10: 221–247.

Chowdhury, MR. 2021. Dietary supplementation of green and black tea waste powder on growth performance and serum biochemical metabolites of heat–stressed broiler. Bristish Poultry Abstracts. 14–15.

Eldeib, M., H.M.L. AbdAllah, A.A.S. Hamed, S.N. Mohamed, M.N.A. Abd–El, and E.M. Ismail. 2021. Evaluation of antioxidant and antistress effects of essential oils (Phyto– Plus) supplementation in broiler chickens. International Journal of Poultry Science. 20: 76–86.

Ghanima, M., M. Shukry, H. Sawy, and S. Ibrahim. 2021. Effect of green coffee, green tea, cinnamon and rosemary extracts on productive performance, feeding behavior, immunity and oxidative stress in broilers suffering heat stress. Alexandria Journal of Vetenary Science. 69: 52–60.

Gopi, M., N. Dutta, J.J. Rokade, G. Prabakar, R.D. Kumar, P. Beulah, G. Kolluria, K. Gautham, J.S. Tyagi, and J. Mohan. 2019. Dietary supplementation of polyphenols alleviates the negative effects of heat stress in broilers. Biological Rhythm Research. 10: 1–12.

Hajati, H., A. Hassanabadi, A. Golian, H. Nassiri–Moghaddam, and M.R. Nassiri. 2015. The effect of grape seed extract and vitamin C feed supplementation on some blood parameters and HSP70 gene expression of broiler chickens suffering from chronic heat stress. Italian Journal of Animal Science. 14: 1–9.

Hakker, J. 2018. Heat stress: an integrated approach. Available: https: / / www. viv. net/ articles/ blog/ heat-stress–an–integrated–approach. Accessed Dec. 28, 2021.

He, S., Q. Yu, Y. He, R. Hu, S. Xia, and J. He. 2019. Dietary resveratrol supplementation inhibits heat stress–induced high– activated innate immunity and inflammatory response in spleen of yellow– feather broilers. Poultry Science. 98: 6378–6387.

Kalmar, I.D., D. Vanrompay, and G.P.J. Janssens. 2013. Broiler ascites syndrome: collateral damage from efficient feed to meat conversion. Veterinary Journal. 197: 169–174.

Kamelly, M., M.A.K. Torshizi, J. West, and T. Niewold. 2022. Impacts of caffeine on resistant chicken's performance and cardiovascular gene expression. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. 106: 566–574.

Kikusato, M., G. Xue, A. Pastor, T.A. Niewold, and M. Toyomizu. 2021. Effects of plant–derived isoquinoline alkaloids on growth performance and intestinal function of broiler chickens under heat stress. Poultry Science. 100: 957–963.

Kpomasse, C.C., O.E. Oke, F.M. Houndonougbo, and K. Tona. 2021. Broiler production challenges in the tropics: a review. Veterinary Medicine and Science. 7: 831–842.

Leonarduzzi, G., B. Sottero, and G. Poli. 2010. Targeting tissue oxidative damage by means of cell signaling modulators: the antioxidant concept revisited. Pharmacology and Therapeutics. 128: 336–374.

Liu, M., Y. Lu, P. Gao, X. Xie, D. Li, D. Yu, and M.Yu. 2020. Effect of curcumin on laying performance, egg quality, endocrine hormones, and immune activity in heat–stressed hens. Poultry Science. 99: 2196–2202.

Luo, J.J., W. Chen, H. Qu, Y. Q. Liu, C.L. Luo, J. Ji, D.M. Shu, and J. Wang. 2022. Dietary supplementation with Yucca alleviates heat stress in growing broilers exposed to high ambient temperature. Frontiers in Veterinary Science. 9: 1–10.

Marchini, C.F.P., P.L. Silva, M.R.B.M. Nascimento, M.E. Beletti, N.M. Silva, and E.C. Guimaraes. 2011. Body weight, intestinal morphometry and cell proliferation of broiler chickens submitted to cyclic heat stress. International Journal of Poultry Science. 10: 455–460.

Nawab, A., F. Ibtisham, G. Li, B. Kieser, J. Wu, W. Liu, Y. Zhao, Y. Nawab, K. Li, M. Xiao, and L. An. 2018. Heat stress in poultry production: mitigation strategies to overcome the future challenges facing the global poultry industry. Journal of Thermal Biology. 78: 131–139.

Nawaz, A.H., K. Amoah, Q.Y. Leng, J.H. Zheng, W.L. Zhang, and L. Zhang. 2021. Poultry response to heat stress: Its physiological, Metabolic, and genetic implications on meat production and quality including strategies to improve broiler production in warming world. Frontiers in Veterinary Science. 8: 1–16.

Pamplona, R., D. Costantini, S. Helbo, S. Dewilde, D.R. Williams, H. Berghmans, M. Berenbrink, A.R. Cossins, A. Fago, R. Pamplona, and D. Costantini. 2012. Molecular and structural antioxidant defenses against oxidative stress in animals. American Journal of Physiology–Regulatory, Integrative and Comparative Physiology. 301: 843–863.

Puvaca, N., E. Lika, S. Cocoli, T.S. Kika, V. Bursic, G. Vukovic, M.T. Simin, A. Petrovic, and M. Cara. 2020. Use of tea tree essential oil (*Melaleuca alternifolia*) in laying hen's nutrition on performance and egg fatty acid profile as a promising sustainable organic aricultural tool. Sustainability. 12: 1–10.

Ranjan, A., R. Sinha, I. Devi, A. Rahim, and S. Tiwari. 2019. Effect of heat stress on production and their managemental approaches. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 8(2): 1548–1555.

Roser, M. 2019. Future population growth. Available: https://ourworldindata.org/future-population-growth. Accessed Jul. 7, 2022.

Sahin, K., C. Orhan, M. Tuzcu, N. Sahin, A. Hayirli, S. Bilgili, and O. Kucuk. 2016. Lycopene activates antioxidant enzymes and nuclear transcription factor systems in heat–stressed broilers. Poultry Science. 95: 1088–1095.

Sahin, K., N. Sahin, O. Kucuk, A. Hayirli, and A.S. Prasad. 1995. Review role of dietary zinc in heat–stressed poultry: a review. Poultry Science. 88: 2176–2183.

Saracila, M., T.D. Panaite, C.P. Papuc, and R.D. Criste. 2021. Heat stress in broiler chickens and the effect of dietary polyphenols, with special reference to Willow (Salix spp.) bark supplements – a review. Antioxidants. 10: 1–29.

Shakeri, M., E. Oskoueian, H.H. Le, and M. Shakeri. 2020. Strategies to combat heat stress in broiler chickens: unveiling the roles of selenium, vitamin E and vitamin C. Veterinary Science. 7: 1–9.

Shehata, A.M., I.M. Saadeldin, H.A. Tukur, and W.S. Habashy. 2020. Modulation of heat–shock proteins mediates chicken cell survival against thermal stress. Animals. 10: 1–27.

Sohail, M. U., M.E. Hume, J.A. Byrd, D.J. Nisbet, A. Ijaz, A. Sohail, M.Z. Shabbir, and H. Rehman. 2010. Effect of supplementation of prebiotic mannan–oligosaccharides and probiotic mixture on growth performance of broilers subjected to chronic heat stress. Poultry Science. 91: 2235–2240.

Song, J., X. Lei, J. Luo, N. Everaert, G. Zhao, J. Wen, and Y. Yang. 2019. The effect of Epigallocatechin–3–gallate on small intestinal morphology, antioxidant capacity and anti-inflammatory effect in heat–stressed broilers. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. 103: 1030–1038.

St-Pierre, N.R., B. Cobanov, and G. Schnitkey. 2003. Economic losses from heat stress by US livestock industries. Journal of Dairy Science. 86: E52–E77.

Thornton, P., G. Nelson, D. Mayberry, and M. Herrero. 2021. Increase in extreame heat stress in domesticated livestock species during the twenty-first century. Global Change Biology. 27: 5762-5772.

Turcu, R.P., C. Tabuc, P. Tatiana, and M. Buleandra. 2019. Effect of the dietary oregano (*Origanum vulgare* L.) powder and oil on the balance of the intestinal microflora of broilers reared under heat stress (32°C). Scientific Papers–Animal Science Series. 69: 207–213.

Vandana, G.D., V. Sejian, A.M. Lees, P. Pragna, M.V. Silpa, and S.K. Moloney. 2021. Heat stress and poultry production: impact and imelioration. International Journal of Biometeorology. 65: 163-179.

Wang, C., F. Zhao, Z. Li, X. Jin, X. Chen, Z. Geng, H. Hu, and C. Zhang. 2021. Effects of resveratrol on growth performance, intestinal development, and antioxidant status of broilers under heat stress. Animal. 11: 1–10.

Wasti, S., N. Sah, A.K. Singh, C.N. Lee, R. Jha, and B. Mishra. 2021. Dietary supplementation of dried plum: a novel strategy to mitigate heat stress in broiler chickens. Journal of Animal Science and Biotechnology. 12: 1–17.

Yang, J., L. Liu, A. Sheikhahmadi, Y. Wang, C. Li, H. Jiao, H. Lin, and Z. Song. 2015. Effects of corticosterone and dietary energy on immune function of broiler chickens. PLOS One. 10: 1–14.

Zhang, J., Z. Hu, C. Lu, K. Bai, L. Zhang, and T. Wang. 2015. Effect of various levels of dietary curcumin on meat quality and antioxidant profile of breast muscle in broilers. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 63: 3880–3886.