Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Research on Animal Production, Vol. 16, Issue 3, 2025 p: 83-94

OPEN ACCESS

Research Paper

The Effects of Chlorogenic Acid on Antioxidant Status, Immunity, Inflammatory Cytokines, some Biochemical Parameters, Mortality, and Performance in Broilers

Mokhtar Fathi[1] and Parastoo Mardani[2]

1- Associate Professor, Department of Animal Science, Payame Noor University, Tehran, Iran, (Corresponding author: Mokhtarfathi@pnu.ac.ir)

2- Assistant Professor, Department of Biology, Payame Noor University, Tehran, Iran

Received: 15 February, 2025 Revised: 9 April, 2025 Accepted: 11 May, 2025

Extended Abstract

Background: In today's conditions of industrial poultry breeding, especially broilers, stress is a critical problem that affects poultry performance and brings economically significant mortality. Environmental, nutritional, and internal stressors often cause a decrease in performance and endanger health. Stresses often lead to oxidative stress, and through the induction of lipid peroxidation, reduction of antioxidant capacity, inflammation, etc., it ultimately decreases performance and increases mortality in broiler chickens. Therefore, they have suggested that the administration of antioxidants during stress is probably effective in reducing the problems caused by the stress of stressful factors to maintain the health and production performance of flocks in broiler farms. Chlorogenic acid, as one of the most abundant phenolic acid compounds in nature, is an ester of caffeic acid with quinic acid, which is found naturally in various plant species and has several biological functions, such as antioxidant, antimicrobial, antiviral, anti-inflammatory, anti-diabetic, and anticancer activities. The special phenolic structure endows chlorogenic acid with good free radical-scavenging activities, and can effectively scavenge various free radicals, effectively inhibit cellular lipid peroxidation, and beneficially regulate cell membrane stability. Experimental and clinical evidence has confirmed the antioxidant effects of chlorogenic acid in vivo and in vitro through direct antioxidant activity and/or its regulation on signal transduction pathways involved in cellular antioxidant defense. The antioxidant property of chlorogenic acid makes it possible to use it as a promising and green antioxidant in animal feed. It has been shown that food supplements with chlorogenic acid can improve the growth performance and antioxidant capacity of intestinal mucosa by increasing the activity of antioxidant enzymes, preventing lipid peroxidation, and activating antioxidant signaling pathways. In broilers, chlorogenic acid supplementation has been reported to increase growth performance, reduce inflammatory response, prevent intestinal damage, improve intestinal mucosal barrier function, and improve oxidative damage. However, little is known about the antioxidant activity of chlorogenic acid in broilers. Therefore, the current research was designed to evaluate chlorogenic acid effects on growth performance, antioxidant status and immunity, and some biochemical parameters of broiler chickens.

Methods: A total of 300 one-day-old male broiler chickens (45 ± 1.2 g) from the commercial strain Ross (308) were distributed in four experimental treatments (five replicates and 15 chickens per experimental unit). Experimental treatments includeed 1- a control group (fed with a basic diet), 2- CGA-500 group (fed with a basic diet + 500 mg/kg chlorogenic acid), 3- CGA-1000 group (fed with a basic diet + 1000 mg/kg of chlorogenic acid), and 4- CGA-1500 group (fed with a basic diet + 1500 mg/kg of chlorogenic acid). The chlorogenic acid used in this research was produced by Shanghai China Company with a purity of 98.12%, which was added to flour feed in the form of powder. The light, temperature, ventilation, humidity, and hygiene programs were set the same for all the experimental treatments and according to the recommendations of the Ross 308 strain for different periods. The feed intake and body weight of the birds in each experimental unit were measured at the age of 42 days, and performance indicators (food intake, weight gain, and feed conversion ratio) were calculated from the age of 1 to 42 days. At the age of 42 days, two chickens were randomly selected from each cage, and a 2 ml blood sample was used to prepare serum from the wing vein using special syringes to measure blood biochemical indices. Liver tissue samples were immediately washed in distilled water, and after drying, they were immediately placed in clear freezer plastic bags and frozen at -20 °C.

Copyright ©2025 Fathi and Mardani. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 Unported License, which allows users to read, copy, distribute, and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.66224/rap.2025.1488]

Serum antioxidant parameters, including glutathione peroxidase and superoxide dismutase enzymes, were also measured using Nonad Salamat brand kits. To determine the concentration of malondialdehyde in serum, the amount of light absorption in the samples was determined by the colorimetric method using the device. Liver levels of interleukin-6 (IL-6), interleukin-1β (IL-1β), and TNF-α (tumor necrosis factor-α) were quantitatively measured by the commercial kits of Crystal De Shanghai, China, and by the sandwich ELISA method. Serum enzymes, including aspartate aminotransferase and alanine aminotransferase, were measured using Padco brand kits. Serum levels of G and M immunoglobulin were measured using Diasorin S.P.A., Italy kits. Serum levels of lipid parameters, triglyceride, cholesterol, LDL, and HDL were measured using a quantitative diagnosis kit (Pars Azmoun Company). The collected data were statistically analyzed using the GLM procedure of SAS software version 1/9 (SAS, 2003) in the form of a completely randomized design. Mortality data were transformed using the √(X+1) square root transformation before analysis. To compare the means, Duncan's multi-range test was used at a significance level of 5%. The method of independent comparisons (Orthogonal) was used to determine the linear and quadratic effects of different CGA levels.

Results: The inclusion of chlorogenic acid caused a significant increase in feed intake and weight gain and a significant decrease in the feed conversion ratio and total mortality ($P < 0.05$). The best performance belonged to the 1000 mg/kg of chlorogenic acid treatment compared to the other treatments. In addition, chlorogenic acid supplementation at levels of 500 and 1000 mg significantly improved the antioxidant capacity (increased activity of glutathione peroxidase and decreased malondialdehyde activity) in serum and the liver ($P < 0.05$). The administration of 500 and 1000 mg of chlorogenic acid significantly reduced serum levels of inflammatory cytokines IL-1β, IL-6, and TNF-α ($P < 0.05$).

Conclusion: Decreased serum levels of aspartate aminotransferase, alanine aminotransferase, triglyceride, cholesterol, and LDL, and increased HDL and immunoglobulin G and M were also observed in CGA-1000 and CGA-1500 treatments ($P < 0.05$). In general, the results of this research show that using 1000 mg/kg of chlorogenic acid in the diet of chickens may improve both growth performance and antioxidant and inflammatory indices.

Keywords: Antioxidant, Broiler chickens, Chlorogenic acid, Inflammation, Immune, Growth performance.

How to Cite This Article: Fathi, M., & Mardani, P. (2025). The Effects of Chlorogenic Acid on Antioxidant Status, Immunity, Inflammatory Cytokines, some Biochemical Parameters, Mortality, and Performance in Broilers. *Res Anim Prod,* 16(3), 83-94. DOI: 10.61882/rap.2025.1488

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.66224/rap.2025.1488]

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مقاله پژوهشی

تاثیر اسید کلروژنیک بر وضعیت آنتی‌اکسیدانی، ایمنی، سیتوکین‌های التهابی، برخی فراسنجه‌های بیوشیمیایی، تلفات و عملکرد در جوجه‌های گوشتی

مختار فتحی[1] و پرستو مردانی[2]

۱- دانشیار، گروه علوم دامی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران، (نویسنده مسوول: Mokhtarfathi@pnu.ac.ir)
۲- استادیار، گروه زیست‌شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۲۷ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۱/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۲۱
صفحه ۸۳ تا ۹۴

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: در شرایط امروزه پرورش صنعتی طیور و به‌ویژه جوجه‌های گوشتی، استرس یک مشکل حیاتی است که بر عملکرد طیور تأثیر می‌گذارد و ضررهای اقتصادی قابل توجهی را به‌همراه دارد. عوامل استرس‌زا از انواع محیطی، تغذیه‌ای و داخلی اغلب باعث کاهش عملکرد تولیدی و تولیدمثلی و به خطر افتادن سلامت می شوند. استرس‌ها اغلب منجربه استرس اکسیداتیو می‌شوند و از طریق القاء پرکسیداسیون لیپیدها، کاهش توان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، التهاب و در نهایت منجربه کاهش عملکرد و افزایش تلفات در جوجه‌های گوشتی می‌شود. بنا بر این، پیشنهاد نموده‌اند که احتمالاً تجویز آنتی‌اکسیدان‌ها در طول استرس در کاهش مشکلات ناشی از استرس عوامل استرس‌زا در جهت حفظ سلامت و عملکرد تولید گله در مزارع مرغ گوشتی موثر است. اسید کلروژنیک به‌عنوان یکی از بیشترین ترکیبات اسیدفنولیکی موجود در طبیعت، یک استر از کافئیک‌اسید با اسیدکوئینیک است که به‌طور طبیعی در انواع گونه‌های مختلف گیاهی یافت می‌شود و دارای عملکردهای بیولوژیکی متعددی مانند آنتی‌اکسیدان، ضدمیکروبی، ضدویروسی، فعالیت‌های ضدالتهابی، ضددیابتی و ضدسرطانی است. ساختار فنلی ویژه اسیدکلروژنیک را با فعالیت‌های خوب مهار رادیکال‌های آزاد اعطا می‌کند و می‌تواند به‌طور مفیدی رادیکال‌های آزاد مختلف را از بین ببرد، به‌طور موثر پراکسیداسیون لیپیدی سلولی را مهار کند و به‌طور مفیدی ثبات غشای سلولی را تنظیم کند. شواهد تجربی و بالینی اثرات آنتی‌اکسیدانی اسیدکلروژنیک را در داخل بدن و همچنین در شرایط آزمایشگاهی از طریق فعالیت آنتی‌اکسیدانی مستقیم و یا تنظیم آن بر روی مسیرهای انتقال سیگنال درگیر در دفاع آنتی‌اکسیدانی سلول تایید کرده‌اند. ویژگی آنتی‌اکسیدانی اسیدکلروژنیک امکان استفاده از آن را به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان امیدوارکننده و سبز در خوراک دام فراهم می‌کند. نشان داده شده است که مکمل‌های غذایی با اسیدکلروژنیک می‌توانند عملکرد رشد و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی مخاط روده را با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، جلوگیری از پراکسیداسیون لیپیدی و فعال کردن مسیرهای سیگنالینگ آنتی‌اکسیدانی بهبود بخشند. در جوجه‌های گوشتی، مکمل‌های اسیدکلروژنیک برای افزایش عملکرد رشد، کاهش پاسخ التهابی، جلوگیری از آسیب روده، بهبود عملکرد سد مخاطی روده، و بهبود آسیب اکسیداتیو گزارش شده‌اند. با این حال، اطلاعات کمی در مورد عملکرد آنتی‌اکسیدانی اسید کلروژنیک در جوجه‌های گوشتی وجود دارد. بنا بر این، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی کلروژنیک‌اسید بر عملکرد رشد، وضعیت آنتی‌اکسیدانی، ایمنی و برخی پارامترهای بیوشیمیایی جوجه‌های گوشتی طراحی شد.

مواد و روش‌ها: تعداد ۳۰۰ قطعه جوجه گوشتی یک‌روزه جنس نر (۱/۲± ۴۵ گرم) از سویه تجاری راس (۳۰۸) در چهار تیمار آزمایشی (پنج تکرار و ۱۵ جوجه در هر واحد آزمایشی) توزیع شدند. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱-گروه شاهد (تغذیه‌شده با جیره پایه)، ۲-گروه CGA-500 (تغذیه شده با جیره پایه+ ۵۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اسیدکلروژنیک)، ۳- گروه CGA-1000 (تغذیه‌شده با جیره پایه+ ۱۰۰۰میلی‌گرم در کیلوگرم اسیدکلروژنیک)، و ۴- گروه CGA-1500(تغذیه‌شده با جیره پایه+ ۱۵۰۰میلی‌گرم در کیلوگرم اسیدکلروژنیک) بودند. اسیدکلروژنیک استفاده‌شده در این تحقیق تولید شرکت شانگهای چین با خلوص ۹۸/۱۲ درصد بود که به‌صورت پودر به خوراک آردی اضافه شد. برنامه نوری، دمایی، تهویه، رطوبت و بهداشتی برای تمام تیمارهای آزمایشی یکسان و مطابق پیشنهادات سویه راس۳۰۸ برای دوره‌های زمانی مختلف تنظیم شدند. مقدار خوراک مصرفی و وزن بدن پرندگان هر واحد آزمایشی در سن۴۲ روزگی اندازه‌گیری و شاخص‌های عملکرد (خوراک مصرفی، افزایش وزن و ضریب تبدیل) برای سن یک تا ۴۲ روزگی محاسبه گردیدند. در ۴۲ روزگی، از هر قفس دو جوجه به‌طور تصادفی انتخاب و از سیاهرگ بال توسط سرنگ‌های مخصوص خون‌گیری و یک نمونه ۲ میلی‌لیتر برای تهیه سرم جهت اندازه‌گیری شاخص‌های بیوشیمیایی خون استفاده شد. نمونه‌های بافت کبد بلافاصله در آب مقطر شستشو و بعد از خشک‌کردن توسط پارچه تیترون تمیز، بلافاصله در پلاستیک‌های فریزر روشن قرار گرفتند و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد منجمد شدند. فراسنجه‌های آنتی‌اکسیدانی سرم، شامل آنزیم‌های گلوتاتیون پراکسیداز و سوپراکسیددیسموتاز، با استفاده از کیت‌های برند نوند سلامت اندازه‌گیری شدند. برای تعیین میزان غلظت مالون‌دی‌آلدئید سرم، میزان جذب نوری در نمونه‌ها با روش رنگ‌سنجی و با استفاده از دستگاه تعیین گردید. مقادیر هر کدام از سیتوکین‌های interleukin-6 (IL-6)، interleukin-1β (IL-1β) و TNF-α: tumor necrosis factor- α در بافت کبد به‌وسیله کیت‌های تجاری شرکت کریستال دی شانگهای چین و از روش الیزای ساندویچی کمی اندازه‌گیری شدند. آنزیم‌های سرم شامل آسپارتات آمینوترانسفراز و آلانین آمینوترانسفراز با استفاده از کیت‌های برند Padco اندازه‌گیری شدند. سطوح سرمی ایمونوگلوبولین‌های G و M با استفاده از کیت‌های شرکت (DIASORIN S.P.A. Italia) مورد سنجش قرار گرفتند. مقادیر سرمی پارامترهای لیپیدی تری‌گلیسیرید، کلسترول، LDL و HDL با استفاده از کیت تشخیص کمی شرکت پارس آزمون سنجش گردیدند. داده‌های جمع‌آوری‌شده با استفاده از رویه GLM نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ (SAS.2003) در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. داده‌های مربوط به تلفات، قبل از تجزیه و تحلیل، با استفاده از تبدیل جذری $\sqrt{X+1}$ تبدیل شدند. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری ۵ درصد استفاده شد. از روش مقایسات مستقل (Orthogonal) برای تعیین اثرات خطی و درجه دوم اثرات سطوح مختلف CGA استفاده شد.

یافته‌ها: تجویز اسیدکلروژنیک سبب افزایش معنی‌دار افزایش خوراک‌مصرفی و وزن حاصله و کاهش معنی‌دار ضریب‌تبدیل خوراک و تلفات کل شد ($P<۰/۰۵$). بهترین عملکرد در مقایسه با سایر تیمارها، مربوط به تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اسید کلروژنیک بود. علاوه بر این، مکمل‌سازی اسیدکلروژنیک در سطح ۵۰۰ و ۱۰۰۰میلی‌گرم به‌طور معنی‌داری سبب بهبود توان آنتی‌اکسیدانی (افزایش فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز و کاهش مالون‌دی‌آلدئید) سرم و کبد شد ($P < ۰/۰۵$). همچنین، تجویز اسیدکلروژنیک به میزان ۵۰۰ و ۱۰۰۰میلی‌گرم به‌طور معنی‌داری سطوح کبدی سیتوکین‌های التهابی IL-1β، IL-6 و TNF-α را کاهش داد ($P < ۰/۰۵$). کاهش سطوح سرمی آنزیم‌های آسپارتات‌آمینوترانسفراز، آلانین‌آمینوترانسفراز، تری‌گلیسرید، کلسترول، وLDL و افزایش HDL و ایمونوگلوبولین‌های G و M در تیمارهای CGA-1000 و CGA-1500 مشاهده شد ($P < ۰/۰۵$).

نتیجه‌گیری کلی: نتایج حاصل از این تحقیق نشان دادند که استفاده از اسیدکلروژنیک سبب بهبود عملکرد جوجه‌های گوشتی شد. بهترین عملکرد در مقایسه با سایر تیمارها مربوط به تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اسید کلروژنیک بود. علاوه بر این، مکمل‌سازی اسیدکلروژنیک سبب بهبود توان آنتی‌اکسیدانی سرم و کبد و تنظیم سطوح کبدی سیتوکین‌های پیش‌التهابی شد و با بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدانی کبد سبب کاهش سطوح سرمی آنزیم‌های غیرعملکردی سرم گردید. همچنین اسیدکلروژنیک با افزایش ترشح ایمونوگلوبولین‌های سرم سبب بهبود توان ایمنی جوجه‌های گوشتی شد.

واژه‌های کلیدی: اسیدکلروژنیک، ایمنی، آنتی‌اکسیدان، التهاب، جوجه‌های گوشتی، عملکرد رشد

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.66224/rap.2025.1488]

مقدمه

با توجه به افزایش تقاضا برای پروتئین حیوانی، به حداکثر رساندن تولیدات طیور بسیار مهم است. از این‌رو، جوجه‌های گوشتی امروزی برای حداکثر رشد و راندمان غذایی انتخاب ژنتیکی شده‌اند که منجربه مشکلات قابل‌توجهی در این صنعت شده است و آن‌ها را در برابر انواع مختلف استرس حساس کرده است (Lee *et al*., 2019; Fathi *et al*., 2023 a, b). استرس یک پاسخ بیولوژیکی به محرک‌های بیرونی یا درونی است که تعادل فیزیولوژیکی طبیعی یک ارگانیسم را مختل می‌کند (Elitok, 2018). تولید تجاری طیور با طیف وسیعی از استرس‌ها مواجه است که می‌تواند بر تولید، عملکرد تولیدمثلی و سلامت کلی پرندگان تأثیر منفی بگذارد. این تنش‌ها شامل عوامل محیطی، تغذیه ای و فیزیولوژیکی هستند (Surai & Fisinin, 2016). طیور در معرض انواع مختلف عوامل استرس‌زای محیطی مانند نوسانات دمایی، محدودیت خوراک، تراکم، آلاینده‌ها و غیره هستند (Tsiouris *et al*., 2018; Zhang *et al*., 2018). دستکاری تغذیه‌ای در طول استرس در کاهش مشکلات ناشی از استرس عوامل استرس‌زا در جهت حفظ سلامت و عملکرد تولید گله در مزارع مرغ گوشتی مؤثر است. این مکمل‌ها به‌دلیل خواص تغذیه‌ای و دارویی، عوارض جانبی بسیار کم، قابلیت‌های آنتی‌اکسیدانی و تقویت‌کننده سیستم ایمنی، توانایی حفظ تعادل اسید و باز و بهبود عملکرد تولید در جوجه‌های گوشتی ثابت شده‌اند (Fathi *et al*., 2023 a,b).

علاوه‌بر این تحقیقات زیادی نشان می‌دهند که مکمل‌سازی جیره جوجه‌های گوشتی با ترکیبات حاوی آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی، از جمله دارچین (Fathi *et al*., 2018) و یا محرک افزایش توان آنتی‌اکسیدانی بدن از جمله دستگاه گوارش (Fathi *et a*l., 2019)، می‌تواند سبب افزایش ایمنی و بهبود عملکرد تولید در این پرندگان شود.

اسیدکلروژنیک (CGA[1]) که به نام اسید ۵-Oکافئویل کوئینیک نیز شناخته می‌شود، یک استر از کافئیک اسید با اسید کوئینیک است که به‌طور طبیعی در انواع گونه‌های مختلف گیاهی یافت می‌شود و دارای عملکردهای بیولوژیکی متعددی مانند آنتی‌اکسیدان، ضدمیکروبی، ضدویروسی، ضدالتهابی، ضددیابتی و ضدسرطانی است (Tajik *et al*., 2017; Lu *et al*., 2020). ساختار فنلی ویژه CGA سبب ایجاد فعالیت مهار رادیکال‌های آزاد در آن است و می‌تواند به‌طور مفیدی رادیکال‌های آزاد مختلف را از بین ببرد، به‌طور مؤثر پراکسیداسیون لیپیدی سلولی را مهار کند و به‌طور مفیدی ثبات غشای سلولی را تنظیم کند (Liang & Kitts, 2015). شواهد تجربی و بالینی اثرات آنتی‌اکسیدانی CGA را در داخل بدن و در شرایط آزمایشگاهی از طریق فعالیت آنتی‌اکسیدانی مستقیم و یا نقش تنظیمی آن بر روی مسیرهای انتقال سیگنال درگیر در دفاع آنتی‌اکسیدانی سلولی تأیید کرده‌اند (Shi *et al*., 2016; Bao *et al*., 2018). ویژگی آنتی‌اکسیدانی CGA امکان استفاده از آن را به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان امیدوارکننده و سبز در خوراک دام فراهم می‌کند. نشان داده شده است که مکمل‌های غذایی با CGA می‌توانند عملکرد رشد و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی مخاط روده را در جوجه‌های گوشتی با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، جلوگیری از پراکسیداسیون لیپیدی و فعال کردن مسیرهای سیگنالینگ آنتی‌اکسیدانی بهبود بخشند (Liu *et al*., 2022a, b). در جوجه‌های گوشتی، مکمل‌های CGA برای افزایش عملکرد رشد، کاهش پاسخ التهابی، جلوگیری از آسیب روده، بهبود عملکرد سد مخاطی روده و بهبود آسیب اکسیداتیو در جوجه‌های گوشتی که با کوکسیدیاک یا کلستریدیوم پرفرنجنس به چالش کشیده شده‌اند، گزارش شده‌اند (Zhang *et al*., 2020; Liu *et al*., 2022a). با این‌حال، اطلاعات کمی در مورد استفاده از CGA بر عملکرد و وضعیت ایمنی، التهابی و آنتی‌اکسیدانی در جوجه‌های گوشتی در شرایط نرمال پرورشی وجود دارد. بنا بر این، تحقیق حاضر با هدف ارزیابی مکمل اسیدکلروژنیک برعملکرد رشد، وضعیت آنتی‌اکسیدانی، ایمنی، التهابی و وضعیت برخی از فراسنجه‌های بیوشیمیایی جوجه‌های گوشتی طراحی شد.

مواد و روش‌ها

تعداد ۳۰۰ قطعه جوجه گوشتی یک‌روزه جنس نر (۲/۲±۱ ۴۵ گرم) از سویه تجاری راس (۳۰۸) در چهار تیمار آزمایشی (پنج تکرار و ۱۵ جوجه در هر واحد آزمایشی) توزیع گردیدند. پرنده‌ها در پن‌هایی با ابعاد ۱۱۰ × ۱۵۰ سانتیمتر و ارتفاع ۸۰ سانتی‌متر تا سن ۴۲ روزگی روی بستر پرورش یافتند. جیره‌های آزمایشی در هر مرحله (آغازین، ۱۰– ۰ روزگی، رشد، ۲۴ –۱۱ روزگی و پایانی، ۴۲–۲۵ روزگی) براساس راهنمای پرورش جوجه گوشتی راس ۳۰۸ بر پایه ذرت–سویا و با استفاده از ترکیب شیمیایی اقلام خوراکی طبق جداول انجمن تحقیقات ملی آمریکا (۱۹۹۴) توسط نرم‌افزار جیره‌نویسی UFFDA تنظیم شدند. مواد خوراکی تشکیل‌دهنده و ترکیبات شیمیایی جیره‌های آزمایشی در جدول ۱ آورده شده‌اند.

تیمارهای آزمایشی شامل: ۱–گروه شاهد (تغذیه‌شده با جیره پایه)، ۲–گروه CGA-500 (تغذیه‌شده با جیره پایه + ۵۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اسید کلروژنیک)، ۳– گروه CGA-1000 (تغذیه‌شده با جیره پایه + ۱۰۰۰میلی‌گرم در کیلوگرم اسید کلروژنیک)، و ۴– گروه CGA-1500 (تغذیه‌شده با جیره پایه + ۱۵۰۰میلی‌گرم در کیلوگرم اسید کلروژنیک) بودند. اسیدکلروژنیک استفاده شده در این تحقیق تولید شرکت شانگ‌های چین (Shaanxi Lonier Herb Bio-Technology Co., Ltd) با خلوص ۹۸/۱۲ درصد بود که به‌صورت پودر به خوراک آردی اضافه شد.

برنامه نوری به‌صورت یک ساعت تاریکی و ۲۳ ساعت روشنایی بود. در طول دوره آزمایش، پرندگان دارای دسترسی آزاد به آب و خوراک (آردی) بودند. برنامه دمایی، تهویه و رطوبت برای تمام تیمارهای آزمایشی یکسان و مطابق پیشنهادات سویه راس ۳۰۸ برای دوره‌های زمانی مختلف تنظیم گردیدند. برنامه واکسیناسیون بیماری نیوکاسل در

1 Chlorogenic acid (CGA)

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-09]
[DOI: 10.66224/rap.2025.1488]

روزهای ۷، ۱۷ و ۲۸ روزگی و واکسیناسیون بیماری گامبورو در۱۴ روزگی در آب آشامیدنی انجام شد.

مقدار خوراک مصرفی و وزن بدن پرندگان هر واحد آزمایشی در سن ۴۲ روزگی اندازه‌گیری و شاخص‌های عملکرد (خوراک مصرفی، افزایش وزن و ضریب تبدیل) برای سن یک تا ۴۲ روزگی محاسبه شدند. در ۴۲ روزگی، از هر قفس دو جوجه به‌طور تصادفی انتخاب و از سیاهرگ بال توسط سرنگ‌های مخصوص خون‌گیری و یک نمونه ۲ میلی‌لیتر برای تهیه سرم جهت اندازه‌گیری شاخص‌های بیوشیمیایی خون استفاده شد. نمونه‌ها به‌مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق نگهداری شدند، سپس به‌مدت ۱۵دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ (HERMLE-Z323K، آلمان) شدند و سرم جدا شد. نمونه‌های سرم بلافاصله بعد از جداسازی و انتقال به میکروتیوب در فریزر تحت دمای درجه ۲۰- سانتی‌گراد تا زمان اندازه‌گیری پارامترهای مربوطه نگهداری شدند. بعد از انجام خون‌گیری، پرنده‌ها کشتار شدند و از بافت کبد نمونه‌برداری به‌عمل آمد. نمونه‌های بافت کبد بلافاصله در آب مقطر شستشو و بعد از خشک‌کردن توسط پارچه تیترون تمیز، بلافاصله در پلاستیک‌های فریزر روشن قرار گرفتند و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد منجمد شدند. فراسنجه‌های آنتی‌اکسیدانی سرم شامل آنزیم‌های گلوتاتیون پراکسیداز (GSH-Px[1]) و سوپراکسیددیسموتاز (SOD[2]) با استفاده از کیت‌های برند نوند سلامت به‌کمک دستگاه الایزا ریدر (BIOTEK ELx800, US) اندازه‌گیری شدند (Fathi *et al*., 2023a). برای تعیین میزان غلظت مالون‌دی‌آلدئید (MDA[3]) سرم، میزان جذب نوری در نمونه‌ها با روش رنگ‌سنجی و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (UV 1600 PC, Shimadzu, Japan) در طول موج ۴۸۵ نانومتر اندازه‌گیری و غلظت مالون‌دی‌آلدئید نمونه‌ها تعیین شد (Fathi *et al*., 2023b). برای اندازه‌گیری مالون‌دی‌آلدئید، ابتدا پروتئین‌های نمونه با استفاده از محلول تری‌کلرواستیک اسید رسوب داده شدند و با عمل سانتریفوژ جدا گردیدند. محلول صاف‌شده رویی با اسید تیوباربیتوریک در حرارت ۹۵ درجه سانتی‌گراد و به‌مدت ۵۰ دقیقه واکنش داده شد. برای تعیین مالون‌دی‌آلدئید به‌روش تیوباربیتوریک اسید، مجموعه رنگی حاصل در طول موج ۵۳۲ نانومتر سنجش شد (Fathi *et al*., 2022).

غلظت‌های کبدی سیتوکین‌های پیش التهابی شامل: اینترلوکین۶ (Interleukin-6 (IL-6)، اینترلوکین ۱-بتا (Interleukin-1β (IL-1β) و فاکتور نکروز توموری آلفا (TNF-α: tumor necrosis factor- α) به‌وسیله کیت‌های تجاری شرکت کریستال دی‌شانگ‌های چین و از روش الیزای ساندویچی کمی اندازه‌گیری گردیدند (Abd El-Wahab *et al*., 2019). آنزیم‌های سرم شامل آسپارتات آمینوترانسفراز (AST[4]) و آلانین‌آمینوترانسفراز (ALT[5]) با استفاده از کیت‌های برند Padco و دستگاه اسپکتروفتومتر UV-VIS i3 (Spectrophotometer-Hanon) اندازه‌گیری شدند (Fathi *et al*., 2023a). سطوح سرمی ایمونوگلوبولین‌های G (IgG) و M (IgM) با استفاده از کیت‌های خاص طبق پروتکل سازنده (DIASORIN S.P.A. Italia) مورد سنجش قرار گرفتند (Fathi *et al*., 2023b). مقادیر سرمی پارامترهای لیپیدی تری‌گلیسیرید، کلسترول، LDL و HDL با استفاده از کیت تشخیص کمی شرکت پارس آزمون و به‌روش فتومتریک سنجش شدند.

تجزیه و تحلیل آماری به‌کار گرفته‌شده در این تحقیق به‌صورت طرح کاملاً تصادفی و بر اساس مدل آماری زیر بود: $Yij = \mu + Ti + eij$ که درآن Yij مشاهده مربوط به تکرار j از تیمار ni، μ میانگین مشاهدات کل آزمایش، Ti اثر تیمار ni و eij خطای آزمایش مربوط به تکرار j از تیمار ni هستند. داده‌های جمع‌آوری شده بعد از آزمون نرمالیته با استفاده از رویه GLM نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ (SAS.2003) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. داده‌های مربوط به تلفات، قبل از تجزیه و تحلیل، با استفاده از تبدیل جذری $\sqrt{X+1}$ تبدیل شدند. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری ۵ درصد استفاده شد. همچنین، از روش مقایسات مستقل (Orthogonal) برای تعیین اثرات خطی و درجه دوم اثرات سطوح مختلف CGA استفاده شد.

[1] Glutathione peroxidase
[2] Superoxide dismutase
[3] Malondialdehyde
[4] Aspartate transaminase
[5] Alanine transaminase

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-09]
[DOI: 10.66224/rap.2025.1488]

جدول ۱- اجزا و ترکیبات شیمیایی جیره‌های آزمایشی

Table 1. Ingredients and chemical compositions of experimental diets

پایانی (۲۵-۴۲ روزگی) Finisher (25-42 d)	رشد (۱۱-۲۴ روزگی) Grower (11-24 d)	آغازین (۱-۱۰ روزگی) Starter (0-10 d)	اجزای جیره (درصد) Ingredients (%)
57.56	51.63	47.53	ذرت (۸ درصد پروتئین خام) Corn 8% CP
32.35	37.99	42.35	کنجاله سویا (۴۴ درصد پروتئین) Soybean meal, 44%CP
6.29	6.24	5.54	روغن سویا Soybean oil
1.05	1.12	1.20	سنگ آهک (۳۸ درصد کلسیم) Limestone, 38% Ca
1.34	1.56	1.79	دی‌کلسیم فسفات (۲۱ درصد کلسیم) Di-calcium phosphate, 21%Ca
0.25	0.25	0.25	مکمل ویتامینه Vitamin premix[a]
0.25	0.25	0.25	مکمل معدنی Mineral premix[b]
0.40	0.40	0.40	کلراید سدیم NaCl
0.28	0.32	0.37	دی ال-متیونین (۹۹ درصد) DL-Methionine, 99%
0.22	0.22	0.28	ال-لیزین هیدروکلراید(۷۸ درصد) L-Lysine HCL, 78%
0.00	0.02	0.05	ترئونین (۹۸/۵ درصد) Threonine, 98.5%
			ترکیب مواد مغذی محاسبه شده Nutrient Composition (calculated)
3218	3082	2990	انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری بر کیلوگرم) Metabolizable energy (kcal/kg)
19.3	21.3	23	پروتئین خام (درصد) Crude protein, %
0.79	0.87	0.96	کلسیم (درصد) Calcium (Ca), %
0.361	0.409	0.456	فسفر قابل دسترس (درصد) Available phosphorus, %
0.16	0.16	0.16	سدیم (درصد) Sodium (Na), %
0.58	0.64	0.71	متیونین (درصد) Methionine, %
0.89	0.89	1.07	متیونین+سیستئین (درصد) +cysteine, %Methionine
1.17	1.30	1.46	لیزین (درصد) Lysine, %
1.30	1.45	1.56	آرژنین (درصد) Arginine, %
0.78	0.87	0.96	ترئونین (درصد) Threonine, %
0.29	0.32	0.35	تریپتوفان (درصد) Tryptophan, %

غلظت ویتامین در هر کیلوگرم جیره: رتینول، ۱۳/۵۰ میلی‌گرم. کوله کلسیفرول، ۴/۱۵ میلی‌گرم؛ توکوفرول استات، ۳۲/۰۰ میلی‌گرم؛ ویتامین K3 ، ۲ میلی‌گرم؛ تیامین، ۲ میلی‌گرم؛ ریبوفلاوین، ۶.۰۰ میلی‌گرم؛ بیوتین، ۰/۱ میلی‌گرم؛ کوبالامین، ۰/۰۱۵ میلی‌گرم؛ پیراکسیدین، ۳ میلی‌گرم؛ نیاسین، ۱۱/۰۰ میلی‌گرم؛ دی‌پانتوتنیک‌اسید، ۲۵/۰؛ منادیون سدیم بی‌سولفات، ۱/۱۰؛ اسیدفولیک، ۱/۰۲؛ کولین کلرید، ۲۵۰ میلی‌گرم؛ نیکوتین آمید، ۵ میلی‌گرم.

[b]غلظت مواد معدنی در هر کیلوگرم جیره: پانتوتنات کلسیم، ۲۵ میلی‌گرم. آهن (از سولفات آهن)، ۳۵ میلی‌گرم؛ مس (از سولفات مس)، ۳.۵ میلی‌گرم؛ منگنز (از سولفات منگنز)، ۶۰ میلی‌گرم؛ روی (از سولفات روی)، ۳۵ میلی‌گرم؛ (I از یدات کلسیم)، ۰.۶ میلی‌گرم؛) Se از سلنیت سدیم)، ۰.۳ میلی‌گرم.

[a] Vitamin concentration per kilogram of diet: retinol, 13.50 mg; cholecalciferol, 4.15 mg; tocopherol acetate, 32.00 mg; vitamin K3, 2 mg; thiamin, 2 mg; riboflavin, 6.00 mg; biotin, 0.1 mg; cobalamin, 0.015 mg; pyroxidine, 3 mg; niacin, 11.00 mg; d-pantothenic acid, 25.0; menadione sodium bisulphate, 1.10; folic acid, 1.02; choline chloride, 250 mg; nicotinamide, 5 mg.

[b]Mineral concentrations per kilogram of diet: calcium pantothenate, 25 mg; Fe (from ferrous sulphate), 35 mg; Cu (from copper sulphate), 3.5 mg; Mn (from manganese sulphate), 60 mg; Zn (from zinc sulphate), 35 mg; I (from calcium iodate), 0.6 mg; Se (from sodium selenite), 0.3 mg.

نتایج و بحث

تاثیر سطوح مختلف اسیدکلروژنیک بر عملکرد رشد و تلفات

نتایج تاثیر تیمارهای آزمایشی بر فراسنجه‌های عملکردی و تلفات (جدول ۲) نشان دادند که تجویز مکمل CGA در هر سه سطح به‌طور معنی‌داری سبب افزایش غیرخطی خوراک مصرفی و افزایش وزن حاصله و همزمان سبب کاهش غیرخطی ضریب تبدیل خوراک شد به‌طوری‌که بهترین تأثیر مثبت بر عملکرد مربوط به سطح ۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم CGA بود ($P <$ ۰/۰۵). علاوه بر این، مکمل‌سازی CGA در سطوح مختلف سبب کاهش خطی تلفات شد به‌طوری‌که کمترین تلفات در طول دوره آزمایش مربوط به سطوح ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم CGA بود ($P <$ ۰/۰۵).

تاثیر سطوح مختلف اسید کلروژنیک بر وضعیت آنتی‌اکسیدانی سرم و کبد

داده‌های موجود در جدول ۳ تاثیر سطوح مختلف CGA بر وضعیت آنتی‌اکسیدانی سرم و کبد را نشان می‌دهند. مکمل‌سازی سطوح مختلف CGA به‌طور معنی‌داری سبب بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدانی سرم و کبد شد به‌طوری‌که بالاترین سطح سرمی و کبدی آنزیم‌های GSH-Px و کمترین سطح MDA مربوط به تیمارهای ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم CGA در کیلوگرم خوراک بودند ($P <$ ۰/۰۵). اختلاف معنی‌داری بین اثرات سطوح ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم بر وضعیت آنتی‌اکسیدانی سرم و کبد مشاهده نشد ($P >$ ۰/۰۵).

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.66224/rap.2025.1488]

جدول ۲- اثر مکمل‌سازی اسیدکلروژنیک بر عملکرد و تلفات جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی

Table 2. Effects of dietary chlorogenic acid supplementation on performance and mortality of broiler chickens at day 42

تلفات (٪) Mortality (%)	ضریب تبدیل خوراک FCR	خوراک مصرفی (گرم) FI (g)	وزن بدن (گرم) BWG (g)	تیمارها Treatments	
3.00[a]	1.77[a]	2250[b]	3960[d]	Control	
1.00[b]	1.78[a]	2452[b]	4364[a]	CGA-500	
0.00[c]	1.68	2587[a]	4346[a]	CGA-1000	
0.00[c]	1.69[b]	2610[a]	4410[a]	CGA-1500	
0.001	0.02	59	95	خطای استاندارد میانگین SEM	
0.019	0.010	0.001	0.010	خطی Linear	خطای احتمال P-Value
0.321	0.011	0.011	0.021	درجه دوم Quadratic	

حروف غیر همسان در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها هستند ($P < ۰/۰۵$).

a-c: Means within each column with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).
BWG, body weight gain; FI, feed intake; FCR, feed conversion ratio, CGA-500, CGA-1000, and CGA-15000; chickens in these groups fed a basal diet supplemented with 500, 1000, and 1500 mg/kg chlorogenic acid, respectively.

جدول ۳- اثرات مکمل اسید کلروژنیک جیره بر وضعیت آنتی‌اکسیدانی جوجه‌های گوشتی

Table 3. Effects of dietary chlorogenic acid supplementation on the antioxidant status of broiler chickens

مالون‌دی‌آلدئید (نانومول در میلی‌لیتر) MDA (nmol/mL)	سوپراکسید دیسموتاز (واحد در میلی‌لیتر) SOD (U/mL)	گلوتاتیون پراکسیداز (واحد در میلی‌لیتر) GSH-Px (U/mL)	تیمارها Treatments	
2.62 [a]	122.25 [c]	165.83 [c]	Control	سرم Serum
1.96 [b]	143.81 [b]	189.43 [bc]	CGA-500	
1.82 [c]	156.21 [a]	194.62 [ab]	CGA-1000	
1.86 [c]	159.75 [a]	212.62 [a]	CGA-1500	
0.09	6.20	7.10	خطای استاندارد میانگین SEM	
0.150	0.001	0.010	خطی Linear	خطای احتمال P-Value
0.091	0.190	0.200	درجه دوم Quadratic	
مالون‌دی‌آلدئید (نانومول در میلی‌گرم پروتئین) MDA (nmol/ mg protein)	سوپراکسید دیسموتاز (واحد در میلی‌گرم پروتئین) SOD (U/ mg protein)	گلوتاتیون پراکسیداز (واحد در میلی‌گرم پروتئین) GSH-Px (U/ mg protein)		کبد Liver
1.55 [a]	115.20	19.03 [b]	Control	
0.89 [b]	119.05	21.30 [ab]	CGA-500	
0.78 [b]	122.60	23.22 [a]	CGA-1000	
0.80 [b]	114.62	25.43 [a]	CGA-1500	
0.15	3.92	1.29	خطای استاندارد میانگین SEM	
0.190	0.290	0.011	خطی Linear	خطای احتمال P-Value
0.013	0.191	0.300	درجه دوم Quadratic	

حروف غیر همسان در هرستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها هستند ($P < ۰/۰۵$).

a-c: Means within each column with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).
GSH-Px, glutathione peroxidase; SOD, Superoxide dismutase; MDA, Malondialdehyde; CGA-500, CGA-1000, and CGA-15000; chickens in these groups fed a basal diet supplemented with 500, 1000, and 1500 mg/kg chlorogenic acid, respectively.

تاثیر سطوح مختلف اسید کلروژنیک بر سطوح سیتوکین‌های پیش‌التهابی کبدی

داده‌های موجود در جدول ۴ نشان می‌دهند که سطوح کبدی سیتوکین‌های پیش‌التهابی کبدی به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر مکمل‌سازی با سطوح مختلف CGA قرار گرفته‌اند به‌طوری‌که با افزایش سطح CGA در جیره جوجه‌های گوشتی، سطوح کبدی سیتوکین‌های IL-1β، IL-6 و TNF-α به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند ($P < ۰/۰۵$). در مورد IL-6 و TNF-α، اختلاف معنی‌داری بین سطوح ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم مشاهده نشد ($P > ۰/۰۵$)، اما در مورد سیتوکین IL-1β، کمترین سطح مربوط به تیمار ۱۵۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم CGA بود.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-09]
[DOI: 10.66224/rap.2025.1488]

تاثیر سطوح مختلف اسید کلروژنیک بر سطوح ایمونوگلوبولین‌ها و آنزیم‌های ALT و AST در سرم

نتایج تاثیر سطوح مختلف CGA بر فراسنجه‌های ایمنی (IgM و IgG) و همچنین آنزیم‌های کبدی ALT و AST نشان دادند که مکمل‌سازی CGA به طور خطی سبب افزایش IgM و IgG و کاهش ALT و AST در سرم شد (جدول ۵) (P <۰/۰۵). بالاترین سطوح ایمونوگلوبولین‌ها و کمترین سطوح آنزیم‌های کبدی در سطح ۱۵۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم CGA مشاهده گردیدند.

جدول ۴- اثرات مکمل اسید کلروژنیک جیره بر سطوح سیتوکین‌های التهابی کبدی جوجه‌های گوشتی

Table 4. Effects of dietary chlorogenic acid supplementation on levels of hepatic inflammatory cytokines in broiler chickens

تیمارها Treatments		اینترلوکین-1β (نانوگرم/میلی‌گرم پروتئین) IL-1β (ng/mg protein)	اینترلوکین-6 (نانوگرم/میلی‌گرم پروتئین) IL-6 (ng/mg protein)	فاکتور نکروز توموری آلفا (نانوگرم/میلی‌گرم پروتئین) TNF-α (ng/mg protein)
Control		19.56[a]	291.23[a]	31.69[a]
CGA-500		18.90[ab]	286.02[a]	30.25[a]
CGA-1000		16.29[b]	251.01[b]	25.15[b]
CGA-1500		11.10[c]	246.21[b]	23.09[b]
خطای استاندارد میانگین SEM		1.50	2.51	1.01
خطای احتمال P Value	خطی Linear	0.001	0.001	0.010
	درجه دوم Quadratic	0.280	0.190	0.090

حروف غیر همسان در هرستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها هستند (P <۰/۰۵).

a-c: Means within each column with different superscripts are significantly different (P < 0.05). IL-1β, interleukin-1β; IL-6, interleukin-6; TNF-α, tumor necrosis factor-alpha;
CGA-500, CGA-1000, and CGA-15000; chickens in these groups fed a basal diet supplemented with 500, 1000, and 1500 mg/kg of chlorogenic acid, respectively.

جدول ۵- اثرات مکمل اسیدکلروژنیک جیره بر پارامترهای بیوشیمیایی سرم جوجه‌های گوشتی

Table 5. Effects of dietary chlorogenic acid supplementation on serum biochemical parameters of broiler chickens

تیمارها Treatments		آلانین ترانس آمیناز (واحد/لیتر) ALT (U/L)	آسپارتات ترانس آمیناز (واحد/لیتر) AST (U/L)	ایمونوگلوبولین G (واحد/میلی‌لیتر) Ig G (U/mL)	ایمونوگلوبولین G (واحد/میلی‌لیتر) Ig M (U/mL)
Control		4.63[a]	255.40[a]	5.35[b]	1.48[d]
CGA-500		4.26[a]	254.68[a]	6.88[a]	1.98[b]
CGA-1000		3.61[b]	238.20[b]	7.00[a]	2.25[a]
CGA-1500		2.97[c]	213.85[c]	5.62[b]	1.66[c]
خطای استاندارد میانگین SEM		0.95	2.20	0.08	0.05
خطای احتمال P Value	خطی Linear	0.010	0.010	0.001	0.001
	درجه دوم Quadratic	0.390	0.410	0.002	0.001

حروف غیر همسان در هرستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها هستند (P <۰/۰۵).

a-c: Means within each column with different superscripts are significantly different (P < 0.05).
ALT: Alanine transaminase; AST: Aspartate transaminase; IgG, Immunoglobulin G; IgM, Immunoglobulin M. CGA-500, CGA-1000, and CGA-15000; chickens in these groups fed a basal diet supplemented with 500, 1000, and 1500 mg/kg of chlorogenic acid, respectively.

جدول ۶- اثرات مکمل اسید کلروژنیک جیره بر پارامترهای لیپیدی سرم جوجه های گوشتی

Table 6. Effects of dietary chlorogenic acid supplementation on serum lipids parameters of broiler chickens

تیمارها Treatments		کلسترول (میلی‌گرم/دسی‌لیتر) Cholesterol (mg/dl)	تری‌گلیسرید (میلی‌گرم/دسی‌لیتر) TG (mg/dl)	لیپوپروتئین با دانسیته پایین (میلی‌گرم/دسی‌لیتر) LDL (mg/dl)	لیپوپروتئین با دانسیته بالا (میلی‌گرم/دسی‌لیتر) HDL (mg/dl)
Control		69.48[a]	196.05[a]	48.82[a]	7.69[b]
CGA-500		66.17[ab]	100.49[b]	48.13 [a]	9.22[ab]
CGA-1000		64.03. [b]	74.03 [c]	50.45 [a]	11.12 [a]
CGA-1500		40.14[c]	51.25[d]	30.34 [b]	12.60 [a]
خطای استاندارد میانگین SEM		2.01	3.25	1.59	1.01
خطای احتمال P Value	خطی Linear	0.001	0.010	0.001	0.021
	درجه دوم Quadratic	0.410	0.461	0.390	0.190

حروف غیر همسان در هرستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها هستند (P <۰/۰۵).

a-c: Means within each column with different superscripts are significantly different (P < 0.05).
TG, triglyceride; LDL, low density lipoprotein; HDL, high density lipoprotein; CGA-500, CGA-1000, and CGA-15000; chickens in these groups fed a basal diet supplemented with 500, 1000, and 1500 mg/kg of chlorogenic acid, respectively.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.66224/rap.2025.1488]

تاثیر سطوح مختلف اسیدکلروژنیک بر سطوح فراسنجه‌های لیپیدی سرم

نتایج (جدول ۶) نشان دادند که فراسنجه‌های لیپیدی سرم از قبیل کلسترول، تری‌گلیسیرید، LDL و HDL سرم به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر مکمل‌سازی با CGA در سطوح استفاده شده در این تحقیق قرار گرفتند، به‌طوری‌که همه سطوح CGA در مقایسه با تیمار شاهد، سبب کاهش معنی‌دار کلسترول، تری‌گلیسیرید، LDL و افزایش HDL سرم شدند ($P<$ ۰/۰۵). بیشترین تأثیر کاهشی بر کلسترول، تری‌گلیسیرید، و LDL مربوط به تیمار ۱۵۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم CGA بود. تجویز CGA در هر دو سطح ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ سبب افزایش HDL سرم شد ($P <$ ۰/۰۵).

در پرورش صنعتی طیور و به‌ویژه جوجه‌های گوشتی، استرس یک مشکل حیاتی است که بر عملکرد طیور تأثیر می‌گذارد و ضررهای اقتصادی قابل‌توجهی را به‌همراه دارد. عوامل استرس‌زا از انواع محیطی، تغذیه‌ای و داخلی اغلب باعث کاهش عملکرد تولیدی و تولیدمثلی و به‌خطر افتادن سلامت می‌شوند. استرس‌ها اغلب منجربه استرس اکسیداتیو می‌شوند و از طریق القاء پرکسیداسیون لیپیدها، کاهش توان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، التهاب و ... در نهایت منجربه کاهش عملکرد و افزایش تلفات در جوجه‌های گوشتی می‌شود (Chen *et al*., 2021a). بنا بر این، پیشنهاد نموده‌اند که احتمالاً تجویز آنتی‌اکسیدان‌ها در طول استرس در کاهش مشکلات ناشی از استرس عوامل استرس‌زا در جهت حفظ سلامت و عملکرد تولید گله در مزارع مرغ گوشتی مؤثر است (Fathi *et al*., 2023 a,b). اثرات مفید مکمل CGA به‌عنوان یک مکمل آنتی‌اکسیدانی در رژیم غذایی بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی تحت استرس اکسیداتیو (Zha *et al*., 2023; Song *et al*., 2024) و استرس گرمایی (Zhao *et al.,* 2019) گزارش شده‌اند. علاوه بر این، گزارش شده است که تجویز مکمل CGA عملکرد رشد و ایمنی در جوجه‌های گوشتی تحت استرس اکسیداتیو القاء شده با دگزامتازون را بهبود بخشید (Liu *et al*., 2022a, b). همچنین، تاثیر مثبت مکمل‌سازی جیره غذایی خوک‌های تازه از شیر گرفته‌شده با CGA گزارش شده است (Chen *et al*., 2018b; Zhang *et al*., 2018, 2020). بهبود عملکرد رشد پرندگان تغذیه شده با CGA می‌تواند تا حد زیادی با توان آنتی‌اکسیدانی مرتبط باشد (Zha *et al*., 2023). قبلاً هم محققان بسیاری گزارش کردند که عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی تغذیه‌شده با انواع مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی بهبود یافت (Fathi *et al*., 2022, 2023a, b). از طرفی، اخیراً نشان داده‌اند که گنجاندن CGA در بهبود افزایش وزن جوجه‌های گوشتی تحت استرس اکسیداتیو مؤثر است. پیشنهاد کرده‌اند که CGA سبب افزایش توان آنتی‌اکسیدانی، کاهش آسیب اکسیداتیو و بهبود پاسخ التهابی در بافت روده جوجه‌های گوشتی می‌شود. همچنین مشاهده کرده‌اند که تجویز CGA به جیره غذایی جوجه‌های گوشتی تحت استرس اکسیداتیو سبب افزایش جمعیت باکتری‌های اسیدلاکتیک و کاهش جمعیت باکتری‌های مضر روده و در نهایت سبب بهبود گوارش و جذب مواد غذایی در روده شد (Chen *et al*., 2021a). علاوه بر این، گزارش کرده‌اند که مکمل‌سازی CGA در جیره غذایی خوک‌ها سبب بهبود وضعیت ارتفاع ویلی‌ها در بخش‌های دوازدهه و ژژنوم روده کوچک شد و در نتیجه هضم و جذب را در این حیوان بهبود بخشید (Chen *et al*., 2018a, b). به علاوه، مشاهده کرده‌اند که CGA از طریق افزایش اتصالات محکم در روده کوچک باعث بهبود عملکرد روده می‌شود (Tan *et al*., 2023). همچنین، در تحقیقی نشان دادند که مکمل‌سازی CGA در جیره ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان به‌طور معنی‌داری ترشح آنزیم پروتئاز از پانکراس را افزایش داد و سبب بهبود ضریب تبدیل خوراک شد (Ghafarifarsani *et al*., 2023).

نشان داده‌اند که مکمل‌سازی جیره غذایی جوجه‌های گوشتی با ترکیبات آنتی اکسیدانی به‌طور مؤثری مرگ و میر را کاهش داد و عملکرد رشد را بهبود بخشید (Fathi *et al*., 2022). در مطالعه حاضر، عملکرد رشد و مرگ و میر در گروه‌های مکمل CGA بهبود یافت که احتمالاً به‌دلیل اثرات آنتی‌اکسیدانی CGA است. اثرات آنتی‌اکسیدانی CGA توسط بسیاری از محققان گزارش شده‌اند (Liang & Kitts, 2015; Bao *et al*., 2018; Chen *et al*., 2018a, b; Zhang *et al*., 2018; Zhang *et al*., 2020; Liu *et al*., 2022a).

مطابق با نتایج این تحقیق، گنجاندن CGA سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های GSH-Px و CAT و کاهش تولید MDA در سرم و مخاط روده کوچک خوک‌ها شد (Chen *et al*., 2018 a, b). همچنین، بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدانی در خوکچه‌های از شیرگرفته با مکمل‌سازی جیره با CGA مشاهده شد (Zhang *et al*., 2018). ساختار شیمیایی CGA شامل یک حلقه آروماتیک و یک حلقه آلیسیک، با یک زنجیره مزدوج و پنج گروه هیدروکسیل متصل به دو حلقه است (Saqib *et al*., 2016). نشان داده شده است که CGA به‌طور مؤثر رادیکال‌های آزاد فعال مانند آنیون‌های سوپراکسید و رادیکال‌های هیدروکسیل را در شرایط آزمایشگاهی از بین می‌برد (Liang & Kitts, 2015). تشکیل ترکیب اضافی رادیکال و انتقال اتم هیدروژن دو مکانیسم بالقوه برای فعالیت آنتی‌اکسیدانی آزمایشگاهی CGA در محیط‌های اسیدی و خنثی هستند، در حالی‌که انتقال الکترون و از دست دادن متوالی پروتون مکانیسم آنتی‌اکسیدانی احتمالی CGA با نرخ بسیار بالا در محیط بازی هستند (Tosovic *et al*., 2017). بنا بر این، تأثیر اصلی CGA بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی جوجه‌های گوشتی را می‌توان تا حدی با خواص آنتی‌اکسیدانی مستقیم آن عمدتاً به‌دلیل ساختار فنلی آن توضیح داد (Shin *et al*., 2017). علاوه بر این، نشان داده شده است که CGA و ایزومرهای آن به‌دلیل برهمکنش‌های ساختاری خاص خود، مستقیماً می‌توانند سبب القای بیان ژن‌های آنتی‌اکسیدانی شوند (Liang & Kitts, 2015; Bao *et al*., 2018; Shi *et al*., 2018; Liang *et al*., 2019; Han *et al*., 2019;).

استرس اکسیداتیو و رادیکال‌های اکسیژن طی استرس سرمایی (Fathi *et al*., 2023b)، استرس فیزیولوژیک (Fathi *et al*., 2023a, c) و استرس گرمایی (Ohtsu *et al*., 2015) می‌توانند سبب القاء پاسخ‌های التهابی شوند. علاوه بر این، پیشنهاد شده است که بیان mRNA برای سیتوکین‌های پیش‌التهابی در طول استرس اکسیداتیو ناشی از گرما افزایش

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-09]
[DOI: 10.66224/rap.2025.1488]

می‌یابد و منجر به پاسخ التهابی می‌شود که ممکن است منجربه ایجاد پاس‌های التهابی شود (Ohtsu *et al*., 2015).

در مطالعه حاضر، CGA نقش مثبتی در کاهش پاسخ التهابی جوجه‌های گوشتی داشت، به‌طوری‌که سبب کاهش سیتوکین‌های پیش‌التهابی IL-6، TNF-α و IL-1β شد (جدول۴). حدس بر این است که احتمالاً CGA، از طریق مستقیم سبب تاثیر بر پروتئین‌های درگیر با سیتوکنین‌های پیش‌التهابی و تغییر بیان ژن‌های مربوط به سیتوکین‌های پیش‌التهابی شود (Zha *et al*., 2023). علاوه بر این، گزارش کرده‌اند که مکمل CGA باعث کاهش بیان ژن‌های IL-1β و TNF-a در دوازدهه مرغ‌های جوانی شد که در معرض استرس گرمایی قرار گرفتند (Chen *et al*., 2018 a). در تحقیق دیگر، گزارش شد که CGA دارای اثرات ضد التهابی در جوجه‌های گوشتی در چالش با کوکسیدیا بود (Zhang *et al*., 2020; Liu *et al*., 2022a). علاوه بر این، احتمالاً CGA از طریق اثرات آنتی‌اکسیدانی سبب کاهش پاسخ‌های التهابی و بهبود سطح سیتوکین‌های پیش‌التهابی می‌شود زیرا قبلاً محققان زیادی گزارش کرده‌اند که ترکیبات آنتی‌اکسیدانی می‌توانند سبب بهبود وضعیت التهابی در جوجه‌های گوشتی شوند (Shi *et al*., 2018; Zeng *et al*., 2020; Fathi *et al*, 2023a,b).

قبلاً نشان داده‌اند که در جوجه‌های تحت تنش اکسیداتیو القایی توسط تنش سرمایی، سطوح سرمی آنزیم‌های ALT و AST افزایش یافتند و همزمان توسط مکمل‌سازی جیره با ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، سطوح این آنزیم‌ها به نرمال برگشتند. بنا بر این، پیشنهاد شد که احتمالاً ترکیبات آنتی‌اکسیدانی از طریق اثرات محافظتی روی بافت سلول‌های کبدی مانع از تخریب هپاتوسیت‌ها و مانع از سرازیری آنزیم‌های کبدی به جریان عمومی خون می‌شوند (Arab *et al*., 2006; Fathi *et al*., 2016a, 2022). اثرات آنتی‌اکسیدانیCGA هم در این تحقیق و هم توسط محققان قبلی (Liang & Kitts, 2015; Bao *et al*., 2018; Chen *et al*., 2018a, b; Zhang *et al*., 2018; Zhang *et al*., 2020; Liu *et al*., 2022a) گزارش شده‌اند. موافق با نتایج این تحقیق، تجویز CGA در جیره ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان سبب کاهش سرمی آنزیم‌های ALT و AST شد. حدس بر این است که CGA از طریق اثرات آنتی‌اکسیدانی روی هپاتوسیت‌ها سبب کاهش سطوح سرمی آنزیم‌های کبدی شده است (Ghafarifarsani *et al*., 2023). علاوه بر این، نقش مثبت CGA بر سطوح ایمونوگلوبولین‌های سرم در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان قبلاً گزارش شده است (Ghafarifarsani *et al*., 2023). افزایش سطوح ایمونوگلوبولین‌های سرم ناشی از مصرف CGA نیز ممکن است به‌دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی باشد. محققان زیادی تأیید نموده‌اند که ترکیبات فنولیک می‌توانند همزمان با افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی جوجه‌های گوشتی، سبب افزایش سطح ایمونوگلوبولین‌های این پرندگان شوند (Abd El-Hack *et al*., 2021; Fathi *et al*., 2023c; Fathi *et al*., 2024).

موافق با تحقیق حاضر، تجویز CGA در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان به‌طور معنی‌داری سبب کاهش سطح لیپیدهای سرم شد (Ghafarifarsani *et al*., 2023). کاهش تری‌گلیسیرید و کلسترول سرم ناشی از مکمل CGA ممکن است به اثر آنتی‌اکسیدانی CGA نسبت داده شود. کاهش کلسترول توسط ترکیبات آنتی‌اکسیدانی با مهار بیوسنتز کلسترول است، زیرا سنتز کلسترول در ابتدای مسیر بیوسنتز آن، یعنی هیدروکسیل متیل‌گلوتاتیون کوآنزیم یک ردوکتاز (HMG-COA)، اعمال می‌شود. واکنش تبدیل HMG-COA به موالونات تحت نیکوتین آمیدآدنین دی‌نوکلئوتید فسفات (NADPH و HMG-COA) ردوکتاز انجام می‌شود. نشان داده شده است که ترکیبات آنتی‌اکسیدانی با کاهش فعالیت HMG-COA، تولید موالونات را کاهش می‌دهند. علاوه بر این، نشان داده‌اند که ترکیبات فنلی می‌توانند سطح سرمی HDL را افزایش و LDL را کاهش دهند (Weinbrenner *et al*., 2004). علاوه بر این، نشان داده شده است که ترکیبات فنولی می‌توانند سطح تری‌گلیسیرید سرم را با افزایش جریان تری‌گلیسیرید از خون به داخل سلول‌ها و با کاهش تولید لیپاز پانکراس کاهش دهند (Ustundag & Ozdogan, 2015).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهند که استفاده از مکمل اسید کلروژنیک (CGA) در جوجه‌های گوشتی احتمالاً از طریق اثرات آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی سبب بهبود عملکرد و کاهش تلفات می‌شود. به‌طور کلی، نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهند که احتمالاً استفاده از سطح ۱۰۰۰ میلی‌گرم CGA در کیلوگرم خوراک در جیره جوجه‌های گوشتی مفید باشد.

References

Arab, H., Jamshidi, A., Rassuli, R., Shams, G., & Hassanzadeh, M. H. (2006). Generation of hydroxyl radicals during ascites experimentally induced in broilers. *British Poultry Science*, 47, 216-222. doi: 10.1080/00071660600611102.

Abd El-Wahab, A., Mahmoud, R.E., Ahmed, M. F., & Salama, M. F. (2019). Effect of dietary supplementation of calcium butyrate on growth performance, carcass traits, intestinal health and pro-inflammatory cytokines in Japanese quails. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 103(6), 1768-75.

Abd El-Hack, M. E., Alaidaroos, B. A., Farsi, R. M., Abou-Kassem, D. E., El-Saadony, M. T., Saad, A. M., ... & Ashour, E. A. (2021). Impacts of supplementing broiler diets with biological curcumin, zinc nanoparticles and Bacillus licheniformis on growth, carcass traits, blood indices, meat quality and cecal microbial load. *Animals*, *11*(7), 1878.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.66224/rap.2025.1488]

Bao, L., Li, J., Zha, D., Zhang, L., Gao, P., Yao, T., & Wu, X. (2018). Chlorogenic acid prevents diabetic nephropathy by inhibiting oxidative stress and inflammation through modulation of the Nrf2/HO-1 and NF-κB pathways. *International Immunopharmacology*, *54*, 245-253.

Chen, J., Yu, B., Chen, D., Huang, Z., Mao, X., Zheng, P., ... & He, J. (2018a). Chlorogenic acid improves intestinal barrier functions by suppressing mucosa inflammation and improving antioxidant capacity in weaned pigs. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, *59*, 84-92.

Chen, J., Li, Y., Yu, B., Chen, D., Mao, X., Zheng, P., Luo, J., & He, J. (2018b). Dietary chlorogenic acid improves growth performance of weaned pigs through maintaining antioxidant capacity and intestinal digestion and absorption function. *Journal of Animal Science*, 96:1108–1118.

Chen, F., Zhang, H., Zhao, N., Yang, X., Du, E., Huang, S., ... & Wei, J. (2021). Effect of chlorogenic acid on intestinal inflammation, antioxidant status, and microbial community of young hens challenged with acute heat stress. *Animal Science Journal*, *92*(1), e13619.

Chen, Y. P., Gu, Y.F., Zhao, H. R., & Zhou. M. Y. (2021b). Dietary squalene supplementation alleviates diquat-induced oxidative stress and liver damage of broiler chickens. *Poultry Science*, 100: 100919.

Elitok, B. (2018). Importance of stress factors in poultry. *Juniper Online Journal of Case Studies,* 7, 20–22. doi: 10.19080/JOJCS.2018.07.555723.

Fathi, M., Haydari, M., & Tanah, T. (2016a). Influence of Dietary Aspirin on Growth Performance, Antioxidant Status, and Mortality due to Ascites in Broiler Chickens. *Poultry Science Journal*, 4(2), 139-146. doi: 10.22069/PSJ.2016.10701.1178.

Fathi, M., & Haydari, T. (2016b). Effects of atenolol on growth performance, mortality due to ascites, antioxidant status and some blood parameters in broilers under induced ascites. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 8 (2), 329-339. doi:10.22067/IJASR.V8I2.47188. [In Persian]

Fathi, M., Nik Guo, A., & Mehri, M. (2018). Effects of Cinnamon Powder Levels on Performance, Antioxidant Status, Meat Oxidative Stability, Enzymes Activity and Some Blood Parameters in Broiler Chickens. *Research on Animal Production (Scientific and Research)*, 8(17), 18-25. doi:10.29252/rap.8.17.18. [In Persian]

Fathi. M., Tanha. T., & Ahmadi, M. (2019). Effect of Supplementation of Prebiotics of Mannan Oligosaccharide (MOS) on Growth Performance, Blood Parameters and Mortality Rate of Male Broiler Chicks under Induced Ascites by Sodium Chloride. *Research on Animal Production (Scientific and Research)*, *10* (25), 8-15. doi:10.29252/rap.10.25.8 . [In Persian]

Fathi, M., Tanha, T., & Saeedyan, S. (2022). Influence of dietary lycopene on growth performance, antioxidant status, blood parameters and mortality in broiler chicken with cold-induced ascites. *Archive Animal Nutrition*, 8,1-11. doi: 10.1080/1745039X.2022.2046451.

Fathi, M., Saeedyan, S., Baghaeifar, Z., & Varzandeh, S. (2023a). Chitosan oligosaccharides in the diet of broiler chickens under cold stress had anti-oxidant and anti-inflammatory effects and improved hematological and biochemical indices, cardiac index, and growth performance. *Livestock Science*, 276, 105338. doi: 10.1016/j.livsci.2023.105338.

Fathi, M., Saeedyan, S., & Kaoosi, M. (2023). Effect of melatonin on oxidative stress, inflammation cytokines, biochemical parameters and growth performance in broiler chicken under induced stress by dexamethasone. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A—Animal Science*, *72*(3-4), 149-157.

Fathi, M., Hosayni, M., Alizadeh, S., Zandi, R., Rahmati, S., & Rezaee, V. (2023). Effects of black cumin (Nigella Sativa) seed meal on growth performance, blood and biochemical indices, meat quality and cecal microbial load in broiler chickens. *Livestock Science*, *274*, 105272.

Fathi, M., Hosayni, M., Alizadeh, S., Zandi, R., Rahmati, S., Saeidian, S., Shirazi Fard, M., Rezaee, V., Zarrinkavyani, K., & Mardani, P. (2024). Effects of chicory (*Cichorium intybus* L.) distillation wastewater on antioxidant status, immune response, caecal microbial population, growth performance and meat quality in broiler chickens. *Livestock Science*, 282, 105442. DOI: 10.1016/j.livsci.2024.105442.

Ghafarifarsani, H., Nedaei, S. H., Hoseinifar, S. H. & Doan, V. H. (2023). Effect of Different Levels of Chlorogenic Acid on Growth Performance, Immunological Responses, Antioxidant Defense, and Disease Resistance of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Juveniles. *Aquaculture Nutrition,* Article ID 3679002, 13. doi: 10.1155/2023/3679002

Han, D., Gu, X., Gao, J., Wang, Z., Liu, G., Barkema, H. W., & Han, B. (2019). Chlorogenic acid promotes the Nrf2/HO-1 anti-oxidative pathway by activating p21Waf1/Cip1 to resist dexamethasone-induced apoptosis in osteoblastic cells. *Free Radical Biology and Medicine*, *137*, 1-12.

Liang, N., & Kitts, D. D. (2015). Role of chlorogenic acids in controlling oxidative and inflammatory stress conditions. *Nutrients*, 8, 16.

Liang, N., Dupuis, H. J., Yada, R. Y., & Kitts, D. D. (2019). Chlorogenic acid isomers directly interact with Keap1-Nrf2 signaling in Caco-2 cells. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 457, 105–118

Lee, M. T., Lin, C. W., & Lee, T. T. (2019). Potential crosstalk of oxidative stress and immune response in poultry through phytochemicals - a review. *Asian-Australian Journal of Animal Science*, 32, 309–319.

Lu, H., Tian, Z., Cui, Y., Liu, Z., & Ma, X. (2020). Chlorogenic acid: a comprehensive review of the dietary sources, processing effects, bioavailability, beneficial properties, mechanisms of action, and future directions. *Comprehensive Reviews in Food* Science *and Food Safety*, 19, 3130–3158.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.66224/rap.2025.1488]

Liu, H., Chen, P., Lv, X., Zhou, Y., Li, X., Ma, S., &. Zhao. J. (2022a). Effects of chlorogenic acid on performance, anticoccidial indicators, immunity, antioxidant status, and intestinal barrier function in coccidia-infected broilers. *Animals*, 12, 963.

Liu, H., Li, S., Shi, Y., Zhou, K., Zhang, Y., Wang, Y., & Zhao, J. (2022b). Chlorogenic acid improves growth performance and intestinal health through autophagy-mediated nuclear factor erythroid 2-related factor 2 pathway in oxidatively stressed broilers induced by dexamethasone. *Poultry Science*, 101, 102036.

Ohtsu, H., Yamazaki, M., Abe, H., Murakami, H., & Toyomizu M. (2015). Heat stress modulates cytokine gene expression in the spleen of broiler chickens. *Japanese Poultry Science Japanese Poultry Science*, 52(4), 282–287. DOI: 10.2141/jpsa.0150062

Saqib, M., SIqbal, S., Mahmood, A., & Akram, R. (2016). Theoretical investigation for exploring the antioxidant potential of chlorogenic acid: a density functional theory study. *International Journal of Food Properties,* 19, 745–751.

Shin, H. S., Satsu, H., Bae, M. J., Totsuka, M., & Shimizu, M. (2017). Catechol groups enable reactive oxygen species scavenging-mediated suppression of PKD-NFkappaB-IL-8 signaling pathway by chlorogenic and caffeic acids in human intestinal cells. *Nutrients*, 9, 165.

Shi, H., Shi, A., Dong, L., Lu, X., Wang, Y., Zhao, J., Dai, F., & Guo, X. (2016). Chlorogenic acid protects against liver f*i*brosis *in vivo* and *in vitro* through inhibition of oxidative stress. *Clinical Nutrition***,** 35, 1366–1373

Shi, A., Shi, H., Wang, Y., Liu, X., Cheng, Y., Li, H. Zhao, H., Wang, S., & Dong, L. (2018). Activation of Nrf2 pathway and inhibition of NLRP3 inflammasome activation contribute to the protectiveeffect of chlorogenic acid on acute liver injury. *International Immunopharmacology*, 54, 125–130.

Song, D., Zhang, S., Chen, A., Songy, Z., & Shi, S. (2024). Comparison of the effects of chlorogenic acid isomers and their compounds on alleviating oxidative stress injury in broilers. *Poultry Science*, 103, 103649. doi: 10.1016/j.psj.2024.103649.

Surai, P. F., & Fisinin, V. I. (2016). Vitagenes in poultry production: Part 3. *V*itagene concept development. *World's Poultry Science Journal*, 72, 751. doi: 10.1017/S0043933916000751.

Tan, H., Zhen, W., Bai, D., Liu, K., He, X., Ito, K., ... & Ma, Y. (2023). Effects of dietary chlorogenic acid on intestinal barrier function and the inflammatory response in broilers during lipopolysaccharide-induced immune stress. *Poultry Science*, *102*(5), 102623.

Tosovic, J., Markovic, J., Dimitric Markovic, M., Mojovic, M., & Milenkovic, D. (2017). Antioxidative mechanisms in chlorogenic acid. *Food Chemistry*, 237, 390–398.

Tsiouris, V., Georgopoulou, I., Batzios, C., Pappaioannou, N., Ducatelle, R., & Fortomaris, P. (2018). Heat stress as a predisposing factor for necrotic enteritis in broiler chicks. *Avian Pathology,* 47, 24574. doi: 10.1080/03079457.2018.1524574.

Tajik, N., Tajik, M., Mack, I., & Enck, P. (2017). The potential effects of chlorogenic acid, the main phenolic components in coffee, on health: a comprehensive review of the literature. *European Journal of Nutrition,* 56, 2215–2244

Ustundag, A. O., & Ozdogan, M. (2015). Usage possibilities of mulberry leaves in poultry nutrition. Scientific Papers. *Journal of Animal Science*, 58, 170-178.

Weinbrenner, T., Fito, M., Torre, R. D., Saez, G. T., Rijken, P., & Tormos, C. (2004). Olive oils high in phenolic compounds modulate oxidative/antioxidative status in men. *Journal of Nutrition*, 134, 2314-2321.

Zeng, J., Zhang, D., Wan, X., Bai, Y., Yuan, C., Wang, T., Yuan, D., C Zhang, C., & Liu, C. (2020). Chlorogenic acid suppresses miR-155 and ameliorates ulcerative colitis through the NF-*k*B/NLRP3 inflammasome pathway. *Molecular Nutrition & Food Research***,** 64: e2000452

Zha, P., Wei, L., Liu, W., Chen, Y., & Zhou, Y. (2023). Effects of dietary supplementation with chlorogenic acid on growth performance, antioxidant capacity, and hepatic inflammation in broiler chickens subjected to diquat-induced oxidative stress. *Poultry Science*, 102, 102479. doi.org/10.1016/j.psj.2023.102479

Zhang, Y., Wang, Y., Chen, D., Yu, B., Zheng, P., Mao, X., Luo, Y., Li, Y., & He, J. (2018). Dietary chlorogenic acid supplementation affects gut morphology, antioxidant capacity and intestinal selected bacterial populations in weaned piglets. *Food & Function***,** 9, 4968–4978.

Zhang, X., Zhao, Q., Ci, X., Chen, S., Xie, Z., Li, H., Zhang, H., Chen, F., & Xie, Q. (2020). Evaluation of the eff*i*cacy of chlorogenic acid in reducing small intestine injury, oxidative stress, and inflammation in chickens challenged with Clostridium perfringens type A. *Poultry Science*, 99, 6606–6618.

Zhao, S. J., Deng, W., & Liu, H. W. (2019). Effects of chlorogenic acid-enriched extract from *Eucommia ulmoides* leaf on performance, meat quality, oxidative stability, and fatty acid profile of meat in heat-stressed broilers. *Poultry Science*, 98, 3040–3049. doi:10.3382/ps/pez081.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.66224/rap.2025.1488]