Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Research on Animal Production, Vol. 16, Issue 4, 2025 p: 54-63

OPEN ACCESS

Research Paper

The Effect of Phloretin on Antioxidant Status, Immunity, and Growth Performance of Broiler Chickens

Mokhtar Fathi [1], Shahriar Saeedian[2], Omid Ivar[3], and Fereshteh Seydi[3]

1- Associate Professor, Department of Animal Science, Payame Noor University, Tehran, Iran, (Corresponding author: Mokhtarfathi@pnu.ac.ir)
2- Associate Professor, Department of Biochemistry, Payame Noor University, Tehran, Iran
3- Master's Student, Department of Biochemistry, Payame Noor University, Tehran, Iran

Received: 19 March, 2025 Revised: 15 June, 2025 Accepted: 28 August, 2025

Extended Abstract

Background: In today's industrial poultry farming, especially broiler chickens, there are various types of stress that affect the health and performance of poultry and cause significant economic losses. Stressors can often lead to oxidative stress, which ultimately reduce performance and increase mortality in broiler chickens. In addition, stress can disrupt the immune system and the balance of the intestinal bacterial population, thereby increasing mortality and reducing production performance in broiler chickens. Therefore, it has been suggested that the use of antioxidant compounds is likely to be effective in reducing the problems caused by stressors to maintain the health and production performance of the flock in broiler farms. Among the most important antioxidant compounds in nutrition are polyphenolic compounds that are found in plant-derived materials. Due to their high antioxidant and anti-inflammatory activity, polyphenolic compounds are well-known compounds that have been shown to cause positive changes in animal health and performance by improving the body's antioxidant status.

Phloretin, extracted from various fruits (including apples, pears, and peaches), leaves, trees, and vegetables, is a bioactive flavonoid that has many biological activities, including antioxidant, hypoglycemic, and protective properties. The antioxidant, immune-enhancing and anticancer effects of phloretin have been reported in human studies. In the food, pharmaceutical, and health industries, phloretin has been proven to be a novel, natural, and highly effective antioxidant. However, there is very little information about the effects of phloretin on the performance and changes in antioxidants and immunity in broiler chickens. Therefore, the present study was designed to evaluate phloretin on growth performance, antioxidant and immune status, and some biochemical parameters of broiler chickens.

Methods: A total of 300 one-day-old male broiler chicks (44 ± 1.2 g) of the commercial Ross strain (308) were distributed in four experimental treatments (five replicates and 15 chicks per experimental unit). The experimental treatments included 1- control group (fed with basal diet and drinking water without any additives), 2- F-100 group (fed with a basal diet + 100 mg of phloretin per liter of drinking water), 3- F-200 group (fed with the basal diet + 200 mg phloretin per liter of drinking water), and 4- F-300 group (fed with the basal diet + 300 mg phloretin per liter of drinking water). The phloretin used in this experiment was a product of China (Shaanxi Undersun Biomedtech Co., Ltd) in the form of a white powder with a purity of 99% and soluble in water. The light, temperature, ventilation, humidity, and hygiene programs were set for all experimental treatments in the same way and according to the recommendations of the Ross 308 strain for different time periods. The amount of consumed feed and the body weight of the birds in each experimental unit were measured at the age of 42 days, and the performance indices (feed intake, weight gain, and feed conversion ratio) were calculated for the ages of 1 to 42 days. At the age of 42 days, two broiler chickens were selected from each replicate, with a weight close to the average of that replicate, and the wing vein was used with special blood sampling syringes. A 2-ml sample was used to prepare serum for measuring blood biochemical indices. To determine the bacterial population of the ileum, the selected birds were slaughtered after blood sampling, and about 2 g of the ileum contents was emptied into sterile microtubes and stored at -20 °C until the time of microbial cultivation for the study of *Escherichia coli* and *Lactobacillus* populations. Serum antioxidant parameters, including glutathione peroxidase and superoxide dismutase enzymes, were measured using Nonand Salamat brand kits. To determine the serum malondialdehyde concentration, light absorption in the samples was determined by the colorimetric method using a device. Serum enzymes, including aspartate aminotransferase

Copyright ©2025. Fathi et al. 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.

and alanine aminotransferase, were measured using Padco brand kits. Serum immunoglobulins G and M levels were measured using commercial kits (DIASORIN S.P.A. Italia). Serum lipid parameters, triglyceride and cholesterol, were measured using a quantitative detection kit (Pars Azmoun Company). Collected data were statistically analyzed using the GLM procedure of SAS software version 1.9 (SAS, 2003) in a completely randomized design. Data on losses were transformed using the $\sqrt{(X+1)}$ square root transformation before analysis. Duncan's multiple range test was used to compare means at a significance level of 5%. Orthogonal independent comparisons were used to determine linear and quadratic effects of different levels of phloretin.
Results: Phloretin inclusion significantly increased weight gain and significantly decreased feed conversion ratio ($P < 0.05$), but it did not significantly affect feed intake and mortality in the entire period ($P > 0.05$). The best performance belonged to the 200 mg/kg phloretin treatment compared to the other treatments. In addition, phloretin supplementation significantly increased antioxidant capacity (increased activity of glutathione peroxidase and superoxide dismutase enzymes and decreased malondialdehyde concentration), increased triglycerides, and decreased serum levels of aspartate aminotransferase and alanine aminotransferase enzymes ($P < 0.05$). Phloretin administration significantly increased serum levels of immunoglobulins G and M ($P < 0.05$). A significant increase in the bacterial population of *Lactobacillus* and a significant decrease in the bacterial population of *E. coli* were also observed due to the use of phloretin ($P < 0.05$).
Conclusion: In general, the results of this study show that the use of phloretin at a level of 300 mg/kg in the diet of broiler chickens is likely to improve growth performance, increase antioxidant capacity, increase immunity, and improve the intestinal bacterial population in broiler chickens.

Keywords: Antioxidant, Broilers, Phloretin, Immunity, Intestinal microflora, Performance

How to Cite This Article: Fathi, M., Saeedian, S., Ivar, O., & Seydi, F. (2025). The Effect of Phloretin on Antioxidant Status, Immunity, and Growth Performance of Broiler Chickens. *Res Anim Prod,* 16(4), 54-63. DOI: 10.61882/rap.2025.1536

مقاله پژوهشی

تاثیر فلوریتین بر وضعیت آنتی‌اکسیدانی، ایمنی و عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی

مختار فتحی[1]، شهریار سعیدیان[2]، امید ایوار[3] و فرشته سیدی[3]

۱- دانشیار، گروه علوم دامی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران، (نویسنده مسوول: Mokhtarfathi@pnu.ac.ir)
۲- دانشیار، گروه بیوشیمی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه بیوشیمی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۲۹ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۳/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۰۶
صفحه ۵۴ تا ۶۳

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: در شرایط امروزه پرورش صنعتی طیور و به‌ویژه جوجه‌های گوشتی، انواع مختلف تنش وجود دارند که بر سلامت و عملکرد طیور تأثیر می‌گذارند و ضررهای اقتصادی قابل‌توجهی را به‌همراه دارند. عوامل تنش‌زا می‌توانند اغلب منجربه تنش اکسیداتیو شوند و در نهایت کاهش عملکرد و افزایش تلفات در جوجه‌های گوشتی را به‌دنبال دارند. علاوه‌بر این، آنها می‌توانند سیستم ایمنی و تعادل جمعیت باکتریایی روده را مختل کنند و از این طریق سبب افزایش تلفات و کاهش عملکرد تولید در جوجه‌های گوشتی شوند. بنا بر این، پیشنهاد نموده‌اند که احتمالاً استفاده از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در کاهش مشکلات ناشی از عوامل تنش‌زا در جهت حفظ سلامت و عملکرد تولید گله در مزارع مرغ گوشتی موثر است. از مهم‌ترین ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مهم در تغذیه، ترکیبات پلی‌فنلی هستند که در مواد مشتق‌شده از گیاه یافت می‌شوند. ترکیبات پلی‌فنولی به‌دلیل فعالیت آنتی‌اکسیدانی که دارند، ترکیبات شناخته‌شده‌ای هستند که به‌طور قابل‌قبولی توانسته‌اند با بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدانی بدن، سبب تغییرات مثبتی بر سلامتی و عمکلرد حیوانات شوند. فلوریتین نوعی فلاونوئید فعال زیستی است که دارای فعالیت‌های بیولوژیکی بسیاری از جمله آنتی‌اکسیدانی، کاهش قند خون، و محافظت‌کننده است. در صنایع تولید مواد غذایی، دارویی و بهداشتی، فلوریتین به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان جدید، طبیعی و با کارایی بالا به اثبات رسیده‌است. با این‌حال، اطلاعات بسیار کمی در مورد تاثیر فلوریتین بر عملکرد و تغییرات آنتی‌اکسیدانی و ایمنی در جوجه‌های گوشتی وجود دارد. بنا بر این، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی فلوریتین بر عملکرد رشد، وضعیت آنتی‌اکسیدانی و ایمنی و برخی پارامترهای بیوشیمیایی جوجه‌های گوشتی طراحی شد.

مواد و روش‌ها: تعداد ۳۰۰ قطعه جوجه گوشتی یک‌روزه جنس نر (۱/۲± ۴۴ گرم) از سویه تجاری راس (۳۰۸) در چهار تیمار آزمایشی (پنج تکرار و ۱۵ جوجه در هر واحد آزمایشی) توزیع گردید. تیمارهای آزمایشی شامل ۱- گروه شاهد (تغذیه‌شده با جیره پایه و آب آشامیدنی بدون هر افزودنی)، ۲- گروه F-100 (تغذیه‌شده با جیره پایه + ۱۰۰ میلی‌گرم فلوریتین در لیتر آب آشامیدنی)، ۳- گروه F-200 (تغذیه‌شده با جیره پایه + ۲۰۰ میلی‌گرم فلوریتین در لیتر آب آشامیدنی)، و ۴- گروه F-300 (تغذیه‌شده با جیره پایه + ۳۰۰ میلی‌گرم فلوریتین در لیتر آب آشامیدنی) بودند. فلوریتین مورد استفاده در این آزمایش محصول کشور چین به‌شکل پودر سفیدرنگ با خلوص ۹۹ درصد و محلول در آب بود. در روزگی، دو قطعه جوجه گوشتی از هر تکرار با وزنی نزدیک به میانگین آن تکرار، انتخاب و از سیاهرگ بال توسط سرنگ‌های مخصوص خون‌گیری و یک نمونه ۲ میلی‌لیتر برای تهیه سرم جهت اندازه‌گیری شاخص‌های بیوشیمیایی خون استفاده شد. جهت تعیین جمعیت باکتریایی ایلئوم، پرندگان انتخابی بعد از خون‌گیری، ذبح شدند و حدود دو گرم از محتویات ایلئوم به داخل میکروتیوب‌های استریل تخلیه و برای بررسی جمعیت اشریشیاکلی و لاکتوباسیلوس در دمای ۲۰ -درجه سانتی‌گراد تا زمان کشت میکروبی ذخیره 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. 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. میزان سرمی پارامترهای لیپیدی تری‌گلیسیرید و کلسترول با استفاده از کیت تشخیص کمی شرکت پارس آزمون برآورد گردید. 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. همچنین، از روش مقایسات مستقل (Orthogonal) برای تعیین اثرات خطی و درجه دوم اثرات سطوح مختلف فلوریتین استفاده شد.

یافته‌ها: تجویز فلوریتین سبب افزایش معنی‌دار افزایش وزن و کاهش معنی‌دار ضریب‌تبدیل خوراک شد ($P < ۰/۰۵$) اما تاثیر معنی‌داری بر خوراک مصرفی و تلفات در کل دوره نداشت ($P > ۰/۰۵$). در مقایسه با سایر تیمارها، بهترین عملکرد مربوط به تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم فلوریتین بود. علاوه‌بر این، مکمل‌سازی فلوریتین به‌طور معنی‌داری سبب افزایش توان آنتی‌اکسیدانی (افزایش فعالیت آنزیم‌های گلوتاتیون پراکسیداز و سوپراکسیددیسموتاز و کاهش غلظت مالون دی‌آلدئید)، افزایش تری‌گلیسیرید و کاهش سطوح آنزیم‌های آسپارتات آمینوترانسفراز و آلانین آمینوترانسفراز سرم شد ($P < ۰/۰۵$). همچنین، تجویز فلوریتین به‌طور معنی‌داری سبب افزایش سطوح سرمی ایمونوگلوبولین‌های G و M شد ($P < ۰/۰۵$). افزایش معنی‌دار جمعیت باکتریایی لاکتوباسیلوس و کاهش معنی‌دار جمعیت باکتریایی اشریشیاکلی بر اثر استفاده از فلوریتین مشاهده شد ($P < ۰/۰۵$).

نتیجه‌گیری کلی: به‌طور کلی، نتایج حاصل از این تحقیق نشان دادند که استفاده از فلوریتین در سطح ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در جیره‌سبب بهبود عملکرد رشد، افزایش توان آنتی‌اکسیدانی، افزایش سطح ایمنی و بهبود جمعیت باکتریایی روده در جوجه‌های گوشتی شد.

واژه‌های کلیدی: ایمنی، آنتی‌اکسیدان، فلوریتین، عملکرد، جوجه‌های گوشتی، میکروفلور روده

مقدمه

اگرچه انتخاب ژنتیکی برای به حداکثر رساندن سرعت رشد در جوجه‌های گوشتی امروزی سبب افزایش سرعت رشد و متعاقباً افزایش تولید گوشت سفید شده است، اما همزمان منجر به بروز مشکلات قابل توجهی در این صنعت شده است به‌طوری‌که جوجه‌های گوشتی امروزی را در برابر انواع مختلف تنش حساس کرده‌است (Lee *et al.*, 2019; Fathi *et al.*, 2023 a, b).

جوجه‌های گوشتی با طیف وسیعی از تنش‌ها مواجه هستند که می‌توانند بر تولید، عملکرد تولید تأثیر منفی بگذارند. تنش یک پاسخ بیولوژیکی به محرک‌های بیرونی یا درونی است که تعادل فیزیولوژیکی طبیعی یک موجود زنده را مختل می‌کند (Elitok, 2018). این تنش‌ها شامل عوامل

محیطی، تغذیه‌ای و فیزیولوژیکی هستند (Surai & Fisinin, 2016). طیور در معرض انواع مختلف عوامل تنش‌زای محیطی مانند نوسانات دمایی، محدودیت خوراک، تراکم، آلاینده ها و غیره هستند (Tsiouris *et al*., 2018; Zhang *et al*., 2018).

مدیریت تغذیه‌ای با استفاده از انواع مکمل‌های خوراکی در طول تنش می‌تواند به‌طور به‌سزایی سبب کاهش مشکلات ناشی از تنش شود و سبب بهبود عملکرد تولید در مزارع مرغ گوشتی شده است. استفاده از انواع مکمل خوراکی 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 مزارع پرورش جوجه‌های گوشتی بسیار رایج است (Fathi *et al*., 2023 a,b). علاوه بر 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 از جمله دستگاه گوارش (Fathi *et al*., 2019, 2022)، می‌تواند سبب افزایش ایمنی و بهبود عملکرد تولید در این پرندگان شود.

فلوریتین یک ترکیب استخراج شده از میوه‌ها (از جمله سیب، گلابی و هلو)، برگ‌ها، درختان و سبزیجات مختلف و نوعی فلاونوئید زیست‌فعال است که فعالیت های بیولوژیکی بسیاری از جمله آنتی‌اکسیدانی، کاهش قند خون، و محافظت‌کننده دارد. اثرات آنتی‌اکسیدانی، بهبود ایمنی و عملکردهای ضد سرطانی فلوریتین در تحقیقات انسانی گزارش شده‌اند. در صنایع تولید مواد غذایی، دارویی و بهداشتی، فلوریتین به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان جدید، طبیعی و با کارایی بالا به اثبات رسیده است (Hu *et al*., 2021).

فرم گلوکزیدی فلوریتین، فلوریدزین است که می‌تواند توسط لاکتاز-فلوریدزین هیدرولاز در روده کوچک به فلوریتین هیدرولیز شود. علاوه بر این، چندین مطالعه نشان داده‌اند که فلوریتین و فلوریدزین هر دو با مهار روده اثرات ضد دیابتی دارند (Mendes *et al*., 2018).

نشان داده شده است که فلوریتین می‌تواند فعالیت آنتی‌اکسیدانی بدن را با تنظیم سلول‌ها در مسیرهای مختلف افزایش دهد (Behzad *et al*., 2017). فلوریتین به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان جدید، طبیعی و با کارایی بالا برای استفاده در چندین زمینه مانند پزشکی، آرایشی و بهداشتی و فرآوری مواد غذایی تایید شده است (Wang *et al*., 2020). با این‌حال، تنها مطالعات کمی در مورد استفاده از منابع طبیعی فلوریتین به‌عنوان یک نوع جدید از افزودنی خوراک آنتی‌اکسیدان طبیعی در تولید جوجه‌های گوشتی بحث کرده‌اند. بر این اساس، اطلاعات بسیار کمی در مورد تاثیر فلوریتین بر عملکرد و تغییرات آنتی‌اکسیدانی و ایمنی در جوجه‌های گوشتی وجود دارد. بنا بر این، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی فلوریتین بر عملکرد رشد، وضعیت آنتی‌اکسیدانی و ایمنی و برخی پارامترهای بیوشیمیایی جوجه‌های گوشتی طراحی شد.

مواد و روش‌ها

مرحله مزرعه‌ای این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی وابسته به گروه زنجیره‌ای بهشاد آفرین در شهر گرگان با موقعیت جغرافیایی در طول جغرافیایی ۲۶/۵۴ و عرض جغرافیایی ۳۶/۵۰ و ارتفاع شهر از سطح دریا ۱۶۰ متر در فاصله ماه‌های فروردین و اردیبهشت ماه ۱۴۰۱ انجام شد. تعداد ۳۰۰ قطعه جوجه گوشتی یک‌روزه جنس نر (۱/۳± ۴۴ گرم) از سویه تجاری راس (۳۰۸) در چهار تیمار آزمایشی (پنج تکرار و ۱۵ جوجه در هر واحد آزمایشی) توزیع گردید. 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، ۲۵-۴۲ روزگی) بر اساس 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 و آب آشامیدنی بدون هر افزودنی)، ۲-گروه F-100 (تغذیه‌شده با جیره پایه + ۱۰۰ میلی‌گرم فلوریتین در لیتر آب آشامیدنی)، ۳- گروه F-200 (تغذیه‌شده با جیره پایه + ۲۰۰ میلی‌گرم فلوریتین در لیتر آب آشامیدنی)، و ۴- گروه F-300 (تغذیه‌شده با جیره پایه + ۳۰۰ میلی‌گرم فلوریتین در لیتر آب آشامیدنی) بودند (Hu *et al*., 2021). فلوریتین مورد استفاده در این آزمایش محصول کشور چین (Shaanxi Undersun Biomedtech Co., Ltd) به شکل پودر سفیدرنگ با خلوص ۹۹ درصد و محلول در آب بود. 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 راس۳۰۸ برای دوره‌های زمانی مختلف تنظیم گردید. برنامه واکسیناسیون بیماری نیوکاسل در روزهای ۷، ۱۷ و ۲۸ روزگی و واکسیناسیون بیماری گامبورو در۱۴ روزگی در آب آشامیدنی انجام شدند. مقدار خوراک مصرفی و وزن بدن پرندگان هر واحد آزمایشی در سن۴۲ روزگی اندازه‌گیری و شاخص‌های عملکرد (خوراک مصرفی، افزایش وزن و ضریب‌تبدیل) برای سن یک تا ۴۲ روزگی محاسبه گردیدند. در ۴۲ روزگی، دو قطعه جوجه گوشتی از هر تکرار با وزنی نزدیک به میانگین آن تکرار انتخاب شدند و از سیاهرگ بال توسط سرنگ‌های مخصوص خون‌گیری شد. یک نمونه ۲ میلی‌لیتری 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 سانتریفیوژ (HERMLE-Z323K، آلمان) و سرم جدا گردید. نمونه‌های سرم بلافاصله بعد از جداسازی و انتقال در میکروتیوب در فریزر تحت دمای درجه ۲۰- سانتی‌گراد تا زمان اندازه‌گیری پارامترهای مربوطه نگهداری شدند.

جهت تعیین جمعیت میکروبی ایلئوم، جوجه‌های انتخاب‌شده بعد از خون‌گیری ذبح شدند و حدود دو گرم از محتویات ایلئوم به داخل میکروتیوب‌های استریل تخلیه و برای بررسی جمعیت اشریشیاکولی و لاکتوباسیلوس در دمای ۲۰ –درجه سانتی‌گراد تا زمان کشت میکروبی ذخیره شدند. نمونه‌ها پس از خارج شدن از فریزر به‌مدت ۳۰ دقیقه در محیط آزمایشگاه یخ‌گشایی شدند و یک گرم نمونه از ایلئوم هر پرنده در لوله آزمایش حاوی ۹ میلی‌لیتر بافر نمکی فسفات ریخته شد و به‌مدت ۳ دقیقه ورتکس شد، سپس رقیق‌سازی تا 10^{-4} تکرار شد. جهت کشت نمونه‌ها، ۲۰۰ میکرولیتر از هریک از سری‌های رقت 10^{-4}، 10^{-3} و 10^{-2} برداشته، روی پلیت‌های حاوی محیط کشت ریخته، و با آنس کاملاً در سطح محیط کشت پخش شد. نمونه‌های مربوط به باکتری اشریشیا کولی به‌مدت ۴۸ ساعت ۳۷ درجه سانتی‌گراد انکوباسیون شدند و نمونه‌های مربوط به باکتری لاکتوباسیلوس به‌مدت ۷۲ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد و شرایط بی‌هوازی در انکوباتور قرارگرفتند. پس از انکوباسیون، تعداد کلنی‌ها مورد شمارش قرارگرفت و سپس کلنی‌های مربوط به هر پلیت در فاکتور رقت (معکوس ضریب رقت) ضرب شدند و به‌عنوان شمار CFU در یک گرم نمونه منظور شد. در نهایت، داده‌های CFU به شکل Log_{10} گزارش شدند (Mersadi-Sabet *et al*., 2020).

میزان سرمی پارامترهای لیپیدی تری‌گلیسیرید و کلسترول با استفاده از کیت تشخیص کمی شرکت پارس‌آزمون و به روش فتومتریک سنجش گردید. آنزیم‌های سرم شامل آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) و آلانین آمینوترانسفراز (ALT) با استفاده از کیت‌های برند Padco و دستگاه اسپکتروفتومتر i3 UV-VIS Spectrophotometer-(Hanon) اندازه‌گیری شدند (Fathi *et al*., 2023a). سطوح سرمی ایمونوگلوبولین‌های G (IgG) وM (IgM) با استفاده از کیت‌های خاص طبق پروتکل سازنده (DIASORIN S.P.A. Italia) مورد سنجش قرارگرفتند (Fathi *et al*., 2023b). فراسنجه‌های آنتی‌اکسیدانی سرم، شامل آنزیم‌های گلوتاتیون پراکسیداز (GSH-Px) و سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، 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) 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 گردید (Fathi *et al*., 2023b). برای اندزه‌گیری مالون‌دی‌آلدئید، ابتدا پروتئین‌های نمونه با استفاده از محلول تری کلرواستیک اسید رسوب داده شدند و با عمل سانتریفوژ جدا گردید. محلول صاف‌شده رویی با اسید تیوباربیتوریک در حرارت ۹۵ درجه سانتی‌گراد و به‌مدت ۵۰ دقیقه واکنش داده شد. برای تعیین مالون‌دی‌آلدئید به روش تیوباربیتوریک اسید, مجموعه رنگی حاصل در طول موج ۵۳۲ نانومتر سنجش شد (Fathi *et al*., 2022).

جدول ۱- اجزا و ترکیبات شیمیایی جیره های آزمایشی

Table 1. Ingredients and chemical compositions of experimental diets

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

غلظت ویتامین در هر کیلوگرم جیره: رتینول، ۱۳.۵۰ میلی‌گرم. کوله کلسیفرول، ۴.۱۵ میلی‌گرم؛ توکوفرول استات، ۳۲.۰۰ میلی‌گرم؛ ویتامینK3 ، ۲ میلی‌گرم؛ تیامین، ۲ میلی‌گرم؛ ریبوفلاوین، ۶.۰۰ میلی گرم؛ بیوتین، ۰.۱ میلی‌گرم؛ کوبالامین، ۰.۰۱۵ میلی‌گرم؛ پیراکسیدین، ۳ میلی‌گرم؛ نیاسین، ۱۱.۰۰ میلی گرم؛ دی پانتوتنیک‌اسید، ۲۵.۰؛ منادیون سدیم بی‌سولفات، ۱.۱۰؛ اسید فولیک، 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 میلی گرم؛ مس (از سولفات مس)، ۳.۵ میلی‌گرم؛ منگنز (از سولفات منگنز)، ۶۰ میلی‌گرم؛ روی (از سولفات روی)، ۳۵ میلی گرم؛) 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.

تجزیه و تحلیل آماری به‌کار گرفته‌شده در این تحقیق به‌صورت طرح کاملاً تصادفی و براساس مدل آماری زیر بود: $Yij= \mu + Ti + eij$ که درآن Yij عبارت از 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 جمع‌آوری‌شده 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 فلوریتین استفاده شد.

نتایج و بحث

تاثیر سطوح مختلف فلوریتین بر عملکرد رشد و تلفات

نتایج تاثیر تیمارهای آزمایشی بر فراسنجه‌های عملکردی و تلفات در جدول ۲ ارائه شده‌اند. نتایج عملکردی نشان دادند که تجویز مکمل فلوریتین در سطوح ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر آب آشامیدنی به‌طور معنی‌داری سبب افزایش خطی وزن زنده و همزمان کاهش خطی ضریب تبدیل خوراک برای کل دوره آزمایشی شد (P < ۰/۰۵). تلفات و خوراک مصرفی به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند (P > ۰/۰۵). همچنین، بین سطوح ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم فلوریتین اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (P > ۰/۰۵).

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

Table 2. Effects of dietary phloretin supplementation on growth performance and mortality of broilers chickens day 42

تیمارها Treatments		وزن بدن (گرم) BWG (g)	خوراک مصرفی (گرم) FI (g)	ضریب تبدیل خوراک FCR	تلفات (٪) Mortality (%)
	Control	2420[b]	4089.6	1.69[a]	3.9
	F-100	2426[b]	4052.0	1.67[a]	4.00
	F-200	2620[a]	3956.2	1.51[b]	3.80
	F-300	2650[a]	3949.5	1.49[b]	3.72
	خطای استاندارد میانگین SEM	82	48	0.01	0.01
خطای احتمال P Value	خطی Linear	0.001	0.450	0.00	0.260
	درجه دوم Quadratic	0. 310	0.421	0.310	0.321

حروف غیر همسان در هرستون نشاندهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد (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, F-100, F-200, and F-300; chicken in these groups fed a basal diet supplemented with 100, 200, and 300 mg/kg phloretin respectively.

تاثیر سطوح مختلف اسید فلوریتین بر وضعیت آنتی‌اکسیدانی سرم

داده‌های موجود در جدول ۳ تاثیر سطوح مختلف فلوریتین بر وضعیت آنتی‌اکسیدانی سرم را نشان می‌دهند. نتایج نشان دادند که مکمل‌سازی سطوح ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم فلوریتین در لیتر آب آشامیدنی به‌طور معنی‌دار و خطی سبب بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدانی سرم (افزایش فعالیت آنزیم‌های گلوتاتیون پراکسیداز و سوپراکسیددیسموتاز و کاهش سطح مالون‌دی‌آلدئید در سرم) شد (P < ۰/۰۵). همچنین، بین سطوح ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم فلوریتین اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (P > ۰/۰۵).

جدول ۳- اثرات مکمل‌سازی فلوریتین بر وضعیت آنتی‌اکسیدانی سرم جوجه‌های گوشتی

Table 3. Effects of dietary phloretin supplementation on serum antioxidant status of broiler chickens

تیمارها Treatments		گلوتاتیون پراکسیداز (واحد در میلی لیتر) GSH-Px (U/mL)	سوپراکسید دیسموتاز (واحد در میلی لیتر) SOD (U/mL)	مالون دی آلدئید (نانومول در میلی لیتر) MDA (nmol/mL)
	Control	128.41 [c]	367.12 [cd]	2.94 [a]
	F-100	138.46 [c]	385.33 [c]	2.55 [ab]
	F-200	174.49 [ab]	456.42 [ab]	2.24 [b]
	F-300	182.10[a]	472.93 [a]	1.72 [c]
	خطای استاندارد میانگین SEM	5.10	6.20	0.04
خطای احتمال P Value	خطی Linear	0.010	0.001	0.001
	درجه دوم Quadratic	0.521	0.410	0.250

حروف غیر همسان در هرستون نشاندهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد (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; F-100, F-200, and F-300; chicken in these groups fed a basal diet supplemented with 100, 200, and 300 mg/kg phloretin respectively.

تاثیر سطوح مختلف فلوریتین بر سطح فراسنجه‌های لیپیدی (تری‌گلیسیرید و کلسترول) و آنزیم‌های ALT و AST سرم

داده‌های موجود در جدول ۴ تاثیر سطوح مختلف فلوریتین بر غلظت‌های سرمی تری‌گلیسیرید، کلسترول و همچنین غلظت‌های آنزیم‌های کبدی (ALT و AST) را نشان می‌دهند. مکمل‌سازی سطوح ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم فلوریتین در لیتر آب آشامیدنی به‌طور معنی‌دار و خطی سبب کاهش سطوح سرمی آنزیم‌های کبدی (ALT و AST) شد ($P < ۰/۰۵$). همچنین، سطح۳۰۰ میلی‌گرم فلوریتین به‌طور معنی‌داری سبب افزایش سطح سرمی تری‌گلیسیرید شد ($P < ۰/۰۵$). غلظت سرمی کلسترول به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. همچنین، بین سطوح ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم فلوریتین اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($P > ۰/۰۵$).

جدول ۴- اثرات مکمل‌سازی فلوریتین بر برخی پارامترهای بیوشیمیایی سرم جوجه‌های گوشتی

Table 4. Effects of dietary phloretin supplementation on serum biochemical parameters of broiler chickens

تیمارها Treatments		آلانین ترانس‌آمیناز (واحد/لیتر) ALT (U/L)	آسپارتات ترانس‌آمیناز (واحد/لیتر) AST (U/L)	کلسترول (میلی‌گرم/دسی‌لیتر) Cholesterol (mg/dl)	تری‌گلیسیرید (میلی‌گرم/دسی‌لیتر) Triglyceride (mg/dl)
Control		20.51^{a}	176.10^{a}	106.08	108.17^{bc}
F-100		17.36^{ab}	153.66^{ab}	117.77	117.50^{b}
F-200		15.21^{b}	131.49^{c}	131.90	122.50^{b}
F-300		10.58^{c}	127.49^{c}	133.76	170.71^{a}
خطای استاندارد میانگین SEM		0.94	3.20	5.01	3.25
خطای احتمال P-Value	خطی Linear	0.010	0.010	0.21	0.010
	درجه دوم Quadratic	0.390	0.410	0.410	0.461

حروف غیر همسان در هرستون اختلافات معنی‌دار را بین میانگین‌ها نشان می‌دهند ($P < ۰/۰۵$).

a-c: Means within each column with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).
ALT: Alanine transaminase; AST: Aspartate transaminase; F-100, F-200, and F-300; chicken in these groups fed a basal diet supplemented with 100, 200, and 300 mg/kg phloretin, respectively.

تاثیر سطوح مختلف فلوریتین بر سطوح سرمی ایمونوگلوبولین‌های سرم جوجه‌های گوشتی

نتایج موجود در جدول ۵ نشان می‌دهند که سطوح سرمی ایمونوگلوبولین‌های G و M به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر مکمل‌سازی سطوح مختلف فلوریتین قرارگرفته‌اند به‌طوری‌که همه سطوح فلوریتین استفاده شده در این تحقیق سبب افزایش خطی معنی‌دار غلظت‌های IgG و IgM سرم در مقایسه با گروه شاهد شدند ($P < ۰/۰۵$).

جدول ۵- اثرات مکمل‌سازی فلوریتین بر سطوح سرمی ایمونوگلوبولین‌های جوجه‌های گوشتی

Table 5. Effects of phloretin supplementation on serum immunoglobulin levels in broiler chickens

تیمارها Treatments		ایمونوگلوبولین G (واحد/میلی‌لیتر) Ig G (U/mL)	ایمونوگلوبولین G (واحد/میلی‌لیتر) Ig M (U/mL)
Control		4.46^{c}	2.43^{c}
F-100		5.47^{ab}	3.27^{b}
F-200		5.67^{ab}	3.47^{b}
F-300		6.13^{a}	4.87^{a}
خطای استاندارد میانگین SEM		0.41	0.38
خطای احتمال P Value	خطی Linear	0.012	0.023
	درجه دوم Quadratic	0.491	0.530

حروف غیر همسان در هرستون اختلافات معنی‌دار را بین میانگین‌ها نشان می‌دهند ($P < ۰/۰۵$).

a-c: Means within each column with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).
; IgG, Immunoglobulin G; IgM, Immunoglobulin M. F-100, F-200, and F-300; chicken in these groups fed a basal diet supplemented with 100, 200, and 300 mg/kg phloretin respectively.

تاثیر سطوح مختلف فلوریتین بر جمعیت میکروبی ایلئوم جوجه های گوشتی

نتایج موجود در جدول ۶ نشان می‌دهند که مکمل‌سازی فلوریتین در هر سه سطح استفاده شده در این تحقیق به‌طور معنی‌دار و خطی سبب کاهش جمعیت باکتری‌های ای‌کولای و افزایش جمعیت باکتری‌های لاکتوباسیلوس شد ($P < ۰/۰۵$).

جدول ۶- اثرات مکمل‌سازی فلوریتین بر جمعیت باکتریایی ایلئوم جوجه‌های گوشتی در روز ۴۲
Table 6. Ileum bacterial populations of broilers affected by the dietary supplementation of phloretin on day 42

شمارش میکروبی (Log 10 cfu/g fresh digesta) Microbiol Count (Log 10 cfu/g fresh digesta)	تیمارها Treatments				خطای استاندارد میانگین SEM	خطای احتمال P-Value	
	Control	F-100	F-200	F-300		خطی Linear	درجه دوم Quadratic
ای‌کولای *E. coli*	5.15[a]	5.09[a]	4.56[b]	4.57[b]	0.027	0.011	0.19
لاکتوباسیلوس Lactic acid bacteria	5.27[c]	6.75[b]	6.86[b]	7.23[a]	0.035	0.001	0.32

حروف غیر همسان در هرستون اختلافات معنی‌دار را بین میانگین‌ها نشان می‌دهند ($P < ۰/۰۵$).
a-c: Means within each column with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).
F-100, F-200, and F-300; chicken in these groups fed a basal diet supplemented with 100, 200, and 300 mg/kg phloretin respectively. CFU, Colony Forming Unit

در پرورش صنعتی ویژه جوجه‌های گوشتی که به شکل متراکم است، تنش یک مشکل عمده و مهم است که بر عملکرد پرنده‌ها را تأثیر می‌گذارد و ضررهای اقتصادی قابل‌توجهی را به‌همراه دارد. عوامل تنش‌زا از انواع محیطی، تغذیه‌ای، و داخلی هستند که می‌توانند مستقیم و غیر مستقیم بر عملکرد تولید جوجه‌های گوشتی تاثیر بگذارند و سبب خسارت اقتصادی زیادی در این صنعت شوند. تنش‌های محیطی و فیزیولوژیکی از طریق تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن و فعال‌سازی مسیرهای التهابی مانند NF-κB، NLRP3 و MAPK به سلول آسیب می‌زنند. لذا، پیشنهاد شده است که استفاده از مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی می‌تواند این مسیرها را تعدیل کند و به‌عنوان ترکیبی مفید در پیشگیری یا درمان بیماری‌های التهابی و اکسیداتیو مطرح شود (Chen *et al*., 2021a). بنا بر این، پیشنهاد شده است که احتمالاً استفاده از مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی در طول تنش در جهت حفظ سلامت و عملکرد تولید گله در مزارع مرغ گوشتی موثر است (Abo Ghanima *et al*., 2020; Fathi *et al*., 2023 a,b). اثرات مفید مکمل‌های گیاهی به‌عنوان منابع طبیعی حاوی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در رژیم غذایی بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی تحت تنش اکسیداتیو قبلاً گزارش شده‌اند (Fathi *et al*., 2023 a,b; Zha *et al*., 2023; Song *et al*., 2024).

قبلاً نشان داده‌اند که ترکیبات فعال موجود در گیاهان دارویی از قبیل آنتول[1]، کارواکرول[2]، تیموکینون[3] و ۴-ترپینول[4] موجود می‌توانند از طریق اعمال اثرات آنتی‌اکسیدانی بالا و با حفاظت پرزهای روده از آسیب‌های اکسیداتیو، باعث بهبود عملکرد هضم و جذب و نهایتاً سبب بهبود رشد در جوجه های گوشتی شوند (Fathi *et al*., 2024b).

علاوه بر این، اثرات آنتی‌اکسیدانی فلوریتین و مشتقات آن (فلوزیدین) گزارش شده‌اند (Chang *et al*., 2012; Barreca *et al*., 2014; Lin *et al*., 2014; Mendes *et al*., 2018; Zuo *et al*., 2011; Hu *et al*., 2021). مطابق با این گزارشات، با توجه به نتایج تأثیر فلوریتین بر توان آنتی‌اکسیدانی در این تحقیق (جدول ۳)، حدس بر این است که فلوریتین از طریق اعمال اثرات آنتی‌اکسیدان سبب حفاظت از پرزهای روده کوچک و نهایتاً سبب بهبود فرآیند هضم و جذب مواد غذایی در روده شده باشد (Zhang *et al*., 2015; Hu *et al*., 2021).

از طرفی، گزارشات زیادی وجود دارند که ترکیبات گیاهی و فیتوژنیک از طریق ایجاد تعادل میکروبی در روده (افزایش جمعیت لاکتوباسیلوس‌ها و کاهش جمعیت باکترهای مضر از قبیل ای‌کولای) کارایی هضم و جذب مواد غذایی را بالا می‌برند (Gilani *et al*., 2004; Boka *et al*., 2014; Fathi *et al*., 2024 a,b). با توجه به تاثیر مثبت فلوریتین بر بهبود جمعیت میکروبی روده در این تحقیق (جدول۶)، به‌نظر می‌رسد که فلوریتین از طریق تعادل جمعیت میکروبی روده توانسته است سبب بهبود هضم و جذب مواد غذایی شود. همچنین، گزارشاتی وجود دارند که استفاده از ترکیبات گیاهی حاوی فلانوئیدها به‌طور مستقیم می‌تواند سبب تحریک سنتز آنزیم‌های گوارشی از پرزهای روده کوچک در جوجه‌های گوشتی شود (Talha *et al*., 2010; Fathi *et al*., 2024b). اگرچه در این تحقیق تغییرات آنزیم‌های گوارشی اندازه‌گیری نشده‌اند، اما این حدس مطرح است که فلوریتین از طریق تحریک ترشح آنزیم‌های گوارشی با منشاء روده‌ای توانسته است باعث افزایش کارآیی استفاده از مواد غذایی شود.

سطوح بالای آنزیم‌های ALT و AST در سرم نشانگر وجود آسیب اکسیداتیو هپاتوسیت‌ها است و همزمان توسط مکمل‌سازی جیره با ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، کاهش یافتند و به سطح قبل از تنش برگشتند (Arab *et al*., 2006; Fathi *et al*., 2016 a,b, 2022). از آنجا که اثرات آنتی‌اکسیدانی فلوریتین قبلاً گزارش شده‌اند (Chang *et al*., 2012; Mendes *et* 2014; Barreca *et al*., 2014; Lin *et al.,* 2018; Zuo *et al*., 2011; Hu *et al*., 2021; *al.*,)، به‌نظر می‌رسد که فلوریتین از طریق اعمال اثرات آنتی‌اکسیدانی و اثرات محافظتی روی هپاتوسیت‌ها، سبب به سطح نرمال برگشتن سطوح سرمی آنزیم‌های مذکور شده است.

موافق با تحقیق حاضر، تجویز فلوریتین در جیره غذایی جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرمایی، به‌طور معنی‌داری سبب کاهش سطح لیپیدهای سرم شد (Hu *et al*., 2021). این محققان پیشنهاد کردند که فلوریتین با افزایش سطح هورمون‌های تیروئیدی سبب افزایش کاتابولیسم ذخایر چربی بافت آدیپوز شد و از این طریق سبب افزایش سطح تری‌گلیسرید سرم گردید.

[1] Anethole
[2] Carvacrol
[3] Thymoquinone
[4] terpineol

علاوه بر این، نقش مثبت ترکیبات آنتی‌اکسیدانی بر سطح ایمونوگلوبولین های سرم قبلاً گزارش شده است (Ghafarifarsani *et al*., 2023). افزایش سطح ایمونوگلوبولین‌های سرم ناشی از مصرف فلوریتین نیز ممکن است به‌دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی باشد. محققان زیادی تایید 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).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این تحقیق نشان دادند که استفاده از مکمل فلوریتین در جوجه‌های گوشتی از طریق اثرات آنتی‌اکسیدانی، تحریک سیستم ایمنی و بهبود جمعیت میکروبی روده سبب بهبود ضریب تبدیل و افزایش وزن شد. براساس نتایج کلی این تحقیق، استفاده از سطح ۳۰۰ میلی‌گرم فلوریتین در لیتر آب آشامیدنی در جیره جوجه‌های گوشتی توصیه می‌شود.

References

Abo Ghanima, M. M., Abd El-Hack, M. E., Othman, S. I., Taha, A. E., Allam, A. A., & Abdel-Moneim, A. E. (2020). Impact of different rearing systems on growth, carcass traits, oxidative stress biomarkers, and humoral immunity of broilers exposed to heat stress. *Poultry Science*, 99(6), 3070–3078. https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.03.01.

Abd El-Hack, M. R., Bothaina, A., Alaidaroos, R. M., Farsi, R. M., Abou-Kassem, D. E., El-Saadony, M. T., Saad, A. M., Shafi, M. E., Albaqami, N. M., Taha, A. E., & 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, 1878.

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. https://doi.org/10.1080/00071660600611102.

Barreca, D., Bellocco, E., Lagana, G., Ginestra, G., & Bisignano, C. (2014). Biochemical and antimicrobial activity of phloretin and its glycosylated derivatives present in apple and kumquat. *Food Chemistry*, 160, 292–297.

Behzad, S., Sureda, A., Barreca, D., Nabavi, S. F., Rastrelli, L., & Nabavi, S. M. (2017). Health effects of phloretin: From chemistry to medicine. *Phytochemistry Reviews*, 16, 527–533.

Boka, J., Mahdavi, A. H., Samie, A. H., & Jahanian, R. (2014). Effect of different levels of black cumin (*Nigella sativa* L.) on performance, intestinal *Escherichia coli* colonization and jejunal morphology in laying hens. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 98(2), 373–383.

Chang, W., Huang, W., & Liou, C. (2012). Evaluation of the anti-inflammatory effects of phloretin and phlorizin in lipopolysaccharide-stimulated mouse macrophages. *Food Chemistry*, 134(2), 972–979.

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

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. https://doi.org/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. https://doi.org/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*, 8(17), 18–25. https://doi.org/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*, 10(25), 8–15. https://doi.org/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 chickens with cold-induced ascites. *Archives of Animal Nutrition*, 76, 1–11. https://doi.org/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 antioxidant and anti-inflammatory effects and improved hematological and biochemical indices, cardiac index, and growth performance. *Livestock Science*, 276, 105338. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2023.105338.

Fathi, M., Saeedyan, S., & Kaoosim, M. (2023b). Effect of melatonin on oxidative stress, inflammatory cytokines, biochemical parameters and growth performance in broiler chickens under induced stress by dexamethasone. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A – Animal Science*. https://doi.org/10.1080/09064702.2023.2222733.

Fathi, M., Mosleh Hoseini, S., Alizadeh, S., Zandi, R., Rahmati, S., Saeidian, S., Shirazi Fard, M., Rezaee, V., Zarrinkavyani, K., & Mardani, P. (2024a). 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. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2024.105442

Fathi, M., Zarrinkavyani, K., Biranvand, Z., & Al Hilali, K. H. (2024b). Effect of black seed (*Nigella sativa*) on antioxidant status, inflammatory response, biochemical indices and growth performance in broilers subjected to heat stress. *Poultry Science Journal*, 12(2), 247–257. https://doi.org/10.22069/PSJ.2024.22259.2051.

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

Hu, H., Bai, X., Xu, K., Zhang, C., & Chen, L. (2021). Effect of phloretin on growth performance, serum biochemical parameters and antioxidant profile in heat-stressed broilers. *Poultry Science*, 100, 101217. https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101217.

Gilani, A. H., Jabeen, Q., Ullah, A., & Khan, M. (2004). A review of medicinal uses and pharmacological activities of *Nigella sativa*. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7, 441–451.

Halliwell, B. (2003). *Free radicals in biology and medicine*. pp. 8–9.

Ghafarifarsani, H., Nedaei, S., 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*, 3679002. https://doi.org/10.1155/2023/3679002.

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

Lin, C., Chu, C., Ng, C., Lin, C., Chen, D., Pan, I., & Huang, K. (2014). Immunomodulation of phloretin by impairing dendritic cell activation and function. *Food & Function*, 5, 997–1006.

Mersadi-Sabet, T., Tordmahale, T., Mohiti-Asli, M., & Darmani-Kuhi, H. (2020). Effects of microencapsulated ajowan essential oil on growth performance and intestinal microflora of broilers. *Journal of Animal Production*, 21(4), 521–531. https://doi.org/10.22059/jap.2019.278431.623387.

Mendes, R. A., Silva, B. L., Takeara, R., Freitas, R. G., Brown, A., & De Souza, G. L. (2018). Probing the antioxidant potential of phloretin and phlorizin through a computational investigation. *Journal of Molecular Modeling*, 24, 101.

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

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

Talha, E., Abbas, E., & Mohamed, E. (2010). Effect of supplementation of *Nigella sativa* seeds to the broiler chicks' diet on performance and carcass quality. *International Journal of Agricultural Sciences*, 2, 0975–3710.

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, 245–274. https://doi.org/10.1080/03079457.2018.1524574.

Wang, F., Xiao, X., Yuan, Y., Liu, J., Liu, Y., & Yi, X. (2020). Solubilization of phloretin via steviol glycoside-based solid dispersion and micelles. *Food Chemistry*, 308, 125569.

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. https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102479.

Zuo, A., Yanying, Y., Li, J., Binbin, X., Xiongying, Y., Yan, Q., & Shuwen, C. (2011). Study on the relation of structure and antioxidant activity of isorhamnetin, quercetin, phloretin, silybin and phloretin isonicotinyl hydrazone. *Free Radicals and Antioxidants*, 1, 39–47.

Zhang, J., Hu, Z., Lu, C., Yang, K. M., Zhang, L., & Wang, T. (2015). Dietary curcumin supplementation protects against heat stress–impaired growth performance of broilers possibly through a mitochondrial pathway. *Journal of Animal Science*, 93, 1656–1665.