



Evaluation of the effects of encapsulated acidifier and herbal extracts on growth performance and immune response of broiler chickens at different stock densities

Yaser Keyhani¹ | Mohammad Hossein Palizdar^{2✉} | Mahmoud Karami³

1. Department of Animal Sciences, Cha.C., Islamic Azad University, Chalus, Iran. E-mail: yaser.keyhani@iau.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Animal Sciences, Cha.C., Islamic Azad University, Chalus, Iran .E-mail: palizdar@iau.ac.ir
3. Department of Animal Sciences, Cha.C., Islamic Azad University, Chalus, Iran .E-mail: karami.mahmoud@iau.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 3 December 2026
Received in revised form
16 July 2026
Accepted 22 July 2026
Published online 22 September 2026

Keywords:
Acidifier
Breeding Density
Immune System
Plant Extract
Newcastle

ABSTRACT

Objective: Stocking density is an important management factor that has a significant impact the health, performance, and welfare of broiler chickens, but, high stocking density been reported to cause a number of deleterious effects on the physiological status and performance of birds, particularly in the later growth phases. The objective of the current study was to determine the effect of dietary encapsulated acidifier and herbal extracts supplied via drinking water on growth performance, carcass characteristics, jejunal morphology, ileal microbial population, and immune response of broiler chickens under different stocking densities.

Method: A total of 630 one-day-old male and female Ross 308 broiler chicks (42.61 ± 0.58 g), were used in the experiment, which was arranged in a completely randomized design with a 3×3 factorial arrangement with nine treatments (three stocking densities [12, 14, and 16 birds per square meter] and three additive types [control, encapsulated acidifier, and herbal extracts]) and five replicates per treatment. Growth performance parameters (feed intake, body weight gain, and feed conversion ratio) were measured during the starter (1–10 d), grower (11–24 d), and finisher (25–42 d) periods, whereas carcass characteristics, jejunal morphology, ileal microbial population and relative antibody titers against infectious bronchitis (IB), infectious bursal disease (IBD), and Newcastle disease virus (NDV) were measured at 42 days of age.

Results: The results indicated that the acidifier and herbal extracts reduced the negative effects of the greatest stocking density (16 birds/m²) on body weight and weight gain. The relative breast weight of birds reared at 12 birds/m² was higher ($P < 0.05$) than that of birds reared at 16 birds/m², whereas increasing stocking density from 12 to 16 birds/m² decreased relative spleen weight ($P < 0.05$). The addition of acidifier and plant extract supplements to the diet of broiler chickens increased the villus height compared to diets without additives ($P < 0.05$). The interaction effects of additive type and density level showed that the use of acidifier and plant extract supplements in the diet of broiler chickens raised at a density of 16 compared to a density of 16 without additives significantly increased the number of Lactobacillus and significantly decreased the number of Coliforms ($P < 0.05$). Supplementation with herbal extracts at both 12 and 16 birds/m² significantly increased the antibody titer against IBD compared with un-supplemented groups at the same densities ($P < 0.05$). Broilers fed diets supplemented with herbal extracts had higher antibody titers against NDV than broilers fed diets supplemented with acidifier or without additives ($P < 0.05$). Increasing stocking density from 12 or 14 to 16 birds/m² significantly decreased the antibody titers against IB ($P < 0.05$).

Conclusion: In conclusion, it is suggested that supplementation with encapsulated acidifier and herbal extracts improved growth performance, villus height, ileal microbial population, spleen weight, and antibody titers against NDV and IBD, which can mitigate the adverse effects of high stocking density stress in broiler chickens.

Cite this article: Keyhani, Y., Palizdar, M. H., & Karami, M. (2026). Evaluation of the effects of encapsulated acidifier and herbal extracts on growth performance and immune response of broiler chickens at different stock densities. *Journal of Animal Production*, 28 (3), 407-424. DOI: <https://doi.org/10.22059/jap.2026.407492.623886>



© The Author(s).

DOI: <https://doi.org/10.22059/jap.2026.407492.623886>

Publisher: University of Tehran Press.



بررسی اثرات اسیدی فایر کپسوله شده و عصاره های گیاهی بر عملکرد رشد و پاسخ ایمنی جوجه های گوشتی در تراکم های مختلف پرورش

یاسر کیهانی^۱ | محمدحسین پالیزدار^۲ | محمود کرمی^۳

۱. گروه علوم دامی، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران. رایانامه: yaser.keyhani@iau.ac.ir
 ۲. نویسنده مسئول، گروه علوم دامی، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران. رایانامه: palizdar@iau.ac.ir
 ۳. گروه علوم دامی، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران. رایانامه: karami.mahmoud@iau.ac.ir

چکیده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۱۲

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۴/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۴/۳۱

تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۶/۳۱

هدف: تراکم پرورش یکی از عوامل مهم مدیریتی در صنعت پرورش طیور است که تأثیر مستقیمی بر سلامت، عملکرد و رفاه جوجه های گوشتی دارد. با این حال، تراکم زیاد می تواند اثرات منفی متعددی بر وضعیت فیزیولوژیکی و عملکرد پرند ها به ویژه در دوره های انتهایی رشد داشته باشد. در راستای کاهش اثرات منفی تراکم زیاد، استفاده از افزودنی های طبیعی و ایمن مانند گیاهان دارویی و اسید های آلی به عنوان جایگزین آنتی بیوتیک های محرک رشد در تغذیه طیور پیشنهاد شده است. مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر افزودنی اسیدی فایر میکروکپسوله شده در جیره و عصاره های گیاهی در آب جوجه های گوشتی تحت تراکم های مختلف بر عملکرد رشد، خصوصیات لاشه، ریخت شناسی ژرژنوم، جمعیت میکروبی ایلئوم و پاسخ ایمنی انجام شد.

روش پژوهش: در مجموع از تعداد ۶۳۰ قطعه جوجه نر و ماده یک روزه گوشتی سویه راس ۳۰۸ با میانگین وزن یک روزگی $42/61 \pm 0/58$ گرم استفاده شد. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل 3×3 ، با نه تیمار آزمایشی و پنج تکرار انجام شد که در هر تکرار ۱۲، ۱۴ و ۱۶ جوجه در هر مترمربع قرار داده شد. تیمار های آزمایشی شامل سه سطح تراکم پرورش (۱۲، ۱۴ و ۱۶ قطعه جوجه در هر مترمربع) و سه نوع افزودنی (شاهد، اسیدی فایر میکروکپسوله شده و عصاره های گیاهی) بودند. فراسنجه های عملکردی از جمله مصرف خوراک، افزایش وزن بدن و ضریب تبدیل خوراک در دوره های آغازین (یک تا ۱۰ روزگی)، رشد (۱۱ تا ۲۴ روزگی) و پایانی (۲۵ تا ۴۲ روزگی) اندازه گیری شدند. خصوصیات لاشه، ریخت شناسی ژرژنوم، جمعیت میکروبی ایلئوم و سطح نسبی آنتی بادی برونشیت عفونی، گامبورو و نیوکاسل جوجه ها در سن ۴۲ روزگی مورد ارزیابی قرار گرفتند.

یافته ها: اسیدی فایر و عصاره گیاهی اثرات منفی ۱۶ پرند در هر مترمربع بر وزن بدن و افزایش وزن بدن را به طور معنی داری کاهش داد. جوجه های پرورش یافته در تراکم ۱۲ نسبت به تراکم ۱۶ وزن نسبی سینه بیش تری داشتند ($P < 0/05$). افزایش تراکم پرورش از ۱۲ به ۱۶ قطعه در هر مترمربع، وزن نسبی طحال را کاهش داد ($P < 0/05$). استفاده از مکمل اسیدی فایر و عصاره گیاهی در جیره جوجه های گوشتی باعث افزایش ارتفاع پرز نسبت به جیره های بدون افزودنی شد ($P < 0/05$). برهم کنش نوع افزودنی و سطح تراکم نشان داد که استفاده از مکمل اسیدی فایر و عصاره گیاهی در جیره جوجه های گوشتی پرورش یافته در تراکم ۱۶ در مقایسه با تراکم ۱۶ بدون افزودنی باعث افزایش تعداد لاکتوباسیلوس و کاهش تعداد کلیفرم شد ($P < 0/05$). افزودن عصاره گیاهی به جیره جوجه های گوشتی در تراکم ۱۲ و ۱۶ باعث افزایش تیترا آنتی بادی گامبورو نسبت به تیمار های تراکم ۱۲ و ۱۶ بدون افزودنی شد ($P < 0/05$). جوجه های تغذیه شده با جیره حاوی عصاره گیاهی تیترا آنتی بادی علیه ویروس نیوکاسل بیش تری نسبت به تیمار بدون افزودنی یا اسیدی فایر داشتند ($P < 0/05$). همچنین افزایش تراکم پرورشی از ۱۲ و ۱۴ به ۱۶ قطعه در مترمربع، باعث کاهش تیترا آنتی بادی علیه ویروس برونشیت شد ($P < 0/05$).

نتیجه گیری: براساس نتایج حاصل، استفاده از اسیدی فایر و عصاره های گیاهی، با بهبود عملکرد رشد، ارتفاع پرز، جمعیت میکروبی ایلئوم، وزن طحال و تیترا آنتی بادی علیه ویروس نیوکاسل و گامبورو، می تواند اثرات منفی تنش تراکم زیاد پرورش را کاهش دهند.

کلیدواژه ها:

اسیدی فایر
تراکم پرورش
سیستم ایمنی
عصاره گیاهی
نیوکاسل

استناد: کیهانی، یاسر؛ پالیزدار، محمدحسین و کرمی، محمود (۱۴۰۵). بررسی اثرات اسیدی فایر کپسوله شده و عصاره های گیاهی بر عملکرد رشد و پاسخ ایمنی جوجه های گوشتی در تراکم های مختلف پرورش. *نشریه تولیدات دامی*، ۲۸ (۳)، ۴۰۷-۴۲۴.

DOI: <https://doi.org/10.22059/jap.2026.407492.623886>



۱. مقدمه

تراکم پرورش یکی از عوامل مهم مدیریتی در صنعت پرورش طیور است که تأثیر مستقیمی بر سلامت، عملکرد و رفاه جوجه‌های گوشتی دارد (Shynkaruk et al., 2023). در سال‌های اخیر، به‌منظور افزایش بهره‌وری اقتصادی، روند پرورش طیور به سمت پرورش با تراکم زیاد در سالن‌های پرورشی سوق یافته است. تراکم پرورش براساس تعداد جوجه در هر مترمربع و هم‌چنین وزن پرندگان در هر مترمربع در تولید مرغ تعریف می‌شود. با این‌حال، تراکم زیاد می‌تواند اثرات منفی متعددی بر وضعیت فیزیولوژیکی و عملکرد پرنده‌ها به‌ویژه در دوره‌های انتهایی رشد داشته باشد (Dong et al., 2025). مطالعات مختلف نشان داده‌اند که افزایش تراکم می‌تواند باعث تضعیف پاسخ‌های ایمنی (Kamel et al., 2021) و اختلال در عملکرد (Gholami et al., 2020) جوجه‌های گوشتی شود. در شرایط تراکم زیاد، به‌علت رقابت شدید برای خوراک و آب، افزایش دمای سالن و تجمع آمونیاک، تنش اکسیداتیو و اختلال در عملکرد دستگاه گوارش شدت می‌یابد (Evans et al., 2023). این شرایط می‌تواند موجب بروز التهاب، تنش و کاهش کارایی خوراک شده و در نهایت عملکرد را مختل نماید (Weimer et al., 2020).

در راستای کاهش اثرات منفی تراکم زیاد، استفاده از افزودنی‌های طبیعی و ایمن مانند گیاهان دارویی و اسیدهای آلی به‌عنوان جایگزین آنتی‌بیوتیک‌های محرک رشد در تغذیه طیور پیشنهاد شده است (Palizdar et al., 2016; Liu et al., 2024; Obeidat et al., 2024). گیاهان دارویی به‌واسطه دارا بودن ترکیبات فعالی نظیر فنول‌ها، فلاونوئیدها و آلکالوئیدها می‌توانند از طریق خاصیت آنتی‌اکسیدانی، ضد میکروبی و ضد التهابی در بهبود عملکرد رشد، سلامت روده و افزایش ایمنی جوجه‌های گوشتی مؤثر باشند (Wahed et al., 2024). گزارش شده است که استفاده از گیاهان دارویی می‌تواند تعادل میکروبی روده را بهبود بخشد، مورفولوژی روده را حفظ کند و از بروز آسیب‌های ناشی از تنش‌های محیطی بکاهد (Rafeeq et al., 2023). یکی از راه‌هایی که گیاهان دارویی سلامت و عملکرد جوجه‌های گوشتی را بهبود می‌بخشند، افزایش کلونیزاسیون روده توسط باکتری‌های مفید در تراکم زیاد است (Pan et al., 2025).

به‌نظر می‌رسد خواص ضد باکتریایی محصولات گیاهی (Mustafa and Tayeb, 2022) رشد باکتری‌های مضر را محدود می‌کند، که به نوبه خود بستر و انرژی بیشتری را برای رشد باکتری‌های مفید در روده جوجه‌های گوشتی تحت پرورش در تراکم زیاد، فراهم می‌کند. با توجه به اثرات بهبوددهنده گیاهان دارویی بر میکروفلور و مورفولوژی روده، می‌توان پیشنهاد کرد که محصولات مشتق‌شده از گیاه ممکن است به جوجه‌های گوشتی پرورش‌یافته در شرایط تراکم زیاد پرورش کمک کند تا سیستم ایمنی و در نتیجه عملکرد رشد را بهبود بخشند. ثابت شده است که افزودن محصولات گیاهی به جیره، سطح کورتیکوسترون را در سیستم گردش خون جوجه‌های گوشتی کاهش می‌دهد (Zhang et al., 2025). به همین دلیل، انتظار می‌رود که گیاهان دارویی پاسخ‌های تنش و رفاه جوجه‌های گوشتی تحت تراکم زیاد را بهبود بخشند. با این‌حال، مطالعاتی که اثر بهبوددهنده گیاهان دارویی بر پاسخ‌های تنش و رفاه را روشن می‌کنند، هنوز محدود هستند.

اسیدهای آلی گروهی از ترکیبات کربوکسیلیک آلی با فرمول عمومی R-COOH هستند که به‌دلیل نقش مؤثرشان در ارتقاء رشد و حفظ سلامت دستگاه گوارش، به‌طور گسترده به‌عنوان افزودنی‌های تغذیه‌ای در جیره طیور مورد استفاده قرار می‌گیرند (Kim et al., 2015). مصرف اسیدهای آلی می‌تواند عملکرد رشد، ضریب تبدیل خوراک و پاسخ‌های ایمنی را بهبود بخشد و با حفظ سلامت روده در شرایط تنش‌زا مانند تراکم زیاد، از افت عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی جلوگیری نماید (Sugiharto and Yudiarti, 2022; Palizdar et al., 2016). این ترکیبات بیش‌تر به‌واسطه خاصیت ضد میکروبی خود قادرند از طریق نفوذ به غشای فسفولیپیدی یا پپتیدوگلیکان باکتری‌ها، ترکیب میکروبی روده جوجه‌های گوشتی را تغییر داده و با آزادسازی یون‌های هیدروژن، منجر به کاهش pH محیط و در نهایت نابودی باکتری‌های مضر شوند (Aljumaah et al., 2022). با این وجود، هنوز مشخص نیست که افزودن اسیدهای آلی به جیره، تا چه اندازه می‌تواند در

بهبود اختلالات پاسخ ایمنی و افت عملکرد رشد ناشی از تنش تراکم زیاد مؤثر واقع شود. یافته‌های این پژوهش می‌تواند به درک بهتر پاسخ‌های ایمنی و تعاملات میزبان در مواجهه با تراکم زیاد کمک کرده و در بهینه‌سازی راه‌کارهای تغذیه‌ای به منظور کاهش اثرات منفی تراکم زیاد در پرورش جوجه‌های گوشتی مؤثر واقع شود. بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی اثرات استفاده از عصاره‌های گیاهی و اسیدهای آلی بر عملکرد رشد، خصوصیات لاشه، ریخت‌شناسی ژنوم، جمعیت میکروبی ایلئوم و پاسخ ایمنی جوجه‌های گوشتی پرورش یافته با تراکم‌های مختلف انجام شد.

۲. روش پژوهش

جهت انجام این پژوهش از تعداد ۶۳۰ قطعه جوجه نر و ماده یک روزه گوشتی سویه راس ۳۰۸ با میانگین وزن یک روزگی $42/61 \pm 0/58$ گرم در سال ۱۴۰۳ در یک واحد مرغداری گوشتی واقع در شهرستان قائم‌شهر استفاده شد. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با نه تیمار آزمایشی با آرایش فاکتوریل 3×3 ، که برای هر تیمار آزمایشی پنج تکرار و در هر تکرار (قفس) ۱۲، ۱۴ و ۱۶ پرنده در مترمربع به‌طور تصادفی (۵۰ درصد جنس نر و ۵۰ درصد جنس ماده) قرار داده شد. مساحت هر پن برای این آزمایش بدون احتساب دانخوری و آبخوری $1/00$ مترمربع بود. تیمارهای آزمایشی تا سن ۴۲ روزگی به شرح زیر ارائه شدند: ۱- تراکم ۱۲ قطعه جوجه در هر مترمربع و جیره پایه (بدون افزودنی)؛ ۲- تراکم ۱۲ قطعه جوجه در هر مترمربع و یک میلی‌لیتر در لیتر عصاره گیاهی؛ ۳- تراکم ۱۲ قطعه جوجه در هر مترمربع و یک گرم در کیلوگرم اسیدی‌فایر در خوراک؛ ۴- تراکم ۱۴ قطعه جوجه در هر مترمربع و جیره پایه (بدون افزودنی)؛ ۵- تراکم ۱۴ قطعه جوجه در هر مترمربع و یک میلی‌لیتر در لیتر عصاره گیاهی؛ ۶- تراکم ۱۴ قطعه جوجه در هر مترمربع و یک گرم در کیلوگرم اسیدی‌فایر در خوراک؛ ۷- تراکم ۱۶ قطعه جوجه در هر مترمربع و جیره پایه (بدون افزودنی)؛ ۸- تراکم ۱۶ قطعه جوجه در هر مترمربع و یک میلی‌لیتر در لیتر عصاره گیاهی؛ ۹- تراکم ۱۶ قطعه جوجه در هر مترمربع و یک گرم در کیلوگرم اسیدی‌فایر در خوراک.

جیره‌های پایه براساس راهنمای احتیاجات تغذیه‌ای راس ۳۰۸ در دوره‌های آغازین (یک تا ۱۰ روزگی)، رشد (۱۱ تا ۲۴ روزگی) و پایانی (۲۵ تا ۴۲ روزگی) تنظیم شدند (جدول ۱). مخلوط عصاره گیاهی (عصاره آبی الکلی) از شرکت تحقیق آزمای بنیان دانش تهیه شد که شامل عصاره‌های دارچین، زردچوبه، میخک، پونه، رزماری، اکالیپتوس، نعناع و آویشن بود و مقدار یک میلی‌لیتر در لیتر استفاده شد. افزودنی اسید آلی، اسیدی‌فایر تجاری فیت‌مکس محصول شرکت Phyto Solutions اسپانیا که طبق گزارش شرکت سازنده این محصول حاوی مالیک‌اسید، سیتریک‌اسید و لاکتیک‌اسید به‌همراه عصاره گیاهی پوشش‌دار شده بود. فرم اسیدی‌فایر به‌صورت پودری بود که میزان یک گرم در کیلوگرم به جیره افزوده شد. در کل دوره پرورش خوراک و آب به‌صورت آزاد در اختیار پرندگان قرار گرفت. مدیریت جوجه‌های گوشتی برطبق راهنمای پرورش جوجه‌های گوشتی راس ۳۰۸ دنبال شد.

۲.۱. عملکرد

به‌منظور بررسی صفات عملکردی، خوراک مصرفی به‌صورت روزانه پس از وزن‌شدن در اختیار جوجه‌ها قرار گرفت. برای محاسبه میزان خوراک مصرفی هر تکرار مقدار خوراک باقیمانده در پایان هر مرحله پرورشی از کل خوراک داده شده در طول دوره کسر شد. برای محاسبه افزایش وزن هر تکرار در هر دوره زمانی، اختلاف وزن انتها و ابتدای دوره پرورش تعیین شد. در روزهای یک، ۱۰، ۲۴ و ۴۲ نیز همه جوجه‌های هر واحد آزمایشی به‌صورت جمعی وزن‌کشی شدند. ضریب تبدیل خوراک در دوره‌های زمانی مختلف (آغازین، رشد و پایانی) محاسبه شد. ضریب تبدیل خوراک از تقسیم میانگین خوراک مصرفی بر میانگین افزایش وزن جوجه‌ها برای هر دوره محاسبه شد. در طول آزمایش، روزانه و قبل از تخصیص

خوراک به هر واحد آزمایشی، تعداد تلفات در برگه های هر واحد آزمایشی ثبت و وزن تلفات آن روز یادداشت شد. از میزان تلفات روزانه در تعیین روز مرغ هر واحد آزمایشی استفاده شد (Awad et al., 2008). برای تعیین هزینه خوراک به ازای هر کیلوگرم افزایش وزن بدن از رابطه (۱) استفاده شد.

رابطه ۱)

قیمت هر کیلوگرم خوراک مصرفی $\times$ ضریب تبدیل خوراک = هزینه خوراک به ازای هر کیلوگرم افزایش وزن بدن

جدول ۱. اجزا و ترکیبات شیمیایی جیره ی پایه مورد استفاده در آزمایش در مراحل آغازین، رشد و پایانی

اجزای جیره (درصد)	آغازین (۱ تا ۱۰ روزگی)	رشد (۱۱ تا ۲۴ روزگی)	پایانی (۲۵ تا ۴۲ روزگی)
دانه ذرت	۵۵/۹۷	۵۹/۷۳	۶۶/۳۸
کنجاله دانه سویا	۳۷/۶۱	۳۴/۴۶	۲۸/۴۳
روغن سویا	۱/۶۰	۱/۵۷	۱/۵۳
دی کلسیم فسفات	۲/۴۴	۲/۰۳	۱/۶۲
کربنات کلسیم	۰/۶۸	۰/۵۷	۰/۴۶
آل-لیزین	۰/۳۱	۰/۲۹	۰/۲۷
دی-آل متیونین	۰/۳۵	۰/۳۱	۰/۲۸
آل ترئونین	۰/۱۴	۰/۱۳	۰/۱۱
سدیم بی کربنات	۰/۱۰	۰/۱۲	۰/۱۵
مکمل ویتامینی ^۱	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
مکمل مواد معدنی ^۲	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
کلرید سدیم	۰/۳۰	۰/۲۹	۰/۲۷
ترکیبات شیمیایی (درصد)			
انرژی قابل سوخت و ساز (کیلوکالری بر کیلوگرم)	۲۷۹۶	۲۸۴۳	۲۹۱۴
پروتئین خام	۲۱/۶۲	۲۰/۳۷	۱۸/۳۳
چربی خام	۴/۰۳	۴/۰۸	۴/۱۵
کلسیم	۰/۸۹	۰/۷۷	۰/۶۱
فسفر قابل دسترس	۰/۴۷	۰/۴۰	۰/۳۳
متیونین قابل هضم	۰/۶۳	۰/۵۸	۰/۵۳
متیونین + سیستئین قابل هضم	۰/۹۴	۰/۸۸	۰/۸۰
لیزین قابل هضم	۱/۲۴	۱/۱۴	۱/۰۱
ترئونین قابل هضم	۰/۸۲	۰/۷۵	۰/۶۷
آرژنین قابل هضم	۱/۲۳	۱/۱۵	۱/۰۱
والین قابل هضم	۰/۸۶	۰/۸۰	۰/۷۳
تبادل الکترولیتی (میلی اکی والان در ۱۰۰ گرم)	۳۳۱/۷۶	۲۱۷/۶۹	۱۹۹/۳۱

۱. منابع در هر کیلوگرم جیره غذایی: ویتامین A (رتینیل استات)، ۱۱۰۰۰ واحد بین المللی؛ ویتامین D3 (کلسیفرول)، ۱۸۰۰ واحد بین المللی؛ ویتامین E، ۱۱ میلی گرم؛ ویتامین K3 (منادیون دی متیل پیریمیدینول)، ۲ میلی گرم؛ تیامین (تیامین مونونیترا)، ۱/۶ میلی گرم؛ ریوفلاوین، ۶ میلی گرم؛ نیاسین، ۳۰ میلی گرم؛ پانتوتنات کلسیم، ۱۵ میلی گرم؛ پیریدوکسین، ۲ میلی گرم؛ بیوتین، ۰/۲۵ میلی گرم؛ ویتامین B12، ۰/۰۲۰ میلی گرم؛ کولین (کولین کلرید)، ۵۰۰ میلی گرم.

۲. منابع به ازای هر کیلوگرم جیره غذایی: منگنز (اکسید منگنز)، ۶۰ میلی گرم؛ روی (سولفات روی)، ۶۰ میلی گرم؛ آهن (سولفات آهن)، ۵۰ میلی گرم؛ مس (سولفات کاپریک)، ۱۰ میلی گرم؛ ید (یدید پتاسیم)، ۱ میلی گرم؛ سلنیوم (سلنیت سدیم)، ۰/۳۰ میلی گرم.

۲.۲. خصوصیات لاشه

جهت بررسی ویژگی های قطعات لاشه، در پایان آزمایش (۴۲ روزگی)، دو پرنده از هر تکرار (هشت پرنده در هر تیمار) با وزن بدن نزدیک به میانگین وزن تکرار انتخاب و پس از چهار ساعت گرسنگی، دوباره وزن کشی شده و به روش بریدن گردن کشتار شدند. پس از باز کردن شکم، کبد، طحال و پانکراس جدا و وزن آن ها اندازه گیری شد. همچنین وزن سینه و ران توزین شدند. پس از توزین و اندازه گیری هر کدام از صفات، جهت محاسبه وزن نسبی آن ها، وزن هر یک از آن ها بر وزن زنده جوجه ها تقسیم و در عدد ۱۰۰ ضرب شد.

۳.۲. ریخت‌شناسی روده

در پایان آزمایش (۴۲ روزگی)، ۱۰ قطعه پرنده از هر تیمار (دو پرنده در هر تکرار) به‌طور تصادفی برای تجزیه و تحلیل ریخت‌شناسی ژژنوم انتخاب شدند. پس از تخلیه امعا و احشا و شست‌وشوی روده‌ها با محلول نمکی ۰/۹ درصد برای حذف محتویات روده، نمونه‌های ژژنوم (تقریباً دو سانتی‌متر طول) جمع‌آوری و شسته شدند. تمام نمونه‌ها در فرمالین بافر ۱۰ درصد برای ارزیابی بافت‌شناسی تثبیت شدند. پس از تثبیت، نمونه‌ها برش، پاکسازی، آبگیری شدند و در پارافین قالب‌زنی شدند. مقاطع در هفت میکرومتر با استفاده از میکروتوم (Microm, HM 335) برش داده شد و بر روی اسلایدهای شیشه‌ای قرار گرفت. پس از پارافین‌زدایی در زایلن، مقاطع در محلول‌های اتانول هیدراته شدند، با همتاکسیلین و اتوزین رنگ‌آمیزی شدند و در زیر میکروسکوپ نوری موردبررسی قرار گرفتند. اندازه‌گیری ریخت‌شناسی روده شامل ارتفاع پرز، عرض پرز، عمق کریپت و ضخامت عضلانی در هر بخش بود: ارتفاع پرز از نوک پرز تا بالای لامینا پروپریا و عمق کریپت از محور پرز-کریپت تا نوک مخاط عضلانی توسط عدسی مدرج اندازه‌گیری شد. سپس، نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت با تقسیم ارتفاع پرز بر عمق کریپت برآورد شد (Delfani et al., 2022).

۴.۲. جمعیت میکروبی ایلئوم

برای اندازه‌گیری جمعیت میکروبی روده، محتویات ایلئوم به‌صورت استریل از دو پرنده در هر تکرار جمع‌آوری شد. نمونه‌ها بلافاصله برای تجزیه و تحلیل میکروبی به آزمایشگاه منتقل شده و در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. شمارش باکتری‌ها با استفاده از روش‌های رقت سریالی، کشت در پلیت و شمارش کلنی انجام شد. تقریباً یک گرم از محتوای ایلئوم در نه میلی‌لیتر محلول نمکی استریل ۰/۹ درصد همگن شد. برای شمارش میکروبی، به‌ترتیب از محیط‌های کشت نوترینت آگار، ام‌آراس آگار و اتوزین متیلن‌بلو آگار برای کشت باکتری‌های هوازی، لاکتوباسیل‌ها و کلی‌فرم‌ها استفاده شد. تعداد به‌صورت log10 واحدهای تشکیل‌دهنده کلنی در هر گرم محتویات ایلئوم بیان شد (Delfani et al., 2024).

۵.۲. پاسخ ایمنی

برای اندازه‌گیری سطح نسبی آنتی‌بادی برونشیت عفونی و گامبورو در سرم خون جوجه‌ها از روش الایزا و دستگاه الایزا ریدر میندری (مدل MR-96، شرکت Mindray، شژن، چین) و کیت‌های شرکت Idvet در انتهای آزمایش استفاده شد. نمونه سرم قبل از انجام آزمایش با محلول رقیق‌کننده سرم (یک میکرولیتر از نمونه سرم با ۵۰۰ میکرولیتر رقیق‌کننده) رقیق شدند. بعد از اضافه کردن نمونه‌های سرم، کیت به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق (۲۰-۱۸ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفت. بعد از این مدت بخش مایع تمام خانه‌های کیت خارج شد؛ سپس خانه‌های کیت با تقریباً ۳۵۰ میکرولیتر آب مقطر، سه تا پنج بار شست‌وشو داده و خشک شد. سپس ۱۰۰ میکرولیتر آنتی‌بادی داخل هر خانه ریخته شد و دوباره به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق نگهداری شد و بعد از این مدت مجدداً بخش مایع خانه‌ها خارج شد و با ۳۵۰ میکرولیتر آب مقطر، سه تا پنج بار شست‌وشو داده شد. سپس ۱۰۰ میکرولیتر محلول تترا متیل بنزیدین به خانه‌ها اضافه شد و به مدت ۱۵ دقیقه در دمای اتاق قرار داده شد؛ بعد از گذشت ۱۵ دقیقه ۱۰۰ میکرولیتر محلول متوقف‌کننده به خانه‌ها اضافه شد تا واکنش متوقف شود. مقدار جذب در ۶۵۰ نانومتر اندازه‌گیری و ثبت شد (Gewaily et al., 2023).

آزمایش ممانعت از هماگلوتیناسیون (HI) برای تعیین تیتراژ آنتی‌بادی بیماری نیوکاسل به این شرح انجام شد. در این روش ابتدا ۲۵ میکرولیتر سرم فیزیولوژی به تمام خانه‌های پلت اضافه شد و سپس ۲۵ میکرولیتر از نمونه سرم به خانه‌های ردیف اول اضافه شد؛ بعد از این مرحله ۲۵ میکرولیتر از خانه‌های ردیف اول برداشته به خانه‌های ردیف دوم

اضافه شد. به ترتیب این عمل تا خانه های ردیف آخر تکرار شد. بعد از اتمام این عمل، ۲۵ میکرولیتر آنتی ژن رقیق شده به خانه ها اضافه و ۳۰ دقیقه زمان داده شد؛ سپس ۲۵ میکرولیتر از گلبول های قرمز خون (یک درصد رقیق شده) که با سرم فیزیولوژی در بالن به حجم رسیده بود به خانه های کیت اضافه شد و بعد از ۳۰ دقیقه واکنش کامل شد. آخرین خانه ای که در آن آگلوتیناسیون مشاهده شد، تیترا آنتی بادی است و شماره آن خانه ثبت شد (Rahman et al., 2017).

۲.۶. روش آماری

داده ها پس از ثبت و سازماندهی در برنامه اکسل، وارد شدند و بررسی نرمال بودن داده با کمک آزمون شاپیرو-ویلک انجام گرفت. داده ها به وسیله نرم افزار آماری SPSS با استفاده از رویه مدل خطی عمومی تک متغیره برای مدل (۱) تجزیه و میانگین ها با استفاده از آزمون توکی در سطح پنج درصد مقایسه شدند.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + e_{ijk} \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در این رابطه، Y_{ijk} مقدار هر مشاهده؛ μ میانگین مشاهدات؛ A_i اثر تراکم؛ B_j اثر افزودنی؛ AB_{ij} اثر برهم کنش بین تراکم و افزودنی و e_{ijk} اثر باقیمانده (اشتباه آزمایشی) است.

۳. یافته های پژوهش

۳.۱. عملکرد

اثرات تیمارهای آزمایشی بر عملکرد کل دوره جوجه های گوشتی در جدول (۲) نشان داده شده است. مصرف خوراک تحت تأثیر افزودنی ها، سطح تراکم و برهم کنش آن ها قرار نگرفت. استفاده از اسیدی فایر و عصاره های گیاهی در تغذیه جوجه های گوشتی که با تراکم ۱۶ جوجه در مترمربع پرورش یافتند، منجر به بهبود وزن بدن و افزایش وزن بدن در مقایسه با همان تراکم بدون افزودنی شد ($P < 0.05$). ضریب تبدیل خوراک تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. اثر برهم کنش نوع افزودنی و سطح تراکم بر هزینه خوراک به ازای هر کیلوگرم افزایش وزن بدن معنی دار بود و پرورش جوجه های گوشتی در تراکم ۱۶ بدون افزودنی در مقایسه با سایر تیمارها باعث افزایش هزینه خوراک شد ($P < 0.05$).

۳.۲. خصوصیات لاشه

جدول (۳) اثر تیمارهای آزمایشی بر خصوصیات لاشه جوجه های گوشتی را نشان می دهد. براساس نتایج به دست آمده بازده لاشه، وزن نسبی ران، کبد و پانکراس تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. با این حال وزن نسبی سینه تحت تأثیر اثرات اصلی تراکم پرورش قرار گرفت و جوجه های پرورش یافته در تراکم ۱۲ نسبت به تراکم ۱۶ وزن نسبی سینه بیش تری داشتند ($P < 0.05$). همچنین افزایش تراکم پرورشی از ۱۲ به ۱۶ قطعه در مترمربع، باعث کاهش وزن نسبی طحال شد ($P < 0.05$). در مقابل، استفاده از عصاره های گیاهی وزن طحال را در مقایسه با تیمار بدون افزودنی افزایش داد ($P < 0.05$).

۳.۳. ریخت شناسی ژوژنوم

اثر تیمارهای آزمایشی بر ریخت شناسی ژوژنوم جوجه های گوشتی در جدول (۴) گزارش شده است. تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که ارتفاع پرز تحت تأثیر اثر اصلی تراکم پرورش قرار گرفت و جوجه های گوشتی پرورش یافته در تراکم ۱۲ نسبت به تراکم ۱۶ ارتفاع پرز بالاتری داشتند ($P < 0.05$). اثرات اصلی نوع افزودنی نیز بر ارتفاع پرز معنی دار بود و استفاده از مکمل اسیدی فایر و عصاره گیاهی در جیره جوجه های گوشتی باعث افزایش معنی دار ارتفاع پرز نسبت به جیره های بدون افزودنی شد. عرض پرز، عمق کریپت و نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت.

جدول ۲. اثر تراکم پرورش و استفاده از اسیدی‌فایر کپسوله‌شده و عصاره‌های گیاهی بر عملکرد کل دوره جوجه‌های گوشتی

تیمار	مصرف خوراک (گرم در روز)	وزن بدن (گرم)	افزایش وزن بدن (گرم در روز)	ضریب تبدیل غذایی	هزینه خوراک به ازای هر کیلوگرم افزایش وزن بدن (تومان)*
تراکم					
۱۲	۹۱/۴	۲۳۹۳ ^a	۵۶/۰ ^a	۱/۶۳	۶۸۸۴ ^b
۱۴	۹۰/۷	۲۲۶۶ ^b	۵۳/۷ ^b	۱/۶۸	۷۰۳۴۸ ^{ab}
۱۶	۸۹/۶	۲۱۲۱ ^c	۵۱/۸ ^c	۱/۷۲	۷۳۶۱۳ ^a
SEM	۱/۸۵	۱۸/۵	۰/۷۳	۰/۰۲	۱۵۲۷
P-Value	۰/۱۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۸	۰/۰۲
افزودنی					
بدون افزودنی	۸۹/۷	۲۲۲۸ ^b	۵۲/۰ ^b	۱/۷۲	۷۲۵۲۰
اسیدی‌فایر	۹۱/۰	۲۲۶۳ ^{ab}	۵۴/۴ ^a	۱/۷۲	۷۰۳۳۴
عصاره گیاهی	۹۱/۰	۲۲۸۸ ^a	۵۵/۰ ^a	۱/۷۰	۶۹۸۵۳
SEM	۱/۸۵	۱۸/۵	۰/۷۳	۰/۰۲	۱۵۲۷
P-Value	۰/۲۷	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۱۳	۰/۱۲
تراکم × افزودنی					
۱۲ × بدون افزودنی	۸۹/۵	۲۳۳۴ ^{ab}	۵۴/۵ ^b	۱/۶۴	۶۸۸۸۰ ^b
۱۲ × اسیدی‌فایر	۹۲/۰	۲۳۸۴ ^a	۵۵/۷ ^{ab}	۱/۶۵	۶۹۶۳۰ ^b
۱۲ × عصاره گیاهی	۹۲/۶	۲۴۶۰ ^a	۵۷/۵ ^a	۱/۶۱	۶۸۰۲۳ ^b
۱۴ × بدون افزودنی	۸۸/۴	۲۲۴۰ ^b	۵۲/۷ ^{bc}	۱/۶۹	۷۰۹۸۰ ^b
۱۴ × اسیدی‌فایر	۹۱/۳	۲۳۸۰ ^{ab}	۵۴/۴ ^b	۱/۶۷	۷۰۴۷۴ ^b
۱۴ × عصاره گیاهی	۸۹/۳	۲۳۳۰ ^{ab}	۵۴/۴ ^b	۱/۶۴	۶۹۲۹۰ ^b
۱۶ × بدون افزودنی	۹۰/۳	۲۱۱۳ ^c	۳۹/۳ ^c	۱/۸۵	۷۷۷۰۰ ^a
۱۶ × اسیدی‌فایر	۸۹/۳	۲۲۷۶ ^b	۵۳/۱ ^b	۱/۶۸	۷۰۸۹۶ ^b
۱۶ × عصاره گیاهی	۹۱/۰	۲۲۷۵ ^b	۵۳/۰ ^b	۱/۷۱	۷۲۲۴۷ ^b
SEM	۲/۷۸	۳۲/۱	۱/۱۳	۰/۰۴	۲۳۶۷
P-Value	۰/۱۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۲۳	۰/۰۴

a-b: تفاوت میانگین‌ها با حروف نامشابه در هر ستون، معنی‌داری است ($P < 0.05$).

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

جدول ۳. اثر تیمارهای آزمایشی بر خصوصیات لاشه (نسبتی از وزن زنده) جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی

تیمار	لاشه (درصد)	سینه (درصد)	ران (درصد)	کبد (درصد)	طحال (درصد)	پانکراس (درصد)
تراکم						
۱۲	۶۱/۸	۲۶/۵ ^a	۱۹/۳	۲/۹۳	۰/۱۳ ^a	۰/۲۱
۱۴	۶۱/۷	۲۵/۱ ^{ab}	۲۰/۶	۲/۶۶	۰/۱۳ ^{ab}	۰/۲۲
۱۶	۶۲/۳	۲۳/۹ ^b	۱۹/۶	۳/۰۰	۰/۱۰ ^b	۰/۲۳
SEM	۰/۶۹	۰/۵۲	۰/۴۱	۰/۱۲	۰/۰۱	۰/۰۱
P-Value	۰/۴۰	۰/۰۰۱	۰/۲۱	۰/۱۶	۰/۰۲	۰/۲۷
افزودنی						
بدون افزودنی	۶۲/۷	۲۴/۵	۱۹/۶	۲/۸۶	۰/۱۰ ^b	۰/۲۱
اسیدی‌فایر	۶۱/۴	۲۵/۵	۱۹/۴	۳/۰۰	۰/۱۳ ^{ab}	۰/۲۳
عصاره گیاهی	۶۱/۷	۲۵/۳	۲۰/۳	۲/۷۳	۰/۱۳ ^a	۰/۲۱
SEM	۰/۶۹	۰/۵۲	۰/۴۱	۰/۱۲	۰/۰۱	۰/۰۱
P-Value	۰/۲۱	۰/۳۰	۰/۲۷	۰/۳۴	۰/۰۱	۰/۳۵
تراکم × افزودنی						
۱۲ × بدون افزودنی	۶۲/۲	۲۵/۵	۱۸/۵	۳/۰۰	۰/۱۱	۰/۲۰
۱۲ × اسیدی‌فایر	۶۱/۶	۲۷/۷	۱۹/۱	۲/۸۰	۰/۱۲	۰/۲۱
۱۲ × عصاره گیاهی	۶۱/۶	۲۶/۲	۲۰/۱	۳/۰۰	۰/۱۳	۰/۲۲
۱۴ × بدون افزودنی	۶۲/۶	۲۴/۳	۱۹/۹	۲/۶۰	۰/۱۱	۰/۲۳
۱۴ × اسیدی‌فایر	۶۰/۸	۲۵/۳	۲۰/۰	۳/۰۰	۰/۱۲	۰/۲۴
۱۴ × عصاره گیاهی	۶۱/۸	۲۵/۷	۲۱/۹	۲/۴۰	۰/۱۲	۰/۲۱
۱۶ × بدون افزودنی	۶۳/۴	۲۳/۷	۲۰/۳	۳/۰۰	۰/۱۰	۰/۲۱
۱۶ × اسیدی‌فایر	۶۱/۸	۲۳/۸	۱۹/۲	۳/۲۰	۰/۱۱	۰/۲۵
۱۶ × عصاره گیاهی	۶۱/۸	۲۴/۱	۱۹/۳	۲/۸۰	۰/۱۱	۰/۲۰
SEM	۰/۸۱	۰/۷۴	۰/۵۴	۰/۲۲	۰/۰۲	۰/۰۲
P-Value	۰/۷۴	۰/۱۰	۰/۳۴	۰/۴۴	۰/۱۴	۰/۴۲

a-b: تفاوت میانگین‌ها با حروف نامشابه در هر ستون، معنی‌داری است ($P < 0.05$).

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

جدول ۴. اثر تیمارهای آزمایشی بر ریخت شناسی ژوژنوم جوجه های گوشتی در سن ۴۲ روزگی

تیمار	ارتفاع پرز (میکرومتر)	عرض پرز (میکرومتر)	عمق کریپت (میکرومتر)	ارتفاع پرز/ عمق کریپت
تراکم				
۱۲	۱۲۸۳ ^a	۱۵۰	۱۱۹	۱۰/۷
۱۴	۱۳۴۸ ^{ab}	۱۵۴	۱۰۹	۱۱/۴
۱۶	۱۱۸۳ ^b	۱۵۸	۱۱۵	۱۰/۲
SEM	۱۵/۴	۶/۳۶	۳/۳۹	۰/۶۹
P-Value	۰/۰۰۲	۰/۶۷	۰/۱۴	۰/۲۱
افزودنی				
بدون افزودنی	۱۱۹۰ ^b	۱۵۶	۱۱۲	۱۰/۶
اسیدی فایر	۱۳۴۳ ^a	۱۵۳	۱۱۴	۱۰/۸
عصاره گیاهی	۱۲۸۹ ^a	۱۵۳	۱۱۷	۱۱/۰
SEM	۱۵/۴	۶/۳۶	۳/۳۹	۰/۶۹
P-Value	۰/۰۱	۰/۸۹	۰/۵۸	۰/۳۲
تراکم × افزودنی				
۱۲ × بدون افزودنی	۱۲۱۵	۱۵۲	۱۱۸	۱۰/۲
۱۲ × اسیدی فایر	۱۲۸۵	۱۴۹	۱۱۶	۱۱/۰
۱۲ × عصاره گیاهی	۱۳۴۸	۱۴۹	۱۲۲	۱۱/۰
۱۴ × بدون افزودنی	۱۱۹۴	۱۵۸	۱۰۶	۱۱/۲
۱۴ × اسیدی فایر	۱۲۵۵	۱۴۶	۱۱۶	۱۰/۷
۱۴ × عصاره گیاهی	۱۲۹۶	۱۵۹	۱۰۶	۱۲/۲
۱۶ × بدون افزودنی	۱۱۶۱	۱۵۹	۱۱۲	۱۰/۳
۱۶ × اسیدی فایر	۱۱۶۶	۱۶۳	۱۱۲	۱۰/۳
۱۶ × عصاره گیاهی	۱۲۲۲	۱۵۱	۱۲۲	۹/۹۷
SEM	۲۶/۷	۱۰/۸	۵/۸۸	۰/۸۱
P-Value	۰/۱۲	۰/۸۴	۰/۴۹	۰/۱۱

a-b: تفاوت میانگین ها با حروف نامشابه در هر ستون، معنی داری است ($P < 0.05$).

SEM: خطای استاندارد میانگین ها.

۴.۳. جمعیت میکروبی ایلئوم

نتایج مربوط به اثر تیمارهای آزمایشی بر جمعیت میکروبی ایلئوم جوجه های گوشتی در جدول (۵) نشان داده شده است. برهم کنش نوع افزودنی و سطح تراکم بر تعداد باکتری های لاکتوباسیلوس و کلیفرم معنی دار بود و استفاده از مکمل اسیدی فایر و عصاره گیاهی در جیره جوجه های گوشتی پرورش یافته در تراکم ۱۶ در مقایسه با تراکم ۱۶ بدون افزودنی باعث افزایش تعداد لاکتوباسیلوس و کاهش معنی دار تعداد کلی فرم شد ($P < 0.05$).

۵.۳. سیستم ایمنی

جدول (۶) اثر تیمارهای آزمایشی بر تیتراکتی بادی علیه ویروس نیوکاسل، گامبورو و برونشیت را نشان می دهد. نتایج نشان داد که جوجه های تغذیه شده با جیره حاوی عصاره گیاهی تیتراکتی بادی علیه ویروس نیوکاسل بیش تری نسبت به تیمار بدون افزودنی یا اسیدی فایر داشتند ($P < 0.05$). همچنین افزایش تراکم پرورشی از ۱۲ و ۱۴ به ۱۶ قطعه در مترمربع، باعث کاهش تیتراکتی بادی علیه ویروس برونشیت شد ($P < 0.05$). برهم کنش تراکم و نوع افزودنی بر تیتراکتی بادی علیه ویروس گامبورو معنی دار بود و افزودن عصاره گیاهی به جیره جوجه های گوشتی در تراکم ۱۲ و ۱۶ باعث افزایش تیتراکتی بادی گامبورو نسبت به تیمارهای تراکم ۱۲ و ۱۶ بدون افزودنی شد ($P < 0.05$).

جدول ۵. اثر تیمارهای آزمایشی بر جمعیت میکروبی ایلئوم ($\log_{10}$ cfu/g) جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی

تیمار	کل باکتری‌های هوازی	کلیفرم	لاکتوباسیلوس
تراکم			
۱۲	۹/۲۱	۷/۳۰	۷/۷۲
۱۴	۹/۲۰	۷/۳۴	۷/۶۶
۱۶	۹/۱۳	۷/۳۱	۷/۷۱
SEM	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
P-Value	۰/۱۱	۰/۵۰	۰/۲۷
افزودنی			
بدون افزودنی	۹/۲۱	۷/۹۹ ^a	۷/۰۰ ^b
اسیدی‌فایر	۹/۱۸	۷/۰۰ ^b	۸/۰۸ ^a
عصاره گیاهی	۹/۱۵	۶/۹۵ ^b	۸/۰۳ ^a
SEM	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
P-Value	۰/۳۴	۰/۰۴	۰/۰۱۶
تراکم × افزودنی			
۱۲ × بدون افزودنی	۹/۲۰	۷/۹۶ ^a	۷/۰۸ ^b
۱۲ × اسیدی‌فایر	۹/۱۷	۶/۹۹ ^b	۸/۰۵ ^a
۱۲ × عصاره گیاهی	۹/۲۵	۶/۹۴ ^b	۸/۰۶ ^a
۱۴ × بدون افزودنی	۹/۲۶	۸/۰۳ ^a	۶/۹۰ ^b
۱۴ × اسیدی‌فایر	۹/۲۵	۶/۹۹ ^b	۸/۱۱ ^a
۱۴ × عصاره گیاهی	۹/۰۹	۷/۰۱ ^b	۸/۰۰ ^a
۱۶ × بدون افزودنی	۹/۱۶	۷/۹۹ ^a	۷/۰۳ ^b
۱۶ × اسیدی‌فایر	۹/۱۲	۷/۰۲ ^b	۸/۰۸ ^a
۱۶ × عصاره گیاهی	۹/۱۱	۶/۹۱ ^b	۸/۰۴ ^a
SEM	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴
P-Value	۰/۱۲	۰/۰۴	۰/۰۱

a-b: تفاوت میانگین‌ها با حروف نامشابه در هر ستون، معنی‌داری است ($P < 0.05$).

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

جدول ۶. اثر تراکم پرورش و استفاده از اسیدی‌فایر کپسوله‌شده و عصاره‌های گیاهی بر تیتراژ آنتی‌بادی علیه ویروس نیوکاسل، گامبرو و برونشیت ($\log_{10}$) جوجه‌های گوشتی

تیمار	نیوکاسل	گامبرو	برونشیت
تراکم			
۱۲	۴/۲۰	۱۵۰۰	۵۳۰۵ ^a
۱۴	۴/۱۳	۱۶۰۳	۵۳۸۶ ^a
۱۶	۴/۰۶	۱۵۳۰	۵۰۱۴ ^b
SEM	۰/۱۷	۸۹/۲	۹۶/۲
P-Value	۰/۸۷	۰/۷۰	۰/۰۳
افزودنی			
بدون افزودنی	۳/۸۰ ^b	۱۵۸۳	۵۳۰۲
اسیدی‌فایر	۴/۰۰ ^b	۱۴۸۴	۵۲۲۵
عصاره گیاهی	۴/۶۰ ^a	۱۵۶۷	۵۱۷۶
SEM	۰/۱۷	۸۹/۲	۹۶/۲
P-Value	۰/۰۰۹	۰/۷۰	۰/۷۶
تراکم × افزودنی			
۱۲ × بدون افزودنی	۳/۴۰	۱۲۴۰ ^b	۵۲۱۰
۱۲ × اسیدی‌فایر	۴/۶۰	۱۳۹۳ ^b	۵۳۹۳
۱۲ × عصاره گیاهی	۴/۶۰	۱۸۶۹ ^a	۵۳۱۱
۱۴ × بدون افزودنی	۳/۸۰	۱۶۷۶ ^a	۵۳۸۶
۱۴ × اسیدی‌فایر	۳/۸۰	۱۵۰۰ ^{ab}	۵۴۵۹
۱۴ × عصاره گیاهی	۴/۸۰	۱۶۳۳	۵۳۱۳
۱۶ × بدون افزودنی	۴/۲۰	۱۱۳۳ ^b	۵۳۱۱
۱۶ × اسیدی‌فایر	۳/۶۰	۱۵۵۹ ^{ab}	۴۸۲۵
۱۶ × عصاره گیاهی	۴/۴۰	۱۸۹۹ ^a	۴۹۰۵
SEM	۰/۳۰	۱۱۴	۲۱۰
P-Value	۰/۰۶	۰/۰۰۶	۰/۵۴

a-b: تفاوت میانگین‌ها با حروف نامشابه در هر ستون، معنی‌داری است ($P < 0.05$).

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

۴. بحث

یکی از روش های رایج برای افزایش بهره‌وری و بهینه‌سازی استفاده از فضای سالن در پرورش جوجه های گوشتی، افزایش تراکم پرورشی است. با این حال، مطالعات متعدد نشان داده‌اند که تراکم زیاد پرورش می‌تواند اثرات نامطلوبی بر عملکرد رشد و وضعیت فیزیولوژیکی جوجه های گوشتی داشته باشد (Palizdar et al., 2017; Magnuson et al., 2020). در راستای نتایج پژوهش های پیشین، در مطالعه حاضر نیز مشخص شد که تراکم زیاد (۱۶ جوجه در مترمربع) موجب کاهش وزن بدن در جوجه ها شد. اثرات منفی تراکم زیاد پرورش بر عملکرد جوجه ها بیش تر به رقابت بیش تر برای مصرف خوراک و آب، افزایش دمای سالن و افزایش رطوبت و آمونیاک بستر به دلیل ازدحام بیش از حد است؛ عواملی که در نهایت منجر به کاهش هضم خوراک و جذب مواد مغذی می‌شود (Sugiharto et al., 2022). از سوی دیگر، وضعیت فیزیولوژیکی پرنده که برای رشد مطلوب حیاتی است، در شرایط تنش ناشی از تراکم زیاد مختل می‌شود (Silas et al., 2014). در مطالعات قبلی نشان داده شده است که سطح کورتیکوسترون به عنوان یکی از شاخص های معتبر برای سنجش وضعیت تنش فیزیولوژیک در طیور، در شرایط تراکم زیاد پرورش به طور معناداری افزایش یافت (Dai et al., 2022) که این افزایش احتمالاً ناشی از فعال شدن محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-آدرنال در پاسخ به تنش است (Vandenborne et al., 2005). این یافته ها نشان می‌دهد که تراکم زیاد در این پژوهش نیز احتمالاً منجر به تنش شده است. در تأیید مطالعات قبلی، در این پژوهش نیز اختلال وزن طحال و تیر آنتی بادی علیه ویروس برونشیت، ارتفاع پرز و جمعیت میکروبی روده در تراکم زیاد پرورش مشاهده شد، به طوری که وزن طحال، ارتفاع پرز، جمعیت لاکتوباسیلوس و تیر آنتی بادی علیه ویروس برونشیت کاهش یافتند. در نتیجه، می‌توان گفت که اختلال در سلامت دستگاه گوارش، پاسخ های ایمنی و اندام های کلیدی در سیستم ایمنی یکی از دلایل کاهش عملکرد در شرایط تراکم زیاد است. از سوی دیگر، پژوهش های زیادی به نقش مثبت اسیدهای آلی در بهبود عملکرد رشد طیور اشاره کرده‌اند (Dai et al., 2021; Han et al., 2023). نتایج این پژوهش نیز نشان داد که افزودن اسیدی فایر به جیره توانست اثرات منفی ناشی از تنش تراکم زیاد پرورش را در عملکرد رشد جبران کند. به طور کلی، اسیدهای آلی با کاهش pH روده و افزایش فعالیت آنزیم های گوارشی، قابلیت هضم مواد مغذی را بهبود می‌بخشند و در حفظ سلامت روده نقش کلیدی دارند (Garcia et al., 2007). نتایج ضعیف در عملکرد گروه تراکم ۱۶ جوجه در هر مترمربع علاوه بر تنش، احتمالاً به دلیل آسیب به بافت روده در این گروه بود (Salvo Romero et al., 2015). حفظ ساختار طبیعی روده و یک دیواره مخاطی سالم برای متابولیسم و پاسخ ایمنی مناسب اهمیت ویژه ای دارد (Slifer and Blikslager, 2020). در همین راستا، گزارش شده است که افزودن اسیدهای آلی به جیره می‌تواند عملکرد روده را بهبود داده، سطح لیپوپلی ساکاریدها را کاهش و مسیر TLR4/NF- κ B را مهار کنند (Wang et al., 2018). بنابراین، اسیدهای آلی احتمالاً بتوانند از طریق مهار التهاب روده، اثرات منفی ناشی از تنش تراکم زیاد پرورش بر هضم و جذب مواد مغذی و در نهایت عملکرد را تعدیل کنند. در مطالعه حاضر، پرنده گان با تراکم پرورش زیاد که با عصاره های گیاهی تغذیه شده بودند، بهبود مصرف خوراک و افزایش وزن بدن را نسبت به تراکم زیاد بدون عصاره های گیاهی نشان دادند. موافق با نتایج مطالعه حاضر، Obeidat و همکاران (۲۰۲۴) گزارش کردند که عصاره های گیاهی اثرات منفی تراکم زیاد پرورش را کاهش داده و باعث بهبود عملکرد شدند. هم چنین این نتایج با یافته های Wahed و همکاران (۲۰۲۴) که گزارش دادند افزودن عصاره های گیاهی، عملکرد را در گروه با تراکم زیاد بهبود می‌بخشد، مطابقت دارد. این نتایج مربوط به تأثیر محصولات گیاهی است که می‌توانند قابلیت هضم را افزایش داده و با افزایش تولید ترشحات گوارشی، تحریک گردش خون و کاهش فراوانی باکتری های بیماری زا، بهترین استفاده از مواد مغذی را فراهم کنند (Xue et al., 2020).

ماهیچه سینه یکی از مهم‌ترین قسمت‌های جوجه‌های گوشتی است و به‌طور مستقیم بر تولید جوجه‌های گوشتی تأثیر می‌گذارد. عملکرد گوشت سینه با افزایش تراکم پرورش به بیش از ۱۶ پرند در مترمربع کاهش یافت، درحالی‌که تراکم پرورش هیچ تأثیری بر بازده کامل لاشه و وزن نسبی گوشت ران در جوجه‌های گوشتی نداشت. مطابق با نتایج حاضر در مطالعه Feddes (۲۰۰۲)، عملکرد ماهیچه سینه در تراکم پرورش زیاد به‌طور قابل‌توجهی کاهش یافت. دلایل تغییر در عملکرد ماهیچه سینه در رابطه با تراکم پرورش به‌طور کامل مشخص نیست. رشد ماهیچه سینه توسط عوامل بسیاری از جمله فاکتور رشد شبه انسولین-۱ (IGF-1)، فاکتور تعیین میوژنیک و میوستاتین تنظیم می‌شود. در مطالعه Li و همکاران (۲۰۱۹)، سطح بیان mRNA فاکتور رشد شبه انسولین-۱ و فاکتور تعیین میوژنیک در عضله سینه در تراکم پرورش زیاد به‌طور قابل‌توجهی کم‌تر از تراکم کم بود. این نتایج نشان می‌دهد که تراکم پرورش زیاد ممکن است با تنظیم بیان IGF-I و فاکتور تعیین میوژنیک بر هیپرتروفی و تمایز عضلات سینه تأثیر بگذارد. در مطالعه حاضر، افزایش تراکم پرورشی از ۱۲ به ۱۶ قطعه در مترمربع، منجر به کاهش معنی‌دار وزن نسبی طحال شد. این کاهش را می‌توان به اثرات منفی تراکم زیاد پرورش بر وضعیت فیزیولوژیک و ایمنی پرندگان نسبت داد (Zabir et al., 2021). تراکم زیاد سبب افزایش تنش فیزیولوژیک از طریق محدودیت فضای حرکتی، رقابت برای منابع خوراک و آب، افزایش دمای محیط و تهویه ناکافی می‌شود (Sugiharto, 2022). این تنش‌ها منجر به فعال‌سازی محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-آدرنال و افزایش ترشح هورمون‌های گلوکوکورتیکوئیدی (به‌ویژه کورتیکوسترون) می‌شوند که اثر سرکوب‌کننده بر تکامل و فعالیت اندام‌های لنفاوی مانند طحال دارند (Vandenborne et al., 2005). در مقابل، استفاده از عصاره گیاهی در این مطالعه توانست اثر منفی تراکم زیاد بر وزن نسبی طحال را جبران کند. عصاره‌های گیاهی حاوی ترکیبات فعال بیولوژیک مانند پلی‌فنول‌ها، فلاونوئیدها و ترپن‌ها هستند که خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و تعدیل‌کننده ایمنی دارند (Rodríguez-Yoldi, 2021). این ترکیبات می‌توانند با کاهش تولید رادیکال‌های آزاد، مهار مسیرهای التهابی و تحریک تکثیر سلول‌های ایمنی، از تحلیل بافت لنفاوی جلوگیری کنند (Saleem et al., 2020). بر این اساس، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که مصرف عصاره گیاهی، به‌ویژه در شرایط تراکم زیاد، می‌تواند به‌عنوان یک عامل محافظتی سیستم ایمنی عمل کرده و کاهش وزن نسبی طحال ناشی از تنش پرورشی را تعدیل نماید.

افزایش تراکم پرورش از ۱۲ به ۱۶ پرند در هر مترمربع منجر به کاهش معنی‌دار ارتفاع پرزهای ژژنوم شد. بنابراین، یافته‌های ما نشان می‌دهد که تراکم زیاد پرورش می‌تواند نفوذپذیری روده را افزایش دهد و به‌عنوان شاخصی از اختلال عملکرد روده عمل کند. این ممکن است تا حدودی توضیح دهد که چرا تراکم زیاد پرورش عملکرد رشد را در مطالعه حاضر کاهش داده است. به‌نظر می‌رسد کاهش ارتفاع پرزها در شرایط تراکم زیاد با افزایش تنش در جوجه‌های گوشتی مرتبط است. Lambert (۲۰۰۹) اظهار داشت که شرایط تنش‌زا، از جمله تنش روانی، ورزش شدید و تنش گرمایی، منجر به کاهش جریان خون روده می‌شود که در نتیجه عملکرد روده را مختل می‌کند. در نتیجه، می‌توان پیشنهاد کرد که اثرات منفی تراکم زیاد پرورش در جوجه‌های گوشتی به‌شدت با اختلالات در ریخت‌شناسی روده مرتبط است. با این حال، نتایج این مطالعه نشان داد که ارتفاع پرزها در تیمار حاوی اسیدی‌فایر کپسوله‌شده به‌طور قابل‌توجهی بیش‌تر از گروه شاهد بود. در توافق با این یافته‌ها، Waghmare و همکاران (۲۰۲۵) نشان دادند که اسیدی‌فایرها به‌طور قابل‌توجهی ارتفاع پرزهای دئودنوم و ژژنوم را در جوجه‌های گوشتی افزایش دادند. Garcia و همکاران (۲۰۰۷) مکانیسم فعالیت اسیدی‌فایرها را بر روی ریخت‌شناسی روده مطالعه کردند و گزارش کردند که بار میکروبی روده توسط اسیدی‌فایرها کاهش می‌یابد و حضور سموم با تغییر در ریخت‌شناسی روده جوجه‌های گوشتی کاهش می‌یابد. با افزودن اسیدی‌فایرها، کلونیزاسیون روده و فعالیت آلوده کاهش می‌یابد، بنابراین پاسخ التهابی در اپیتلیوم روده کاهش خواهد یافت و ارتفاع پرز و عملکرد ترشح، هضم و جذب مواد مغذی خوراک بهبود می‌یابد (Pelicano et al., 2005). از سوی دیگر، مطابق با نتایج حاضر، Farahat

و همکاران (۲۰۲۱) گزارش دادند که افزودن عصاره های گیاهی به طور قابل توجهی ارتفاع پرزها را در روده کوچک افزایش می دهد. به طور مشابه، Selionova و همکاران (۲۰۲۵) نشان دادند که استفاده از عصاره های گیاهی در جیره های جوجه های گوشتی با تحریک تولید سیتوکین ها و پپتیدهای ضد میکروبی، ویژگی های ریخت شناسی را بهبود می بخشد.

به خوبی ثابت شده است که جمعیت میکروبی روده طیور نقش های کلیدی در هضم، عملکرد روده، عملکرد ایمنی و عملکرد رشد ایفا می کند (Yadav & Jha, 2019). با این حال، اینکه آیا اختلال در دیواره روده تحت تنش تراکم زیاد پرورش با تغییرات در جمعیت میکروبی روده در جوجه های گوشتی مرتبط است یا خیر، هنوز مشخص نیست. بنابراین، جمعیت میکروبی روده ممکن است به عنوان یک هدف بالقوه برای بهبود التهاب روده ناشی از تراکم زیاد پرورش از طریق مداخلات تغذیه ای عمل کند (Guo et al., 2022). در مطالعه حاضر، تراکم زیاد پرورش جمعیت لاکتوباسیلوس ایلئوم را کاهش داد در حالی که جمعیت کلیفرم را در جوجه های گوشتی افزایش داد. با این حال، مکمل غذایی با اسیدی فایر این عوارض جانبی را کاهش داد و تعداد لاکتوباسیلوس ها را به طور معنی دار افزایش داد. اسیدهای آلی می توانند با کاهش pH دستگاه گوارش، اثرات ضد میکروبی داشته باشند و در نتیجه باکتری های بیماری زا را کنترل کنند. علاوه بر این، اسیدهای آلی می توانند آهن پروتونه شده را در سیتوپلاسم باکتری ها آزاد کنند و باکتری های حساس به pH را مجبور به دفع پروتون های اضافی از طریق پمپ های H⁺-ATPase کنند و در نهایت تکثیر باکتری ها را مهار کنند (Rathnayake et al., 2021). اسیدی فایر مورد استفاده در این مطالعه حاوی مالیک اسید، سیتریک اسید و لاکتیک اسید بود. نشان داده شده است که مالیک اسید اثرات مفیدی بر رشد فیزیکی، قابلیت هضم، ایمنی و فعالیت ضد میکروبی دارد، در حالی که سیتریک اسید اثرات ضد باکتریایی مثبتی در حیوانات نشان می دهد (Khan et al., 2022). هر دو مالیک اسید و سیتریک می توانند با مختل کردن دیواره سلولی باکتری های گرم منفی، عوامل بیماری زا را به طور مستقیم کنترل کنند (Rathnayake et al., 2021). علاوه بر این، استفاده از عصاره های گیاهی در آب آشامیدنی جوجه های گوشتی تحت تراکم زیاد پرورش، جمعیت لاکتوباسیلوس را افزایش و تعداد کلی فرم ها را کاهش داد. گزارش شده است که عصاره های گیاهی ضمن افزایش رشد باکتری های مفید، pH روده را کاهش می دهند و در نتیجه محیطی نامطلوب برای میکروب های بیماری زا ایجاد می کنند. مطالعات متعددی، از جمله مطالعات Abbasi و همکاران (۲۰۲۴)، Dosu و همکاران (۲۰۲۳) و Gul و همکاران (۲۰۲۴)، نشان دادند که جوجه های گوشتی تغذیه شده با عصاره های گیاهی، تعداد کمتری از کلیفرم ها و اشریشیاکلی را در روده خود نشان دادند. این عصاره ها دارای خواص ضد باکتری، ضد میکروبی، اسید آلی و باکتریوفاژ هستند که در کنترل تکثیر کلیفرم ها و اشریشیاکلی در جوجه های گوشتی مؤثرند. برعکس، باکتری های مفیدی مانند لاکتوباسیلوس با تثبیت هضم و حمایت از میکروفلور سالم روده، سلامت روده را بهبود می بخشند و منجر به افزایش جذب مواد مغذی و راندمان تبدیل خوراک می شوند، که با یافته های Abbasi و همکاران (۲۰۲۴) و Hayat و همکاران (۲۰۲۵) مطابقت دارد.

در آزمایش فعلی، جوجه هایی که در تراکم ۱۶ جوجه در مترمربع پرورش یافته بودند، کمترین تیتراژ آنتی بادی علیه ویروس برونشیت را داشتند. یکی از بزرگ ترین مشکلات در تراکم زیاد، کاهش مصرف خوراک است. این به نوبه خود مانعی برای رشد بدن می شود و روی وزن سیستم لنفاوی تأثیر می گذارد. در نتیجه، این زنجیره منفی واکنش ناشی از تنش می تواند منجر به سیستم ایمنی ضعیف تر شود (Guinebreière et al., 2024). Palizdar و همکاران (۲۰۱۷) گزارش دادند که کاهش تراکم پرورش به طور قابل توجهی پاسخ ایمنی را افزایش می دهد و در تراکم های زیاد، تیتراژ آنتی بادی علیه SRBC و تیترهای IgG و IgM در مقایسه با تراکم های پایین بیش تر است. Lesson & Summers (۲۰۰۸) استدلال کردند که در طول مراحل رشد به ویژه در پایان این دوره، با افزایش وزن بدن و از طرفی دیگر افزایش تراکم پرورش، رقابت بین پرندگان برای مصرف بیش تر خوراک بیش تر می شود. این دو عامل باعث افزایش سطح تنش

در پرندگان می‌شود. در نتیجه سطح تنش بالاتر سیستم ایمنی پرندگان را ضعیف می‌کند. در مطالعه حاضر، استفاده از عصاره‌های گیاهی در جیره جوجه‌های گوشتی منجر به افزایش معنی‌دار تیترا آنتی‌بادی علیه ویروس‌های بیماری نیوکاسل و گامبرو گردید. این اثر می‌تواند به چندین مکانیسم فیزیولوژیک و ایمنی مرتبط باشد. برخی از این ترکیبات علاوه بر خاصیت آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی، با تحریک تکثیر و فعالیت لنفوسیت‌های B و T و همچنین افزایش تولید سایتوکاین‌هایی مانند اینترلوکین-۲ و اینترفرون- γ ، پاسخ ایمنی هومورال و سلولی را تقویت می‌کنند (Talebi et al., 2021). از سوی دیگر، بهبود وضعیت میکروفلورای روده و کاهش جمعیت باکتری‌های بیماری‌زا در حضور عصاره‌های گیاهی نیز با افزایش جذب مواد مغذی و ویتامین‌ها، شرایط را برای سنتز مؤثرتر ایمونوگلوبولین‌ها فراهم می‌آورد (Liu et al., 2023). به‌طور مشابه Sigolo و همکاران (۲۰۲۱) تیمار گشنیز در سطح ۴۵۰ میلی‌گرم در لیتر پاسخ ایمنی را در برابر آنفولانزا در عرض ۴۲ روز پس از واکسیناسیون افزایش داد. این یافته‌ها بیانگر آن است که عصاره‌های گیاهی از طریق مکانیسم‌های آنتی‌اکسیدانی، تعدیل میکروفلورای روده و تحریک مستقیم سلول‌های ایمنی، می‌توانند به‌عنوان یک راه‌کار تغذیه‌ای مؤثر برای ارتقای ایمنی جوجه‌های گوشتی در تراکم‌های پرورشی بالا مورد استفاده قرار گیرند.

۵. نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، تراکم زیاد پرورش، اثرات منفی بر عملکرد رشد، وزن سینه و طحال و تیترا آنتی‌بادی علیه ویروس برونشیت در جوجه‌های گوشتی دارد. افزودن یک گرم در کیلوگرم اسیدی‌فایر به جیره و یک میلی‌لیتر در لیتر عصاره‌های گیاهی به آب می‌تواند این اثرات را کاهش داده و وزن بدن، وزن طحال و تیترا آنتی‌بادی علیه ویروس نیوکاسل و گامبرو را بهبود بخشد.

۶. ملاحظات اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آن‌هاست.

۷. مشارکت نویسندگان

یاسر کیهانی: تهیه و آماده‌سازی نمونه‌ها، انجام آزمایش و گردآوری داده‌ها، انجام محاسبات، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، تحلیل و تفسیر اطلاعات و نتایج، تهیه پیش‌نویس مقاله؛

محمدحسین پالیزدار: طراحی پژوهش، نظارت بر مراحل انجام پژوهش، بررسی و کنترل نتایج، اصلاح، بازبینی و نهایی‌سازی مقاله؛

محمود کرمی: مشارکت در طراحی پژوهش، نظارت بر پژوهش، مطالعه و بازبینی مقاله.

۸. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۹. حامی مالی

حامیت مالی از این پژوهش از طرف دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس، دانشکده کشاورزی در قالب پژوهانه پایان‌نامه دانشجویی نویسنده اول و همچنین پژوهانه برای سایر نویسندگان انجام شده است.

۱۰. تشکر و قدردانی

از دکتر رضا رضایی کوچکسرای (مدیر مزرعه تحقیقاتی طیور و آزمایشگاه تجزیه خوراک دام شرکت بنیان دانش، قائم‌شهر، مازندران، ایران) برای همکاری تمام‌وقت خود، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۱۱. منابع

- Abbasi, B. H. A., Rashid, N., Bilal, R. M., Wadaan, M. A., & Khan, M. F. (2024). Supplementation of *Cichorium intybus* roots improved the growth performance, immunity response, gut ecology and morphology of broilers chicken Ross308 strain. *Journal of King Saud University-Science*, 36(8), 103314. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2024.103314>
- Aljumaah, M. R., Alkhulaifi, M. M., Abudabos, A. M., Alabdullatifb, A., El-Mubarak, A. H., Al Suliman, A. R., & Stanley, D. (2020). Organic acid blend supplementation increases butyrate and acetate production in *Salmonella enterica* serovar Typhimurium challenged broilers. *PLoS One*, 15(6), 31-47. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232831>
- Awad, W., Ghareeb, K., & Böhm, J. (2008). Intestinal structure and function of broiler chickens on diets supplemented with a synbiotic containing *Enterococcus faecium* and oligosaccharides. *International Journal of Molecular Sciences*, 9(11), 2205-2216. <https://doi.org/10.3390/ijms9112205>
- Dai, D., Qi, G., Wang, J., Zhang, H., Qiu, K., Han, Y., & Wu, S. (2022). Dietary organic acids ameliorate high stocking density stress-induced intestinal inflammation through the restoration of intestinal microbiota in broilers. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 13(1), 124. <https://doi.org/10.1186/s40104-022-00776-2>
- Dai, D., Qiu, K., Zhang, H. J., Wu, S. G., Han, Y. M., Wu, Y. Y., & Wang, J. (2021). Organic acids as alternatives for antibiotic growth promoters alter the intestinal structure and microbiota and improve the growth performance in broilers. *Frontiers in Microbiology*, 11, 618144. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.618144>
- Delfani, N., Daneshyar, M., Farhoomand, P., Alijoo, Y. A., Payvastegan, S., & Najafi, G. (2022). Effects of arginine and guanidinoacetic acid supplementation with or without phenylalanine on performance and ascites susceptibility in cold-stressed broilers fed canola meal-based diet. *Journal of Animal Science and Technology*, 64(6), 69-95. <https://doi.org/10.5187/jast.2022.e68>
- Delfani, N., Daneshyar, M., Farhoomand, P., Payvastegan, S., Alijoo, Y. A., & Najafi, G. (2024). Attenuating susceptibility to ascites in cold-stressed broiler chickens fed canola meal-based diets by supplementing arginine or guanidinoacetic acid, either alone or in combination with phenylalanine. *Veterinary Medicine and Science*, 10(6), e70011. <https://doi.org/10.1002/vms3.70011>
- Dong, Y., Zheng, Y., Liu, H., Wang, Y., Cui, J., Wu, Y., & Li, J. (2025). Effects of high stocking density on the growth performance, intestinal health and bile salts composition of broiler chickens. *Frontiers in Microbiology*, 16, 1542059. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1542059>
- Dosu, G., Obanla, T. O., Zhang, S., Sang, S., Adetunji, A. O., Fahrenholz, A. C., ... & Fasina, Y. O. (2023). Supplementation of ginger root extract into broiler chicken diet: effects on growth performance and immunocompetence. *Poultry Science*, 102(10), 102897. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102897>
- Evans, L., Brooks, G. C., Anderson, M. G., Campbell, A. M., & Jacobs, L. (2023). Environmental complexity and reduced stocking density promote positive behavioral outcomes in broiler chickens. *Animals*, 13(13), 2074. <https://doi.org/10.3390/ani13132074>
- Farahat, M., Ibrahim, D., Kishawy, A. T. Y., Abdallah, H. M., Hernandez-Santana, A., & Attia, G. (2021). Effect of cereal type and plant extract addition on the growth performance, intestinal morphology, caecal microflora, and gut barriers gene expression of broiler chickens. *Animal*, 15(3), 100056. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100056>
- Feddes, J. J., Emmanuel, E. J., & Zuidhof, M. J. (2002). Broiler performance, body weight variance, feed and water intake, and carcass quality at different stocking densities. *Poultry Science*, 81(6), 774-779. <https://doi.org/10.1093/ps/81.6.774>
- Garcia, V., Catala-Gregori, P., Hernandez, F., Megias, M. D., & Madrid, J. (2007). Effect of formic acid and plant extracts on growth, nutrient digestibility, intestine mucosa morphology, and meat yield of broilers. *Journal of Applied Poultry Research*, 16(4), 555-562. <https://doi.org/10.3382/japr.2006-00116>

- Gewaily, M. S., El-Khyat, F., Tahoon, A. E., Al-Rasheed, M., Abdo, S. E., Gado, A., & Ismail, M. M. (2023). Cytokines, serological, and histopathological assessment of recombinant vaccination strategies for combatting infectious bursal disease in broiler chickens. *Vaccines*, 12(1), 27. <https://doi.org/10.3390/vaccines12010027>
- Gholami, M., Chamani, M., Seidavi, A., Sadeghi, A. A., & Aminafshar, M. (2020). Effects of stocking density and environmental conditions on performance, immunity, carcass characteristics, blood constituents, and economical parameters of Cobb 500 strain broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*, 19(1), 524-535. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2020.1757522>
- Guinebreière, M., Warin, L., Moysan, J. P., Méda, B., Moczek, F., Le Bihan-Duval, E., & Mignon-Grasteau, S. (2024). Effects of strain and stocking density on leg health, activity, and use of enrichments in conventional broiler chicken production. *Poultry Science*, 103(9), 103993. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103993>
- Gul, S., Hussain, F., Taj, R., & Ullah, A. (2024). Effect of dietary Moringa oleifera on production performance and gut health in broilers. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 11(2), 339-356. <https://doi.org/10.5455/javar.2024.k782>
- Guo, Y. J., Wang, Z. Y., Wang, Y. S., Chen, B., Huang, Y. Q., Li, P., ... & Chen, W. (2022). Impact of drinking water supplemented 2-hydroxy-4-methylthiobutyric acid in combination with acidifier on performance, intestinal development, and microflora in broilers. *Poultry Science*, 101(3), 101661. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101661>
- Han, M., Chen, B., Dong, Y., Miao, Z., Su, Y., Liu, C., & Li, J. (2023). Evaluation of liquid organic acids on the performance, chyme pH, nutrient utilization, and gut microbiota in broilers under high stocking density. *Animals*, 13(2), 257. <https://doi.org/10.3390/ani13020257>
- Hayat, Z., Marij, & Riaz, T. (2025). The dietary inclusion of plant extracts improves growth performance, gut microbiota and blood parameters of broilers: a meta-analysis. *Italian Journal of Animal Science*, 24(1), 1028-1045. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2025.2491754>
- Kamel, N. F., Hady, M. M., Ragaa, N. M., & Mohamed, F. F. (2021). Effect of nucleotides on growth performance, gut health, and some immunological parameters of broiler chicken exposed to high stocking density. *Livestock Science*, 253, 104703. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104703>
- Khan, R. U., Naz, S., Raziq, F., Qudratullah, Q., Khan, N. A., Laudadio, V., ... & Ragni, M. (2022). Prospects of organic acids as safe alternative to antibiotics in broiler chickens diet. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(22), 32594-32604. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19241-8>
- Kim, J. W., Kim, J. H., & Kil, D. Y. (2015). Dietary organic acids for broiler chickens: a review. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 28(2), 109-123. <http://dx.doi.org/10.17533/udea.rccp.v28n2a01>
- Lambert, G. P. (2009). Stress-induced gastrointestinal barrier dysfunction and its inflammatory effects. *Journal of Animal Science*, 87(14), 101-108. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1339>
- Lesson, S. & Summers, J. D. (2008). Commercial poultry nutrition. 3rd ed. Nottingham: Nottingham University Press.
- Li, X. M., Zhang, M. H., Liu, S. M., Feng, J. H., Ma, D. D., Liu, Q. X., & Xing, S. (2019). Effects of stocking density on growth performance, growth regulatory factors, and endocrine hormones in broilers under appropriate environments. *Poultry Science*, 98(12), 6611-6617. <https://doi.org/10.3382/ps/pez505>
- Liu, S., Wang, K., Lin, S., Zhang, Z., Cheng, M., Hu, S., & Si, H. (2023). Comparison of the effects between tannins extracted from different natural plants on growth performance, antioxidant capacity, immunity, and intestinal flora of broiler chickens. *Antioxidants*, 12(2), 441. <https://doi.org/10.3390/antiox12020441>
- Magnuson, A. D., Liu, G., Sun, T., Tolba, S. A., Xi, L., Whelan, R., & Lei, X. G. (2020). Supplemental methionine and stocking density affect antioxidant status, fatty acid profiles, and growth performance of broiler chickens. *Journal of Animal Science*, 98(4), skaa092. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa092>
- Mustafa, A. A. & Tayeb, I. T. (2022). The influence of dietary salvia and lavender powders on productive performance, some physiological parameters, and immunity of broiler under stocking density stress. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, 53(6), 1280-1288. <https://doi.org/10.36103/ijas.v53i6.1642>
- Obeidat, M. D., Alkhateeb, M. E. M., Jawasreh, K. I., Riley, D. G., & Al Sukhni, I. A. (2024). Herbal extract dietary supplementation effect on growth performance and meat quality in broiler raised under two stocking densities. *Scientific Reports*, 14(1), 18633. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-68138-8>
- Palizdar, M. H., Daylami, M. K., & Pourelmi, M. R. (2017). Effects of high stocking density on growth performance, blood metabolites and immune response of broilers (ROSS 308). *Journal of Livestock Science* 8, 196-200.

- Palizdar, M. H., Pourelmi, M., Mohammadian-Tabrizi, H., & Sepehr, Z. (2016). The impact of Acidifier in the diet of broiler chickens grown in high stocking densities on growth performance, immune system and blood metabolites. *Journal of Animal Production*, 18(1), 95-106. <https://doi.org/10.22059/jap.2016.57147>
- Pan, H., Bi, J., Hu, H., Huang, Y., Li, A., Zhang, H., & Bai, X. (2025). Chinese herbal medicine improves antioxidant capacity of chicken liver at high stocking density involved gut-liver microbiota axis based on multi-omics technologies. *Poultry Science*, 104(5), 105015. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105015>
- Pelicano, E., Souza, P., & Souza, H. (2005). Intestinal mucosa development in broiler chickens fed natural growth promoters. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 7(3), 221-9.
- Rafeeq, M., Bilal, R. M., Batool, F., Yameen, K., Farag, M. R., Madkour, M., & Alagawany, M. (2023). Application of herbs and their derivatives in broiler chickens: a review. *World's Poultry Science Journal*, 79(1), 95-117. <https://doi.org/10.1080/00439339.2022.2151395>
- Rahman, M. M., Sarker, R. D., & Nooruzzaman, M. (2017). Evaluation of serum antibody titer level against Newcastle disease virus in vaccinated broiler chickens. *Annals of Veterinary and Animal Science*, 4, 94-98.
- Rathnayake, D., Mun, H. S., Dilawar, M. A., Baek, K. S., & Yang, C. J. (2021). Time for a paradigm shift in animal nutrition metabolic pathway: Dietary inclusion of organic acids on the production parameters, nutrient digestibility, and meat quality traits of swine and broilers. *Life*, 11(6), 476. <https://doi.org/10.3390/life11060476>
- Rodríguez-Yoldi, M. J. (2021). Anti-inflammatory and antioxidant properties of plant extracts. *Antioxidants*, 10(6), 921. <https://doi.org/10.3390/antiox10060921>
- Saleem, A., Saleem, M., & Akhtar, M. F. (2020). Antioxidant, anti-inflammatory and antiarthritic potential of *Moringa oleifera* Lam: An ethnomedicinal plant of Moringaceae family. *South African Journal of Botany*, 128, 246-256. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.11.023>
- Salvo Romero, E., Alonso Cotoner, C., Pardo Camacho, C., Casado Bedmar, M., & Vicario, M. (2015). The intestinal barrier function and its involvement in digestive disease. *Revista Española de Enfermedades Digestivas*, 107(11), 686-96. <https://doi.org/10.17235/reed.2015.3846/2015>
- Selionova, M. I., Trukhachev, V. I., Zagarin, A. Y., Kulikov, E. I., & Belyaeva, N. P. (2025). Effects of Dietary Supplementation Using Phytobiotics with Different Functional Properties on Expression of Immunity Genes, Intestinal Histology, Growth, and Meat Productivity of Broiler Chickens. *Veterinary Sciences*, 12(4), 302. <https://doi.org/10.3390/vetsci12040302>
- Shynkaruk, T., Long, K., LeBlanc, C., & Schwean-Lardner, K. (2023). Impact of stocking density on the welfare and productivity of broiler chickens reared to 34 d of age. *Journal of Applied Poultry Research*, 32(2), 100344. <https://doi.org/10.1016/j.japr.2023.100344>
- Sigolo, S., Milis, C., Dousti, M., Jahandideh, E., Jalali, A., Mirzaei, N., & Prandini, A. (2021). Effects of different plant extracts at various dietary levels on growth performance, carcass traits, blood serum parameters, immune response and ileal microflora of Ross broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*, 20(1), 359-371. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2021.1883485>
- Silas, A. F., Ayorinde, A. O., Daisy, E., Mark, S. O., Bolanle, O. O., & Nwakaegh, E. G. (2014). Effect of stocking density and quantitative feed restriction on growth performance, digestibility, haematological characteristics and cost of starting broiler chicks. *Journal of Animal Health and Production*, 2(4), 60-64. <http://dx.doi.org/10.14737/journal.jahp/2014/2.4.60.64>
- Slifer, Z. M. & Blikslager, A. T. (2020). The integral role of tight junction proteins in the repair of injured intestinal epithelium. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(3), 972. <https://doi.org/10.3390/ijms21030972>
- Sugiharto, S. & Yudiarti, T. (2022). The effect of using acidified turmeric on some productive parameters and intestinal bacterial counts in broilers at high stocking density pens. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 9(1), 87. <https://doi.org/10.5455/javar.2022.i572>
- Sugiharto, S. (2022). Dietary strategies to alleviate high-stocking-density-induced stress in broiler chickens—a comprehensive review. *Archives Animal Breeding*, 65(1), 21-36. <https://doi.org/10.5194/aab-65-21-2022>
- Talebi, A., Maham, M., Asri-Rezaei, S., Pournaghi, P., Khorrami, M. S., & Derakhshan, A. (2021). Effects of *Nigella sativa* on performance, blood profiles, and antibody titer against Newcastle disease in broilers. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2021(1), 2070375. <https://doi.org/10.1155/2021/2070375>

- Vandenborne, K., De Groef, B., Geelissen, S. M., Kühn, E. R., Darras, V. M., & Van der Geyten, S. (2005). Corticosterone-induced negative feedback mechanisms within the hypothalamo-pituitary-adrenal axis of the chicken. *Journal of Endocrinology*, 185(3), 383-391. <https://doi.org/10.1677/joe.1.05969>
- Waghmare, S., Gupta, M., Bahiram, K. B., Korde, J. P., Bhat, R., Datar, Y., ... & Kurkure, N. V. (2025). Effects of organic acid blends on the growth performance, intestinal morphology, microbiota, and serum lipid parameters of broiler chickens. *Poultry Science*, 104(1), 104546. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104546>
- Wahed, N. M., Mohammed, A. S., Abomosallam, M., & Fawzy, S. (2024). Economic and Behavioral Benefits of Using Aqueous Plant-mixture Extracts in Broiler Production with High Stocking Density. *Alexandria Journal of Veterinary Sciences*, 81(1). <http://dx.doi.org/10.5455/ajvs.196850>
- Wang, J., Lu, J., Xie, X., Xiong, J., Huang, N., Wei, H., & Peng, J. (2018). Blend of organic acids and medium chain fatty acids prevents the inflammatory response and intestinal barrier dysfunction in mice challenged with enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157: H7. *International Immunopharmacology*, 58, 64-71. <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2018.03.014>
- Weimer, S. L., Mauromoustakos, A., Karcher, D. M., & Erasmus, M. A. (2020). Differences in performance, body conformation, and welfare of conventional and slow-growing broiler chickens raised at 2 stocking densities. *Poultry Science*, 99(9), 4398-4407. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.06.009>
- Xue, F., Shi, L., Li, Y., Ni, A., Ma, H., Sun, Y., & Chen, J. (2020). Effects of replacing dietary Aureomycin with a combination of plant essential oils on production performance and gastrointestinal health of broilers. *Poultry Science*, 99(9), 4521-4529. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.05.030>
- Yadav, S., & Jha, R. (2019). Strategies to modulate the intestinal microbiota and their effects on nutrient utilization, performance, and health of poultry. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 10(1), 2-14. <https://doi.org/10.1186/s40104-018-0310-9>
- Zabir, M., Miah, M. A., Alam, M., Bhuiyan, M. E. J., Haque, M. I., Sujana, K. M., & Mustari, A. (2021). Impacts of stocking density rates on welfare, growth, and hemato-biochemical profile in broiler chickens. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 8(4), 642. <https://doi.org/10.5455/javar.2021.h556>
- Zhang, R., Sun, J., Wang, Y., Yu, H., Wang, S., & Feng, X. (2025). Ameliorative effect of phenolic compound-pterostilbene on corticosterone-induced hepatic lipid metabolic disorder in broilers. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 137, 109822. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2024.109822>