Animal Production Research

Vol. 13, No. 4, 2024 (15-33)
doi: 10.22124/ar.2024.27009.1820
eISSN: 2538-6107 pISSN: 2252-0872

University of Guilan

RESEARCH PAPER **OPEN ACCESS**

Effect of various insoluble fiber sources on performance and the cecal microbial population of broiler chickens reared at high density

M. Hafezinia[1], S. Salari[2*], A. Aghaei[3]

1. Former MSc Student, Animal Science Department, Animal Science and Food Technology Faculty, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran
2. Professor, Animal Science Department, Animal Science and Food Technology Faculty, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran
3. Assistant professor, Animal Science Department, Animal Science and Food Technology Faculty, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

(Received: 12-03-2024 – Revised: 22-09-2024 – Accepted: 27-09-2024)

Introduction: In poultry breeding farms, density is one of the important factors in terms of welfare, production, and health in poultry. Density can be defined as the number of birds per unit area or kilograms per unit area. High density reduces body heat loss, bad air quality due to its improper exchange, increased ammonia level, and reduced access to food and water, which leads to reduced feed efficiency. It seems that the stress caused by high density can upset the balance of the microbial population of the digestive system. Improving the microbial population of the gastrointestinal tract through the addition of different sources of insoluble fiber may be beneficial for the development of the health and growth performance of broiler chickens grown at high densities. In Iran, rice hull is obtained as waste from rice grain processing, which contains a high percentage of insoluble fibers. Sunflower husks, as a byproduct, contain a significant amount of fiber. On the other hand, the sunflower hull is the outer covering of the sunflower seed. Sunflower hull and rice hull have high fiber and low energy. Considering the negative effects of high density and the positive impact of fibrous sources, the present study investigated the influence of different insoluble fiber sources on the performance and microbial population of the caecum in broiler chickens raised at high density.

Materials and methods: The experiment was performed with 390 one-day-old broiler chicks of Ross 308 strain in a completely randomized design with a 2×3 factorial arrangement and five replications. The experiment included two density levels (10 and 16 birds per square meter) and three fiber sources (diet without fiber, diet containing sunflower hull, and rice hull). Characteristics of feed intake, body weight gain, and feed conversion ratio were measured regularly and blood factors and bacterial counts were sampled on the last day after slaughter.

Results and discussion: There was no significant difference between the fiber source and density in different growing periods on average feed consumption and relative weight of different carcass components (P<0.05). High density resulted in a decrease in feed intake in the starter, finisher, and overall period compared to normal density (P<0.05). Birds fed with different fiber sources showed higher feed intake compared to the control treatment in the growth, finisher, and overall period of the experiment (P<0.05). Birds fed with a diet containing sunflower hull and rice hull in normal density conditions showed higher weight gain compared to other treatments in the final period. The best feed conversion ratio was observed in the rice hull treatment at the normal density level in the final and overall period of the experiment (P<0.05). Birds fed with sunflower hull in normal density and rice hull in high density showed a significant increase in blood HDL concentration compared to other treatments (P<0.05). Birds reared at high density showed significantly higher blood glucose, cholesterol, and LDL concentrations compared to birds reared at normal density (P<0.05). It may be the reason for the increase in LDL,

* Corresponding author: S.Salari@asnrukh.ac.ir

glucose, and blood cholesterol concentration in high density, negative responses such as an increase in corticosterone level, an increase in lipid peroxidation, production of free radicals, and an increase in immunosuppression in chickens reared in high density. The interaction effect of fiber source and density level had no significant effect on *Coliform* and *Escherichia coli* populations in cecum (P<0.05). In the presence of sunflower hull and rice hull, high density led to a significant increase in the population of cecal *Lactobacillus* compared to normal density (P<0.05). In the absence of fiber, high density caused a significant decrease in the cecum *Lactobacillus* population compared to normal density (P<0.05). Diet is a major environmental factor that can directly affect the nature of the microbiota in the host.

Conclusions: The results of this study showed that the use of fiber could improve the feed conversion ratio in high-density rearing conditions compared with birds fed a diet free of fiber and in normal-density rearing conditions. In addition, the use of sunflower hull and rice hull led to increased feed intake, weight gain, cecal *Lactobacillus* population, and improved feed conversion ratio in broiler chickens. Compared to birds reared at normal density, birds reared at high density showed a decrease in feed consumption, a decrease in weight gain, and an increase in the population of the cecal *Coliform* population.

Keywords: Insoluble fiber, High density, Microbial population, Broiler chickens, Performance

Ethics statement: This study was conducted with the full consideration of animal welfare and the approval of this study was granted by the Ethics Committee of Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Iran.

Data availability statement: The data that support the findings of this study are available on request from the corresponding author.

Conflicts of interest: The authors declare no conflicts of interest.

Funding: The authors received financial support for this project from the Vice Chancellor for Research of Khuzestan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.

Acknowledgment: The authors would like to thank the Vice Chancellor for Research of Khuzestan University of Agricultural Sciences and Natural Resources for supporting this project.

How to cite this article:

Hafezinia, M., Salari, S., & Aghaei, A. (2024). Effect of various insoluble fiber sources on performance and the cecal microbial population of broiler chickens reared at high density. *Animal Production Research*, *13*(4), 15-33. doi: 10.22124/ar.2024.27009.1820

تحقیقات تولیدات دامی

سال سیزدهم/شماره چهارم/زمستان ۱۴۰۳ (۳۳-۱۵)

Animal Production Research

دانشگاه گیلان

مقاله پژوهشی

اثر منابع مختلف الیاف نامحلول بر عملکرد و جمعیت میکروبی سکوم جوجه‌های گوشتی پرورش یافته در تراکم بالا

مهرنوش حافظی‌نیا[۱]، سمیه سالاری[۲*]، علی آقایی[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

۲- استاد، گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

۳- استادیار، گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۲۲ – تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۷/۰۱ – تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۰۶)

چکیده

تأثیر منابع مختلف الیاف نامحلول در شرایط پرورشی متراکم بر عملکرد و جمعیت میکروبی سکوم جوجه‌های گوشتی در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل ۲×۳ بررسی شد. تیمارهای آزمایشی شامل دو سطح تراکم (۱۰ و ۱۶ قطعه پرنده در هر مترمربع) و سه منبع الیاف (بدون الیاف، پوسته آفتابگردان و پوسته برنج) بود. عملکرد به‌صورت دوره‌ای اندازه‌گیری شد و در روز پایانی پرورش، فراسنجه‌های خونی و جمعیت میکروبی سکوم نیز بررسی شد. در تراکم بالا، افزودن پوسته برنج و نیز پوسته آفتابگردان باعث بهبود معنی‌دار ضریب تبدیل خوراک در کل دوره پرورش در مقایسه با تیمار بدون الیاف شد ($P<۰/۰۵$). تراکم بالا در کل دوره آزمایش باعث کاهش مصرف خوراک در مقایسه با تراکم طبیعی شد ($P<۰/۰۵$). تغذیه پرندگان با پوسته برنج و پوسته آفتابگردان سبب افزایش مصرف خوراک و اضافه وزن و نیز کاهش ضریب تبدیل خوراک در مقایسه با تیمار شاهد در کل دوره آزمایش شد ($P<۰/۰۵$). پرندگان تغذیه شده با پوسته آفتابگردان در تراکم طبیعی و پوسته برنج در تراکم بالا، افزایش معنی‌دار غلظت HDL خون در مقایسه با سایر تیمارها را نشان دادند ($P<۰/۰۵$). افزودن پوسته آفتابگردان و پوسته برنج درتراکم بالا باعث افزایش معنی‌دار جمعیت *لاکتوباسیل* سکوم در مقایسه با تراکم طبیعی شد ($P<۰/۰۵$). نتایج این پژوهش نشان داد که در هر دو شرایط پرورشی، افزودن الیاف نامحلول به جیره سبب بهبود ضریب تبدیل خوراک شد، اگرچه استفاده از الیاف نامحلول در شرایط پرورش متراکم باعث افزایش بیشتری در جمعیت میکروبی *لاکتوباسیل* سکوم در مقایسه با شرایط پرورش طبیعی شد.

واژه‌های کلیدی: الیاف نامحلول، تراکم بالا، جمعیت میکروبی، جوجه گوشتی، عملکرد

* نویسندهٔ مسئول: S.Salari@asnrukh.ac.ir

doi: 10.22124/ar.2024.27009.1820

مقدمه

تراکم یکی از عوامل مهم از نظر رفاه، تولید و سلامتی در سالن‌های پرورش طیور است. افزایش تراکم پرندگان، یکی از روش‌های کاهش هزینه‌ها است که در کشورهای مختلف بسته به سیستم تولید اجرا می‌شود (Mahrose *et al*., 2020). تراکم به‌عنوان تعداد پرندگان در واحد سطح یا کیلوگرم در واحد سطح تعریف شده (Thaxton *et al*., 2006)، و بر حسب کیلوگرم بر مترمربع گزارش می‌شود. تراکم بالا باعث کاهش اتلاف گرمای بدن، کیفیت بد هوا به‌دلیل تبادل نامناسب آن، افزایش سطح آمونیاک و کاهش دسترسی به غذا و آب می‌شود که نتیجه آن، کاهش بازده خوراک است (Uzum and Toplu, 2013). به‌نظر می‌رسد تنش ناشی از تراکم بالا می‌تواند تعادل جمعیت میکروبی دستگاه گوارش را بر هم زند. دستگاه گوارش و جمعیت میکروبی آن، نقش مهمی در بهبود سلامتی و عملکرد رشد در جوجه‌های گوشتی دارد (Choct, 2009). در پژوهشی، Kridtayopas *et al*. (2019) گزارش نمودند که شرایط پرورش با تراکم بالا در جوجه‌های گوشتی در مقایسه با تراکم طبیعی، موجب کاهش جمعیت *لاکتوباسیل* و افزایش جمعیت *اشرشیاکلای* در ژژنوم، ایلئوم و سکوم می‌شود. افزایش جمعیت میکروبی مفید دستگاه گوارش می‌تواند با جلوگیری از اتصال باکتری‌های بیماری‌زا به لایه اپیتلیال دستگاه گوارش، از رشد و تکثیر این باکتری‌ها جلوگیری کند (Loh and Blaut, 2012). بنابراین، بهبود جمعیت میکروبی دستگاه گوارش از راه افزودن منابع مختلف الیاف نامحلول برای توسعه سلامت و عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی پرورش داده شده در تراکم بالا شاید بتواند مفید باشد. الیاف از پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای، الیگوساکاریدها و لیگنین تشکیل شده است که بر اساس حلالیت در آب به‌صورت نامحلول یا محلول، طبقه‌بندی می‌شوند. هر دو نوع الیاف دارای پیامدهای مستقیم تغذیه‌ای در جیره جوجه‌های گوشتی هستند. گنجاندن الیاف نامحلول در جیره جوجه گوشتی منجر به تعدیل ریخت‌شناسی روده، توسعه اندام‌های گوارشی، جذب مواد مغذی، عملکرد رشد و میکروبیوتای روده می‌شود (Tejeda and Kim, 2021). به‌علاوه، الیاف‌های نامحلول در جیره جوجه‌های گوشتی باعث بهبود ریخت‌شناسی روده و افزایش ترشح اسید کلریدریک می‌شود (Sittiya *et al*., 2020). نشان داده شده است که الیاف نامحلول در سطوح متوسط (۳-۲ درصد) باعث تحریک رشد سنگدان و ترشح آنزیم‌های گوارشی شده و منجر به استفاده بهتر مواد مغذی و رشد می‌شود (Donadelli *et al*., 2019). الیاف موجود در جیره طیور ممکن است با جلوگیری از چسبندگی جمعیت باکتریایی عامل بیماری‌زای خاص به مخاط اپیتلیال بر سلامت روده تأثیر مثبت بگذارد (Jha *et al*., 2019). در مطالعه‌ای با استفاده از منابع الیاف نامحلول در جیره جوجه‌های گوشتی، تعداد باکتری‌های *لاکتوباسیلوس* روده کور افزایش یافت، اما اثر معنی‌داری بر تعداد باکتری‌های *ای‌کلای* نداشت (Mirzaie Goudarzi *et al*., 2017). تغذیه مقادیر متوسط الیاف در جیره به‌دلیل نقش آنها در توسعه دستگاه گوارش و اصلاح ویژگی‌های محتویات روده، به‌عنوان یکی از راهکارهای پیشنهادی برای بهبود قابلیت هضم مواد مغذی و عملکرد رشد در نظر گرفته شده است (Mateos *et al*., 2012). از جمله منابع الیافی که در تغذیه حیوانات کاربرد دارد پوسته برنج است. در ایران، پوسته برنج به‌عنوان ضایعات حاصل از فرآوری دانه برنج به‌دست می‌آید که حاوی درصد بالایی از الیاف نامحلول است. این محصول جانبی دارای ۳۸ درصد سلولز، ۲۰ درصد همی‌سلولز و ۲۲ درصد لیگنین است (Khazari *et al*., 2019). پوسته برنج زمان ماندگاری را در قسمت بالایی دستگاه گوارش افزایش داده و با توسعه سنگدان، جذب مواد مغذی و قابلیت هضم مواد مغذی را بهبود می‌بخشد (Sittiya *et al*., 2020). پوسته آفتابگردان نیز پوشش خارجی دانه آفتابگردان است که به‌عنوان یک محصول جانبی فرآیند استخراج روغن است که حاوی مقدار قابل توجهی الیاف و انرژی پایین است (Bykov *et al*., 2021).

در مطالعه Jimenez-Moreno *et al*. (2010)، اثر افزودن سه درصد تفاله چغندر قند و پوسته یولاف بر تعداد *لاکتوباسیل‌های* موجود در سکوم بررسی شد و گزارش شد که استفاده از این منابع الیافی نامحلول، اثر معنی‌داری بر تعداد این باکتری‌های سکوم نداشت. در مقابل، محققین دیگر (Choct and Sinlae, 2006)، نشان داده‌اند که استفاده از منابع الیاف نامحلول در جیره جوجه‌های گوشتی سبب افزایش باکتری‌های تولیدکننده اسید لاکتیک می‌شود. در آزمایشی که سطوح ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ درصد ویتاسل (منبع الیاف تجاری حاوی سلولز) به‌عنوان یک الیاف نامحلول بر عملکرد و ویژگی‌های لاشه جوجه‌های گوشتی

مورد بررسی قرار گرفت، تیمارهای مصرف شده ویتاسل در هر سه سطح، افزایش وزن بیشتر و ضریب تبدیل غذایی بهتری را نسبت به گروه شاهد نشان دادند (Sarikhan *et al*., 2010). در بررسی اثر منابع مختلف الیاف نامحلول بر عملکرد و جمعیت میکروبی روده کور جوجه‌های گوشتی، خوراک مصرفی تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی از سن ۱ تا ۲۴ روزگی قرار نگرفت، در حالی‌که ضریب تبدیل خوراک در تیمار کاه گندم فرآوری شده نسبت به تیمارهای پوسته آفتابگردان و پوسته سویا بهبود یافت (Mirzaie Goudarzi *et al*., 2017)، ولی تفاوت معناداری نسبت به تیمار شاهد مشاهده نشد. نشان داده شده است که پرندگان با افزایش طول روده و وزن اندام‌های گوارشی و همچنین تغییر نرخ عبور از قسمت‌های مختلف دستگاه گوارش به تغییرات میزان الیاف خام خوراک پاسخ می‌دهند. افزایش الیاف خوراک، به‌خصوص افزایش میزان الیاف نامحلول جیره سبب کاهش طول روده می‌شود (Amerah *et al*., 2009). در پژوهشی، منابع الیاف نامحلول باگاس نیشکر و پوسته آفتابگردان در شرایط پرورش متراکم در مرغان تخمگذار مورد بررسی قرار گرفت و کاهش جمعیت *لاکتوباسیل* و افزایش جمعیت *ایکولای* در شرایط متراکم و از طرفی، افزایش جمعیت *لاکتوباسیل* و کاهش جمعیت *ایکولای* و *کلی‌فرم* با استفاده از الیاف نامحلول گزارش شد (Doostalivand *et al*., 2023).

با توجه به آثار منفی ناشی از تراکم بالا و همچنین تأثیر مثبت منابع الیافی، مطالعه حاضر به بررسی اثر متقابل این دو عامل در تغذیه جوجه‌های گوشتی می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

پوسته آفتابگردان مورد استفاده در آزمایش از شهرستان کاشان و پوسته برنج مورد استفاده از کارگاه‌های شالیکوبی برنج در استان خوزستان تهیه شد. برای تعیین چربی خام، پروتئین خام و خاکستر از روش AOAC (1990) استفاده شد. همچنین، اندازه‌گیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) با روش Van Soest *et al.* (1991) انجام شد. تجزیه نمونه‌های الیاف مورد استفاده در پژوهش در جدول ۱ ذکر شده است.

بخش مزرعه‌ای این پژوهش با استفاده از ۳۹۰ قطعه جوجه گوشتی یک‌روزه سویه تجاری راس ۳۰۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل ۲×۳ با پنج تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل جیره بدون الیاف، جیره حاوی پوسته آفتابگردان و پوسته برنج هرکدام در سطح سه درصد جیره و دو سطح تراکم ۱۰ (تراکم طبیعی) و ۱۶ (تراکم بالا) قطعه پرنده در هر متر مربع بودند. جیره پایه مورد استفاده حاوی سه درصد ماسه بادی بود و منابع الیافی در سطح سه درصد جایگزین ماسه بادی در جیره پایه شدند. جیره‌های آزمایشی برای گروه‌های مختلف بر اساس احتیاجات غذایی جوجه گوشتی سویه راس ۳۰۸ (راس، ۲۰۱۹) برای دوره‌های آغازین (۱۰-۱ روزگی)، رشد (۲۴-۱۱ روزگی) و پایانی (۴۲-۲۵ روزگی) تنظیم و در اختیار پرندگان قرار گرفت (جدول ۲). دمای سالن پرورش در روز اول پرورش حدود ۳۳-۳۲ درجه سلسیوس بود. در طول دوره پرورش با افزایش سن جوجه، دما به ازای هر هفته به‌میزان دو درجه سلسیوس کاهش داده شد. رطوبت استاندارد دوره پرورش برای جوجه‌های گوشتی، ۶۰-۵۵ درصد در نظر گرفته شد. در سه روز اول دوره پرورش، روشنایی به‌مدت ۲۴ ساعت در نظر گرفته شد و در ادامه به‌صورت ۲۳ ساعت روشنایی و یک ساعت تاریکی اعمال شد.

عملکرد پرندگان شامل میزان مصرف خوراک و افزایش وزن بدن به‌صورت دوره‌ای اندازه‌گیری شده و ضریب تبدیل خوراک محاسبه شد. در روز پایانی پرورش (روز ۴۲) از هر واحد آزمایشی، یک قطعه پرنده نزدیک به میانگین هر پن توزین و کشتار شد. بعد از کشتار، وزن دستگاه گوارش، ران، سینه، پانکراس، کبد، اندازه‌گیری شده و به‌صورت درصدی از وزن زنده گزارش شد.

جهت بررسی فراسنجه‌های خونی، در روز پایانی دوره پرورش، خون‌گیری از رگ گردنی انجام شد. سپس، نمونه‌های خون به‌مدت ۱۰ دقیقه با دور ۴۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند و در نهایت، نمونه‌های سرم خون در دمای ۲۰- درجه سلسیوس فریز شده و تا زمان انتقال به آزمایشگاه نگهداری شدند. در زمان تجزیه، فراسنجه‌های خونی شامل تری‌گلیسرید، کلسترول، گلوکز، HDL و LDL بررسی شدند.

جهت بررسی جمعیت میکروبی سکوم جوجه‌های گوشتی، یک پرنده از هر تکرار در سن ۴۲ روزگی انتخاب و کشتار شد. سپس، سکوم‌ها جدا شده و در شرایط استریل و در کنار یخ به آزمایشگاه میکروبیولوژی منتقل شدند. به‌منظور شمارش *لاکتوباسیل*‌ها از محیط کشت ام آر اس آگار، برای

شمارش *کلی‌فرم*ها از محیط کشت مک کانکی آگار و برای شمارش *اشیرشیا کلی* از محیط کشت ای ام بی آگار استفاده شد. محیط‌های کشت حاوی باکتری‌های *لاکتوباسیل* در دمای ۳۷ درجه سلسیوس در شرایط بی‌هوازی به‌مدت ۴۸ ساعت در انکوباسیون قرار گرفتند. باکتری‌های *اشیرشیا کلی* و *کلی فرم* در دمای ۳۷ درجه سلسیوس در شرایط هوازی به‌مدت ۲۴ ساعت در انکوباسیون نگهداری شدند. در پایان، تعداد کلنی باکتری‌های هر پتری‌دیش شمارش شدند و تعداد واحدهای تشکیل‌دهنده پرگنه‌های میکروبی به‌صورت لگاریتمی به‌ازای هر گرم محتویات سکوم بیان شد.

جدول ۱- ترکیب شیمیایی منابع الیاف نامحلول مورد استفاده در آزمایش (درصد)

Table 1. Chemical composition of insoluble fiber sources used in the experiment (%)

Parameter	Sunflower hull	Rice hull
Dry matter	96.34	93.20
Ethereal extract	4.3	4.6
Crude protein	6.7	4.5
Ash	3.8	20.7
NDF	78	71.5
ADF	57	63

جدول ۲- اجزای تشکیل‌دهنده و ترکیب شیمیایی جیره پایه جوجه‌های گوشتی در دوره‌های مختلف آزمایش

Table 2. Ingredients and chemical composition of basal diet at different periods of experiment

Ingredients (%)	Starter diet (1-10 days old)	Grower diet (11-24 days old)	Finisher diet (25-42 days old)
Corn	47.02	49.79	53
Soybean meal (42% CP)	37	33.47	31.16
Corn gluten meal (60%CP)	5	5	3
Limestone	1	1	0.95
Dicalcium phosphate	1.57	1.1	0.90
Plant oil	3.7	5	6.5
Sodium chloride	0.23	0.23	0.23
Sodium Bicarbonate	0.27	0.27	0.27
Vitamin premix [1]	0.25	0.25	0.25
Mineral premix [2]	0.25	0.25	0.25
DL-Methionine	0.3	0.28	0.28
L-lysin HCl	0.3	0.27	0.2
L-threonine	0.1	0.08	-
Phytase	0.01	0.01	0.01
Sand [3]	3	3	3
Calculated analysis (%)			
AME_n (Kcal/ kg)	3000	3095	3200
Crude protein	23	21.46	19.5
Ethereal extract	5.97	7.35	8.87
Calcium	0.96	0.87	0.79
Available phosphorus	0.48	0.43	0.4
Sodium	0.18	0.18	0.18
Arginine	1.43	1.33	1.33
Lysine	1.38	1.27	1.15
Methionine	0.68	0.65	0.61
Methionine + Cysteine	1.04	0.99	0.91
Threonine	0.96	0.87	0.8

[1] Vitamin premix (per kilogram of diet) contains: 8500 IU vitamin A, 2500 IU vitamin D_3, 11 IU vitamin E, 2.2 mg vitamin K_3, 1.477 mg vitamin B_1, 4 mg vitamin B_2, 7.84 mg vitamin B_3, 34.65 mg vitamin B_5, 2.464 mg vitamin B_6, 0.11 mg of vitamin B_9, 0.01 mg of vitamin B_{12}, and 400 mg of choline chloride.

[2] Mineral premix (per kilogram of diet) contains: 74.4 mg Manganese, 75 mg iron, 67.564 mg zinc, 6 mg copper, 0.867 mg iodine, and 2 mg selenium.

[3] Different sources of fiber (rice hull and sunflower hull) were replaced with sand at the level of 3%.

داده‌های به‌دست آمده با استفاده از رویه GLM نرم‌افزار آماری SAS (1999) و در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل ۲×۳ با شش تیمار و پنج تکرار مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. همچنین، مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

مصرف خوراک: نتایج تاثیر تیمارهای آزمایشی بر مصرف خوراک جوجه‌های گوشتی در جدول ۳ گزارش شده است. در بررسی اثر متقابل بین منبع الیاف و تراکم در دوره‌های مختلف پرورش بر میانگین خوراک مصرفی، تفاوت معنی‌داری ($P>۰/۰۵$) مشاهده نشد. مصرف خوراک پرندگان در دوره آغازین (۱ تا ۱۰ روزگی)، پایانی (۲۵ تا ۴۲ روزگی) و نیز کل دوره پرورش (۱ تا ۴۲ روزگی) تحت تأثیر سطوح تراکم قرار گرفت ($P<۰/۰۵$)، به‌طوری که، میزان خوراک مصرفی در دوره آغازین، پایانی و نیز کل دوره پرورش در سطح تراکم طبیعی نسبت به تراکم بالا به‌صورت معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) بیشتر بود. منبع الیاف، مصرف خوراک جوجه‌های گوشتی را در دوره رشد، پایانی و نیز کل دوره تحت تأثیر قرار داد ($P<۰/۰۵$)، به‌طوری که، پرندگان تغذیه شده با پوسته آفتابگردان و پوسته برنج، مصرف خوراک بالاتری در مقایسه با تیمار بدون الیاف در هر سه دوره نشان دادند (جدول ۳).

تراکم بالا به‌دلیل تأثیر بر سلامت، عملکرد و رفاه پرنده به‌عنوان یک عامل تنش‌زای مهم در نظر گرفته شده است (Houshmand *et al*., 2012). با توجه به نتایج به‌دست آمده در مطالعه حاضر، مقادیر خوراک مصرفی در دوره‌های مختلف پرورش در سطح تراکم طبیعی نسبت به تراکم بالا به‌طور معنی‌داری بیشتر بود که شاید دلیل آن، کاهش دمای محیط به‌علت کاهش جمعیت باشد زیرا در این حالت، هر پرنده برای حفظ دمای متعادل بدن، انرژی بیشتری مصرف می‌کند، پس به خوراک بیشتری نیاز دارد (Appleby *et al*., 2002). از طرفی، در شرایط پرورش تراکم بالا، کاهش اتلاف گرمای بدن، کیفیت بد هوا به‌دلیل تبادل نامناسب هوا، افزایش سطح آمونیاک و کاهش دسترسی به غذا و آب می‌تواند منجر به کاهش بازده خوراک شود (Uzum and Toplu, 2013). در نهایت، کاهش فضای مورد نیاز برای هر پرنده منجر به کاهش تولید می‌شود (Soares *et al*., 2018). در توافق با یافته‌های این پژوهش، Doostalivand *et al.* (2023) نیز در بررسی اثر اصلی تراکم، کاهش مصرف خوراک روزانه در مرغ‌های تخمگذار پرورش یافته در شرایط تراکم بالا نسبت به تراکم طبیعی را گزارش کردند. مشابه با نتایج مطالعه حاضر، افزایش تراکم از ۱۵ به ۳۵ پرنده در مترمربع در غازهای ۱۴روزه باعث کاهش میانگین مصرف خوراک روزانه شد (Liu *et al*., 2021). در پژوهش‌های Ha *et al*. (2021)، Yu *et al*. (2021) و Jeong *et al*. (2020) نیز با افزایش تراکم، کاهش مصرف خوراک جوجه‌های گوشتی گزارش شد.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که در دوره آغازین، استفاده از منابع مختلف الیاف، تفاوت معنی‌داری در مصرف خوراک پرندگان ایجاد نکرد، در صورتی که در دوره رشد، دوره پایانی و نیز کل دوره، پرندگانی که پوسته آفتابگردان و پوسته برنج مصرف نمودند مصرف خوراک بیشتری نسبت به جیره بدون الیاف داشتند. شاید بتوان این‌گونه تحلیل نمود که منابع الیافی، به‌خصوص سطح بالای آن (۳ درصد)، با کاهش مدت زمان توقف مواد غذایی در روده، سبب افزایش خوراک مصرفی می‌شود. پژوهشگران گزارش کردند که تغذیه با منابع الیاف نامحلول ممکن است سلامت و عملکرد رشد جوجه‌ها را بهبود بخشد (Röhe and Zentek, 2021). مشابه با نتایج مطالعه حاضر، در مطالعه Khazari *et al*. (2019)، با مقایسه چهار منبع الیاف نامحلول (پوسته سویا، پوسته برنج، آربوسل و الیاف صنعتی بامبو)، بیشترین مصرف خوراک در دوره پایانی در تیمار حاوی پوسته سویا و کمترین مصرف خوراک در تیمار حاوی منبع الیاف بامبو مشاهده شد. در پژوهشی دیگر، Mirzaie Goudarzi *et al*. (2017) گزارش کردند که اثر تیمارهای آزمایشی (کاه گندم فرآوری شده، پوسته آفتابگردان و پوسته سویا هرکدام به‌میزان سه درصد) بر مصرف خوراک جوجه‌های گوشتی معنی‌دار نبوده است. در پژوهشی دیگر، بررسی گنجاندن پوسته برنج فرآوری شده به‌عنوان الیاف نامحلول در جیره غذایی بلدرچین ژاپنی باعث کاهش میزان خوراک مصرفی در طول دوره آزمایشی شد (Rezaei *et al*., 2014). بیان شده است که پوسته برنج، یک منبع غنی از الیاف‌های غذایی نامحلول (سلولز) است (Goodman, 2020). همچنین، پوسته آفتابگردان عمدتاً از مواد الیافی، پروتئین‌های استخراجی بدون نیتروژن، روغن و خاکستر تشکیل شده است که ترکیب ساختاری آن شامل سلولز،

همی سلولز و لیگنین است (Klimek-Kopyra *et al*., 2021). علاوه بر این، گزارش‌ها حاکی از آن است که خصوصیات فیزیکوشیمیایی الیاف‌های نامحلول از جمله ویسکوزیته، خاصیت جذب اندک آب و قابلیت تخمیر آنها نیز در مصرف خوراک مؤثر است. از طرفی، Pourazadi *et al*. (2021) با استفاده از پوسته آفتابگردان و سبوس گندم در جیره بر پایه جو (حاوی ۳۰ درصد) گزارش کردند که مصرف پوسته آفتابگردان و سبوس گندم بر میزان مصرف خوراک جوجه‌های گوشتی در مقایسه با گروه شاهد (بدون الیاف)، اثر معنی‌داری نداشت. همچنین، محققین گزارش کردند که الیاف نامحلول در جوجه‌های گوشتی تأثیری بر میزان مصرف خوراک ندارد، اما منجر به بهبود ضریب تبدیل خوراک و افزایش وزن بدن جوجه‌های گوشتی می‌شود (Sarikhan *et al*., 2010). همچنین، در مطالعه Dalvand *et al*. (2018)، سبوس برنج در تمامی سطوح مصرفی (۲/۵، ۵ و ۷/۵ درصد) باعث کاهش مقدار مصرف خوراک شد که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت ندارد. در یک پژوهش، Rezaei *et al*. (2011) نشان دادند که افزودن الیاف فرآوری شده (ویتاسل) به جیره به‌میزان ۰/۳، ۰/۴ و ۰/۵ درصد، تغییری در میزان خوراک مصرفی جوجه‌های گوشتی ایجاد نکرد.

افزایش وزن بدن: نتایج جدول ۴ نشان داد که اثر متقابل منبع الیاف و تراکم تنها در دوره پایانی بر افزایش وزن بدن جوجه‌های گوشتی تأثیر معنی‌داری داشت ($P<۰/۰۵$)، به‌طوری که پرندگان تغذیه شده با جیره حاوی پوسته آفتابگردان و پوسته برنج در شرایط تراکم طبیعی، افزایش وزن بالاتری در مقایسه با سایر تیمارها نشان دادند، اما در سایر دوره‌ها، اثر متقابل منبع الیاف و تراکم، معنی‌دار نبود ($P>۰/۰۵$). در دوره آغازین، دوره پایانی و نیز کل دوره پرورش، اعمال تنش تراکم دارای تأثیر معنی‌داری بر افزایش وزن بدن پرندگان بود ($P<۰/۰۵$)، به‌طوری که پرندگان پرورش یافته در شرایط تراکم بالا، افزایش وزن کمتری در مقایسه با پرندگان پرورش یافته در شرایط تراکم طبیعی نشان دادند. همچنین، استفاده از منابع مختلف الیاف بدون در نظر گرفتن تنش تراکم، در تمام دوره‌های پرورش، تأثیر معنی‌داری بر افزایش وزن بدن پرندگان داشت ($P<۰/۰۵$). در دوره آغازین، رشد، پایانی و نیز کل دوره پرورش، پرندگان تغذیه شده با جیره پوسته آفتابگردان و نیز پوسته برنج، افزایش وزن بالاتری در مقایسه با پرندگان تغذیه شده

جدول ۳- اثر منابع الیاف و سطح تراکم بر مصرف خوراک جوجه‌های گوشتی در طول دوره آزمایش (گرم به‌ازای هر پرنده)

Table 3. Effect of fiber sources and density level on feed intake of broilers during the experimental period (g/bird)

Treatment		Starter period (1-10 days old)	Grower period (11-24 days old)	Finisher period (25-42 days old)	Whole period (1-42 d)
Fiber sources	Density				
No fiber	Normal	260.00	995.50	2780.02	4035.51
	High	230.50	940.00	2472.13	3642.63
Sunflower hull	Normal	263.20	1072.60	2831.68	4167.48
	High	250.92	1076.21	2656.81	3983.94
Rice hull	Normal	261.70	1049.09	2822.91	4133.72
	High	250.59	1053.08	2579.68	3883.37
SEM		8.40	24.2086	37.00	56.94
Fiber sources					
No fiber		245.25	967.75[b]	2626.07[b]	3839.07[b]
Sunflower hull		257.06	1074.41[a]	2744.20[a]	4075.67[a]
Rice hull		256.14	1051.08[a]	2701.30[a]	4008.52[a]
SEM		5.94	17.1181	26.16	40.26
Density					
Normal		261.63[a]	1039.06	2811.53[a]	4112.22[a]
High		244.00[b]	1023.10	2569.54[b]	3836.64[b]
SEM		4.85	13.9768	21.36	32.87
			P-value		
Fiber source		0.311	0.0016	0.001	0.001
Density		0.016	0.4782	<0.0001	<0.001
Fiber sources × Density		0.482	0.4629	0.219	0.193

[a-b] In each column, the means with different superscripts have a significant difference ($P<0.05$).

با جیره بدون الیاف نشان دادند. مشابه با نتایج مطالعه حاضر، Lui *et al.* (2021) گزارش دادند که افزایش تراکم از ۱۵ به ۳۵ پرنده در مترمربع در غاز باعث کاهش میانگین مصرف خوراک روزانه و میانگین افزایش وزن شد. از جمله دلایل کاهش وزن در تراکم بالا این است که دمای محیطی اطراف پرنده افزایش یافته و قرار گرفتن پرنده در محیط‌های با دمای زیاد باعث کاهش مصرف خوراک و کاهش حرارت متابولیکی و در نتیجه، کاهش وزن می‌شود (Feddes *et al.*, 2003; Zhang *et al.*, 2013). نتایج پژوهش حاضر در تضاد با نتایج Buijs *et al.* (2009) بود، به‌طوری که آنها تفاوت معنی‌داری در وزن بدن پرندگان پرورش یافته در تراکم بالا مشاهده نکردند. در توافق با یافته‌های این پژوهش، Abudabos *et al.* (2013)، بالاترین افزایش وزن روزانه در جوجه‌های گوشتی پرورش یافته در تراکم کم (۲۸ کیلوگرم بر مترمربع) و متوسط (۳۷ کیلوگرم بر مترمربع) را نسبت به جوجه‌های گوشتی با تراکم بالا (۴۰ کیلوگرم بر مترمربع) گزارش کردند. شاید دلیل این نتایج، افزایش تنش، رقابت برای مصرف غذا، افزایش فعالیت میکروبی و تولید گاز آمونیاک در اثر افزایش تراکم باشد که متعاقب آن، کاهش رشد پدیدار می‌شود (Reiter and Bessei, 2000). در پژوهشی در جوجه‌های گوشتی در شرایط مختلف تراکم (۱۰ و ۱۶ قطعه در هر مترمربع) بیان شد که تراکم طبیعی و بالا، اثری بر افزایش وزن روزانه نداشته است (Dozier *et al.*, 2006). یکی از دلایل کاهش وزن پرندگان پرورش یافته در تراکم بالا را می‌توان به کاهش خوراک مصرفی این پرندگان نسبت داد. در پژوهش Ha *et al.* (2021) نیز با افزایش تراکم از ۱۴ به ۱۶ پرنده در هر مترمربع، وزن نهایی بدن و مصرف خوراک جوجه‌های گوشتی کاهش یافت. در مطالعه Tuerkyilmaz (2008)، افزایش تراکم تأثیر قابل توجهی بر کاهش وزن بدن جوجه‌های گوشتی نداشت. در پژوهشی دیگر، Jeong *et al.* (2020) بیان نمودند جوجه‌هایی که در تراکم بالا پرورش یافته بودند کاهش در میزان افزایش وزن بدن در تمام مراحل پرورش در مقایسه با جوجه‌های پرورش یافته با تراکم پایین داشتند. تحقیقات نشان می‌دهد که افزودن مقادیر متوسط منابع الیاف نامحلول در جیره برای بهبود عملکرد جوجه‌های گوشتی مفید است. پوسته آفتابگردان دارای الیاف نامحلول بیشتری است و می‌تواند با افزایش میزان عبور مواد خوراکی و تأثیر بر قابلیت هضم مواد مغذی، به افزایش وزن بدن منتهی شود (Musavi, 2017). نشان داده شده است که استفاده از سه درصد پوسته آفتابگردان با اندازه ذرات ریز و پوسته کاملینا با اندازه ذرات درشت نسبت به تیمار شاهد سبب افزایش وزن بدن و کاهش ضریب تبدیل شد (Jamshidi, 2017)، که با نتایج این مطالعه که پوسته آفتابگردان و پوسته برنج نسبت به منبع بدون الیاف، اثر مثبتی بر افزایش مقادیر افزایش وزن داشتند، مطابقت دارد. در پژوهشی دیگر، Khazari *et al.* (2019) گزارش کردند که تیمار حاوی پوسته برنج در دوره پایانی، افزایش وزن بیشتری را نشان دادند و کمترین افزایش وزن بدن مربوط به جوجه‌های تغذیه شده با منبع الیاف بامبو بود. محققین مشاهده کردند که میانگین افزایش وزن بدن در تیمار کاه گندم فرآوری شده نسبت به تیمارهای پوسته آفتابگردان و پوسته سویا بهبود یافت (Mirzaie Goudarzi *et al.*, 2017). در مطالعه‌ای دیگر، گنجاندن پوسته برنج فرآوری شده به‌عنوان الیاف نامحلول در رژیم غذایی جوجه‌های گوشتی باعث افزایش وزن روزانه بدن شد (Rezaei *et al.*, 2014). محققان نشان دادند، از ۷ تا ۱۴ و ۱۴ تا ۲۱ روزگی، تغذیه پوسته برنج سبب بهبود میانگین افزایش وزن روزانه جوجه‌های گوشتی شد، اما افزودن فیتاز میانگین افزایش وزن روزانه را کاهش داد. از سن ۳ تا ۲۱ روزگی، پرندگان تغذیه شده با پوسته برنج، میانگین افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل خوراک بهتری نسبت به پرندگان در گروه شاهد (بدون پوسته برنج) داشتند (Hartini *et al.*, 2019). در پژوهشی دیگر، طی بررسی تأثیر پوسته آفتابگردان، پوسته برنج و پوسته کاملینا و با اندازه ذرات مختلف بر جوجه‌های گوشتی تا سن ۲۱ روزگی گزارش شد که کاربرد پوسته آفتابگردان با اندازه ریز سبب بهبود افزایش وزن جوجه‌های گوشتی نسبت به گروه شاهد شد. در نهایت، بیان شد که پوسته آفتابگردان، پوسته برنج و پوسته کاملینا به میزان سه درصد در جیره، تأثیر منفی بر عملکرد جوجه‌های گوشتی تا سن ۲۱ روزگی نداشت، این در حالی بود که پوسته آفتابگردان در جیره باعث بهبود وزن بدن شد (Jamshidi and Moradi, 2020). نتایج مطالعات Amerah *et al.* (2009) و Jimenez-Moreno *et al.* (2010) نشان داد که استفاده از منابع الیاف نامحلول بر افزایش وزن و نسبت مصرف خوراک به افزایش وزن در جوجه‌های گوشتی ۲۱-۰ روزگی تأثیر قابل توجهی نداشت که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت ندارد. این تناقض‌ها ممکن است به‌دلیل نوع

جدول ۴- اثر منابع الیاف و سطح تراکم بر افزایش وزن جوجه‌های گوشتی در طول دوره آزمایش (گرم به ازای هر پرنده)
Table 4. Effect of fiber sources and density level on body weight gain of broilers during the experimental period (g/bird)

Treatment		Starter period (1-10 days old)	Grower period (11-24 days old)	Finisher period (25-42 days old)	Whole period (1-42 d)
Fiber sources	Density				
No fiber	Normal	204.72	737.58	1358.11^{bc}	2300.41
	High	193.91	699.46	1264.71^{c}	2158.09
Sunflower hull	Normal	216.72	829.92	1549.78^{a}	2596.42
	High	206.70	837.16	1406.40^{b}	2450.26
Rice hull	Normal	214.30	838.93	1617.47^{a}	2670.70
	High	203.61	822.43	1351.71^{bc}	2377.75
SEM		3.84	16.0409	23.31	40.83
Fiber sources					
No fiber		199.31^{b}	718.52^{b}	1311.41^{b}	2229.25^{b}
Sunflower hull		211.71^{a}	833.54^{a}	1478.09^{a}	2523.34^{a}
Rice hull		208.95^{a}	830.68^{a}	1484.59^{a}	2524.22^{a}
SEM		2.72	11.3426	23.55	28.87
Density					
Normal		211.91^{a}	802.15	1508.45^{a}	2522.51^{a}
High		201.40^{b}	786.35	1340.94^{b}	2328.70^{b}
SEM		2.22	0.2612	19.23	23.57
			P-value		
Fiber source		0.009	0.0001	<0.0001	<0.0001
Density		0.002	0.3044	<0.0001	<0.0001
Fiber sources × Density		0.993	0.4798	0.044	0.131

[a-b] In each column, the means with different superscripts have a significant difference (P<0.05).

پرنده، نوع جیره شاهد، نوع و سطح الیاف مورد استفاده و تفاوت در نوع جیره (خالص، نیمه خالص وکاربردی) باشد. زمانی که پرندگان با جیره‌های رقیق شده با الیاف نامحلول تغذیه می‌شوند قادرند از راه افزایش ظرفیت دستگاه گوارش و یا نرخ سرعت عبور، افزایش وزن خود را در حد طبیعی نگه دارند (Svihus and Hetland, 2010).

ضریب تبدیل خوراک: نتایج جدول ۵ نشان داد که اثر متقابل منبع الیاف و تراکم بر ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی در دوره پایانی و کل دوره پرورش، معنی‌دار بود (P<۰/۰۵)، به‌طوری که پرندگان مصرف‌کننده جیره حاوی پوسته برنج در شرایط پرورشی تراکم طبیعی، بهترین ضریب تبدیل خوراک را نشان دادند. هر چند، پرندگان تغذیه شده با جیره حاوی پوسته آفتابگردان نیز در هر دو تراکم (طبیعی و بالا)، ضریب تبدیل خوراک بهتری در مقایسه با پرندگان تغذیه شده با جیره بدون الیاف نشان دادند. اثر اصلی منبع الیاف به‌طور معنی‌داری ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی را در دوره پایانی و نیز کل دوره پرورش تحت تأثیر قرار داد، به‌طوری که پرندگان تغذیه شده با پوسته آفتابگردان و پوسته برنج دارای ضریب تبدیل خوراک بهتری در مقایسه با پرندگان تغذیه شده با جیره بدون الیاف بودند (P<۰/۰۵)، اما سطح تراکم نتوانست تأثیر معنی‌داری بر داده‌های ضریب تبدیل خوراک در دوره‌های مختلف آزمایشی داشته باشد (P>۰/۰۵).

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۵، منبع الیاف به‌طور معنی‌داری ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی را در دوره پایانی و نیز کل دوره پرورش تحت تأثیر قرار داد، به‌طوری که پرندگان تغذیه شده با پوسته آفتابگردان و پوسته برنج دارای ضریب تبدیل خوراک بهتری در مقایسه با پرندگان تغذیه شده با جیره بدون الیاف بودند. مطالعات بسیاری گزارش کردند که مصرف خوراک با الیاف بالا، ضریب تبدیل خوراک را بهبود می‌بخشد. مشابه با نتایج مطالعه حاضر، Jamshidi (2017) گزارش کرد که استفاده از سه درصد پوسته آفتابگردان با اندازه ذرات ریز و پوسته کاملینا با اندازه ذرات درشت سبب بهبود ضریب تبدیل خوراک نسبت به تیمار شاهد شد. در مطالعه Khazari *et al.* (2019)، کمترین ضریب تبدیل غذایی در تیمار حاوی پوسته برنج و بیشترین ضریب تبدیل در گروه حاوی بامبو مشاهده شد. در مطالعه Nehirat *et al.* (2019)، تیمار دارای ۱/۵ درصد پودر هسته خرما، بهترین ضریب تبدیل خوراک را در مقایسه با سایر تیمارها داشت. در یک پژوهش،

Mirzaie Goudarzi *et al*. (2017) با مقایسه منابع مختلف الیاف (کاه گندم فرآوری شده، پوسته سویا و پوسته آفتابگردان) در تغذیه جوجه‌های گوشتی مشاهده کردند که میانگین ضریب تبدیل غذایی در تیمار کاه گندم فرآوری شده نسبت به تیمارهای پوسته آفتابگردان و پوسته سویا بهبود یافت، اما تفاوت معنی‌داری با پرندگان تغذیه شده با جیره شاهد نداشت. در بررسی گنجاندن پوسته برنج فرآوری شده به‌عنوان الیاف نامحلول در رژیم غذایی بر عملکرد و ویژگی‌های گوارشی بلدرچین ژاپنی، پوسته برنج فرآوری شده باعث کاهش ضریب تبدیل خوراک و میزان خوراک مصرفی در طول دوره آزمایشی شد (Rezaei *et al*., 2014). در تضاد با نتایج مطالعه حاضر، Doostalivand *et al.* (2023)، اثر متقابل معنی‌داری بین منبع الیاف نامحلول و تراکم بر ضریب تبدیل مرغ‌های تخمگذار مشاهده نکردند، ولی گنجاندن باگاس نیشکر در رژیم غذایی، ضریب تبدیل غذایی را در مقایسه با پرندگان تغذیه شده با پوسته آفتابگردان بهبود بخشید. نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های Musavi (2017) تناقض دارد که گزارش کرد ضریب تبدیل غذایی تحت تأثیر منابع مختلف الیاف (پوسته آفتابگردان، پوسته سویا و کاه گندم فرآوری شده و آربوسل) قرار نگرفت. یکی از دلایل این تناقض می‌تواند تفاوت در سطوح و منبع الیاف‌های استفاده شده باشد.

در مطالعه حاضر، سطح تراکم نتوانست تأثیر معنی‌داری بر داده‌های ضریب تبدیل خوراک در دوره‌های مختلف آزمایشی داشته باشد. مشابه با نتایج مطالعه حاضر، افزایش تراکم از ۱۵ به ۳۵ پرنده در هر مترمربع در غاز تأثیری بر ضریب تبدیل خوراک و صفات اندازه‌گیری‌شده بدن نداشت (Liu *et al*., 2021)، اما برخلاف نتایج مطالعه حاضر، در پژوهش Ha *et al.* (2021)، با افزایش تراکم از ۱۴ به ۱۶ پرنده در هر مترمربع، افزایش ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی مشاهده شد. در مطالعه‌ای، Jeong *et al.* (2020) بیان نمودند جوجه‌هایی که در تراکم بالا پرورش یافته بودند، افزایش ضریب تبدیل خوراک در مرحله پایانی در مقایسه با جوجه‌های پرورش یافته با تراکم پایین داشتند. در یک آزمایش، سه سطح تراکم پایین (۲۸ کیلوگرم بر متر مربع)، متوسط (۳۷ کیلوگرم بر متر مربع) و بالا (۴۰ کیلوگرم بر متر مربع) بررسی شد و تراکم بر ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی اثری نداشت که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد (Abudabos *et al*., 2013). در مطالعه Houshmand *et al*. (2012)، پرورش جوجه‌های گوشتی در شرایط مختلف تراکم (۱۰ و ۱۶ قطعه در هر مترمربع) نشان داد که تراکم طبیعی سبب بهبود ضریب تبدیل خوراک در مقایسه با تراکم بالا می‌شود که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت ندارد. در مطالعه‌ای دیگر، تراکم بالا عملکرد بهتری را نسبت به تراکم طبیعی در دوره آغازین موجب شد، اما در دوره رشد و نزدیک شدن به پایان دوره به‌دلیل اینکه تنش تراکم، وزن بدن پرندگان را بیشتر تحت تأثیر قرار می‌دهد و سبب کاهش آن می‌شود، ضریب تبدیل خوراک در شرایط تراکم بالا افزایش یافت (Rasooli *et al*., 2018).

صفات لاشه: با توجه به اطلاعات جدول ۶، وزن نسبی اجزای مختلف لاشه شامل پانکراس، کبد، ران، سینه، سنگدان و کل دستگاه گوارش تحت تأثیر اثر متقابل منبع الیاف و سطح تراکم قرار نگرفت ($P>0/05$). همچنین، وزن نسبی اجزای مختلف لاشه تحت تأثیر اثر اصلی منبع الیاف و تراکم قرار نگرفت ($P>0/05$).

در توافق با یافته‌های پژوهش حاضر، Mirzaie Goudarzi *et al*. (2017) گزارش دادند اثر منابع مختلف الیاف نامحلول بر وزن اندام‌های گوارشی و خصوصیات سنگدان در سن ۲۴ روزگی، معنی‌دار نبود. استفاده از الیاف نامحلول در جیره جوجه‌های گوشتی در ۴۲ روزگی بر وزن نسبی پیش‌معده تأثیری نداشت (Sadeghi *et al*., 2015). در مطالعه Jamshidi and Moradi (2020)، با استفاده از سه منبع الیاف (سه درصد) شامل پوسته آفتابگردان، پوسته برنج و پوسته کاملینا و دو اندازه ذرات الیاف (ریز یک میلی‌متری و درشت سه میلی‌متری) در جوجه‌های گوشتی، نشان داده شد که وزن سنگدان تحت تأثیر اثر اصلی منبع الیاف و اندازه ذرات الیاف قرار نگرفت، اگرچه استفاده از پوسته آفتابگردان با اندازه درشت تمایل به افزایش وزن سنگدان در مقایسه با گروه شاهد نشان داد. مطالعات نشان داده‌اند ساز و کار عملکرد الیاف در دستگاه گوارش به ساختار شیمیایی، اندازه ذرات و میزان استفاده از آن بستگی دارد (Holscher, 2017). نشان داده شده است که منبع الیاف غذایی نامحلول در سطوح متوسط دو تا سه درصد در جوجه‌های گوشتی باعث تحریک رشد سنگدان و ترشح آنزیم‌های گوارشی شده و منجر به استفاده بهتر مواد مغذی و رشد می‌شود (Donadelli *et al*., 2019) و در پژوهشی دیگر، گنجاندن پنج درصد پوسته سویا در جیره منجر به

بهبود ریخت‌شناسی روده بدون تأثیر منفی بر عملکرد رشد و صفات لاشه می‌شود (Sittiya *et al*., 2020). در یک مطالعه، استفاده از سه درصد پوسته آفتابگردان در جیره غذایی جوجه‌های گوشتی باعث افزایش عملکرد رشد، افزایش وزن اندام‌های دستگاه گوارش و طول روده کوچک و سکوم طولانی‌تر نسبت به گروه شاهد شد (Kimiaeitalab *et al*., 2017). در پژوهشی دیگر، Hartini *et al*. (2019) مشاهده کردند که در سن ۲۱ روزگی، تغذیه پوسته برنج باعث افزایش وزن سنگدان خالی، افزایش محتوای ژژنوم و کاهش دفع فسفر شد. همچنین، بیان شده است که پوسته آفتابگردان به میزان سه درصد در جیره باعث بهبود وزن سنگدان شد (Jamshidi and Moradi, 2020).

نتایج حاصل از تأثیر سطح تراکم در مطالعه حاضر نشان داد که افزایش تراکم تأثیری بر وزن نسبی اجزای لاشه نداشت. برخلاف نتایج مطالعه حاضر، نشان داده شده است که تراکم بالا در مقابل تراکم کم باعث افزایش وزن نسبی کبد در روز ۳۵ شد (Jeong *et al*., 2020).

فراسنجه‌های خونی: تأثیر منبع الیاف و سطح تراکم بر فراسنجه‌های خونی جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی در جدول ۷ نشان داده شده است. بر اساس نتایج، اثر متقابل منبع الیاف و سطح تراکم بر غلظت گلوکز، کلسترول LDL و تری‌گلیسرید خون تأثیر معنی‌داری نداشت، اما در ارتباط با غلظت HDL، پوسته آفتابگردان در تراکم طبیعی و پوسته برنج در تراکم بالا باعث افزایش معنی‌دار غلظت HDL خون در مقایسه با سایر تیمارها شد (P<۰/۰۵). در بررسی آثار اصلی، استفاده از پوسته آفتابگردان باعث افزایش معنی‌دار غلظت HDL خون در مقایسه با تیمار بدون الیاف شد (P<۰/۰۵)، اما تفاوت معنی‌داری با تیمار پوسته برنج نداشت (P>۰/۰۵). همچنین، پرندگان پرورش یافته در تراکم بالا به‌طور معنی‌داری غلظت گلوکز، کلسترول و LDL خون بالاتری در مقایسه با پرندگان پرورش یافته در تراکم طبیعی نشان دادند (P<۰/۰۵). غلظت تری‌گلیسرید، کلسترول کل و لیپوپروتئین‌ها تحت تأثیر عوامل متعددی چون سن، جنس، ژنتیک، محیط و شرایط تغذیه‌ای قرار می‌گیرند. ثابت شده است که کاهش تجمع لیپید کبدی از راه مصرف الیاف جیره‌ای مستقل از میزان جذب ماده مغذی در جوجه‌ها است (Akiba and Matsumoto, 1980). Khazari *et al.* (2019) آثار منابع مختلف الیاف نامحلول بر عملکرد، قابلیت هضم مواد مغذی و فراسنجه‌های خونی در

جدول ۵- اثر منابع الیاف و سطح تراکم بر ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی در طول دوره آزمایش

Table 5. Effect of fiber sources and density level on feed conversion ratio of broilers during the experimental period

Treatment		Starter period (1-10 days old)	Grower period (11-24 days old)	Finisher period (25-42 days old)	Whole period (1-42 d)
Fiber sources	Density				
No fiber	Normal	1.27	1.35	2.04[a]	1.75[a]
	High	1.18	1.34	1.96[ab]	1.69[ab]
Sunflower hull	Normal	1.21	1.29	1.83[b]	1.60[c]
	High	1.21	1.28	1.88[b]	1.62[bc]
Rice hull	Normal	1.22	1.25	1.74[c]	1.54[d]
	High	1.23	1.28	1.90[b]	1.63[bc]
SEM		0.360	0.0168	0.043	0.026
Fiber sources					
No fiber		1.22	1.34	2.00[a]	1.72[a]
Sunflower hull		1.21	1.29	1.86[b]	1.61[b]
Rice hull		1.22	1.26	1.82[b]	1.58[b]
SEM		0.025	0.0119	0.030	0.018
Density					
Normal		1.23	1.30	1.86	1.63
High		1.21	1.30	1.91	1.64
SEM		0.02	0.0097	0.034	0.015
			P-value		
Fiber source		0.931	0.0796	<0.0001	0.0001
Density		0.436	0.8684	0.295	0.587
Fiber sources × Density		0.386	0.785	0.040	0.044

[a-d] In each column, the means with different superscripts have a significant difference (P<0.05).

جدول ۶- اثر منابع الیاف و سطح تراکم بر وزن نسبی اجزای لاشه در جوجه‌های گوشتی در ۴۲ روزگی (درصدی از وزن زنده)

Table 6. Effect of fiber sources and density level on the relative weight of the carcass components of broiler chickens at the age of 42 days (percentage of live body weight)

Treatment		Carcass components					
Fiber sources	Density	Pancreas	Liver	Thigh	Breast	Gizzard	Gastrointestinal tract
No fiber	Normal	0.21	2.17	18.91	24.36	2.63	11.87
	High	0.23	2.12	20.34	23.42	2.57	12/00
Sunflower hull	Normal	0.20	2.17	19.04	23.98	2.63	12.31
	High	0.20	2.03	18.62	24.42	2.63	12.21
Rice hull	Normal	0.20	1.80	19.08	24.10	2.80	12.22
	High	0.22	1.93	18.98	24.15	2.81	12.19
SEM		0.01	0.10	0.69	0.5024	0.03	0.08
Fiber sources							
No fiber		0.22	2.15	19.63	23.89	2.60	11.94
Sunflower hull		0.2	2.10	18.83	24.20	2.63	12.26
Rice hull		0.21	1.87	19.03	24.12	2.80	12.21
SEM		0.007	0.07	0.49	0.35	0.02	0.05
Density Level							
Normal		0.20	2.05	19.01	24.14	2.68	12.13
High		0.22	2.03	19.31	24.00	2.67	12.14
SEM		0.006	0.05	0.40	0.29	0.01	0.048
		P-value					
Fiber source		0.7101	0.0888	0.1128	0.9352	0.3793	0.6075
Density		0.5299	0.8310	0.3366	0.8384	0.8971	0.9963
Fiber sources × Density		0.7908	0.5508	0.503	0.7265	0.9620	0.9433

جوجه‌های گوشتی را بررسی کردند و گزارش دادند که تیمارهای حاوی پوسته برنج و آربوسل باعث افزایش سطح تری‌گلیسرید و کاهش کلسترول پلاسما شدند که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت ندارد. همچنین، استفاده از منابع مختلف الیاف (سبوس گندم، پوسته سویا و پودر هسته خرما) سبب کاهش معنی‌دار تری‌گلیسرید و کلسترول سرم خون در مقایسه با تیمار شاهد شد (Nehirat *et al*., 2019). محققین معتقد هستند مصرف الیاف با دو ساز و کار باعث کاهش کلسترول سرم می‌شود که شامل کاهش جذب کلسترول و افزایش دفع استرول‌های صفراوی از راه مدفوع و همچنین، کاهش ساخت کلسترول درون‌زاد از مسیر تولید اسیدهای چرب زنجیره کوتاه باکتریایی به‌وجود آمده از تخمیر الیاف در دستگاه گوارش هستند (Arjmandi *et al*., 1992).

در مطالعه حاضر، غلظت LDL، گلوکز و کلسترول خون در تراکم طبیعی نسبت به تراکم بالا به‌طور معنی‌داری پایین‌تر بود. شاید دلیل افزایش غلظت LDL، گلوکز و کلسترول خون در تراکم بالا، پاسخ‌های منفی مانند افزایش سطح کورتیکوسترون، افزایش پراکسیداسیون لیپیدها و تولید رادیکال‌های آزاد در جوجه‌های پرورش یافته در تراکم بالا باشد (Quintero-Filho *et al*., 2010). در تناقض با نتایج مطالعه حاضر، Doostalivand *et al.* (2023) گزارش کردند که در مرغ‌های تخمگذار پرورش یافته در تراکم بالا، سطح گلوکز خون به‌طور قابل توجهی بیشتر از مرغ‌های پرورش یافته در تراکم طبیعی بود. بر خلاف نتایج مطالعه حاضر، مطالعات نشان داده‌اند که افزایش تراکم جمعیت از ۱۰ به ۱۶ پرنده در هر مترمربع، غلظت کلسترول و تری‌گلیسرید پلاسما را کاهش می‌دهد (El-Garhy, 2021). غلظت پروتئین کل خون، آلبومین، آسپارتات‌آمینوترانسفراز و کلسترول در تراکم کم‌تر بلدرچین‌های تخمگذار در سن ۸ هفتگی نسبت به تراکم بالاتر، بیشتر بود (Mahrose *et al*., 2020). در پژوهشی دیگر، تراکم طبیعی نسبت به تراکم بالاتر باعث افزایش گلوکز، کاهش کلسترول، افزایش نسبت H:L و کاهش کورتیکوسترون شد (Houshmand *et al*., 2012). همچنین، Škrbić *et al.* (2009) با استفاده از جوجه گوشتی هوبارد که در قفس‌هایی با سه سطح تراکم ۱۰، ۱۳ و ۱۶ پرنده در هر مترمربع قرار گرفتند مشاهده نمودند

افزایش تراکم تأثیر معنی‌داری بر میزان گلوکز و کلسترول کل ندارد.

نتایج جمعیت میکروبی سکوم: تأثیر منبع الیاف و سطح تراکم بر جمعیت باکتری‌های *لاکتوباسیل*، *کلی‌فرم* و *اشریشیا کلی* جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی در جدول ۸ نشان داده شده است. جمعیت *لاکتوباسیل* سکوم تحت تأثیر اثر متقابل منبع الیاف و سطح تراکم قرار گرفت (P<۰/۰۵)، به‌طوری که در عدم حضور الیاف، تراکم بالا باعث کاهش معنی‌دار جمعیت *لاکتوباسیل* سکوم در مقایسه با تراکم طبیعی شد، اما در حضور پوسته آفتابگردان و پوسته برنج، تراکم بالا باعث افزایش معنی‌دار جمعیت *لاکتوباسیل* سکوم در مقایسه با تراکم طبیعی شد (P<۰/۰۵). اثر متقابل منبع الیاف و سطح تراکم تأثیر معنی‌داری بر جمعیت *کلی‌فرم* و *اشریشیا کلی* سکوم نداشت (P>۰/۰۵). در بررسی آثار اصلی، تنها جمعیت *کلی‌فرم* سکوم تحت تأثیر تراکم قرار گرفت، به‌طوری که، پرندگان پرورش یافته در تراکم بالا به‌صورت معنی‌داری جمعیت *کلی‌فرم* بالاتری در مقایسه با تراکم طبیعی نشان دادند (P<۰/۰۵). منبع الیاف تنها توانست اثر معنی‌داری بر جمعیت *لاکتوباسیل* سکوم بر جای گذارد، به‌طوری که پرندگان تغذیه شده با پوسته برنج، جمعیت *لاکتوباسیل* بالاتری در مقایسه با پرندگان تغذیه شده با جیره بدون الیاف نشان دادند (P<۰/۰۵). هر چند که به‌لحاظ عددی پرندگان تغذیه شده با پوسته آفتابگردان نیز جمعیت *لاکتوباسیل* بالاتری در مقایسه با پرندگان تغذیه شده با جیره بدون الیاف داشتند.

عوامل بی‌شماری از جمله رژیم غذایی، نوع نژاد، محیط زیست، شرایط جوجه‌کشی و سلامت جوجه‌های پرورش-دهنده وجود دارند که می‌تواند بر میکروبیوم روده تأثیر بگذارد (Desbruslais *et al*., 2021). در این زمینه، رژیم غذایی، عامل اصلی محیطی است که می‌تواند به‌طور مستقیم بر ماهیت میکروبیوتا در میزبان تأثیر بگذارد. رژیم غذایی، ترکیبی از پروتئین، کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها، ویتامین‌ها و منابع معدنی است. برخی از این منابع، مقدار و نوع مختلفی از الیاف را وارد رژیم غذایی می‌کنند که تأثیر مستقیمی بر میکروبیوم روده دارد (Mahmood and Guo, 2020).

جدول ۷- اثر منابع الیاف و سطح تراکم بر فراسنجه‌های خونی جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر)

Table 7. Effect of fiber sources and density level on blood parameters of broiler chickens at the age of 42 days (mg/dL)

Treatment		Blood parameters				
Fiber sources	Density	Glucose	Cholesterol	LDL	HDL	Triglycerides
No fiber	Normal	164.75	131.37^{c}	54.10	61.25^{cb}	61.60
	High	205.25	160.10^{a}	76.42	66.50^{b}	63.90
Sunflower hull	Normal	177.50	139.80^{bc}	51.70	79.75^{a}	60.67
	High	201.00	141.95^{bc}	71.29	64.24^{cb}	62.05
Rice hull	Normal	164.75	130.25^{c}	53.85	57.00^{c}	59.40
	High	204.00	155.55^{ab}	74.57	79.00^{a}	61.10
SEM		5.99	9.14	0.86	11.88	0.29
Fiber sources						
No fiber		185.00	145.73	65.26	63.87^{b}	62.75
Sunflower hull		189.25	140.87	61.49	72.00^{a}	61.36
Rice hull		184.27	142.90	64.21	68.00^{ab}	60.25
SEM		4.23	6.46	0.61	8.40	0.21
Density level						
Normal		169.00^{b}	133.80^{b}	53.21^{b}	66.00	60.55
High		203.41^{a}	152.53^{a}	74.09^{a}	69.91	62.35
SEM		3.46	5.28	0.60	6.86	0.17
			P-value			
Fiber source		0.4528	0.6755	0.3958	0.0211	0.5616
Density		<0.0001	0.0005	<0.0001	0.0834	0.3516
Fiber sources × Density		0.0986	0.0516	0.8868	0.0001	0.9793

[a-c] In each column, the means with different superscripts have a significant difference (P<0.05).

در مطالعه حاضر، جمعیت *کلی‌فرم* در تراکم طبیعی نسبت به تراکم بالا به‌طور معنی‌داری پایین‌تر بود. نشان داده شد که تنش ناشی از تراکم بالا می‌تواند تعادل جمعیت میکروبی دستگاه گوارش را بر هم زند (Choct, 2009). مطابق با نتایج مطالعه حاضر، Kridtayopas *et al.* (2019) بیان نمودند که جوجه‌های گوشتی نگهداری شده در تراکم بالا در مقایسه با تراکم طبیعی، جمعیت *لاکتوباسیل* کم‌تر و *اشرشیا کلی* بیشتری در ژژنوم، ایلئوم و سکوم داشتند. افزایش جمعیت میکروبی مفید دستگاه گوارش می‌تواند با جلوگیری از اتصال باکتری‌های بیماری‌زا به لایه اپیتلیال دستگاه گوارش، از رشد و تکثیر این باکتری‌ها جلوگیری کند (Loh and Blaut, 2012).

در مطالعه حاضر، جمعیت *لاکتوباسیل* در تیمار پوسته آفتابگردان و پوسته برنج با تراکم طبیعی نسبت به تیمار پوسته آفتابگردان و پوسته برنج با تراکم بالا به‌طور معنی‌داری پایین‌تر بود. در یک پژوهش، قراردادن مرغ‌های تخمگذار در معرض تراکم بالا باعث کاهش جمعیت گونه‌های *لاکتوباسیلوس* و افزایش جمعیت *اشرشیا کلی* سکوم در مقایسه با تراکم طبیعی شد (Doostalivand *et al.*, 2023). مشابه نتایج مطالعه حاضر، Nehirat *et al.* (2019) گزارش دادند افزودن پودر هسته خرما به جیره غذایی جوجه‌های گوشتی سبب بهبود جمعیت میکروبی *لاکتوباسیل*‌ها در سکوم شد. همچنین، Mirzaie Goudarzi *et al.* (2017) نشان دادند که تیمار با کاه گندم، پوسته آفتابگردان و پوسته سویا، تعداد باکتری‌های *لاکتوباسیلوس* روده را افزایش و تعداد باکتری‌های *اشریشیا کلی* روده را نسبت به تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش داد، که با نتایج پژوهش حاضر در ارتباط با *لاکتوباسیل*‌ها مطابقت دارد. مطالعات نشان داده‌اند بخش الیافی جیره به‌وسیله فلور میکروبی سکوم به اسیدهای چرب کوتاه زنجیر، دی‌اکسیدکربن و متان تخمیر می‌شود. هنگامی که پرندگان با جیره حاوی الیاف بالا تغذیه می‌شوند، سکوم نقش مهمی در تجزیه الیاف روده ایفا می‌کند.

در جوجه‌های سالم، باکتری‌هایی مثل *انتروکوکوس*، *لاکتوباسیلوس* و *انتروباکتریاسه* در روزهای اول زندگی غالب هستند، در حالی که یوباکتری‌ها و باکتریودیزها پس از دو هفته اول زندگی، غالب هستند. همچنین، در مطالعه Tanikawa *et al.* (2011)، جمعیت *اشرشیا کلی* طی روزهای اول زندگی و حتی زمانی که تنوع فلور میکروبی تا روز ۱۴ آزمایش افزایش می‌یابد تنوع کمتری داشت که نشان می‌دهد احتمالاً محیط و دسترسی به میکروفلورهای متنوع تأثیر زیادی بر ترکیب فلور میکروبی دارند.

در یک مطالعه، Rasooli *et al.* (2018) نشان دادند با افزایش سطح عنصر روی در جیره، جمعیت باکتری‌های *کلی‌فرم* سکوم جوجه‌ها در شرایط تراکم طبیعی و بالا کاهش داشت. در بررسی دیگر، با استفاده از منابع مختلف پوسته آفتابگردان، باگاس نیشکر و سبوس گندم در جیره بر پایه جو در تغذیه جوجه‌های گوشتی گزارش شد که پوسته آفتابگردان باعث افزایش معنی‌دار جمعیت *لاکتوباسیل* سکوم در مقایسه با سایر تیمارها شد. در پژوهشی دیگر، Mirzaie Goudarzi *et al.* (2017) اثر منابع الیافی نامحلول را بر جمعیت میکروبی سکوم بررسی نمودند و گزارش کردند که استفاده از منابع الیافی نامحلول در جیره جوجه‌های گوشتی، تعداد باکتری‌های *لاکتوباسیلوس* در روده کور را افزایش داد، اما اثر معنی‌داری بر تعداد باکتری‌های *اشریشیا کلی* نداشت. در مقابل، Choct and Sinlae (2006) گزارش کردند که استفاده از منابع الیاف نامحلول در جیره جوجه‌های گوشتی سبب افزایش باکتری‌های اسید لاکتیک می‌شود. همچنین، مشابه با نتایج مطالعه حاضر، Abazari *et al.* (2016) نشان دادند که افزودن پوسته برنج به عنوان منبع لیگنوسلولز می‌تواند باعث رشد باکتری‌های مفید *لاکتوباسیلوس* شود، اما بر خلاف نتایج این پژوهش، آنها مشاهده کردند جمعیت باکتری‌های بیماری‌زا مانند *اشریشیا کلی* در ایلئوم و سکوم جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی کاهش یافت. همچنین، نشان داده شده است که ترکیب مانان الیگوساکارید و بتاگلوکان به‌شکل مخمر کامل باعث افزایش باکتری *لاکتوباسیلوس* در روده می‌شود (Liu *et al.*, 2018). در یک مطالعه، در پرندگان پرورش یافته با جیره حاوی الیاف بالا، تعداد *بیفیدوباکتریوم* و *لاکتوباسیلوس* به‌طور قابل توجهی افزایش یافت، در حالی که تعداد *اشریشیا کلی* در دستگاه گوارش زمانی که جوجه‌های گوشتی با فروکتولیگوساکارید تغذیه شدند در مقایسه با گروه شاهد به‌طور قابل توجهی کاهش یافت (Xu *et al.*, 2023). علاوه بر این، مکمل فروکتولیگوساکارید در جیره جوجه باعث بهبود فعالیت آمیلاز و پروتئاز در روده کوچک شد و ثابت کرد که کلونیزاسیون میکروبیوتای مفید روده، فعالیت آنزیم‌های گوارشی روده را تحریک می‌کند.

جدول ۸- اثر منابع الیاف و سطح تراکم بر جمعیت میکروبی جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی (لگاریتم واحد تشکیل کلونی به‌ازای گرم محتویات)

Table 8. Effect of fiber sources and density level on cecal microbial population of broilers chickens at the age of 42 days (Log CFU.g-1)

Treatment		Microbial population		
Fiber sources	Density	*Coliform*	*Lactobacillus*	*E. coli*
No fiber	Normal	6.31^{c}	9.00^{bc}	6.43
	High	6.47^{a}	8.67^{d}	6.46
Sunflower hull	Normal	6.30^{c}	8.78^{cd}	6.39
	High	6.41^{ab}	9.13^{ab}	6.45
Rice hull	Normal	6.34^{bc}	8.92^{bcd}	6.40
	High	6.42^{ab}	9.31^{a}	6.42
SEM		0.02	0.25	0.01
Fiber sources				
No fiber		6.39	8.83^{b}	6.45
Sunflower hull		6.36	8.95^{ab}	6.42
Rice hull		6.38	9.12^{a}	6.41
SEM		0.02	0.18	0.009
Density level				
Normal		6.32^{b}	8.90	6.41
High		6.43^{a}	9.04	6.44
SEM		0.01	0.15	0.007
		P-value		
Fiber source		0.6141	0.0366	0.7771
Density		0.0001	0.1094	0.4774
Fiber sources × Density		0.4361	0.0033	0.0313

$^{a-d}$ In each column, the means with different superscripts have a significant difference (P<0.05).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که در هر دو شرایط پرورش (متراکم و طبیعی)، استفاده از الیاف، ضریب تبدیل خوراک را در مقایسه با پرندگان تغذیه شده با جیره بدون الیاف بهبود بخشید. همچنین، استفاده از پوسته آفتابگردان و پوسته برنج باعث افزایش مصرف خوراک، افزایش وزن و افزایش جمعیت *لاکتوباسیل* سکوم و بهبود ضریب تبدیل خوراک در جوجه‌های گوشتی شد.

تشکر و قدردانی

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به‌خاطر حمایت مالی از پروژه، تشکر و قدردانی می‌شود.

فهرست منابع

Abazari, A., Navidshad, B., Mirzaei Aghjehgheshlagh, F., & Nikbin, S. (2016). The effect of rice husk as an insoluble dietary fiber source on intestinal morphology and *Lactobacilli* and *Escherichia coli* populations in broilers. *Iranian Journal of Veterinary Medicine*, *10*(3), 217-224. doi: 10.22059/IJVM.2016.58684

Abudabos, A. E., Samara, E. M., Swilam Hussein, E. O., Al-Ghadi, M. Q., & Al-Atiyat, R. M. (2013). Impacts of stocking density on the performance and welfare of broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*, *12*(1), 65-71. doi: 10.4081/ijas.2013.e11

Akiba, Y., & Matsumoto, T. (1980). Effects of several types of dietary fibers on lipid content in liver and plasma, nutrient retentions and plasma transaminase activities in force-fed growing chicks. *The Journal of Nutrition*, *110*, 1112-1121. doi: 10.1093/jn/110.6.1112

Amerah, A. M., Ravindran, V., & Lentle, R. G. (2009) Influence of insoluble fibre and whole wheat inclusion on the performance, digestive tract development and ileal microbiota profile of broiler chickens. *British Poultry Science*, *50*, 366-375. doi: 10.1080/00071660902865901

Appleby, M. C., Walker, A. W., Nicol, C. J., Lindberg, A. C., Freire, R., Hughes, B. O., & Elson, H. A. (2002). Development of furnished cages for laying hens. *British Poultry Science*, *43*(4), 489-500. doi: 10.1080/0007166022000004390

Arjmandi, H. B., Jaaoenhjwa, A., Shaheen, N., & Reeves, R. D. (1992). Dietary soluble fiber and cholesterol affect serum cholesterol concentration, hepatic portal venous short-chain fatty acid concentrations and fecal sterol excretion in rats. *Journal of Nutrition*, *12*, 246-253. doi: 10.1093/jn/122.2.246

Beccaccia, A., Calvet, S., Cerisuelo, A., Ferrer, P., García-Rebollar, P., & De Blas, C. (2015). Effects of nutrition on digestion efficiency and gaseous emissions from slurry in growing-finishing pigs. I. Influence of the inclusion of two levels of orange pulp and carob meal in isofibrous diets. *Animal Feed Science and Technology*, *208*, 158-169. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2015.07.008

Boazar, E., Salari, S., Erfanimajd, N., & Moosavi Fakhr, S. K. (2022). Effect of feed form and fiber on small intestine histological alteration of broiler chickens. *Iranian Veterinary Journal*, *17*(4), 16-29. doi: 10.22055/IVJ.2020.189343.2147

Buijs, S., Keeling, L., Rettenbacher, S., Van Poucke, E., & Tuyttens, F. A. M. (2009). Stocking density effects on broiler welfare: Identifying sensitive ranges for different indicators. *Poultry Science*, *88*(8), 1536-1543. doi: 10.3382/ps.2009-00007

Bykov, A. V., Kvan, O. V., Miroshnikov, S. A., & Duskaev, G. K. (2021). Experimental studies on the evaluation of ultrasonic effects on the structure, composition and nutrition of sunflower husks. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *677*, 052054. doi: 10.1088/1755-1315/677/5/052054

Choct, M., & Sinlae, M. (2006). Effects of xylanase supplementation on between-bird variation in energy metabolism and the number of *Clostridium perfringens* in broilers fed a wheat-based diet". *Australian Journal of Agricultural Research*, *57*(9), 1017-1021. doi: 10.1071/AR05340

Choct, M. (2009). Managing gut health through nutrition. *British Poultry Science*, *50*(1), 9-15. doi: 10.1080/00071660802538632

Dalvand, H., Azarfar, A., & Masoudi, A. (2018). Effects of dietary inclusion of rice bran on production performance and ileal digestibility of nutrients in broiler chickens. *Journal of Animal Production*, *19*(4), 863-877. doi: 10.22059/jap.2018.232335.623183

Desbruslais, A., Wealleans, A., Gonzalez-Sanchez, D., & Benedetto, M. (2021). Dietary fibre in laying hens: a review of effects on performance, gut health and feather pecking. *World's Poultry Science Journal*, *77*(4), 797-823. doi: 10.1080/00439339.2021.1960236

Donadelli, R. A., Stone D. A., Aldrich C. G., & Beyer R. S. (2019). Effect of fiber source and particle size on chick performance and nutrient utilization. *Poultry Science*, *98*(11), 5820-5830. doi: 10.3382/ps/pez382

Doostalivand, M., Salari, S., Tatar, A., & Razi Jalali, M. (2023). Effect of sugarcane bagasse and sunflower hull on productive performance, egg quality, tibia characteristics, and cecal microbial population of laying hens raised in high stocking densities. *Poulty Science Journal*, *11*(1), 83-94. doi: 10.22069/psj.2022.20286.1822

Dozier, W. A., Thaxton, J. P., Purswell, J. L., Olanrewaju, H. A., Branton, S. L., & Roush, W. B. (2006). Stocking density effects on male broilers grown to 1.8 kilograms of body weight. *Poultry Science*, *85*(3), 344-351. doi: 10.1093/ps/85.2.344

El-Garhy, O. H. (2021). Effect of Stocking density, dietary vitamin D3 and probiotic supplementation on carcass traits and blood parameters of broiler chickens. *Annals of Agricultural Science, Moshtohor*, *59*(2), 51-60. doi: 10.21608/ASSJM.2021.183645

Feddes, J. J. R., Emmanuel, E. J., & Zuidhof, M. J. (2002). Broiler performance, bodyweight variance, feed and water intake, and carcass quality at different stocking densities. *Poultry Science*, *81*(11), 774-779. doi: 10.1093/ps/81.6.774

Goodman, B. A. (2020). Utilization of waste straw and husks from rice production: A review. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, *5*(3), 143-162. doi: 10.1016/j.jobab.2020.07.001

Ha, S. H., Kang, H. K., Hosseindoust, A., Mun, J. Y., Moturi, J., Tajudeen, H., Lee, H., Cheong, E. J., & Kim, J. S. (2021). Effects of scopoletin supplementation and stocking density on growth performance, antioxidant activity, and meat quality of Korean native broiler chickens. *Foods*, *10*(7), 1505-1518. doi: 10.3390/foods10071505

Hartini, S., Rahardjo, D. D., & Purwaningsih, P. (2019). The effects of rice hull inclusion and enzyme supplementation on the growth performance, digestive traits, dry matter and phosphorus content of intestinal digesta and feces of broiler chickens. *International Journal of Poultry Science*, *18*, 21-27. doi: 10.3923/ijps.2019.21.27

Holscher, H. D. (2017). Dietary fiber and prebiotics and the gastrointestinal microbiota. *Gut Microbes*, *8*(2), 172-184. doi: 10.1080/19490976.2017.1290756

Houshmand, M., Azhar, K., Zulkifli, I., Bejo, M. H., & Kamyab, A. (2012). Effects of prebiotic, protein level, and stocking density on performance, immunity, and stress indicators of broilers. *Poultry Science*, *91*(2), 393-401. doi: 10.3382/ps.2010-01050

Jamshidi, L. (2017). The effect of fiber sources and fiber particle size in flour diet on performance, digestive system development and nutrient digestibility in broiler chickens. Master's Thesis, Razi University, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, Department of Animal Science.

Jamshidi, L., & Moradi, S. (2020). The Effect of source and particle size of fiber on performance and gastrointestinal tract characteristics in broiler chickens up to 21 days of age. *Iranian Journal of Animal Science*, *51*(3), 211-220. doi: 10.22059/ijas.2020.301260.653779

Jeong, S. B., Kim, Y. B., Lee, J. W., Kim, D. H., Moon, B. H., Chang, H. H., Choi, Y. H., & Lee, K. W. (2020). Role of dietary gamma-aminobutyric acid in broiler chickens raised under high stocking density. *Animal Nutrition*, *6*(3), 293-304. doi: 10.1016/j.aninu.2020.03.008

Jha, R., Fouhse, J. M., Tiwari, U. P., Li, L., & Willing, B. P. (2019). Dietary fiber and intestinal health of monogastric animals. *Frontiers Veternary Science*, *6*, 48-60. doi: 10.3389/fvets.2019.00048

Jimenez-Moreno, M., Honzalez-Alvarado, J. M., Gonzalez-Sanchez, D., Lazaro, R., & Mateos, G. G. (2010). Effect of type and particle size of dietary fiber on growh performance and digestive traits of broilers from 1 to 21 days of age. *Poultry Science*, *89*, 2197-2212. doi: 10.3382/ps.2010-00771

Khazari, B., Rezaei, M., & kazemifard, M. (2019). The effect of different sources of insoluble fiber on performance, nutrient digestibility and blood parameters in broiler chicks. *Research on Animal Production*, *10*(24), 1-9. doi: 10.29252/rap.10.24.1 [In Persian]

Kimiaeitalab, M. V., Cámara, L., Goudarzi, S. M., Jiménez-Moreno, E., & Mateos, G. G. (2017). Effects of the inclusion of sunflower hulls in the diet on growth performance and digestive tract traits of broilers and pullets fed a broiler diet from zero to 21 d of age. A comparative study. *Poultry Science*, *96*(3), 581-592. doi: 10.3382/ps/pew263

Klimek-Kopyra, A., Sadowska, U., Kuboń, M., Gliniak, M., & Sikora, J. (2021). Sunflower husk biochar as a key agrotechnical factor enhancing sustainable soybean production. *Agriculture*, *11*(4), 305-319. doi: 10.3390/agriculture11040305

Kridtayopas, Ch., Rakangtong, Ch., Bunchasak, Ch., & Loongyai, W. (2019). Effect of prebiotic and synbiotic supplementation in diet on growth performance, small intestinal morphology, stress, and bacterial population under high stocking density condition of broiler chickens. *Poultry Science*, *98*(10), 4595-4605. doi: 10.3382/ps/pez152

Liu, G., Luo, X., Zhao, X., Zhang, A., Jiang, N., Yang, L., Huang, M., Xu, L., Ding, L., Li, M., Guo, Z., Li, X., Sun, J., Zhou, J., Feng, Y., He, H., Wu, H., Fu, X., & Meng, H. (2018). Gut microbiota correlates with fiber and apparent nutrients digestion in goose. *Poultry Science*, *97*(11), 3899-909. doi: 10.3382/ps/pey249

Liu, Z. L., Xue, J. J., Huang, X. F., Chen, Y., Wang, Q. G., Zhang, S., & Wang, C. (2021). Effect of stocking density on growth performance, feather quality, serum hormone, and intestinal development of geese from 1 to 14 days of age. *Poultry Science*, *100*(11), 1-7. doi: 10.1016/j.psj.2021.101417

Loh, G., & Blaut, M. (2012). Role of commensal gut bacteria in inflammatory bowel diseases. *Gut Microbes*, *3*, 544-555. doi: 10.4161/gmic.22156

Mahmood, T., & Guo, Y. (2020). Dietary fiber and chicken microbiome interaction: Where will it lead to? *Animal Nutrition*, *6*(1), 1-8. doi: 10.1016/j.aninu.2019.11.004

Mahrose, K. M., Abol-Ela, S., Amin, R. M., & Abou-Kassem, D. E. (2020). Restricted feeding could enhance feed conversion ratio and egg quality of laying Japanese quail kept under different stocking densities. *Animal Biotechnology*, *33*(1), 1-9. doi: 10.1080/10495398.2020.1810059

Mateos, G. G., Jiménez-Moreno, E., Serrano, M. P., & Lázaro, R. P. (2012). Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. *Journal of Applied Poultry Research*, *21*(1), 156-174. doi: 10.3382/japr.2011-00477

Mirzaie Goudarzi, S., Aghdam, S. J., Saki, A. A., & Zamani, P. (2017). Effect of different sources of insoluble fiber on performance and cecal microbial population of broiler chickens. *Journal of Animal Production*, *19*(2), 389-401. doi: 10.22059/jap.2017.61625 [In Persian]

Musavi, Y. (2017). Investigating the effect of different sources of fiber in the diet on the performance and digestibility of nutrients in the ileum and cecum of broiler chickens. Master's Thesis, Bu-Ali Sina University, College of Agriculture, Department of Animal Sciences.

Nehirat, M. R., Salari, S. & Ghorbani, M. R. (2019). Comparison of the effect of prebiotic and various types of fiber on performance and some physiological parameters of broiler chickens. *Animal Production*, *21*(1), 73-86. doi: 10.22059/jap.2018.266348.623321 [In Persian]

Pourazadi, Z., Salari, S., Tabandeh, M. R., & Abdollahi, M. R. (2021). The effect of particle size of different sources of insoluble fiber on energy and protein efficiency ratios and welfare indices of broiler chickens fed a barley-based diet, *Iranian Journal of Animal Science Research*, *12*(4), 495-511. doi: 10.22067/IJASR.V12I4.82617 [In Persian]

Quintero-Filho, W. M., Ribeiro, A., Ferraz-de-Paula, V., Pinheiro, M. L., Sakai, M., Sá, L. R. M., Ferreira, A. J. P. & Palermo-Neto, J. (2010). Heat stress impairs performance parameters, induces intestinal injury, and decreases macrophage activity in broiler chickens. *Poultry Science*, *89*, 1905-1914. doi: 10.3382/ps.2010-00812

Rasooli, V., Salari, S., & Tatar, A. (2018). Effect of organic zinc supplement on performance, immunity responses, cecal microbial population and digestibility of nutrients in broiler chickens reared at high stocking density. *Iranian Journal of Animal Science*, *49*(3), 393-404. doi: 10.22059/IJAS.2018.252664.653620 [In Persian]

Reiter, K., & Bessei, W. (2000). Effect of stocking density of broilers on temperature in the litter and at bird level. *Archiv fur Geflugelkunde*, *64*, 204-206. doi: 10.1016/j.japr.2023.100344

Rezaei, M., Karimi Torshizi, M. A. & Rouzbehan, Y. (2011) Effect of dietary fiber on intestinal morphology and performance of broiler chickens. *Animal Sciences Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*, *24*(1), 52-60. https://sid.ir/paper/215068/fa [In Persian]

Rezaei, M., Karimi Torshizi, M. A., & Shariatmadari, F. (2014). Inclusion of processed rice hulls as insoluble fiber in the diet on performance and digestive traits of Japanese quails. *Journal of Animal Science Advances*, *4*(7), 962-972. doi: 10.5455/jasa.20140724124546

Röhe, I., & Zentek, J. (2021). Lignocellulose as an insoluble fiber source in poultry nutrition: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, *12*, 82. doi: 10.1186/s40104-021-00623-w

Sadeghi, A., Toghyani, M., & Gheisari, A. (2015). Effect of various fiber types and choice feeding of fiber on performance, gut development, humoral immunity, and fiber preference in broiler chicks. *Poultry Science*, *94*(11), 2734-2743. doi: 10.3382/ps/pev292

Sarikhan, M., Shahryar, H. A., Gholizadeh, B., Hosseinzadeh, M. H., Beheshti, B., & Mahmoodnejad, A. (2010). Effects of insoluble fiber on growth performance, carcass traits and ileum morphological parameters on broiler chick males. *International Journal of Agriculture and Biology*, *12*, 531-536.

Sittiya, J., Yamauchi, K., Nimanong, W., & Thongwittaya, N. (2020). Influence of levels of dietary fiber sources on the performance, carcass traits, gastrointestinal tract development, fecal ammonia nitrogen, and intestinal morphology of broilers. *Brazilian Journal of Poultry Science*, *22*(01), 1-8. doi: 10.1590/1806-9061-2019-1151

Škrbić, Z., Pavlovski, Z., Lukić, M., Perić, L., & Milošević, N. (2009). The effect of stocking density on certain broiler welfare parameter. *Biotechnological Animal Husbandary*, *25*, 11-21. doi: 10.2298/BAH0902011S

Soares, D. F., Pizzolante, C. C., Duarte, K., Maria, R., Moraes, J. E. D., Budino, F. E., Soares, W. V. & Kakimo, S. K. (2018). Welfare indicators for laying Japanese quails caged at different densities. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, *90*, 3791-3797. doi: 10.1590/0001-3765201820180276

Svihus, B., & H. Hetland. (2001). Ileal starch digestibility in growing broiler chickens fed on a wheat-based diet is improved by mash feeding, dilution with cellulose or whole wheat inclusion. *British Poultry Science*, *42*(5), 633-637. doi: 10.1080/00071660120088461

Tanikawa, T., Shoji, N., Sonohara, N., Satio, S., Shimura, Y., Ukushima, J., & Inamoto, T. (2011). Aging transition of the bacterial community structure in the chick ceca". *Poultry Science*, *90*(5), 1004-1008. doi: 10.3382/ps.2010-01153

Tejeda, O. J., & Kim, W. K. (2021). Role of dietary fiber in poultry nutrition. *Animals*, *11*, 461. doi: 10.3390/ani11020461

Thaxton, J. P., Dozier, W. A. III., Branton, S. L., Morgan, G. W., Miles, D. W., Roush, W. B., Lott, B. D., & Vizzier-Thaxton, Y. (2006). Stocking density and physiological adaptive responses of broilers. *Poultry Science*, *85*(5), 819-824. doi: 10.1093/ps/85.5.819

Tuerkyilmaz, M. K. (2008). The effect of stocking density on stress reaction in broiler chickens during summer. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, *32*(1), 31-36.

Uzum, M. H., & Toplu, H. O. (2013). Effects of stocking density and feed restriction on performance, carcass, meat quality characteristics and some stress parameters in broilers under heat stress. *Revue de Médecine Vétérinaire*, *164*(12), 546-554.

Xu, Z. R., Hu, C. H., Xia, M. S., Zhan, X. A., & Wang, M. Q. (2003). Effects of dietary fructooligosaccharide on digestive enzyme activities, intestinal microflora and morphology of male broilers. *Poultry Science*, *82*(6), 1030-1036. doi: 10.1093/ps/82.6.1030

Yu, D. G., Namgung, N., Kim, J. H., Won, S. Y., Choi, W. J., & Kil, D. Y. (2021). Effects of stocking density and dietary vitamin C on performance, meat quality, intestinal permeability, and stress indicators in broiler chickens. *Journal of Animal Science and Technology*, *63*(4), 815-826. doi: 10.5187/jast.2021.e77

Zhang, H. Y., Piao, X. S., Zhang, Q., Li, P., Yi, J. Q., Liu, J. D., Li, Q. Y., & Wang, G. Q. (2013). The effects of *Forsythia suspensa* extract and berberine on growth performance, immunity, antioxidant activities, and intestinal microbiota in broilers under high stocking density. *Poultry Science*, *92*(8), 1981-1988. doi: 10.3382/ps.2013-03081