



Effect of different levels of Pahak on growth performance, blood parameters, carcass traits, intestinal morphology, and gut microbiota in Japanese quail (*Coturnix japonica*)

Enayat Rahmatnejad¹ | Hassan Habibi² | Hassan Shirzadi³ |
Mohammad Amin Kohanmoo⁴

1. Corresponding Author, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Persian Gulf University, Bushehr, Iran. E-mail: rahmatnejad@pgu.ac.ir
2. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Persian Gulf University, Bushehr, Iran. E-mail: h.habibi@pgu.ac.ir
3. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran. E-mail: h.shirzadi@ilam.ac.ir
4. Department of Plant Genetic and Production Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Persian Gulf University, Bushehr, Iran. E-mail: kohanmoo@pgu.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 22 November 2025
Received in revised form
25 July 2026
Accepted 28 July 2026
Published online 22 September 2026

Keywords:
Atherogenic coefficient
Atherogenic index
Cardiac risk ratio
Energy and protein efficiency ratios
Specific growth rate

ABSTRACT

Objective: This study was conducted to evaluate the effect of different levels of Pahak (green Khalal-stage date) on growth performance, blood biochemistry, carcass characteristics, intestinal morphology, and gastrointestinal microbial population in Japanese quail.

Methods: A completely randomized design was used with four dietary treatments and six replicates per treatment (15 birds per replicate) for a 35-day experimental period: (1) control (basal diet without Pahak); (2) 5% dietary Pahak; (3) 10% dietary Pahak; and (4) 15% dietary Pahak.

Results: Body weight was not significantly altered by the dietary inclusion of Pahak at any inclusion level. The inclusion of 5% Pahak reduced feed intake and improved feed conversion ratio and energy and protein efficiency ratios, whereas 15% Pahak increased feed intake ($P < 0.05$). Dietary inclusion of 10% and 15% Pahak decreased the total cholesterol levels, and all three levels of Pahak reduced the cardiac risk ratio and atherogenic index ($P < 0.05$). Relative carcass and liver weights were reduced by 10% Pahak and increased with 15% Pahak ($P < 0.05$), with the lowest liver weights occurring in birds fed the control diet and 5% Pahak, while the highest liver weight occurred with the 15% inclusion level ($P < 0.05$). Villus height increased and submucosal thickness decreased in the duodenum due to feeding 5% Pahak ($P < 0.05$), while the greatest submucosal thickness was observed in birds fed 15% Pahak ($P < 0.05$). In the ileum, 10% and 15% Pahak inclusion reduced villus height, villus thickness, and the villus height-to-crypt depth ratio ($P < 0.05$), while 15% Pahak increased both the submucosal and muscular layer thicknesses ($P < 0.05$). Feeding 5% and 10% Pahak moderately decreased the average number of goblet cells in the ileum, whereas 15% Pahak markedly reduced goblet cell counts ($P < 0.05$). Treatments were significantly different for ileal villus surface area, with the largest and smallest areas found in birds fed 5% and 15% Pahak, respectively ($P < 0.05$); and crypt depth, which was unaffected by Pahak but had a quadratic response to level of Pahak ($P < 0.05$). Compared with the control, 10% and 15% Pahak increased colonization of *Salmonella-Shiella*, *Clostridia*, and coliform colonization in the ileum ($P < 0.05$). Compared with the control, 5% Pahak decreased and 15% increased the total aerobic bacterial colonization in the cecum ($P < 0.05$), whereas the colonization of *Salmonella-Shiella* and coliforms increased ($P < 0.05$) in the cecum of birds fed the 15% Pahak diet increased compared to the other treatments ($P < 0.05$).

Conclusion: The results indicate that Pahak can be safely used at a dietary inclusion rate of 5% for Japanese quail during the first 35 days of the rearing period with no detrimental effects on productive performance.

Cite this article: Rahmatnejad, E., Habibi, H., Shirzadi, H., & Kohanmoo, M. A. (2026). Effect of different levels of Pahak on growth performance, blood parameters, carcass traits, intestinal morphology, and gut microbiota in Japanese quail (*Coturnix japonica*). *Journal of Animal Production*, 28 (3), 391-405. DOI: <https://doi.org/10.22059/jap.2026.406767.623881>



© The Author(s).

DOI: <https://doi.org/10.22059/jap.2026.406767.623881>

Publisher: University of Tehran Press.



تأثیر سطوح مختلف پَهِک بر عملکرد رشد، فراسنجه‌های خونی، ویژگی‌های لاشه، مورفولوژی روده و میکروبیوتای روده بلدرچین ژاپنی

عنایت رحمت‌نژاد^۱ | حسن حبیبی^۲ | حسن شیرزادی^۳ | محمد امین کهن‌مو^۴

۱. نویسنده مسئول، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران. رایانامه: rahmatnejad@pgu.ac.ir

۲. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران. رایانامه: h.habibi@pgu.ac.ir

۳. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران. رایانامه: h.shirzadi@ilam.ac.ir

۴. گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران. رایانامه: kohanmoo@pgu.ac.ir

چکیده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

هدف: این مطالعه با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف پَهِک (خرما در مرحله خلال سبز) بر عملکرد رشد، فراسنجه‌های خونی، ویژگی‌های لاشه، مورفولوژی و جمعیت میکروبی روده بلدرچین ژاپنی انجام شد. **روش پژوهش:** این آزمایش با استفاده از ۳۶۰ قطعه جوجه بلدرچین در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار، شش تکرار و ۱۵ قطعه پرنده در هر تکرار به مدت ۳۵ روز اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل ۱- گروه شاهد (جیره بدون پَهِک)، ۲- جیره حاوی پنج درصد پَهِک، ۳- جیره حاوی ۱۰ درصد پَهِک و ۴- جیره حاوی ۱۵ درصد پَهِک بودند.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۰۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۵/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۵/۰۶

تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۶/۳۱

یافته‌ها: نتایج نشان داد که وزن بدن پرندوها در هیچ کدام از دوره‌ها تحت تأثیر سطوح مختلف پَهِک قرار نگرفت. استفاده از پَهِک در سطح پنج درصد سبب کاهش خوراک مصرفی و بهبود ضریب تبدیل خوراک و نسبت‌های بازده انرژی و پروتئین شد، اما در سطح ۱۵ درصد منجر به افزایش خوراک مصرفی شد ($P < 0.05$). استفاده از سطوح ۱۰ و ۱۵ درصد پَهِک سبب کاهش کلسترول تام و هر سه سطح پَهِک موجب کاهش نسبت خطر قلبی و ضریب آتروژنیک شد ($P < 0.05$). گنجاندن سطوح ۱۰ و ۱۵ درصد پَهِک در جیره به ترتیب سبب کاهش و افزایش وزن نسبی لاشه و کبد شدند ($P < 0.05$). کم‌ترین وزن نسبی کبد در تیمارهای شاهد و سطح پنج درصد پَهِک و بیش‌ترین آن در تیمار سطح ۱۵ درصد مشاهده شد ($P < 0.05$). در مقایسه با گروه شاهد، گنجاندن سطح پنج درصد پَهِک در جیره سبب افزایش و طول پُرز و کاهش ضخامت لایه زیر مخاطی دوازدهه شد ($P < 0.05$). بالاترین ضخامت لایه زیر مخاطی مربوط به سطح ۱۵ درصد بود ($P < 0.05$). در مقایسه با گروه شاهد، گنجاندن سطوح ۱۰ و ۱۵ درصد پَهِک در جیره سبب کاهش طول پُرز و نسبت طول پُرز به عمق کریپت در ایلئوم شد ($P < 0.05$). سطح ۱۵ درصد پَهِک در مقایسه با گروه شاهد باعث افزایش ضخامت لایه‌های زیر مخاطی و عضلانی در ایلئوم شد ($P < 0.05$). تغذیه پَهِک در مقایسه با گروه شاهد تعداد سلول‌های گلبت در ایلئوم را کاهش داد و بیش‌ترین کاهش در تیمار ۱۵ درصد مشاهده شد ($P < 0.05$). بیش‌ترین مساحت پُرزها در ایلئوم به ترتیب در تیمارهای پنج و ۱۵ درصد پَهِک مشاهده شد ($P < 0.05$). اگرچه عمق کریپت در ایلئوم تحت تأثیر سطوح مختلف پَهِک قرار نگرفت، اما با افزایش سطح پَهِک مقدار آن به صورت درجه دو افزایش یافت ($P < 0.05$). در مقایسه با گروه شاهد، گنجاندن سطوح ۱۰ و ۱۵ درصد پَهِک در جیره سبب افزایش جمعیت *سالمونلا-شیگلا* و *کلستریدیوم* و *کلی‌فرم‌ها* در ایلئوم شد ($P < 0.05$). در مقایسه با گروه شاهد، سطح پنج درصد پَهِک در جیره باعث کاهش جمعیت کل باکتری‌های هوازی در روده کور شد. جمعیت کل باکتری‌های هوازی، *سالمونلا-شیگلا* و *کلی‌فرم‌ها* در روده کور پرندهای تغذیه‌شده با سطح ۱۵ درصد پَهِک در مقایسه با سایر تیمارها افزایش یافت ($P < 0.05$).

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج حاصل، می‌توان از پَهِک تا سطح پنج درصد جیره بلدرچین ژاپنی در ۳۵ روز اول دوره پرورش بدون تأثیر منفی بر عملکرد استفاده نمود.

کلیدواژه‌ها:

شاخص آتروژنیک

ضریب آتروژنیک

نرخ رشد ویژه

نسبت ریسک قلبی

نسبت‌های بازده انرژی و پروتئین

استناد: رحمت‌نژاد، عنایت؛ حبیبی، حسن؛ شیرزادی، حسن و کهن‌مو، محمد امین (۱۴۰۵). تأثیر سطوح مختلف پَهِک بر عملکرد رشد، فراسنجه‌های خونی، ویژگی‌های لاشه، مورفولوژی روده و میکروبیوتای روده بلدرچین ژاپنی. *نشریه تولیدات دامی*، ۲۸ (۳)، ۳۹۱-۴۰۵.

DOI: <https://doi.org/10.22059/jap.2026.406767.623881>



۱. مقدمه

درخت نخل خرما (*Phoenix dactylifera* L.) یکی از ۱۴ گونه جنس *Phoenix* و متعلق به خانواده Arecaceae یا Palmae (Labyad et al., 2020; Manai et al., 2024a) با خواص تغذیه‌ای و درمانی است (Khwaldia et al., 2023). مراحل رشد میوه خرما بعد از گلدهی تا زمان رسیدن به چند مرحله شامل تاره (حبابوک)، کیمیری، پَهِک (خلال سبز)، خارک (خلال رنگی)، رطب و خرما (تمار) تقسیم‌بندی می‌شود. بیش از ۲۰۰ نوع خرما با اشکال و طعم‌های مختلف وجود دارد که از نظر ترکیب شیمیایی تقریباً یکسان هستند (Ammar, 2025). خرما ارزش غذایی بالایی دارد، زیرا حاوی پروتئین، چربی، کربوهیدرات، ویتامین (B1, B2, B6, B9, C, E) و مواد معدنی (پتاسیم، سدیم، منیزیم، کلسیم، فسفر، مس، روی، سلنیوم، آهن، منگنز، کبالت، فلورین و بور) و فیبر طبیعی است (Abdou et al., 2025; Ammar, 2025; Mejri et al., 2025). این مواد مغذی سبب بهبود سلامت دستگاه گوارش، کاهش فشار خون و تقویت عملکرد سامانه‌ی ایمنی می‌شوند (Mejri et al., 2025). مقدار فیبر میوه خرما حدود ۸/۱ تا ۱۲/۷ درصد می‌باشد (Mrabet et al., 2019)، که از این میزان ۸۴ تا ۹۴ درصد آن نامحلول و شش تا ۱۶ درصد آن محلول است (Mrabet et al., 2019; Stojanovska et al., 2023). سطح زیر کشت و تولید جهانی خرما به ترتیب از ۱۱۲۳۰۰۰ هکتار و ۸/۰۹ میلیون تن محصول در سال ۲۰۱۵ به ۱۲۳۶۰۰۰ هکتار و ۹/۴۵ میلیون تن محصول در سال ۲۰۲۰ افزایش یافته است (Manai et al., 2024a). کشورهای مصر، ایران، عربستان سعودی، عراق، الجزایر و تونس از تولیدکنندگان اصلی خرما در جهان محسوب می‌شوند (Manai et al., 2024a).

گزارش شده است که اغلب ترکیبات زیست‌فعال شناسایی‌شده در بخش‌های مختلف درخت خرما شباهت زیادی به یکدیگر دارند و دارای فعالیت‌های بیولوژیک مختلفی نظیر خواص آنتی‌اکسیدانی، ضد التهابی، ضد باکتریایی، ضد قارچی، ضد ویروسی، ضد آلرژی، ضد دیابتی، ضد سرطانی، نوروفارماکولوژیک و ضد درد، ضد پسروریس، کاهنده چربی خون و محافظت‌کننده قلب هستند (Labyad et al., 2020). آنتی‌اکسیدان‌های خرما دارای خواصی نظیر خنثی‌سازی استرس اکسیداتیو، ضد میکروبی و ضد التهابی هستند (Mejri et al., 2025). از مهم‌ترین ترکیبات زیست‌فعال می‌توان به تانن‌ها، اسیدهای فنولیک نظیر گالیک‌اسید، سینامیک، فرولیک، سیرینجیک و پاراکوماریک و فلاونوئیدهایی نظیر کوئرستین، لوتولین، آپی‌جنین، کریزوربول، آنتوسیانیدین‌ها، پروسیانیدین‌ها، کاتچین، اپی‌کاتچین، کاروتنوئیدها (نظیر نتوگزانتین و β -کاروتن) و کامفرول اشاره کرد. همچنین تربنوتیوها و فیتواسترول‌هایی نظیر سیستمسترول، ایزوفوکواسترول، استیگماسترول و کامپسترول و اسیدهای چرب اولئیک، لوریک، پالمیتیک، میریستیک و لینولئیک نیز شناسایی شده‌اند (Labyad et al., 2020; Abdou et al., 2025; Ammar, 2025).

یکی از مشکلات مرتبط با نخلستان‌ها تولید ضایعات زیاد است، به‌طوری‌که هر درخت نخل سالانه تقریباً ۲۶ کیلوگرم ضایعات (شامل برگ‌ها، برگچه‌ها، الیاف، ساقه میانی برگ، پایهی خوشه، دم خوشه و هسته‌ها) تولید می‌کند (Manai et al., 2024b). همچنین، صاحبان نخلستان‌ها برای برداشت محصول درشت‌تر و با کیفیت بالاتر در مرحله پَهِک حدود ۳۰ درصد میوه را جدا می‌کنند، که البته باد و رطوبت هوا نیز باعث ریزش بخشی از محصول در این مرحله می‌شود. سالانه مقدار زیادی پَهِک در نخلستان‌های کشور تولید می‌شود، که اگر به شکل مناسبی مورد استفاده قرار نگیرد با انتشار گازهای گلخانه‌ای باعث آلودگی محیط زیست می‌شود. اگرچه در سال‌های اخیر استفاده از پسماندهای کشاورزی و صنعتی مورد توجه پژوهش‌گران قرار گرفته است، اما گزارشی روی پَهِک یافت نشد. پژوهش‌های گزارش‌شده روی ضایعات خرما بیش‌تر روی برگ‌ها و سپس هسته، گرده و تفاله فرآوری‌شده خرماس (Manai et al., 2024b). بنابراین، هدف از این پژوهش بررسی تأثیر سطوح مختلف پَهِک بر عملکرد رشد، فراسنجه‌های خونی، ویژگی‌های لاشه، مورفولوژی روده و جمعیت میکروبی روده‌ی بلدرچین ژاپنی است.

۲. روش پژوهش

۱.۲. پرندوها و تیمارهای آزمایشی

در این پژوهش از تعداد ۳۶۰ قطعه جوجه بلدرچین ژاپنی در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار و شش تکرار (۱۵ قطعه پرند در هر تکرار) استفاده شد. پرندوها به محض ورود به سالن توزین و به صورت تصادفی به واحدهای آزمایشی اختصاص داده شدند. تیمارهای آزمایشی شامل ۱- گروه شاهد (جیره بدون پَهِک)؛ ۲- جیره حاوی پنج درصد پَهِک؛ ۳- جیره حاوی ۱۰ درصد پَهِک و ۴- جیره حاوی ۱۵ درصد پَهِک بودند. میوه درخت خرما در مرحله پَهِک (شکل ۱) از یک نخلستان خرماي کبکاب در استان بوشهر جمع آوری شد و برای آنالیز مواد مغذی (جدول ۱) به آزمایشگاه تخصصی آنالیز خوراک دام و طیور (شرکت تحقیق آزماي بنیان دانش) ارسال شد. این آزمایش به مدت ۳۵ روز انجام شد و پرندوها در تمام مدت آزمایش به آب و خوراک دسترسی آزاد داشتند. ترکیب مواد خوراکی تشکیل دهنده جیره ها و ترکیبات شیمیایی آن ها در جدول (۲) گزارش شده است.



شکل ۱. میوه خرما در مرحله پَهِک

جدول ۱. ترکیب شیمیایی و انرژی قابل متابولیسم پَهِک

مقدار	روشی آزمون	مواد مغذی
۶/۲۹	استاندارد ملی ایران ۱-۱۰۷۰۳	پروتئین خام (درصد)
۱۵/۹۰	استاندارد ملی ایران ۸۴۳۸	رطوبت (درصد)
۴/۳۹	استاندارد ملی ایران ۱۰۷۰۰	چربی (درصد)
۸/۳۰	استاندارد ملی ایران ۵۲۰	فیبر (درصد)
۴/۵۲	استاندارد ملی ایران ۱۱۱۴۳	خاکستر (درصد)
۶۰/۶۰	محاسبه شده	عصاره فاقد ازل (درصد)
۱/۱۴	استاندارد ملی ایران ۱-۱۰۷۰۱	کلسیم (درصد)
۰/۲۳	استاندارد ملی ایران ۵۱۳	فسفر کل (درصد)
۲۶۰۴	محاسبه شده ^۱	انرژی متابولیسمی (کیلوکالری در کیلوگرم)

$$ME = 40 \times (0.85CP + Fat + 0.1CF + 0.9NFE) = 2604 \text{ Kcal/kg}$$

۱. انرژی قابل متابولیسم با استفاده از رابطه مقابل محاسبه شد:

۲.۲. عملکرد رشد

به منظور بررسی روند رشد، پرندهای هر واحد آزمایشی در ابتدای آزمایش (روز صفر) و به صورت هفتگی در روزهای هفت، ۱۴، ۲۱، ۲۸ و ۳۵ دوره پرورش وزن کشی شدند. همچنین در پایان دوره پرورش، وزن جوجه ها و غذای مصرفی هر واحد آزمایشی اندازه گیری و افزایش وزن، ضریب تبدیل خوراک، شاخص اروپایی جوجه گوشتی و ضریب کارایی تولید اروپایی (تلفات در طول دوره مشاهده نشد) محاسبه شد (Bieseke et al., 2022). همچنین، نرخ رشد ویژه (Lugert et al., 2016) و نسبت های بازده انرژی و پروتئین (Dev et al., 2020) به ترتیب با استفاده از روابط (۱)، (۲) و (۳) محاسبه شد.

جدول ۲. مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره های آزمایش

جیره آغازین (۱۴-صفر روزگی)				جیره رشد (۳۵-۱۵ روزگی)				مواد خوراکی (گرم در کیلوگرم)
سطوح پنهک در جیره (درصد)				سطوح پنهک در جیره (درصد)				
صفر	۵	۱۰	۱۵	صفر	۵	۱۰	۱۵	
۵۱۰/۳	۴۴۹/۶	۳۸۹/۰	۳۲۸/۴	۵۵۷/۶	۴۹۶/۸	۴۳۰/۴	۳۶۳/۴	دانه ذرت
۴۱۱/۱	۴۱۷/۰	۴۲۳/۰	۴۲۸/۷	۳۸۰/۲	۳۸۶/۱	۳۹۶/۸	۴۰۸/۳	کنجاله سویا (۴۴ درصد پروتئین)
۰/۰	۵۰/۰	۱۰۰/۰	۱۵۰/۰	۰/۰	۵۰/۰	۱۰۰/۰	۱۵۰/۰	پنهک (خلال سبز)
۳۲/۷	۳۷/۷	۴۲/۷	۴۷/۷	۲۲/۹	۲۷/۹	۳۳/۸	۳۹/۸	روغن ذرت
۳/۹	۳/۹	۳/۸	۳/۷	۴/۲	۴/۱	۴/۱	۴/۰	نمک
۲۳/۰	۲۳/۰	۲۲/۹	۲۲/۹	۱۷/۸	۱۷/۸	۱۷/۸	۱۷/۷	دی کلسیم فسفات
۱۲/۲	۱۲/۰	۱۱/۷	۱۱/۵	۱۰/۶	۱۰/۴	۱۰/۱	۹/۹	کربنات کلسیم
۴/۰	۴/۰	۴/۰	۴/۰	۴/۰	۴/۰	۴/۰	۴/۰	مکمل ویتامینی - معدنی ^۱
۱/۵	۱/۵	۱/۶	۱/۷	۱/۱	۱/۲	۱/۳	۱/۳	دی ال - متیونین
۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۱	۰/۳	۰/۴	۰/۴	۰/۳	ال - ترئونین
۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰	جوش شیرین
۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	کولین
۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	جمع کل
ترکیب شیمیایی (درصد؛ در غیر این صورت گزارش شده است)								
۲۸۹۹	۲۸۹۹	۲۸۹۹	۲۸۹۹	۲۸۹۹	۲۸۹۹	۲۸۹۹	۲۸۹۹	انرژی متابولیسمی (کیلوکالری در کیلوگرم)
۲۲/۰۰	۲۲/۰۰	۲۲/۰۰	۲۲/۰۰	۲۲/۰۰	۲۰/۹۹	۲۱/۱۷	۲۱/۳۵	پروتئین خام
۳/۱۳	۳/۴۳	۳/۷۲	۴/۰۰	۳/۱۱	۳/۴۱	۳/۷۰	۴/۰۰	فیبر خام
۱/۰۹	۱/۰۹	۱/۰۹	۱/۰۹	۰/۹۱	۰/۹۱	۰/۹۱	۰/۹۱	کلسیم
۰/۵۱	۰/۵۱	۰/۵۱	۰/۵۱	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲	فسفر
۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۲۱	سدیم
۰/۲۹	۰/۲۸	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	کلر
۰/۹۰	۰/۹۴	۰/۹۷	۱/۰۰	۰/۸۶	۰/۸۹	۰/۹۳	۰/۹۸	پتاسیم
۲۳۸	۲۴۸	۲۵۹	۲۶۷	۲۲۷	۲۳۴	۲۴۵	۲۵۷	تعادل کاتیون آنیون (میلی‌اکی‌والنت در کیلوگرم)
۱/۱۲	۱/۱۳	۱/۱۳	۱/۱۴	۱/۰۵	۱/۰۶	۱/۰۸	۱/۱۰	لازین قابل هضم
۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۶	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۱	۰/۴۱	متیونین قابل هضم
۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۶۹	۰/۶۹	۰/۶۹	۰/۶۹	متیونین + سیستین قابل هضم
۰/۷۳	۰/۷۳	۰/۷۳	۰/۷۳	۰/۷۳	۰/۷۳	۰/۷۳	۰/۷۳	ترئونین قابل هضم

۱. مکمل مواد معدنی و ویتامینی مقادیر زیر را در هر کیلوگرم از جیره فراهم کرد: ویتامین A (رتینیل استات)، ۶۶۰۰ واحد بین‌المللی؛ کوله‌کلسیفرول، ۲۸۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین E (آلفا-توکوفرول)، ۲۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین K₃ (منادیون دی متیل‌پیریمیدینول)، ۰/۳ میلی‌گرم؛ ربوفلاوین، ۰/۱۸ میلی‌گرم؛ نیاسین، ۵۰ میلی‌گرم؛ اسید پانتوتنیک، ۲۴ میلی‌گرم؛ بیوتین، ۸/۸ میلی‌گرم؛ کولین کلراید، ۴۵۰ میلی‌گرم؛ ویتامین B₁₂، ۰/۰۲ میلی‌گرم؛ فولیک‌اسید، ۰/۳ میلی‌گرم؛ منگنز (MnO)، ۷۵ میلی‌گرم؛ روی (ZnO)، ۱۰۰ میلی‌گرم؛ آهن (FeSO₄)، ۶۰ میلی‌گرم؛ مس (CuSO₄)، ۱۵ میلی‌گرم؛ سلنیوم (Na₂SeO₃)، ۰/۲ میلی‌گرم.

$$\text{رابطه ۱)} \quad \frac{\text{Log (میانگین وزن نهایی)} - \text{Log (میانگین وزن اولیه)}}{\text{طول دوره}} \times 100 = \text{نرخ رشد ویژه (درصد در روز)}$$

$$\text{رابطه ۲)} \quad \frac{\text{افزایش وزن بدن (گرم)}}{\text{انرژی مصرفی (کیلوکالری)}} \times 100 = \text{نسبت بازده انرژی}$$

$$\text{رابطه ۳)} \quad \frac{\text{افزایش وزن بدن (گرم)}}{\text{پروتئین مصرفی (گرم)}} = \text{نسبت بازده پروتئین}$$

۳.۲. فراسنجه‌های خونی

در پایان دوره پرورش از هر واحد آزمایشی یک قطعه جوجه با میانگین وزنی تقریباً مشابه گروه انتخاب و با سرنگ حاوی هپارین خون‌گیری شد. سپس پرنده برای بررسی ویژگی‌های لاشه، مورفولوژی روده و جمعیت میکروبی کشتار شد. برای جداسازی پلاسما، نمونه‌های مذکور به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. سپس غلظت تری‌گلیسرید، کلسترول، HDL، LDL، پروتئین تام، آلبومین، کلسیم و فسفر با استفاده از دستگاه اتوآنالایزر بیوتکنیکا (BT-1500, Biotechnica, Italy) و کیت‌های شرکت پارس آزمون تعیین شد. غلظت VLDL، نسبت VLDL به HDL و گلوبولین نیز از طریق محاسبه تعیین شد. همچنین شاخص‌های آتروژنیک پلاسما شامل نسبت خطر قلبی، ضریب آتروژنیک و شاخص آتروژنیک مطابق روابط (۴)، (۵) و (۶) محاسبه شدند (Dev et al., 2020).

$$\text{رابطه ۴)} \quad \text{نسبت خطر قلبی} = \frac{\text{کلسترول تام}}{\text{HDL}}$$

$$\text{رابطه ۵)} \quad \text{ضریب آتروژنیک} = \frac{\text{HDL} - \text{کلسترول تام}}{\text{HDL}}$$

$$\text{رابطه ۶)} \quad \text{شاخص آتروژنیک} = \log \left(\frac{\text{تری‌گلیسرید}}{\text{HDL}} \right)$$

۴.۲. صفات لاشه

به‌منظور بررسی ویژگی‌های لاشه، پس انجام عملیات پرکنی و جداکردن سر و پاها و خالی‌نمودن محتویات شکم پرنده‌های کشتار شده؛ لاشه، سینه، ران، کبد، قلب، طحال و پانکراس وزن‌کشی و وزن آن‌ها نسبت به وزن زنده محاسبه شد.

۵.۲. مورفولوژی دوازدهه و ایلئوم

از دوازدهه و ایلئوم پرنده‌های کشتار شده به‌ترتیب قطعاتی به طول یک و دو سانتی‌متر جدا و با استفاده از محلول بافری فسفات شست‌وشو و داخل ظروف حاوی فرمالین ۱۰ درصد نگهداری شدند. پس از آبگیری، شفاف‌سازی و قالب‌گیری نمونه‌ها با دستگاه میکروتوم (Leica Microtome Model: Jung RM 2045)، اسلایدهایی به ضخامت حدود شش میکرومتر از آن‌ها تهیه و با استفاده از هماتوکسیلین-ئوزین^۱ یا آلسین بلو (برای شمارش سلول‌های گابلت) رنگ‌آمیزی شد، سپس طول پُرز، ضخامت پُرز، عمق کریپت، تعداد سلول‌های گابلت، ضخامت لایه‌های زیر مخاطی و عضلانی هر یک از اسلایدها با استفاده از میکروسکوپ نوری (مدل BX41 المپوس، توکیو، ژاپن) اندازه‌گیری شد. همچنین نسبت طول پُرز به عمق کریپت و مساحت سطح پُرز با استفاده از رابطه (۷) محاسبه شد (Baurhoo et al., 2011).

$$\text{رابطه ۷)} \quad \text{طول پُرز} \times \left(\frac{\text{ضخامت پُرز}}{2} \right) \times 2\pi = \text{مساحت سطح پُرز}$$

۶.۲. جمعیت میکروبی ایلئوم و روده کور

از ایلئوم و روده کور پرنده‌های کشتار شده نمونه‌گیری و سری رقت‌هایی از 10^3 تا 10^7 تهیه شد. برای تعیین جمعیت کل باکتری‌های هوازی، سالمونلا- شینگلا، کلستریدیوم‌ها، کلی‌فرم‌ها و لاکتوباسیلوس‌ها به ترتیب از محیط کشت‌های TSA^۱، SS آگار^۲، RCA^۳، MAC^۴ و MRS آگار^۵ استفاده و برای تعیین تعداد کلونی از روش کشت نقطه‌ای استفاده شد. شمارش کلونی‌ها با استفاده از کلونی کانتر (Digital Colony Counter مدل 3-DC ساخت کشور ژاپن) انجام شد. تعداد باکتری در هر گرم نمونه با در نظر گرفتن وزن نمونه، عامل رقت و حجم قطره کشت شده مطابق رابطه (۸) محاسبه شد و نتایج به صورت $\log_{10}$ واحد تشکیل کلونی به ازای هر گرم از فضولات خشک تصحیح و گزارش شد.

$$\text{رابطه ۸)} \quad \left(\frac{\text{عکس رقت} \times \text{تعداد کلونی‌ها}}{\text{حجم کشت داده شده} \times 10^{-3}} \right) \times 100 = \text{تعداد کلونی به ازای هر گرم از فضولات خشک}$$

درصد ماده خشک

۷.۲. روش آماری

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱)، رویه GLM برای مدل (۹) تجزیه و میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری پنج درصد مقایسه شدند. قبل از تجزیه، نرمال بودن و برابری واریانس‌ها داده‌ها به ترتیب با استفاده از تست‌های کولموگروف-اسمیرنوف و لیون آزمون شدند.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij} \quad \text{رابطه ۹)}$$

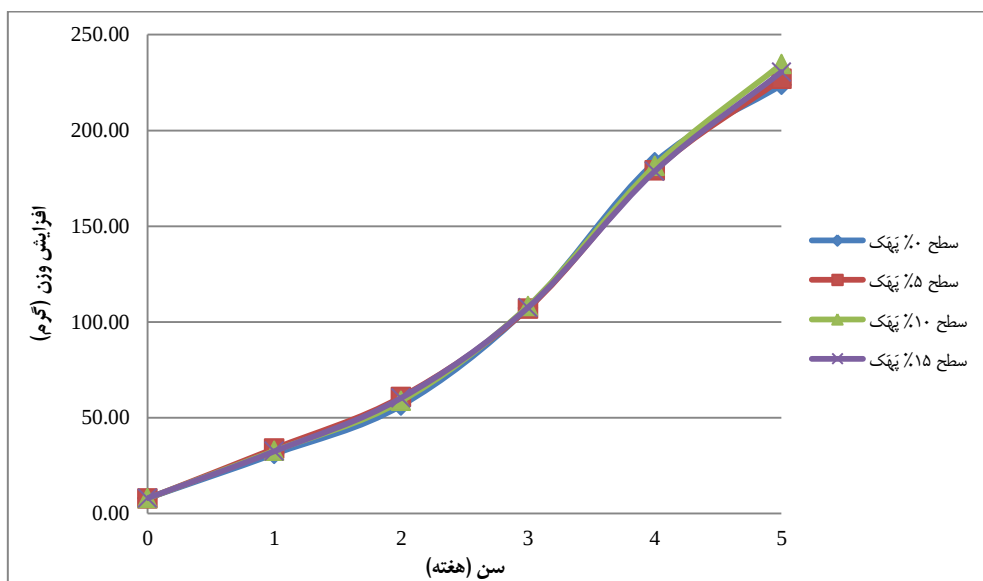
در این رابطه، Y_{ij} مقدار مشاهده تیمار i ام در تکرار j ام؛ μ میانگین جامعه؛ T_i اثر تیمار i ام و e_{ij} اثر خطای آزمایش مربوط به تیمار i ام در تکرار j ام می‌باشد.

۳. یافته‌های پژوهش و بحث

۳.۱. عملکرد رشد

وزن بدن پرنده‌ها در هیچ کدام از دوره‌ها تحت تأثیر سطوح پَهِک در جیره قرار نگرift (شکل ۲). تأثیر سطوح پَهِک در جیره بر عملکرد رشد بلدرچین ژاپنی در جدول (۳) گزارش شده است. استفاده از پَهِک در سطح پنج درصد جیره، سبب کاهش خوراک مصرفی و بهبود ضریب تبدیل خوراک و نسبت‌های بازده انرژی و پروتئین شد، اما در سطح ۱۵ درصد منجر به افزایش خوراک مصرفی شد ($P < 0.05$). افزایش وزن بدن، ضریب کارایی تولید اروپایی، شاخص اروپایی و نرخ رشد ویژه تحت تأثیر سطوح مختلف پَهِک قرار نگرift. به‌طور کلی، با افزایش سطح گنجاندن پَهِک در جیره، مقدار خوراک مصرفی به صورت خطی و درجه دو و ضریب تبدیل خوراک به صورت درجه دو افزایش، اما مقادیر نسبت‌های بازده انرژی و پروتئین به صورت خطی و درجه دو کاهش یافت ($P < 0.05$).

1. Tryptic or Trypticase Soy Agar (TSA)
2. Salmonella Shigella Agar (SS) Agar
3. Reinforced Clostridial Agar (RCA)
4. MacConkey Agar (MAC)
5. de Man, Rogosa, and Sharpe (MRS) Agar



شکل ۲. روند افزایش وزن هفتگی بلدرچین ژاپنی در طول دوره پرورش در پاسخ به سطوح مختلف پَهِک

جدول ۳. تأثیر سطوح مختلف پَهِک بر صفات عملکرد رشد بلدرچین ژاپنی (۳۵-صفر روزگی)

سطح معنی داری			تیمارها (درصد پیهک در جیره)				ویژگی های عملکردی	
درجه ۲	خطی	تیمار	SEM	۱۵	۱۰	۵		صفر
<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	۴	۷۴۸ ^a	۷۰۱ ^b	۶۶۹ ^c	۷۱۳ ^b	خوراک مصرفی (گرم)
۰/۸۰	۰/۷۷	۰/۶۲	۴	۲۲۴	۲۱۷	۲۲۰	۲۲۰	افزایش وزن بدن (گرم)
<۰/۰۱	۰/۰۷	<۰/۰۱	۰/۰۵	۳/۳۴ ^a	۳/۲۳ ^a	۳/۰۵ ^b	۳/۲۴ ^a	ضریب تبدیل خوراک
۰/۱۸	۰/۲۵	۰/۳۴	۰/۶	۱۹/۹	۲۰/۰	۲۱/۴	۲۰/۲	ضریب کارایی تولید اروپایی
۰/۲۰	۰/۲۵	۰/۳۶	۰/۶	۱۹/۲	۱۹/۳	۲۰/۶	۱۹/۵	شاخص اروپایی جوجه گوشتی
۰/۳۷	۰/۶۰	۰/۷۲	۰/۰۴	۴/۱۵	۴/۱۲	۴/۱۱	۴/۰۹	نرخ رشد ویژه (درصد در روز)
۰/۰۱	۰/۰۵	<۰/۰۱	۰/۲	۱۰/۳ ^b	۱۰/۷ ^b	۱۱/۳ ^a	۱۰/۷ ^b	نسبت بازده انرژی (گرم بر کیلوکالری)
۰/۰۱	۰/۰۵	<۰/۰۱	۰/۰۲	۱/۲۵ ^b	۱/۲۹ ^b	۱/۳۷ ^a	۱/۲۹ ^b	نسبت بازده پروتئین (گرم بر گرم)

a-c: تفاوت میانگین‌ها در هر ردیف با حروف نامشابه معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

دلیل افزایش خوراک مصرفی در گروه تغذیه‌شده با سطح ۱۵ درصد پَهِک می‌تواند ناشی از افزایش فیبر جیره باشد، به‌طوری‌که افزایش فیبر جیره احتمالاً سرعت عبور مواد هضمی از دستگاه گوارش را افزایش داده است و در نتیجه پرنده برای تأمین انرژی و سایر مواد مغذی مورد نیاز خوراک بیش‌تری مصرف کرده است. گزارش شده است که اضافه‌کردن منابع فیبر نامحلول به جیره زمان عبور مواد هضمی از دستگاه گوارش در جوجه‌های گوشتی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Rybicka et al., 2024)، به‌طوری‌که فیبر نامحلول می‌تواند سرعت عبور مواد هضمی و انتقال مواد مغذی را افزایش دهد (Singh & Kim, 2021).

دلیل کاهش خوراک مصرفی و بهبود ضریب تبدیل خوراک و نسبت‌های بازده انرژی و پروتئین در پرنده‌های تغذیه‌شده با سطح پنج درصد پَهِک، نیز می‌تواند ناشی از بهبود هضم و جذب مواد مغذی و افزایش بهره‌وری از مواد خوراکی به‌واسطه افزایش مساحت سطح پُرزها باشد (جدول ۶). به‌طوری‌که، گزارش شده است که ترکیبات پلی‌فنولیک موجود در خرما نظیر اسید گالیک و فلاونوئیدها (Labyad et al., 2020) خواص ضد میکروبی، آنتی‌اکسیدانی و ضد

التهابی دارند (Mejri et al., 2025). بنابراین، این ترکیبات ضمن کاهش جمعیت باکتری‌های پاتوژنیک دستگاه گوارش (جدول ۷) و کاهش سموم ناشی از آن‌ها که منجر به بهبود رشد پُرزهای روده می‌شود، از طریق خنثی سازی رادیکال‌های آزاد مانع از استرس اکسیداتیو در پُرزهای روده شده می‌شوند. این عوامل در مجموع می‌تواند سبب بهبود پُرزهای روده و افزایش کارایی هضم و جذب مواد مغذی و متعاقباً بهبود پارامترهای عملکردی شود.

۲.۳. فراسنجه‌های خونی

تأثیر سطوح مختلف پَهِک بر فراسنجه‌های خونی بلدرچین ژاپنی در جدول (۴) گزارش شد. سطوح ۱۰ و ۱۵ درصد پَهِک سبب کاهش کلسترول تام و هر سه سطح پَهِک موجب کاهش نسبت خطر قلبی و ضریب آتروژنیک شد ($P < 0.05$). مقادیر گلوکز، پروتئین تام، آلبومین، گلوبولین، تری‌گلیسرید، HDL، LDL، VLDL، نسبت LDL به HDL، شاخص آتروژنیک، کلسیم و فسفر تحت تأثیر سطوح مختلف پَهِک قرار نگرفت. به‌طور کلی، با افزایش سطح گنجاندن پَهِک در جیره، مقدار کلسترول تام به‌صورت درجه دو و مقادیر نسبت خطر قلبی و ضریب آتروژنیک به‌صورت خطی و درجه دو کاهش یافت ($P < 0.05$).

جدول ۴. تأثیر سطوح پَهِک بر فراسنجه‌های خونی بلدرچین ژاپنی (۳۵-۰ روزگی)

فراسنجه‌ها	تیمارها (درصد پَهِک در جیره)				SEM		سطح معنی‌داری	
	صفر	۵	۱۰	۱۵	تیمار	خطی	درجه ۲	
گلوکز (میلی گرم بر دسی‌لیتر)	۳۰۶	۳۰۱	۳۰۲	۲۹۹	۱۳	۰/۷۶	۰/۸۰	
پروتئین تام (گرم بر دسی‌لیتر)	۳/۸۴	۳/۸۷	۴/۰۵	۴/۱۵	۰/۱۵	۰/۷۷	۰/۱۰	
آلبومین (گرم بر دسی‌لیتر)	۲/۵۹	۲/۹۲	۲/۸۷	۲/۸۶	۰/۱۴	۰/۱۳	۰/۴۲	
گلوبولین (گرم بر دسی‌لیتر)	۱/۲۵	۰/۹۵	۱/۱۹	۱/۲۹	۰/۱۲	۰/۱۵	۰/۲۶	
تری‌گلیسرید (میلی گرم بر دسی‌لیتر)	۲۰۲	۲۰۰	۱۹۰	۲۰۰	۱۰	۰/۹۳	۰/۵۹	
کلسترول تام (میلی گرم بر دسی‌لیتر)	^a ۱۸۷	^{ab} ۱۷۶	^b ۱۷۱	^b ۱۶۹	۵	۰/۰۸	۰/۰۲	
HDL (میلی گرم بر دسی‌لیتر)	۴۶/۰	۴۹/۳	۴۹/۵	۴۹/۰	۲/۵	۰/۴۳	۰/۵۳	
LDL (میلی گرم بر دسی‌لیتر)	۱۲۰	۱۳۷	۱۳۳	۱۲۲	۶	۰/۶۷	۰/۴۹	
VLDL (میلی گرم بر دسی‌لیتر)	۴۰/۴	۴۰/۰	۳۸/۱	۴۰/۰	۲/۱	۰/۹۲	۰/۵۸	
نسبت LDL به HDL	۲/۷۳	۲/۶۱	۲/۶۸	۲/۵۰	۰/۲۱	۰/۵۷	۰/۶۹	
نسبت خطر قلبی	^a ۴/۱۴	^b ۳/۵۹	^b ۳/۴۵	^b ۳/۴۶	۰/۱۲	<۰/۰۱	<۰/۰۱	
ضریب آتروژنیک	^a ۳/۱۴	^b ۲/۵۹	^b ۲/۴۵	^b ۲/۴۶	۰/۱۲	<۰/۰۱	<۰/۰۱	
شاخص آتروژنیک	۰/۶۴۵	۰/۶۱۰	۰/۵۸۰	۰/۶۱۱	۰/۰۲۶	۰/۵۳	۰/۲۳	
کلسیم (میلی گرم بر دسی‌لیتر)	۱۳/۷	۱۲/۸	۱۳/۳	۱۳/۶	۰/۵	۰/۳۰	۰/۶۸	
فسفر (میلی گرم بر دسی‌لیتر)	۷/۵۳	۷/۷۹	۷/۹۲	۷/۹۳	۰/۲	۰/۳۷	۰/۲۰	

a-b: تفاوت میانگین‌ها در هر ردیف با حروف نامشابه معنی‌دار است ($P < 0.05$).

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

دلیل کاهش غلظت کلسترول تام در پرزده‌های تغذیه‌شده با سطوح ۱۰ و ۱۵ درصد پَهِک می‌تواند ناشی از افزایش جمعیت باکتری‌های دِکنژوگه‌کننده اسیدهای صفراوی نظیر *کلوستریدیوم*ها باشد، به‌طوری‌که جمعیت آن‌ها در نتیجه تغذیه سطوح بالای پَهِک در ایلئوم افزایش یافته است (جدول ۷). در تأیید این موضوع، گزارش شده است که آنزیم هیدرولیزکننده نمک‌های صفراوی توسط باکتری‌هایی نظیر *لاکتوباسیل*ها، *کلوستریدیوم*ها و *انتروکوکوس*ها در روده تولید می‌شود. این آنزیم اسیدهای صفراوی کونژوگه را با هیدرولیزکردن پیوند آمیدی آن‌ها دِکنژوگه می‌کند که منجر به تولید اسیدهای آمینه آزاد و اسید صفراوی غیرکونژوگه می‌شود. این عامل، بازجذب نمک‌های صفراوی در روده را کاهش

می‌دهد که می‌تواند بر متابولیسم کلسترول و تعادل انرژی در میزبان تأثیر بگذارد (Kim et al., 2025). همچنین با توجه به این که کلسترول تام به‌ترتیب به‌صورت مستقیم و غیر مستقیم روی مقادیر نسبت خطر قلبی و ضریب آتروژنیک تأثیر دارد، لذا علت بهبود این دو صفت توسط سطوح مختلف پَهِک را می‌تواند به کاهش کلسترول تام نسبت داد.

۳.۳. ویژگی‌های لاشه

تأثیر سطوح مختلف پَهِک بر ویژگی‌های لاشه بلدرچین ژاپنی در جدول (۵) گزارش شده است. استفاده از سطوح ۱۰ و ۱۵ درصد پَهِک به‌ترتیب سبب کاهش و افزایش وزن نسبی لاشه و کبد شد ($P < 0.05$). کم‌ترین مقدار وزن کبد مربوط به تیمارهای سطح صفر و پنج درصد پَهِک بود و بالاترین مقدار آن در نتیجه تغذیه سطح ۱۵ درصد مشاهده شد ($P < 0.05$). مقادیر اوزان نسبی سینه، ران، قلب، طحال و پانکراس تحت تأثیر سطوح مختلف پَهِک قرار نگرفت. به‌طور کلی، با افزایش سطح گنجاندن پَهِک در جیره، به‌صورت درجه دو وزن نسبی لاشه کاهش و اوزان نسبی کبد و پانکراس افزایش یافت ($P < 0.05$).

جدول ۵. تأثیر سطوح مختلف پَهِک بر ویژگی‌های لاشه بلدرچین ژاپنی در ۳۵ روزگی

پارامترها (درصد از وزن زنده)	تیمارها (درصد پَهِک در جیره)				SEM		سطح معنی‌داری	
	صفر	۵	۱۰	۱۵			تیمار	خطی
لاشه	۶۰/۹ ^a	۶۰/۹ ^a	۵۸/۰ ^b	۵۷/۹ ^b	۰/۴		<۰/۰۱	۰/۹۴
سینه	۲۵/۵	۲۳/۴	۲۵/۹	۲۵/۷	۰/۸		۰/۱۵	۰/۰۹
ران	۱۴/۵	۱۴/۷	۱۴/۴	۱۴/۹	۰/۳		۰/۵۶	۰/۳۷
کبد	۲/۶۷ ^c	۳/۷۶ ^c	۳/۲۳ ^b	۳/۷۹ ^a	۰/۱۱		<۰/۰۱	۰/۱۲
قلب	۰/۸۷۵	۰/۸۴۹	۰/۹۱۶	۰/۸۲۳	۰/۰۴۳		۰/۴۹	۰/۳۸
طحال	۰/۰۸۰	۰/۰۵۹	۰/۰۶۳	۰/۰۶۸	۰/۰۰۷		۰/۲۹	۰/۱۱
پانکراس	۰/۲۸۱	۰/۲۹۸	۰/۳۳۷	۰/۳۶۲	۰/۰۲۴		۰/۱۱	۰/۴۹

a-c تفاوت میانگین‌ها در هر ردیف با حروف نامشابه معنی‌دار است ($P < 0.05$).

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

با وجود این که از نظر افزایش وزن بدن تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد، اما پرنده‌های تغذیه‌شده با سطوح ۱۰ و ۱۵ درصد پَهِک وزن نسبی لاشه پایین‌تری داشتند. علت این نتیجه می‌تواند ناشی از افزایش وزن نسبی اجزای غیر خوراکی لاشه در این دو تیمار باشد. زیرا فیبر جیره سبب هایپرτροφی و هایپرپلازی سلول‌های دستگاه گوارش می‌شود و از این طریق می‌تواند باعث افزایش وزن نسبی دستگاه گوارش شود. در تأیید این موضوع، Sharifi & Masoudi (۲۰۲۴) کاهش بازده لاشه در پرندگان تغذیه‌شده با سبوس ذرت را به افزایش وزن نسبی دستگاه گوارش نسبت دادند. کاتابولیسم بافتی و متابولیسم ذخایر لیپیدی و قندی دلیل دیگری است که می‌توان برای این موضوع ارائه داد. به‌طوری‌که گزارش شده است که در کنار پیچیدگی دستگاه گوارش، عوامل مختلفی نظیر استرس حرارتی و رفتاری، چالش‌های تغذیه‌ای، تراکم گله و چالش باکتریایی باعث تحریک التهاب و اختلال در هموستاز دستگاه گوارش می‌شوند (Soares et al., 2022). همان‌طور که در جدول (۷) مشاهده می‌شود پرنده‌های تغذیه‌شده با سطوح ۱۰ و ۱۵ درصد پَهِک جمعیت بالاتری از نظر باکتری‌های پاتوژنیک داشتند، لذا می‌توانند سبب القای التهاب شوند همچنان که افزایش ضخامت لایه‌های زیر مخاطی و عضلانی گویای این امر است (جدول ۶). التهاب باعث افزایش نفوذپذیری مخاط روده می‌شود و این عامل منجر به انتقال باکتری‌های روده، ترکیبات میکروبی و/یا آنتی‌ژن‌ها به جریان خون می‌شود و یک پاسخ ایمنی سیستمیک ایجاد

می‌کند، که نیازمند انرژی و مواد مغذی است. فرایند التهابی علاوه بر منحرف کردن مواد مغذی و انرژی از عملکردهایی که برای بهره‌وری حیوان ضروری هستند، باعث کاتابولیسم بافتی نیز می‌شود. به عنوان مثال، پروتئین‌های موجود در عضلات اسکلتی تحت پروتئولیز قرار می‌گیرند و سنتز پروتئین محدود می‌شود تا دسترسی اسیدهای آمینه برای تأمین سوخت پاسخ‌های التهابی افزایش یابد. در نهایت، متابولیسم لیپیدها و ذخایر قندی افزایش می‌یابد تا انرژی بیش‌تری برای سیستم ایمنی تولید شود (Soares et al., 2022).

گزارش شده است که جوجه‌های گوشتی تغذیه‌شده با جیره‌های غذایی حاوی ۵۰ و ۷۵ گرم در کیلوگرم سبوس ذرت سنگین‌ترین وزن دستگاه گوارش و سنگدان را داشتند، همچنین اوزان نسبی و طول ایلئوم و روده کور این پرندگان در مقایسه با گروه شاهد بیش‌تر بود (Sharifi & Masoudi, 2024). همچنین، گزارش شده است که تغذیه جوجه‌های گوشتی با سه درصد سبوس گندم باعث افزایش اوزان نسبی سنگدان و روده کوچک شده است (Zhang et al., 2023). تغذیه پولت‌ها با جیره غذایی حاوی یک درصد الیاف نامحلول نیز اوزان نسبی پیش‌معد، سنگدان و کبد را افزایش داده است (Tejeda & Kim, 2021). بنابراین، دلیل افزایش وزن کبد توسط سطوح ۱۰ و بالاخص ۱۵ درصد پَهِک می‌تواند ناشی از افزایش فیبر جیره باشد. در حقیقت، زمانی که فیبر زیادی در جیره وجود دارد، بسته به این که چه نوع فیبری باشد می‌تواند به طریق مختلف حرکات دستگاه گوارش را تحت تأثیر قرار دهد. به عنوان مثال، در صورتی که فیبر غالباً از نوع محلول باشد باعث افزایش ویسکوزیته محتویات روده و کاهش حرکات دستگاه گوارش و در نتیجه کاهش سرعت دفع مواد هضمی می‌شود، اما در صورتی که فیبر بیش‌تر از نوع نامحلول باشد عکس این حالت اتفاق می‌افتد. با توجه به این که فیبر پَهِک بیش‌تر از نوع نامحلول است (Mrabet et al., 2019; Stojanovska et al., 2023) و سرعت دفع مواد هضمی را افزایش می‌دهد، لذا سیستم فیزیولوژیک بدن برای افزایش بهره‌وری از مواد مغذی باعث افزایش فعالیت و ترشحات کبد و پانکراس می‌شود. این عامل باعث هایپرتروفی و هایپرپلازی سلول‌های این اندام‌ها شده که نتیجه آن افزایش وزن نسبی آن‌ها است. در تحقیق حاضر، اگرچه از نظر وزن نسبی پانکراس تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد، اما با افزایش سطوح پَهِک در جیره وزن آن به صورت درجه دو افزایش یافت.

۴.۳. مورفولوژی دوازدهه و ایلئوم

تأثیر سطوح مختلف پَهِک بر مورفولوژی دوازدهه و ایلئوم بلدرچین ژاپنی در جدول (۶) گزارش شده است. نتایج نشان داد که در مقایسه با گروه شاهد، گنجاندن سطح پنج درصد پَهِک در جیره به ترتیب سبب افزایش و کاهش طول پُرز و ضخامت لایه زیر مخاطی دوازدهه شد و بالاترین ضخامت لایه زیر مخاطی مربوط به سطح ۱۵ درصد بود ($P < 0.05$). مقادیر ضخامت پُرز، عمق کریپت، تعداد سلول‌های گابلت، ضخامت لایه عضلانی، نسبت طول پُرز به عمق کریپت و مساحت سطح پُرز دوازدهه تحت تأثیر سطوح مختلف پَهِک قرار نگرفت. به طور کلی، با افزایش سطح گنجاندن پَهِک در جیره، طول پُرزهای دوازدهه به صورت خطی کاهش و ضخامت لایه زیر مخاطی آن‌ها به صورت خطی و درجه دو افزایش یافت ($P < 0.05$).

نتایج نشان داد که در مقایسه با گروه شاهد، گنجاندن سطوح ۱۰ و ۱۵ درصد پَهِک در جیره سبب کاهش طول پُرز و نسبت طول پُرز به عمق کریپت در ایلئوم شد ($P < 0.05$). سطح ۱۵ درصد باعث افزایش ضخامت لایه‌های زیر مخاطی و عضلانی شد ($P < 0.05$). تغذیه سطوح پنج، ۱۰ و ۱۵ درصد پَهِک منجر به کاهش تعداد سلول‌های گابلت در ایلئوم شد ($P < 0.05$). بالاترین و کم‌ترین مساحت سطح پُرزهای ایلئوم در بین تیمارها به ترتیب مربوط به گروه‌های تغذیه‌شده با سطوح پنج و ۱۵ درصد پَهِک بود ($P < 0.05$). اگرچه عمق کریپت در ایلئوم تحت تأثیر سطوح مختلف پَهِک قرار نگرفت،

اما با افزایش سطح پَهِک مقدار آن به صورت درجه دو افزایش یافت ($P < 0.05$). به طور کلی، با افزایش سطح گنجاندن پَهِک در جیره، تعداد سلول‌های گابلت در ایلئوم به صورت خطی و درجه دو کاهش یافت ($P < 0.05$). همچنین با افزایش سطح پَهِک در جیره طول پُرز، ضخامت پُرز، نسبت طول پُرز به عمق کریپت و مساحت سطح پُرزهای ایلئوم کاهش و ضخامت لایه‌های زیر مخاطی و عضلانی افزایش یافت ($P < 0.05$).

جدول ۶. تأثیر سطوح مختلف پَهِک بر مورفولوژی دوازدهه و ایلئوم بلدرچین ژاپنی در ۳۵ روزگی

پارامترها	تیمارها (درصد پَهِک در جیره)				SEM	سطح معنی‌داری		
	صفر	۵	۱۰	۱۵		تیمار	خطی	درجه ۲
دوازدهه								
طول پُرز (میکرومتر)	۱۰۶۷ ^b	۱۴۳۹ ^a	۱۱۸۳ ^b	۱۱۴۰ ^b	۸۰	۰/۰۲	<۰/۰۱	۰/۲۷
ضخامت پُرز (میکرومتر)	۱۳۹	۱۲۴	۱۱۵	۱۱۸	۹	۰/۲۵	۰/۲۹	۰/۱۱
عمق کریپت (میکرومتر)	۷۰/۲	۷۴/۲	۶۱/۷	۶۴/۸	۴/۸	۰/۲۹	۰/۴۸	۰/۰۸
تعداد سلول‌های گابلت	۷/۶۷	۷/۷۵	۷/۲۵	۶/۸۰	۰/۴۵	۰/۴۹	۰/۹۵	۰/۱۷
ضخامت لایه زیر مخاطی (میکرومتر)	۱۸/۱ ^b	۱۱/۶ ^c	۱۵/۴ ^b	۲۱/۸ ^a	۱/۲	<۰/۰۱	۰/۰۲	<۰/۰۱
ضخامت لایه عضلانی (میکرومتر)	۴۷/۸	۳۸/۱	۳۶/۱	۴۳/۸	۴/۴	۰/۲۵	۰/۲۹	۰/۵۰
نسبت طول پُرز به عمق کریپت	۱۶/۲	۱۹/۵	۱۹/۴	۱۷/۸	۱/۶	۰/۴۱	۰/۲۴	۰/۶۵
مساحت سطح پُرز (میلی‌متر مربع)	۰/۴۷۲	۰/۵۵۹	۰/۴۲۱	۰/۴۲۶	۰/۰۴۷	۰/۱۷	۰/۲۲	۰/۰۷
ایلئوم								
طول پُرز (میکرومتر)	۴۴۰ ^a	۴۳۵ ^a	۳۷۷ ^b	۳۵۱ ^b	۹	<۰/۰۱	۰/۳۳	<۰/۰۱
ضخامت پُرز (میکرومتر)	۸۱/۰ ^{ab}	۹۶/۵ ^a	۷۹/۳ ^b	۷۳/۸ ^b	۶	۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۰۴
عمق کریپت (میکرومتر)	۵۵/۷	۵۰/۱	۶۴/۸	۶۳/۳	۴/۱	۰/۰۶	۰/۳۲	۰/۰۱
تعداد سلول‌های گابلت	۱۲/۰ ^a	۸/۵۰ ^b	۸/۳۳ ^b	۷/۰۰ ^c	۰/۳۵	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱
ضخامت لایه زیر مخاطی (میکرومتر)	۱۴/۶ ^b	۱۸/۰ ^{ab}	۱۵/۸ ^b	۱۹/۸ ^a	۱/۲	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۲۲
ضخامت لایه عضلانی (میکرومتر)	۲۷/۹ ^b	۲۴/۶ ^b	۲۸/۱ ^b	۳۶/۰ ^a	۱/۷	<۰/۰۱	۰/۷۹	<۰/۰۱
نسبت طول پُرز به عمق کریپت	۷/۹۹ ^a	۸/۶۹ ^a	۶/۲۳ ^b	۵/۵۹ ^b	۰/۴۶	<۰/۰۱	۰/۴۸	<۰/۰۱
مساحت سطح پُرز (میلی‌متر مربع)	۰/۱۱۳ ^b	۰/۱۳۳ ^a	۰/۰۹۴ ^{bc}	۰/۰۸۱ ^c	<۰/۰۱	<۰/۰۱	۰/۱۲	<۰/۰۱

a-c: تفاوت میانگین‌ها در هر ردیف با حروف نامشابه معنی‌دار است ($P < 0.05$).

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

دلیل افزایش طول پُرزهای دوازدهه توسط سطح پنج درصد پَهِک می‌تواند ناشی از ترکیبات زیست‌فعال موجود در آن باشد. به طوری که این ترکیبات خواص ضد باکتریایی، ضد التهابی و آنتی‌اکسیدانی دارند (Labyad et al., 2020; Mejri et al., 2025). بنابراین، با کاهش جمعیت باکتری‌های پاتوژنیک (جدول ۷)، از پُرزهای روده در مقابل سموم باکتریایی و التهاب ناشی از آن‌ها محافظت به عمل می‌آورند. همچنین پَهِک به دلیل غلظت بالای آنتی‌اکسیدان‌های فنلی (۱ تا ۲ درصد) (Mrabet et al., 2019) سبب افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی انتروسیت‌ها و سایر سلول‌های روده می‌شود. این عوامل در مجموع سبب حفاظت پُرزهای روده و افزایش طول آن‌ها می‌شود. همچنین افزایش ضخامت لایه زیر مخاطی روده می‌تواند ناشی از ایجاد التهاب باشد که یکی از عوامل القای آن جمعیت باکتری‌های پاتوژنیک است (Soares et al., 2022). کاهش و افزایش این پارامتر در تیمارهای دارای پنج و ۱۵ درصد پَهِک، احتمالاً به ترتیب ناشی از کاهش و افزایش جمعیت باکتری‌های پاتوژنیک است (جدول ۷). دی‌آمین اکسیداز^۱ (DAO) یک آنزیم درون سلولی است که به میزان زیادی در انتروسیت‌های بالغ که در نوک پُرزهای روده وجود دارند، بیان می‌شود و اکسیداسیون پلی‌آمین‌ها، مانند هیستامین را کاتالیز می‌کند (Soares et al., 2022). بنابراین دلیل دیگری برای افزایش ضخامت لایه‌های زیر مخاطی و

1. Diamine oxidase

عضلانی ایلئوم در پرنده‌های تغذیه‌شده با سطوح ۱۰ و ۱۵ درصد پَهِک می‌تواند ناشی از کاهش این آنزیم توسط انتروسیست‌های روده باشد، چرا که در این دو گروه احتمالاً به‌دلیل افزایش جمعیت باکتری‌های پاتوژنیک ریزش انتروسیست‌های بالغ از نوک پُرزها به درون لومن روده افزایش پیدا می‌کند و فرصت کافی برای تولید این آنزیم و تجزیه هیستامین و بالطبع ممانعت از ایجاد التهاب را پیدا نمی‌کنند.

۳.۵. جمعیت میکروبی ایلئوم و روده کور

تأثیر سطوح مختلف پَهِک بر جمعیت میکروبی ایلئوم و روده کور بلدرچین ژاپنی در جدول (۷) گزارش شده است. نتایج نشان داد که در مقایسه با گروه شاهد، گنجاندن سطوح ۱۰ و ۱۵ درصد پَهِک در جیره سبب افزایش جمعیت *سالمونلا-شیگلا* و *کلوستریدیومها* در ایلئوم شد ($P<0/05$). بالاترین جمعیت کل باکتری‌های هوازی ایلئوم در گروه تغذیه‌شده با سطح ۱۵ درصد پَهِک مشاهده شد ($P<0/05$). جمعیت *لاکتوباسیلها* در ایلئوم تحت تأثیر سطوح مختلف پَهِک قرار نگرفت. به‌طور کلی، با افزایش سطح گنجاندن پَهِک در جیره، کلونیزاسیون *کلوستریدیومها* به‌صورت خطی و درجه دو و کلونیزاسیون کل باکتری‌های هوازی، *سالمونلا-شیگلا* و *کلی‌فرمها* به‌صورت درجه دو در ایلئوم افزایش یافت ($P<0/05$).

در مقایسه با گروه شاهد، گنجاندن سطح پنج درصد پَهِک در جیره باعث کاهش جمعیت کل باکتری‌های هوازی در روده کور شد، اما سطح ۱۵ درصد جمعیت این باکتری‌ها را افزایش داد ($P<0/05$). جمعیت *سالمونلا-شیگلا* و *کلی‌فرمها* در روده کور پرنده‌های تغذیه‌شده با سطح ۱۵ درصد پَهِک در مقایسه با سایر تیمارها افزایش یافت ($P<0/05$). با این حال، جمعیت *لاکتوباسیلها* و *کلوستریدیومها* در روده کور تحت تأثیر سطوح مختلف پَهِک قرار نگرفت. به‌طور کلی، با افزایش سطح گنجاندن پَهِک در جیره، کلونیزاسیون کل باکتری‌های هوازی به‌صورت خطی و درجه دو و کلونیزاسیون *سالمونلا-شیگلا* و *کلی‌فرمها* به‌صورت درجه دو در روده کور افزایش یافت ($P<0/05$).

جدول ۷. تأثیر سطوح مختلف پَهِک بر جمعیت میکروبی ایلئوم و روده کور بلدرچین ژاپنی در ۳۵ روزگی

پارامترها	تیمارها (درصد پَهِک در جیره)				SEM	سطح معنی‌داری	
	صفر	۵	۱۰	۱۵		تیمار	خطی درجه ۲
ایلئوم							
کل باکتری‌های هوازی	۷/۲۳ ^{ab}	۷/۳۸ ^b	۷/۷۱ ^b	۸/۲۵ ^a	۰/۱۷	<۰/۰۱	۰/۱۹
<i>سالمونلا-شیگلا</i>	۰/۹۳ ^{ab}	۱/۰۸ ^b	۱/۸۸ ^a	۱/۶۶ ^a	۰/۱۶	<۰/۰۱	۰/۷۶
<i>کلوستریدیومها</i>	۳/۵۸ ^b	۴/۰۴ ^b	۴/۶۵ ^a	۵/۰۳ ^a	۰/۱۹	<۰/۰۱	۰/۰۵
<i>کلی‌فرمها</i>	۳/۰۰ ^c	۳/۰۹ ^c	۴/۲۲ ^b	۴/۸۲ ^a	۰/۱۶	<۰/۰۱	۰/۲۵
<i>لاکتوباسیلها</i>	۵/۱۷	۵/۴۵	۵/۴۴	۵/۳۴	۰/۱۵	۰/۵۷	۰/۳۰
روده کور							
کل باکتری‌های هوازی	۸/۵۵ ^b	۷/۶۰ ^c	۸/۳۳ ^b	۹/۱۳ ^a	۰/۱۷	<۰/۰۱	۰/۰۲
<i>سالمونلا-شیگلا</i>	۲/۰۶ ^b	۱/۸۶ ^b	۲/۰۹ ^b	۲/۹۴ ^a	۰/۱۳	<۰/۰۱	۰/۶۹
<i>کلوستریدیومها</i>	۴/۵۹	۴/۵۱	۴/۹۲	۴/۶۰	۰/۱۹	۰/۴۸	۰/۵۲
<i>کلی‌فرمها</i>	۲/۹۳ ^b	۲/۷۳ ^b	۳/۱۷ ^b	۳/۷۳ ^a	۰/۱۵	<۰/۰۱	۰/۹۷
<i>لاکتوباسیلها</i>	۵/۳۱	۵/۲۸	۵/۳۸	۵/۵۶	۰/۱۶	۰/۵۸	۰/۹۳

a-c: تفاوت میانگین‌ها در هر ردیف با حروف نامشابه معنی‌دار است ($P<0/05$).

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

اگرچه تانن‌ها، اسیدهای فنولیک و فلاونوئیدهای موجود در پَهِک (Labyad et al., 2020; Abdou et al., 2025; Ammar, 2025) خواص ضد میکروبی دارند (Labyad et al., 2020; Mejri et al., 2025)، اما با افزایش سطوح پَهِک جمعیت کل

باکتری‌های هوازی و باکتری‌های پاتوژنیک افزایش یافت. به‌طوری‌که سطح ۱۰ درصد پَهِک در برخی موارد و سطح ۱۵ درصد آن تقریباً در تمام موارد باعث افزایش جمعیت باکتری‌های موردبررسی شد. دلیل این تناقض احتمالاً ناشی از افزایش مقدار فیبر محلول جیره با افزایش سطح پَهِک است. به‌طوری‌که گزارش شده است به‌طور میانگین ۱۱ درصد فیبر خرما به شکل محلول است (Mrabet et al., 2019; Stojanovska et al., 2023). فیبرهای محلول ویسکوزیته دستگاه گوارش را افزایش می‌دهند و این عامل زمینه جمعیت باکتری‌های پاتوژنیک را فراهم می‌کند (Jha & Mishra, 2021; Nguyen et al., 2021).

۴. نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل، می‌توان از پَهِک تا سطح پنج درصد جیره بلدرچین ژاپنی در ۳۵ روز اول دوره پرورش بدون تأثیر منفی بر عملکرد استفاده نمود.

۵. ملاحظات اخلاقی

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

۶. مشارکت نویسندگان

عنایت رحمت‌نژاد: تهیه و آماده‌سازی نمونه‌ها، انجام آزمایش و گردآوری داده‌ها، انجام محاسبات، تحلیل و تفسیر اطلاعات و نتایج، تهیه پیش‌نویس مقاله؛

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

حسن شیرزادی: مشارکت در طراحی پژوهش، نظارت بر پژوهش، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها؛

محمد امین کهن‌مو: مشارکت در طراحی پژوهش، نظارت بر پژوهش. مشارکت در انجام آزمایش.

۷. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۸. تشکر و قدردانی

از گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه خلیج فارس به‌خاطر فراهم‌نمودن امکانات لازم برای اجرای این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۹. منابع

- Abdou, R. M., Fahmy, H. A., Khattab, A. R., & Farag, M. A. (2025). Metabolomic and antioxidant characterization of seven Egyptian and Saudi date syrups via GC-MS and UHPLC/MS with sensory bioactive insights. *Scientific Reports*, 15(1), 32604.
- Ammar, A. S. (2025). Date (*Phoenix dactylifera* L.) fruits and seeds nanotechnology: A mini review. *Food Systems*, 8(2), 231-234.
- Baurhoo, N., Baurhoo, B., Mustafa, A., & Zhao, X. (2011). Comparison of corn-based and Canadian pearl millet-based diets on performance, digestibility, villus morphology, and digestive microbial populations in broiler chickens. *Poultry Science*, 90(3), 579-586.

- Biesek, J., Banaszak, M., Wlazlak, S., & Adamski, M. (2022). The effect of partial replacement of milled finisher feed with wheat grains on the production efficiency and meat quality in broiler chickens. *Poultry Science*, 101(5), 101817.
- Dev, K., Mir, N. A., Biswas, A., Kannoujia, J., Begum, J., Kant, R., & Mandal, A. (2020). Dietary synbiotic supplementation improves the growth performance, body antioxidant pool, serum biochemistry, meat quality, and lipid oxidative stability in broiler chickens. *Animal Nutrition*, 6(3), 325-332.
- Jha, R., & Mishra, P. (2021). Dietary fiber in poultry nutrition and their effects on nutrient utilization, performance, gut health, and on the environment: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 12(1), 51.
- Khwaldia, K., M'Rabet, Y., & Boulila, A. (2023). Active food packaging films from alginate and date palm pit extract: Physicochemical properties, antioxidant capacity, and stability. *Food Science and Nutrition*, 11(1), 555-568.
- Kim, H. W., Kim, N. K., Wolf, P. G., Brandvold, K., Rehberger, J. M., Rehberger, T. G., Dilger, R. N., Smith, A. H., & Mackie, R. I. (2025). Intestinal microbiota composition and bile salt hydrolase activity in fast and slow growing broiler chickens: implications for growth performance and production efficiency. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 16(1), 108.
- Labyad, N., Dorob, B., Gafric, F., Elamaari, S., & Almusrati, N. (2020). Phytochemical screening of methanolic extract of five libyan date varieties (*Phoenix dactylifera* L.) and evaluation of their antimicrobial activity. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 22(1), 168-175.
- Lugert, V., Thaller, G., Tetens, J., Schulz, C., & Krieter, J. (2016). A review on fish growth calculation: multiple functions in fish production and their specific application. *Reviews in Aquaculture*, 8(1), 30-42.
- Manai, S., Boulila, A., Silva, A., Barbosa-Pereira, L., Sendon, R., & Khwaldia, K. (2024a). Recovering functional and bioactive compounds from date palm by-products and their application as multi-functional ingredients in food. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 38, 101475.
- Manai, S., Boulila, A., Silva, A. S., Barbosa-Pereira, L., Sendón, R., & Khwaldia, K. (2024b). Recovering functional and bioactive compounds from date palm by-products and their application as multi-functional ingredients in food. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 38, 101475.
- Mejri, N., Jemaa, M. B., Falleh, H., Hammami, M., Guyot, S., Pereira, R. B., Sotin, H., Ceciliani, F., Abdennebi-Najar, L., & Megdiche-Ksouri, W. (2025). Bioactive potential of date palm by-products (*Phoenix dactylifera* L.): optimized extraction and antimicrobial activity against veterinary pathogens. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 68, 103701.
- Mrabet, A., Hammadi, H., Rodríguez-Gutiérrez, G., Jiménez-Araujo, A., & Sindic, M. (2019). Date palm fruits as a potential source of functional dietary fiber: A review. *Food Science and Technology Research*, 25(1), 1-10.
- Nguyen, H., Bedford, M., Wu, S.-B., & Morgan, N. (2021). Soluble non-starch polysaccharide modulates broiler gastrointestinal tract environment. *Poultry Science*, 100(8), 101183.
- Rybicka, A., Del Pozo, R., Carro, D., & García, J. (2024). Effect of type of fiber and its physicochemical properties on performance, digestive transit time, and cecal fermentation in broilers from 1 to 23 d of age. *Poultry Science*, 103(1), 103192.
- Sharifi, M. R., & Masoudi, A. (2024). Impact of dietary corn fiber on growth performance, digestive organs, intestinal morphology, and nutrient digestibility in broiler chickens. *Poultry Science Journal*, 12(1), 87-93.
- Singh, A. K., & Kim, W. K. (2021). Effects of dietary fiber on nutrients utilization and gut health of poultry: a review of challenges and opportunities. *Animals*, 11(1), 181.
- Soares, I., Belote, B. L., Santin, E., Dal Pont, G. C., & Kogut, M. H. (2022). Morphological assessment and biomarkers of low-grade, chronic intestinal inflammation in production animals. *Animals*, 12(21), 3036.
- Stojanovska, L., Ali, H. I., Kamal-Eldin, A., Souka, U., Al Dhaheri, A. S., Cheikh Ismail, L., & Hilary, S. (2023). Soluble and insoluble dietary fibre in date fruit varieties: An evaluation of methods and their implications for human health. *Foods*, 12(6), 1231.
- Tejeda, O. J., & Kim, W. K. (2021). Role of dietary fiber in poultry nutrition. *Animals*, 11(2), 461.
- Zhang, C., Hao, E., Chen, X., Huang, C., Liu, G., Chen, H., Wang, D., Shi, L., Xuan, F., & Chang, D. (2023). Dietary fiber level improve growth performance, nutrient digestibility, immune and intestinal morphology of broilers from day 22 to 42. *Animals*, 13(7), 1227.