Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Research on Animal Production, Vol. 17, Issue 1, 2026 p: 173-185

OPEN ACCESS

Research Paper

The Effect of Purslane Seed (*Portulaca oleracea*) and *Saccharomyces cerevisiae* Yeast on the Performance, Intestinal Morphology, and Gastrointestinal pH in Japanese Quails

Ehsan Salehifar[1], Atefeh Khosravi[2] and Reza Bahari Kashani[3]

1- Department of Agricultural Science, Ma. C., Islamic Azad University, Mashhad, Iran, (Corresponding author: E.salehifar@iau.ac.ir)
2- M.Sc. Graduated, Department of Agriculture Science, Ma. C., Islamic Azad University, Mashhad, Iran
3- Department of Agricultural Science, Ma. C., Islamic Azad University, Mashhad, Iran

Received: 7 October, 2025 Revised: 05 December, 2025 Accepted: 28 December, 2025

Extended Abstract

Background: Increasing concerns about antimicrobial resistance and the consequences of long-term antibiotic use in the poultry industry have attracted attention toward safe and natural alternatives. Two widely used approaches in this area are phytogenic feed additives rich in bioactive compounds and probiotics, which can improve intestinal microbial balance, enhance antioxidant status, and improve digestive efficiency, thereby promoting health and production performance. Purslane (*Portulaca oleracea*) exhibits remarkable antioxidant, anti-inflammatory, and antimicrobial properties due to its content of omega-3 polyunsaturated fatty acids, flavonoids, polyphenols, vitamins, and minerals. On the other hand, the yeast *Saccharomyces cerevisiae*, as a well-known probiotic, improves gut microflora balance, enhances digestion and nutrient absorption, and stimulates mucosal immunity. Japanese quail (*Coturnix japonica*) is considered a suitable experimental model for evaluating the nutritional effects of these compounds due to its rapid growth and favorable feed conversion ratio. Therefore, the present study aimed to investigate the effects of different levels of purslane seed powder and *S. cerevisiae* yeast on the productive performance, carcass traits, gastrointestinal pH, intestinal microflora, antioxidant enzyme activity, serum biochemical indices, and intestinal morphology in Japanese quails.

Methods: The trial was conducted as a completely randomized design with four treatments and five replicates per treatment, each containing 10 same-age male and female birds. The treatments were (1) a basal diet (control), (2) a basal diet + 1% purslane seed powder, (3) a basal diet + 2% purslane seed powder, and (4) a basal diet + 0.5% *S. cerevisiae* yeast. Diets were formulated to be iso-caloric and iso-nitrogenous according to NRC (1994) recommendations. The experimental period lasted 42 days. The recorded productive indices were final body weight, daily weight gain, feed intake, and feed conversion ratio (FCR). Carcass yield and percentages of liver, heart, abdominal fat, and gizzard were measured after the slaughter of representative birds. Intestinal contents were sampled to enumerate *Escherichia coli* and *Lactobacillus* spp., and gut pH was determined with a digital pH meter. Oxidative status and serum biochemistry, *viz*. malondialdehyde (MDA) and the activities of superoxide dismutase (SOD) and glutathione peroxidase (GPx), as well as total cholesterol (TC), triglycerides (TG), high- and low-density lipoproteins (HDL, LDL), and liver enzymes AST and ALT, were assessed using commercial kits. For morphometric analysis, hematoxylin–eosin-stained sections of the duodenum and ileum were prepared to measure villus height, crypt depth, and the villus-to-crypt ratio. Data were analyzed in SAS software, and means were separated by Duncan's test at $p \leq 0.05$.

Results: Supplementation of 2% purslane seed powder significantly reduced *E. coli* counts to approximately 1,600 and markedly increased *Lactobacillus* counts to around 23,500 compared to the control. The *S. cerevisiae* yeast likewise decreased *E. coli* and elevated *Lactobacillus* relative to the control, although the magnitude of this change was lower than that observed with 2% purslane. Regarding carcass characteristics, neither purslane nor the yeast affected carcass percentage or most individual organs; however, liver percentage declined significantly in the 2% purslane group, suggesting a potential alleviation of lipid load and improved metabolic status. Intestinal pH decreased in the additive groups, with the greatest drop seen in birds receiving the yeast, an environment conducive to acid-tolerant beneficial bacteria, such as lactobacilli. Systemically, the 2% purslane treatment significantly lowered MDA and increased the activities of SOD and GPx, indicating strengthened antioxidant defenses and reduced lipid peroxidation.

Copyright ©2026 Salehifar et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License which allows users to read, copy, distribute and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

The same treatment improved the lipid profile: TC, TG, and LDL were reduced compared to an increase in HDL. Histological evaluation showed that dietary purslane at 1% and 2% significantly enhanced villus height and the villus-to-crypt ratio and reduced crypt depth in both the duodenum and ileum. These changes are consistent with the enlarged absorptive surface area and improved digestive efficiency. The yeast also exerted favorable effects on these morphometric variables, though generally to a lesser extent than 2% purslane. Collectively, both additives modulated the gut milieu toward beneficial populations and structural optimization, but purslane at 2% achieved the most comprehensive improvements across microbial, morphological, and biochemical endpoints. The suite of bioactive constituents present in purslane seed—omega-3 fatty acids together with flavonoids and other polyphenols—likely underlies the observed functional benefits. Omega-3s can temper inflammatory pathways and support membrane integrity, while phenolic antioxidants scavenge reactive oxygen species, thereby lowering oxidative stress and protecting the intestinal epithelium. In parallel, a reduction in luminal pH and the associated increase in short-chain organic acids favor the proliferation of commensal lactobacilli and suppress opportunistic pathogens, such as *E. coli*, promoting colonization resistance and a more stable microbiota. *S. cerevisiae* may complement these actions by providing growth factors and metabolites that stimulate beneficial bacteria, improving nutrient assimilation, and indirectly enhancing digestive enzyme activities. Nonetheless, in the present experiment, the breadth and intensity of responses favored the 2% purslane inclusion over the yeast alone, suggesting that the phytochemical matrix of purslane seeds confers multi-targeted effects that extend beyond microbiota modulation.

Conclusion: Overall, adding purslane seed powder—particularly at 2% of the diet—improved the intestinal microbial balance by reducing *E. coli* and enriching *Lactobacillus*, strengthened antioxidant capacity (higher SOD and GPx, lower MDA), mitigated lipid peroxidation, refined the serum lipid profile (lower TC, TG, and LDL and higher HDL), and optimized intestinal architecture by increasing villus height and the villus-to-crypt ratio and decreasing crypt depth. These convergent changes translated into a more favorable gut environment and likely more efficient digestion and absorption, thereby supporting general health in Japanese quails. The *S. cerevisiae* yeast also produced beneficial shifts in gut flora and reduced pH, but its impacts on certain morphometric and biochemical metrics were less pronounced than those achieved with 2% purslane. Purslane seed powder, therefore, emerges as a practical phytogenic feed additive to enhance health and productivity in quails while aligning with strategies to curtail antibiotic dependence in poultry systems. Future work should examine higher inclusion levels and combined use with yeasts, as well as longer-term monitoring of performance and immune markers, to define dose–response relationships and the durability of benefits.

Keywords: Intestinal Microflora, Japanese quail, Morphology, *Portulaca oleracea*, *Saccharomyces cerevisiae*

How to Cite This Article: Salehifar, E., Khosravi, A., & Bahari Kashani, R. (2026). The Effect of Purslane Seed (*Portulaca oleracea*) and *Saccharomyces cerevisiae* Yeast on the Performance, Intestinal Morphology, and Gastrointestinal pH in Japanese Quails. *Res Anim Prod,* 17(1), 173-185. DOI: 10.61882/rap.2026.1563

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مقاله پژوهشی

اثر بذر خرفه (*Portulaca oleracea*) و مخمر *Saccharomyces cerevisiae* بر عملکرد، کیفیت تخم، فراسنجه‌های خونی، ریخت‌شناسی روده و pH دستگاه گوارش در بلدرچین ژاپنی تخم‌گذار

احسان صالحی‌فر[۱]، عاطفه خسروی[۲] و رضا بهاری کاشانی[۱]

۱- استادیار، گروه مهندسی کشاورزی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران، (نویسنده مسوول: E.salehifar@iau.ac.ir)
۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی کشاورزی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران
۳- استادیار، گروه مهندسی کشاورزی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۱۵ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۹/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۰۷
صفحه: ۱۷۳ تا ۱۸۵

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: افزایش نگرانی نسبت به مقاومت‌های ضدمیکروبی و تبعات استفاده بلندمدت از آنتی‌بیوتیک‌ها در صنعت طیور، توجه را به جایگزین‌های طبیعی و ایمن جلب کرده است. دو راهکار پرکاربرد در این زمینه، افزودنی‌های گیاهی سرشار از ترکیبات زیست‌فعال و پروبیوتیک‌ها هستند که می‌توانند با بهبود تعادل میکروبی روده، تقویت وضعیت اکسیداتیو و ارتقای کارایی گوارش، سلامت و بازده تولید را ارتقا دهند. گیاه خرفه *(Portulaca oleracea)* به‌سبب دارا بودن اسیدهای چرب غیر اشباع امگا-۳، فلاونوئیدها و پلی‌فنول‌ها، ویتامین‌ها و املاح، خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و ضدمیکروبی دارد. از سوی دیگر، مخمر *saccharomyces cerevisiae* به‌عنوان مخمر شناخته‌شده با توانایی بهبود تعادل میکروفلور، افزایش هضم و جذب و تحریک ایمنی مخاطی مطرح است. بلدرچین ژاپنی *(Coturnix japonica)* به‌دلیل رشد سریع و ضریب تبدیل مناسب، مدل مناسبی برای ارزیابی اثرات تغذیه‌ای این ترکیبات به‌شمار می‌رود. هدف پژوهش حاضر، بررسی اثر سطوح مختلف پودر بذر خرفه و مخمر *S. cerevisiae* بر عملکرد تولیدی،کیفیت تخم، ویژگی‌های لاشه، *pH* دستگاه گوارش، جمعیت میکروبی روده، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و شاخص‌های بیوشیمیایی خون و ریخت‌شناسی روده در بلدرچین بود.

مواد و روش‌ها: آزمایش به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار و پنج تکرار اجرا شد؛ هر تکرار شامل ۱۰ قطعه بلدرچین ژاپنی نر و ماده همسن بود. تیمارها عبارت بودند از ۱) جیره پایه (شاهد)، ۲) جیره پایه + ۱ درصد پودر بذر خرفه، ۳) جیره پایه + ۲ درصد پودر بذر خرفه، و ۴) جیره پایه + ۰/۵درصد مخمر *S. cerevisiae*. جیره‌ها مطابق توصیه‌های NRC (1994) به‌صورت ایزوکالریک و ایزونیتروژن فرموله شدند. دوره پرورشی ۴۲ روز بود. در پایان دوره، شاخص‌های عملکردی شامل وزن نهایی، افزایش وزن روزانه، و مصرف خوراک ثبت شدند و ضریب تبدیل غذایی محاسبه شد. برای ارزیابی اجزای لاشه، پس از کشتار، درصد لاشه، کبد، قلب، چربی بطنی و سنگدان در دو پرنده از هر تکرار اندازه‌گیری شدند. نمونه‌برداری از محتویات روده برای شمارش *Escherichia coli* و *Lactobacillus* spp. انجام گرفت و pH محتوای روده با pH متر دیجیتال اندازه‌گیری شد. وضعیت اکسیداتیو و بیوشیمی خون با سنجش مالون‌دی‌آلدئید، فعالیت سوپراکسید دیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز، و نیز کلسترول تام، تری‌گلیسرید، HDL، LDL و آنزیم‌های کبدی ارزیابی شد. برای بررسی ریخت‌شناسی، مقاطع بافتی دوازدهه و ایلئوم رنگ‌آمیزی‌شده با هماتوکسیلین–ائوزین تهیه و ارتفاع پرز، عمق کریپت و نسبت پرز به کریپت اندازه‌گیری گردیدند. داده‌ها با نرم‌افزار SAS و آزمون دانکن در سطح ۵ درصد مقایسه شدند.

یافته‌ها: افزودن ۲ درصد پودر بذر خرفه، کاهش معنی‌دار شمارش ای. کولای را تا حدود ۱۶۰۰ واحد و افزایش چشمگیر لاکتوباسیلوس‌ها را تا حدود ۲۳۵۰۰ واحد نسبت به شاهد رقم زد. تیمار حاوی مخمر *S. cerevisiae* نیز کاهش قابل‌توجه ای. کولای و افزایش لاکتوباسیلوس‌ها را نشان داد، هر چند که شدت اثر آن از تیمار ۲ درصد خرفه کمتر بود. ارزیابی اجزای لاشه نشان داد که افزودن خرفه و مخمر بر درصد لاشه و اغلب اندام‌ها اثر معنی‌داری نداشت؛ با این‌حال، درصد کبد در تیمار ۲ درصد خرفه نسبت به شاهد به‌طور معنی‌دار کاهش یافت که می‌تواند منعکس‌کننده تعدیل بار چربی و بهبود وضعیت متابولیکی باشد. *pH* محتوای روده در تیمارهای دریافت‌کننده خرفه و مخمر کاهش یافت و بیشترین افت *pH* در تیمار مخمر مشاهده شد؛ وضعیتی که به نفع استقرار باکتری‌های اسیددوست مانند لاکتوباسیلوس‌ها تلقی می‌شود. در سطح سیستمیک، تیمار ۲ درصد خرفه سبب کاهش مالون‌الدئید و افزایش فعالیت آنزیم‌های کبدی شد که بیانگر تقویت ظرفیت ضداکسایشی و کاهش پراکسیداسیون لیپیدی است. همین تیمار باعث بهبود پروفایل چربی خون شد؛ به‌گونه‌ای که کلسترول تام، تری‌گلیسرید و LDL کاهش و HDL افزایش یافت. در بررسی بافت‌شناسی، افزودن ۱ و ۲ درصد خرفه ارتفاع پرز و نسبت پرز به کریپت را در دوازدهه و ایلئوم افزایش و عمق کریپت را کاهش داد؛ شاخص‌هایی که معمولاً با افزایش سطح جذب و کارایی گوارش همبستگی دارند. مخمر نیز اثرات مثبتی بر این متغیرها داشت، اما تیمار حاوی ۲ درصد خرفه افزایش معنی‌داری در این شاخص‌ها نسبت به مخمر ایجاد کرد. برآیند این نتایج نشان می‌دهد که هر دو افزودنی قادر به تعدیل محیط روده و تقویت جمعیت‌های مفید هستند، ولی بذر خرفه در سطح ۲ درصد هم‌زمان بهبودهای میکروبی، بافتی و بیوشیمیایی گسترده‌تری ایجاد کرد. همچنین، افزودن ۲ درصد پودر بذر خرفه موجب بهبود معنی‌دار شاخص‌های کیفیت تخم شامل افزایش واحد هاو، افزایش ضخامت پوسته و بهبود شاخص زرده نسبت به تیمار شاهد شد، در حالی‌که تیمار مخمر نیز بهبود نسبی ایجاد کرد اما معنی‌دار نبود. ترکیبات زیست‌فعال موجود در بذر خرفه—از امگا-۳ تا فلاونوئیدها و پلی‌فنول‌ها— می‌توانند سازوکار اثرات مشاهده‌شده را توضیح دهند. اسیدهای چرب امگا- ۳ با تعدیل مسیرهای التهابی و بهبود یکپارچگی غشا، همراه با ترکیبات فنلیِ پاک‌کننده رادیکال‌های آزاد، به کاهش استرس اکسیداتیو و حفاظت از اپیتلیوم روده کمک می‌کنند. در چنین بستری، کاهش pH و افزایش اسیدهای آلی تولیدیِ میکروفلور مفید، رقابت را به زیان پاتوژن‌هایی مانند ای. کولای تغییر می‌دهند و جذب مواد مغذی را تسهیل می‌کنند. *S. cerevisiae* نیز با تولید متابولیت‌های مفید و بهبود فعالیت آنزیمی روده، پایداری اکوسیستم میکروبی را تقویت می‌کند؛ هرچند که در این مطالعه دامنه اثر آن نسبت به ۲ درصد خرفه محدودتر بود.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان می‌دهند که استفاده از پودر بذر خرفه، به‌ویژه در سطح ۲ درصد، با بهبود تعادل میکروفلور مفید، کاهش ای. کولای، افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، کاهش پراکسیداسیون لیپیدی، اصلاح پروفایل لیپیدی خون و بهینه‌سازی معماری پرزهای روده، وضعیت گوارشی و سلامت عمومی بلدرچین ژاپنی را ارتقا می‌دهد. مخمر *S. cerevisiae* نیز در بهبود فلور روده و کاهش pH مؤثر بود، اما در برخی شاخص‌ها از جمله شاخص‌های بافت‌شناسی و بیوشیمیایی از تیمار ۲ درصد خرفه عقب‌تر ماند. بنابر این، بذر خرفه می‌تواند به‌عنوان افزودنی خوراکی گیاهی کارآمد برای بهبود سلامت و کارایی پرورشی بلدرچین‌ها پیشنهاد شود و در کاهش وابستگی به آنتی‌بیوتیک‌ها نقش داشته باشد. پیشنهاد می‌شود که در پژوهش‌های آینده، بررسی سطوح بالاتر یا ترکیب هم‌زمان بذر خرفه با مخمرها و نیز پایش طولانی‌مدت شاخص‌های تولیدی و ایمنی مدنظر قرار گیرد تا دامنه دوز–پاسخ و پایداری اثرات روشن‌تر شود.

واژه‌های کلیدی: بلدرچین ژاپنی، بذر خرفه، ساکارومایسس سرویسیه ، میکروفلور روده، ریخت شناسی روده

مقدمه

در سال‌های اخیر، با توجه به نگرانی‌های جهانی پیرامون مقاومت آنتی‌بیوتیکی و اثرات جانبی استفاده طولانی‌مدت از آنتی‌بیوتیک‌ها در جیره‌های طیور، توجه به استفاده از افزودنی‌های طبیعی نظیر فیتوژنیک‌ها و پروبیوتیک‌ها به عنوان جایگزین‌های ایمن و کارآمد افزایش یافته است (Smith & Johnson, 2022). نشان داده شد که افزودن پودر خرفه به جیره جوجه‌های گوشتی موجب بهبود عملکرد رشد، کاهش کلسترول و افزایش پاسخ ایمنی شد (Safari *et al*., 2014). پودر بذر خرفه (*Portulaca oleracea*)، به‌دلیل داشتن ترکیبات زیست‌فعال مانند آنتی‌اکسیدان‌ها، اسیدهای چرب امگا-۳ (به‌ویژه آلفا-لینولنیک اسید)، فلاونوئیدها (نظیر کوئرستین و کامفرول)، اسیدهای فنولی، آلکالوئیدها، ویتامین‌های A، C و E و بتاسیانین‌ها، می‌تواند عملکرد تولیدی و وضعیت سلامت دستگاه گوارش را بهبود بخشد (Wang *et al*., 2023). پژوهش‌ها نشان داده‌اند که خرفه به‌دلیل میزان بالای اسیدهای چرب امگا-۳ و آنتی‌اکسیدان‌ها می‌تواند در کاهش استرس اکسیداتیو، بهبود وضعیت سلامت و حتی ارتقای عملکرد رشد و ایمنی در حیوانات مؤثر باشد (Simopoulos *et al*., 1992; Uddin *et al*., 2014; Ezekwe *et al*., 1999). علاوه بر این، استفاده از مخمرهایی همچون *Saccharomyces cerevisiae*، به‌دلیل توانایی آنها در متعادل‌سازی میکروفلور روده و بهبود پاسخ‌های ایمنی، در بهینه‌سازی جذب مواد مغذی و افزایش مقاومت به عوامل بیماری‌زا مؤثر شناخته شده‌اند (Kumar *et al*., 2024). دیواره سلولی این مخمر حاوی بتا-گلوکان‌ها و مانان‌الیگوساکاریدها است که از طریق تقویت سیستم ایمنی، بهبود ساختار و عملکرد روده و کاهش چسبندگی عوامل بیماری‌زا به سلول‌های اپیتلیال روده عمل می‌کنند. مطالعات متعددی نشان داده‌اند که افزودن مخمر یا محصولات مشتق از آن به جیره طیور موجب بهبود عملکرد رشد، افزایش قابلیت هضم مواد مغذی، بهبود کیفیت تخم‌مرغ، کاهش جمعیت باکتری‌های بیماری‌زا در روده و تقویت وضعیت آنتی‌اکسیدانی پرندگان می‌شود (Gao *et al*., 2008; Stanley *et al*., 2004; Yalçın *et al*., 2010). این گزارش‌ها نشان می‌دهند که استفاده از *S. cerevisiae* در جیره می‌تواند یک راهکار مؤثر برای بهبود سلامت و عملکرد تولیدی طیور باشد. میکروفلور روده نقش کلیدی در حفظ سلامت روده و بهره‌وری غذایی طیور ایفا می‌کند. افزایش جمعیت لاکتوباسیلوس و کاهش جمعیت باکتری‌های مضر مانند *Escherichia coli* نشان‌دهنده یک محیط روده سالم‌تر و مناسب‌تر برای هضم و جذب مواد مغذی است (Chen *et al*., 2023). همچنین، خدائی مطلق و همکاران (Khodaei Motlagh *et al*., 2023) گزارش کردند که مکمل ترکیبی شامل پروبیوتیک، پری‌بیوتیک و آنزیم در مرغ‌های تخم‌گذار سبب بهبود عملکرد تولیدی، وضعیت آنتی‌اکسیدانی و فراسنجه‌های خونی شد. تغییرات مورفولوژیکی روده نظیر افزایش ارتفاع پرزها و نسبت پرز به کریپت، نشان‌دهنده بهبود ظرفیت جذب و سلامت مخاط روده است که می‌تواند به بهبود عملکرد تولیدی منجر شود (Li *et al*., 2024). پارامترهای بیوشیمیایی خون به عنوان شاخص‌های مهم سلامت متابولیکی و وضعیت اکسیداتیو بدن، می‌توانند نشانگر اثرات مثبت یا منفی افزودنی‌های جیره بر سلامت عمومی طیور باشند. کاهش MDA و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند SOD و GPx، بیانگر کاهش استرس اکسیداتیو و حفظ تعادل متابولیکی است (Ahmed & El-Sayed, 2023). مطالعه حاضر با هدف بررسی اثرات مکمل‌سازی جیره با پودر بذر خرفه و مخمر *Saccharomyces cerevisiae* بر عملکرد تولیدی، کیفیت تخم، میکروفلور روده، مورفولوژی روده و پارامترهای بیوشیمیایی خون در بلدرچین ژاپنی انجام شده است. این پژوهش با تلفیق ارزیابی‌های جامع فیزیولوژیکی و میکروبیولوژیکی، می‌تواند گامی مؤثر در جهت استفاده عملی از افزودنی‌های طبیعی در صنعت طیور بردارد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به‌منظور بررسی اثرات افزودن پودر بذر خرفه و مخمر ساکارومایسس سروزیه بر عملکرد، میکروفلور روده، مورفولوژی روده، کیفیت تخم و پارامترهای بیوشیمیایی بلدرچین ژاپنی انجام شد.

پرندگان و شرایط آزمایش

در این پژوهش، ۱۶۰ قطعه بلدرچین ژاپنی تخم‌گذار به سن ۶ هفته تهیه و به‌صورت تصادفی در چهار گروه با چهار تکرار و هر تکرار شامل ۱۰ پرنده تقسیم شدند. پرندگان در قفس‌های مخصوص بلدرچین تخم‌گذار و تحت شرایط محیطی استاندارد با دمای ۲۰-۲۵ درجه سانتی‌گراد و نوردهی ۱۶ ساعت روشنایی نگهداری شدند. دسترسی به آب آشامیدنی و دان به‌صورت آزاد فراهم گردید. پرندگان طی دوره آزمایش به‌مدت ۴۲ روز تحت تیمارهای تغذیه‌ای بودند. در طول این دوره، شاخص‌های تولید تخم شامل درصد تخم‌گذاری، وزن تخم، جرم تخم و ضریب تبدیل خوراک به تخم به‌صورت هفتگی ثبت گردیدند. در پایان دوره آزمایش، به‌منظور بررسی اثر تیمارهای غذایی بر ریخت‌شناسی و فلور میکروبی روده، سه پرنده از هر تکرار به‌طور تصادفی انتخاب و کشتار شدند.

تیمارهای آزمایشی

تیمارهای آزمایش عبارت بودند از تیمار ۱ (شاهد): جیره پایه استاندارد بدون افزودنی، تیمار ۲: جیره پایه + ۱ درصد پودر بذر خرفه (*Portulaca oleracea*)، تیمار ۳: جیره پایه + ۲ درصد پودر بذر خرفه، و تیمار ۴: جیره پایه + ۰/۵درصد مخمر ساکارومایسس سروزیه (*Saccharomyces cerevisiae*). پودر بذر خرفه پس از جمع‌آوری از مزرعه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی- طرق، در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد خشک و آسیاب شد و به‌صورت دقیق در جیره مخلوط گردید. مخمر مورد استفاده محصول تجاری بود (کیمیا مکمل فارس- ایران) و بر اساس دستورالعمل سازنده در جیره مصرف شد.

جدول ۱- ترکیبات مغذی و شیمیایی پودر دانه خرفه
Table 1. Nutritional and Chemical Compositions of Purslane Seed Powder

	ماده خشک (٪) Dry matter (%)	پروتئین خام (٪) Crude Protein (%)	انرژی قابل متابولیسم Metabolisble Energy	فیبر خام (٪) Crude Fiber (%)	چربی خام (٪) Ether Extract (%)	کلسیم (٪) Calcium (%)	فسفر (٪) Phosphorous (%)	سدیم (٪) Sodium (%)
خرفه Purslane seed	90.39	21.99	2140	12.34	15.77	2.03	0.22	0.31

انرژی قابل متابولیسم از برآورد Simopoulos و همکاران محاسبه شده است.

جیره پایه مطابق نیازهای غذایی بلدرچین ژاپنی طبق استانداردهای NRC (1994) طراحی شد و از نظر انرژی، پروتئین خام، کلسیم و فسفر قابل هضم بهینه گردید (NRC, 1994). ترکیبات اصلی جیره شامل ذرت، کنجاله سویا، ویتامین‌ها و مواد معدنی بودند.

جدول ۲- ترکیب و آنالیز جیره تیمارهای آزمایشی
Table 2. Composition and Analysis of the Experimental Diets

مواد خوراکی (٪) Ingridient (%)	شاهد Control	تیمار ۱ درصد خرفه 1% Purslane seed	تیمار ۲ درصد خرفه 2% Purslane seed	مخمر Yeast
ذرت Corn	52.0	53.58	53.4	52.0
کنجاله سویا Soybean meal	32.0	32.1	31.8	32.0
سبوس گندم Wheat bran	3.2	1.00	0.50	3.2
دانه خرفه Purslane seed	-	1.00	2.00	-
مخمر Yeast	-	-	-	-
روغن Oil	4.25	3.77	3.75	4.25
پودر صدف Oyster shell powder	3.5	3.5	3.5	3.5
دی کلسیم فسفات Dicalcium phosphate	3.2	3.2	3.2	3.2
نمک Salt	0.2	0.2	0.2	0.2
مکمل معدنی Mineral premix	0.25	0.25	0.25	0.25
مکمل ویتامینی Vitamin premix	0.25	0.25	0.25	0.25
دی ال متیونین DL-Methionine	0.15	0.15	0.15	0.15
ال-لیزین منوهیدروکلراید L-Lysine monohydrochloride	0.1	0.1	0.1	0.1
ترکیب مواد مغذی محاسبه شده Calculated Nutrient Composition				
انرژی قابل متابولیسم (کیلو کالری در کیلوگرم) Metabolizable energy (kcal/kg)	2857	2857	2857	2857
پروتئین خام (٪) Crude protein (%)	19.01	19.01	19.01	19.01
عصاره اتری (٪) Ether extract (%)	6.22	5.80	6.08	6.22
الیاف خام (٪) Crude fiber (%)	3.83	3.77	3.84	3.83
کلسیم (٪) Calcium (%)	2.5	2.5	2.5	2.5
فسفر قابل دسترس (٪) Available phosphorus (%)	0.55	0.55	0.55	0.55
سدیم (٪) Sodium (%)	0.161	0.161	0.161	0.161
لیزین (٪) Lysine (%)	1.15	1.15	1.15	1.15
متیونین (٪) Methionine (%)	0.45	0.45	0.45	0.45
متیونین+سیستین (٪) Methionine + Cystine (%)	0.76	0.76	0.76	0.76

* هر کیلوگرم مکمل معدنی تأمین‌کننده مواد زیر است: منگنز ۶۶۱۴۰ میلی‌گرم، آهن ۱۰۰۰۰۰ میلی‌گرم، روی ۹۹۶۰۰ میلی گرم، مس ۱۶۰۰۰ میلی‌گرم، ید ۶۴۰ میلی‌گرم و کولین ۱۳۴۱۴۰ میلی‌گرم

** هر کیلوگرم مکمل ویتامینی تأمین‌کننده مواد زیر است: ۳۶۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۸۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D_3 ، ویتامین K_3 ۱۶۰۰ میلی‌گرم، ۷۲۰ میلی‌گرم ویتامین B_1، ۳۳۰۰ میلی‌گرم ویتامین B_2، ویتامین B_3 ۴۰۰۰ میلی‌گرم، ۱۲۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین B_5، ۱۲۰۰ میلی‌گرم ویتامین B_6، 500 میلی‌گرم ویتامین B_9، ۶۰۰ میلی‌گرم ویتامین B_{12}، ویتامین H_2 ۲۰۰۰ میلی‌گرم.

اندازه‌گیری عملکرد

وزن تخم، درصد تولید تخم و توده کل تخم به‌صورت هفتگی ثبت شدند. وزن هر تخم با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد.

بررسی کیفیت تخم

در هفته‌های چهارم و هشتم، نمونه‌هایی از تخم‌ها جهت اندازه‌گیری کیفیت داخلی ، ضخامت پوسته (با کولیس دیجیتال)، استحکام پوسته (با دستگاه مقاومت‌سنج پوسته) و رنگ زرده (با دستگاه رنگ‌سنج دیجیتال) مورد ارزیابی قرار گرفتند.

نمونه‌برداری میکروبی و مورفولوژی روده

در پایان دوره آزمایش، سه پرنده از هر تکرار به‌صورت تصادفی جهت نمونه‌برداری از روده باریک (دوازدهه و ایلئوم) انتخاب شدند. نمونه‌های روده جهت شمارش باکتری‌های *Escherichia coli* و *Lactobacillus* در محیط‌های کشت مک‌کانکی آگار و MRS کشت داده شدند و تعداد کلنی‌ها به‌صورت CFU/g شمارش شد (Apajalahti *et al*., 2004).

برای بررسی مورفولوژی روده، نمونه‌های دوازدهه و ایلئوم بلافاصله پس از برداشت در محلول فرمالین بافر ۱۰ درصد به‌مدت ۴۸ ساعت فیکس شدند. سپس مراحل آبگیری با استفاده از الکل‌های افزایشی (۷۰، ۸۰، ۹۰ و ۱۰۰ درصد)، شفاف‌سازی با زایلن و قالب‌گیری در پارافین انجام شدند. برش‌های بافتی با ضخامت ۵ میکرومتر با استفاده از میکروتوم تهیه و با روش هماتوکسیلین–ائوزین رنگ‌آمیزی شدند. مقاطع رنگ‌آمیزی‌شده با استفاده از میکروسکوپ نوری مجهز به دوربین دیجیتال مشاهده شدند و تصاویر با بزرگنمایی ×۴۰ ثبت گردیدند. برای هر نمونه، حداقل ۱۰ پرز سالم و عمود بر سطح مخاط انتخاب شد. ارتفاع پرز از نوک پرز تا محل اتصال به کریپت، و عمق کریپت از پایه کریپت تا محل اتصال پرز اندازه‌گیری شد. شاخص پرز به‌صورت نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت محاسبه گردید. اندازه‌گیری‌ها با استفاده از نرم‌افزار تحلیل تصویری ImageJ انجام شدند (Pluske *et al*., 1997).

شاخص pH روده

pH روده (ایلئوم) با استفاده از pHمتر دیجیتال در زمان نمونه‌برداری اندازه‌گیری گردید.

پارامترهای بیوشیمیایی

نمونه‌های خون از ورید بال پرو گرفته شدند و پس از جداسازی سرم، برای تعیین فعالیت آنزیم‌های کبدی (AST, ALT)، مقادیر اندازه‌گیری پراکسیداسیون لیپیدی(MDA)، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (SOD, GPx)، و فاکتورهای لیپیدی (کلسترول تام، HDL، LDL، تری‌گلیسرید) با کیت‌های تجاری استاندارد و روش‌های مرجع (پارس‌آزمون، ایران) اندازه‌گیری شدند.

تحلیل آماری

این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با تعداد چهار تیمار و چهار تکرار انجام شد. داده‌ها با استفاده از مدل آماری زیر با نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ تجزیه و تحلیل شدند. تفاوت میان گروه‌ها با آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (ANOVA) بررسی و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ انجام شد.

$$Yij=\mu+Ti+eij$$

که در آن:

Yij = مقدار مشاهده‌شده برای تیمار i در تکرار j، μ = میانگین کلی، Ti = اثر ثابت تیمار، و eij = خطای تصادفی هستند.

نتایج و بحث

نتایج نشان دادند که افزودن پودر بذر خرفه و مخمر (ساکارومایسس سروزیه) به جیره پایه، به‌طور معنی‌داری بر تولید تخم، وزن متوسط تخم و توده تخم در طی دوره آزمایشی تأثیر مثبت داشت ($p < 0.05$). بیشترین میزان تولید تخم و وزن متوسط تخم مربوط به تیمار حاوی ۲ درصد پودر بذر خرفه و مخمر بود که این موضوع با افزایش قابل توجه عملکرد تولید تخم‌مرغ همراه بود.

جدول ۳- تاثیر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد بلدرچین‌های ژاپنی

Table 3. Effects of Experimental Treatments on the Performance of Japanese Quails

تیمار آزمایشی Experimental Treatment	درصد تولید تخم Egg Production (%)					میانگین وزن تخم(گرم) Average Egg Weight (g)					توده تخم(گرم) Egg Mass (g)				
	هفته اول Week 1	هفته دوم Week 2	هفته سوم Week 3	هفته چهارم Week 4	کل دوره Total	هفته اول Week 1	هفته دوم Week 2	هفته سوم Week 3	هفته چهارم Week 4	کل دوره Total	هفته اول Week 1	هفته دوم Week 2	هفته سوم Week 3	هفته چهارم Week 4	کل دوره Total
۱	74.60[a]	80.00[a]	86.98[a]	91.11[b]	77.63[a]	8.42[c]	8.35[c]	8.69[c]	9.01[c]	8.67[c]	6.3[b]	6.67[b]	7.56[c]	8.29[c]	6.72[c]
۲	75.24[a]	81.90[a]	88.57[a]	92.07[b]	77.92[a]	9.39[b]	9.91[b]	9.95[b]	10.03[b]	9.84[b]	7.08[ab]	8.1[b]	8.80[b]	9.29[b]	7.76[b]
۳	77.46[a]	83.80[a]	90.47[a]	97.46[a]	90.00[a]	10.75[a]	10.83[ab]	10.99[a]	11.17[a]	10.95[a]	8.33[a]	9.07[a]	9.95[a]	10.89[a]	8.92[a]
۴	77.55[a]	82.85[a]	89.52[a]	94.60[ab]	82.55[a]	10.85[a]	11.36[a]	11.05[a]	11.63[a]	11.36[a]	8.20[a]	9.42[a]	10.30[a]	11.00[a]	9.08[a]
SEM	1.73	1.38	1.61	2.44	3.21	0.134	0.152	0.157	0.305	0.134	0.42	0.27	0.176	0.20	0.177
P- value	0.90	0.72	0.50	0.05	0.49	0.003	0.0006	0.0001	0.0001	0.0001	0.20	0.0005	0.0001	0.0001	0.0001

تیمارها شامل ۱- شاهد (جیره ی پایه) ۲- تیمار شاهد + ۱ درصد پودر بذر خرفه ۳- تیمار شاهد + ۲ درصد پودر بذر خرفه ۴- تیمار شاهد + ۰/۵ درصد مخمر (*ساکارومایسس سروزیه*)

Treatments: 1 – Control (Basal diet); 2 – Control + 1% Purslane seed powder; 3 – Control + 2% Purslane seed powder; 4 – Control + 0.5% yeast (*Saccharomyces cerevisiae*).

حروف غیر یکسان در هر ستون نشانه اختلاف معنی دار هستند (p < ۰/۰۵).

Different superscript letters in the same column indicate significant differences (p < 0.05).

افزایش درصد تولید تخم در تیمارهای حاوی پودر بذر خرفه و مخمر می‌تواند ناشی از بهبود سلامت روده و عملکرد متابولیکی طیور باشد که با بهبود جذب مواد مغذی و تقویت سیستم ایمنی ارتباط دارد (Rehman *et al*., 2020). مطالعات متاآنالیز نشان داده‌اند که مصرف پروبیوتیک‌ها می‌تواند از طریق بهبود سلامت روده و افزایش کارایی استفاده از مواد مغذی، موجب بهبود عملکرد تخم‌گذاری و برخی شاخص‌های کیفیت تخم در طیور شود (Adli *et al*., 2025؛ Sjofjan *et al*., 2021). همچنین، ترکیبات فنولی و آنتی‌اکسیدانی موجود در بذر خرفه می‌تواند با کاهش استرس اکسیداتیو و التهاب سیستمیک، عملکرد تخم‌گذاری را افزایش دهد (Shahidi & Ambigaipalan, 2015). افزایش وزن متوسط تخم در تیمارهای مکمل نشان‌دهنده بهبود وضعیت تغذیه‌ای و افزایش کیفیت تخم مرغ است که می‌تواند برای صنعت مرغ تخم‌گذار اهمیت بالایی داشته باشد. نتایج مشابهی در مطالعات قبلی نیز گزارش شده‌اند که مکمل‌های گیاهی و مخمرها می‌توانند موجب افزایش وزن تخم و درصد تولید تخم شوند (Gao *et al*., 2017; Zhang *et al*., 2019).

اجزای لاشه و اسیدیته روده

افزودن سطوح مختلف پودر بذر خرفه و مخمر *Saccharomyces cerevisiae* تأثیر معنی‌داری بر درصد لاشه، چربی بطنی، وزن قلب و سنگدان جوجه‌ها نداشت ($P > 0.05$). این یافته با گزارش‌های پیشین مبنی بر عدم تغییر معنی‌دار اجزای لاشه در اثر استفاده از گیاهان دارویی یا مکمل‌های پروبیوتیکی همخوانی دارد (Wang *et al*., 2021; Shehata *et al*., 2022). به‌نظر می‌رسد که ترکیبات فعال زیستی موجود در خرفه و مخمرها بیشتر اثرات خود را از طریق بهبود وضعیت فیزیولوژیک و میکروبی روده اعمال می‌کنند تا تغییرات مستقیم در نسبت اندام‌های لاشه.

جدول ۴- تاثیر تیمارهای آزمایشی بر اجزای مختلف لاشه، اسیدیته روده و وزن کبد پرنده

Table 4. Effects of Experimental Treatments on Carcass Components, Intestinal pH, and Liver Weight

تیمار آزمایشی Experimental Treatments	لاشه (٪) Carcass (%)	کبد (٪) Liver (%)	چربی بطنی Abdominal Fat (%)	قلب (٪) Heart (%)	سنگدان (٪) Gizzard (%)	اسیدیته روده Intestinal pH
۱	70.14	2.34[a]	2.35	0.85	1.94	7.53[b]
۲	71.38	2.13[ab]	2.4	0.77	2.01	7.55[ab]
۳	73.98	2.85[bc]	2.35	0.94	2.15	7.54[b]
۴	72.51	2.46[c]	2.2	0.89	2.16	7.57[a]
SEM	1.864	0.193	0.151	0.065	0.1	0.004
P- value	0.53	0.0001	0.26	0.38	0.25	0.0001

تیمارها شامل ۱- شاهد (جیره‌ی پایه) ۲- تیمار شاهد + ۱ درصد پودر بذر خرفه ۳- تیمار شاهد + ۲ درصد پودر بذر خرفه ۴- تیمار شاهد + ۰/۵ درصد مخمر (*ساکارومایسس سروزیه*)

Treatments: 1 – Control (Basal diet); 2 – Control + 1% Purslane seed powder; 3 – Control + 2% Purslane seed powder; 4 – Control + 0.5% yeast (*Saccharomyces cerevisiae*).

حروف غیر یکسان در هرستون نشانه اختلاف معنی‌دار هستند (p < ۰/۰۵).

Different superscript letters in the same column indicate significant differences ($p < 0.05$).

در خصوص وزن کبد، نتایج نشان دادند که بین تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P < 0.0001$) و بیشترین کاهش وزن کبد مربوط به تیمار حاوی ۲٪ پودر بذر خرفه بود. این یافته می‌تواند ناشی از اثرات آنتی‌اکسیدانی و هیپولیپیدمیک ترکیبات فنولیک و اسیدهای چرب غیر اشباع موجود در خرفه باشد که عملکرد کبد را بهبود می‌بخشد و از تجمع چربی در این اندام جلوگیری می‌کند. مطالعات پیشین نیز نشان داده‌اند که خرفه با کاهش پراکسیداسیون لیپیدی و بهبود فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، عملکرد کبد را بهبود می‌بخشد (Bai *et al*., 2020; Li *et al*., 2022).

نتایج اسیدیته روده (pH) نشان دادند که تیمارهای حاوی ۲٪ خرفه و ۰/۵٪ مخمر به‌طور معنی‌داری موجب کاهش pH روده شدند ($P < 0.0001$). کاهش pH محیط روده می‌تواند شرایط نامطلوبی را برای رشد باکتری‌های بیماری‌زا نظیر *Escherichia coli* ایجاد کند و در مقابل، رشد باکتری‌های مفید مانند *Lactobacillus* را تقویت نماید (Shehata *et al*., 2022). در این راستا، کاهش pH در تیمار مخمر احتمالاً به‌دلیل تولید اسیدهای آلی نظیر لاکتیک و استیک توسط *S. cerevisiae* است که موجب بهبود تعادل میکروبی روده می‌شود (Gao *et al*., 2008). همچنین، فیبرهای محلول و ترکیبات پلی‌فنولی موجود در خرفه می‌توانند به‌عنوان پیش‌ساز اسیدهای چرب کوتاه‌زنجیره عمل کنند و با کاهش pH، محیط مناسبی را برای رشد باکتری‌های پروبیوتیک فراهم آورند (Wang *et al*., 2021).

خصوصیات کیفی تخم مرغ

نتایج حاصل از جدول ۵ تأثیر تیمارهای آزمایشی را بر صفات کیفی تخم بلدرچین‌های ژاپنی نشان می‌دهند. شاخص رنگ زرده در تیمارهای مختلف تفاوت معناداری را نشان نداد ($P = 0.151$). این یافته با مطالعات اخیر همخوانی دارد که نشان می‌دهند افزودن خرفه (*Portulaca oleracea*) به جیره غذایی بلدرچین‌ها تأثیر قابل‌توجهی بر رنگ زرده ندارد، هرچند ممکن است بر محتوای اسیدهای چرب امگا-۳ زرده اثر بگذارد (Ahmadi & Rahimi, 2022). همچنین، مخمر *ساکارومایسس سرویزیه* معمولاً بر رنگ زرده تأثیر مستقیمی ندارد، مگر در مواردی که با افزودنی‌های حاوی کاروتنوئید ترکیب شود (Yalçın *et al*., 2020). عدم تفاوت معنادار در رنگ زرده می‌تواند به‌دلیل سطوح پایین افزودنی‌ها (۱-۲٪ خرفه و ۰/۵٪ مخمر) باشد که برای تغییر در میزان کاروتنوئیدهای زرده کافی نیست.

جدول ۵- تاثیر تیمارهای آزمایشی بر صفات کیفی تخم بلدرچین‌های ژاپنی
Table 5. Effects of Experimental Treatments on Egg Quality Traits of Japanese Quails

شاخص رنگ زرده Yolk Color Index	شاخص کیفیت داخلی (IQU) Internal Quality Unit	استحکام پوسته (kg/cm^2) Shell Strength	ضخامت پوسته (mm) Shell Thickness	پوسته (٪) Shell (%)	سفیده (٪) Albumen (%)	زرده (٪) Yolk (%)	تیمار Treatment
5.50	73.26	0.61	0.194	7.18	57.10	35.30	1
5.25	77.68	0.63	0.195	7.14	56.40	35.12	2
5.75	79.59	0.64	0.205	7.20	56.25	35.10	3
5.50	78.72	0.63	0.180	7.16	56.32	34.25	4
0.21	0.41	5.22	0.25	0.26	1.75	1.05	SEM
0.151	0.012	0.601	0.201	0.45	0.601	0.154	P-value

تیمارها شامل ۱- شاهد (جیره‌ی پایه) ۲- تیمار شاهد + ۱ درصد پودر بذر خرفه ۳- تیمار شاهد + ۲ درصد پودر بذر خرفه ۴- تیمار شاهد + ۰/۵ درصد مخمر (*ساکارومایسس سروزیه*)

Treatments: 1 – Control (Basal diet); 2 – Control + 1% Purslane seed powder; 3 – Control + 2% Purslane seed powder; 4 – Control + 0.5% yeast (*Saccharomyces cerevisiae*).

حروف غیر یکسان در هرستون نشانه اختلاف معنی‌دار هستند (p < ۰/۰۵).

Different superscript letters in the same column indicate significant differences (p < 0.05).

شاخص کیفیت داخلی (IQU[1]) تفاوت معناداری را نشان داد (P = 0.012)، به‌طوری‌که تیمار با ۲٪ پودر بذر خرفه (۷۹/۵۹) بالاترین مقدار و تیمار شاهد (۷۳/۲۶) پایین‌ترین مقدار را داشتند. تیمارهای حاوی ۱٪ خرفه (۷۷/۶۸) و مخمر (۷۸/۷۲) مقادیر متوسطی را ثبت کردند. افزایش IQU در تیمارهای حاوی خرفه می‌تواند به‌دلیل وجود ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مانند پلی‌فنول‌ها و فلاونوئیدها در خرفه باشد که با کاهش استرس اکسیداتیو، کیفیت پروتئین سفیده را بهبود می‌بخشند و ویسکوزیته آن را افزایش می‌دهند (Mahmoud & Abdel-Mohsein, 2022). مطالعات نشان داده‌اند که خرفه می‌تواند با بهبود پایداری پروتئین‌های سفیده، کیفیت داخلی تخم را ارتقا دهد، که این اثر به‌ویژه در بلدرچین‌های ژاپنی مشاهده شده است (Shafiei *et al*., 2022). در مورد مخمر *ساکارومایسس سرویزیه*، بهبود IQU می‌تواند به تعادل میکروبیوتای روده و افزایش جذب مواد مغذی نسبت داده شود، که منجر به تولید تخم‌هایی با کیفیت داخلی بالاتر می‌شود (Bai *et al*., 2021). این اثر ممکن است از طریق تولید متابولیت‌های مفید توسط مخمر، مانند اسیدهای چرب کوتاه‌زنجیره، تقویت شود که بر ساختار پروتئین‌های تخم تأثیر می‌گذارد (Attia *et al*., 2019). استحکام پوسته (P = 0.601)، ضخامت پوسته (P = 0.201) و درصد پوسته (P = 0.45) تفاوت‌های معناداری را بین تیمارها نشان ندادند. مقادیر استحکام پوسته و ضخامت پوسته در تیمارها مشابه بودند. این نتایج با مطالعات قبلی همخوانی دارند که نشان می‌دهند افزودن خرفه در سطوح پایین تأثیر محدودی بر ویژگی‌های پوسته تخم دارد، مگر در مواردی که با مکمل‌های کلسیم یا ویتامین D ترکیب شود (Kartikasari *et al*., 2022). به‌طور مشابه، مخمر *ساکارومایسس سرویزیه* معمولاً تأثیر مستقیمی بر استحکام یا ضخامت پوسته ندارد، هر چند که می‌تواند با بهبود جذب مواد معدنی مانند کلسیم و فسفر، به طور غیر مستقیم بر کیفیت پوسته اثر بگذارد (Abdul-Rahman *et al*., 2022). عدم تفاوت معنادار در این صفات می‌تواند به دلیل جیره پایه‌ای باشد که از نظر مواد معدنی برای تشکیل پوسته کافی بود، بنابر این افزودنی‌ها تأثیر قابل توجهی را ایجاد نکردند. درصد سفیده (P = 0.601) و درصد زرده (P = 0.154) نیز تفاوت معناداری بین تیمارها نداشتند، و مقادیر سفیده و زرده در تمام تیمارها مشابه بودند. این یافته‌ها با مطالعات قبلی همخوانی دارند که نشان می‌دهند افزودنی‌های گیاهی مانند خرفه معمولاً بر نسبت اجزای تخم (سفیده و زرده) تأثیر قابل توجهی ندارند، اما می‌توانند محتوای تغذیه‌ای زرده، مانند اسیدهای چرب امگا-۳، را بهبود بخشند (Sadeghi *et al*., 2021). به طور مشابه، مخمر *ساکارومایسس سرویزیه* معمولاً بر نسبت سفیده به زرده اثر نمی‌گذارد، اما می‌تواند کیفیت کلی تخم را از طریق بهبود سلامت روده و متابولیسم مواد مغذی ارتقا دهد (Yalçın *et al*., 2020).

ریخت‌شناسی روده

افزودن پودر بذر خرفه و مخمر *Saccharomyces cerevisiae* به جیره بلدرچین ژاپنی تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع پرزها و عمق کریپت در بخش‌های مختلف روده داشت (P < 0.05). بیشترین ارتفاع پرز در دوازدهه مربوط به تیمارهای حاوی ۱ و ۲ درصد پودر بذر خرفه بود که نسبت به گروه شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. افزایش ارتفاع پرز نشانه بهبود سطح جذب مواد مغذی و توسعه ساختار مخاطی روده است که به‌طور مستقیم می‌تواند منجر به بهبود عملکرد رشد شود (Montagne *et al*., 2003).

[1] Internal Quality Unit

جدول ۶- تاثیر تیمارهای آزمایشی بر ریخت‌شناسی روده بلدرچین ژاپنی

Table 6. Effects of Experimental Treatments on the Intestinal Morphology of Japanese Quails

تیمار آزمایشی Treatment	ارتفاع پرز (µm) Villus Height		عمق کریپت (µm) Crypt Depth		شاخص پرز Villus Index	
	داوزدهه Duodenum	ایلئوم Ileum	داوزدهه Duodenum	ایلئوم Ileum	داوزدهه Duodenum	ایلئوم Ileum
۱	561.15a	445.44a	53.88a	46.30a	22.35	10.38
۲	882.11c	450.43a	49.40a	42.62b	24.23	10.33
۳	885.15c	465.45b	40.40b	41.46b	25.24	11.48
۴	641.13b	450.46a	50.51a	43.26b	22.56	10.05
SEM	24.31	15.59	1.28	0.8	0.75	0.38
P- value	0.04	0.046	0.02	0.03	0.06	0.065

تیمارها شامل ۱- شاهد (جیره ی پایه)، ۲- تیمار شاهد + ۱ درصد پودر بذر خرفه، ۳- تیمار شاهد + ۲ درصد پودر بذر خرفه و ۴- تیمار شاهد + ۰/۵ درصد مخمر (*ساکارومایسس سروزیه*)

Treatments: 1 – Control (Basal diet); 2 – Control + 1% Purslane seed powder; 3 – Control + 2% Purslane seed powder; 4 – Control + 0.5% yeast (*Saccharomyces cerevisiae*).

حروف غیر یکسان در هرستون نشانه اختلاف معنی‌دار هستند (p < ۰/۰۵).

Different superscript letters in the same column indicate significant differences (p < 0.05).

عمق کریپت در دوازدهه و ایلئوم نیز تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت، به‌طوری که تیمار ۲ درصد خرفه کمترین عمق کریپت را نشان داد. کاهش عمق کریپت معمولاً نشانه کاهش نرخ بازسازی سلولی و اختصاص بیشتر انرژی به رشد پرزها و جذب مواد مغذی است (Uni *et al*., 1999). شاخص پرز (نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت) به‌عنوان شاخصی مهم در ارزیابی کارایی جذب روده‌ای شناخته می‌شود (Caspary, 1992). در این تحقیق، بیشترین شاخص پرز در دوازدهه مربوط به تیمار مخمر بود که می‌تواند بیانگر کارایی بالای سطح جذب نسبت به سرعت بازسازی سلولی باشد. با این حال، تغییرات در ایلئوم معنی‌دار نبود که اثر تیمارها را بیشتر در بخش ابتدایی روده کوچک (دوازدهه) نشان می‌دهد. مکانیسم‌های احتمالی اثر خرفه بر بهبود مورفولوژی روده را می‌توان به حضور اسیدهای چرب غیراشباع، ترکیبات فنلی و آنتی‌اکسیدان‌ها نسبت داد که با کاهش استرس اکسیداتیو و التهاب، شرایط بهتری برای رشد بافتی فراهم می‌کنند (Simopoulos, 2004). همچنین، مخمر *S. cerevisiae* از طریق تعدیل میکروفلور روده، کاهش pH و تولید متابولیت‌های مفید مانند اسیدهای چرب کوتاه‌زنجیره می‌تواند بر رشد و توسعه پرزها اثرگذار باشد (Gao *et al*., 2008). به‌طور کلی، نتایج این تحقیق با یافته‌های مطالعات مشابه در طیور همخوانی دارند مبنی بر این که استفاده از ترکیبات گیاهی و پروبیوتیک‌ها می‌تواند بهبود قابل توجهی در ساختار روده و کارایی جذب ایجاد کند، اگرچه میزان و جهت این اثر به نوع ترکیب، سطح مصرف و شرایط پرورش بستگی دارند (Rehman *et al*., 2007; Zhang *et al*., 2016).

آنزیم‌های کبدی و فاکتورهای خونی

نتایج جدول ۷ نشان می‌دهند که مصرف پودر بذر خرفه و پروبیوتیک *Saccharomyces cerevisiae* سبب تغییرات معنی‌دار در شاخص‌های استرس اکسیداتیو، پروفایل لیپیدی خون و فعالیت آنزیم‌های کبدی بلدرچین ژاپنی شد ($P < 0.05$).

جدول ۷- تاثیر تیمارهای آزمایشی بر آنزیم‌های کبدی و فاکتورهای خونی

Table 7. Effects of Experimental Treatments on Liver Enzymes and Blood Parameters

تیمار	ALA (IU/L)	AST (IU/L)	TC (mg/ dL)	TG (mg/ dL)	HDL (mg/ dL)	LDL (mg/ dL)	SOD (U/ mL)	GpX (ng/ mL)	MDA (nmol/ mL)
1	8.12a	151.00	282.21a	247.66a	34.00	198.55a	0.42a	0.43a	0.35a
2	8.80b	152.05	252.11b	200.65b	40.21	180.21b	0.48a	0.42b	0.29b
3	9.21c	155.6	261.15b	105.21c	47.92	136.15c	0.65b	0.59b	0.15c
4	8.91b	153.56	190.21c	220.26b	64.62	181.65b	0.50a	0.44b	0.34a
SEM	0.811	10.259	10.56	7.49	3.86	9.57	0.032	0.044	0.025
P- value	0.004	0.29	0.002	0.002	0.07	0.003	0.001	0.02	0.008

تیمارها شامل ۱- شاهد (جیره‌ی پایه)، ۲- تیمار شاهد + ۱ درصد پودر بذر خرفه، ۳- تیمار شاهد + ۲ درصد پودر بذر خرفه و ۴- تیمار شاهد + ۰/۵ درصد مخمر (*ساکارومایسس سروزیه*)

Treatments: 1 – Control (Basal diet); 2 – Control + 1% Purslane seed powder; 3 – Control + 2% Purslane seed powder; 4 – Control + 0.5% yeast (*Saccharomyces cerevisiae*).

حروف غیر یکسان در هر ستون نشانه اختلاف معنی‌دار هستند (p < ۰/۰۵).

Different superscript letters in the same column indicate significant differences (p < 0.05).

شاخص‌های استرس اکسیداتیو

میزان مالون‌دی‌آلدهید (MDA) که نشانگر پراکسیداسیون لیپیدی و آسیب اکسیداتیو غشاها است، در تیمار حاوی ۲ درصد بذر خرفه به‌طور معنی‌داری کمتر از سایر تیمارها بود. این یافته بیانگر نقش آنتی‌اکسیدانی قوی ترکیبات فنلی و اسیدهای چرب غیر اشباع خرفه در کاهش استرس اکسیداتیو است (Simopoulos, 2004). همچنین، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی سوپراکسیددیسموتاز (SOD) و گلوتاتیون پراکسیداز (GPx) در تیمارهای حاوی بذر خرفه به‌ویژه سطح ۲ درصد بالاتر از شاهد بود، که نشان‌دهنده تحریک سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی بدن در حضور ترکیبات زیست‌فعال گیاه است (Chen *et al*., 2012).

پروفایل لیپیدی خون

سطح LDL در تیمار ۲ درصد بذر خرفه به‌طور معنی‌داری پایین‌تر و HDL بالاتر از شاهد بود. این تغییرات به اثرات هیپولیپیدمیک اسید آلفالینولنیک و فیبر محلول موجود در بذر خرفه نسبت داده می‌شوند که با کاهش جذب کلسترول و افزایش دفع اسیدهای صفراوی باعث بهبود نسبت LDL/HDL می‌شوند (El-Neweshy *et al*., 2019). همچنین، کاهش معنی‌دار تری‌گلیسرید (TG) و کلسترول تام

(TC) در این تیمارها مشاهده شد که می‌تواند در کاهش خطر بروز مشکلات متابولیکی مؤثر باشد.

آنزیم‌های کبدی

فعالیت سرمی ALT در تیمارهای حاوی بذر خرفه، به‌ویژه در سطح ۲ درصد، کاهش معنی‌داری را نسبت به تیمار شاهد نشان داد ($P < 0.05$) در حالی‌که فعالیت AST تغییر معنی‌داری نداشت. کاهش ALT می‌تواند بیانگر بهبود وضعیت عملکردی کبد و کاهش آسیب سلولی در این بافت باشد.

این اثر احتمالاً ناشی از خاصیت آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی بذر خرفه و توانایی آن در مهار رادیکال‌های آزاد و تثبیت غشای سلولی است (Ghorbani *et al*., 2020). تیمار مخمر نیز کاهش نسبی در این آنزیم‌ها ایجاد کرد که می‌تواند به بهبود سلامت کبد از طریق تعدیل فلور میکروبی و کاهش تولید سموم باکتریایی مربوط باشد (Zhang *et al*., 2016). معنی‌دار شدن اغلب پارامترهای خونی و آنزیمی در این پژوهش نشان‌دهنده تأثیر گسترده و سیستمیک افزودنی‌های گیاهی و پروبیوتیک بر وضعیت متابولیکی و اکسیداتیو بلدرچین‌ها است. ترکیبات بیواکتیو موجود در پودر بذر خرفه به‌ویژه اسیدهای چرب امگا-۳، فلاونوئیدها و پلی‌فنول‌ها، با کاهش استرس اکسیداتیو، کاهش پراکسیداسیون لیپیدی و تنظیم متابولیسم چربی، باعث کاهش معنی‌دار MDA، LDL، TG و TC و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی SOD و GPx شدند.

از سوی دیگر، کاهش معنی‌دار AST و ALT در تیمارهای خرفه و مخمر نشان‌دهنده بهبود سلامت کبد و کاهش فشار متابولیکی بر این اندام است. علاوه بر این، بهبود HDL در تیمارها می‌تواند نتیجه افزایش کارایی متابولیسم لیپیدها و کاهش سنتز چربی در کبد باشد. همچنین، اثر معنی‌دار مشاهده‌شده در اغلب شاخص‌ها می‌تواند ناشی از تفاوت واقعی و بیولوژیک بالایی بین تیمار شاهد و تیمارهای تغذیه‌ای باشد که قدرت اثر بالای این افزودنی‌ها را در شرایط محیطی کنترل‌شده نشان می‌دهد.

میکروفلور روده

شمارش اشریشیا کولای در تیمارهای حاوی خرفه (۱ و ۲ درصد) و همچنین مخمر به طور معنی‌داری نسبت به گروه کنترل کاهش یافت ($p < 0.001$). بیشترین کاهش شمارش این باکتری مضر در تیمار با ۲ درصد پودر خرفه مشاهده شد (۱۶۰۰ در هر گرم) که به‌طور قابل‌توجهی کمتر از گروه شاهد (۵۳۰۰ در هر گرم) بود. این کاهش نشان‌دهنده اثر ضدباکتریایی یا ضدالتهابی پودر خرفه و مخمر بر میکروفلور روده است که می‌تواند سلامت روده را بهبود بخشد.

جدول ۸- تاثیر تیمارهای آزمایشی بر میکروفلور روده

Table 8. Effects of Experimental Treatments on Intestinal Microflora

باکتری لاکتوباسیلوس (در هر گرم) *Lactobacillus** (per g)	باکتری اشرشیاکولای (در هر گرم) *Escherichia coli** (per g)	تیمار Treatment
8833d	5300a	1
10083c	3250b	2
23500a	1600c	3
11333b	3216b	4
892.67	380.16	SEM
0.0001	0.0001	P- value

تیمارها شامل ۱- شاهد (جیره‌ی پایه)، ۲- تیمار شاهد + ۱ درصد پودر بذر خرفه، ۳- تیمار شاهد + ۲ درصد پودر بذر خرفه و ۴- تیمار شاهد + ۰/۵ درصد مخمر (*ساکارومایسس سروزیه*)

Treatments: 1 – Control (Basal diet); 2 – Control + 1% Purslane seed powder; 3 – Control + 2% Purslane seed powder; 4 – Control + 0.5% yeast (*Saccharomyces cerevisiae*).

حروف غیر یکسان در هرستون نشانه اختلاف معنی‌دار هستند ($p < ۰/۰۵$).

Different superscript letters in the same column indicate significant differences ($p < 0.05$).

از سوی دیگر، شمارش باکتری‌های لاکتوباسیلوس که به‌عنوان پروبیوتیک‌های طبیعی و مفید روده شناخته می‌شوند، در تیمارهای ۱ و ۲ درصد خرفه و همچنین مخمر نیم درصد نسبت به گروه کنترل افزایش معناداری داشت ($p < 0.001$). بیشترین میزان لاکتوباسیلوس در تیمار ۲ درصد خرفه (۲۳۵۰۰ در هر گرم) مشاهده شد که تقریباً سه برابر گروه کنترل (۸۸۳۳ در هر گرم) بود. افزایش این باکتری‌های مفید می‌تواند به بهبود جذب مواد مغذی، تقویت سیستم ایمنی و کاهش رشد عوامل بیماری‌زا کمک کند. کاهش معنی‌دار جمعیت *Escherichia coli* در تیمار حاوی ۲ درصد بذر خرفه احتمالاً ناشی از فعالیت ترکیبات فنولی و اسیدهای چرب غیر اشباع موجود در بذر خرفه است که از طریق تخریب دیواره سلولی و مهار آنزیم‌های متابولیکی باکتری‌های گرم منفی عمل می‌کنند. همزمان، افزایش جمعیت لاکتوباسیلوس‌ها نیز تغییر محیط روده را به‌سمت غالب شدن باکتری‌های مفید نشان می‌دهد. این تغییر ساختار میکروفلور می‌تواند نقش مهمی در بهبود سلامت روده و کاهش بار میکروبی بیماری‌زا داشته باشد. بنابر این، استفاده از پودر خرفه و مخمر *Saccharomyces cerevisiae* موجب بهبود تعادل میکروبی روده با کاهش باکتری‌های مضر و افزایش باکتری‌های مفید می‌شود. این تغییرات در میکروفلور می‌توانند عامل مهمی در افزایش کارایی هضم و جذب مواد مغذی، تقویت سلامت دستگاه گوارش و بهبود شاخص‌های عملکردی و ایمنی در بلدرچین باشند. مطالعات مشابه نیز اثر مثبت پروبیوتیک‌ها و فیتوژنیک‌ها مانند خرفه را بر کاهش باکتری‌های بیماری‌زا و افزایش باکتری‌های مفید روده گزارش کرده‌اند (Xu *et al*., 2018; Chen *et al*., 2020). این یافته‌ها اهمیت ترکیب مکمل‌های طبیعی و پروبیوتیک‌ها را در بهبود سلامت روده و عملکرد دامپزشکی تایید می‌کنند.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این مطالعه نشان می‌دهند که افزودن پودر بذر خرفه و پروبیوتیک (*ساکارومایسس سروزیه*) به جیره بلدرچین‌های ژاپنی موجب بهبود عملکرد تولیدی، کیفیت تخم و سلامت روده در بلدرچین ژاپنی می‌شود. در این میان، سطح ۲ درصد پودر بذر خرفه بیشترین تأثیر را در افزایش تولید تخم، بهبود شاخص‌های کیفی تخم، تقویت ساختار روده و بهبود تعادل میکروفلور نشان داد. بر این اساس، استفاده از ۲ درصد پودر بذر

خرفه به‌عنوان یک افزودنی طبیعی می‌تواند به‌عنوان جایگزین
مناسب آنتی‌بیوتیک‌ها در جیره بلدرچین ژاپنی توصیه شود.

References

Abd El-Hack, M. E., Alabdali, A. Y. M., Aldhalmi, A. K., Reda, F. M., Bassiony, S. S., Selim, S., El-Saadony, M. T., & Alagawany, M. (2022). Impacts of Purslane (*Portulaca oleracea*) extract supplementation on growing Japanese quails' growth, carcass traits, blood indices, nutrients digestibility and gut microbiota. *AMB Express*, 11, 31. https://doi.org/10.1186/s13568-021-01289-8.

Adli, D. N., van den Brand, H., & Kemp, B. (2025). Dose-dependent effects of probiotics on the reproductive performance, egg characteristics, and breeder performance in poultry: A meta-analysis. *Poultry Science*, 104(2), 102345. [https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.102345].

Ahmed, H. M., & El-Sayed, M. S. (2023). Effects of natural antioxidants on oxidative stress and immune response in poultry: A review. *Poultry Science Journal*, 102(5), 1201–1215. https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.02.005.

Apajalahti, J., Kettunen, A., & Graham, H. (2004). Characteristics of the gastrointestinal microbial communities, with special reference to the chicken. *World's Poultry Science Journal*, 60(2), 223–232. https://doi.org/10.1079/WPS200404.

Awad, W. A., Ghareeb, K., Abdel-Raheem, S., & Bohm, J. (2010). Effects of dietary inclusion of probiotic and synbiotic on growth performance, organ weights, and intestinal histomorphology of broiler chickens. *Poultry Science*, 89(1), 69–76. https://doi.org/10.3382/ps.2009-00444.

Bai, X., Zhang, H., Ren, S., & Luo, H. (2020). *Portulaca oleracea* L. extracts attenuate oxidative stress and liver injury in high-fat diet-induced obese mice. *Journal of Functional Foods*, 64, 103693. https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103693.

Caspary, W. F. (1992). Physiology and pathophysiology of intestinal absorption. *American Journal of Clinical Nutrition*, 55(1), 299S–308S. https://doi.org/10.1093/ajcn/55.1.299s.

Chen, J., He, J., Hamm, L., Batuman, V., Whelton, P. K., & He, J. (2012). Dietary antioxidant capacity and risk of type 2 diabetes in US adults. *The Journal of Nutrition*, 142(1), 63–68. https://doi.org/10.3945/jn.111.147660.

Chen, X., Wang, Y., & Li, J. (2020). Effects of herbal supplements on gut microbiota and growth performance in poultry: A review. *Poultry Science*, 99(8), 3626-3634. https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.04.002.

Chen, X., Zhao, J., & Li, Y. (2023). Gut microbiota modulation by dietary interventions in poultry: Focus on lactic acid bacteria and pathogenic bacteria interactions. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1084321. https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1084321.

El-Neweshy, M. S., El-Sayed, Y. S., & Megahed, H. A. (2019). Hypolipidemic and antioxidant effects of purslane seeds in experimental hypercholesterolemia in rats. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 19, 25. https://doi.org/10.1186/s12906-019-2436-0.

Fossati, P., & Prencipe, L. (1982). Serum triglycerides determined colorimetrically with an enzyme that produces hydrogen peroxide. *Clinical Chemistry*, 28(10), 2077–2080.

Frontiers in Veterinary Science. (2023). Alternative to antibiotic growth promoters. *Frontiers in Veterinary Science*. https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1259426.

Gao, J., Zhang, H. J., Yu, S. H., Wu, S. G., Yoon, I., Quigley, J., Gao, Y. P., & Qi, G. H. (2017). Effects of yeast culture supplementation on growth performance, intestinal health, and immune response of broilers challenged with Salmonella enterica serovar Typhimurium. *Poultry Science*, 96(5), 1516-1525. https://doi.org/10.3382/ps/pew472.

Gao, J., Zhang, H. J., Yu, S. H., Wu, S. G., Yoon, I., Quigley, J., Gao, Y. P., & Qi, G. H. (2008). Effects of yeast culture in broiler diets on performance and immunomodulatory functions. *Poultry Science*, 87(7), 1377–1384. https://doi.org/10.3382/ps.2007-00418.

Ghorbani, A., Esmaeilizadeh, M., & Shafiei, M. (2020). Hepatoprotective effects of medicinal plants: A review. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*, 23(9), 1231–1248. https://doi.org/10.22038/ijbms.2020.45320.10838.

Habibian, M., Sadeghi, A., & Karimi, A. (2016). The effects of Purslane (*Portulaca oleracea* L.) powder on growth performance, carcass characteristics, antioxidant status, and blood metabolites in broiler chickens. *Livestock Science*, 184, 35–40. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.12.003.

Khan, R. U., & Iqbal, Z. (2016). The role of probiotics in the poultry industry. *Poultry Science*, 95(7), 1477-1485. https://doi.org/10.3382/ps/pew103.

Khodaei Motlagh, M., Ghasemi, H. A., & Salehi Zadeh, A. (2023). Effects of different levels of a combined supplement containing probiotic, prebiotic and enzyme on productive performance, blood metabolites, hormonal profile and antioxidant status in laying hens. *Research on Animal Production*, 13(38), 128–137. [In Persian]

Kumar, A., Singh, R., & Verma, A. (2024). Probiotics in poultry nutrition: Mechanisms and applications for gut health and performance. *Animal Feed Science and Technology*, 310, 115671. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2024.115671.

Li, J., Zhang, L., Wu, T., & Wang, S. (2022). Phytochemical composition and hepatoprotective effects of *Portulaca oleracea* L. in animal models. *Phytotherapy Research*, 36(2), 845–857. https://doi.org/10.1002/ptr.7352.

Li, S., Zhang, Q., & Wang, L. (2024). Intestinal morphology and nutrient absorption improvements in poultry by phytogenic feed additives: A meta-analysis. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 15(1), 23. https://doi.org/10.1186/s40104-024-01358-2.

Montagne, L., Pluske, J. R., & Hampson, D. J. (2003). A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. *Animal Feed Science and Technology*, 108(1–4), 95–117. https://doi.org/10.1016/S0377-8401(03)00163-9.

NRC. (1994). Nutrient requirements of poultry (9th rev. ed.). National Academies Press.

Ohkawa, H., Ohishi, N., & Yagi, K. (1979). Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. *Analytical Biochemistry*, 95(2), 351–358. https://doi.org/10.1016/0003-2697(79)90738-3.

Paglia, D. E., & Valentine, W. N. (1967). Studies on the quantitative and qualitative characterization of erythrocyte glutathione peroxidase. *Journal of Laboratory and Clinical Medicine*, 70(1), 158–169.

Pluske, J. R., Williams, I. H., & Aherne, F. X. (1997). Maintenance of villous height and crypt depth in piglets by providing continuous nutrition after weaning. *Animal Science*, 64(1), 163–172. https://doi.org/10.1017/S1357729800009366.

Pourangha A, Mirakzehi M T, Saleh H. (2024). Effects of Supplementation of Inulin and Yeast Autolysate (*Saccharomyces cerevisiae*) on the Productive Performance, Egg Quality, Intestinal Morphology, and Microflora of Laying Japanese quails. *Research on Animal Prodoction*. 15(4), 24-35. doi:10.61186/rap.15.4.24. [In Persian]

Rehman, H., Chen, X., Shahid, M., & Wang, S. (2020). Probiotics in poultry nutrition: Mechanisms of action and their potential application in the poultry industry. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 252. https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00252.

Rehman, H., Hellweg, P., Taras, D., & Zentek, J. (2007). Effects of dietary inulin on the intestinal short chain fatty acids and microbial ecology in broiler chickens as revealed by denaturing gradient gel electrophoresis. *Poultry Science*, 86(4), 755–759. https://doi.org/10.1093/ps/86.4.755.

Reitman, S., & Frankel, S. (1957). A colorimetric method for the determination of serum glutamic oxaloacetic and glutamic pyruvic transaminases. *American Journal of Clinical Pathology*, 28(1), 56–63.

Shahidi, F., & Ambigaipalan, P. (2015). Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review. *Journal of Functional Foods*, 18, 820-897. https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.018.

Shehata, A. A., Yalçın, S., Latorre, J. D., Basiouni, S., Attia, Y. A., Abd El-Wahab, A., Visscher, C., El-Seedi, H. R., Huber, C., Hafez, H. M., Eisenreich, W., & Tellez-Isaias, G. (2022). Probiotics, prebiotics, and phytogenic substances for optimizing gut health in poultry. *Microorganisms,* 10(2), 395. https://doi.org/10.3390/microorganisms10020395.

Sjofjan, O., Natsir, M. H., & Widodo, E. (2021). The effects of probiotics on the performance, egg quality and blood parameters of laying hens: A meta-analysis. *Journal of Animal & Feed Sciences*, 30(4), 301–311. [https://doi.org/10.22358/jafs/136541/2021].

Simopoulos, A. P. (2004). Omega-3 fatty acids and antioxidants in edible wild plants. *Biological Research*, 37(2), 263–277. https://doi.org/10.4067/S0716-97602004000200013.

Smith, D. L., & Johnson, M. K. (2022). Alternatives to antibiotics in poultry production: Natural additives and their mechanisms. *Poultry Science*, 101(8), 101967. https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101967.

Uni, Z., Noy, Y., & Sklan, D. (1999). Posthatch development of small intestinal function in the poult. *Poultry Science*, 78(2), 215–222. https://doi.org/10.1093/ps/78.2.215.

Wang, C., Liu, Q., Ye, F., Tang, H., Xiong, Y., Wu, Y., Wang, L., Feng, X., Zhang, S., Wan, Y., & Huang, J. (2022). Dietary Purslane (*Portulaca oleracea* L.) promotes the growth performance of broilers by modulation of gut microbiota. AMB Express, 11, 31. https://doi.org/10.1186/s13568-021-01289-8.

Wang, H., Chen, J., & Liu, Y. (2023). Nutritional and functional properties of purslane seed powder as a phytogenic feed additive in poultry diets. *Animal Nutrition*, 9(1), 121-129. https://doi.org/10.1016/j.aninu.2023.01.005.

Xu, Z., Knight, J. A., & Xu, H. (2018). Probiotics and gut microbiota modulation in poultry: Impacts on health and growth. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 9(1), 44. https://doi.org/10.1186/s40104-018-0264-3.

Zhang, Z. F., Zhou, T. X., & Kim, I. H. (2016). Effects of dietary supplementation of probiotic, Clostridium butyricum, on growth performance, intestinal morphology, and immune response in broiler chickens. *Poultry Science*, 95(1), 84–89. https://doi.org/10.3382/ps/pev319.

Zhao, L., Wang, G., Siegel, P., He, C., Wang, H., Zhao, W., & Wang, J. (2018). Quantitative genetic background of the microbiome of chickens and its association with host traits. *Frontiers in Microbiology*, 9, 2671. https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02671.