

Research Article

Vol. 18, No.2, 2026, p. 269-287



The Effect of Whey Powder and Corn Gluten on Growth Performance and Blood Parameters of Arian Strain Broiler Chickens Raised under Different Flock Density Conditions

Hasan. Azizabadi^{1*}, Seyed Mohamad. Hosseini¹, Mohamad Hasan. Fathi Nasari¹, Zahra. Tahami²,
Mohamad Bagher. Montazar Torbati¹

1- Department of Animal Science, College of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran

2- Khorasan Razavi Agricultural Research Center, Kashmar, Iran

*Corresponding Author's Email: hassan.azizabadi@Birjand.ac.ir

How to cite this article:

Received: 26-08-2025
Revised: 09-11-2025
Accepted: 12-11-2025
Available Online: 22-06-2026

Azizabadi, H., Hoseini, S. M., Fathi Nasari, M. H., Tahami, Z., & Montazar Torbati, M. B. (2026). The effect of whey powder and corn gluten on growth performance and blood parameters of Arian strain broiler chickens raised under different flock density conditions. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 18(2), 269-287. (In Persian).

<https://doi.org/10.22067/ijasr.2025.95111.1270>

Introduction: By-products from the dairy industry, particularly whey (the liquid residue remaining after cheese production), are often considered waste despite their high nutritional value. However, its dried powder form can be used in poultry nutrition. Whey powder improves protein and fat digestibility in monogastric animals, thereby enhancing feed efficiency. Therefore, due to its high biological value, balanced protein quality, bioactive components, and prebiotic properties, whey powder may help mitigate the negative effects of stocking density stress. As a result, it can contribute to improved bird performance. Additionally, corn gluten, due to its affordability, favorable nutritional value, and easy accessibility, can reduce feeding costs while supplying part of the energy and protein requirements of poultry. Increasing stocking density is considered a management strategy to enhance production and efficiency in poultry farming. However, despite its advantages, high stocking density may lead to reduced performance, increased mortality rates, leg disorders, and decreased bird welfare. Based on previous research and reviews, there is currently no information regarding optimal levels of whey powder and corn gluten under varying stocking densities for the Arian strain, specifically concerning growth performance and blood metabolites. Considering the critical role of gastrointestinal health in broiler growth and efficiency, evaluating the combined effects of these two feed sources (whey powder and corn gluten) in broiler diets under both standard and high stocking densities represents a scientifically and economically grounded nutritional and management decision. The goal is to optimize growth performance, essential amino acid profile of the diet, biological value of consumed protein (improved absorption), and blood metabolites by reducing stocking density-induced stress. Accordingly, the present study aims to investigate the effects of different levels of whey powder and corn gluten under varying flock stocking densities on the growth performance and blood metabolites of Arian broiler chickens.

Materials and Methods: A total of 600 one-day-old male Arian broiler chicks were used in this study. The study was conducted as a completely randomized design with a 2×2×2 factorial arrangement, involving 8



Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License ([CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/))

 <https://doi.org/10.22067/ijasr.2025.95111.1270>

treatments, 5 replicates per treatment, and 13 chicks per replicate under standard stocking density conditions, and 17 chicks per replicate under high stocking density conditions, starting from one day of age. A total of 40 experimental units (pens), each measuring 100 × 100 cm with a height of 80 cm (1 m² floor area), were used. The experimental treatments included: 1. Zero percent whey powder and zero percent corn gluten at 13 chicks per replicate (control group) 2. Zero percent whey powder and zero percent corn gluten at 17 chicks per replicate 3. 6% whey powder at 13 chicks per replicate 4. 6% whey powder at 17 chicks per replicate 5. 3% corn gluten at 13 chicks per replicate 6. 3% corn gluten at 17 chicks per replicate 7. 6% whey powder combined with 3% corn gluten at 13 chicks per replicate 8. 6% whey powder combined with 3% corn gluten at 17 chicks per replicate. The diets for the starter, grower, and finisher phases were formulated based on corn and soybean meal according to the nutritional requirements of the Arian strain. Feed intake and body weight gain were recorded weekly, and feed conversion ratio was calculated using the data on feed intake and weight gain. To evaluate blood metabolites, blood samples were collected from the jugular vein at slaughter and analyzed using a centrifuge and an autoanalyzer device. Statistical analysis of the data was performed using SAS software.

Results and Discussion: The interaction effects of whey powder, corn gluten, and stocking density over the entire period significantly increased feed intake in broiler chickens compared to the control, with the highest feed intake observed in the treatment containing 6% whey powder, 3% corn gluten, and 17 chicks per square meter ($P < 0.05$). Other performance indicators, including feed conversion ratio, average weight gain, and final body weight, were not affected by the interaction effects of the experimental treatments. The main effects of whey powder and corn gluten did not have a significant impact on the blood metabolites of broiler chickens ($P > 0.05$). Blood metabolites were not affected by the interaction effects of whey powder, corn gluten, and stocking density ($P > 0.05$). The simultaneous use of whey powder and corn gluten, particularly under varying stocking densities, may contribute to improved growth performance in broiler chickens. Managing stocking density along with the use of nutritional additives can help improve the lipid profile of broiler chickens, but the direct effects of whey powder and corn gluten on blood metabolites require further investigation.

Conclusion: The present study demonstrated that the inclusion of whey powder and corn gluten in the diet, combined with appropriate stocking density management, can positively affect growth performance and certain metabolic indices in Arian broiler chickens. Specifically, whey powder and stocking density significantly improved feed intake and growth parameters, while the combination of corn gluten with stocking density reduced blood LDL levels, which may indicate improved metabolic health. Although some blood metabolites were not affected by the treatments, the overall results suggest that simultaneous adjustment of dietary composition and environmental conditions can enhance productivity and health in broiler chickens. These findings may provide valuable insights for optimizing feeding and rearing strategies in the poultry industry. Overall, the results indicate that incorporating 6% whey powder and 3% corn gluten into the diet at a stocking density of 17 birds per square meter can improve the performance of Arian broiler chickens.

Keywords: Arian strain, Conversion ratio, Corn gluten, Feed intake, Whey powder

اثر پودر آب پنیر و گلو تن ذرت، بر عملکرد و فراسنجه‌های خونی جوجه‌های گوشتی سویه آرین پرورش یافته، در تراکم متفاوت گله

حسن عزیزآبادی^{۱*}، سید محمد حسینی^۱، محمدحسن فتحی نسری^۱، زهرا تهامی^۲

محمدباقر منتظر تربتی^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۲۱

چکیده

پژوهش حاضر به منظور بررسی عملکرد رشد و فراسنجه‌های خونی در جوجه‌های گوشتی سویه آرین تغذیه شده با پودر آب پنیر و گلو تن ذرت در شرایط تراکم متفاوت گله انجام شد. در این آزمایش از ۶۰۰ قطعه جوجه گوشتی نر یک‌روزه سویه آرین، در قالب طرح کاملاً تصادفی، با آرایش فاکتوریل ۲×۲×۲ با استفاده از هشت تیمار، پنج تکرار و ۱۳ قطعه جوجه در هر تکرار در حالت استاندارد و ۱۷ قطعه جوجه در هر تکرار در حالت تراکم بالا، از یک‌روزگی استفاده شد. تیمارهای آزمایشی شامل ۱- سطح صفر درصد پودر آب پنیر و صفر درصد گلو تن ذرت با تراکم ۱۳ قطعه (شاهد) ۲- سطح صفر پودر آب پنیر و صفر گلو تن ذرت با تراکم ۱۷ قطعه ۳- سطح ۶ پودر آب پنیر با تراکم ۱۳ قطعه ۴- سطح ۶ پودر آب پنیر با تراکم ۱۷ قطعه ۵- سطح ۳ گلو تن ذرت با تراکم ۱۳ قطعه ۶- سطح ۳ گلو تن ذرت با تراکم ۱۷ قطعه ۷- سطوح ۶ پودر آب پنیر و ۳ گلو تن ذرت با تراکم ۱۳ قطعه ۸- سطوح ۶ پودر آب پنیر و ۳ گلو تن ذرت با تراکم ۱۷ قطعه بود. ضریب تبدیل، مصرف خوراک و افزایش وزن، به صورت هفتگی و فراسنجه‌های خونی در ۴۵ روزگی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که استفاده از پودر آب پنیر، گلو تن ذرت و شرایط تراکم تأثیر معنی‌داری بر افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراکی نداشت، اما مصرف خوراک و وزن بدن به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت. فراسنجه‌های خونی شامل گلوکز، پروتئین کل، کلسترول، تری‌گلیسرید، HDL و LDL تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. به طور کلی یافته‌های این پژوهش نشان داد که استفاده از سطوح ۶ درصد پودر آب پنیر و ۳ درصد گلو تن ذرت، در شرایط تراکم ۱۷ قطعه در مترمربع می‌تواند باعث بهبود عملکرد جوجه‌های گوشتی سویه آرین شود.

واژه‌های کلیدی: پودر آب پنیر، سویه آرین، ضریب تبدیل، گلو تن ذرت، مصرف خوراک

مقدمه

اثرات فیزیولوژیکی و بیولوژیکی از جمله تنظیم ساخت پروتئین عضلات اسکلتی، کاهش تنش اکسیداتیو و تقویت سامانه ایمنی است (Patel, 2015). پروتئین‌های آب پنیر به دلیل دارا بودن سطوح بالایی از اسیدهای آمینه شاخه‌دار (لوسین، ایزولوسین و والین)، سیستمین و پپتیدهای فعال زیستی، از ارزش بیولوژیکی بالاتری نسبت به کنجاله سویا برخوردارند و می‌توانند عملکرد پرند را به شکل محسوسی تحت تأثیر قرار دهند (Smithers, 2015; Pineda-Quiroga et al., 2018). همچنین پودر آب پنیر با بهبود قابلیت هضم پروتئین و چربی در تک‌مده‌ای‌ها موجب افزایش بازده خوراک می‌شود، به طوری که در سال‌های اخیر به عنوان جایگزینی برای آنتی‌بیوتیک‌ها در تغذیه طیور مطرح شده است (Kermanshahi & Rostami, 2006).

فرآورده‌های جانبی صنایع لبنی به ویژه آب پنیر، که مایع باقی‌مانده از فرآیند پنیرسازی است، به رغم دارا بودن ارزش غذایی بالا، اغلب به عنوان ضایعات تلقی می‌شود. این در حالی است که پودر خشک شده آن می‌تواند در تغذیه طیور مورد استفاده قرار گیرد (Aghaei et al., 2010). آب پنیر حاوی ترکیبات پروتئینی متعددی مانند بتالاکتوگلوبولین، آلفالاکتالبومین و ایمنوگلوبولین‌ها می‌باشد که دارای

۱- گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

۲- مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان رضوی، کاشمر، ایران

(*)- نویسنده مسئول: (Email: hassan.azizabadi@birjand.ac.ir)

<https://doi.org/10.22067/ijasr.2025.95111.1270>

جیره‌ای متعادل از نظر انرژی و پروتئین فراهم سازد. بر این اساس، هدف از پژوهش حاضر، بررسی اثر سطوح مختلف پودر آب‌پنیر و گلوتن ذرت در شرایط تراکم متفاوت گله بر عملکرد رشد و فراسنجه‌های خونی جوجه‌های گوشتی سویه آرین است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش، در بهمن سال ۱۴۰۲ در سالن مرغداری پژوهشی دهیاری روستای خرمیک واقع در ۵ کیلومتر ۵ جاده نیشابور- سبزوار انجام شد. در این آزمایش از ۶۰۰ قطعه جوجه‌گوشتی نر یک‌روزه سویه آرین استفاده گردید. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل $2 \times 2 \times 2$ با استفاده از هشت تیمار، پنج تکرار و ۱۳ قطعه جوجه در هر تکرار در شرایط استاندارد و ۱۷ قطعه جوجه در هر تکرار در شرایط تراکم جمعیت از سن یک‌روزگی اجرا شد. در این آزمایش از ۴۰ واحد آزمایشی (پن) با طول و عرض 100×100 سانتی‌متر و ارتفاع ۸۰ سانتی‌متر استفاده گردید که مساحت کف هر پن یک مترمربع بود. هر پن مجهز به دو عدد آب‌خوری نیپل و یک دان‌خوری استاندارد بود. برای گرم کردن سالن از یک جت هیتر گازی با توان ۵۰۰۰۰ کیلوکالری استفاده شد. برای بستر جوجه‌های گوشتی از رول کاغذی استفاده گردید و قبل از جوجه‌ریزی از آجر دودزای فرمالکس جهت ضدعفونی استفاده شد. روشنایی سالن پرورش با استفاده از تعداد ۲۰ عدد لامپ ۱۰۰ واتی تأمین گردید. طول دوره روشنایی در سه روز ابتدایی دوره پرورش به‌صورت ۲۴ ساعت بود و پس از آن به‌صورت ۲۳ ساعت روشنایی و ۱ ساعت تاریکی به‌دلیل عادت‌پذیری به قطعی ناگهانی برق اعمال شد. از ۳۰ روزگی تا پایان دوره روزانه به مدت چهار ساعت تاریکی اعمال گردید. دمای سالن در ابتدای دوره پرورش دمای سالن 22 ± 2 درجه سانتی‌گراد بود و تا ۲۵ روزگی به ۲۲ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت و تا انتهای دوره در همین دما قرار گرفت. جهت تأمین رطوبت مورد نیاز، سالن به‌طور مداوم آب‌پاشی می‌گردید. تیمارهای آزمایشی شامل ۱- سطح صفر درصد پودر آب‌پنیر و صفر درصد گلوتن ذرت با تراکم ۱۳ قطعه (شاهد) ۲- سطح صفر درصد پودر آب‌پنیر و صفر درصد گلوتن ذرت با تراکم ۱۷ قطعه ۳- سطح ۶ درصد پودر آب‌پنیر با تراکم ۱۳ قطعه ۴- سطح ۶ درصد پودر آب‌پنیر با تراکم ۱۷ قطعه ۵- سطح ۳ درصد گلوتن ذرت با تراکم ۱۳ قطعه ۶- سطح ۳ درصد گلوتن ذرت با تراکم ۱۷ قطعه ۷- سطوح ۶ درصد پودر آب‌پنیر و ۳ درصد گلوتن ذرت با تراکم ۱۳ قطعه و ۸- سطوح ۶ درصد پودر آب‌پنیر و ۳ درصد گلوتن ذرت با تراکم ۱۷ قطعه بود.

از طرفی، گلوتن ذرت می‌تواند به‌عنوان مکمل پروتئینی در خوراک طیور مورد استفاده قرار گیرد (Kim et al., 2012). همچنین گلوتن ذرت به‌دلیل داشتن قیمت مناسب، ارزش تغذیه‌ای مناسب و دسترسی آسان می‌تواند سبب کاهش هزینه‌های جیره و تأمین‌کننده بخشی از انرژی و پروتئین مورد نیاز طیور باشد (Loy & Lundy, 2019). پژوهش‌های مختلف، حاکی از تأثیر مثبت گلوتن ذرت بر میانگین افزایش وزن بدن و بهبود ضریب‌تبدیل خوراکی جوجه‌های گوشتی می‌باشد (Shariat & Pourreza Faghani, 2014). علاوه بر این، ترکیبات زیست‌فعال موجود در گلوتن ذرت از جمله رنگدانه‌های گزانتوفیلی و ویتامین E می‌تواند نقش آنتی‌اکسیدانی و تقویت‌کننده سیستم ایمنی ایفا کرده و از طریق بهبود ساختار و ریخت‌شناسی روده موجب ارتقاء سلامت و رشد پرند شود (Li-Chan & Samaranayaka, 2011; Saleh et al., 2019). افزایش تراکم، یکی از ابزارهای مدیریتی جهت افزایش تولید بهره‌وری در پرورش طیور محسوب می‌شود (Verspecht et al., 2011). اما تراکم زیاد علی‌رغم مزایای زیاد می‌تواند باعث کاهش عملکرد، افزایش میزان مرگ‌ومیر، بروز مشکلات پا و کاهش کیفیت زندگی پرند شود (Smitizis et al., 2012). در پژوهشی گزارش شد که افزایش تراکم گله باعث کاهش مصرف خوراک، افزایش وزن بدن و افزایش آمینوآسپاراتات ترانسفراز سرم خون جوجه‌های گوشتی شد (Abudabos et al., 2013). همچنین در پژوهشی دیگر گزارش شد که پرورش جوجه‌های گوشتی در تراکم پایین نسبت به تراکم بالا موجب بهبود ضریب‌تبدیل خوراک و افزایش وزن شد (Costa et al., 2020). در پژوهشی که از چهار سطح تراکم (۱۰، ۱۵، ۱۷ و ۲۰ پرند در مترمربع) در پرورش جوجه‌گوشتی استفاده شد، پرورش ۱۰ پرند در هر مترمربع بیشترین نرخ رشد را به همراه داشت، ولی ۱۷ پرند در مترمربع بیشترین بازده اقتصادی را نشان داد (Gholami et al., 2020).

براساس پژوهش‌های انجام‌شده، تاکنون اطلاعات کافی در خصوص تأثیر سطوح مختلف پودر آب‌پنیر و گلوتن ذرت در شرایط تراکم متفاوت گله بر عملکرد رشد و فراسنجه‌های خونی جوجه‌های گوشتی سویه آرین گزارش نشده است. با توجه به نقش کلیدی سلامت دستگاه گوارش در بهبود رشد و کارایی جوجه‌های گوشتی، بررسی اثرات ترکیبی این دو منبع خوراکی می‌تواند از دیدگاه مدیریتی و تغذیه‌ای، رویکردی علمی و اقتصادی تلقی شود. ترکیب پودر آب‌پنیر و گلوتن ذرت در جیره می‌تواند با هدف بهینه‌سازی عملکرد رشد، اصلاح تعادل اسیدهای آمینه ضروری، افزایش ارزش بیولوژیکی و قابلیت جذب پروتئین مصرفی، و بهبود فراسنجه‌های خونی از طریق کاهش تنش‌های ناشی از تراکم مورد استفاده قرار گیرد. از آنجاکه گلوتن ذرت منبعی غنی از انرژی و پروتئین و پودر آب‌پنیر ماده‌ای با کیفیت تغذیه‌ای بالا به شمار می‌رود، استفاده همزمان از آن‌ها می‌تواند

جدول ۱- مواد تشکیل دهنده و ترکیب شیمیایی جیره های آزمایشی جوجه های گوشتی سویه آراین در دوره آغازین (۱ تا ۱۴ روزگی)

Table 1- Ingredients and chemical composition of experimental diets for Arian strain broiler chickens in the initial period (1 to 14 days)

اقدام خوراکی Feed ingredients	تیمار ۱ Treatment 1	تیمار ۲ Treatment 2	تیمار ۳ Treatment 3	تیمار ۴ Treatment 4	تیمار ۵ Treatment 5	تیمار ۶ Treatment 6	تیمار ۷ Treatment 7	تیمار ۸ Treatment 8
تراکم جمعیت Stock density	-	+	-	+	-	+	-	+
پودر آب پنیر ^۱ Whey powder ¹	0	0	6	6	0	0	6	6
گلو تن ذرت ^۲ Corn gluten ²	0	0	0	0	3	3	3	3
ذرت Corn	52.72	52.72	45.89	45.89	53.24	53.24	46.36	46.36
کنجاله سویا Soybean meal	42.7	42.7	42.52	42.52	39.69	39.69	39.51	39.51
روغن سویا Soybean oil	0.69	0.69	1.94	1.94	0.25	0.25	1.49	1.49
کلسیم کربنات Calcium carbonat	0.91	0.91	0.89	0.89	1.01	1.01	0.99	0.99
دی کلسیم فسفات Di-Ca- phosphate	1.59	1.59	1.45	1.45	1.46	1.46	1.32	1.32
نمک Salt	0.25	0.25	0.18	0.18	0.25	0.25	0.18	0.18
سدیم بیکربنات Sodium bicarbonate	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
مکمل معدنی ویتامینه ^۳ Min-vit-premix ³	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
دی آل متیونین DL-methionine	0.26	0.26	0.29	0.29	0.29	0.29	0.31	0.31
لیزین هیدروکلراید LysineHydrochloride	0.12	0.12	0.10	0.10	0.06	0.06	0.09	0.09
کولین کلراید Choline chloride	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
ترکیب شیمیایی Chemical composition								
انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری بر کیلوگرم) Metabolizable energy(kcal/kg)	2870	2870	2870	2870	2870	2870	2870	2870
پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)	22	22	22	22	22	22	22	22
لیزین (درصد) Lysine (%)	1.2	1.2	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18
متیونین + سیستئین (درصد) Methionine + Cysteine (%)	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
تروئین (درصد) Threonine (%)	0.77	0.77	0.75	0.75	0.73	0.73	0.71	0.71
تریپتوفان (درصد) Tryptophan (%)	0.27	0.27	0.26	0.26	0.25	0.25	0.25	0.25
کلسیم (درصد) Calcium (%)	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
فسفر (درصد) Phosphorus (%)	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
تفاوت کاتیون و آنیون جیره (میلی اکی والان بر کیلوگرم) Dietary Cation Anion Difference (meq/kg)	278.30	278.30	293.63	293.63	262.90	262.90	276.88	276.88

^۱ پودر آب پنیر مصرفی به ازای هر کیلوگرم شامل: ۱۰ درصد پروتئین خام، ۰/۷ درصد کلسیم، ۰/۵ درصد فسفر، ۹ درصد خاکستر، ۱/۵ درصد چربی، ۷ درصد رطوبت، ۲۰ گرم در کیلوگرم سدیم، ۱۵ گرم در کیلوگرم کلر، ۱۵ گرم در کیلوگرم پتاسیم، ۱/۲ گرم در کیلوگرم منیزیم و ۲۲۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم انرژی قابل سوخت و ساز بود.

^۲ گلو تن ذرت مصرفی به ازای هر کیلوگرم جیره حاوی ۴۰ درصد پروتئین خام و ۲۱۰۰ کیلوکالری انرژی قابل سوخت و ساز می باشد.

^۳ مکمل معدنی به ازای هر کیلوگرم جیره شامل: ۳۹۶۸۰ میلی گرم منگنز، ۲۰۰۰۰ میلی گرم آهن، ۲۲۸۸۰ میلی گرم روی، ۴۰۰۰ میلی گرم مس، ۳۹۶ میلی گرم ید و ۸۰ میلی گرم سلنیوم می باشد.

^۴ پرمیکس ویتامینی به ازای هر کیلوگرم جیره شامل: ۳۶۰۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین A، ۸۰۰۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین D₃، ۱۴۴۰۰ واحد بین المللی ویتامین E، ۷۰۰ میلی گرم ویتامین B₁، ۲۶۴۰ میلی گرم ویتامین B₂، ۳۹۲۰ میلی گرم ویتامین B₃، ۱۱۷۶ میلی گرم ویتامین B₆، ۴۰۰ میلی گرم ویتامین B₉، ۶ میلی گرم ویتامین B₁₂، ۴۰ میلی گرم ویتامین B₇ و ۴۰۰ میلی گرم آنتی اکسیدان تأمین شده است.

^۱ Whey powder per kg of diet 10% crude protein, 0.7% calcium, 0.5% phosphorus, 1.5% fat, 7% moisture, 20 g sodium, 15 g chlorine, 15 g potassium, 1.2 g magnesium, 2200 kcal metabolizable energy.

^۲ Corn gluten per kg of diet 40% crude protein and 3100 kcal metabolizable energy.

^۳ Mineral supplement per kilogram of diet contains: Manganese: 39680 mg, Iron: 20000 mg, Zinc: 33880 mg, Copper: 4000 mg, Iodine: 396 mg and Selenium: 80 mg.

^۴ Vitamin premix per kg of diet 3600000 IU of vitamin A, 800000 IU vitamin D₃, 14400 IU vitamin E, 700 mg vitamin B₁, 2640 mg vitamin B₂, 3920 mg vitamin B₃, 1176 mg vitamin B₆, 400 mg vitamin B₉, 6 mg vitamin B₁₂, 40 mg vitamin B₇ and 400 mg antioxidants.

جدول ۲- مواد تشکیل دهنده و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی جوجه‌های گوشتی سویه آرین در دوره رشد (۱۵ تا ۲۴ روزگی)

Table 2- Ingredients and chemical composition of experimental diets for Arian strain broiler chickens in the growth period (15 to 24 days)

اقلام خوراکی Ingredients	تیمار ۱ Treatment1	تیمار ۲ Treatment2	تیمار ۳ Treatment3	تیمار ۴ Treatment4	تیمار ۵ Treatment5	تیمار ۶ Treatment6	تیمار ۷ Treatment7	تیمار ۸ Treatment8
تراکم جمعیت Stock density	-	+	-	+	-	+	-	+
پودر آب پنیر ^۱ Whey powder ¹	0	0	6	6	0	0	6	6
گلوتن ذرت ^۲ Corn gluten ²	0	0	0	0	3	3	3	3
ذرت Corn	58.12	58.12	51.24	51.24	58.49	58.49	51.61	51.61
کنجاله سویا Soybean meal	36.73	36.73	36.55	36.55	33.73	33.73	33.55	33.55
روغن سویا Soybean oil	1.13	1.13	2.38	2.38	0.69	0.69	1.93	1.93
کلسیم کربنات Calcium carbonate	0.91	0.91	0.89	0.89	1.01	1.01	0.99	0.99
دی کلسیم فسفات Di-calcium phosphate	1.64	1.64	1.50	1.50	1.51	1.51	1.38	1.38
نمک Salt	0.25	0.25	0.18	0.18	0.25	0.25	0.18	0.18
سدیم بیکربنات Sodium bicarbonate	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
مکمل معدنی ویتامینه ^۳ Mineral-vitamine-premix ³	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
دی ال متیونین DL-methionine	0.31	0.31	0.33	0.33	0.35	0.35	0.36	0.36
لیزین هیدروکلراید LysineHydrochloride	0.15	0.15	0.18	0.18	0.33	0.33	0.26	0.26
کولین کلراید Choline chloride	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
ترکیب شیمیایی Chemical composition								
انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری بر کیلوگرم) Metabolizable energy (kcal/kg)	2950	2950	2950	2950	2950	2950	2950	2950
پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)	20	20	20	20	20	20	20	20
لیزین (درصد) Lysine (%)	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18
متیونین + سیستئین (درصد) Met + Cys (%)	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
ترئونین (درصد) Threonine (%)	0.69	0.69	0.67	0.67	0.66	0.66	0.64	0.64
تریئوفان (درصد) Tryptophan (%)	0.24	0.24	0.23	0.23	0.22	0.22	0.22	0.22
کلسیم (درصد) Calcium (%)	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
فسفر (درصد) Phosphorus (%)	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
تفاوت کاتیون و آنیون جیره (میلی‌اکی‌والان بر کیلوگرم) Dietary Cation Anion Difference (meq/kg)	243.51	243.51	257.48	257.48	226.70	226.70	240.67	240.67

^۱ پودر آب پنیر مصرفی به‌ازای هر کیلوگرم شامل: ۱۰ درصد پروتئین خام، ۰/۷ درصد کلسیم، ۰/۵ درصد فسفر، ۹ درصد خاکستر، ۱/۵ درصد چربی، ۷ درصد رطوبت، ۲۰ گرم در کیلوگرم سدیم، ۱۵ گرم در کیلوگرم کلر، ۱۵ گرم در کیلوگرم پتاسیم، ۱/۲ گرم در کیلوگرم منیزیم و ۲۲۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم انرژی قابل سوخت‌وساز بود.

^۲ گلوتن ذرت مصرفی به‌ازای هر کیلوگرم جیره حاوی ۴۰ درصد پروتئین خام و ۳۱۰۰ کیلوکالری انرژی قابل سوخت‌وساز می‌باشد.

^۳ مکمل معدنی به‌ازای هر کیلوگرم جیره شامل: ۳۹۶۸۰ میلی‌گرم منگنز، ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم آهن، ۳۳۸۸۰ میلی‌گرم روی، ۴۰۰۰ میلی‌گرم مس، ۳۹۶ میلی‌گرم ید و ۸۰ میلی‌گرم سلنیوم می‌باشد.

^۴ پرمیکس ویتامینی به‌ازای هر کیلوگرم جیره شامل: ۳۶۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۸۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D₃، ۱۴۴۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین E، ۷۰۰ میلی‌گرم ویتامین B₁، ۲۶۴۰ میلی‌گرم ویتامین B₂، ۳۹۲۰ میلی‌گرم ویتامین B₃، ۱۱۷۶ میلی‌گرم ویتامین B₆، ۴۰۰ میلی‌گرم ویتامین B₉، ۶ میلی‌گرم ویتامین B₁₂، ۴۰ میلی‌گرم ویتامین B₇ و ۴۰۰ میلی‌گرم آنتی‌اکسیدان تأمین شده است.

¹ Whey powder per kg of diet 10% crude protein, 0.7% calcium, 0.5% phosphorus, 1.5% fat, 7% moisture, 20 g sodium, 15 g chlorine, 15 g potassium, 1.2 g magnesium, 2200 kcal metabolizable energy.

² Corn gluten per kg of diet 40% crude protein and 3100 kcal metabolizable energy.

³ Mineral supplement per kilogram of diet contains: Manganese: 39680 mg, Iron: 20000 mg, Zinc: 33880 mg, Copper: 4000 mg, Iodine: 396 mg and Selenium: 80 mg.

³ Vitamin premix per kg of diet 3600000 IU of vitamin A, 800000 IU vitamin D₃, 14400 IU vitamin E, 700 mg vitamin B₁, 2640 mg vitamin B₂, 3920 mg vitamin B₃, 1176 mg vitamin B₆, 400 mg vitamin B₉, 6 mg vitamin B₁₂, 40 mg vitamin B₇ and 400 mg antioxidants.

جدول ۳- مواد تشکیل دهنده و ترکیب شیمیایی جیره های آزمایشی جوجه های گوشتی سویه آراین در دوره پایانی (۲۵ تا ۴۵ روزگی)

Table 3- Ingredients and chemical composition of experimental diets for Arian strain broiler chickens in the final period +(25 to 45 days)

تیمار۸	تیمار۷	تیمار۶	تیمار۵	تیمار۴	تیمار۳	تیمار۲	تیمار۱	اقلام خوراکی
Treatment8	Treatment7	Treatment6	Treatment5	Treatment4	Treatment3	Treatment2	Treatment1	Ingredients
+	-	+	-	+	-	+	-	تراکم جمعیت
6	6	0	0	6	6	0	0	Stock density
6	6	0	0	6	6	0	0	پودر آب پنیر ^۱
3	3	3	3	0	0	0	0	Whey powder ¹
3	3	3	3	0	0	0	0	گلو تن ذرت ^۲
56.97	56.97	63.86	63.86	56.60	56.60	63.49	63.49	Corn gluten ²
56.97	56.97	63.86	63.86	56.60	56.60	63.49	63.49	ذرت
27.55	27.55	27.74	27.74	30.56	30.56	30.74	30.74	Corn
2.28	2.28	1.03	1.03	2.73	2.73	1.48	1.48	کنجاله سویا
2.28	2.28	1.03	1.03	2.73	2.73	1.48	1.48	Soybean meal
0.99	0.99	1.01	1.01	0.89	0.89	0.91	0.91	روغن سویا
0.99	0.99	1.01	1.01	0.89	0.89	0.91	0.91	Soybean oil
1.43	1.43	1.56	1.56	1.56	1.56	1.69	1.69	کلسیم کربنات
1.43	1.43	1.56	1.56	1.56	1.56	1.69	1.69	Calcium carbonate
0.18	0.18	0.25	0.25	0.18	0.18	0.25	0.25	دی کلسیم فسفات
0.18	0.18	0.25	0.25	0.18	0.18	0.25	0.25	Di-calcium phosphate
0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	نمک
0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	Salt
0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	سدیم بیکربنات
0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	Sodium bicarbonate
0.41	0.41	0.38	0.38	0.38	0.38	0.36	0.36	مکمل معدنی ویتامینه ^۳
0.41	0.41	0.38	0.38	0.38	0.38	0.36	0.36	Mineral-vitamine-premix ³
0.52	0.52	0.42	0.42	0.35	0.35	0.33	0.33	دی آل متیونین
0.52	0.52	0.42	0.42	0.35	0.35	0.33	0.33	DL-Methionine
0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	لیزین هیدروکلراید
0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	Lysine- Hydrochloride
0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	کولین کلراید
0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	Choline chloride
ترکیب شیمیایی								
Chemical composition								
3025	3025	3025	3025	3025	3025	3025	3025	انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری بر کیلوگرم)
18	18	18	18	18	18	18	18	Metabolizable energy (kcal/kg)
1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	پروتئین خام (درصد)
1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	Crude protein (%)
0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	لیزین (درصد)
0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	Lysine (%)
0.56	0.56	0.58	0.58	0.60	0.60	0.62	0.62	متیونین + سیستئین (درصد)
0.56	0.56	0.58	0.58	0.60	0.60	0.62	0.62	Met + Cys (%)
0.18	0.18	0.19	0.19	0.20	0.20	0.21	0.21	ترئونین (درصد)
0.18	0.18	0.19	0.19	0.20	0.20	0.21	0.21	Threonine (%)
0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	تریپتوفان (درصد)
0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	Tryptophan (%)
0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	کلسیم (درصد)
0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	Calcium (%)
0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	فسفر (درصد)
0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	Phosphorus (%)
204.40	204.40	190.45	190.45	221.21	221.21	207.25	207.25	تعداد کاتیون و آنیون جیره (میلی کیوالان بر کیلوگرم)
204.40	204.40	190.45	190.45	221.21	221.21	207.25	207.25	Dietary Cation Anion Difference (meq/kg)

^۱ پودر آب پنیر مصرفی به ازای هر کیلوگرم شامل: ۱۰ درصد پروتئین خام، ۰/۷ درصد کلسیم، ۰/۵ درصد فسفر، ۹ درصد خاکستر، ۱/۵ درصد چربی، ۷ درصد رطوبت، ۲۰ گرم در کیلوگرم سدیم، ۱۵ گرم در کیلوگرم کلر، ۱۵ گرم در کیلوگرم پتاسیم، ۱/۲ گرم در کیلوگرم منیزیم و ۲۲۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم انرژی قابل سوخت و ساز بود.

^۲ گلو تن ذرت مصرفی به ازای هر کیلوگرم جیره حاوی ۴۰ درصد پروتئین خام و ۳۱۰۰ کیلوکالری انرژی قابل سوخت و ساز می باشد.

^۳ مکمل معدنی به ازای هر کیلوگرم جیره شامل: ۳۹۶۸۰ میلی گرم منگنز، ۲۰۰۰۰ میلی گرم آهن، ۳۳۸۸۰ میلی گرم روی، ۴۰۰۰ میلی گرم مس، ۳۹۶ میلی گرم ید و ۸۰ میلی گرم سلنیوم می باشد.

^۴ پرمیکس ویتامینی به ازای هر کیلوگرم جیره شامل: ۳۶۰۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین A، ۸۰۰۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین D₃، ۱۴۴۰۰ واحد بین المللی ویتامین E، ۷۰۰ میلی گرم ویتامین B₁، ۲۶۴۰ میلی گرم ویتامین B₂، ۳۹۲۰ میلی گرم ویتامین B₃، ۱۱۷۶ میلی گرم ویتامین B₆، ۴۰۰ میلی گرم ویتامین B₉، ۶ میلی گرم ویتامین B₁₂، ۴۰ میلی گرم ویتامین B₇ و ۴۰۰ میلی گرم آنتی اکسیدان تامین شده است.

^۱ Whey powder per kgr of diet 10% crude protein, 0.7% calcium, 0.5% phosphorus, 1.5% fat, 7% moisture, 20 gr sodium, 15 gr chlorine, 15 gr potassium, 1.2 gr magnesium, 2200 kcal metabolizable energy.

^۲ Corn gluten per kg of diet 40% crude protein and 3100 kcal metabolizable energy.

^۳ Mineral supplement per kilogram of diet contains: Manganese: 39680 mg, Iron: 20000 mg, Zinc: 33880 mg, Copper: 4000 mg, Iodine: 396 mg and Selenium: 80 mg.

^۴ Vitamin premix per kg of diet 3600000 IU of vitamin A, 800000 IU vitamin D₃, 14400 IU vitamin E, 700 mg vitamin B₁, 2640 mg vitamin B₂, 3920 mg vitamin B₃, 1176 mg vitamin B₆, 400 mg vitamin B₉, 6 mg vitamin B₁₂, 40 mg vitamin B₇ and 400 mg antioxidants.

مصرف خوراک نسبت به شاهد شد ($P < 0/05$)؛ اما اثر اصلی گلوتن ذرت، تأثیری بر مصرف خوراک نداشت ($P > 0/05$). اثرات اصلی پودر آب‌پنیر، گلوتن ذرت و تراکم جمعیت در کل دوره، به‌طور معنی‌داری وزن بدن جوجه‌ها و میانگین افزایش وزن بدن را افزایش و ضریب‌تبدیل خوراک را کاهش داد ($P < 0/05$). اثرات متقابل تیمارهای آزمایشی بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی نیز در جدول ۵ ارائه شده است. اثر متقابل پودر آب‌پنیر و تراکم جمعیت به‌طور معنی‌داری باعث افزایش مصرف خوراک نسبت به شاهد شد ($P < 0/05$). به‌طوری‌که استفاده از ۶ درصد پودر آب‌پنیر، در شرایط تراکم معمولی و تراکم بالا نسبت به شاهد، مصرف خوراک بیشتری را نشان داد. برهم‌کنش پودر آب‌پنیر، گلوتن ذرت و تراکم جمعیت در کل دوره به‌صورت معنی‌داری مصرف خوراک را در جوجه‌های گوشتی نسبت به شاهد افزایش داد، به‌طوری‌که بیشترین مصرف خوراک مربوط به تیمار حاوی ۶ درصد پودر آب‌پنیر، ۳ درصد گلوتن ذرت و ۱۷ قطعه جوجه در هر مترمربع بود ($P < 0/05$). سایر شاخص‌های عملکردی شامل ضریب‌تبدیل خوراک، میانگین افزایش وزن بدن، وزن نهایی بدن و شاخص کارایی تولید اروپایی تحت تأثیر اثرات متقابل تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت، اما به‌صورت عددی نسبت به شاهد بهبود نشان داد ($P > 0/05$).

با توجه به ارزش بیولوژیکی و کیفیت بالای پروتئین‌های پودر آب‌پنیر، وجود ترکیبات زیست‌فعال و خاصیت پری‌بیوتیکی آن، نقش مهمی در سلامت و عملکرد پرند خواهد داشت. این پروتئین‌ها ارزش بیولوژیکی بالایی (عدد ۱۰۴) دارد که می‌تواند عملکرد پرند را تحت تأثیر قرار دهد (Pineda-Quiroga et al., 2018) از طرفی، گلوتن ذرت نیز یک منبع مهم پروتئین و انرژی بوده که به‌ویژه از لحاظ کمیت می‌تواند جایگزین بخشی از کنجاله سویا با توجه به قیمت بالای آن شود و بنابراین قرار گرفتن پودر آب‌پنیر (غنی از لیزین، ترئونین و کیفیت بالای پروتئین) در کنار گلوتن ذرت (غنی از اسیدهای آمینه گوگرددار متیونین، سیستئین و کمیت بالای پروتئین و انرژی) می‌تواند اثرات هم‌افزایی خوبی را در پی داشته باشد و در نهایت استفاده از اسیدهای آمینه ضروری را در جیره کاهش دهند، همچنین پودر آب‌پنیر و گلوتن ذرت از محصولات جانبی هستند که می‌توانند جایگزین بخشی از منابع پروتئین (سویا) و منابع انرژی (ذرت) جیره شوند. همان‌طور که اشاره شد، پودر آب‌پنیر دارای ترکیبات پروتئینی متعددی مانند بتالاکتوگلوبولین، آلفالاکتالبومین و ایمنوگلوبولین‌ها می‌باشد که می‌تواند سبب کاهش تنش اکسیداتیو و تقویت سامانه ایمنی گردد (Patel, 2015)، مطابق با نتایج پژوهش حاضر به نظر می‌رسد که پودر آب‌پنیر سبب کاهش اثرات ناشی از تنش تراکم نیز گردیده است. همچنین همان‌طور که اشاره شد،

جیره‌های غذایی مورد استفاده برای دوره‌های آغازین، رشد و پایانی، برپایه ذرت و سویا و با استفاده از جداول نیازمندی‌های غذایی سویه آرین، با استفاده از نرم‌افزار UFFDA فرموله شدند (Arian, 2020). Broiler Breeding Guide, 2020 در پایان هر هفته، جوجه‌های هر تکرار به‌صورت گروهی و پس از دو ساعت محرومیت از خوراک، با ترازوی دیجیتال با دقت ± 10 گرم توزین شدند. خوراک مصرفی و افزایش وزن به‌صورت هفتگی ثبت گردید و ضریب‌تبدیل خوراک، با استفاده از داده‌های افزایش وزن و خوراک مصرفی محاسبه شد. تلفات به‌صورت روزانه جمع‌آوری و توزین شدند. برای ارزیابی فراسنجه‌های خونی، نمونه خون دو قطعه پرند از هر تکرار، در هنگام کشتار، از طریق رگ گردن گرفته شد و در دستگاه سانتیفریوژ مدل یونیورسال ساخت شرکت پارس آزمایش ایران با دور ۳۰۰۰ در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه قرار گرفت. سرم حاصل به آزمایشگاه ارسال شد و با استفاده از دستگاه اتوآنالایزر بیوشیمی (بایوتکنیکا مدل BT3000 Plus ریفربیشد، ساخت ایتالیا) و کیت‌های شرکت پارس‌آزمون، مورد آنالیز قرار گرفتند.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS (Statistical Analysis Systems Institute, 2004) انجام شد. میانگین تیمارها با استفاده از آزمون توکی-کرامر در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر مقایسه گردید. مدل آماری مورد استفاده به‌صورت معادله ۱ بود.

$$Y_{ijk} = \mu + W_i + G_j + (W \times G)_{ij} + e_{ijk} \quad (1)$$

که در آن، Y_{ijk} : صفات مورد مطالعه جوجه‌های گوشتی، μ : میانگین کل صفت، W_i : اثر پودر آب‌پنیر، G_j : اثر گلوتن ذرت، $(W \times G)_{ij}$: اثر متقابل پودر آب‌پنیر و گلوتن ذرت و e_{ijk} : اثر خطای آزمایشی می‌باشد.

در جدول ۱، مواد تشکیل‌دهنده و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی جوجه‌های گوشتی سویه آرین در دوره آغازین (۱ تا ۱۴ روزگی) آورده شده است.

در جدول ۲، مواد تشکیل‌دهنده و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی جوجه‌های گوشتی سویه آرین در دوره رشد (۱۵ تا ۲۴ روزگی) آورده شده است.

در جدول ۳، مواد تشکیل‌دهنده و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی جوجه‌های گوشتی سویه آرین در دوره پایانی (۲۵ تا ۴۵ روزگی) آورده شده است.

نتایج و بحث

اثرات اصلی تیمارهای آزمایشی بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی سویه آرین در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج نشان داد که اثر اصلی پودر آب‌پنیر و تراکم جمعیت به‌طور معنی‌داری باعث افزایش

پروتئین‌های آب‌پنیر به دلیل دارا بودن سطوح بالایی از اسیدهای آمینه شاخه‌دار (لوسین، ایزولوسین، والین)، سیستمین و پپتیدهای فعال زیستی، از ارزش بیولوژیکی بالاتری نسبت به کنجاله سویا برخوردارند و می‌توانند عملکرد پرنده را به شکل محسوسی تحت تأثیر قرار دهد (Smithers, 2015; Pineda-Quiroga et al., 2018). پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد. پژوهش‌های قبلی از بهبود عملکرد رشد در نتیجه افزودن پودر آب‌پنیر به جیره طیور حمایت کرده‌اند (Momtazan et al., 2011) که با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد. این بهبود عملکرد می‌تواند به علت بهبود رشد میکروویلی‌های روده در جوجه‌های گوشتی باشد (Long et al., 2018). پژوهش‌ها نشان داده‌اند که پودر آب‌پنیر می‌تواند با افزایش بیان پروتئین‌های اتصال‌دهنده سلولی مانند کلا‌دین-۱، اوکلودین و غیره، عملکرد سد روده‌ای، افزایش رشد میکروویلی‌ها و تنظیم میکروبیوم روده، به بهبود سلامت گوارش کمک کند (Dulantha et al., 2022) که این موضوع سبب افزایش سطح جذب مواد مغذی شده و استفاده مؤثر از مواد مغذی را افزایش می‌دهد (Gulsen et al., 2002). همچنین پودر آب‌پنیر، با داشتن ارزش بیولوژیکی بالا، ترکیبات زیست‌فعال و خاصیت پری‌بیوتیکی، نقش مؤثری در بهبود سلامت روده و عملکرد سیستم ایمنی دارد (Pineda-Quiroga et al., 2018). لاکتوز، ماده اصلی آب‌پنیر بوده که به عنوان پری‌بیوتیک عمل می‌کند، زیرا به وسیله پرنده نمی‌تواند هضم شود، اما توسط میکروب‌های روده‌ای تخمیر می‌شود (Molnar et al., 2018). لاکتوز به عنوان یک سوبسترا جهت تخمیر از طریق باکتری‌های اسیدلاکتیک روده‌ای عمل می‌کند و pH مواد هضمی روده‌ای تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Corrier et al., 1990). بنابراین لاکتوز، جذب مواد مغذی را افزایش داده و می‌تواند سبب بهبود عملکرد پرنده شود که این نتیجه با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد. افزایش مصرف خوراک در اثر مصرف پودر آب‌پنیر احتمالاً به دلیل بهبود هضم و جذب مواد مغذی ناشی از ترکیبات زیست‌فعال آب‌پنیر است (Patel, 2015). افزودن پودر آب‌پنیر و افزایش تراکم جمعیت به‌طور معنی‌داری مصرف خوراک جوجه‌های گوشتی سویه آرین را افزایش داد. این موضوع می‌تواند نشان‌دهنده تأثیر مثبت پودر آب‌پنیر بر تحریک اشتها و همچنین واکنش جوجه‌ها به شرایط تراکم مختلف باشد. از سوی دیگر، گلوتن ذرت تأثیر قابل توجهی بر مصرف خوراک نداشت که ممکن است به دلیل خصوصیات تغذیه‌ای یا قابلیت هضم این ماده در جوجه‌ها باشد. گلوتن ذرت یک منبع مهم پروتئین و انرژی بوده که به‌ویژه از لحاظ کمیت می‌تواند جایگزین بخشی از کنجاله سویا شود؛ علاوه بر این، اثرات متقابل بین پودر آب‌پنیر و تراکم جمعیت، مصرف خوراک را به شکل معنی‌داری افزایش داد، به‌طوری‌که استفاده از ۶ درصد پودر آب‌پنیر در هر دو سطح تراکم، مصرف خوراک بالاتری نسبت به شاهد به همراه داشت. همچنین برهم‌کنش سه‌گانه پودر آب‌پنیر، گلوتن

ذرت و تراکم جمعیت، بیشترین میزان مصرف خوراک را ایجاد کرد که نشان‌دهنده نقش مهم ترکیبی این عوامل در تنظیم رفتار تغذیه‌ای جوجه‌ها است. باین‌حال، تعامل معنی‌داری بین پودر آب‌پنیر، گلوتن ذرت و تراکم بالا در افزایش وزن و ضریب‌تبدیل خوراک مشاهده نشد، که نشان می‌دهد اثر هر کدام مستقل از دیگری است. ولی ترکیب شش درصد پودر آب‌پنیر و سه درصد گلوتن ذرت با تراکم ۱۷ قطعه جوجه در مترمربع، از لحاظ عددی، بالاترین وزن زنده، بیشترین مصرف خوراک و کمترین ضریب‌تبدیل خوراک را نشان داد، این موضوع می‌تواند بیانگر اثر هم‌افزایی احتمالی ترکیب پودر آب‌پنیر و گلوتن ذرت در جیره جوجه‌های گوشتی آرین در شرایط متراکم پرورش، بر بهبود شاخص رشد باشد. به نظر می‌رسد که استفاده همزمان از پودر آب‌پنیر که غنی از لیزین، ترئونین (Mehri et al., 2004) و کیفیت بالای پروتئین (Gregory et al., 1999) و گلوتن ذرت (غنی از اسیدهای آمینه گوگرددار متیونین، سیستمین و کمیت بالای پروتئین و انرژی) در شرایط تراکم بالا، می‌تواند یک جیره متعادل با انرژی و پروتئین کافی و با کیفیت فراهم کند. با وجود اینکه سایر شاخص‌های عملکردی مانند ضریب‌تبدیل خوراک، میانگین افزایش وزن و وزن نهایی تحت تأثیر اثرات متقابل قرار نگرفتند، بهبود عددی آن‌ها نسبت به شاهد نویدبخش بهبودهای عملکردی است، که می‌تواند در شرایط عملیاتی اهمیت داشته باشد. به نظر می‌رسد که استفاده همزمان از پودر آب‌پنیر و گلوتن ذرت در تراکم‌های مختلف، می‌تواند به عنوان یک راهبرد مؤثر برای ارتقای رشد و بهره‌وری جوجه‌های گوشتی مورد توجه قرار گیرد. پژوهشگران معتقدند که با افزایش تراکم گله، دمای محیط پرنده افزایش می‌یابد و قرار گرفتن پرنده در محیط‌های با دمای زیاد، کاهش مصرف خورک را به دنبال دارد (Zhang et al., 2013). فیدز و همکاران (Feddes et al., 2002) با استفاده از چهار سطح تراکم گزارش کردند که افزایش تراکم تأثیر معنی‌داری بر خوراک مصرفی جوجه‌های گوشتی ندارد. ترکیباتی مثل پروبیوتیک‌ها و پودر آب‌پنیر می‌توانند با بهبود هضم و جذب مواد مغذی موجب افزایش مصرف خوراک شوند که البته شرایط پرورش جوجه‌ها و دوز مصرفی آن‌ها بر نتایج به‌دست‌آمده می‌تواند تأثیرگذار باشد (Dastar et al., 2008). هوشمند و همکاران (Houshmand et al., 2012) بیان کردند که تفاوت معنی‌داری، در افزایش وزن روزانه جوجه‌های پرورش‌یافته در تراکم‌های مختلف وجود ندارد. در مطالعات دیگری گزارش شده است که تراکم تأثیر معنی‌داری بر ضریب‌تبدیل خوراک نداشت (Vargas-Rodriguez et al., 2013) که با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی ندارد.

جدول ۴- اثرات اصلی پودر آب پنیر، گلوتن ذرت و تراکم بر عملکرد جوجه‌های گوشتی سویه آری

Table 4- Main effects of whey powder, corn gluten and density on the performance of arian strain broiler chickens

اثرات	میانگین خوراک مصرفی (گرم/پرند/دوره)	ضریب تبدیل خوراکی	میانگین وزن نهایی (گرم/پرند/دوره)	میانگین افزایش وزن (گرم/پرند/دوره)
Effects	Average feed intake (g/period/bird)	Feed conversion ratio	Average final weight (g/period/bird)	Average weight gain (g/period/bird)
پودر آب پنیر				
Whey powder				
صفر درصد پودر				
آب پنیر				
0% whey powder	4167.50 ^b	1.99 ^a	2149.45 ^b	2105.45 ^b
شش درصد پودر				
آب پنیر				
6% whey powder	4229.00 ^a	1.77 ^b	2439.75 ^a	2395.75 ^a
اشتباه معیار				
میانگین				
SEM	10.668	0.030	34.499	34.499
سطح معنی‌داری				
P-value	0.0003	0.0001	0.0001	0.0001
گلوتن ذرت				
Corn gluten				
صفر درصد گلوتن				
ذرت				
0% corn gluten	4194.00	1.95 ^a	2213.60 ^b	2169.60 ^b
سه درصد گلوتن				
ذرت				
3% corn gluten	4202.50	1.81 ^b	2375.60 ^a	2331.60 ^a
اشتباه معیار				
میانگین				
SEM	10.668	0.040	34.499	34.499
سطح معنی‌داری				
P-value	0.557	0.002	0.002	0.002
تراکم جمعیت				
Stock density				
سیزده پرند در متر				
مربع				
13 bird/m ²	4171.25 ^b	1.92 ^a	2232.70 ^b	2188.70 ^b
هفده پرند در متر				
مربع				
17 bird/m ²	4225.25 ^a	1.83 ^b	2356.50 ^a	2312.50 ^a
اشتباه معیار				
میانگین				
SEM	10.668	0.030	34.499	34.499
سطح معنی‌داری				
P-value	0.0001	0.042	0.016	0.016

^{a-c} حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار ($P < 0.05$) است.

^{a-c} Means within the same column indicated by different letters are significantly different ($p < 0.05$)

جدول ۵- اثرات متقابل پودر آب پنیر، گلوتن ذرت و تراکم بر عملکرد جوجه‌های گوشتی سویه آرین
Table 5- The Interaction effects of whey powder, corn gluten and stock density on the performance of Arian strain broiler chickens

اثرات متقابل	میانگین مصرفی (گرم/پرند/دوره) Average feed intake (g/period/bird)	ضریب تبدیل خوراکی Feed conversion ratio	میانگین وزن نهایی (گرم/پرند/دوره) Average Final Weight (g/period/bird)	میانگین افزایش وزن (گرم/پرند/دوره) Average weight gain (g/period/bird)	شاخص کارایی تولید اروپایی European production efficiency factor
Interaction effects					
پودر آب پنیر و گلوتن ذرت					
Whey powder and corn gluten					
صفر درصد پودر آب پنیر و صفر درصد گلوتن					
ذرت					
0% whey powder and 0% corn gluten	4175.00	2.09	2046.60	2002.60	217.40
صفر درصد پودر آب پنیر و سه درصد گلوتن ذرت					
0% whey powder and 3% corn gluten	4160.00	1.89	2252.30	2208.30	292.80
شش درصد پودر آب پنیر و صفر درصد گلوتن					
ذرت					
6% whey powder and 0% corn gluten	4213.00	1.80	2380.60	2336.60	265.80
شش درصد پودر آب پنیر و سه درصد گلوتن					
ذرت					
6% whey powder and 3% corn gluten	4245.00	1.73	2498.90	2454.90	320.30
آشپناه معیار میانگین	15.088	0.043	48.790	48.790	11.623
SEM					
سطح معنی داری	0.129	0.129	0.377	0.377	0.375
P-value					
گلوتن ذرت و تراکم جمعیت					
Corn gluten and stock density					
صفر درصد گلوتن ذرت و ۱۳ پرند در متر مربع					
0% corn gluten and 13 bird/m ²	4169.50	2.00	2149.90	2105.90	241.30
صفر درصد گلوتن ذرت و ۱۷ پرند در متر مربع					
0% corn gluten and 17 bird/m ²	4218.50	1.90	2277.30	2233.30	268.90
سه درصد گلوتن ذرت و ۱۳ پرند در متر مربع					
3% corn gluten and 13 bird/m ²	4173.00	1.85	2315.50	2271.50	280.20

سه درصد گلوئن ذرت و ۱۷ پرند در متر مربع 3% corn gluten and 17 bird/m ²	4232.00	1.77	2435.70	2391.70	305.90
آشپاش معیار میانگین SEM	15.088	0.043	48.790	48.790	11.623
سطح معنی داری P-value	0.742	0.835	0.941	0.941	0.389
پودر آبپنیر و تراکم جمعیت Whey powder and stock density					
صفر درصد پودر آبپنیر و ۱۳ پرند در متر مربع 0% whey powder and 13 bird/m ²	4105.50 ^b	2.05	2051.60	2007.60	223.20
صفر درصد پودر آبپنیر و ۱۷ پرند در متر مربع 0% whey powder and 17 bird/m ²	4229.50 ^a	1.93	2247.30	2203.30	298.30
شش درصد پودر آبپنیر و ۱۳ پرند در متر مربع 6% whey powder and 13 bird/m ²	4237.00 ^a	1.80	2413.80	2369.80	260.00
شش درصد پودر آبپنیر و ۱۷ پرند در متر مربع 6% whey powder and 17 bird/m ²	4221.00 ^a	1.74	2465.70	2421.70	314.80
آشپاش معیار میانگین SEM	15.088	0.043	48.790	48.790	11.623
سطح معنی داری P-value	0.0001	0.448	0.150	0.150	0.935
پودر آبپنیر، گلوئن ذرت و تراکم جمعیت Whey powder, corn gluten and stock density					
صفر پودر آبپنیر، صفر گلوئن ذرت و ۱۳ پرند در متر مربع 0% whey powder, 0% corn gluten and 13 bird/m ²	4094.00 ^c	2.14	1961.80	1917.80	203.80
صفر پودر آبپنیر، صفر گلوئن ذرت و ۱۷ پرند در متر مربع 0% whey powder, 0% corn gluten and 17 bird/m ²	4256.00 ^a	2.05	2131.40	2087.40	231.00
شش پودر آبپنیر، صفر گلوئن ذرت و ۱۳ پرند در متر مربع 6% whey powder, 0% corn gluten and 13 bird/m ²	4245.00 ^a	1.86	2338.00	2294.00	278.80

شش پودر آب پنیر، صفر گلو تن ذرت و ۱۷ پرنده در متر مربع	4181.00 ^{abc}	1.75	2423.20	2379.20	306.80
6% whey powder, 0% corn gluten and 17 bird/m ²					
صفر پودر آب پنیر، سه گلو تن ذرت و ۱۳ پرنده در متر مربع	4117.00 ^{bc}	1.96	2141.40	2097.40	242.60
0% whey powder, 3% corn gluten and 13 bird/m ²					
صفر پودر آب پنیر، سه گلو تن ذرت و ۱۷ پرنده در متر مربع	4203.00 ^{ab}	1.81	2363.20	2319.20	289.00
0% whey powder, 3% corn gluten and 17 bird/m ²					
شش پودر آب پنیر، سه گلو تن ذرت و ۱۳ پرنده در متر مربع	4229.00 ^a	1.74	2489.60	2445.60	317.80
6% whey powder, 3% corn gluten and 13 bird/m ²					
شش پودر آب پنیر، سه گلو تن ذرت و ۱۷ پرنده در متر مربع	4261.00 ^a	1.72	2508.20	2464.20	322.80
6% whey powder, 3% corn gluten and 17 bird/m ²					
اشباه معیار میانگین SEM	21.337	0.060	68.999	68.999	16.437
سطح معنی داری P-value	0.007	0.396	0.547	0.547	0.370

^{a-c} Means within the same column indicated by different letters are significantly different (p<0.05).
حروف غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی دار (P<0.05) است.

تناقض بین نتایج آزمایش‌های مختلف، ممکن است به دلیل عوامل مختلفی مانند شرایط محیطی فراهم‌شده در سالن از قبیل دما، رطوبت، تهویه، ترکیب جیره، تعداد پرند در مترمربع، طول دوره پرورش و وزن نهایی در پاسخ پرندگان به تنش تراکم باشد. در پژوهشی که از چهار سطح تراکم (۱۰، ۱۵، ۱۷ و ۲۰ پرند در مترمربع) در پرورش جوجه گوشتی استفاده شد، پرورش ۱۰ پرند در هر مترمربع، بیشترین نرخ رشد را همراه داشت، ولی ۱۷ پرند در مترمربع بیشترین بازده اقتصادی را نشان داد (Gholami et al., 2020). شاخص کارایی تولید اروپایی، معیار بهتری برای اندازه‌گیری بازده اقتصادی جوجه‌های گوشتی است. زیرا برای محاسبه آن علاوه بر عملکرد رشد و ضریب تبدیل غذایی، تعداد روزهای پرورش و درصد تلفات نیز در نظر گرفته می‌شود. با توجه به اینکه در آزمایش حاضر تقریباً کلیه عوامل مؤثر بر میزان تلفات برای همه تیمارها یکسان بوده است، لذا اختلاف معنی‌داری نیز در این صفت بین تیمارها مشاهده نشد. شاخص کارایی تولید اروپایی در تیمار ۸ که حاوی سطح شش درصد پودر آب‌پنیر، سه درصد گلوتن ذرت و ۱۷ قطعه جوجه در مترمربع بود، بیشترین مقدار را نسبت به شاهد داشت. به‌طور کلی، یافته‌های پژوهش حاضر، بر اهمیت ترکیب مواد مغذی و مدیریت تراکم جمعیت در بهبود عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی تأکید دارد و می‌تواند راهنمایی، برای بهینه‌سازی تغذیه و شرایط پرورش در صنعت مرغداری باشد.

نتایج مربوط به اثرات اصلی پودر آب‌پنیر، گلوتن ذرت و تراکم جمعیت بر غلظت گلوکز، پروتئین کل و لیپیدهای خونی در جدول ۶ نشان داده شده است. اثر اصلی پودر آب‌پنیر و گلوتن ذرت تأثیر معنی‌داری بر شاخص‌های خونی جوجه‌های گوشتی نداشت ($P > 0/05$)، اما اثر اصلی تراکم جمعیت باعث افزایش معنی‌دار HDL خون جوجه‌های گوشتی گردید ($P < 0/05$). نتایج مربوط به اثرات متقابل پودر آب‌پنیر، گلوتن ذرت و تراکم جمعیت بر غلظت گلوکز، پروتئین کل و لیپیدهای خونی در جدول ۷ ارائه شده است. اثر متقابل گلوتن ذرت و تراکم جمعیت باعث کاهش معنی‌دار LDL خون نسبت به شاهد شد ($P < 0/05$). سایر فراسنجه‌های خونی، تحت تأثیر معنی‌دار برهم‌کنش پودر آب‌پنیر، گلوتن ذرت و تراکم جمعیت قرار نگرفت ($P > 0/05$).

یافته‌های این پژوهش نشان داد که اثرات اصلی پودر آب‌پنیر و گلوتن ذرت بر شاخص‌های خونی شامل غلظت گلوکز، پروتئین کل و لیپیدهای خون جوجه‌های گوشتی معنی‌دار نبود که می‌تواند نشان‌دهنده آن باشد که این مواد در دوزهای مورد استفاده، تأثیر مستقیمی بر شاخص‌های خونی پایه نداشته‌اند یا بدن جوجه‌ها توانسته است که تعادل مناسبی را حفظ کند. اما تراکم جمعیت به‌طور معنی‌داری باعث افزایش سطح HDL (کلسترول خوب) خون شد که

این امر می‌تواند به‌عنوان واکنشی فیزیولوژیکی نسبت به شرایط پرورش در تراکم‌های مختلف تلقی شود و نشان‌دهنده تأثیر مثبت مدیریت تراکم بر سلامت متابولیکی پرنده‌ها باشد. در بخش اثرات متقابل، برهم‌کنش گلوتن ذرت و تراکم جمعیت منجر به کاهش معنی‌دار LDL (کلسترول بد) خون نسبت به شاهد شد، که این نتیجه، اهمیت تعامل بین تغذیه و شرایط محیطی را در بهبود پروفایل لیپیدی خون نشان می‌دهد. کاهش LDL می‌تواند نقش حفاظتی در برابر بیماری‌های متابولیکی و افزایش سلامت کلی جوجه‌ها داشته باشد. با این حال، سایر شاخص‌های خونی تحت تأثیر اثرات متقابل پودر آب‌پنیر، گلوتن ذرت و تراکم جمعیت قرار نگرفتند که ممکن است به دلیل محدودیت‌های دوز یا مدت زمان تیمار باشد. به‌طور کلی، نتایج، حاکی از این است که مدیریت تراکم جمعیت، همراه با استفاده از افزودنی‌های تغذیه‌ای می‌تواند به بهبود وضعیت لیپیدی جوجه‌های گوشتی کمک کند، اما اثرات مستقیم پودر آب‌پنیر و گلوتن ذرت بر متغیرهای خونی، نیازمند بررسی‌های بیشتری است. مهری و همکاران (Mehri et al., 2004) دریافتند که پودر آب‌پنیر، اثری بر فراسنجه‌های خونی نداشته است، همچنین با بررسی نتایج حاصل از اندازه‌گیری فراسنجه‌های خونی جوجه مرغ‌های مادر گوشتی در ۴۹ روزگی مشاهده شد که اثر استفاده از سطوح مختلف پودر آب‌پنیر بر میزان غلظت کلسترول، LDL و HDL خون جوجه‌ها معنی‌دار نبود که با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد. میرفندرسکی و جهانیان (Mirfendereski & Jahanian, 2015)، افزایش سطح گلوکز خون را در مرغ‌های پرورش‌یافته در شرایط متراکم گزارش نمودند، اما شاخص‌های لیپیدی خون تحت تأثیر تراکم قرار نگرفت. با توجه به اینکه در شرایط پرورش متراکم، پرند تحت تنش قرار می‌گیرد و سامانه ایمنی آن تضعیف می‌شود، شاید بتوان مشکلات ناشی از تراکم بالا را با ایجاد تغییر در ترکیب جیره مانند افزودن پودر آب‌پنیر و گلوتن ذرت به جیره بهبود بخشید. در مطالعه بونتیم و همکاران (Boontiam et al., 2019)، تراکم بالای بلدرچین‌ها باعث افزایش غلظت گلوکز خون شد که نشان‌دهنده این است که تراکم بالا، متابولیسم گلوکز را فعال می‌کند. مطابق با نتایج پژوهش حاضر، حسن آبادی و پوررابری (Hasanabadi & Porabri, 2009) از سه سطح تراکم ۱۳، ۱۶ و ۱۹ پرند در مترمربع استفاده کردند و نتایج حاصل نشان داد که افزایش تراکم گله هیچ تأثیر معنی‌داری بر غلظت کلسترول خون در بین تیمارهای مختلف نداشت. همچنین در پژوهشی دیگر، افزایش تراکم (۱۴، ۱۶ و ۱۸ پرند در هر مترمربع) بر شاخص‌های خونی جوجه‌های گوشتی تأثیر نداشت (Dozier et al., 2005). تغذیه پرندگان با پودر آب‌پنیر، میزان غلظت کلسترول، HDL و LDL را در مقایسه با شاهد کاهش داد (Fallah, 2016).

جدول ۶- اثرات اصلی پودر آب پنیر، گلوتن ذرت و تراکم جمعیت بر فراسنجه‌های خونی جوجه‌های گوشتی سویه آریان

Table 6- Main effects of whey powder, corn gluten and stock density on blood parameters of Arian strain broiler chickens

اثرات	کلسترول (میلی گرم بر دسی لیتر) CHOL (mg/dl)	پروتئین کل (گرم بر دسی لیتر) TP (g/dl)	لیپوپروتئین با چگالی بالا (میلی گرم بر دسی لیتر) HDL (mg/dl)	لیپوپروتئین با چگالی پایین (میلی گرم بر دسی لیتر) LDL (mg/dl)	تری گلیسرید (میلی گرم بر دسی لیتر) TG (mg/dl)	گلوکز (گرم بر دسی لیتر) GLU (g/dl)
پودر آب پنیر Whey powder						
صفر درصد پودر آب پنیر 0% whey powder	130.75	4.10	56.10	51.00	90.70	123.30
شش درصد پودر آب پنیر 6% whey powder	133.00	4.08	58.65	50.30	88.30	125.45
میانگین SEM	2.96	0.133	2.136	2.225	2.388	3.023
سطح معنی‌داری P-value	0.59	0.895	0.405	0.825	0.482	0.618
گلوتن ذرت Corn gluten						
صفر درصد گلوتن ذرت 0% corn gluten	133.20	4.02	59.136	49.70	90.60	124.35
سه درصد گلوتن ذرت 3% corn gluten	130.55	4.16	55.60	51.60	88.40	124.40
میانگین SEM	2.96	0.133	2.136	2.225	2.388	3.022
سطح معنی‌داری P-value	0.53	0.481	0.248	0.550	0.519	0.990
تراکم جمعیت Stock density						
سیزده پرنده در متر مربع 13 bird/m ²	129.00	4.13	53.00 ^b	52.85	90.85	124.35
هفده پرنده در متر مربع 17 bird/m ²	134.75	4.05	61.75 ^a	48.45	88.15	124.40
میانگین SEM	2.96	0.133	2.136	2.225	2.388	3.022
سطح معنی‌داری P-value	0.17	0.656	0.006	0.171	0.430	0.990

^{a-c} حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار ($P < 0.05$) است.

^{a-c} Means within the same column indicated by different letters are significantly different ($p < 0.05$).

جدول ۷- اثرات متقابل پودر آب پنیر، گلوتن ذرت و تراکم جمعیت بر فراسنجه‌های خونی جوجه‌های گوشتی سویه آری

Table 7- The interaction effects of whey powder, corn gluten and stock density on blood parameters of Arian strain broiler chickens

اثرات متقابل	کلسترول (میلی گرم بر دسی لیتر)	پروتئین کل (گرم بر دسی لیتر)	لیپوپروتئین با چگالی بالا (میلی گرم بر دسی لیتر)	لیپوپروتئین با چگالی پایین (میلی گرم بر دسی لیتر)	تری گلیسرید (میلی گرم بر دسی لیتر)	گلوتر (میلی گرم بر دسی لیتر)
Interaction effects	CHOL (mg/dl)	TP (g/dl)	HDL (mg/dl)	LDL (mg/dl)	TG (mg/dl)	GLU (mg/dl)
پودر آب پنیر و گلوتن ذرت						
Whey powder and corn gluten						
صفر درصد پودر آب پنیر و صفر درصد گلوتن ذرت						
0% whey powder and 0% corn gluten	133.20	3.99	56.80	51.20	92.20	122.500
صفر درصد پودر آب پنیر و سه درصد گلوتن ذرت						
0% whey powder and 3% corn gluten	128.30	4.22	55.40	50.80	89.20	124.100
شش درصد پودر آب پنیر و صفر درصد گلوتن ذرت						
6% whey powder and 0% corn gluten	133.20	4.06	61.50	48.20	89.00	126.200
شش درصد پودر آب پنیر و سه درصد گلوتن ذرت						
6% whey powder and 3% corn gluten	132.80	4.10	55.80	52.40	87.60	124.700
استنباط معیار میانگین SEM	4.190	0.189	3.021	3.147	3.378	4.273
سطح معنی‌داری P-value	0.59	0.619	0.481	0.470	0.814	0.719
گلوتن ذرت و تراکم جمعیت						
Corn gluten and stock density						
صفر درصد گلوتن ذرت و سیزده پرنده در متر مربع						
0% corn gluten and 13 bird/m ²	129.00	4.25	50.60	57.00 ^a	91.70	123.500
صفر درصد گلوتن ذرت و هفده پرنده در متر مربع						
0% corn gluten and 17 bird/m ²	132.50	3.96	61.60	45.00 ^b	89.70	123.100
سه درصد گلوتن ذرت و سیزده پرنده در متر مربع						
3% corn gluten and 13 bird/m ²	129.00	4.02	55.40	48.70 ^{ab}	90.00	125.200
سه درصد گلوتن ذرت و هفده پرنده در متر مربع						
3% corn gluten and 17 bird/m ²	137.00	4.14	61.90	51.90 ^{ab}	86.60	125.700
استنباط معیار میانگین SEM	4.190	0.189	3.021	3.147	3.378	4.273
سطح معنی‌داری P-value	0.59	0.287	0.462	0.021	0.837	0.916
پودر آب پنیر و تراکم جمعیت						
Whey powder and flock density						
صفر درصد پودر آب پنیر و سیزده پرنده در متر مربع						
0% whey powder and 13 bird/m ²	126.40	4.04	53.10	49.40	92.40	122.100
صفر درصد پودر آب پنیر و هفده پرنده در متر مربع						
0% whey powder and 17 bird/m ²	140.00	4.01	65.20	50.00	88.80	126.600
شش درصد پودر آب پنیر و سیزده پرنده در متر مربع						
6% whey powder and 13 bird/m ²	131.60	4.23	52.90	56.30	89.50	126.600
شش درصد پودر آب پنیر و هفده پرنده در متر مربع						
6% whey powder and 17 bird/m ²	129.50	4.09	58.30	46.90	87.50	122.200
استنباط معیار میانگین SEM	4.190	0.189	3.021	3.147	3.378	4.273
سطح معنی‌داری P-value	0.07	0.773	0.275	0.122	0.791	0.305

پودر آب‌پنیر و گلوتن ذرت و تراکم جمعیت						
Whey powder and corn gluten and stock density						
صفر درصد پودر آب‌پنیر، صفر درصد گلوتن						
ذرت و سبزه پرند در متر مربع						
0% whey powder and 0% corn gluten and 13 bird/m ²	130.00	4.12	50.00	55.20	94.20	120.40
صفر درصد پودر آب‌پنیر، صفر درصد گلوتن						
ذرت و هفده پرند در متر مربع						
0% whey powder and 0% corn gluten and 17 bird/m ²	136.40	3.86	63.60	47.20	90.20	124.60
شش درصد پودر آب‌پنیر، صفر درصد گلوتن						
ذرت و سبزه پرند در متر مربع						
6% whey powder and 0% corn gluten and 13 bird/m ²	122.80	3.96	56.20	43.60	90.60	123.80
شش درصد پودر آب‌پنیر، صفر درصد گلوتن						
ذرت و هفده پرند در متر مربع						
6% whey powder and 0% corn gluten and 17 bird/m ²	143.60	4.16	66.80	52.80	87.40	128.60
صفر درصد پودر آب‌پنیر، سه درصد گلوتن						
ذرت و سبزه پرند در متر مربع						
0% whey powder and 3% corn gluten and 13 bird/m ²	128.00	4.38	51.20	58.80	89.20	126.60
صفر درصد پودر آب‌پنیر، سه درصد گلوتن						
ذرت و هفده پرند در متر مربع						
0% whey powder and 3% corn gluten and 17 bird/m ²	128.00	4.06	59.60	42.80	89.20	121.60
شش درصد پودر آب‌پنیر، سه درصد گلوتن						
ذرت و سبزه پرند در متر مربع						
6% whey powder and 3% corn gluten and 13 bird/m ²	135.20	4.08	54.60	53.80	89.40	126.60
شش درصد پودر آب‌پنیر، سه درصد گلوتن						
ذرت و هفده پرند در متر مربع						
6% whey powder and 3% corn gluten and 17 bird/m ²	130.40	4.12	57.00	57.00	58.80	122.80
شش درصد پودر آب‌پنیر، سه درصد گلوتن						
SEM	5.925	0.267	0.273	4.451	4.777	6.044
سطح معنی‌داری						
P-value	0.24	0.895	0.805	0.752	0.746	0.972

^{a-c} حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار ($P < 0.05$) است.

^{a-c} Means within the same column indicated by different letters are significantly different ($p < 0.05$).

باشد. به‌ویژه، پودر آب‌پنیر و تراکم گله به‌طور معنی‌داری مصرف خوراک و شاخص‌های رشد را بهبود بخشیدند، درحالی‌که ترکیب گلوتن ذرت با تراکم گله باعث کاهش سطح LDL خون شد که می‌تواند نشان‌دهنده ارتقای سلامت متابولیکی باشد. نتایج کلی حاکی از این است که تنظیم همزمان ترکیب تغذیه‌ای و شرایط محیطی می‌تواند به بهبود بهره‌وری و سلامت جوجه‌های گوشتی کمک کند. این یافته‌ها می‌تواند راهنمای مناسبی برای بهینه‌سازی روش‌های تغذیه و پرورش در صنعت مرغداری باشد. به‌طورکلی، یافته‌های این پژوهش نشان داد که استفاده از سطوح شش درصد پودر آب‌پنیر و سه درصد گلوتن ذرت، در شرایط تراکم ۱۷ قطعه در مترمربع می‌تواند باعث بهبود عملکرد جوجه‌های گوشتی سویه آرین شود.

پژوهشگران بیان کردند که ریزجانداران موجود در دستگاه گوارش، می‌توانند کلسترول موجود در روده را مورد متابولیسم قرار دهند، در نتیجه، سطح جذب مقدار کلسترول کاهش می‌یابد (Taherpour et al., 2009). این یافته‌ها نشان می‌دهد که تنظیم بهینه تراکم جمعیت و انتخاب مواد افزودنی تغذیه‌ای می‌تواند به‌عنوان ابزاری مؤثر برای بهبود سلامت متابولیکی و عملکرد عمومی جوجه‌های گوشتی مورد استفاده قرار گیرد که این امر، به اهمیت توجه به تعاملات بین عوامل محیطی و تغذیه‌ای در پرورش طیور تأکید می‌کند.

نتیجه‌گیری کلی

پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از پودر آب‌پنیر و گلوتن ذرت همراه با مدیریت متراکم گله می‌تواند تأثیرات مثبتی بر عملکرد رشد و برخی شاخص‌های متابولیکی جوجه‌های گوشتی سویه آرین داشته

References

- Aghaei, A., Tabatebaei, S., Chaji, M., & Nazari, M. (2010). Effect of dried whey prebiotics and probiotics in laying hens performance and intestinal flora. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9, 1996-2000.
- Arian Broiler Breeding Guide, Arian Line Chicken Training, Research and Development Working Group, National Committee for the Revival of Arian Line Chicken, (December 2020). (in Persian)
- Boontiam, W., Sangsoponjit, S., & Klompanya, A. (2019). Effects of dietary crude protein level and stocking density on growth performance, nutrient retention, blood profiles, and carcass weight of growing-meat quails. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 9(4), 755-762.
- Corrier, D., Hinton, A., Ziprin, R., & De Loach, J. (1990). Effect of dietary lactose on Salmonella colonization of market-age broiler chickens. *Avian Disease*, 34, 668-676. <https://doi.org/10.2307/1591262>
- Costa, H. D. A., Vaz, R. G. M. V., Silva, M. C. D., Rodrigues, K. F., Sousa, L. F., Bezerra, L. D. S., & Oliveira, M. F. D. (2020). Performance and meat quality of broilers chicken reared on two different litter materials and at two stocking densities. *British Poultry Science*, 62(3), 396-403. <https://doi.org/10.1080/00071668.2020.1864810>
- Dastar, B., Khaksefidi, A., & Mostafalo, Y. (2008). The effect of tepax probiotic and protein level on broilers performance. *Journal of Science and Technology of Agricultural and Natural Resources*, 12, 449-459. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.24763594.1387.12.43.38.1>
- Dozier, W. A., Thaxton, J. P., Branton, S. L., Morgan, G. W., Miles, D.M., Roush, W., Lott, B., & Vizzier-Thaxton, Y. (2005). Stocking density effects on growth performance and processing yields of heavy broilers. *Poultry Science*, 84(8), 1332-1338. <https://doi.org/10.1093/ps/84.8.1332>
- Dulantha, U. J., Aane, M., Katharine, A., Rod, C., & Rachel, C. A. (2022). A bioactive bovine whey protein extract improves intestinal barrier function *in vitro*. *Short Communication Dairy Foods*, 3, 387-392. <https://doi.org/10.3168/jdsc.2022-0245>
- Fallah, R. (2016). Productive performance, carcass trait and blood parameters of broiler chickens fed different levels of dried whey and protexin probiotic. *International Journal of Basic Sciences and Applied Research*, 5(4), 240-247.
- Feddes, J. J., Emmanuel, E. J., & Zuidhof, M. J. (2002). Broiler performance, body weight variance, feed and water intake, and carcass quality at different stocking densities. *Poultry Science*, 81(6), 774-779. <https://doi.org/10.1093/ps/81.6.774>
- Gholami, M., Chamani, M., Seidavi, A., Sadeghi, A. A., & Aminafshar, M. (2020). Effects of stocking density and environmental conditions on performance, immunity, carcase characteristics, blood constituents, and economical parameters of cobb 500 strain broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*, 19(1), 524-535. <https://doi.org/10.1080/1828051x.2020.1757522>
- Gregory, D., Judith, K., & Lois, D. (1999). Handbook of Dairy Foods and Nutrition, Second Ed. p. 31. Boca Raton, USA.
- Gulsen, N., Coskun, B., Umucalilar, H. D., Inal, F., & Boydak M. (2002). Effect of lactose and dried whey supplementation on growth performance and histology of the immune system in broilers. *Archive of Animal Nutrition*, 56, 131-139. <https://doi.org/10.1080/00039420214186>
- Hasanabadi, A., & Poorabri, M. M. (2009). Studying the effect of Stock density on performance, some blood metabolites and carcass indices of male broiler chickens. *Animal Science Research (Agriculture Science)*, 19(1), 137-155. (In Persian)
- Houshmand, M., Azhar, K., Zulkifli, I., Bejo, M., & Kamyab, A. (2012). Effects of prebiotic, protein level, and stocking density on performance, immunity, and stress indicators of broilers. *Poultry Science*, 91(2), 393-401. <https://doi.org/10.3382/ps.2010-01050>
- Kermanshahi, H., & Rostami, H., (2006). Influence of supplemental dried whey on broiler performance and cecal flora. *International Journal of Poultry Science*, 5(6), 538-543. <https://doi.org/10.3923/ijps.2006.538.543>
- Kim, E. J., Utterback, P. L., & Parsons, C. M. (2012). Comparison of amino acid digestibility coefficients for corn, corn gluten meal, and corn distillers dried grains with soluble among 3 different bioassays. *Poultry Science*, 91, 3141-3147. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02418>
- Li-Chan, E. C. Y., & Samaranayaka, A. G. P. (2011). Food-derived peptidic antioxidants: A review of their production, assessment, and potential application. *Journal of Functional Foods*, 3, 229-254. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2011.05.006>
- Long, S. F., Xu, Y. T., Pan, L., Wang, C. L., Wu, Y. Y., Han, Y. M., Yun, C. H., & Piao, X. S. (2018). Mixed organic acids as antibiotic substitutes improve performance serum immunity, intestinal morphology and microbiota for weaned piglets. *Animal Feed Science Technology*, 235, 23-32. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.08.018>
- Loy, D. D., & Lundy, E. L. (2019). Nutritional Properties and Feeding Value of Corn and Its Coproducts in Corn. AACC International Press. Iowa State University, USA, p. 633-659. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811971-6.00023-1>
- Mehri, M., Zareshahne, A., & Sami, A. H. (2004). Effects of using whey powder on broiler performance. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 4, 35, 1007-1013. (in Persian).
- Mirfendereski, E., & Jahanian, R. (2015). Effects of dietary organic chromium and vitamin C supplementation on

performance, immune responses, blood metabolites, and stress status of laying hens subjected to high stocking density. *Poultry Science*, 94, 281-288. <https://doi.org/10.3382/ps/peu074>

Molnar, A., Dublec, F., Pal, L., Wagner, L., Hess, C., Hess, M., Husveth, F., & Dublec, K. (2018). Soluble nondigestible carbohydrates improve intestinal function and increase cecal coliform load in broiler chickens. *Journal of Animal Physiology and Nutrition*, 102, 1615-1624. <https://doi.org/10.1111/jpn.12985>

Momtazan, R., Moravej, H., Zagahy, M., & Bahmani, M. (2011). Synchronic use of multi-enzyme and probiotic on performance of broilers with wheat and barley based diet. *Veterinary Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*, 93, 19-32. (in Persian).

Patel, I. (2015). Emerging trends in nutraceutical application of whey protein and its derivatives. *Journal of Food Science Technology*, 52, 6847-6858. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1894-0>

Pineda-Quiroga, C., Camarinha-Silva, A., Borda-Molina, D., Atxaerandio, R., Riz, R., & Garcia-Rodriguez, A. (2018). Feeding broilers with dry whey powder and whey protein concentrate affected productive performance, ileal digestibility of nutrients and cecal microbiota community. *Animal Science Journal*, 12, 692-700. <https://doi.org/10.1017/s1751731117002208>

Saleh, A. A., Amber, K. A., & Abudabos, A. M. (2019). Effect of feeding different levels of corn gluten meal on the growth performance, carcass traits and blood chemistry of broiler chickens. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 103(1), 186-193.

Shariat, J., & Pourreza Faghani, M. (2014). Effect of inclusion of different levels of liquid corn gluten on performance, carcass characteristics and blood parameters of broiler chickens. *International Journal of Development Research*, 4(12), 2722-2726.

Smithers, G. W. (2015). Whey-ing up the options- Yesterday, today and tomorrow. *International Dairy Journal*, 48, 2-14. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2015.01.011>

Smitizis, P., Kalogeraki, E. M., Goliomytis, M., Charismiadou, M., Triantaphyllopoulos, K., Ayoutanti, A., Niforou, K., Hager-Theodorides, A., & Deigeorgis, S. (2012). Impact of stocking density on broiler growth performance, meat characteristics, behavioural components and indicators of physiological and oxidative stress. *British Poultry Science*, 53(6), 721-730. <https://doi.org/10.1080/00071668.2012.745930>

Statistical Analysis Systems Institute (SAS). (2004). SAS version 9.4. SAS Institute Inc., Cary. NC. USA.

Taherpour, K., Moravej, H., Shivazad, M., adibmoradi, M., & Yakhchali, B. (2009). Effect of dietary probiotic, prebiotic and butyric acid glycerides on performance and serum composition in broiler chickens. *African Journal of Biotechnology*, 8(10), 2329-2334.

Vargas-Rodriguez, L., Duran-Melendez, L., Garcia-Masias, J., Arcos-Garcia, J., Joaquin-Torres, B., & Ruelas-Inzunza, M. (2013). Effect of probiotic and population density on the growth performance and carcass characteristics in broiler chickens. *International Journal of Poultry Science*, 12(7), 390-395. <https://doi.org/10.3923/ijps.2013.390.395>

Verspecht, A., Vanhonacher, F., Varbeke, W., Zoons, J., & Van Huylenbroech, G. (2011). Economic impact of decreasing stocking densities in broiler production in Belgium. *Poultry Science*, 90(8), 1844-1851. <https://doi.org/10.3382/ps.2010-01277>

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