

نشریه علمی پژوهشهای علوم دامی ایران

جلد ۱۸ شماره ۲
سال ۱۴۰۵

شماره پیاپی: ۶۶
شاپا ۳۱۰۶-۲۰۰۸

عنوان مقالات

تغذیه نشخوارکنندگان

تأثیر سطوح مختلف پسماندهای خانگی در جیره بر عملکرد، قابلیت هضم مواد مغذی، فراسنجه‌های خونی و شکمبه‌ای
بره‌های پرواری ۱۷۱
یداله جاشنی‌دل، صادق پورنادری، عیسی دماوندی، مازیار مجدزاده

ارزیابی تأثیر مدیریت تلفیقی بیوجار و منابع کودی مختلف بر عملکرد و شاخص‌های کیفی ذرت (*Zea mays* L.) علوفه‌ای ۱۸۷
سید جلیل داوربناه، پرویز رضوانی مقدم، سرور خرم‌دل، مهدی نصیری محلاتی، جعفر نیانی

اثر منابع فیبر غیرعلوفه‌ای در جیره استارت بر عملکرد، تخمیر شکمبه‌ای و فراسنجه‌های خونی گوساله‌های ماده هلشتاین ۲۰۷
مسلم باشتی، عبدالرسول ملائوروزی، عباسعلی ناصریان، همایون فرهنگ‌فر، تیم رادین

تغذیه طیور

پیبود عملکرد رشد، تعادل میکروبی و سلامت دستگاه گوارش جوجه‌های گوشتی با مصرف مکمل سایتوگارد ۲۱۹
ساره حجی‌آبادی، مهرداد موجد نسب، جواد کاظم صلال‌الجورانی، بهمن اوتق، امیر اصغری باغخیرانی، مهدی الهی، عبدالله جمشیدی،
جمشید رزمیار، محمد هادی سخاوتی

بررسی تأثیر روش‌های مختلف تخمیر سبوس گندم و سبوس برنج بر عملکرد و قابلیت هضم مواد مغذی جوجه‌های گوشتی ۲۳۹
فاطمه ایمانی‌زاد، سیمه سالاری، حسین معتمدی

اثرات سطوح مختلف عصاره اتانولی بره‌موم و پروبیوتیک بر عملکرد، پاسخ ایمنی، میکروفلور روده و وضعیت

آنتی‌اکسیدانی جوجه‌های گوشتی ۲۵۷
علی اصغر نیکوکار، احسان صالحی‌فر، سعید سبحانی‌راد

اثر پودر آب‌بنیر و کلوتن ذرت، بر عملکرد و فراسنجه‌های خونی جوجه‌های گوشتی سویه آرین پرورش‌یافته، در

تراکم متفاوت گله ۲۷۱
حسن عزیزآبادی، سید محمد حسینی، محمدحسن فتحی‌نسری، زهرا تهامی

اثر سطوح مختلف عصاره آبی و الکلی نسترن (*Rosa canina*) بر عملکرد، فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم، وضعیت

آنتی‌اکسیدانی و پاسخ ایمنی جوجه‌های گوشتی ۲۹۱
اردشیر بخشی، نظر افضلی، سید محمد حسینی، حسین نعیمی پور یونسی، فاطمه گنجی

فیزیولوژی

اثر تزریق سطوح مختلف ویتامین B کمپلکس پیش از جفت‌گیری بر عملکرد تولیدمثلی میش‌های افشاری ۳۰۷
شهلا خدایاری، محمد شمس‌الهی، فرشید فتاح‌نیا، جبار جمالی، شهناز یوسفی‌زاده

شیلات

اثر جایگزینی پودر ماهی با کنجاله تخمیری کنجد در جیره بر عملکرد رشد و شاخص‌های بیوشیمیایی و ایمنی خون

ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) ۳۱۹
علی عبود، رضا ولی‌زاده، امید صفری

نشریه علمی

پژوهشهای علوم دامی ایران

با شماره پروانه ۳۶۵۵ در تاریخ ۸۷/۸/۱۹ از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی و درجه علمی-پژوهشی به شماره ۳/۳۱۴۹ در تاریخ ۸۹/۴/۳۰ از وزارت علوم تحقیقات و فناوری (از جلد ۱ سال ۱۳۸۸)

بر اساس مصوبه وزارت عتف از سال ۱۳۹۸، کلیه نشریات دارای درجه "علمی-پژوهشی" به نشریه "علمی" تغییر نام یافتند.

جلد ۱۸ شماره ۲ تابستان ۱۴۰۵

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه فردوسی مشهد

مدیر مسئول: دکتر حسن نصیری مقدم

سرمدبیر: دکتر رضا ولی زاده

اعضای هیئت تحریریه:

دکتر رضا ولی زاده	استاد تغذیه نشخوارکنندگان	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر محسن دانش مسگران	استاد تغذیه نشخوارکنندگان	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر مرتضی چاجی	استاد تغذیه نشخوارکنندگان	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
دکتر حسن علی عربی	استاد تغذیه نشخوارکنندگان	دانشگاه بوعلی سینا- همدان
دکتر جمال سیف دواتی	استاد تغذیه نشخوارکنندگان	دانشگاه محقق اردبیلی
دکتر حسن نصیری مقدم	استاد تغذیه طیور	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر ابوالقاسم گلیان	استاد تغذیه طیور	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر حسین جانمحمدی	استاد تغذیه طیور	دانشگاه تبریز
دکتر فریبرز خواجهلی	استاد تغذیه طیور	دانشگاه شهرکرد
دکتر احمد حسن آبادی	استاد تغذیه طیور	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر بهروز دستار	استاد تغذیه طیور	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
دکتر نصراله پیرانی	دانشیار ژنتیک و اصلاح نژاد	دانشگاه شهرکرد
دکتر محمدرضا نصیری	استاد ژنتیک و اصلاح نژاد	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر مجتبی طهمورث پور	استاد ژنتیک و اصلاح نژاد	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر سعید زره داران	استاد ژنتیک و اصلاح نژاد	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر علی جوادمنش	استاد ژنتیک و اصلاح نژاد	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر عباس پاکدل	استاد ژنتیک و اصلاح نژاد	دانشگاه صنعتی اصفهان
دکتر حسن دوستی	استاد ریاضیات و آمار	دانشگاه مکواری، استرالیا
دکتر مهدی سرگلزایی	دانشیار ژنتیک	دانشگاه گوئلف، کانادا

نشانی: مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، دبیرخانه نشریات علمی، دفتر نشریه پژوهشهای

علوم دامی ایران. صندوق پستی ۹۱۷۷۵-۱۱۶۳

نمابر: ۰۵۱-۳۸۷۸۷۴۳۰

پست الکترونیکی: ijasr@ferdowsi.um.ac.ir

مقالات این شماره در سایت <https://ijasr.um.ac.ir> به صورت مقاله کامل نمایه شده است.

این نشریه در پایگاه های زیر نمایه می شود:

DOAJ, CABI, Google Scholar, AGRIS, Internet Archive, Ebsco, Europub

پایگاه استادی جهان اسلام (ISC)، بانک اطلاعات نشریات کشور (MAGIRAN)

این نشریه به صورت فصلنامه (چهار شماره در سال) منتشر می شود.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مندرجات

- تغذیه نشخوارکنندگان
تأثیر سطوح مختلف پسماندهای خانگی در جیره بر عملکرد، قابلیت هضم مواد مغذی، فراسنجه‌های خونی و شکمبه‌ای برده‌های پرواری
یداله چاشنی‌دل، صادق پورنادری، عیسی دماوندی، مازیار مجدزاده
۱۷۱
- ارزیابی تأثیر مدیریت تلفیقی بیوجار و منابع کودی مختلف بر عملکرد و شاخص‌های کیفی ذرت (*Zea mays* L.) علوفه‌ای
سید جلیل داورپناه، پرویز رضوانی مقدم، سرور خرم‌دل، مهدی نصیری محلاتی، جعفر نباتی
۱۸۷
- اثر منابع فیبر غیرعلوفه‌ای در جیره استارتر بر عملکرد، تخمیر شکمبه‌ای و فراسنجه‌های خونی گوساله‌های ماده هلشتاین
مسلم باشتنی، عبدالرسول ملانوروزی، عباسعلی ناصریان، همایون فرهنگ‌فر، تیم رادین
۲۰۷
- تغذیه طیور
بهبود عملکرد رشد، تعادل میکروبی و سلامت دستگاه گوارش جوجه‌های گوشتی با مصرف مکمل سایتوگارد
ساره حجی‌آبادی، مهرداد موحدنسب، جواد کاظم صلال‌الجورانی، بهمن اوتق، امیر اصغری باغخیراتی، مهدی الهی، عبدالله جمشیدی، جمشید رزمیار، محمد هادی سخاوتی
۲۱۹
- بررسی تأثیر روش‌های مختلف تخمیر سبوس گندم و سبوس برنج بر عملکرد و قابلیت هضم مواد مغذی جوجه‌های گوشتی
فاطمه ایمانی‌نژاد، سمیه سالاری، حسین معتمدی
۲۳۹
- اثرات سطوح مختلف عصاره اتانولی برده‌موم و پروبیوتیک بر عملکرد، پاسخ ایمنی، میکروفلور روده و وضعیت آنتی‌اکسیدانی جوجه‌های گوشتی
علی اصغر نیکوکار، احسان صالحی‌فر، سعید سبحانی‌راد
۲۵۷
- اثر پودر آب‌پنیر و گلوتن ذرت، بر عملکرد و فراسنجه‌های خونی جوجه‌های گوشتی سوبه آراین پرورش‌یافته، در تراکم متفاوت گله
حسن عزیزآبادی، سید محمد حسینی، محمدحسن فتحی‌نسری، زهرا تهامی
۲۷۱
- اثر سطوح مختلف عصاره آبی و الکلی نسترن (*Rosa canina*) بر عملکرد، فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم، وضعیت آنتی‌اکسیدانی و پاسخ ایمنی جوجه‌های گوشتی
اردشیر بخشی، نظر افضلی، سید محمد حسینی، حسین نعیمی پور یونسی، فاطمه گنجی
۲۹۱
- فیز یولوژی
اثر تزریق سطوح مختلف ویتامین B کمپلکس پیش از جفت‌گیری بر عملکرد تولیدمثلی میش‌های افشاری
شهلا خداپاری، محمد شمس‌الهی، فرشید فتاح‌نیا، جبار جمالی، شهناز یوسفی‌زاده
۳۰۷
- شیلات
اثر جایگزینی پودر ماهی با کنجاله تخمیری کنجد در جیره بر عملکرد رشد و شاخص‌های بیوشیمیایی و ایمنی خون ماهی قرزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)
علی عبود، رضا ولی‌زاده، امید صفری
۳۱۹

Research Article

Vol. 18, No.2, 2026, p. 169-184



The Effect of Different Levels of Household Waste in the Diet on Performance, Nutrient Digestibility, Blood Metabolites and Rumen Parameters of Fattening Lambs

Yadollah Chashnidel^{1*}, Sadegh pournaderi¹, isa Damavandi², Maziar Majdzadeh¹

1- Faculty of Animal Science, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

2- Parto Gostaran Sanat Damavand Company, Iran

*Corresponding Author's Email: y.chashnidel@sanru.ac.ir**How to cite this article:**

Received: 27-10-2025

Revised: 28-11-2025

Accepted: 01-12-2025

Available Online: 22-06-2026

Chashnidel, Y., pournaderi, S., Damavandi, I., & Majdzadeh, M. (2026). The Effect of different levels of household waste in the diet on performance, nutrient digestibility, blood parameters and rumen parameters of fattening lambs. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 18(2), 169-184. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/IJASR.2025.94998.1269>

Introduction: Large quantities of household food waste have the potential to be used as livestock feed, thereby supporting sustainable food production systems. Numerous studies have documented the effects of food waste on animal performance; however, due to regional variations in the composition of household food waste, its nutritional impacts must be evaluated under specific local conditions. This study was conducted to investigate the nutritional effects of household waste in northern Iran on fattening performance, apparent nutrient digestibility, rumen fermentation characteristics, and blood parameters in crossbred male Zel lambs.

Materials and Methods: Twenty crossbred male lambs (3–4 months old; mean body weight 25 ± 1.5 kg) were randomly assigned to a completely randomized design with four treatments and five replicates per treatment for 70 days. The treatments consisted of dietary inclusion levels of household food waste at 0, 20, 40, and 60%. The total mixed ration (TMR) was formulated using SRNS software. The ratio of forage to concentrate on experimental diets was 30:70, and different levels of household food waste replaced edible items in the concentrate part of the diet. Household food waste, which was a mixture of pasta, rice, legumes, eggs, fruit peels, chicken bones, mixed salad and various vegetables, was collected by school students. Daily food waste samples were analyzed to determine chemical compositions during the collection period. Given that chemical composition varied daily, their averages were used to formulate the diet. The lambs were fed individually and had free access to clean water throughout the period. Dry matter intake (DMI), average daily gain (ADG), and feed conversion ratio (FCR) were recorded. To determine the concentration of blood parameters (glucose, triglyceride, cholesterol, blood urea nitrogen and total protein), blood sampling was performed once at the end of the experimental period, one hour before the morning feeding. Rumen fluid sampling was performed in the last week of the experimental period, 3 hours after morning feed consumption using an esophageal catheter, and rumen volatile fatty acids (VFAs: acetic acid, propionic acid, butyric acid, valeric acid and isovaleric acid) were measured. Nutrient digestibility was determined by the acid-insoluble ash method. Data was analyzed using the GLM procedure of SAS software (version 9.1). Treatment means were compared using Duncan's multiple range test at a significance level of $P < 0.05$.

Results and Discussion: The chemical composition analysis of household food waste showed that the



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.2025.94998.1269>

average dry matter content was 89.4%. The mean crude protein (CP), ether extract (EE), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), ash, and non-fiber carbohydrates (NFC) were 19.56, 11.91, 25.96, 17.75, 11.43, and 27.14% of dry matter, respectively. With increasing level of food waste in the diet, final body weight decreased ($P < 0.0001$), dry matter intake ($P = 0.0004$) and feed conversion ratio ($P < 0.0001$) increased significantly. Also, with increasing level of household food waste in the diet, the apparent digestibility of dry matter ($P = 0.0020$), organic matter ($P = 0.0006$), and ether extract ($P = 0.0001$) decreased significantly compared to the control group. In contrast, increasing the dietary level of household food waste significantly increased the digestibility of neutral detergent fiber ($P < 0.0001$) and acid detergent fiber ($P = 0.0030$) compared with the control group. Concentrations of glucose, blood urea nitrogen, total protein and triglycerides were not affected by the treatments. Higher levels of food waste increased serum cholesterol concentration ($P = 0.0020$). Dietary inclusion levels of 40 and 60 % household food waste significantly decreased ruminal pH ($P = 0.0470$) and increased total volatile fatty acids ($P = 0.0249$) and total protozoa populations ($P = 0.0070$). Also, the 60% dietary inclusion level of household waste caused a significant increase in isovaleric acid in the rumen fluid ($P = 0.0024$).

Conclusion: The results showed that with increasing household food waste inclusion level, WG and FCR up to a level of 20% were like the control, but higher levels were associated with a significant decrease in WG (with significant linear and quadratic effects, $P < 0.05$) and an increase in feed intake. These results indicate that excessive amounts of household waste in the diet can lead to negative consequences, while moderate levels may have benefits. Among the evaluated blood parameters, only cholesterol showed significant linear and quadratic increases, while the other parameters were not affected, indicating the metabolic safety of the animals at the recommended inclusion levels. Economic analysis showed that partially replacing conventional feed ingredients with household food waste reduced feed costs per lamb. Therefore, the use of household food waste up to 20% of the diet, as a cheap and sustainable source, can be considered safe and economical, while maintaining the performance and health of fattening lambs, but higher levels require caution in dietary formulation.

Keywords: Blood metabolites, Digestibility, Household waste, Performance, Rumen parameter

تأثیر سطوح مختلف پسماندهای خانگی در جیره بر عملکرد، قابلیت هضم مواد مغذی، فراسنجه‌های خونی و شکمبه‌ای بره‌های پرواری

یداله چاشنی دل^{۱*}، صادق پورنادری^۱، عیسی دماوندی^۲، مازیار مجدزاده^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۱۰

چکیده

با توجه به ارزش تغذیه‌ای پسماندهای غذایی خانگی و نیز تنوع آن در هر منطقه، بررسی اثرات مصرف این منابع خوراکی در تغذیه دام ضروری به نظر می‌رسد. این پژوهش به منظور بررسی اثرات تغذیه‌ای پسماندهای خانگی در شمال ایران بر عملکرد پروار، قابلیت هضم، فراسنجه‌های خونی و شکمبه‌ای بره‌های آمیخته زل با استفاده از ۲۰ رأس بره نر به مدت ۷۰ روز در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار و پنج تکرار انجام شد. جیره‌های آزمایشی با نسبت علوفه به کنسانتره ۳۰ به ۷۰ تنظیم گردید و سطوح مختلف پسماند غذایی خانگی (صفر، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد جیره) جایگزین اقلام خوراکی در بخش کنسانتره شد. نتایج نشان داد که با افزایش درصد پسماند غذایی جیره (۴۰ و ۶۰ درصد)، وزن بدن به طور معنی‌داری کاهش، مصرف خوراک و ضریب تبدیل خوراک به طور معنی‌داری افزایش یافت. همچنین با افزایش درصد پسماند در جیره، قابلیت هضم ظاهری ماده خشک، ماده آلی و عصاره اتری به طور معنی‌داری کاهش و قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خشی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی افزایش یافت. سطوح بالاتر پسماند غذایی بدون تأثیر معنی‌دار بر سایر فراسنجه‌های خونی سبب افزایش کلسترول خون شد. همچنین سطوح بالاتر پسماندهای خانگی با کاهش pH و افزایش معنی‌دار اسیدهای چرب فرار کل و اسید ایزووالریک در محیط در شکمبه همراه بود. با توجه به نتایج این پژوهش، گنجانیدن پسماند غذایی خانگی تا ۲۰ درصد جیره بدون تأثیر منفی بر عملکرد دام، فراسنجه‌های خونی و شکمبه‌ای برای تغذیه بره‌های پرواری توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پسماند خانگی، عملکرد، فراسنجه‌های خونی، فراسنجه‌های شکمبه‌ای، قابلیت هضم

مقدمه

به طور مؤثری پسماند غذا را به خوراک ایمن و کافی برای حیوانات تبدیل کنند، فرصت‌های زیادی برای استفاده از آن در تغذیه دام فراهم می‌شود (Nakaishi & Takayabu, 2022). مطالعات نشان داده‌اند که استفاده از پسماند غذا به عنوان خوراک دام، تأثیرگذارترین مسیر روبه‌جلو را فراهم می‌کند، زیرا غیررقابتی و مبتنی بر منابع محلی است و با کاهش اثرات زیست‌محیطی همراه است (Dou et al., 2018; Saleemdeen et al., 2017).

پسماند غذایی مورد استفاده در مطالعات به طور گسترده‌ای از نظر نوع، منبع و شکل متفاوت است. نشخوارکنندگان براساس مکان و در دسترس بودن، می‌توانند از مواد مغذی موجود در پسماند سبزیجات، میوه‌ها و پسماندهای سفره استفاده کنند (Beckman et al., 2023). شواهد نشان می‌دهد که پسماند غذایی رستورانی و خانگی، پتانسیل جایگزینی با مواد غذایی پروتئینی را در جیره دام دارند (Pinotti et al., 2021; Rajeh et al., 2021). تغذیه حیوانات اهلی با پسماند

پیش‌بینی می‌شود که تقاضای جهانی برای غذای حیوانی تا سال ۲۰۵۰ بین ۶۰ تا ۷۰ درصد افزایش یابد (Wang et al., 2024). این افزایش تقاضای منابع پروتئینی و به دنبال آن تأمین خوراک دام، فعالیت‌های کشاورزی را به سمت سیستم‌های پایدار و کارآمد از نظر زیست‌محیطی سوق می‌دهد (McGuire, 2015). با توجه به مقادیر پسماند غذایی که به طور مداوم در جوامع شهری به طور فزاینده تولید می‌شود (Wang et al., 2024) و فن‌آوری‌های فعلی که می‌توانند

۱- دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

۲- شرکت پرتوگستران صنعت دماوند، ایران

*- نویسنده مسئول: (Email: yhashnidel2002@yahoo.com)
<https://doi.org/10.22067/IJASR.2025.94998.1269>

حجم زیاد این پسماندها، مدیریت بهینه آن علاوه بر حفظ محیط زیست می‌تواند منجر به امنیت غذایی نیز شود (Cheraghi & Almasiyeh, 2019). ژاپن و کره جنوبی در بازیافت پسماند غذا به خوراک دام پیشرو بوده‌اند، جایی که ۶۰ درصد از زباله‌های غذایی شهری روزانه به خوراک دام هدایت می‌شود (Nguyen et al., 2017). فرصتی برای گنجاندن بیشتر پسماند غذایی در جیره دام در ایران نیز وجود دارد. برخی پژوهش‌های انجام‌شده در ایران با روش‌های حیوان زنده، کیسه‌های نایلونی و تکنیک تولید گاز نشان دادند که پسماند رستوران و پسماند میوه و سبزیجات می‌تواند در جیره نشخوارکنندگان استفاده شود (Moradi et al., 2012; TeymourNezhad et al., 2007). تعیین ارزش غذایی پسماندهای میوه و سبزیجات میادین تره‌بار در تغذیه نشخوارکنندگان نشان داد که میانگین قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی و پروتئین خام به ترتیب ۵۹/۴۳، ۷۴/۵۴ و ۶۴/۳۸ درصد، کل مواد مغذی قابل هضم ۵۲/۸ درصد و انرژی قابل هضم ۲/۴۰۱ مگا کالری در کیلوگرم است (TeymourNezhad et al., 2007). در نتیجه، تغذیه پسماند به نشخوارکنندگان می‌تواند راهی برای استفاده از فرآورده‌های جانبی غذا باشد، اما بررسی دقیق ترکیب و سطح مصرف و همچنین تأثیرات بالقوه بر تخمیر شکمبه و فراسنجه‌های خونی ضروری است. این پژوهش با هدف شناسایی منابع خوراکی جدید و ارزان قیمت محلی در تغذیه دام با بررسی اثرات سطوح مختلف پسماندهای خاکی بر عملکرد، قابلیت هضم، فراسنجه‌های خونی و شکمبه‌ای بره‌های پرواری انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش از بهمن ۱۴۰۱ تا فروردین ۱۴۰۲ در ایستگاه تحقیقات دامپروری گروه علوم دامی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام شد. پسماند غذایی خشک‌شده خانگی، پس از برگزاری کارگاه آموزشی توسط شهرداری برای دانش‌آموزان مدارس یک ناحیه آموزش و پرورش (به‌منظور انتخاب نوع پسماند و روش‌های خشک کردن)، به مدت چهار هفته متوالی توسط دانش‌آموزان از سطح مدارس جمع‌آوری گردید. نمونه‌های پسماندهای غذایی خانگی ترکیبی از ماکارونی، برنج، حبوبات، تخم‌مرغ، پوست میوه، استخوان مرغ، سالاد و سبزی‌های مختلف بود. در طول دوره جمع‌آوری، هر روز از پسماندهای جمع‌آوری‌شده نمونه‌برداری و به آزمایشگاه منتقل شد و سپس همگن و آسیاب گردید. نمونه‌های جمع‌آوری‌شده در آزمایشگاه برای تعیین ماده خشک، پروتئین خام، چربی خام، خاکستر، لیاف نامحلول در شوینده خنثی و لیاف نامحلول در شوینده اسیدی با سه تکرار آنالیز شدند. نتایج برای محاسبه مشخصات ارزش غذایی این مخلوط خوراکی به‌عنوان پسماند غذایی خانگی در آزمایش استفاده

غذای آشپزخانه، یک روش معمول در سراسر جهان است که قبلاً توسط بسیاری از محققان مورد بررسی قرار گرفته است (Mohamed Thariq et al., 2024; Saleemdeen et al., 2017). این پسماند منبع خوبی از اسیدهای آمینه، مواد معدنی، اسیدهای چرب و ویتامین‌های ضروری برای رشد حیوانات است (Rajeh et al., 2021). منابع علمی نشان می‌دهد که پسماند مواد غذایی بر کیفیت گوشت تأثیر نمی‌گذارد، درحالی‌که برخی مطالعات پیشنهاد می‌کنند که حتی ممکن است آن را بهبود بخشد (Dou et al., 2018). در یک مطالعه که در آن منابع مختلف در امتداد زنجیره تأمین مواد غذایی از نظر ارزش غذایی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند، پسماند غذایی ارزش غذایی بیشتری نسبت به ذرت (ZEA MAYS) یا کنجاله سویا (*Glycine max*) داشتند، اما همچنین متغیرتر بودند (Fung et al., 2019). همان محققان در پژوهشی دیگر دریافتند که پسماند سوپرمارکت، غلظت انرژی بیشتری و پسماند میوه و سبزیجات، غلظت انرژی کمتری نسبت به ذرت در تغذیه خوک دارد (Fung et al., 2019). در پژوهشی نشان داده شد که پسماند غذای سالن غذاخوری دانشگاه، علی‌رغم داشتن رطوبت ۷۰ تا ۸۰ درصد، ارزش غذایی و پتانسیل گنجاندن در جیره‌های نشخوارکنندگان و تک‌مده‌ای‌ها را دارند (Beckman et al., 2023). همچنین گزارش شده است که پسماند غذایی شهری از منابع تجاری و خانگی برای تغذیه گاوها در روستا و دامداری‌ها استفاده می‌شود (Narayanan, 2019). استفاده از پسماند غذایی ممکن است مزایای سلامتی را با ترکیبات زیست‌فعال موجود در آن ارائه دهد. در مقایسه با سایر گزینه‌های بازیافت، بازچرخش زباله‌های غذایی از طریق تغذیه حیوانات، راهبردی است که بیشترین ارزش را به همراه دارد و به‌طور هم‌زمان به امنیت غذایی، تغییرات آب‌وهوا، محدودیت منابع، از دست دادن تنوع زیستی و سایر چالش‌های پایداری می‌پردازد (Nath et al., 2023). تغذیه حیوانات با پسماندهای غذایی به‌عنوان یک راهکار مؤثر در کاهش نیاز به مواد غذایی معمولی نظیر ذرت و سویا عمل می‌کند. این امر منجر به ایجاد اثرات زنجیره‌ای مثبت می‌گردد که در نهایت به صرفه‌جویی در منابعی همچون زمین، آب، سوخت و کود منجر می‌شود. علاوه بر این، این رویکرد به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، کاهش تلفات مواد مغذی و سایر مشکلات زیست‌محیطی مرتبط با آلودگی کمک می‌کند (Schuit et al., 2023; Dou et al., 2022). جالب توجه است که پسماند مواد غذایی پس از مصرف در درجه اول در مطالعاتی بر روی خوک، طیور و آبزی‌پروری استفاده شده است. مطالعات کمی در زمینه تأثیر آن در نشخوارکنندگان به دلیل نیاز به منابع بیشتری (فضا، مسکن، مدیریت و مقدار خوراک) نسبت به سایر گونه‌های جانوری وجود دارد و پژوهش‌های بیشتر در این زمینه مورد نیاز است. اگرچه نوع و مراحل تولید پسماندهای غذایی در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه تفاوت دارند، اما با توجه به

پس از مصرف خوراک صبحگاهی با استفاده از سوند مری انجام گردید. پس از صاف کردن مایع شکمبه، pH با کمک دستگاه pH متر دیجیتالی قابل حمل و نیتروژن آمونیاکی به وسیله دستگاه کج‌دال و اسیدهای چرب فرار شکمبه (استیک، پروپیونیک، بوتیریک، والریک و ایزووالریک) توسط دستگاه گاز کروماتوگرافی اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری گوارش‌پذیری مواد مغذی، از روش نمونه‌برداری رکتومی مدفوع (دو بار در روز) طی چند روز در هفته آخر انجام گردید. نمونه‌های مدفوع برای ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، چربی خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی آنالیز شد. خاکستر نامحلول در اسید نمونه‌ها به روش جوشاندن خاکستر در اسید کلریدریک دو نرمال به مدت پنج دقیقه اندازه‌گیری گردید. محتوای خاکستر نامحلول در اسید به عنوان نشانگر داخلی برای تعیین قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی استفاده شد (Van Keulen & Young, 1977).

داده‌های حاصل با رویه GLM نرم‌افزار SAS (۲۰۱۶) آنالیز آماری شد و میانگین داده‌ها براساس مدل زیر و به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح معنی‌داری پنج درصد براساس معادله ۱ تجزیه و تحلیل شد.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij} \quad (1) \text{ معادله}$$

که در آن، Y_{ij} : مقدار مشاهده تیمار i ام در تکرار j ام، μ : میانگین جمعیت، T_i : اثر تیمار i ام و e_{ij} : اثر خطای آزمایش مربوط به تیمار i ام در تکرار j ام است.

میانگین‌های صفات به دست آمده با استفاده از مقایسه‌های متعامد (خطی و غیرخطی) و در سطح معنی‌داری پنج درصد مقایسه شدند. برای برآورد اقتصادی تیمارها، کاهش هزینه خوراک در تیمارهای حاوی پسماند براساس قیمت بازار مواد اولیه در سال ۱۴۰۴ محاسبه گردید. سود حاصل از کاهش هزینه تغذیه برای هر بره روزانه و در دوره ۷۰ روزه محاسبه شد. تحلیل هزینه-سود به وسیله نرم‌افزار Excel ۲۰۲۱ انجام گردید.

نتایج و بحث

ترکیبات شیمیایی

ترکیب شیمیایی پسماند غذای خانگی در جدول ۲ ارائه شده است. مقدار مواد مغذی در پسماند جمع‌آوری شده روزهای مختلف متغیر بود. بنابراین از میانگین داده‌های حاصل از آزمایش برای تنظیم جیره استفاده شد. نتایج نشان داد که میانگین ماده خشک ۸۹/۴ درصد و میانگین پروتئین خام، چربی خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، خاکستر و کربوهیدرات‌های غیرالیافی به ترتیب، ۱۹/۵۶، ۱۱/۹۱، ۲۵/۹۶، ۱۷/۷۵، ۱۱/۴۳ و ۳۷/۱۴ درصد از ماده خشک بود.

گردید. برای بررسی تأثیر تغذیه این پسماند بر پروار دام، از تعداد ۲۰ رأس بره نر آمیخته زل با میانگین سن چهار ماه (میانگین وزن $1/5 \pm$ ۲۵ کیلوگرم) در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار و پنج تکرار به مدت ۷۰ روز استفاده شد. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱- جیره غذایی پایه بدون پسماند خانگی (شاهد)، ۲- جیره شامل ۲۰ درصد پسماند خانگی، ۳- جیره شامل ۴۰ درصد پسماند خانگی و ۴- جیره شامل ۶۰ درصد پسماند خانگی بودند. سطوح مختلف پسماند غذایی خانگی در بخش کنسانتره جیره جایگزین شد. جیره‌ها با استفاده از نرم‌افزار جیره‌نویسی SRNS تنظیم گردید و اقلام خوراکی مورد استفاده به صورت جیره کاملاً مخلوط (TMR) حاوی علوفه و کنسانتره به نسبت ۷۰:۳۰ در اختیار حیوانات مورد آزمایش قرار گرفت. ترکیبات جیره غذایی در جدول ۱ نمایش داده شده است و به منظور تعیین مقدار ترکیبات شیمیایی جیره از روش‌های استاندارد (AOAC, Van Soest et al., 1992) استفاده گردید. دوره عادت‌پذیری به مدت ۱۴ روز برای سازگاری دام‌ها با محیط باکس‌های انفرادی و جیره‌های آزمایشی انجام شد. همچنین در این دوره، میزان مصرف اختیاری خوراک (Ad libitum intake) هر دام تعیین گردید. سپس تک تک دام‌ها وزن‌کشی شده و به طور تصادفی بین تیمارها به گونه‌ای تقسیم شدند تا میانگین وزن دام‌های هر تیمار تقریباً یکسان و نزدیک هم باشند. در طول دوره آزمایش، دام‌ها هر ۱۵ روز یک بار قبل از خوراک دادن وعده صبح و با اعمال ۱۲ ساعت گرسنگی وزن‌کشی شدند تا افزایش وزن روزانه آن‌ها تعیین گردد. پس‌ماند آخور هر روز جمع‌آوری و هر ۱۵ روز یک بار وزن‌کشی شدند تا ماده خشک مصرفی مورد محاسبه قرار گیرد. ضریب تبدیل خوراک (FCR) به صورت نسبت خوراک مصرفی کل دوره به افزایش وزن زنده (Weight Gain) در کل دوره محاسبه شد. خون‌گیری در پایان دوره، یک ساعت قبل از وعده خوراک صبح از طریق ورید و داج بره‌ها انجام شد. نمونه‌ها به سرعت به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه‌گیری مایع شکمبه در هفته آخر دوره، سه ساعت پس از مصرف خوراک صبح، با استفاده از کاتتر مری انجام شد. سپس اسیدهای چرب فرار شکمبه (شامل اسید استیک، پروپیونیک، بوتیریک، والریک و ایزووالریک) اندازه‌گیری گردیدند. قابلیت هضم مواد مغذی با استفاده از روش خاکستر نامحلول در اسید (Acid-Insoluble Ash) تعیین گردید.

پس از سانتیفوژ با ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت هفت دقیقه، سرم حاصله جدا و در داخل فریزر در دمای ۲۰- درجه سلسیوس نگهداری شدند. غلظت فراسنجه‌های خونی شامل گلوکز، تری گلیسیرید، کلسترول، نیتروژن اورهای خون و پروتئین کل با کمک کیت‌های آزمایشگاه پارس آزمون به وسیله دستگاه اتوآنالایزر تعیین شدند. نمونه‌برداری از مایع شکمبه در هفته آخر دوره آزمایشی، سه ساعت

جدول ۱- مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی مواد مغذی جیره‌های آزمایشی

Table 1- Ingredients and chemical composition of the experimental diets

اقلام خوراکی Ingredient	تیمارهای آزمایشی ^۱ (درصد در جیره) Percentage in diet (%)			
	1	2	3	4
دانه جو Barley grain	21.0	14.0	7.0	2.0
دانه ذرت Corn grain	14.5	10.0	6.5	2.0
سبوس گندم Wheat bran	17.2	13.0	5.0	1.0
کنجاله سویا Soybean meal	10.5	6.5	5.5	2.0
تقاله چغندر قند Beet pulp	2.5	2.5	2.5	2.5
پسماند غذایی Household waste	0.0	20.0	40.0	60.0
کلسیم کربنات Calcium carbonate	1.0	0.8	0.5	0.0
نمک Salt	0.5	0.4	0.2	0.0
بنتونیت Bentonite	1.0	1.0	1.0	0.5
پرمیکس دامی ^۲ Livestock premix	0.7	0.7	0.7	0.7
سدیم بی کربنات Sodium bicarbonate	1.0	1.0	1.0	0.5
توکسین بایندر Toxin binder	0.1	0.1	0.1	0.1
یونجه خشک Alfalfa hay	20.0	20.0	20.0	20.0
کاه گندم Wheat straw	10.0	10.0	10.0	10.0
ترکیب شیمیایی Chemical composition	مقدار (درصد ماده خشک) Amount (% dry matter)			
انرژی قابل متابولیسم (مگا کالری در کیلوگرم ماده خشک) Metabolizable energy (Mcal/kg)	2.43	2.39	2.36	2.32
ماده خشک Dry matter (%)	93.1	93.0	92.85	92.12
پروتئین خام Crude protein	13.35	13.47	13.47	13.65
عصاره اتری Ether extract	4.98	5.01	5.10	5.89
الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber	43.33	42.33	38.33	38.66
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber	29.04	29.70	30.01	30.24
خاکستر Ash	8.34	9.63	10.47	11.45
کربوهیدرات‌های غیرالیافی ^۳ Non-fiber carbohydrates	28.89	29.45	31.72	29.26

^۱ تیمار ۱: شاهد (بدون پسماند خانگی)، تیمار ۲: ۲۰٪ پسماند خانگی در بخش کنسانتره، تیمار ۳: ۴۰٪ پسماند خانگی در بخش کنسانتره، تیمار ۴: ۶۰٪ پسماند خانگی در بخش کنسانتره

، ۱۸۰ گرم کلسیم، ۹۰ گرم فسفر، ۲۰ گرم منیزیم، E و ۰/۱ گرم ویتامین D₃ المللی ویتامین، ۱۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی A^۲ هر کیلوگرم از مکمل شامل ۵۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین ۶۰ گرم سدیم، ۲ گرم منگنز، ۳ گرم آهن، ۰/۳ گرم مس، ۳ گرم روی، ۰/۱ گرم کبالت، ۰/۰۱ گرم سلنیوم، ۰/۱ گرم ید، ۳ گرم آنتی‌اکسیدانت

NFC=100-(NDF+CP+EE+Ash) کربوهیدرات‌های غیرالیافی

^۱ Treatment 1: control (0% household waste), treatment 2: 20% household waste in concentrate, treatment 3: 40% household waste in concentrate, treatment 4: 60% household waste in concentrate

^۲ Every kg of supplement contained 500000 IU vitamin A, 100000 IU vitamin D₃, 0.1 g vitamin E, every kg of supplement contained 180 g Ca, 90 g P, 20 g Mn, 60 g Na, 2 g Mg, 3 g Fe, 0.3 g Cu, 3 g Zn, 0.1 g Co, 0.001 g Se, 0.1 g I, 3 g Antioxidant

بسیاری از مطالعات پروفایل مواد مغذی پسماند غذایی، تأثیر روش‌های فرآوری بر اثربخشی پسماند غذایی به‌عنوان خوراک، و پیامدهای بالقوه بر عملکرد دام را مورد بررسی قرار داده‌اند (Luciano *et al.*, 2020; Dou *et al.*, 2018). مقادیر مواد مغذی گزارش‌شده برای این مطالعه تا حدودی مشابه با پسماند جمع‌آوری‌شده از رستوران، مراکز غذاخوری و کافه تریا در پژوهش‌های قبلی انجام‌شده است (Beckman *et al.*, 2023).

جدول ۲- ترکیب شیمیایی پسماند خانگی مصرف شده در این آزمایش

Table 2- Chemical composition of household food waste used in this experiment

ترکیب شیمیایی	میانگین
Chemical composition	Average
ماده خشک (%)	89.4 ± 6.4
Dry matter (%)	
پروتئین خام (درصد ماده خشک)	19.56 ± 8.5
Crude protein (%DM)	
عصاره اتری (درصد ماده خشک)	11.91 ± 6.9
Ether extract (%DM)	
الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصد ماده خشک)	25.96 ± 4.8
Neutral detergent fiber (%DM)	
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (درصد ماده خشک)	17.75 ± 5.3
Acid detergent fiber (%DM)	
خاکستر (درصد ماده خشک)	11.43 ± 3.6
Ash (%DM)	
کربوهیدرات‌های غیرالیافی (درصد ماده خشک)	27.14 ± 10.4
Non-fiber carbohydrates (%DM)	

کل دستگاه کاهش می‌دهد که به نوبه خود می‌تواند مصرف خوراک را به‌دلیل افزایش میزان احتباس مواد جامد در شکمبه کاهش دهد. بنابراین در هنگام استفاده از پسماند آشپزخانه، درصد چربی در زمان تنظیم جیره باید دقت شود.

میانگین محتوای خاکستر در پژوهش حاضر حدود ۱۲ درصد بود. فونگ و همکاران (Fung *et al.*, 2019) دریافتند که خاکستر تقریباً ۵/۰۱ درصد در زباله‌های غذایی از یک سالن غذاخوری دانشگاه وجود دارد، که کمتر از نتایج پژوهش حاضر است. مقادیر خاکستر بالاتر (۱۴/۵۶ درصد براساس ماده خشک) برای پسماند مناطق تجاری و مسکونی گزارش شده است (Castrica *et al.*, 2018). این پژوهش‌ها نشان می‌دهد که پسماند غذایی هنوز حاوی مقدار زیادی مواد مغذی مانند کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، چربی‌ها و مواد معدنی مفید برای خوراک نشخوارکنندگان است. باین‌حال، ناهمگونی محصولات جانبی و پسماند غذایی چالش‌هایی را ایجاد می‌کند، زیرا ترکیب مواد مغذی آن‌ها ممکن است به‌طور قابل توجهی متفاوت باشد و تعادل جیره برای برآوردن نیازهای دام را دشوار می‌کند. در نتیجه، برای حفظ تولید بهینه و به حداقل رساندن تلفات بالقوه هنگام ترکیب پسماند غذایی در جیره دام، ضروری است که تأمین مواد مغذی اصلی

کمیت پروتئین موجود در پسماند مواد غذایی رستوران‌ها و آشپزخانه‌ها بسیار متغیر گزارش شده است (Georganas *et al.*, 2020). در مطالعه‌ای که توسط فونگ و همکاران انجام شد (Fung *et al.*, 2019)، پروتئین خام موجود در پسماند مواد غذایی از سالن غذاخوری یک دانشگاه تقریباً ۱۸/۹ درصد براساس ماده خشک بود که بالاتر از ذرت، اما کمتر از کنجاله سویا بود (Esteban & Ladero, 2018). ترکیب مواد مغذی نشان می‌دهد که تغییر مکان یا ذائقه می‌تواند یک عامل بالقوه در کیفیت پسماند غذایی هنگام استفاده در جیره دام باشد (Georganas *et al.*, 2020). یکی از مواد مغذی قابل توجه، محتوای عصاره اتری در پسماند غذایی است که در پژوهش‌های انجام‌شده دارای طیف گسترده‌ای از غلظت‌ها در محدوده ۵/۹ تا ۶۸/۸ درصد گزارش شده است. درحالی‌که عصاره اتری یک جزء ارزشمند برای فرموله کردن جیره است، اگر مقدار آن بالا باشد، ممکن است استفاده بالقوه از پسماند غذایی را محدود کند. در پژوهش حاضر، میانگین چربی پسماند غذایی خانگی حدود ۱۲ درصد بود. وجود مقادیر بالاتر ضایعاتی مانند پوست میوه در پسماند خانگی جمع‌آوری‌شده در این پژوهش در کاهش درصد چربی نقش دارد. افزایش چربی در جیره‌های پرواری، هضم مواد آلی را در شکمبه و

از تمام مواد غذایی موجود در جیره متعادل شود تا نیازهای تولید دام برآورده شود. از آنجایی که مواد پسماند غذایی متنوع هستند و ویژگی-های تغذیه‌ای متفاوت است، تجزیه و تحلیل دقیق و سریع مواد مغذی، کلیدی برای پذیرش و اجرای موفقیت‌آمیز است. نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که پسماند غذایی خانگی جمع‌آوری شده توسط دانش‌آموزان، از نظر ترکیب شیمیایی، پتانسیل جایگزینی مناسبی برای خوراک‌های معمول در جیره بره‌های پرواری دارد.

عملکرد رشد (مصرف خوراک، افزایش وزن و ضریب تبدیل غذایی)

اثر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد بره‌ها در جدول ۳ ارائه شده است. افزایش وزن، ماده خشک مصرفی و ضریب تبدیل خوراک در بین نسبت‌های مختلف پسماند تفاوت معنی‌داری نشان داد ($P < 0.001$). به‌طوری که افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل خوراک در تیمار حاوی ۲۰ درصد پسماند غذای خانگی تفاوت معنی‌داری با

شاهد نداشت، اما در سطوح بالاتر پسماند خانگی در جیره، افزایش وزن روزانه در بره‌ها کاهش یافت، درحالی که مصرف خوراک و ضریب تبدیل افزایش یافت. تحلیل متعامد نشان داد که اثر سطوح پسماند خانگی بر افزایش وزن روزانه و مصرف خوراک دارای روند خطی و درجه دوم معنی‌دار بود، درحالی که ضریب تبدیل خوراک تنها روند خطی معنی‌دار داشت ($P < 0.001$). بنابراین افزایش پسماند بیش از ۲۰ درصد جیره، با افت عملکرد همراه است. گزارش شده است که با مکمل روغن‌های گیاهی، مصرف ماده خشک، جمعیت ریزجانداران شکمبه، نیتروژن آمونیاکی، نیتروژن اوره خون و غلظت کل اسیدهای چرب فرار کاهش یافت و سطوح بالاتر روغن گیاهی منجر به کاهش عملکرد گاو میش‌ها شد (Wanapat et al., 2011). منابع روغنی حاوی اسیدهای چرب آزاد در شکمبه می‌تواند تأثیر منفی بر میکروبی‌های شکمبه یا تخمیر داشته باشد و تولید نسبی اسیدهای چرب فرار را تغییر دهند (Amanullah et al., 2022).

جدول ۳- اثر سطوح مختلف پسماند خانگی بر عملکرد بره‌ها در تیمارهای آزمایشی

Table 3- The effect of different levels of household waste on the performance of lambs in the experimental

عملکرد Performance	تیمارهای آزمایشی ^۱ Experimental treatments				خطای استاندارد میانگین SEM	سطح معنی‌داری مقایسات متعامد Contrast P-value		
	1	2	3	4		اصلی	خطی	غیر خطی
						Treatment	Linear	Quadratic
افزایش وزن روزانه (گرم) Daily weight gain (g)	209.50 ^a	205.50 ^a	189.50 ^b	181.00 ^c	0.330	<.001	<.001	<.001
ماده خشک مصرفی (کیلوگرم) Daily feed intake (kg)	1.36 ^c	1.42 ^b	1.47 ^a	1.48 ^a	0.002	<.001	<.001	<.001
ضریب تبدیل خوراک (کیلوگرم) خوراک برای هر کیلو اضافه وزن) Feed conversion ratio (kg Fee/kg weight gain)	6.51 ^c	6.93 ^c	7.78 ^b	8.18 ^a	0.028	<.001	<.001	0.998

* میانگین‌هایی که در هر ردیف با حروف لاتین متفاوت نشان داده شده است دارای اختلاف معنی‌دار هستند ($P < 0.05$).

^۱ تیمار ۱: شاهد (بدون پسماند خانگی)، تیمار ۲: ۲۰٪ پسماند خانگی در بخش کنسانتره، تیمار ۳: ۴۰٪ پسماند خانگی در بخش کنسانتره، تیمار ۴: ۶۰٪ پسماند خانگی در بخش کنسانتره

* The averages shown in different latin letters in each row indicate statistically significant differences ($P < 0.05$).

¹ Treatment 1: control (0% household waste), treatment 2: 20% household waste in concentrate, treatment 3: 40% household waste in concentrate, treatment 4: 60% household waste in concentrate

عملکرد گوساله‌های نر سربای نشان داد که ضریب تبدیل جیره حاوی ۳۰ درصد ضایعات نان در مقایسه با سایر جیره‌ها بهتر بود (Hasanzadeh Seyed et al., 2012) جالب توجه است که پسماند مواد غذایی پس از مصرف در درجه اول در مطالعات خوک، طیور و آبزی‌پروری استفاده شده است و استفاده از آن در جیره نشخوارکنندگان تنها در چند مطالعه گزارش شده است (Rajeh et al., 2021). در پژوهشی، بره‌های تغذیه‌شده با جیره‌های ۱۵ و ۳۰ درصد پسماند غذایی خانگی از نظر رشد و بازده خوراک مشابه بره‌های تغذیه‌شده با جیره شاهد بودند (Nassef et al., 2015). در پژوهشی دیگر، جایگزینی بخشی از جیره گاوهای

باوجود اینکه در پژوهش حاضر درصد چربی در پسماند خانگی حدود ۱۲ درصد ماده خشک بود، ولی از آنجاکه روغن‌های موجود در پسماند خانگی اغلب اشباع هستند، بنابراین اثرات منفی بر مصرف خوراک مشاهده نشد. علت افزایش مصرف خوراک را در تیمارهایی با نسبت بالاتر پسماند، می‌توان به خوش‌خوراکی آن نسبت داد. مشابه نتایج این پژوهش، هیچ اثر معنی‌داری از جایگزینی کنسانتره‌های معمولی با حداکثر ۳۰ درصد ضایعات سبزیجات فرآوری‌شده بر وزن نهایی و مصرف ماده خشک و مواد مغذی گوساله‌های نر پرواری وجود نداشت (Das et al., 2019). در پژوهشی دیگر، تأثیر ضایعات نان بر

شیوه‌های مدیریت تغذیه، به‌عنوان مثال تعیین مواد مغذی خوراک‌های جایگزین، متعادل کردن عرضه مواد مغذی از تمام مواد خوراکی در جیره از طریق فرمولاسیون جیره می‌توانند برای کاهش اثرات منفی و حفظ بهره‌وری بهینه استفاده شوند.

قابلیت هضم مواد مغذی

اثرات تیمارهای آزمایشی بر قابلیت هضم مواد مغذی در جدول ۴ نشان داده شده است. با افزایش درصد پسماند در جیره، قابلیت هضم ظاهری ماده خشک ($P=0/002$)، ماده آلی ($P<0/001$) و عصاره اتری ($P<0/001$) به‌طور معنی‌داری نسبت به گروه شاهد کاهش و قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی ($P<0/001$) و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی ($P=0/003$) نسبت به گروه شاهد افزایش یافت. قابلیت هضم پروتئین خام تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت. تحلیل متعامد نشان داد که کاهش قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی و عصاره اتری و افزایش قابلیت هضم الیاف (NDF و ADF) عمدتاً دارای روند خطی معنی‌دار بود ($P<0/001$). اثر غیرخطی معنی‌دار تنها در قابلیت هضم ماده آلی و NDF مشاهده شد ($P<0/05$). قابلیت هضم پروتئین خام تنها در سطح $0/05$ تحت تأثیر قرار گرفت و کاهش آن روند خطی معنی‌دار داشت ($P=0/003$). بالاترین قابلیت هضم مواد مغذی در تیمار بدون پسماند مشاهده شد و نتایج قابلیت هضم مواد مغذی در تیمار ۲۰ درصد پسماند، کمترین تفاوت را با شاهد نشان داد.

قابلیت هضم مواد مغذی در پسماند غذایی عموماً ضعیف نیست. در پژوهشی، خصوصیات هضمی ضایعات نان و تأثیر آن بر عملکرد گوساله‌های نر سرابی نشان داد که قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، چربی، پروتئین خام و دیواره سلولی ضایعات نان به‌ترتیب ۸۷/۲، ۸۴/۵، ۷۶/۷، ۶۲/۲ و ۸۲/۹ درصد بود (Hasanzadeh Seyedi et al., 2012). روند روبهرشدی در قابلیت هضم ماده خشک و مواد مغذی به‌صورت افزایش نسبت پسماند کافه تریا در جیره غذایی خوک توصیف شده است (Amene et al., 2018). این ممکن است به‌دلیل سطح پایین فیبر خام در پسماند کافه تریا باشد. اختلاف در نتایج می‌تواند ناشی از تفاوت در ماهیت پسماند غذایی باشد. در پژوهشی، استفاده از پسماند غذایی خانگی به‌عنوان منبع جایگزین خوراک کم‌هزینه در سطوح ۱۵ و ۳۰ درصد جیره گوسفند نشان داد که قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین خام، کربوهیدرات الیافی و غیرالیافی تفاوت معنی‌داری با جیره شاهد نداشت و تنها قابلیت هضم عصاره اتری در جیره‌های حاوی پسماند بهتر از جیره شاهد بود (Nassef et al., 2015).

گوشتی با مخلوط پلت‌شده و آبیگری‌شده حاوی زیره گندم (*Triticum*) و پسماند غذایی آسیاب‌شده از فروشگاه‌های مواد غذایی خرده‌فروشی (۱۵ درصد جیره) نشان داد که هیچ تفاوت معنی‌داری در ماده خشک مصرفی، میانگین تغییرات وزن بدن و نمره بدنی با گاوهای گروه شاهد مشاهده نشد (Walker et al., 2004). عوامل مرتبط با افزایش وزن روزانه تحت تأثیر انواع خوراک، نژادهای دام و سطوح مدیریت قرار گرفتند (Duthie et al., 2017). مطالعات کمی تأثیر پسماند غذایی خانگی را بر عملکرد رشد نشخوارکنندگان گزارش کرده‌اند. مطالعه ما نشان داد که میانگین افزایش وزن روزانه در تمام تیمارها از ۱۸۱ تا ۲۰۹ گرم متغیر است، که نشان می‌دهد، همه جیره‌ها سهم تغذیه‌ای کافی در رشد و تولید دارند. میانگین افزایش وزن روزانه و مصرف ماده خشک تحت تأثیر سطح پسماند غذایی در جیره قرار گرفتند، با افزایش سطح پسماند در سطوح ۴۰ و ۶۰ درصد، افزایش وزن روزانه کاهش یافت و بره‌های اختصاص داده‌شده به گروه شاهد و ۲۰ درصد پسماند غذایی، میانگین افزایش وزن روزانه بالاتر و مصرف ماده خشک و ضریب تبدیل خوراک کمتری نسبت به بره‌های تغذیه‌شده با ۴۰ و ۶۰ درصد پسماند نشان دادند؛ و این امر نشان می‌دهد که جایگزینی سطوح کمتر از ۴۰ درصد پسماند غذایی خانگی می‌تواند برای عملکرد رشد بره‌ها مفید باشد. مصرف خوراک بالاتر با افزایش سطح پسماند غذایی در جیره می‌تواند به‌دلیل بوی خوب و خوش‌خوراکی پسماند غذایی باشد، اما لزوماً این مصرف بالاتر با افزایش وزن بیشتر همراه نیست. شاید به‌دلیل پروتئین بالاتر این پسماند و انرژی لازم برای دفع نیتروژن مازاد و یا عدم بالانس انرژی و پروتئین، قابلیت هضم کمتر، اندازه ذرات بالاتر یا وجود کربوهیدرات الیافی بیشتر در این پسماند (به‌دلیل وجود پوست میوه و سبزی)، افزایش وزن روزانه در تیمارهای ۴۰ و ۶۰ درصد پسماند کاهش یافت. طبق (NRC, 1985)، افزایش وزن روزانه تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله کل مصرف پروتئین، جنس، سن، ژنتیک، محیط، شرایط فیزیولوژیکی دام و مدیریت است. در پژوهش حاضر، افزایش سطح پسماند خانگی به ۴۰ و ۶۰ درصد جیره، عملکرد دام را کاهش داد، درحالی‌که سطح ۲۰ درصد در افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک تفاوتی با شاهد نداشت.

یک بررسی سیستماتیک با استفاده از نتایج ۱۰۲ مطالعه نشان داد که در ۷۵ تا ۷۷ درصد حیوانات تغذیه‌شده با پسماند غذایی، افزایش بهره‌وری در مقایسه با حیوانات تغذیه‌شده با جیره شاهد مشاهده شد و در ۲۳ تا ۲۵ درصد باقی‌مانده، عملکرد با کاهش راندمان مصرف خوراک کاهش یافته بود (Wang et al., 2024). فقدان تعادل مواد مغذی مناسب یا محدودیت در دسترس بودن مواد مغذی در جیره، یکی از دلایل رایج کاهش رشد یا عملکرد بود. محققان همچنین کاهش تولید را با نرخ‌های گنجاندن بالاتر مرتبط کردند. بنابراین

جدول ۴- اثر سطوح مختلف پسماند خانگی در جیره بر قابلیت هضم مواد مغذی

Table 4- The effect of different levels of household waste on the digestibility of feed nutrients

متغیر (درصد) Parameter (%)	تیمارهای آزمایشی ^۱				خطای استاندارد میانگین SEM	سطح معنی‌داری مقایسات متعامد		
	Experimental treatments					Contrast P-value		
	1	2	3	4		اصلی Treatment	خطی Linear	غیر خطی Quadratic
ماده خشک Dry matter	72.21 ^a	70.82 ^b	68.27 ^{bc}	65.09 ^c	0.083	0.002	<.001	0.197
ماده آلی Organic matter	75.10 ^a	73.30 ^b	70.22 ^c	68.16 ^c	0.079	<.001	<.001	0.036
پروتئین خام Crude protein	70.55	70.02	69.73	69.21	0.112	0.050	0.003	0.789
عصاره اتری Ether extract	55.78 ^a	55.08 ^b	51.15 ^c	50.15 ^c	0.050	<.001	<.001	0.091
الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber	51.02 ^c	53.40 ^b	53.85 ^b	57.02 ^a	0.077	<.001	<.001	0.049
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber	41.42 ^b	41.37 ^b	42.05 ^b	43.69 ^a	0.106	0.003	<.001	0.165

* میانگین‌هایی که در هر ردیف با حروف لاتین متفاوت نشان داده شده است دارای اختلاف معنی‌دار هستند ($P < 0.05$).

^۱ تیمار ۱: شاهد (بدون پسماند خانگی)، تیمار ۲: ۲۰٪ پسماند خانگی در بخش کنسانتره، تیمار ۳: ۴۰٪ پسماند خانگی در بخش کنسانتره، تیمار ۴: ۶۰٪ پسماند خانگی در بخش کنسانتره

* The averages shown in different latin letters in each row indicate statistically significant differences ($P < 0.05$).

¹ Treatment 1: control (0% household waste), treatment 2: 20% household waste in concentrate, treatment 3: 40% household waste in concentrate, treatment 4: 60% household waste in concentrate

مغذی، بهتر است سطح آن در جیره کمتر از ۴۰ درصد باشد.

فراسنجه‌های شکمبه‌ای

اثرات تیمارهای آزمایشی بر فراسنجه‌های شکمبه‌ای بره‌ها در جدول ۵ نشان داده شده است. تحلیل متعامد نشان داد که pH، پروتئوزواها، TVFAs و اسید ایزووالریک دارای روند خطی معنی‌دار ($P < 0.05$) بودند، که حاکی از کاهش pH و افزایش میکروب‌ها و VFAs با افزایش پسماند است. اثر درجه دوم تنها در مورد اسید ایزووالریک معنی‌دار بود ($P = 0.021$). فراسنجه‌های دیگر مانند NH_3 -N و نسبت استات/پروپیونات تحت تأثیر قرار نگرفتند ($P > 0.05$). میزان pH شکمبه در چهار ساعت بعد از مصرف خوراک در تیمار ۴۰ درصد و ۶۰ درصد پسماند به‌طور معنی‌داری نسبت به گروه شاهد کاهش یافت ($P = 0.047$). pH شکمبه از طریق سازوکارهای رفتاری و فیزیولوژیکی تحت رژیم‌های مختلف تغذیه تنظیم می‌شود (NASEM, 2016). مقدار pH شکمبه معمولاً بین ۵/۵ تا ۷/۵ در نوسان است؛ هنگامی که pH در محدوده ۶/۲ تا ۶/۸ است، فعالیت میکروبی شکمبه قوی‌ترین است (Guo et al., 2023)، که در آن بیشتر فیبر خوراک می‌تواند به‌طور مؤثر تجزیه شود. در مطالعه حاضر، pH شکمبه علی‌رغم معنی‌دار بودن بین تیمارها، در محدوده ۶/۴۸ تا ۶/۶۹ بود که نشان می‌دهد، پسماند غذایی تأثیر منفی بر فعالیت

یک مطالعه با هدف ارزیابی تأثیر پسماند غذایی (تیمارها شامل صفر، ۸، ۱۶، ۲۴ و ۳۲ درصد پسماند غذایی) به‌عنوان خوراک نشخوارکنندگان در شرایط آزمایشگاهی نشان داد که استفاده از پسماند غذایی در جیره توانست قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی را بدون ایجاد اختلال در تخمیر در شکمبه افزایش دهد و استفاده از ۳۲ درصد پسماند غذایی در جیره، بیشترین قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی را نشان داد (Febrianti et al., 2020). سامرز و همکاران (Summers et al., 1980) اشاره کردند که گوسفندان به‌راحتی با جیره‌ای حاوی پسماند خانگی تا ۳۵ درصد ماده خشک سازگار می‌شوند. آن‌ها نشان دادند که مقادیر قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین خام و عصاره اتری پسماند خانگی به‌ترتیب ۷۶، ۶۸ و ۷۳ است که نشان می‌دهد، این ماده ارزش غذایی بالایی برای گوسفند دارد. داده‌های مطالعه حاضر نشان داد که ترکیب مواد مغذی زباله‌های خانگی از نظر پروتئین خام، چربی و مواد معدنی ارزش تغذیه‌ای بالایی دارد، همان‌طور که در جدول ۲ نشان داده شده است، که به اجزای آن شامل مقدار زیادی پوست میوه، سبزیجات، استخوان، برنج، نان، پوسته تخم مرغ، و ضایعات چربی و روغن غذاها نسبت داده می‌شود. با این وجود، سطوح بالاتر این پسماند می‌تواند قابلیت هضم ماده خشک را کاهش دهد. بنابراین برای دستیابی به اثرات مثبت پسماند غذای خانگی بر عملکرد رشد بره‌ها و قابلیت هضم مواد

خانگی را مصرف کرده بودند نسبت به گروه شاهد و گروه ۲۰ درصد مصرف کننده پسماند افزایش معنی داری نشان داد ($P=0/007$). جمعیت پروتوزوا معمولاً 10^4 الی 10^6 عدد در هر میلی لیتر مایع شکمبه می باشد که تحت تأثیر ترکیب شیمیایی جیره، تعداد دفعات خوراک دهی، محلولیت قندها، pH شکمبه و سایر عوامل قرار می گیرند.

کل اسیدهای چرب فرار شکمبه در تیمار ۲۰ درصد پسماند تفاوت معنی داری با شاهد نداشت و در تیمارهای ۴۰ و ۶۰ درصد پسماند به طور معنی داری افزایش یافت ($P=0/025$). درصد اسیداستیک، اسیدپروپیونیک، اسیدبوتریک و اسیدوالریک بین تیمارها تفاوت معنی داری نشان نداد.

شکمبه ندارد. استفاده از پسماند خانگی بر میزان نیتروژن آمونیاکی در چهار ساعت بعد از مصرف خوراک تأثیر معنی داری نداشت.

نیتروژن آمونیاکی به عنوان منبع اصلی نیتروژن برای رشد میکروبی شکمبه، تعادل بین تجزیه و سنتز پروتئین را تحت ترکیب خاص جیره غذایی نشان می دهد (Guo et al., 2023). سطح آمونیاک در شکمبه احتمالاً به دلیل تفاوت در محتوای نیتروژن و فعالیت میکروبی شکمبه، می تواند تحت تأثیر نوع و مقدار پسماند آشپزخانه قرار گیرد. برخی مطالعات افزایش NH_3-N را با برخی پسماندها نشان می دهند، درحالی که برخی دیگر کاهش آن را گزارش کردند.

میزان پروتوزوها در دام های که ۴۰ درصد و ۶۰ درصد پسماند

جدول ۵- اثر سطوح مختلف پسماند خانگی بر فراسنجه های شکمبه ای

Table 5- The effect of different levels of household waste on the rumen parameters

متغیر (درصد) Parameter (%)	تیمارهای آزمایشی ^۱ Experimental treatments				خطای استاندارد میانگین SEM	سطح معنی داری مقایسات متعامد Contrast P-value		
	1	2	3	4		اصلی	خطی	غیر خطی
						Treatment	Linear	Quadratic
pH	6.62 ^a	6.69 ^a	6.57 ^{ab}	6.48 ^b	0.025	0.047	0.013	0.512
نیتروژن آمونیاکی (میلی گرم/دسی لیتر) NH ₃ -N (mg/dl)	13.02	12.61	13.30	13.88	0.349	0.650	0.398	0.821
پروتوزواها (تعداد × ۱۰ ^۶ در میلی لیتر) Protozoa (×10 ⁶ /ml)	20.50 ^b	22.00 ^b	25.00 ^a	26.50 ^a	0.86	0.007	0.001	0.789
کل اسیدهای چرب فرار (میلی مول در لیتر) Total volatile fatty acids (mmol/L)	49.66 ^c	53.45 ^{bc}	60.46 ^{ab}	62.27 ^a	1.232	0.025	0.002	0.412
اسیداستیک (درصد) Acetic acid (%)	51.01	56.74	53.45	52.82	1.571	0.267	0.712	0.156
اسیدپروپیونیک (درصد) Propionic acid (%)	23.81	25.26	30.69	28.81	1.450	0.083	0.032	0.298
اسیدبوتریک (درصد) Butyric acid (%)	15.28	14.07	11.60	12.87	0.637	0.056	0.021	0.089
اسیدوالریک (درصد) Valeric (%)	2.97	2.90	3.29	4.01	0.340	0.229	0.045	0.512
اسیدایزووالریک (درصد) Isovaleric (%)	0.92 ^b	1.01 ^b	0.96 ^b	1.48 ^a	0.043	0.002	0.008	0.021
نسبت استات به پروپیونات Acetate/propionate	2.43	2.24	1.74	1.84	0.193	0.168	0.056	0.478

* میانگین هایی که در هر ردیف با حروف لاتین متفاوت نشان داده شده است دارای اختلاف معنی دار هستند ($P<0/05$).

^۱ تیمار ۱: شاهد (بدون پسماند خانگی)، تیمار ۲: ۲۰٪ پسماند خانگی در بخش کنسانتره، تیمار ۳: ۴۰٪ پسماند خانگی در بخش کنسانتره، تیمار ۴: ۶۰٪ پسماند خانگی در بخش کنسانتره

* The averages shown in different latin letters in each row indicate statistically significant differences ($P<0.05$).

¹ Treatment 1: control (0% household waste), treatment 2: 20% household waste in concentrate, treatment 3: 40% household waste in concentrate, treatment 4: 60% household waste in concentrate

تغییر می دهد، بلکه بر محیط شکمبه از جمله pH و پروفایل های VFA نیز تأثیر می گذارد (Zhang et al., 2018). بعضی از مطالعات نشان می دهند که برخی از پسماند غذایی می توانند رشد جمعیت های

میزان اسید ایزوالریک در دام هایی که ۶۰ درصد پسماند در جیره آن ها بود افزایش معنی داری نسبت به تیمارهای دیگر داشت ($P=0/002$). تغییرات در نوع خوراک نه تنها بسترهای تخمیر موجود را

در مقایسه با تیمارهای دیگر افزایش یافت (Hussein et al., 2022). بنابراین ترکیب خاص پسماند آشپزخانه (به عنوان مثال، پوست میوه و سبزیجات و پسماند غذا) به طور قابل توجهی بر تأثیر آن بر شاخص های شکمبه اثر گذار است.

فراسنجه های خونی

اثر تیمارهای آزمایشی بر فراسنجه های بیوشیمیایی بره های پرواری در جدول ۶ نشان می دهد که هیچ تفاوت معنی داری بین شاهد و تیمارهای مصرف کننده پسماند از نظر غلظت گلوکز، نیتروژن اوره ای خون، پروتئین تام و تری گلیسیرید سرم خون مشاهده نشد. اما هرچه نسبت درصد پسماند به خوراک بیشتر شد، نسبت کلسترول خون به طور معنی داری افزایش یافت ($P=0/002$). تحلیل متعامد نشان داد که تنها کلسترول خون تحت تأثیر معنی دار سطوح پسماند قرار گرفت و دارای روند خطی و درجه دوم معنی دار ($P<0/001$) و $P=0/021$ بود، که حاکی از افزایش شدید کلسترول تا ۴۰ درصد و سپس تثبیت در ۶۰ درصد است. سایر فراسنجه های خونی (گلوکز، تری گلیسیرید، نیتروژن اوره ای و پروتئین کل) فاقد روند معنی دار بودند ($P>0/05$) که نشان دهنده ایمنی متابولیکی بره ها در برابر پسماند خانگی تا ۶۰ درصد جیره است.

موافق با این نتایج، گزارش شده است که جایگزینی کنسانتره با پسماند های سبزیجات فرآوری شده با درصد های مختلف (صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد) تأثیری بر فراسنجه های متابولیکی خون نداشت (Das et al., 2019). ارزیابی اثرات جیره های حاوی پسماند غذای رستوران (۰، ۱۵ و ۳۰ درصد) بر برخی از شاخص های خونی بزهای شیرده نشان داد که با افزایش درصد پسماند، پروتئین های کل پلاسما و آلبومین به تدریج افزایش یافت و بیشترین مقدار در بزهای تغذیه شده با ۳۰ درصد پسماند در مقایسه با گروه های دیگر مشاهده شد (Hussein et al., 2022). در پژوهشی دیگر، تغذیه پسماند آشپزخانه (در سطوح ۰، ۵۰ و ۱۰۰ درصد جایگزین کنسانتره) به خوکه های در حال رشد، هیچ اثر معنی داری بر متابولیت های خون (گلوکز، کراتنن، کلسترول و هموگلوبین) نشان نداد (Ramírez-Zúñiga et al., 2014). سطح پروتئین تام پلاسما بیانگر وضعیت سوخت و ساز پروتئین در بدن است و تابع تعادل هورمونی، وضعیت تغذیه ای، تعادل آب و سایر عوامل مؤثر بر وضعیت سلامت حیوان است. به طور کلی، نتایج فراسنجه های خونی نشان داد که بره های پرواری تغذیه شده با جیره های حاوی پسماند خانگی، وضعیت فیزیولوژیکی و سالم طبیعی داشتند و تفاوت معنی داری بین جیره های آزمایشی وجود نداشت که حاکی از ایمنی متابولیکی دام در سطوح پیشنهادی است.

میکروبی خاصی را تقویت کنند، در حالی که برخی دیگر ممکن است بر تنوع و فعالیت میکروبی تأثیر منفی بگذارند. مقدار و پروفایل اسیدهای چرب فرار تشکیل شده در شکمبه، پیامدهایی برای کارایی مصرف انرژی، تولید متان، خطرات اسیدوز شکمبه ای و ترکیب محصولات حیوانی دارد (Noziere et al., 2011). در مطالعه حاضر، غلظت های بالاتر کل اسیدهای چرب فرار در چهار ساعت پس از تغذیه با افزایش سطح پسماند غذایی خانگی به دست آمد، در حالی که نسبت استات به پروپیونات تفاوت معنی داری نشان نداد. از یک سو، نوسانات مشاهده شده در اسیدهای چرب فرار پس از یک دوره تغذیه می تواند ناشی از تغییرات در جمعیت باکتریایی شکمبه باشد. از سوی دیگر، محتوای اسیدهای چرب فرار ارتباط نزدیکی با مصرف خوراک دارد و افزایش مصرف خوراک احتمالاً تولید اسیدهای چرب فرار را افزایش می دهد و منجر به کاهش pH شکمبه در نشخوارکنندگان می شود (Tomczak et al., 2019). در آزمایش حاضر، مصرف خوراک بره های تغذیه شده با جیره با ۴۰ و ۶۰ درصد پسماند به طور قابل توجهی بالاتر بود، بنابراین تغییرات در محتوای اسیدهای چرب فرار در شکمبه را می توان به تغییر در مصرف خوراک و میکروب های شکمبه نسبت داد. نسبت استات به پروپیونات (A:P) اغلب به عنوان نشانگری برای ارزیابی نوع تخمیر شکمبه ای استفاده می شود، که در آن $A:P<3$ نشان دهنده تخمیرهای منتهی به تولید پروپیونات و بیشتر از ۳ نشان دهنده تولید بیشتر استات است (Cheng, 2019). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که نسبت استات به پروپیونات در همه گروه ها کمتر از ۳ بود که نشان می دهد، نوع پسماند ماهیت گلوکوژنیک داشته است. در شکمبه، اسیدهای چرب فرار شاخه دار (والرات، ایزوالرات و ایزوبوتیرات) در درجه اول از دامیناسیون اکسیداتیو شکمبه ای و دکربوکسیلاسیون والین، لوسین و ایزولوسین منشأ می گیرند (Owens & Basalan, 2016). بنابراین، نوسانات اسید ایزوالریک در گروه ۶۰ درصد پسماند خانگی، ممکن است به دلیل عدم تعادل محتوا و نسبت اسیدهای آمینه در این گروه باشد. به هر حال، در پژوهش حاضر تمام فراسنجه های شکمبه ای اندازه گیری شده بره های تغذیه شده با جیره های آزمایشی شده در محدوده طبیعی حیوانات سالم قرار داشتند. مشابه این نتایج گزارش شد که تغذیه مقادیر مختلف از پسماند غذایی (صفر، ۸، ۱۶، ۲۴ و ۳۲ درصد) به عنوان خوراک نشخوارکنندگان در شرایط آزمایشگاهی، تأثیر معنی داری بر pH شکمبه، آمونیاک و سنتز پروتئین میکروبی نداشتند، اما افزایش معنی داری در تولید گاز متان و VFA در مقایسه با گروه شاهد نشان دادند، به طوری که استفاده از پسماند غذایی تا ۳۲ درصد توانست قابلیت تخمیر و هضم را افزایش دهد (Febrianti et al., 2020). همچنین ارزیابی اثرات جیره های حاوی پسماند غذای رستوران (۰، ۱۵ و ۳۰ درصد) بر شاخص های شکمبه ای بزهای شیرده نشان داد که غلظت کل اسیدهای چرب فرار در مایع شکمبه در بالاترین سطح پسماند غذای رستوران (۳۰ درصد)

جدول ۶- اثر سطوح مختلف پسماند خانگی بر فراسنجه‌های خونی

Table 6- The effect of different levels of household waste on blood parameters

متغیر (درصد) Parameter (%)	تیمارهای آزمایشی ^۱ Experimental treatments				خطای استاندارد میانگین SEM	سطح معنی‌داری مقایسات متعامد Contrast P-value		
	1	2	3	4		اصلی Treatment	خطی Linear	غیرخطی Quadratic
گلوکز (میلی گرم در دسی‌لیتر) Glucose (mg/dl)	56.00	60.66	54.33	63.66	1.710	0.270	0.398	0.789
کلسترول (میلی گرم در دسی‌لیتر) Cholesterol (mg/dl)	60/00 ^d	79/00 ^c	122/00 ^a	119/00 ^b	4.41	0.002	<.001	0.021
تری‌گلیسیرید (میلی گرم در دسی‌لیتر) Triglycerids (mg/dl)	18.66	27.33	20.66	19.33	1.770	0.350	0.812	0.156
نیترژن اوره‌ای (میلی گرم در دسی‌لیتر) Urea nitrogen (mg/dl)	29.33	26.66	28.33	27.66	1.500	0.120	0.678	0.512
پروتئین کل (میلی گرم در دسی‌لیتر) Total protein (mg/dl)	6/73	6/86	7.13	6/80	0.103	0.560	0.456	0.089

* میانگین‌هایی که در هر ردیف با حروف لاتین متفاوت نشان داده شده است دارای اختلاف معنی‌دار هستند ($P < 0.05$).

^۱ تیمار ۱: شاهد (بدون پسماند خانگی)، تیمار ۲: ۲۰٪ پسماند خانگی در بخش کنسانتره، تیمار ۳: ۴۰٪ پسماند خانگی در بخش کنسانتره، تیمار ۴: ۶۰٪ پسماند خانگی در بخش کنسانتره

* The averages shown in different latin letters in each row indicate statistically significant differences ($P < 0.05$).

¹ Treatment 1: control (0% household waste), treatment 2: 20% household waste in concentrate, treatment 3: 40% household waste in concentrate, treatment 4: 60% household waste in concentrate

به افزایش سود خالص در تیمارهای حاوی پسماند می‌شود. هزینه هر کیلوگرم پسماند غذایی در مقایسه با سایر اقلام خوراکی تفاوت بارزی دارد. در نتیجه، با وجود افزایش ضریب تبدیل خوراک در سطوح بالاتر پسماند (از ۶/۵۱ به ۸/۱۸)، کاهش چشمگیر هزینه جیره منجر به افزایش معنی‌دار سود خالص در تیمارهای حاوی پسماند می‌شود.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد که با افزایش درصد پسماند در جیره، افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل خوراک تا سطح ۲۰ درصد مشابه شاهد بود، اما سطوح بالاتر (۴۰ و ۶۰ درصد) با کاهش معنی‌دار وزن‌گیری (روند خطی و درجه دوم) و افزایش مصرف خوراک همراه شد. قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی و عصاره اتری نیز با افزایش پسماند به‌صورت خطی کاهش و هضم الیاف (ADF و NDF) به‌صورت خطی افزایش نشان داد، که احتمالاً ناشی از محتوای فیبری بالاتر پسماند است. همچنین افزایش سطوح پسماند با کاهش pH، افزایش پروتوزوا، کل اسیدهای چرب فرار و اسید ایزووالریک همراه بود، که نشان‌دهنده تغییر در فعالیت تخمیری شکمبه، اما بدون اختلال جدی در تعادل میکروبی است.

محاسبات اقتصادی

نتایج تحلیل اقتصادی جیره‌های آزمایشی در جدول ۷ ارائه شده است. در جیره‌های آزمایشی درصد جو (*Hordeum vulgare*)، ذرت، کنجاله سویا، سبوس گندم و پسماند متفاوت بود و درصد بقیه اقلام یا تفاوتی نداشت یا مثل نمک به مقدار خیلی کمی بین جیره‌ها متفاوت بود و بر تفاوت قیمت نهایی جیره‌ها تأثیری نداشت. قیمت اقلام خوراکی با درصدهای متفاوت در یک کیلوگرم از هر جیره محاسبه شد و کاهش قیمت هر تیمار نسبت به جیره شاهد برای یک کیلوگرم جیره به دست آمد. سپس سود هر کیلوگرم جیره در میانگین ماده خشک مصرفی هر تیمار ضرب شد و سود روزانه و کل دوره با تغذیه سطوح مختلف پسماند محاسبه گردید. پسماند خانگی جمع‌آوری‌شده از منازل شهری ساری پس از خشک کردن، آسیاب و ضدعفونی، با هزینه عملیاتی ۵۵۰۰ تومان به‌ازای هر کیلوگرم پسماند خشک (شامل جمع‌آوری، حمل و خشک کردن) در دسترس قرار گرفت. قیمت هر کیلوگرم از سایر اقلام خوراکی جیره شامل جو، ذرت، کنجاله سویا و سبوس گندم براساس قیمت‌های بازار محلی (استان مازندران، سال ۱۴۰۴) به‌ترتیب ۱۸۰۰۰، ۱۷۰۰۰، ۲۵۰۰۰ و ۱۲۰۰۰ تومان بود. هزینه تغذیه روزانه برای هر رأس بره پرواری با ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد پسماند به‌ترتیب ۳۴۴۹، ۶۴۵۹ و ۹۳۴۴ تومان نسبت به جیره شاهد کاهش یافت. این کاهش هزینه تغذیه در ۷۰ روز پرورش به‌طور متوسط از ۲۴۱ هزار تومان برای هر رأس در تیمار ۲۰ درصد تا ۶۵۴ هزار تومان در تیمار ۶۰ درصد پسماند غذایی منجر

جدول ۷- تحلیل اقتصادی جیره‌های آزمایشی (براساس تومان)

Table 7- Economic analysis of experimental diets (Based on Toman)

اقلام خوراکی Ingredient	تیمارهای آزمایشی ^۱ (درصد پسماند در جیره) Percentage in diet (%)			
	0	20	40	60
دانه جو Barley grain	3780	2520	1260	360
دانه ذرت Corn grain	2465	1700	1105	340
سیوس گندم Wheat bran	2064	1560	600	120
کنجاله سویا Soybean meal	2625	1625	1375	500
پسماند غذایی Household waste	0	1100	2200	3300
جمع هزینه اقلام بالا در یک کیلوگرم جیره Total cost of the above items/kg of diet	10934	8505	6540	4620
صرفه‌جویی هزینه به ازای هر کیلوگرم جیره نسبت به شاهد Cost saving per kg of diet compared to control	-	2429	4394	6314
سود روزانه به ازای هر رأس بره (تومان) Daily profit per lamb (Toman)	-	3449.18	6459.18	9344.72
سود کل دوره (۷۰ روز) به ازای هر رأس بره (تومان) Total period profit per lamb (70 days, Toman)	-	241442.6	452142.6	654130.4

پایدار، با حفظ عملکرد و سلامت بره‌های پرواری کاملاً ایمن و اقتصادی است، اما سطوح بالاتر نیازمند احتیاط و مدیریت دقیق جیره می‌باشد. از آنجایی که ترکیب غذایی پسماند غذایی ممکن است بین مناطق یا کشورهایی که پسماند غذایی تولید می‌شوند، متفاوت باشد، مهم است که تجزیه و تحلیل‌های تغذیه‌ای داده‌های کافی در مورد پسماند غذایی محلی ارائه دهند تا ترکیب آن‌ها در خوراک دام تسهیل شود و با کاهش اثرات زیست‌محیطی، امکان کاهش هزینه‌های تولید را فراهم کند.

از فراسنجه‌های خونی تنها کلسترول خون به صورت خطی و درجه دوم افزایش یافت، درحالی که گلوکز، تری‌گلیسرید، نیتروژن اورهای و پروتئین کل تحت تأثیر قرار نگرفتند، که حاکی از ایمنی متابولیکی دام در سطوح پیشنهادی است. تحلیل اقتصادی نشان داد که با جایگزینی ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد پسماند خانگی در جیره، هزینه خوراک به ترتیب ۲۴۱، ۴۵۲ و ۶۵۴ هزار تومان برای هر بره در کل دوره کاهش یافت. بنابراین با توجه به مجموع این نتایج، استفاده از پسماندهای غذایی خانگی تا ۲۰ درصد جیره، به عنوان منبعی ارزان و

References

- Amanullah, S. M., Lee, S. S., Paradhita, D. H., Joo, Y. H., Kim, D. H., Seong, P. N., Jeong, S. M., & Kim, S. C. (2022). Impact of oil sources on *in vitro* fermentation, microbes, greenhouse gas, and fatty acid profile in the rumen. *Fermentation*, 8(5), 242. <https://doi.org/10.3390/fermentation8050242>
- Amene, T., Urge, M., Guya, M., & Diba, D. (2018). Effects of different proportions of dried cafeteria leftover inclusion in a concentrate mix on performance of growing pigs. *Science, Technology and Arts Research Journal*, 5, 27. <https://doi.org/10.4314/star.v5i1.4>
- AOAC. (2000). Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists International. Official Methods: Gaithersburg, MD, USA.
- Beckman, N. M., Lancaster, P. A., Otott, H. K., Kort, R. N., Krauss, K. M., Schrader, M. A., Gebhardt, J. T., Stark, C. R., & Paulk, C. B. (2023). Nutrient Evaluation of dining center food waste and comparison to monogastric and ruminant feedstuffs. *Open Journal of Animal Sciences*, 13(3), 323-335. <https://doi.org/10.4236/ojas.2023.133024>
- Brennan, A., & Browne, S. (2021). Food Waste and nutrition quality in the context of public health: A scoping review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(10), 5379.

<https://doi.org/10.3390/ijerph18105379>

Castrica, M., Tedesco, D. E. A., Panzeri, S., Ferrazzi, G., Ventura, V., Frisio, D. G., & Balzaretto, C. M. (2018). Pet food as the most concrete strategy for using food waste as feedstuff within the European context: A feasibility study. *Sustainability*, 10(6), 2035. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/6/2035>

Cheng, G. (2019). Study on the mechanism of dietary carbohydrate types regulating C2/C3 ratio in rumen fermentation. MSc. Thesis, Taian (SD): Shandong Agricultural University, China.

Cheraghi, M., & Almasiyeh, K. (2019). Using food waste in animal nutrition is an important step towards waste management. Paper presented at the the 27th National Congress of Iranian Food Science and Technology. (In Persian). <https://civilica.com/doc/1156721>

Das, N. G., Huque, K. S., Amanullah, S. M., & Makkar, H. P. S. (2019). Feeding of processed vegetable wastes to bulls and its potential environmental benefit. *Animal Nutrition*, 5(1), 87-94. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2018.04.002>

Dou, Z., Toth, J. D., Pitta, D. W., Bender, J. S., Hennessy, M. L., Vecchiarelli, B., Indugu, N., Chen, T., Li, Y., Sherman, R., Deutsch, J., Hu, B., Shurson, G. C., Parsons, B., & Baker, L. D. (2022). Proof of concept for developing novel feeds for cattle from wasted food and crop biomass to enhance agri-food system efficiency. *Scientific Reports*, 12(1), 13630. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-17812-w>

Dou, Z., Toth, J. D., & Westendorf, M. L. (2018). Food waste for livestock feeding: Feasibility, safety, and sustainability implications. *Global Food Security*, 17, 154-161. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.12.003>

Duthie, C. A., Haskell, M., Hyslop, J. J., Waterhouse, A., Wallace, R. J., Roehe, R., & Rooke, J. A. (2017). The impact of divergent breed types and diets on methane emissions, rumen characteristics and performance of finishing beef cattle. *Animal*, 11(10), 1762-1771. <https://doi.org/10.1017/s1751731117000301>

Esteban, J., & Ladero, M. (2018). Food waste as a source of value-added chemicals and materials: A biorefinery perspective. *International Journal of Food Science and Technology*, 53(5), 1095-1108. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13726>

Febrianti, N., Evvyernie, D., & Suharti, S. (2020). Utilization of canteen food waste as ruminant feed and its effect on ruminal fermentation characteristics *in vitro*. *AIP Conference Proceedings*, 2296(1), 020045. <https://doi.org/10.1063/5.0030566>

Fung, L., Urriola, P. E., Baker, L., & Shurson, G. C. (2019). Estimated energy and nutrient composition of different sources of food waste and their potential for use in sustainable swine feeding programs. *Translational Animal Science*, 3(1), 359-368. <https://doi.org/10.1093/tas/txy099>

Georganas, A., Giamouri, E., Pappas, A. C., Papadomichelakis, G., Galliou, F., Manios, T., Tsiplakou, E., Fegeros, K., & Zervas, G. (2020). Bioactive compounds in food waste: A review on the transformation of food waste to animal feed. *Foods*, 9(3), 291. <https://doi.org/10.3390/foods9030291>

Guo, Y. X., Yang, R. C., Duan, C. H., Wang, Y., Hao, Q. H., Ji, S. K., Yan, H., Zhang, Y. J., & Liu, Y. Q. (2023). Effect of dioscorea opposite waste on growth performance, blood parameters, rumen fermentation and rumen bacterial community in weaned lambs. *Journal of Integrative Agriculture*, 22(6), 1833-1846. <https://doi.org/10.1016/j.jia.2022.10.002>

Hasanzadeh Seyedi, A., Hosseinkhani, A., & Moradi, M. (2012). Study of nutritive value of bread waste and its effect on Sarabi steers performance. *Journal of Animal Production, Print*, 14(2), 31-41. <https://doi.org/10.22059/jap.2012.32040>

Hussein, A., Hassanein, H., El-Fadel, M., Phillip, Y., El-Badawy, M., El-Sanafawy, H. A., Khayyal, A., & Salem, A. Z. M. (2022). Dietary inclusion of restaurant food waste effects on nutrient digestibility, milk yield and its composition, blood metabolites of lactating Zaraibi goats, and their offspring performance. *Tropical Animal Health and Production*, 54, 185. <https://doi.org/10.1007/s11250-022-03189-5>

Luciano, A., Tretola, M., Ottoboni, M., Baldi, A., Cattaneo, D., & Pinotti, L. (2020). Potentials and challenges of former food products (food leftover) as alternative feed ingredients. *Animals*, 10(1), 125. <https://doi.org/10.3390/ani10010125>

McGuire, S. (2015). FAO, IFAD, and WFP. The State of Food insecurity in the World 2015: Meeting the 2015 International Hunger Targets: Taking Stock of Uneven Progress. Rome: FAO, 2015. *Advances in Nutrition (Bethesda, Md.)*, 6, 623-624. <https://doi.org/10.3945/an.115.009936>

Mohamed Thariq, M. G., Mufassara, M. I., & Mohamed Najim, M. M. (2024). Quantitative analysis of feeding kitchen food waste to domestic animals in rural and semi-urban areas from Sammanthurai Divisional Secretariat Division in Sri Lanka. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 13(4), 1-9. <https://doi.org/10.57647/ijrowa-j00z-1n69>

Moradi, M., Hosseinkhani, A., Alijani, S., & Daghigh Kia, H. (2012). Determination of the digestibility and degradation of restaurant waste using *in vivo*, nylon bags and gas production techniques. *Animal Production Research*, 1(3), 49-59. Retrieved from https://ar.guilan.ac.ir/article_256_25ad29fcfc98b864f203d9df8de1abc.pdf

Nakaishi, T., & Takayabu, H. (2022). Production efficiency of animal feed obtained from food waste in Japan. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 61187-61203. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-20221-1>

Narayanan, Y. (2019). Jugaad and informality as drivers of India's cow slaughter economy. *Environment and*

- Planning A: Economy and Space*, 51, 0308518X1985264. <https://doi.org/10.1177/0308518X19852640>
- NASEM. (2016). Nutrient Requirements of Beef Cattle. Eighth Rev. The National Academies Press, Washington, DC.
- Nassef, E., Abdo, W., Hegazi, S., Bakr, A., & Goda, W. (2015). Nutritional effects of household food wastes supplementation in sheep diet *Assiut Veterinary Medical Journal*, 61(146), 170-178.
- Nath, P. C., Ojha, A., Debnath, S., Sharma, M., Nayak, P. K., Sridhar, K., & Inbaraj, B. S. (2023). Valorization of food waste as animal feed: A step towards sustainable food waste management and circular bioeconomy. *Animals (Basel)*, 13(8), 1366. <https://doi.org/10.3390/ani13081366>
- Nguyen, D. D., Chang, S. W., Cha, J., Jeong, S. Y., Yoon, Y., Lee, S., Tran, M., & Ngo, H. (2017). Dry semi-continuous anaerobic digestion of food waste in the mesophilic and thermophilic modes: New aspects of sustainable management and energy recovery in South Korea. *Energy Conversion and Management*, 135, 445-452. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.12.030>
- Noziere, P., Glasser, F., & Sauvant, D. (2011). In vivo production and molar percentages of volatile fatty acids in the rumen: A quantitative review by an empirical approach. *Animal*, 5(3), 403-414. <https://doi.org/10.1017/S1751731110002016>
- Owens, F. N., & Basalan, M. (2016). Ruminant fermentation. *Rumenology*, 63-102. https://doi.org/10.1007/978-3-319-30533-2_3
- Pinotti, L., Luciano, A., Ottoboni, M., Manoni, M., Ferrari, L., Marchis, D., & Tretola, M. (2021). Recycling food leftovers in feed as opportunity to increase the sustainability of livestock production. *Journal of Cleaner Production*, 294, 126290. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126290>
- Rajeh, C., Saoud, I. P., Kharroubi, S., Naalbandian, S., & Abiad, M. G. (2021). Food loss and food waste recovery as animal feed: A systematic review. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 23(1), 1-17. <https://doi.org/10.1007/s10163-020-01102-6>
- Ramírez-Zúñiga, G., García-Castillo, R., Salinas-Chavira, J., Vega, A., Ruiloba, M., Hernández-Bustamante, J., Valdéz-Oyervides, A., & Fuentes-Rodríguez, J. (2014). Effect of feeding dining room and kitchen waste on growth performance of growing pigs. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17(2), 241-248.
- Salemdeeb, R., Zu Ermgassen, E. K., Kim, M. H., Balmford, A., & Al-Tabbaa, A. (2017). Environmental and health impacts of using food waste as animal feed: A comparative analysis of food waste management options. *Journal of Cleaner Production*, 140, 871-880. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.049>
- Schuit, B. J., Maasakkers, J. D., Bijl, P., Mahapatra, G., van den Berg, A. W., Pandey, S., Lorente, A., Borsdorff, T., Houweling, S., Varon, D. J., McKeever, J., Jervis, D., Girard, M., Irakulis-Loitxate, I., Gorroño, J., Guanter, L., Cusworth, D. H., & Aben, I. (2023). Automated detection and monitoring of methane super-emitters using satellite data. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 23(16), 9071-9098. <https://doi.org/10.5194/acp-23-9071-2023>
- Summers, J. D., Macleod, G. K., & Warner, W. C. (1980). Chemical composition of culinary wastes and their potential as a feed for ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 5(3), 205-214. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(80\)90030-9](https://doi.org/10.1016/0377-8401(80)90030-9)
- TeymourNezhad, N., Zahedifar, M., Nikkhah, A., & Fazaeli, H. (2007). Nutritive value of fruit and vegetable wastes in ruminants. *Pajouhesh & Sazandegi*, 20(3), 168-173 (In persian). <https://sid.ir/paper/19675/en>
- Tomczak, D. J., Samuelson, K. L., Jennings, J. S., & Richeson, J. T. (2019). Oral hydration therapy with water and bovine respiratory disease incidence affects rumination behavior, rumen pH, and rumen temperature in high-risk, newly received beef calves. *Journal of Animal Science*, 97(5), 2015-2024. <https://doi.org/10.1093/jas/skz102>
- Van Keulen, J., & Young, B. A. (1977). Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science*, 44(2), 282-287. <https://doi.org/10.2527/jas1977.442282x>
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Walker, P., Antas, A., & Olson, J. (2004). A dehydrated mixture containing food waste and wheat middlings serves as a protein and energy substitute in beef cow diets. *The Professional Animal Scientist*, 20(1), 39-45. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)31270-5](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)31270-5)
- Wanapat, M., Mapato, C., Pilajun, R., & Toburan, W. (2011). Effects of vegetable oil supplementation on feed intake, rumen fermentation, growth performance, and carcass characteristic of growing swamp buffaloes. *Livestock Science*, 135(1), 32-37. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.06.006>
- Wang, Y., Rassler, S., Stefanovski, D., Bender, J., Deutsch, J., Chen, T., Cui, Z., & Dou, Z. (2024). Evidence of animal productivity outcomes when fed diets including food waste: A systematic review of global primary data. *Resources, Conservation and Recycling*, 203, 107411. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.107411>
- Zhang, J., Shi, H., Wang, Y., Cao, Z., Yang, H., & Li, S. (2018). Effect of limit-fed diets with different forage to concentrate ratios on fecal bacterial and archaeal community composition in Holstein heifers. *Frontiers in Microbiology*, 9, 976. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00976>

Research Article

Vol. 18, No.2, 2026, p. 185-203



Evaluation of the Effect of Integrated Biochar and Fertilizer Management on Forage Corn (*Zea mays* L.) Yield and Quality

Seyed Jalil Davarpanah¹, Parviz Rezvani Moghaddam ^{1*}, Soroor Khorramdel ¹, Mehdi NassiriMahallati ¹, Jafar Nabati¹

1- Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

*Corresponding Author's Email: rezvani@um.ac.ir**How to cite this article:**

Received: 01-11-2025

Revised: 20-12-2025

Accepted: 05-01-2026

Available Online: 22-06-2026

Davarpanah, S. J., Rezvani Moghaddam, P., Khorramdel, S., Nassiri Mahallati, M., & Nabati, J. (2026). Evaluation of the effect of integrated biochar and fertilizer management on forage corn (*Zea mays* L.) yield and quality. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 18(2), 185-203. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/ijasr.2026.96295.1277>

Introduction: Corn (*Zea mays* L.) ranks alongside wheat and rice as a major staple crop, essential for its nutritional role and as a primary feed source for livestock. In Iran, forage corn production is pivotal to the livestock sector, with annual silage demand reaching approximately 15 million tons (Bazri *et al.*, 2021). Domestic production covers this requirement, but the system faces persistent sustainability challenges. Nitrogen use efficiency is low, around 29%, compared with a global mean of 33%, and this inefficiency drives both economic loss and environmental damage through nitrate leaching and water contamination (Kazemi *et al.*, 2018). Heavy reliance on chemical fertilizers, particularly urea, exacerbates these issues by endangering groundwater and raising health concerns, including methemoglobinemia and certain cancers (World Health Organization, 2017; Sidana *et al.*, 2023). Consequently, a transition toward sustainable practices has been proposed, involving the partial replacement of chemical inputs with organic amendments such as biochar and manure. These materials have been shown to enhance soil properties and reduce ecological risks (Gliessman, 2014; Kizilkaya, 2008). Biochar, produced by pyrolyzing plant residues under oxygen-limited conditions, is highly stable in soil, enhances fertility, and contributes to carbon sequestration (Darby *et al.*, 2024; Feng *et al.*, 2012). The present study examined forage yield and quality responses when biochar was combined with fertilizers and amendments, including cattle manure, slurry, and their mixtures.

Materials and Methods: The field experiment was conducted at the experimental station of Ferdowsi University of Mashhad during the 2021 and 2022 growing seasons. The study site is located in a semi-arid zone, with a mean annual temperature of 15.7°C and a mean yearly rainfall of 256 mm. A split-plot layout based on a randomized Complete Block Design (RCBD) with three replications was used. Main plots were biochar (applied or not), and subplots included seven fertilizer treatments: control (C), urea fertilizer (U), cattle manure (M), slurry (S), and three mixtures (UM, US, MS). Biochar was applied only in the first season at 20 t/ha, following earlier recommendations (Kabir *et al.*, 2023; Qiu *et al.*, 2024). Fertilizer rates were



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.2026.96295.1277>

adjusted to nitrogen equivalence: 340 kg/ha urea fertilizer, 50 ton/ha cattle manure, 60.15 m³/ha slurry. Slurry was prepared from cattle waste, fermented aerobically with *Bacillus*, and then sterilized with ozone. Before sowing, soil, biochar, and slurry samples were analyzed for their physicochemical properties. Corn was planted with pneumatic seeders at 143,000 plants/ha. Irrigation was applied via a drip tape to maintain a 60% depletion of field capacity. Urea treatments were split into equal applications at the 4-leaf, 6-leaf, and tasseling stages. Weeds were removed manually, and no pest or disease incidence was recorded. The indicators studied included corn forage yield and quality characteristics, such as neutral detergent insoluble fiber (NDF) and acidic detergent insoluble fiber (ADF), which measure the amount of cell wall and hemicellulose-free cell wall in the forage. Analysis of variance (ANOVA) was performed using SAS v9.1 software, and MS Excel 2019 was used for mathematical calculations and preparing figures. Mean comparisons were performed using the least significant difference (LSD) test at $P < 0.05$. An initial examination of the homogeneity of the error variances between the two years' data was performed using the Bartlett test. It was found that many traits did not exhibit homogeneity, so the data for each year were analyzed separately for variance.

Results and Discussion: Biochar combined with fertilizers significantly affected forage yield and quality. Biochar-amended plots showed improved soil structure and nutrient retention, consistent with earlier findings of enhanced water-holding capacity and microbial activity (Zhang *et al.*, 2009; Yuniwati, 2018; Liu *et al.*, 2024). Mixtures of manure and chemical fertilizers, particularly UM and MS, produced higher yields and improved forage quality traits: acid detergent fiber (ADF), neutral detergent fiber (NDF), total digestible nutrients (TDN), dry matter intake (DMI), and net energy for lactation (NEL), all critical for livestock feeding efficiency (Pedersen *et al.*, 2017). Evidence also indicates that manure–slurry combinations support microbial diversity and nutrient cycling (Zhang *et al.*, 2024; Wang *et al.*, 2024). Biochar's role in carbon stabilization and nitrogen retention is highly relevant in Iranian soils with low organic matter. Slurry provided readily available nitrogen, complementing the slower release from manure, ensuring a steady nutrient supply. Results indicated that biochar mitigated excess nitrogen, reducing the risk of nitrate contamination and related health issues (World Health Organization, 2017; Sidana *et al.*, 2023). Some reports (Darby *et al.*, 2024) noted limited yield effects from biochar alone, but in this experiment, its integration with amendments clearly enhanced both yield and forage quality. Mixing biochar with fertilizers thus improves forage corn output, decreases dependence on chemical inputs, and strengthens soil condition.

Conclusion: Integrating biochar with manure and chemical fertilizers improved forage yield and quality parameters, including ADF, NDF, TDN, DMI, and NEL. Biochar combined with manure and slurry mixtures reduced dependence on chemical fertilizers while enhancing soil properties. Therefore, integrated biochar and fertilizer management can be recommended as a sustainable strategy for forage corn production in semi-arid regions.

Keywords: Acid detergent fiber, Forage quality, Net energy for lactation, Neutral detergent fiber

ارزیابی تأثیر مدیریت تلفیقی بیوپار و منابع کودی مختلف بر عملکرد و شاخص‌های کیفی ذرت (*Zea mays* L.) علوفه‌ای

سید جلیل داورپناه^۱، پرویز رضوانی مقدم^{۱*}، سرور خرم دل^۱، مهدی نصیری محلاتی^۱، جعفر نباتی^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۱۵

چکیده

چالش‌های اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی، پایداری تولید ذرت (*Zea mays* L.) علوفه‌ای به عنوان نهاده مهم تولیدات دامی را تهدید می‌کند. این تحقیق به منظور بررسی امکان تولید پایدار ذرت علوفه‌ای با جایگزینی یا کاهش مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنه اجرا گردید. آزمایش در طی دو سال متوالی در قالب کرت‌های خردشده براساس طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد به طوری که کرت‌های اصلی شامل استفاده و عدم استفاده از بیوپار و کرت‌های فرعی شامل هفت سطح کودی شامل شاهد، کود اوره، کود گاوی، شیرابه دامی، ترکیب دوگانه کود شیمیایی و گاوی، ترکیب دوگانه کود شیمیایی و شیرابه دامی و همچنین ترکیب دوگانه کود گاوی و شیرابه دامی بودند. شاخص‌های مورد بررسی شامل عملکرد کمی و کیفی علوفه ذرت بود. نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایش از لحاظ عملکرد علوفه و کاهش درصد فیبر خام وجود داشت. همچنین ترکیب‌های مختلف کودهای گاوی و شیمیایی تأثیر مطلوبی بر شاخص‌های کیفی شامل درصد فیبر نامحلول در شوینده اسیدی و خنثی، کل مواد مغذی قابل هضم، ماده خشک مصرفی و انرژی ویژه شیردهی داشت. براساس یافته‌های آزمایش می‌توان ترکیب بیوپار با کودهای مختلف را بسته به شرایط محیطی و مدیریتی برای دستیابی به حداکثر کمیت و کیفیت علوفه مورد استفاده قرار داد.

واژه‌های کلیدی: انرژی ویژه شیردهی، فیبر نامحلول در شوینده اسیدی، فیبر نامحلول در شوینده خنثی، کیفیت علوفه

مقدمه

ذرت با نام علمی *Zea mays* L. یکی از سه محصول اصلی زراعی جهان در کنار گندم (*Triticum aestivum* L.) و برنج (*Oryza sativa* L.) ارزیابی می‌شود. ارزش غذایی بالای دانه و علوفه و به تبع آن، مصارف و کاربردهای گسترده آن باعث شده که ذرت با دارا بودن جایگاهی ویژه در تولیدات زراعی و دامی، نقشی بی‌بدیل در امنیت غذایی ایفا کند (Aller et al., 2018; Dehghani, 2024). براساس آمار رسمی وزارت جهاد کشاورزی، نیاز سالانه کشور به ذرت علوفه‌ای سیلویی در حدود ۱۵ میلیون تن است. با وجود اینکه تولید ملی این محصول به سطح خودکفایی رسیده، اما چالش‌های موجود در زمینه پایداری تولید همچنان جدی و

نگران‌کننده است (Bazri et al., 2021). یافته‌های برخی تحقیقات داخلی نشان داده است که به کارگیری برخی تکنیک‌های مدیریتی فنی زراعی و همچنین توصیه‌های تحقیقاتی، می‌تواند بهره‌وری نهاده‌ها علی‌الخصوص کود و آب را افزایش دهد. در این راستا، در مزارعی در کرمانشاه، استفاده از این توصیه‌ها سبب رشد ۱۶/۴ درصدی عملکرد علوفه و کاهش هزینه‌های تولید شد (Zarei et al., 2023).

ذرت گیاهی با نیاز بالا به نیتروژن (نیتروفیل) به حساب می‌آید و این نیاز معمولاً با کودهای شیمیایی نیتراتی همچون اوره تأمین می‌شود، با این حال، کارایی مصرف نیتروژن در سطح جهانی حدود ۳۳ درصد و در ایران ۲۹ درصد گزارش شده (Kazemi et al., 2018) که نشان‌دهنده اتلاف بالای این منبع تغذیه‌ای در کشت‌بوم‌های زراعی ذرت است. با توجه به حجم قابل توجه کود اوره مصرفی در تولید ذرت، بدیهی است که حتی افزایش یک درصدی کارایی مصرف نیتروژن می‌تواند مزایای اقتصادی و زیست‌محیطی قابل توجهی

۱- گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
(*)- نویسنده مسئول: (Email: rezvani@um.ac.ir)

داشته باشد.

کشاورزی پایدار برای کاهش وابستگی به نهاده‌های شیمیایی و استفاده از نهاده‌های سازگار با محیط زیست اهمیت ویژه‌ای قائل است (Gliessman, 2014; Kizilkaya, 2008).

بیوپار به‌عنوان یکی از این نهاده‌های بوم‌سازگار، ماده‌ای آلی حاصل از پیرولیز مواد آلی (بقایای گیاهی، دامی و کودهای آلی و نظایر این‌ها) است که به‌دلیل ساختار آروماتیک، در برابر تجزیه میکروبی در خاک مقاوم بوده و برای مدتی طولانی در خاک باقی می‌ماند (Darby et al., 2024). بیوپار با داشتن درصد بالای کربن پایدار، توانایی قابل قبولی در بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک دارد و می‌تواند سطح کربن آلی خاک را افزایش دهد (Feng et al., 2012; Dong et al., 2013). این مزیت برای خاک‌های بوم‌نظام‌های کشاورزی ایران که از نظر ماده آلی بسیار فقیر به‌شمار می‌آید، علاوه‌بر ارتقاء حاصل‌خیزی، به‌عنوان راهبرد مؤثری برای ترسیب کربن در خاک اهمیت دارد.

مصرف بی‌رویه کودهای نیتروژنه در کشت ذرت، مشکلاتی مانند آلودگی نیتراتی منابع آب و بیماری‌های گوارشی ایجاد کرده است (World Health Organization, 2017; Sidana et al., 2023).

مطالعات مختلفی نشان داده‌اند که ترکیب بیوپار با کودهای اوره و آلی می‌تواند بر خصوصیات خاک تأثیر سازنده‌ای داشته باشد، اگرچه ممکن است که در برخی موارد نیز تفاوتی قابل توجه و معنی‌دار در عملکرد علوفه مشاهده نشود (Darby et al., 2024). در ایران نیز یافته‌های تحقیقاتی، تأثیرات مشابهی برای بیوپار برشمرده‌اند. در پژوهشی نشان داده شد که بیوپار حاصل از کود مرغی سبب افزایش وزن خشک اندام هوایی و غلظت عناصر کم‌مصرف در ذرت علوفه‌ای شده و در نتیجه کارایی تولید و عملکرد محصول را افزایش داده و می‌تواند هزینه‌های تولید را کاهش دهد (Kazemi et al., 2018).

همچنین در پژوهشی دیگر نیز استفاده از بیوپار به‌همراه سطوح مختلف آبیاری، عملکرد ذرت علوفه‌ای را به‌میزان قابل توجهی بهبود داد (Bazri et al., 2021). مطالعات دیگری نیز تأثیرات مثبت بیوپار بر ظرفیت نگهداری آب خاک، کاهش تنش رطوبتی و بهبود فعالیت میکروبی را تأیید (Zhang et al., 2009; Yuniwati, 2018; Liu et al., 2024; Lavagi et al., 2024; Jagnade et al., 2022; Hu et al., 2024) و تأکید کرده‌اند که ترکیب بیوپار علاوه‌بر استفاده هم‌زمان با کودهای شیمیایی، در ترکیب با کودهای آلی مانند کمپوست و کود دامی نیز موجب افزایش تنوع میکروبی، بهبود تجزیه مواد آلی و ذخیره بیشتر کربن در خاک گردید (Zhang et al., 2024; Wang et al., 2024).

کودهای آلی دامی به‌عنوان قدیمی‌ترین کود مورد استفاده در کشاورزی، نقش مهمی در حفظ و ارتقاء عملکرد محصولات داشته‌اند (Singh et al., 2002). شیرابه دامی نیز به‌عنوان منبعی ارزان و قابل

دسترس برای تأمین نیتروژن شناخته می‌شود (Simon et al., 2017; Pedersen et al., 2015). پژوهش‌های مختلفی در کشت ذرت، برنج، سویا (Glycine max (L.) Merr) و مرکبات نشان داده‌اند که شیرابه دامی اثرات مثبت قابل توجهی داشت (Baradhan et al., 2022; Turabi et al., 2024; Kahandage et al., 2023; Imran, 2024).

اهمیت تولید ذرت علوفه‌ای در امنیت غذایی کشور در عین مواجهه با چالش‌های زیست‌محیطی ناشی از کارایی مصرف کم کودهای شیمیایی، در کنار پتانسیل مطلوب بیوپار و شیرابه دامی به‌عنوان ارتقادهنده و اصلاح‌کننده پایدار حاصلخیزی خاک، نیاز به پژوهشی جامع که ترکیب این نهاده‌ها را مورد بررسی قرار دهد را مورد تأکید قرار می‌دهد. فراتر از آن، با در نظر گرفتن وجود خلأ محسوس در ادبیات علمی کشور در زمینه ارزیابی جامع کیفیت علوفه تحت تأثیر بیوپار و شیرابه دامی، هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر استفاده از ترکیبات مختلف منابع کودی در حضور و عدم حضور بیوپار برای تولید علوفه ذرت و همچنین، بررسی ویژگی‌های کمی و کیفی علوفه تولیدی بود.

مواد و روش‌ها

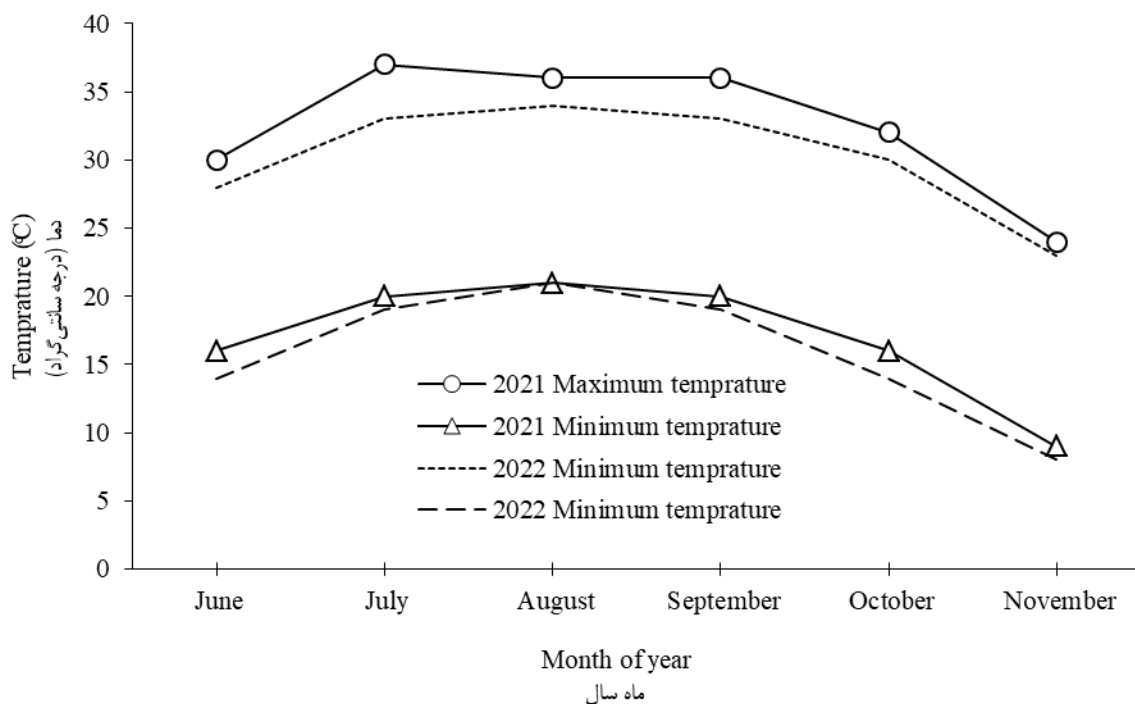
الف- محل اجرای آزمایش: پژوهش حاضر در دو سال زراعی ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در مزرعه آموزشی تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. اقلیم این منطقه در طبقه‌بندی کوپن با عنوان نیمه‌خشک (BSk) مشخص می‌شود. ارتفاع متوسط از سطح دریا ۹۸۵ متر، میانگین سالانه بارش ۲۵۶ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۵/۷ درجه سانتی‌گراد است، متوسط درجه حرارت طی دوره رشد در شکل ۱ نشان داده شده است.

طرح آماری و عامل‌های آزمایش: آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده برپایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی دو سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ اجرا شد. عامل اصلی بیوپار در دو سطح کاربرد و عدم کاربرد و عامل فرعی نیز انواع مختلف کود با هفت سطح شامل شاهد (C)، کود شیمیایی (U)، کود گاوی (M)، شیرابه دامی (S)، ترکیب دوگانه UM، ترکیب دوگانه US و همچنین ترکیب دوگانه MS بود.

روش تهیه شیرابه دامی: برای تهیه شیرابه دامی، ابتدا مایع استراتر شیرابه تهیه شد. به این منظور، مایه تلقیح باکتری‌های هوازی *Bacillus* را در بشکه‌ای ریخته و پس از مخلوط کردن آن با مقداری از بقایای جامد و مایع فضولات گاوی، شرایط هوازای برای مخلوط ایجاد گردید. در این راستا، جهت هوادهی بهینه و پیش‌برد بهتر و افزایش سرعت تکثیر جمعیت باکتری‌ها، به مدت دو هفته، روزانه در چند نوبت مخلوط توسط همزن دستی به هم زده شد. تغییرات

مخلوط استارتر نیز به صورت روزانه و با استفاده از دستگاه اوزون ژنراتور و تزریق گاز به مخلوط انجام شد. کلیه فرآیندهای مورد اشاره تا زمان ثابت شدن اسیدیته مخلوط ادامه پیدا کرد.

اسیدیته مایع استارتر به عنوان شاخصی از تغییرات جمعیت میکروبی در نظر گرفته شده و روزانه اندازه‌گیری گردید. تغییرات اسیدیته مخلوط از قلیایی به اسیدی و ایجاد مخلوطی همگن و غلیظ نشان‌دهنده حصول نتیجه مطلوب از ایجاد جمعیت میکروبی قابل قبول بود. ضد عفونی



شکل ۱- متوسط کمینه و بیشینه دمای محل اجرای آزمایش در سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲
Figure 1- Average minimum and maximum temperature of the test site in 2021 & 2022

مقدار مصرف این تیمارها با در نظر گرفتن مقادیری از کود گاوی و شیرابه دامی که معادل همان مقدار نیتروژن موجود در کود اوره باشد، استفاده گردید. مقدار مصرف اوره نیز براساس آزمون خاک و توصیه کودی برای گیاه ذرت تعیین گردید (جدول ۲).

براساس تحقیقات و مقالات مرتبط و با در نظر گرفتن مقدار معادل عناصر تغذیه‌ای، میزان مصرف بیوپار در سال اول ۲۰ تن در هکتار در نظر گرفته شد (Uzoma et al., 2011). پس از آن، کربندی انجام شده و تیمارهای کودی با در نظر گرفتن طرح آزمایشی و به صورت تصادفی به کرت‌های فرعی اختصاص داده شد. تیمارهای حاوی کودهای گاوی و بیوپار در کرت‌های مربوطه بر روی خاک ریخته شده و سپس با استفاده از دستگاه سیکلوتیلر و همچنین نیروی انسانی کاملاً با خاک مخلوط شدند. مساحت کرت‌های آزمایش ۱۴ مترمربع (۴×۳/۵ متر) بود و فاصله بین کرت‌ها و بلوک‌های مجاور ۱/۵ متر تعیین شد.

پس از آن، بقایای دفعی فضولات گاوی از گاوداری دانشگاه فردوسی مشهد جمع‌آوری و در بشکه‌ای ۲۰۰۰ لیتری ریخته شده و محلول استارتر به آن اضافه گردید. فرآیندهای تشریح شده برای تهیه استارتر، برای مخلوط جدید نیز به انجام رسید و پس از یک ماه، شیرابه تهیه شده نمونه‌گیری شده و به آزمایشگاه جهت تعیین مقدار درصد عناصر غذایی ارسال گردید. نتایج این آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

روش اجرای آزمایش و مدیریت زراعی: عملیات خاک‌ورزی و آماده‌سازی بستر در اردیبهشت‌ماه با گاوآهن برگردان‌دار و سپس دو بار دیسک عمود بر هم انجام شده و در نهایت با لولر سطح زمین تسطیح گردید. پس از آماده‌سازی بستر کاشت، نمونه‌هایی تصادفی توسط اگر تا عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری خاک جمع‌آوری شدند و همراه با کود گاوی و شیرابه دامی مورد تجزیه فیزیکی و شیمیایی قرار گرفتند (جدول ۱). براساس نتایج آزمایش خاک، میزان نیتروژن مورد نیاز برای کرت‌های آزمایش مشخص شد. با توجه به آنالیز میزان نیتروژن موجود در کود گاوی، شیرابه دامی و کود شیمیایی (اوره)،

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه، کود گاوی و شیرابه دامی مورد استفاده در آزمایش

Table 1- Physicochemical properties of the farm soil, cattle manure, and livestock leachate used in the experiment

	ویژگی	مقدار	ویژگی	مقدار	ویژگی	مقدار
	Property	Value	Property	Value	Property	Value
خاک Soil	شن Sand	% 40	کربن آلی Organic carbon	% 0.768	اسیدیته pH	7.72
	رس Clay	% 40	آهک Lime	% 40.15	هدایت الکتریکی EC	2.04 dS/m
	سیلت Silt	% 20	فسفر Phosphorus	% 0.3		
	نیتروژن Nitrogen	% 0.08	پتاسیم Potassium	% 0.31		
کود گاوی Cattle manure	نیتروژن Nitrogen	% 1.25	کربن آلی Organic carbon	16.2	اسیدیته pH	6.91
	فسفر Phosphorus	% 0.83	ماده آلی Organic matter	27.92	هدایت الکتریکی EC	9.4 dS/m
	پتاسیم Potassium	% 2.2	C.N	12.96 mg/kg		
شیرابه دامی Slurry	نیتروژن Nitrogen	% 2.6	کربن آلی Organic carbon	% 0.53	اسیدیته pH	6.84
	پتاسیم Potassium	% 0.3	فسفر Phosphorus	% 0.0393	هدایت الکتریکی EC	21.2 dS/m

جدول ۲- میزان نیتروژن موجود در کودهای مورد استفاده و مقدار استفاده هر کود در آزمایش

Table 2- Amount of nitrogen in fertilizing amendments and amount used (calculated) of each in the experiment

نوع کود Fertilizer type	درصد نیتروژن Nitrogen (%)	میزان مصرف Amount of use	توضیحات Description
اوره Urea	46	340 kg/ha ⁻¹	* میزان آزادسازی نیتروژن از کود دامی در هر سال ۲۵ درصد از کل نیتروژن آن می‌باشد (Gale et al., 2006)
کود گاوی Cattle manure	1.25	50 ton/ha ⁻¹	* آنالیز کودها در کشاورزی، دانشگاه مین:
بیوچار Biochar	-	20 ton/ha ⁻¹	* The rate of nitrogen release from manure is 25% of its total nitrogen per year (Gale et al., 2006)
شیرابه دامی Slurry	2.6	60.15 m ³ /ha ⁻¹	* Fertilizer Analysis in Agriculture, University of Maine * http://anlab.umesci.maine.edu/soillab_files/forms/Manure.pdf https://www.umass.edu/agriculture-food-environment/sites/ag.umass.edu/files/fact-sheets/pdf/ManureasaNutrientResource(11-37).pdf

رطوبت‌سنج و براساس تخلیه ۶۰ درصد ظرفیت زراعی خاک تنظیم گردید. مهار هفتگی علف‌های هرز تا زمان بسته‌شدن کامل تاج‌پوشش به‌صورت دستی انجام شد. با پایش مستمر وضعیت مزرعه، در دوره رشد گیاه، آفت یا بیماری خاصی مشاهده نگردید.

میزان مصرف تیمارهای آزمایش در سال دوم مشابه سال اول بود. بیوچار فقط در سال اول با مقدار ۲۰ تن در هکتار اعمال شد، در حالی که کود گاوی در سال دوم با توجه به مقدار از دسترس خارج شده و همچنین درصد میزان آزادسازی عناصر، به‌میزان ۵۰ درصد مقدار

بذر مورد استفاده در آزمایش، بذر وارداتی رقم هیدو (شرکت مای ترکیه) بود که با بذرکار پنوماتیک کاشته شد. کاشت بذرهای در نیمه خردادماه با فاصله بین ردیف‌ها ۷۰ سانتی‌متر و روی ردیف‌ها ۱۰ سانتی‌متر انجام گردید، بر این اساس، تراکم کاشت حدود ۱۴۳ هزار بوته در هکتار بود. تیمارهای کودهای شیمیایی و شیرابه دامی طی فصل رشد به‌صورت تقسیط‌شده در سه مرحله چهار برگی، شش برگی و مرحله ظهور تاسل مصرف شدند. آبیاری به‌صورت قطره‌ای و دور آبیاری با استفاده از دستگاه

الف. عملکرد کمی علوفه

عملکرد علوفه: نتایج نشان داد که در هر دو سال آزمایش، اثر بیوچار و تیمارهای کودی بر عملکرد علوفه ذرت معنی‌دار بود (جدول ۳). یافته‌های مربوط به سال ۱۴۰۰ نشان داد که کاربرد بیوچار سبب افزایش معنی‌دار عملکرد علوفه ذرت شد (شکل ۲)، به نحوی که عملکرد علوفه ذرت در شرایط کاربرد بیوچار ۱۷ درصد افزایش یافت. در این سال، در بین تیمارهای کودی کمترین عملکرد علوفه در گروه شاهد مشاهده شد، در حالی که بیشترین عملکرد علوفه ذرت به طور مشترک از تیمارهای کود شیمیایی و کود شیمیایی + شیرابه دامی به دست آمد (شکل ۲). در این سال، عملکرد علوفه ذرت در همه تیمارهای کودی در مقایسه با گروه شاهد افزایش نشان داد و بیشترین درصد افزایش به تیمار کود شیمیایی (۳ درصد) اختصاص داشت (شکل ۲).

در سال ۱۴۰۱، عملکرد علوفه ذرت در شرایط کاربرد بیوچار به طور معنی‌داری بیشتر بود (شکل ۲)، به نحوی که در این سال، تیمار بیوچار عملکرد علوفه را ۱۱ درصد افزایش داد. در این سال، در بین تیمارهای کودی نیز کمترین عملکرد علوفه ذرت به گروه شاهد اختصاص داشت، همچنین بیشترین عملکرد علوفه ذرت نیز از تیمار کود شیمیایی + شیرابه دامی به دست آمد (شکل ۲)؛ بیشینه و کمینه درصد افزایش عملکرد علوفه ذرت در مقایسه با گروه شاهد به ترتیب به تیمارهای کود شیمیایی + شیرابه دامی (۱۹ درصد) و کود شیمیایی (۸ درصد) اختصاص داشت (شکل ۲).

در مطالعات پیشین، استفاده از بیوچار در ترکیب با کودهای دامی و شیمیایی نشان داد که می‌تواند به بهبود عملکرد ذرت سیلویی کمک کند (Lentz et al., 2015). مصرف بیوچار به ویژه در شرایط تنش آبی موجب بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب و عناصر غذایی و در نتیجه افزایش عملکرد دانه و اجزای عملکرد ذرت می‌شود. در مطالعه چارخاب و همکاران (Charkhab et al., 2021)، کاربرد بیوچار سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و شاخص‌های رشدی ذرت شد.

بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که استفاده از کود گاوی، به ویژه در ترکیب با بیوچار و اوره، اثر قابل ملاحظه‌ای بر افزایش عملکرد ذرت سیلویی دارد. این اثر عمدتاً ناشی از نقش کود گاوی در ارتقاء خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله بهبود ساختار خاک، افزایش فعالیت میکروبی و ارتقاء ظرفیت نگهداری آب است. آزادسازی تدریجی عناصر غذایی توسط کود دامی، تأمین پایدار نیازهای تغذیه‌ای گیاه را ممکن ساخته و شرایط رشد مطلوب را فراهم می‌نماید. افزون بر این، افزایش ماده آلی خاک از طریق مصرف کود دامی، توانایی گیاه در جذب عناصر ضروری را تقویت کرده و در نهایت، به بهبود کمی و کیفی محصول منجر می‌شود (Young &

مصرفی سال اول مورد استفاده قرار گرفت. شایان ذکر است که مکان زمین آزمایشی در هر دو سال به منظور پیشگیری از اثر اختلاط کودهای مصرفی، بدون تغییر باقی مانده و تیمارها در سال دوم به همان کرت‌های متناظر سال قبل اختصاص پیدا کرد.

اندازه‌گیری‌ها: شاخص‌های مورد بررسی شامل عملکرد علوفه و ویژگی‌های کیفی علوفه ذرت نظیر مقدار فیبر نامحلول در مواد شوینده خنثی^۱ و فیبر نامحلول در مواد شوینده اسیدی^۲ بودند که معیاری از میزان دیواره سلولی و دیواره سلولی عاری از همی سلولز در علوفه هستند. پس از اینکه علوفه هر کرت به صورت جداگانه برداشت شد، هشت نمونه ۱۰۰ گرمی از علوفه برداشته و نمونه‌ها با هم ترکیب شدند. در نتیجه، نمونه نهایی از آن برای اندازه‌گیری‌های مربوطه به آزمایشگاه منتقل گردید. شاخص‌های کیفی مورد اشاره براساس روش ون سوست و همکاران (Van Soest et al., 1991) اندازه‌گیری شدند. در نهایت، کل مواد غذایی قابل هضم^۳، ماده خشک مصرفی^۴ و انرژی ویژه شیردهی^۵ نیز با استفاده از معادله‌های ۱ تا ۳ (Lithourgidis et al., 2006) محاسبه شدند.

$$TDN = (-1.29 \times ADF) + 101.35 \quad (1)$$

$$DMI = (120 / \%NDF \text{ dry matter basis}) \quad (2)$$

$$NEL = (1.044 - (.0119 \times \%ADF)) \times 2.205 \quad (3)$$

که در آن‌ها، TDN: کل مواد غذایی قابل هضم برحسب درصد از کل ماده خشک، DMI: ماده خشک مصرفی برحسب کیلوگرم در روز و NEL: ماده خشک مصرفی برحسب مگاژول بر کیلوگرم ماده خشک می‌باشد.

تجزیه و تحلیل آماری:

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS v9.1 انجام و برای محاسبات ریاضی و تهیه شکل‌ها از MS Excel 2019 استفاده شد. به منظور مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد استفاده گردید. پس از بررسی اولیه همگنی بین واریانس خطای داده‌های دو سال با استفاده از آزمون بارتلت، مشخص شد که بسیاری از صفات مورد مطالعه دارای همگنی بین واریانس خطا را دارا نبودند، بنابراین داده‌های هر سال به صورت مجزا مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند.

نتایج و بحث

- 1- Neutral detergent fiber
- 2- Acid detergent fiber
- 3- Total digestible nutrients
- 4- Dry matter intake
- 5- Net energy for lactation

سیلویی مورد استفاده قرار می‌گیرند. شیرابه دامی به دلیل غلظت بالای نیتروژن و عناصر غذایی، می‌تواند به بهبود عملکرد ذرت سیلویی کمک کند. در برخی از مطالعات، استفاده از شیرابه دامی منجر به کاهش نشت نیتروژن و بهبود جذب نیتروژن توسط گیاه شده است (Ahmed et al., 2019; Sherman et al., 2021). اوره نیز به عنوان یک کود شیمیایی نیتروژنی، تأثیر مثبتی بر عملکرد ذرت سیلویی دارد (Safdarian et al., 2014; Nilahyane et al., 2018).

(Sherman, 2024). کود دامی، به ویژه کود گاوی، به عنوان یک منبع نیتروژن مهم برای ذرت سیلویی شناخته می‌شود. تحقیقات نشان داده‌اند که کود دامی می‌تواند غلظت عناصر مغذی مانند مس، منگنز و نیتروژن را به طور قابل توجهی افزایش دهد و در نتیجه عملکرد محصول را بهبود بخشد. به عنوان مثال، استفاده از کود دامی باعث افزایش ۱/۳ برابری در غلظت نیتروژن و عملکرد ذرت سیلویی نسبت به گروه شاهد شد (Lentz & Ippolito, 2012). شیرابه دامی و اوره نیز به عنوان منابع نیتروژن در کشت ذرت

جدول ۳- تجزیه واریانس خصوصیات کمی علوفه ذرت در شرایط کاربرد تیمارهای مختلف در طی دوره‌های آزمایش
Table 3- ANOVA of corn forage yield under different treatments during the experiment years

منبع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares	
		عملکرد علوفه (۱۴۰۰) Forage yield (2021)	عملکرد علوفه (۱۴۰۱) Forage yield (2022)
بلوک Block (B)	2	**980484906	87764164 ^{ns}
بیوچار Biochar (A)	1	**4881119327	*122427724
خطای کرت اصلی B × A	2	551736	56484151
کود Fertilizing amendment (F)	6	**1761849703	**203727153
بیوچار × کود F × A	6	37377172 ^{ns}	83099837 ^{ns}
خطای کرت فرعی Error	24	44893855	44502970
ضریب تغییرات (%) CV (%)		4.9	6.3

ns, * و **: به ترتیب نشان‌دهنده غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد است.

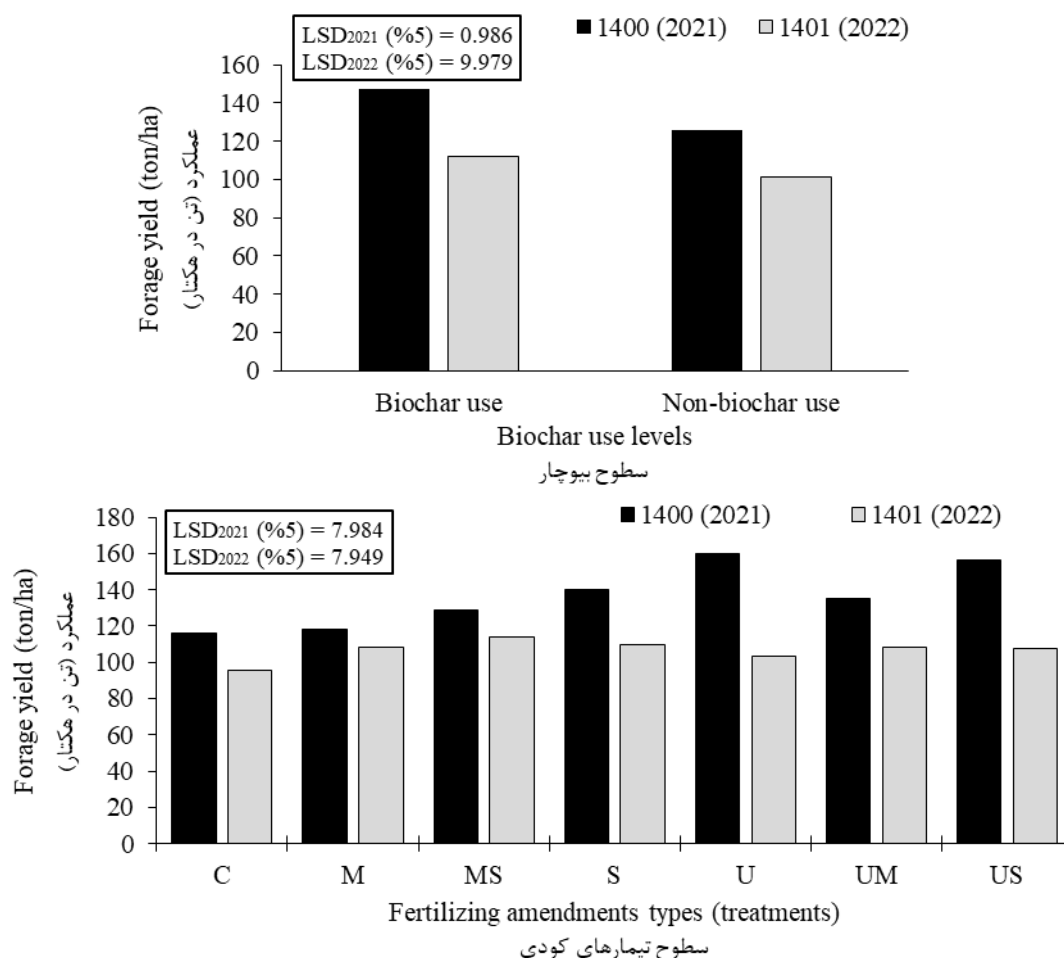
ns, * and **: indicate nonsignificant and significant at the one and five percent probability levels, respectively

۳۲ درصد) اختصاص داشت (شکل ۳).

نتایج نشان داد که در سال ۱۴۰۱، در شرایط کاربرد بیوچار بیشترین درصد فیبر نامحلول در شوینده اسیدی در تیمار کود گاوی به دست آمد، در حالی که در شرایط عدم کاربرد بیوچار بیشترین درصد فیبر نامحلول در شوینده اسیدی در گروه شاهد به دست آمد (شکل ۳). در این سال کاربرد بیوچار در مقایسه با عدم کاربرد بیوچار، درصد فیبر نامحلول در شوینده اسیدی را در همه سطوح تیمارهای کودی به جز تیمار کود گاوی کاهش یافت (۲۰ درصد افزایش). بیشترین کاهش شاخص مورد بررسی به تیمار شیرابه دامی (۲۴ درصد کاهش) اختصاص داشت. در شرایط عدم کاربرد بیوچار، درصد فیبر نامحلول در شوینده اسیدی در همه تیمارها در مقایسه با گروه شاهد کاهش یافت، بیشترین و حداقل کاهش به ترتیب به تیمارهای کود شیمیایی + شیرابه دامی (۳۲ درصد) و کود گاوی (۱۲ درصد) اختصاص داشت (شکل ۳).

ب- ویژگی‌های کیفی علوفه

فیبر نامحلول در مواد شوینده اسیدی: نتایج نشان داد که در سال ۱۴۰۰، اثر نوع کود مصرفی بر فیبر نامحلول در شوینده اسیدی معنی‌دار بود (جدول ۴). در سال ۱۴۰۱ نیز اثر اصلی بیوچار و اثر اصلی نوع کود و برهم‌کنش این دو عامل بر درصد فیبر نامحلول در شوینده اسیدی معنی‌دار بود (جدول ۴). در سال ۱۴۰۰، بیشترین درصد فیبر نامحلول در شوینده اسیدی از تیمار کود گاوی به ثبت رسید و در همین سال کمترین درصد آن از تیمار کود گاوی + شیرابه دامی به دست آمد (شکل ۳). در مقایسه با تیمار C (شاهد؛ عدم مصرف کود) تنها در تیمار کود گاوی، درصد فیبر نامحلول در شوینده اسیدی، افزایش نشان داد (۲ درصد) و در سایر تیمارها، درصد این شاخص نسبت به گروه شاهد کاهش پیدا کرد. در همین راستا، بیشترین کاهش شاخص مورد بررسی به تیمار کود شیمیایی + شیرابه دامی



شکل ۲- اثرات اصلی بیوچار (شکل بالا) و نوع کود بر عملکرد علوفه ذرت در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱

Figure 2- Main effects of biochar (top row) and fertilizer type on corn forage yield in 2021 and 2022

حروف نشان داده‌شده بر روی محور افقی، سطوح تیمارهای کودی و شامل C: شاهد، M: کود گاوی، MS: ترکیب دوگانه کود گاوی و شیرابه دامی، S: شیرابه دامی، U: کود شیمیایی اوره، UM: ترکیب دوگانه اوره و کود گاوی و US: ترکیب دوگانه اوره و شیرابه دامی هستند.

The letters shown on the horizontal axis are the levels of fertilizer treatments, which include C: for control, M: for Cattle manure, MS: for dual combination of cattle manure and slurry, S: for slurry, U: for urea chemical fertilizer, UM: for dual combination of urea and cattle manure, and US: for dual combination of urea and slurry.

نتیجه مواد نامحلول در شوینده اسیدی را کاهش می‌دهد (Ghasemi et al., 2018). همچنین بیان شده است که شیرابه دامی به‌عنوان یک منبع غنی از عناصر غذایی می‌تواند به بهبود کیفیت علوفه ذرت کمک کند. این ماده می‌تواند به افزایش محتوای پروتئین و کاهش فیبر نامحلول در شوینده اسیدی منجر شود که به‌نوبه خود به بهبود هضم و جذب عناصر غذایی در دام‌ها کمک می‌کند (Sun et al., 2023). در آزمایش حاضر نیز مشخص شد که به‌طور کلی عدم کاربرد کود یا کاربرد کود دامی، افزایش فیبر نامحلول در شوینده اسیدی را به دنبال داشت. از طرفی، کاربرد بیوچار باعث شد که فیبر نامحلول در شوینده اسیدی کاهش یابد.

نقش عوامل مختلف مانند بیوچار، کود دامی، اوره و شیرابه دامی بر میزان فیبر نامحلول در شوینده اسیدی ذرت از طریق تأثیر بر ترکیبات دیواره سلولی گیاهی مورد بررسی قرار می‌گیرد. به‌عنوان مثال، نتایج یک مطالعه نشان داد که افزایش مصرف نیتروژن تا سطح ۱۸۴ کیلوگرم در هکتار باعث کاهش معنی‌دار فیبر نامحلول در شوینده اسیدی و شوینده خنثی شد (Dolatmend Shahri & Tahmasbi, 2016). این کاهش احتمالاً ناشی از بهبود سنتز پروتئین و کاهش تجمع دیواره سلولی لیگنوسلولزی است. پژوهشگران بیان کردند که کود دامی با آزادسازی تدریجی نیتروژن باعث افزایش سنتز پروتئین در گیاه می‌شود. این فرآیند نسبت بخش‌های لیگنوسلولزی (مانند ساقه) به بخش‌های پروتئینی (مانند برگ) را کاهش داده و در

جدول ۴- تجزیه واریانس خصوصیات کیفی علوفه ذرت در شرایط کاربرد تیمارهای مختلف در طی دوره‌های آزمایش

Table 4- ANOVA of corn forage quality characteristics under different treatments during the experiment years

منبع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	2021					2022				
		میانگین مربعات Mean of squares									
		Acid Detergent Fiber	Neutral Detergent Fiber	Total Digestible Nutrients	Dry Matter Intake	Net Energy for Lactation	Acid Detergent Fiber	Neutral Detergent Fiber	Total Digestible Nutrients	Dry Matter Intake	Net Energy for Lactation
بلوک Block (B)	2	4.6 ^{ns}	99.54 ^{ns}	4.6 ^{ns}	99.5 ^{ns}	4.6 ^{ns}	3.83 ^{ns}	0.93 ^{ns}	3.83 ^{ns}	4.6 ^{ns}	99.54 ^{ns}
بیوچار Biochar (A)	1	503 ^{ns}	135.25 ^{ns}	501 ^{ns}	135 ^{ns}	504 ^{ns}	*412	*200	*412	503 ^{ns}	135.25 ^{ns}
خطای کرت اصلی B × A	2	154	42.02	151	42	155	5.48	3.31	5.48	154	42.02
کود Fertilizer type (F)	6	*220	*106.4	*219	*108	*221	**148	**78.2	**148	*220	*106.4
بیوچار × کود F × A	6	48.4 ^{ns}	82.11 ^{ns}	48 ^{ns}	82 ^{ns}	48.3 ^{ns}	**345	**594	**345	48.4 ^{ns}	82.11 ^{ns}
خطای کرت فرعی Error	24	73.9	43.11	73.83	43.01	73.9	6.13	3.08	6.13	73.9	43.11
ضریب تغییرات (%) CV (%)	-	24.2	16.6	24.4	16.9	2.24	6.8	4.3	6.8	24.2	16.6

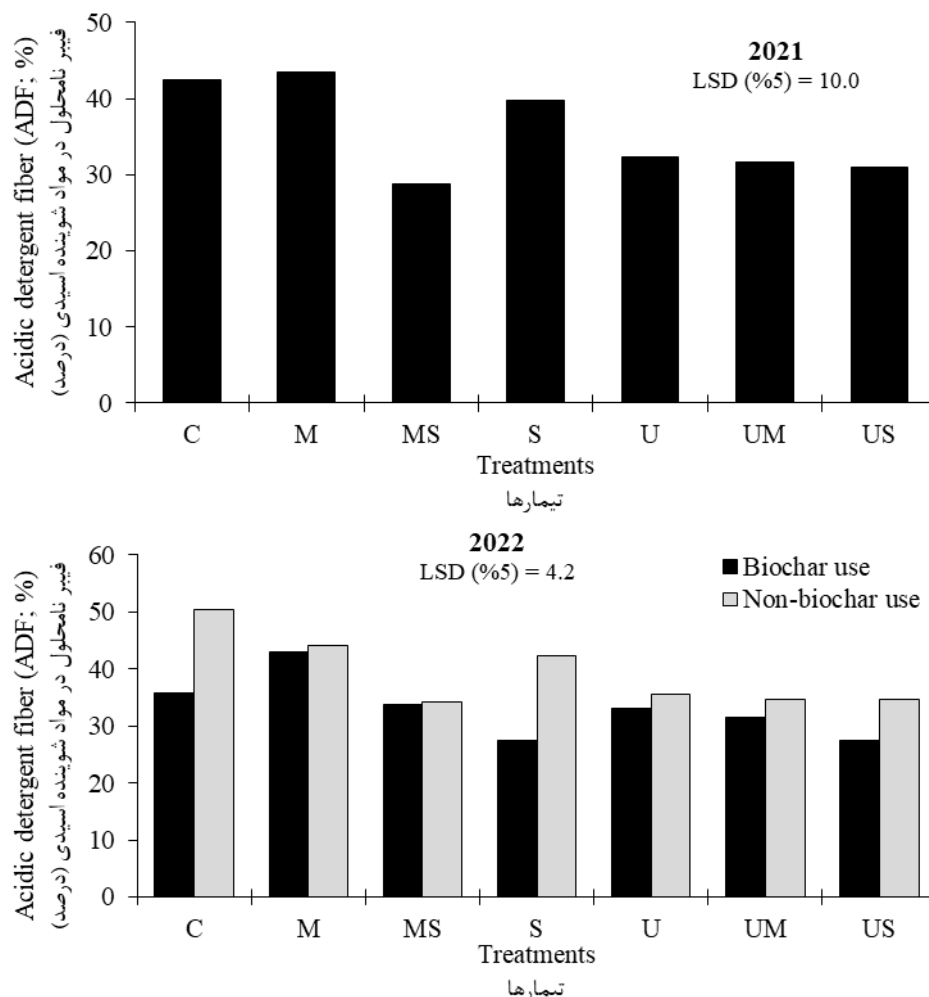
اندیس‌های ns، * و **: به ترتیب نشان‌دهنده غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد است.

ns, * and **: superscripts indicate nonsignificant and significant at the one and five percent probability levels, respectively

شیرابه دامی به دست آمد، درحالی‌که در شرایط عدم مصرف بیوچار، بیشترین درصد فیبر نامحلول در شوینده خنثی از تیمار کود شیمیایی + کود گاوی حاصل شد (شکل ۴). در این سال در شرایط عدم کاربرد بیوچار و در مقایسه با گروه شاهد (عدم مصرف کود) درصد فیبر نامحلول در شوینده خنثی در تیمارهای کود گاوی، کود شیمیایی + کود گاوی و کود شیمیایی + شیرابه دامی به ترتیب ۳، ۱۹ و ۱۰ درصد کاهش نشان داد، در حالی‌که درصد فیبر نامحلول در شوینده خنثی در تیمارهای کود گاوی، کود گاوی + شیرابه دامی و کود شیمیایی به ترتیب ۲۴، ۱۶ و ۱۶ درصد افزایش یافت.

فیبر نامحلول در مواد شوینده خنثی: در هر دو سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ اثر بیوچار، اثر تیمارهای کودی و اثر متقابل بیوچار و نوع کود بر درصد فیبر نامحلول در شوینده خنثی معنی‌دار بود (جدول ۴). براساس نتایج، در سال ۱۴۰۰ بیشترین درصد فیبر نامحلول در شوینده خنثی به‌طور مشترک از تیمارهای کود شیمیایی و کود کود شیمیایی + کود گاوی به دست آمد (شکل ۴). در سال ۱۴۰۰، درصد فیبر نامحلول در شوینده خنثی در تیمارهای کود گاوی، شیرابه دامی و کود شیمیایی + شیرابه دامی در مقایسه با شاهد، به ترتیب ۱۰، ۲ و ۱۰ درصد کاهش نشان داد؛ درحالی‌که این صفت در شرایط مصرف بیوچار در تیمارهای کود شیمیایی + شیرابه دامی، کود شیمیایی و کود شیمیایی + کود گاوی به ترتیب ۳، ۱۸ و ۱۴ درصد در مقایسه با گروه شاهد افزایش نشان داد (شکل ۴).

نتایج نشان داد که در سال ۱۴۰۱ در شرایط کاربرد بیوچار، بیشترین درصد فیبر نامحلول در شوینده خنثی از تیمار کود گاوی +



شکل ۳- فیبر نامحلول در مواد شوینده اسیدی در تیمارهای کودی در سال ۱۴۰۰ و برهم‌کنش بیوجار × کود در سال ۱۴۰۱

Figure 3- ADF in treatments in 2021 and biochar × fertilizer interaction in 2022

حروف نشان داده‌شده بر روی محور افقی، سطوح C: شاهد، M: کود گاوی، MS: ترکیب دوگانه کود گاوی و شیرابه دامی، S: شیرابه دامی، U: کود شیمیایی اوره، UM: ترکیب دوگانه اوره و کود گاوی و US: ترکیب دوگانه اوره و شیرابه دامی هستند.

The letters shown on the horizontal axis are the levels of fertilizer treatments, which include C: for control, M: for Cattle manure, MS: for dual combination of cattle manure and slurry, S: for slurry, U: for urea chemical fertilizer, UM: for dual combination of urea and cattle manure, and US: for dual combination of urea and slurry.

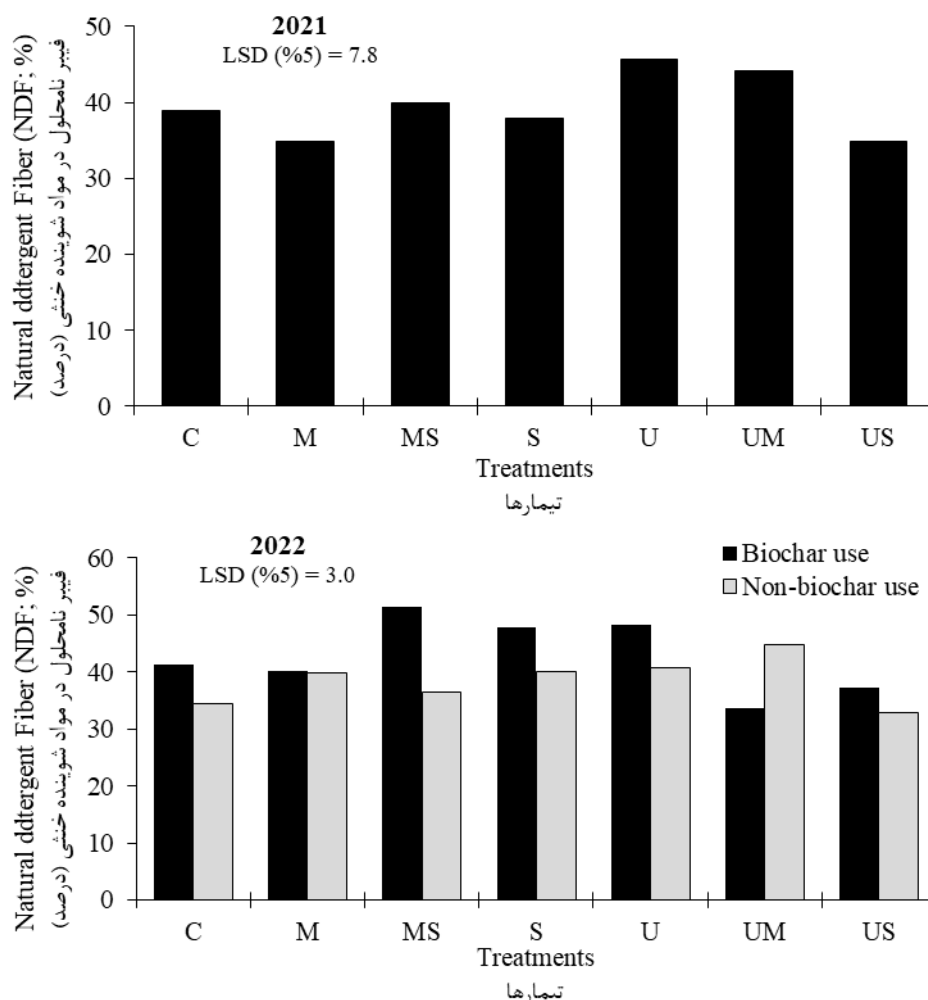
جذب عناصر غذایی در دام‌ها کمک می‌کند (Lithourgidis *et al.*, 2006, Liu *et al.*, 2024).

تحقیقات در مورد نقش استفاده از کود اوره در ذرت نشان داده است که اوره به‌عنوان یک منبع نیتروژن می‌تواند به بهبود فرآیند تخمیر و افزایش قابلیت هضم علوفه کمک کند. استفاده از اوره در ترکیب با شیرابه دامی و کود دامی می‌تواند به کاهش فیبر نامحلول در شوینده خنثی منجر شود (Muhammad & Saleem, 2008). از سوی دیگر، پژوهشگران گزارش کردند که بیوجار به‌عنوان یک اصلاح‌کننده خاک می‌تواند به بهبود ساختار خاک و افزایش فعالیت

در تیمار کاربرد بیوجار اما نتایج یکسان نبود، به‌نحوی که تنها در تیمار کود شیمیایی + شیرابه دامی، درصد فیبر نامحلول در شوینده خنثی نسبت به گروه شاهد (C) کاهش نشان داد (۵ درصد) و در سایر تیمارها درصد فیبر نامحلول در شوینده خنثی در مقایسه با گروه شاهد افزایش یافت؛ بیشترین درصد افزایش نیز به تیمار کود شیمیایی + کود گاوی (۳۰ درصد) اختصاص داشت (شکل ۴). گزارش شده است که کود دامی به‌عنوان یک منبع غنی از مواد آلی و مغذی عمل می‌کند که می‌تواند به افزایش کیفیت علوفه و کاهش فیبر نامحلول در شوینده‌های خنثی منجر شود. این افزایش کیفیت به بهبود هضم و

به افزایش فعالیت میکروبی در روده و بهبود فرآیند تخمیر کمک کند، که به نوبه خود به کاهش فیبر نامحلول در شوینده خنثی منجر می شود (Roman-Garcia et al., 2021; Ferreira et al., 2023)

میکروبی کمک کند. این امر می تواند منجر به افزایش قابلیت هضم فیبر نامحلول در شوینده خنثی علوفه ذرت شود. تحقیقات نشان داده اند که افزایش قابلیت هضم علوفه ناشی از کاربرد بیوچار می تواند



شکل ۴- فیبر نامحلول در مواد شوینده خنثی در تیمارهای کودی در سال ۱۴۰۰ و برهم کنش بیوچار × کود در سال ۱۴۰۱

Figure 4- NDF in treatments in 2021 and biochar × fertilizer interaction in 2022

حروف نشان داده شده بر روی محور افقی، سطوح تیمارهای کودی و شامل C: شاهد، M: کود گاوی، MS: ترکیب دوگانه کود گاوی و شیرابه دامی، S: شیرابه دامی، U: کود شیمیایی اوره، UM: ترکیب دوگانه اوره و کود گاوی و US: ترکیب دوگانه اوره و شیرابه دامی هستند.

The letters shown on the horizontal axis are the levels of fertilizer treatments, which include C for control, M for Cattle manure, MS for dual combination of cattle manure and slurry, S for slurry, U for urea chemical fertilizer, UM for dual combination of urea and cattle manure, and US for dual combination of urea and slurry.

شد (شکل ۵). در سال ۱۴۰۰، به جز تیمار کود دامی که در مقایسه با گروه شاهد (C) درصد عناصر غذایی قابل هضم کاهش یافت (۳ درصد)؛ در سایر تیمارهای مورد ارزیابی، درصد عناصر غذایی قابل هضم نسبت به گروه شاهد افزایش نشان داد و در این بین، بیشترین درصد افزایش به تیمار کود شیمیایی + شیرابه دامی (۳۸ درصد) اختصاص داشت (شکل ۵).

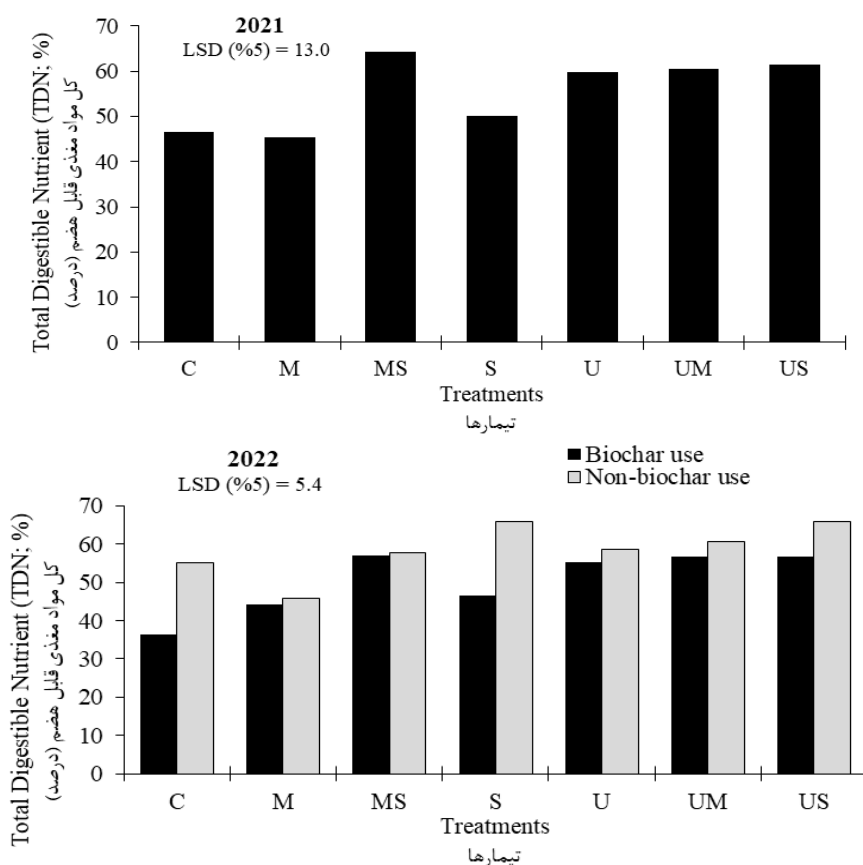
در سال ۱۴۰۱ در تیمار کاربرد بیوچار، بیشترین درصد عناصر

کل مواد مغذی قابل هضم (TDN): اثر کود مصرفی در سال ۱۴۰۰ در سطح احتمال پنج درصد و اثر اصلی بیوچار، اثر اصلی کود و اثر برهم کنش این دو عامل در سال ۱۴۰۱ بر کل عناصر غذایی قابل هضم معنی دار بود (جدول ۴). نتایج نشان داد که در سال ۱۴۰۰ در بین تیمارهای کودی، بیشترین درصد عناصر غذایی قابل هضم از تیمار کود گاوی + شیرابه دامی به دست آمد (شکل ۵). در این سال، کمترین درصد عناصر غذایی قابل هضم در تیمار کود گاوی مشاهده

نتایج تحقیقات مختلف نشان می‌دهد که استفاده از کود دامی به‌طور معنی‌داری موجب افزایش درصد ماده خشک قابل هضم و کل مواد قابل هضم علوفه ذرت می‌شود. این اثر به‌دلیل بهبود ساختار خاک، افزایش مواد آلی و تأمین تدریجی عناصر غذایی (به‌ویژه نیتروژن) است که رشد و کیفیت علوفه را ارتقاء می‌دهد (Baghdadi *et al.*, 2016). همچنین گزارش شده است که شیرابه دامی به‌عنوان یک منبع غنی از عناصر غذایی می‌تواند به بهبود کیفیت علوفه و افزایش محتوای پروتئین کمک کند. این بهبود کیفیت می‌تواند به افزایش قابلیت هضم علوفه ذرت منجر شود.

افزایش فعالیت میکروبی: شیرابه دامی می‌تواند فعالیت میکروبی در روده را افزایش دهد، که این امر به بهبود فرآیند تخمیر و در نتیجه افزایش قابلیت هضم علوفه کمک می‌کند (Hanušovský *et al.*, 2018). در مطالعه حاضر نیز کاربرد کود دامی و شیرابه

غذایی قابل هضم به‌طور مشترک از تیمارهای کود گاوی + شیرابه دامی و کود شیمیایی + شیرابه دامی، کود شیمیایی + کود گاوی و کود شیمیایی به دست آمد، در شرایط عدم مصرف بیوپچار نیز بیشترین درصد عناصر غذایی قابل هضم به‌طور مشترک از تیمارهای شیرابه دامی و کود شیمیایی + شیرابه دامی حاصل شد (شکل ۵). نتایج نشان داد که در سال ۱۴۰۰ در تیمار کاربرد بیوپچار، درصد مواد غذایی قابل هضم در تمامی تیمارها به‌جز تیمار کود گاوی (۱۷ درصد کاهش) نسبت به گروه شاهد (C) افزایش یافت؛ در این میان بیشترین درصد افزایش به تیمارهای شیرابه دامی و کود شیمیایی + شیرابه دامی (۲۰ درصد افزایش) تعلق داشت. در شرایط عدم کاربرد بیوپچار در تمامی تیمارهای مورد ارزیابی، درصد عناصر غذایی قابل هضم نسبت به گروه شاهد (C) افزایش یافت، با این توضیح که بیشترین و کمترین درصد کاهش به‌ترتیب در تیمارهای کود گاوی + شیرابه دامی (۵۸ درصد) و کود گاوی (۲۲ درصد) ثبت شد (شکل ۵).



شکل ۵- مواد مغذی قابل هضم در تیمارهای کودی در سال ۱۴۰۰ و برهم‌کنش بیوپچار × کود در سال ۱۴۰۱

Figure 5- NDF in treatments in 2021 and biochar × fertilizer interaction in 2022

حروف نشان داده‌شده بر روی محور افقی، سطوح تیمارهای کودی و شامل C: شاهد، M: کود گاوی، MS: ترکیب دوگانه کود گاوی و شیرابه دامی، S: شیرابه دامی، U: کود شیمیایی اوره، UM: ترکیب دوگانه اوره و کود گاوی و US: ترکیب دوگانه اوره و شیرابه دامی هستند.

The letters shown on the horizontal axis are the levels of fertilizer treatments, which include C: for cattle manure, M: for cattle manure, MS: for dual combination of cattle manure and slurry, S: for slurry, U: for urea chemical fertilizer, UM: for dual combination of urea and cattle manure, and US: for dual combination of urea and slurry.

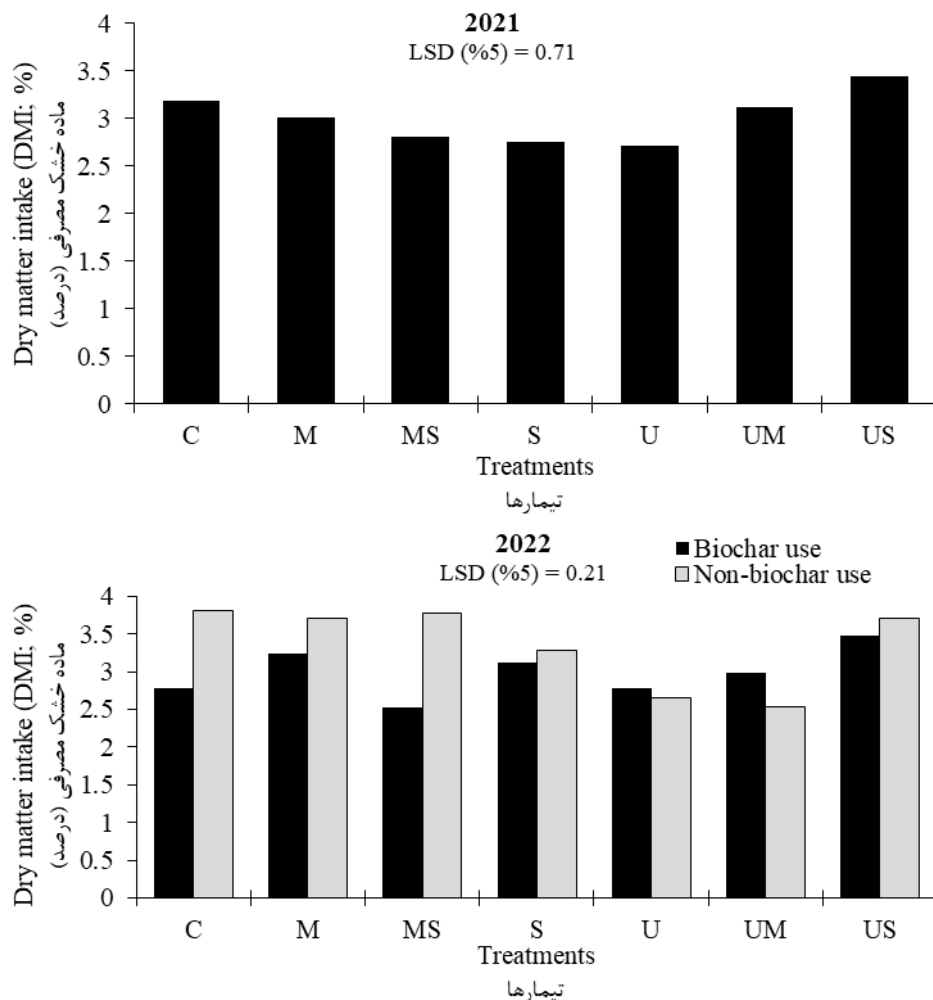
نتایج نشان داد که در شرایط عدم کاربرد بیوپار در مقایسه با گروه شاهد (عدم مصرف کود)، در تیمار کود شیمیایی شاخص ماده خشک مصرفی تغییری نشان نداد، در تیمار کود گاوی + شیرابه دامی کاهش (۹ درصد) نشان داد و در سایر تیمارها افزایش یافت. در تیمار کاربرد بیوپار، شاخص ماده خشک مصرفی در همه تیمارهای مورد بررسی نسبت به گروه شاهد کاهش یافت، با این توضیح که بیشترین و کمترین درصد کاهش به ترتیب به تیمارهای کود شیمیایی + کود گاوی (۳۳ درصد) و کود گاوی + شیرابه دامی (۱ درصد) اختصاص داشت.

انرژی ویژه شیردهی (NEL): نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمارهای کودی در سال ۱۴۰۰ و اثرات اصلی بیوپار و کود و برهم‌کنش بیوپار × کود در سال ۱۴۰۱ بر انرژی ویژه شیردهی معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج مشخص کرد که در سال ۱۴۰۰، تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای کودی مورد بررسی از نظر انرژی ویژه شیردهی وجود داشت. کود شیمیایی + شیرابه دامی بیشترین و تیمار کود گاوی کمترین انرژی ویژه شیردهی را به خود اختصاص دادند (شکل ۷). در این سال در مقایسه با گروه شاهد به‌جز تیمار کود گاوی (۲ درصد کاهش)، انرژی ویژه شیردهی سایر تیمارها افزایش نشان داد؛ بیشترین افزایش به تیمار کود گاوی + شیرابه دامی (۳۰ درصد) و کمترین افزایش به تیمار شیرابه دامی (۶ درصد) تعلق داشت (شکل ۷).

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که کاربرد بیوپار به‌تنهایی و در ترکیب با کودهای آلی و شیمیایی و ترکیب‌های مختلف آن‌ها، عملکرد علوفه ذرت را بهبود بخشید. تیمارهای با کاربرد بیوپار در مقایسه با شاهد، عملکرد علوفه را افزایش داد که استفاده توانمند کودهای آلی و شیمیایی می‌تواند سبب اثرات مثبتی بر کیفیت علوفه باشد. کاربرد ترکیبی کود دامی و شیمیایی موجب کاهش درصد فیبر خام، بهبود قابلیت هضم و ارتقاء شاخص‌های تغذیه‌ای شد. بنابراین به نظر می‌رسد که استفاده از بیوپار در کنار مصرف کودهای رایج نیتروژنه برای تولید ذرت نه‌تنها سبب بهبود ارزش غذایی علوفه می‌شود، بلکه می‌تواند زمینه‌ساز استفاده بهینه از منابع کودی و کاهش وابستگی به کودهای شیمیایی پرهزینه و پرخطر باشد. در مجموع، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که استفاده از ترکیب بیوپار با کودهای آلی و شیمیایی می‌تواند از راهکارهای کارآمد در مدیریت پایدار تولید ذرت علوفه‌ای باشد و در برنامه‌های کشاورزی با رویکرد حفظ محیط‌زیست و ارتقاء بهره‌وری منابع مورد توجه قرار گیرد.

نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که کود دامی با افزایش محتوای نیتروژن خاک، به‌طور معنی‌داری موجب افزایش محتوای نیتروژن (و در نتیجه پروتئین خام) علوفه ذرت می‌شود (Nilahyane et al., 2018). مصرف کود دامی، نیتروژن را به‌شکل تدریجی و ماندگار در اختیار گیاه قرار می‌دهد و این مسئله به بهبود تغذیه نیتروژنی ذرت و افزایش غلظت نیتروژن در بافت علوفه منجر می‌شود. مطالعات نشان داده‌اند که کاربرد کود دامی به‌ویژه در سیستم‌های کشت مخلوط یا همراه با کود شیمیایی سبب افزایش قابل توجه غلظت پروتئین و نیتروژن در علوفه ذرت می‌گردد (Najafi et al., 2013). همچنین این افزایش در شرایط مدیریت بهینه آب و خاک‌ورزی مؤثرتر است و می‌تواند کیفیت علوفه را از نظر ارزش غذایی برای دام بهبود بخشد (Abbasdokht et al., 2021). استفاده از کود دامی به‌طور قابل توجهی محتوای نیتروژن خاک را افزایش می‌دهد. این امر به‌دلیل آزادسازی تدریجی نیتروژن از مواد آلی موجود در کود دامی است که باعث بهبود تغذیه گیاه می‌شود (Zoui et al., 2023). در یک مطالعه، کاربرد کود دامی به همراه سیستم‌های خاک‌ورزیمنجر به افزایش کارایی استفاده از نیتروژن و بهبود عملکرد محصول ذرت گردید. این سیستم‌ها همچنین باعث افزایش محتوای نیتروژن دانه و علوفه شدند (Delgado et al., 2024). همانند مطالعات مذکور، در آزمایش حاضر نیز کاربرد کود دامی، افزایش محتوای نیتروژن اندام هوایی را در پی داشت.

ماده خشک مصرفی (DMI): اثر تیمارهای کودی در سال ۱۴۰۰ و در سال ۱۴۰۱، اثر اصلی بیوپار، اثر اصلی کود و اثر متقابل بیوپار × کود بر شاخص ماده خشک مصرفی معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج نشان داد که در سال ۱۴۰۰، بیشترین شاخص ماده خشک مصرفی از تیمار کود شیمیایی به دست آمد، در همین سال کمترین شاخص ماده خشک مصرفی به‌طور مشترک در تیمارهای کود گاوی + شیرابه دامی، شیرابه دامی و کود شیمیایی مشاهده شد (شکل ۶). در این سال و در مقایسه با گروه شاهد (C)، شاخص ماده خشک مصرفی در تیمار کود شیمیایی + شیرابه دامی ۸ درصد افزایش نشان داد و این در حالی است که در سایر تیمارها، شاخص ماده خشک مصرفی در مقایسه با گروه شاهد کاهش یافت، به‌نحوی که بیشترین و کمترین درصد کاهش به ترتیب به تیمارهای کود شیمیایی (۱۵ درصد) و کود شیمیایی + کود گاوی (۲ درصد) تعلق داشت (شکل ۶). در سال ۱۴۰۱، بیشترین شاخص ماده خشک مصرفی در شرایط کاربرد بیوپار و تیمار کود شیمیایی + کود گاوی به دست آمد و کمترین شاخص ماده خشک مصرفی نیز در تیمار کود گاوی + شیرابه دامی به ثبت رسید (شکل ۶). در شرایط عدم کاربرد بیوپار، بیشترین و کمترین شاخص ماده خشک مصرفی به ترتیب به تیمارهای گروه شاهد و کود شیمیایی + کود گاوی اختصاص داشت (شکل ۶).

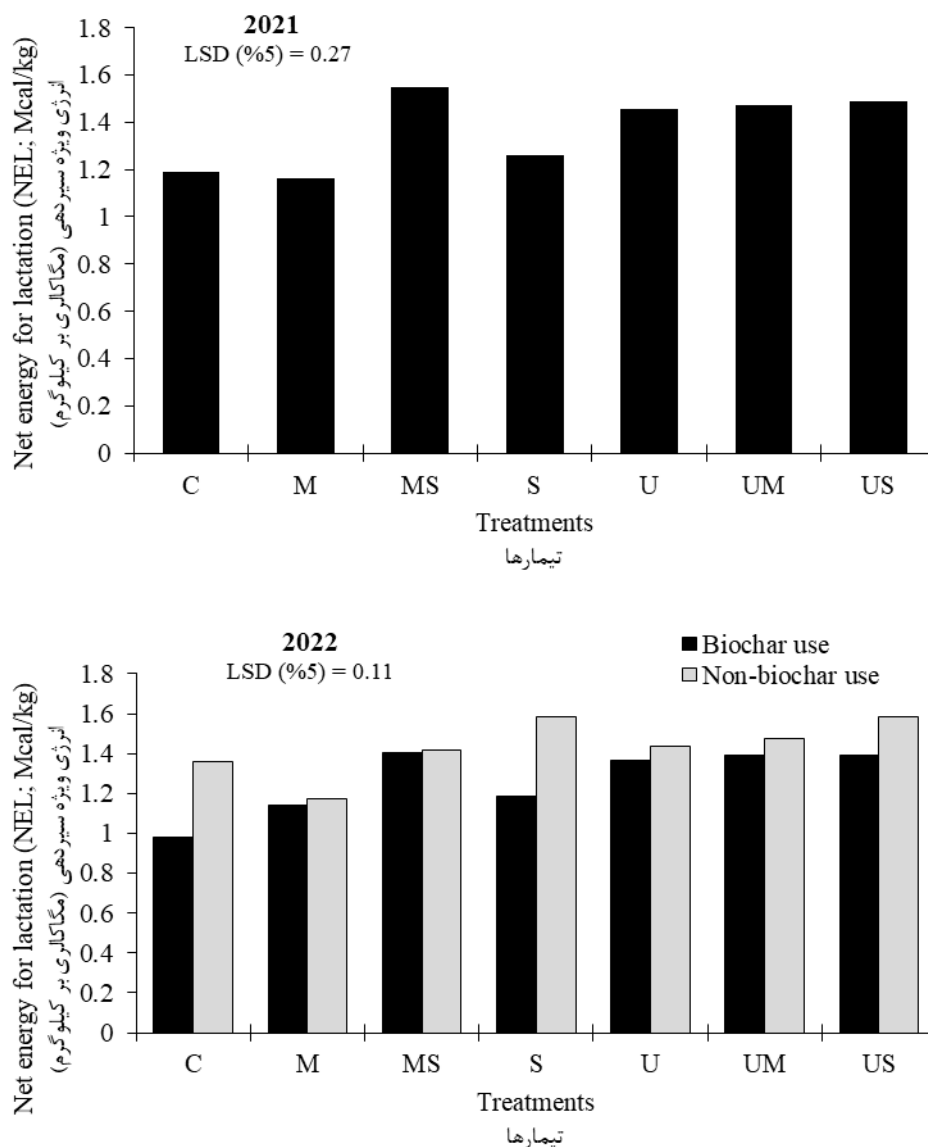


شکل ۶- شاخص ماده خشک مصرفی در تیمارهای کودی در سال ۱۴۰۰ و برهم‌کنش بیوجار × کود در سال ۱۴۰۱

Figure 6- DMI in treatments in 2021 and biochar × fertilizer interaction in 2022

حروف نشان داده شده بر روی محور افقی، سطوح تیمارهای کودی و شامل C: شاهد، M: کود گاوی، MS: ترکیب دوگانه کود گاوی و شیرابه دامی، S: شیرابه دامی، U: کود شیمیایی اوره، UM: ترکیب دوگانه اوره و کود گاوی و US: ترکیب دوگانه اوره و شیرابه دامی هستند.

The letters shown on the horizontal axis are the levels of fertilizer treatments, which include C: for control, M: for Cattle manure, MS: for dual combination of cattle manure and slurry, S: for slurry, U: for urea chemical fertilizer, UM: for dual combination of urea and cattle manure, and US: for dual combination of urea and slurry.



شکل ۷- انرژی ویژه شیردهی در تیمارهای کودی در سال ۱۴۰۰ و برهم کنش بیوچار × کود در سال ۱۴۰۱

Figure 7- NEL in treatments in 2021 and biochar × fertilizer interaction in 2022

حروف نشان داده شده بر روی محور افقی، سطوح تیمارهای کودی و شامل C: شاهد، M: کود گاوی، MS: ترکیب دوگانه کود گاوی و شیرابه دامی، S: شیرابه دامی، U: کود شیمیایی اوره، UM: ترکیب دوگانه اوره و کود گاوی و US: ترکیب دوگانه اوره و شیرابه دامی هستند.

The letters shown on the horizontal axis are the levels of fertilizer treatments, which include C: for control, M: for Cattle manure, MS: for dual combination of cattle manure and slurry, S: for slurry, U: for urea chemical fertilizer, UM: for dual combination of urea and cattle manure, and US: for dual combination of urea and slurry.

نتیجه گیری کلی

دامی، وابستگی به کودهای شیمیایی را کاهش داده و همزمان ویژگیهای خاک را بهبود بخشید. بنابراین، مدیریت تلفیقی بیوچار و کود را میتوان به عنوان یک راهبرد پایدار برای تولید ذرت علوفه‌ای در مناطق نیمه خشک توصیه کرد.

ترکیب بیوچار با کود دامی و کودهای شیمیایی باعث بهبود عملکرد علوفه و شاخص‌های کیفی از جمله ADF، NDF، TDN، DMI و NEL گردید. بیوچار همراه با ترکیبات کود دامی و شیرابه

References

- Abbasdokht, H., Shafaghi, A., & Gholipour, M. (2021). Effect of biological and chemical nitrogen fertilizer sources on quantitative and qualitative traits of forage corn and fenugreek in additive series intercropping. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 52(1), 61-73. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22059/ijfcs.2020.271663.654558>
- Ahmed, R., Li, Y., Mao, L., Xu, C., Lin, W., Ahmed, S., & Ahmed, W. (2019). Biochar effects on mineral nitrogen leaching, moisture content, and evapotranspiration after 15N urea fertilization for vegetable crop. *Agronomy*, 9(6), 331. <https://doi.org/10.3390/agronomy9060331>
- Aller, D., Archontoulis, S. V., Zhang, W., & Sawadgo, W. (2018). Long-term biochar effects on corn yield, soil quality and profitability in the US Midwest. *Field Crops Research*, 227, 30-40. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.07.012>
- Baghdadi, A., Balazadeh, M., Kashani, A., & Golzardi, F. (2016). Effect of pre-sowing treatments and nitrogen levels on qualitative and quantitative traits of silage corn hybrid SC704. *Crop Production Journal*, 9(4), 103-120. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22069/ejcp.2017.10508.1823>
- Baradhan, G., Saranya, M., Kumar, S. M., Immanuel, R. R., & Rao, G. B. (2022). Effect of integration of chemical fertilizers with organic manures on growth, yield and nutrient uptake in hybrid maize (*Zea mays* L.). *Crop Research*, 57(5-6), 325-329. <https://doi.org/10.31830/2454-1761.2022.CR-834>
- Bazri, A., Esmaeili, M. A., Abbasi, R., & Kaveh, M. (2021). Effect of biochar fertilizer and irrigation volume on some quantitative and qualitative traits of forage corn (*Zea mays* L.) hybrid SC704. 5th International Congress on Agricultural Development, Natural Resources, Environment and Tourism of Iran, Tabriz, Iran. (In Persian)
- Charkhab, A., Mojadam, M., Lak, S. N., & Dadania, T. (2021). Effect of biochar and humic acid levels on physiological traits and grain yield of corn (*Zea mays* L.) hybrid SC704 under drought stress. *Plant Ecophysiology Journal*, 2(58), 171. (In Persian with English abstract).
- Darby, H., Ruhl, L., Krezinski, I., & Ziegler, S. (2024). Impact of biochar on soil chemical properties and corn yield and quality. *UVM Extension, Northwest Crops & Soils Program*. <https://hdl.handle.net/20.500.14849/6892>
- Dehghani Ahmadabadi, M. (2024). Assessing the yield and yield components of maize (*Zea mays*) under different levels of partial. *Iranian Journal of Irrigation and Water Engineering*, 56(4), 266-281. (In Persian with English abstract).
- Delgado, J. A., D'Adamo, R. E., Stewart, C. E., Floyd, B. A., Del Grosso, S. J., Manter, D. K., Halvorson, A. D., & Brandt, A. D. (2024). Long-term effects of nitrogen sources on yields, nitrogen use efficiencies, and soil of tilled and irrigated corn. *Agronomy*, 14(11), 2618. <https://doi.org/10.3390/agronomy14112618>
- Dolatmend Shahri, N., & Tahmasbi, I. (2016). Effect of nitrogen fertilizer and plant density on yield and forage quality of corn hybrid MV500 in second cropping. *Agricultural Improvement*, 18(1), 173-182. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22059/jci.2016.56556>
- Dong, D., Yang, M., Wang, C., Wang, H., Li, Y., Luo, J., & Wu, W. (2013). Responses of methane emissions and rice yield to applications of biochar and straw in a paddy field. *Journal of Soils and Sediments*, 13(8), 1450-1460. <https://doi.org/10.1007/s11368-013-0732-0>
- Feng, Y., Xu, Y., Yu, Y., Xie, Z., & Lin, X. (2012). Mechanisms of biochar decreasing methane emission from Chinese paddy soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 46, 80-88. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.11.016>
- Ferreira, G., Thomas, S. E., Teets, C. L., & Corl, B. A. (2023). Intrinsic and extrinsic factors affecting neutral detergent fiber (NDF) digestibility of vegetative tissues in corn for silage. *Agriculture*, 13(8), 1485. <https://doi.org/10.3390/agriculture13081485>
- Gale, E. S., Sullivan, D. M., Cogger, C. G., Bary, A. I., Hemphill, D. D., & Myhre, E. A. (2006). Estimating plant-available nitrogen release from manures, composts, and specialty products. *Journal of Environmental Quality*, 35(6), 2321-2332. <https://doi.org/10.2134/jeq2006.0062>
- Ghasemi, A., Ghanbari, A., Fakhri, B., & Fanaei, H. R. (2018). Effect of different tillage managements on forage and grain quality of corn (*Zea mays* L.) under organic and chemical fertilizer sources. *Journal of Agroecology*, 10(2), 490-503. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/jag.v10i2.59988>
- Gliessman, S. R. (2014). *Agroecology: The Ecology of Sustainable Food Systems* (3rd ed.). CRC Press, p. 405. <https://doi.org/10.1201/b17881>
- Hanušovský, O., Bíro, D., Šimko, M., Gálík, B., Juráček, M., Rolinec, M., & Balušíková, L. (2018). The dynamic of the ruminal content pH change and its relationship to milk composition. *Acta Veterinaria Brno*, 87(2), 119-126. <https://doi.org/10.2754/avb201887020119>
- Hu, W., Zhang, Y., Rong, X., Zhou, X., Fei, J., Peng, J., & Luo, G. (2024). Biochar and organic fertilizer applications enhance soil functional microbial abundance and agroecosystem multifunctionality. *Biochar*, 6(1), 3. <https://doi.org/10.1007/s42773-023-00296-w>
- Imran, A. (2024). Integration of organic, inorganic and biofertilizer improves maize-wheat system productivity and soil nutrients. *Journal of Plant Nutrition*, 47(15), 2494-2510. <https://doi.org/10.1080/01904167.2024.2354190>
- Jagnade, P., Panwar, N. L., Gupta, T., & Agrawal, C. (2022). Role of biochar in agriculture to enhance crop productivity: An overview. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 13, 429.

<https://doi.org/10.33263/BRIAC135.429>

Kahandage, P. D., Rupasinghe, C. P., Ariyawansa, K. T., & Piyathissa, S. D. S. (2023). Assessing environmental impacts of chemical fertilizers and organic fertilizers in Sri Lankan paddy fields through life cycle analysis. *Journal of Dry Zone Agriculture*, 9(1), 45-65.

Kazemi, R., Ronaghi, A., Yassrebi, J., Ghasemi Fasaei, R., & Zarei, M. (2018). Effect of poultry manure and its biochar, *Funneliformis mosseae*, and salinity stress on yield and micronutrient concentration of corn. *Iranian Agricultural Research*, 38(2), 37-46. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22099/iar.2019.5458>

Kızılkaya, R. (2008). Yield response and nitrogen concentrations of spring wheat (*Triticum aestivum*) inoculated with *Azotobacter chroococcum* strains. *Ecological Engineering*, 33(2), 150-156.

<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2008.02.011>

Lavagi, V., Kaplan, J., Vidalakis, G., Ortiz, M., Rodriguez, M. V., Amador, M., Hopkins, F., Ying, S., & Pagliaccia, D. (2024). Recycling agricultural waste to enhance sustainable greenhouse agriculture: Analyzing the cost-effectiveness and agronomic benefits of bokashi and biochar byproducts as soil amendments in citrus nursery production. *Sustainability*, 16(14), 6070. <https://doi.org/10.3390/su16146070>

Lentz, R. D., & Ippolito, J. A. (2012). Biochar and manure affect calcareous soil and corn silage nutrient concentrations and uptake. *Journal of Environmental Quality*, 41(4), 1033-1043. <https://doi.org/10.2134/jeq2011.0126>

Lentz, R. D., Ippolito, J. A., & Spokas, K. A. (2015). Biochar and manure effects on nitrogen nutrition in silage corn. *Nutrient Digest*, 7(2), 1-4. <https://doi.org/10.2136/sssaj2014.05.0198>

Lithourgidis, A. S., Vasilakoglou, I. B., Dhima, K. V., Dordas, C. A., & Yiakoulaki, M. D. (2006). Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. *Field Crops Research*, 99(2-3), 106-113. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.03.008>

Liu, Y., Wang, P., Yu, T., Zang, H., Zeng, Z., & Yang, Y. (2024). Manure replacement of chemical fertilizers can improve soil quality in the wheat-maize system. *Applied Soil Ecology*, 200, 05453. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2024.105453>

Muhammad, J. K., & Saleem, Q. (2008). Nutritive value and digestion kinetics of manure ensiled wheat straw treated with varying levels of urea and corn grains. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 12(2), 103-106. <https://doi.org/10.4314/jasem.v12i2.55546>

Najafi, N., Mostafaei, M., Dabbagh, A., & Oustan, Sh. (2013). Effect of mixed cropping and manure on growth, yield, and protein concentration of corn, bean, and cowpea. *Agricultural Knowledge and Sustainable Production*, 23(1), 99-115. (In Persian with English abstract).

Nilahyane, A., Islam, M. A., Mesbah, A. O., & Garciay Garcia, A. (2018). Effect of irrigation and nitrogen fertilization strategies on silage corn grown in semi-arid conditions. *Agronomy*, 8(10), 208. <https://doi.org/10.3390/agronomy8100208>

Pedersen, I. F., Rubæk, G. H. & Sørensen, P. (2017). Cattle slurry acidification and application method can improve initial phosphorus availability for maize. *Plant and Soil*, 414(1-2), 143-158. <https://doi.org/10.1007/s11104-016-3124-6>

Roman-Garcia, Y., Denton, B. L., Mitchell, K. E., Lee, C., Socha, M. T., & Firkins, J. L. (2021). Conditions stimulating neutral detergent fiber degradation by dosing branched-chain volatile fatty acids. I: Comparison with branched-chain amino acids and forage source in ruminal batch cultures. *Journal of Dairy Science*, 104(6), 6739-6755. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-20054>

Safdarian, M., Razmjoo, J., & Dehnavi, M. M. (2014). Effect of nitrogen sources and rates on yield and quality of silage corn. *Journal of Plant Nutrition*, 37(4), 611-617. <https://doi.org/10.1080/01904167.2013.867986>

Sherman, J. F., Young, E. O., Jokela, W. E., & Cavadini, J. (2021). Impacts of low-disturbance dairy manure incorporation on ammonia and greenhouse gas fluxes in a corn silage-winter rye cover crop system. *Journal of Environmental Quality*, 50(4), 836-846. <https://doi.org/10.1002/jeq2.20228>

Sidana, B., Priscilla, L., Kaur, G., & Vatta, K. (2023). Potential of maize crop for sustainable agriculture in Punjab. *Journal of Agricultural Development and Policy*, 33(1), 174-182. <https://doi.org/10.63066/23220457.33.2.007>

Šimon, T., Kunzová, E., & Friedlová, M. (2015). The effect of digestate, cattle slurry and mineral fertilization on the winter wheat yield and soil quality parameters. *Plant, Soil and Environment*, 61(11), 522-527. <https://doi.org/10.17221/530/2015-PSE>

Singh, D. K., Pandey, A. K., Pandey, U. B., & Bhonde, S. R. (2002). Effect of farmyard manure combined with foliar application of NPK mixture and micronutrients on growth, yield and quality of onion. *Newsletter - National Horticultural Research and Development Foundation*, 21, 22-30.

Sun, H., Shi, K., Ding, H., Ding, C., Yang, Z., An, C., Jin, C., Liu, B., Zhong, Z., Xiao, X., & Hou, F. (2023). The effect of biogas slurry application on biomass production and the silage quality of corn. *Animal Bioscience*, 36(12), 1918. <https://doi.org/10.5713/ab.23.0129>

Turabi, A. B., Habibi, S., Kakar, K., Aryan, S., Haidari, M. D., & Alipour, S. (2024). Optimizing soybean crop performance through the integrated application of organic and chemical fertilizers: A study on alkaline soil in

Afghanistan. *Crops*, 4(1), 82-94. <https://doi.org/10.3390/crops4010007>

Uzoma, K. C., Inoue, M., Andry, H., Fujimaki, H., Zahoor, A., & Nishihara, E. (2011). Effect of cow manure biochar on maize productivity under sandy soil condition. *Soil Use and Management*, 27(2), 205-212. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2011.00340.x>

Van Soest, P. V., Robertson, J. B., & Lewis, B. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)

Wang, J., Zhai, B., Shi, D., Chen, A., & Liu, C. (2024). How does bio-organic fertilizer combined with biochar affect Chinese small cabbage's growth and quality on newly reclaimed land? *Plants*, 13(5), 598-608. <https://doi.org/10.3390/plants13050598>

World Health Organization (WHO). (2017). *Guidelines for Drinking-Water Quality* (4th ed.). WHO Publication Library, Geneva, Switzerland, p. 631.

Young, E., & Sherman, J. (2024). Effects of solid dairy manure application on greenhouse gas emissions and corn yield in the Upper Midwest, USA. *Sustainability*, 16(24), 11171. <https://doi.org/10.3390/su162411171>

Yuniwati, E. D. (2018). The effect of chicken manure and corn cob biochar on soil fertility and crop yield on intercropping planting pattern of cassava and corn. *International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources*, 15(2), 54-59. <http://dx.doi.org/10.19080/IJESNR.2018.15.555910>

Zarei, Z., Heidari, H., Honarmand, S. J., & Bafkar, A. (2023). Comparison of the effect of different methods and levels of irrigation and fertilization on the yield and orphophysiological characteristics of fodder maize. *Plant Productions*, 46(3), 411-426. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22055/ppd.2024.44098.2109>

Zhang, H., Xu, M., & Zhang, F. (2009). Long-term effects of manure application on grain yield under different cropping systems and ecological conditions in China. *The Journal of Agricultural Science*, 147(1), 31-42. <https://doi.org/10.1017/S0021859608008265>

Zoui, O., Baroudi, M., Drissi, S., Abouabdillah, A., Abd-Elkader, O. H., Plavan, G., & Bouriou, M. (2023). Utilization of digestate as an organic manure in corn silage culture: An in-depth investigation of its profound influence on soil's physicochemical properties, crop growth parameters, and agronomic performance. *Agronomy*, 13(7), 1715. <https://doi.org/10.3390/agronomy13071715>

Research Article

Vol. 18, No.2, 2026, p. 205-216



The Effect of Non-Forage Fiber Sources in the Starter Diet of Holstein Heifer Calves on Performance, Rumen Fermentation and Blood Parameters

Moslem Bashtani¹, Abdolrasoul Melanoroozi¹, Abbasali Naserian², Homayoun Farhangfar¹, Tiya
Radin^{1*}

1- Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran

2- Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

*Corresponding Author's Email: Tiyam.Radin.Birjand@gmail.com

Received: 26-11-2025

Revised: 31-01-2026

Accepted: 118-02-2026

Available Online: 22-06-2026

How to cite this article:

Bashtani, M., Melanoroozi, A., Naserian, A., Farhangfar, H., & Radin, T. (2026). The effect of non-forage fiber sources in the starter diet of Holstein heifer calves on performance, rumen fermentation and blood parameters. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 18(2), 205-216. (In Persian).
<https://doi.org/10.22067/IJASR.2026.96569.1280>

Introduction: The long-term sustainability and profitability of dairy farms largely depend on the success of calf and heifer rearing programs. Nutrition is one of the most important pillars of animal husbandry and a key economic tool for optimizing production systems. Forage consumption by calves promotes rumen muscular development, stimulates rumination, and increases saliva secretion. Non-forage fiber sources, which are rich in cell wall components, can be considered alternatives to forages depending on their cost and availability. Utilizing non-forage fiber sources can help meet the nutritional needs of livestock while also reducing feed costs and maintaining rumen health. The aim of this study was to investigate the effects of non-forage fiber sources, including wheat bran and sugar beet pulp, in a starter diet on the performance, rumen fermentation, and blood parameters of Holstein heifer calves. This study may contribute to a better understanding of the role of non-forage fiber sources in improving calf health and performance and provide practical insights for optimizing nutritional strategies in dairy production systems.

Materials and Methods: The experiment was conducted using 24 Holstein heifer calves with an initial body weight of 37 ± 2 kg in a completely randomized design for a period of 90 days. The experimental diets included: (1) a barley-based starter, (2) a starter containing 15% wheat bran (DM basis) replacing barley, and (3) a starter containing 13.5% sugar beet pulp (DM basis) as a partial replacement for barley. The diets were identical in terms of energy content and crude protein content. Daily feed intake was measured and changes in calf weight were examined. Calves were weighed regularly every 15 days until the end of the experimental period. Blood samples were taken three hours after feed consumption from the jugular vein at ages 30, 60, and 90 days. Rumen fluid samples were collected three hours post-feeding using an esophageal tube at the end of the study (90 days), and urine and fecal pH were measured at the end of the study. Fecal consistency was evaluated daily throughout the experiment using a scoring scale from 1 to 5. Weaning age was recorded as an indicator of treatment performance and was defined as the age at which starter intake reached 900 g per day. Rumination was visually assessed, and the onset of rumination was defined as the age at which each calf was observed ruminating for three consecutive days; this age was recorded at the end of the third day.



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.2026.96569.1280>

Results and Discussion: The results indicated that calves fed wheat bran had higher average daily feed intake and daily weight gain compared with those fed sugar beet pulp. Incorporating non-forage fiber sources with highly digestible fiber in the diet leads to improvements in intake, health, and productivity. Previous studies on sugar beet pulp have reported both positive and negative effects on dry matter intake and performance in cattle and sheep. The rumen pH was influenced by the experimental treatments, with calves fed wheat bran exhibiting a higher rumen pH compared to the other treatments. Fiber consumption stimulated rumination and increased saliva secretion, which helped maintain a higher rumen pH. The treatments did not significantly affect the ruminal ammonia nitrogen concentration in the rumen fluid. The concentrations of triglycerides and VLDL were significantly lower ($P < 0.05$) in calves fed the wheat bran diet compared with the other treatments. were lower in calves fed the wheat bran diet compared with the other treatments. An increased level of fiber in the diet reduces fat digestion, as these fibers form complexes with bile salts, disrupting the VLDL reabsorption cycle, which consequently lowers VLDL levels in the blood. The lower triglyceride concentration in calves fed wheat bran during the post-weaning period compared to those fed sugar beet pulp may be attributed to higher starter intake during this period. The differences in final weight among the experimental treatments were significant ($P < 0.05$), with calves fed the barley-based starter showing the highest final weight. The differences in final weight among the experimental treatments were significant. Although there was no significant difference in total feed intake and feed efficiency among the treatments, the experimental diet containing sugar beet pulp resulted in a significant reduction in final weight compared to the starter diet containing barley.

Conclusion: The results of this study indicate that the inclusion of wheat bran as a non forage fiber source in the starter diet has beneficial effects on the health parameters of Holstein heifer calves compared with sugar beet pulp. These effects include higher feed intake, greater average daily gain compared with calves fed the sugar beet pulp diet, and improvements in ruminal pH as well as blood metabolites such as triglycerides and very low density lipoproteins (VLDL).

Keywords: Dairy calves, Rumen fluid, Starter, Sugar beet pulp, Wheat bran

اثر منابع فیبر غیر علوفه‌ای در جیره استارتر بر عملکرد، تخمیر شکمبه‌ای و فراسنجه‌های خونی گوساله‌های ماده هلشتاین

مسلم باشتنی^۱، عبدالرسول ملانوروزی^۱، عباسعلی ناصریان^۲، همایون فرهنگ فر^۱، تیام رادین^{۱*}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۲۹

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی اثر منابع مختلف فیبر غیر علوفه‌ای در جیره استارتر بر عملکرد رشد، تخمیر شکمبه‌ای و فراسنجه‌های خونی گوساله‌های ماده نژاد هلشتاین انجام شد. تعداد ۲۴ رأس گوساله ماده هلشتاین با میانگین وزن اولیه 37 ± 2 کیلوگرم، در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار و هشت تکرار به مدت ۹۰ روز مورد مطالعه قرار گرفتند. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱- استارتر برپایه دانه جو (HORDEUM VULGARE L) (شاهد)، ۲- جیره حاوی ۱۵ درصد سبوس گندم (TRITICUM AESTIVUM L) به‌عنوان جایگزین دانه جو و ۳- جیره حاوی ۱۳/۵ درصد تفال خشک چغندرقد (BETA VULGARIS L) به‌عنوان جایگزین دانه جو بودند. نتایج نشان داد که استفاده از سبوس گندم در مقایسه با تفال چغندرقد موجب افزایش معنی‌دار مصرف خوراک پس از شیرگیری (به‌ترتیب ۲/۸۹ در برابر ۲/۴۲ کیلوگرم در روز)، افزایش وزن روزانه پس از شیرگیری (به‌ترتیب ۱/۱۰ در برابر ۰/۸۸ کیلوگرم در روز) و افزایش وزن کل دوره آزمایش (به‌ترتیب ۰/۷۲ در برابر ۰/۶۳ کیلوگرم در روز) گردید ($P < 0.05$). تفال چغندرقد سبب کاهش معنی‌دار وزن نهایی (۹۴/۳۷ کیلوگرم) در مقایسه با جیره استارتر حاوی جو (شاهد با میانگین ۱۰۵/۵۹ کیلوگرم) گردید ($P < 0.05$). گوساله‌های دریافت‌کننده سبوس گندم دارای pH شکمبه‌ای بالاتر (۶/۹۵ در برابر شاهد ۶/۴۳) و غلظت تری‌گلیسیرید پلاسما پایین‌تر (۲۴/۲۵ در برابر شاهد ۲۹/۳۳ میلی‌گرم در دسی‌لیتر) بودند. این تیمار همچنین منجر به سطوح پایین‌تری از لیپوپروتئین با چگالی بسیار پایین نسبت به شاهد شد ($P < 0.05$). در مجموع، جایگزینی جو با سبوس گندم در جیره استارتر، نه تنها باعث بهبود عملکرد در دوره پس از شیرگیری گردید، بلکه اثرات مثبتی بر پروفایل متابولیکی (افزایش pH شکمبه و کاهش تری‌گلیسیرید و لیپوپروتئین با چگالی بسیار پایین (VLDL) داشت، لذا این منبع فیبر غیر علوفه‌ای برای این گروه از دام‌ها توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: استارتر، تفال چغندرقد، سبوس گندم، گوساله‌های شیری، مایع شکمبه

مقدمه

گوساله‌های سالم، شاداب و با رشد مطلوب، همراه با حداقل مرگ‌ومیر ممکن می‌گردد. این هدف تنها با به‌کارگیری اصول علمی تغذیه قابل دستیابی است (Cangiano et al., 2020; Caroprese et al., 2009). رشد و توسعه شکمبه فرآیندی پیچیده است که به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر تدابیر تغذیه‌ای قرار دارد (Ballou & DePeters, 2008; Drackley, 2008). ویژگی‌های جیره استارتر و ترکیبات مواد مغذی مانند چربی، پروتئین و علوفه ارتباط نزدیکی با رشد مناسب شکمبه و از شیرگیری موفق دارند. این موارد در نهایت می‌توانند بر آینده تلیسه‌های جایگزین و تولید شیر تأثیرگذار باشند (Gelsinger et al., 2016). مصرف خوراک‌های کنسانتره‌ای به‌دلیل کاهش میزان نشخوار و جریان بزاق به شکمبه منجر به کاهش pH شکمبه می‌شود.

موفقیت واحدهای پرورش گاو شیری به‌شدت وابسته به برنامه‌های پرورش گوساله و تلیسه است، چرا که گوساله‌ها در برابر شرایط نامساعد محیطی و تغذیه‌ای بسیار حساس هستند. این حساسیت می‌تواند بر رشد و سلامت آینده دام و در نهایت بر عملکرد تولید شیر گله اثر بگذارد (Ma et al., 2021; Naserian et al., 2017). بهبود وضعیت اقتصادی و پشتیبانی از گله گاو شیری به‌وسیله

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

۲- گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

(*) نویسنده مسئول: (Email: tiyam.radin.birjand@gmail.com).
<https://doi.org/10.22067/IJASR.2026.96569.1280>

گندم و تفال (چغندر) به عنوان جایگزین دانه جو در جیره استارتر گوساله‌های ماده هلستاین و ارزیابی جامع اثرات آن‌ها بر عملکرد رشد، شاخص‌های منتخب تخمیر شکمبه‌ای و فراسنجه‌های خونی است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در دامداری قدس واقع در شمال شرق نیشابور انجام شد. به منظور انجام این مطالعه، ۲۴ رأس گوساله شیرخوار هلستاین ماده با میانگین وزنی 37 ± 2 کیلوگرم در یک طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار و هشت تکرار انتخاب شدند. گوساله‌ها بلافاصله پس از تولد از مادر جدا و وزن‌کشی شدند و به میزان ۱۰ درصد از وزن بدن خود به مدت سه روز متوالی آغوز مصرف کردند. در دوره شیرخوارگی، تا زمان از شیرگیری، گوساله‌ها روزانه چهار لیتر شیر را در دو وعده (ساعت ۵:۰۰ و ۱۶:۰۰) به طور ثابت مصرف کردند. پس از سه روزگی، گوساله‌ها وارد جایگاه‌های انفرادی شدند و به صورت تصادفی به یکی از سه تیمار آزمایشی تخصیص یافتند. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱- استارتر برپایه دانه جو، ۲- ۱۵ درصد سبوس گندم جایگزین دانه جو و ۳- ۱۳/۵ درصد تفال (چغندر) جایگزین دانه جو بودند. سطوح متفاوت جو، سبوس و تفال (چغندر) بر اساس ملاحظات جیره‌نویسی انتخاب شدند تا جیره‌ها از نظر انرژی و پروتئین خام تا حد امکان هم‌ارزش باشند. مواد خوراکی تشکیل‌دهنده و ترکیب شیمیایی جیره آغازین در جدول ۱ ارائه شده است. استارتر مصرفی از روز چهارم آزمایش به صورت دستی در اختیار گوساله‌ها قرار گرفت. در طول آزمایش، گوساله‌ها به طور آزاد به آب و خوراک دسترسی داشتند.

در طول دوره آزمایشی، جیره‌ها پس از توزین روزانه در اختیار گوساله‌ها قرار گرفتند. برای تعیین میزان مصرف خوراک، پیش از ارائه وعده صبحگاهی، باقی‌مانده خوراک روز قبل جمع‌آوری و ثبت گردید. به منظور بررسی تغییرات وزن گوساله‌ها، تا پایان دوره آزمایش، گوساله‌ها به طور مرتب هر ۱۵ روز یک بار در ساعت ۱۶ وزن شدند.

در روزهای ۳۰، ۶۰ و ۹۰ آزمایش، حدود سه ساعت پس از وعده غذایی صبح، خون‌گیری از طریق سیاهرگ وداج انجام شد. نمونه‌های خون جمع‌آوری شده بلافاصله به لوله‌های آزمایش حاوی ضد انعقاد سدیم سیترات منتقل گردید. سپس نمونه‌ها با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شدند. پلاسما جداسازی شده تا زمان انجام آزمایش‌ها در دمای ۲۰- درجه سلسیوس نگهداری شد. غلظت‌های پلاسمایی گلوکز، کلسترول، تری‌گلیسرید، نیتروژن اوره‌ای، لیپوپروتئین با چگالی بسیار پایین، آلبومین، پروتئین کل، آسپارات آمینوترانسفراز و آلانین آمینوترانسفراز با استفاده از دستگاه اتوآنالایزر مدل تارگا ۱۰۰۰ ساخت ایتالیا اندازه‌گیری گردید.

در مقابل، مصرف علوفه توسط گوساله‌ها باعث توسعه بافت ماهیچه‌ای شکمبه، نشخوار و افزایش جریان بزاق به شکمبه می‌گردد. ورود بزاق به شکمبه، pH را پایدار می‌کند و این پایداری منجر به فعال شدن باکتری‌های سلولولیتیک می‌شود. در نتیجه، گوساله قادر خواهد بود که با بازده بیشتری از علوفه استفاده کند و به سرعت از وضعیت تک‌معدده‌ای به نشخوارکننده کارآمد تبدیل شود (Salariyana et al., 2013). از طرف دیگر، گزارش‌های محققان نشان می‌دهد که استفاده از علوفه به دلیل کاهش مصرف استارتر و وزن گوساله‌ها توصیه نمی‌شود (Phillips, 2004). منابع فیبر غیرعلوفه‌ای به عنوان منبع فیبر جیره استارتر باعث تقویت عملکرد ایمنی و بهبود استفاده از نیتروژن در شکمبه بره‌ها در دوره‌های قبل و بعد از شیرگیری می‌گردد (Liu et al., 2021). اکثریت این منابع دارای قابلیت تجزیه دیواره سلولی بیشتر، اندازه ذرات کوچک‌تر و وزن مخصوص و سرعت عبور بالاتر در مقایسه با علوفه‌ها هستند. همچنین استفاده از منابع فیبر غیرعلوفه‌ای نه تنها تأمین نیازهای دام را ممکن می‌سازد، بلکه می‌تواند در کاهش هزینه خوراک و حفظ سلامت شکمبه نیز مؤثر باشد (Salariyana et al., 2013).

سبوس گندم به عنوان یک محصول جانبی از فرآوری گندم، به دلیل دارا بودن مواد مغذی کافی و قیمت مناسب، می‌تواند به عنوان منبع انرژی جایگزین مؤثری برای تغذیه حیوانات مورد استفاده قرار گیرد (Chaudhary et al., 2001; Giri et al., 2000). به دلیل مصرف بالای نان در کشورهای در حال توسعه، سالانه مقدار قابل توجهی سبوس گندم تولید می‌شود. با توجه به محدودیت استفاده از این ماده در تغذیه طیور، عمدتاً از سبوس گندم در خوراک نشخوارکنندگان استفاده می‌گردد (Ganji et al., 2010). از نظر ارزش غذایی، سبوس گندم نسبت به خود دانه گندم و آرد، دارای میزان بالاتری از پروتئین، مواد معدنی (به ویژه فسفر) و ویتامین‌های گروه B (به خصوص نیاسین) است (Bartnik & Jakubczyk, 1989).

تفال (چغندر) که محصول فرعی فرآوری چغندر است، به دلیل ترکیبات خاص خود، می‌تواند تأثیرات مثبتی بر سلامت شکمبه و کارایی تغذیه‌ای داشته باشد. تحقیقات نشان داده‌اند که تفال (چغندر)، شرایط بافری مناسبی در شکمبه ایجاد کرده و تولید استات را تحریک می‌کند. تفال (چغندر) حاوی مقادیر زیادی پکتین، الیاف قابل هضم و قند است (NRC, 2004; Naderi et al., 2016). با وجود مطالعات متعدد در خصوص استفاده از منابع فیبر غیرعلوفه‌ای در جیره نشخوارکنندگان، اغلب پژوهش‌های انجام شده بر دام‌های بالغ یا بره‌ها متمرکز بوده و اطلاعات محدودی در خصوص تأثیر این منابع در جیره استارتر گوساله‌های ماده شیری، به ویژه در دوره حساس قبل و بعد از شیرگیری وجود دارد. بنابراین، هدف از این پژوهش در مقایسه مستقیم دو منبع مهم و در دسترس فیبر غیرعلوفه‌ای (سبوس

جدول ۱- مواد خوراکی و ترکیب مواد مغذی جیره استارتر

Table 1- Feed ingredients and nutrient composition of the starter

اجزای خوراک (درصد) Ingredients (percent)	تیمارهای آزمایشی ^۱ Experimental treatments ¹		
	تیمار ۱ Treatment 1	تیمار ۲ Treatment 2	تیمار ۳ Treatment 3
ذرت Corn	54.5	54.5	54.5
جو Barley	14	-	-
سیوس گندم Wheat Bran	-	15	-
تفاله چغندر قند Sugar beet pulp	-	-	13.5
سویا Soybean	28.5	27.5	29
مکمل مواد معدنی ^۲ Mineral supplement ²	1	1	1
مکمل مواد ویتامینه ^۳ Vitamin supplement ³	1	1	1
کلسیم کربنات Calcium carbonate	0.5	0.5	0.5
نمک Salt	0.5	0.5	0.5
انرژی متابولیسمی (مگا کالری/کیلوگرم) ME (Mcal/kg)	3.35	3.28	3.27
پروتئین خام (%) Crude protein (%)	18.8	18.9	18.8
کلسیم (%) Calcium (%)	0.6	0.6	0.7
فسفر (%) Phosphorus (%)	0.6	0.7	0.5
الیاف نامحلول در شوینده خنثی (%) Neutral detergent fiber (%)	12.4	15.4	15.7

^۱ تیمار ۱: استارتر برپایه دانه جو، تیمار ۲: ۱۵ درصد سیوس گندم جایگزین دانه جو، تیمار ۳: ۱۳/۵ درصد تفاله چغندر قند جایگزین دانه جو

^۲ مقادیر به‌ازای هر کیلوگرم جیره: ۵۲۹۰ قسمت در میلیون مس، ۶۷۵۰۰ قسمت در میلیون منیزیم، ۱۱۷۶۰ قسمت در میلیون منگنز، ۲۰۰۰۰ قسمت در میلیون روی، ۱۰۰ قسمت در میلیون کبالت، ۲۲۰۰۰۰ قسمت در میلیون ید

^۳ مقادیر به‌ازای هر کیلوگرم جیره: ۳۰۰۰ قسمت در میلیون مونتسین، ۴۰ قسمت در میلیون سلنیوم آلی، ۵۴۰۰ قسمت در میلیون مس آلی، ۸۴۰۰ قسمت در میلیون منگنز آلی، ۱۵۶۰ قسمت در میلیون روی آلی، ۲۰۰ قسمت در میلیون بیوتین، ۴۰۰ قسمت در میلیون آنتی‌اکسیدان، ۱۵۰۰ هزار واحد بین‌المللی ویتامین A، ۱۰ هزار واحد بین‌المللی ویتامین E، ۲۵۰ هزار واحد بین‌المللی ویتامین D₃

¹ Treatment 1: barley-based starter, Treatment 2: 15% wheat bran replacing barley, Treatment 3: 13.5% sugar beet pulp replacing barley.

² Values per kilogram of diet: 5290 parts per millions of copper, 67500 parts per millions of magnesium, 11760 parts per millions of manganese, 20000 parts per millions of zinc, 100 parts per millions of cobalt, 220000 parts per millions of iodine.

³ Values per kilogram of diet: 3000 parts per million of Monensin, 40 parts per million of organic selenium, 5400 parts per million of organic copper, 8400 parts per million of organic manganese, 1560 parts per million of organic zinc, 200 parts per million of biotin, 400 parts per million of antioxidants, 1500 international units of vitamin A, 10000 international units of vitamin E, 250000 international units of vitamin D₃.

۹۰ آزمایش، نمونه‌های ادرار و مدفوع هریک از گوساله‌ها جمع‌آوری شده و pH آن‌ها با استفاده از دستگاه pH متر اندازه‌گیری گردید. همچنین نمونه مایع شکمبه با استفاده از لوله مری، سه ساعت پس از

به‌منظور بررسی قوام ظاهری مدفوع در طول دوره آزمایشی، قوام مدفوع به‌صورت روزانه و به‌روش چشمی با استفاده از مقیاس ۱ تا ۵ ارزیابی شد (Larson et al., 1977). در روز آخر دوره آزمایشی (روز

شکمبه و نیز شکل فیزیکی این ماده مرتبط است. این یافته با نتایج مطالعات پیشین مطابقت دارد که کاهش مصرف را به نرخ عبور آهسته‌تر و ویژگی‌های فیزیکی تفاله چغندر قند نسبت داده‌اند (Rouzbehan et al., 1994).

گنجانیدن منابع فیبر غیرعلافه‌ای با قابلیت تخمیر بالا در جیره نشخوارکنندگان، می‌تواند موجب بهبود مصرف خوراک، سلامت دستگاه گوارش و کارایی رشد شود (Vojvodic et al., 2016; Miron et al., 2010). باین‌حال، نتایج حاصل از استفاده از تفاله چغندر قند در جیره‌های دامی متناقض بود. تغذیه تفاله چغندر قند جایگزین ذرت در جیره گاوهای شیری، مصرف ماده خشک را ۵/۶ درصد کاهش داده است (Mansfield et al., 1994). جایگزینی ۲۴ درصد تفاله چغندر قند با جو در جیره‌های حاوی کاه در بره‌های پروراری منجر به کاهش مصرف کنساتره گردید (Bodas et al., 2007). درحالی‌که اثرات جایگزینی تفاله چغندر قند به‌جای علفه ذرت و جو در جیره‌ها بر مصرف خوراک گاوهای شیری تحت تنش گرمایی منجر به افزایش خطی در مصرف ماده خشک و قابلیت هضم فیبر نامحلول در شوینده خنثی گردید (Heydari et al., 2021). نتایج این مطالعه پیشنهاد می‌کند که نوع منبع فیبر غیرعلافه‌ای می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای در مصرف خوراک و کارایی رشد داشته باشد.

اثر تیمارهای آزمایشی بر غلظت پلاسماهای شاخص‌های متابولیکی خون شامل گلوکز (Glu)، کلسترول (Cho)، تری‌گلیسرید (TG)، نیترژن اوره‌ای (BUN)، لیپوپروتئین با چگالی بسیار پایین (VLDL)، آلبومین (ALB)، پروتئین کل (TP)، آسپارات‌آمینوترانسفراز (AST) و آلانین‌آمینوترانسفراز (ALT) در سنین ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روزگی در جدول ۳ ارائه شده است. براساس نتایج، تیمارهای آزمایشی تأثیر معنی‌داری بر غلظت Glu، Cho، BUN، ALB، TP، AST و ALT نداشتند. باین‌حال، غلظت TG و VLDL پلاسما به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار گرفت ($P < 0.05$). در سنین ۶۰ و ۹۰ روزگی (به‌ترتیب مربوط به دوره پس از شیرگیری و کل دوره آزمایش)، تیمار حاوی سبوس گندم موجب کاهش به‌ترتیب معنی‌دار (مقادیر میانگین مشاهده‌شده به‌ترتیب جیره حاوی سبوس گندم، تفاله چغندر قند و شاهد ۲۴/۲۵، ۳۰/۶۳ و ۲۹/۳۳ میلی‌گرم/دسی‌لیتر) و تمایل به معنی‌داری ($0.05 < P < 0.10$) TG در مقایسه با سایر تیمارهای آزمایشی گردید ($P < 0.05$).

لیپوپروتئین‌های کم‌چگال که در کبد سنتز می‌شود، نقش مهمی در انتقال تری‌گلیسریدها از کبد به بافت‌های محیطی ایفا می‌کند. در مطالعه حاضر، بیشترین غلظت VLDL در شاهد (جیره پایه براساس دانه جو) با میانگین ۷/۰۷ میلی‌گرم/دسی‌لیتر مشاهده شد. این غلظت از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با تیمار حاوی سبوس گندم با میانگین ۵/۸۲ میلی‌گرم/دسی‌لیتر داشت ($P < 0.05$). درحالی‌که تفاوت

خوراک‌دهی صبح جمع‌آوری شد. برای جلوگیری از تأثیر بزاق بر pH مایع شکمبه، نخستین نمونه گرفته‌شده دور ریخته شد. غلظت نیترژن آمونیاکی مایع شکمبه مطابق روش فنل هیپوکلرایت تعیین گردید (Broderick & Kang, 1980).

سن از شیرگیری به‌عنوان معیاری برای ارزیابی عملکرد تیمارها ثبت شد. معیار از شیرگیری، مصرف ۹۰۰ گرم جیره استارتر توسط گوساله‌های هر تیمار بود (Leaver & Yarrow, 1972). همچنین سن شروع نشخوار در هر سه تیمار به‌صورت چشمی ارزیابی گردید، به‌طوری‌که هر گوساله به مدت سه روز متوالی عمل نشخوار را انجام داد و در پایان روز سوم، سن شروع نشخوار هر گوساله ثبت شد. پس از جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS (2003) و رویه GLM انجام شد. برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون توکی کرامر استفاده شد.

معادله مدل آماری مورد استفاده به‌صورت معادله ۱ بود.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij} \quad \text{معادله (۱)}$$

که در آن، Y_{ij} : متغیر وابسته، μ : میانگین جمعیت برای متغیر، T_i : اثر تیمار و E_{ij} : اثر تصادفی مربوط به خطای آزمایشی مشاهده ij است.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به مصرف خوراک روزانه، افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل خوراک گوساله‌های تغذیه‌شده با تیمارهای آزمایشی در جدول ۲ ارائه شده است. اثر تیمارهای آزمایشی بر مصرف خوراک و افزایش وزن روزانه از نظر آماری معنی‌دار بود ($P < 0.05$). استفاده از سبوس گندم در جیره استارتر در مقایسه با تفاله چغندر قند منجر به بهبود معنی‌دار در شاخص‌های عملکردی پس از شیرگیری شد ($P < 0.05$). مصرف خوراک در تیمار حاوی سبوس گندم به‌طور معنی‌داری بالاتر از تفاله چغندر قند در دوره پس از شیرگیری بود (۲/۸۹ در برابر ۲/۴۲ کیلوگرم در روز). همچنین افزایش وزن روزانه در تیمار حاوی سبوس گندم به ۱/۱۰ کیلوگرم در روز رسید که نسبت به ۰/۸۸ کیلوگرم در روز در تیمار حاوی تفاله چغندر قند برتری داشت ($P < 0.05$). این برتری در افزایش وزن کل دوره آزمایش نیز مشاهده شد (۰/۷۲ کیلوگرم در روز برای سبوس گندم در برابر ۰/۶۳ کیلوگرم در روز برای تفاله چغندر قند). باین‌حال، ضریب تبدیل خوراک بین تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان نداد.

افزایش مصرف خوراک در گوساله‌های دریافت‌کننده سبوس گندم می‌تواند ناشی از هضم‌پذیری بالاتر نشاسته و فیبر قابل تخمیر موجود در سبوس باشد که به‌طور کلی شرایط مطلوب‌تری را برای تخمیر شکمبه‌ای فراهم می‌آورد. در مقابل، مصرف پایین‌تر خوراک در تیمار حاوی تفاله چغندر قند احتمالاً به نرخ عبور آهسته‌تر ماده خشک از

بین تیمارهای حاوی سبوس گندم و تفال‌ه چغندر قند معنی‌دار نبود. فیبرهای جیره‌ای بسته به نوع و ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی خود می‌توانند تأثیرات متفاوتی بر کاهش جذب چربی و تنظیم متابولیسم لیپیدها داشته باشند. غلظت TG کمتر در گوساله‌هایی که در دوره

پس از شیرگیری با سبوس گندم تغذیه شده بودند، در مقایسه با گوساله‌هایی که با تفال‌ه چغندر قند تغذیه شده بودند، ممکن است به مصرف بیشتر خوراک آغازین در این دوره نسبت داده شود.

جدول ۲- اثر منابع فیبر غیر علوفه‌ای در جیره استارتر گوساله‌های ماده هلشتاین بر عملکرد

Table 2- The effect of non-forage fiber sources in the starter diet of Holstein calves on performance

صفت Parameter	دوره Period	تیمارهای آزمایشی ^۱ Experimental treatments ¹			خطای استاندارد میانگین SEM	سطح معنی داری P-value
		تیمار ۱ Treatment 1	تیمار ۲ Treatment 2	تیمار ۳ Treatment 3		
مصرف خوراک (کیلوگرم/روز) Feed intake (kg/d)	قبل از شیرگیری Before weaning	0.453	0.427	0.383	0.07	0.80
	بعد از شیرگیری After weaning	2.79 ^{ab}	2.89 ^a	2.42 ^b	0.13	0.04
	کل دوره The whole period	1.24	1.25	1.06	0.07	0.17
افزایش وزن (کیلوگرم/روز) Weight gain (kg/d)	قبل از شیرگیری Before weaning	0.520	0.533	0.503	0.04	0.84
	بعد از شیرگیری After weaning	1.12 ^a	1.10 ^a	0.88 ^b	0.04	0.0005
	کل دوره The whole period	0.72 ^a	0.72 ^a	0.63 ^b	0.03	0.04
ضریب تبدیل خوراک (کیلوگرم اضافه وزن/کیلوگرم خوراک) Feed conversion ratio (kg feed/kg weight gain)	قبل از شیرگیری Before weaning	0.654	0.607	0.604	0.07	0.86
	بعد از شیرگیری After weaning	0.412	0.391	0.365	0.14	0.39
	کل دوره The whole period	1.28	1.29	1.33	0.07	0.88

^۱ تیمار ۱: استارتر برپایه دانه جو، تیمار ۲: ۱۵ درصد سبوس گندم جایگزین دانه جو، تیمار ۳: ۱۳/۵ درصد تفال‌ه چغندر قند جایگزین دانه جو

^۲ هر ردیف که دارای حروف غیرمشابه است در سطح پنج درصد معنی‌دار می‌باشد.

¹ Treatment 1: barley-based starter, Treatment 2: 15% wheat bran replacing barley, Treatment 3: 13.5% sugar beet pulp replacing barley.

² Different letters in the rows indicate significance at the 5% level

نگرفته است (Mohsen et al., 2021; Belibasakis & Tsirgogianni, 1996).

نتایج مربوط به pH شکمبه، غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه و pH ادرار و مدفوع گوساله‌های تغذیه‌شده با تیمارهای مختلف در جدول ۳ ارائه شده است. اثر تیمارهای آزمایشی بر غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه و pH ادرار و مدفوع از نظر آماری معنی‌دار نبود. گوساله‌های دریافت‌کننده سبوس گندم دارای pH شکمبه‌ای بالاتر (۶/۹۵) در برابر شاهد (۶/۴۳) از گوساله‌های دریافت‌کننده جیره پایه حاوی دانه جو بودند ($P < 0.05$). افزایش pH شکمبه‌ای در گوساله‌های دریافت‌کننده منابع فیبر غیر علوفه‌ای با یافته‌های سایر

فیبر بالای جیره بر متابولیسم لیپید تأثیر گذاشته و به‌طور بالقوه باعث افزایش بسیج چربی و کاهش ذخیره چربی شد (Wu et al., 2024). یافته‌های مشابهی در مطالعات دیگر گزارش شده است که در آن‌ها فیبر غذایی با کاهش جذب چربی و افزایش دفع چربی، متابولیسم لیپید را افزایش داده است (Zebeli et al., 2012). این تنظیم متابولیکی برای حفظ تعادل انرژی، به‌ویژه در نشخوارکنندگان که متابولیسم کارآمد چربی برای تولید شیر و عملکرد رشد حیاتی است، بسیار مهم می‌باشد (Wu et al., 2024). همسو با نتایج پژوهش حاضر، محققان گزارش کرده‌اند که غلظت TG، Glu و Cho در گروه‌های آزمایشی تغذیه‌شده با تفال‌ه چغندر قند تحت تأثیر قرار

شکمه‌ای، احتمال بروز اسیدوز تحت حاد شکمه‌ای را کاهش داده و محیط شکمه را در شرایط پایدارتری حفظ می‌کند. فیبر نامحلول در شوینده خنثی، الگوی تخمیر شکمه را به سمت تولید استات تغییر می‌دهد، غلظت لاکتات را در شکمه کاهش می‌دهد و جوییدن و نشخوار را تحریک می‌کند و در نتیجه شدت اسیدوز شکمه‌ای تحت حاد را کاهش می‌دهد. علاوه بر این، تکثیر باکتری‌های سلولولیتیک را در شکمه افزایش می‌دهد و استفاده از فیبر را افزایش می‌دهد (Zhang et al., 2025). در نتیجه، افزودن منابع فیبر غیرعلافه‌ای با قابلیت تخمیر متوسط، از جمله سبوس گندم، به خوراک آغازین گوساله‌ها می‌تواند به پایداری محیط شکمه کمک کند.

پژوهشگران همسو است. استفاده از یک منبع فیبر غیرعلافه‌ای خوب می‌تواند سبب افزایش و تثبیت pH شکمه گردد (Ferreira, Pires, Susin, Mendes, Gentil, Araujo, Amaral et al., 2011; Ferreira, Pires, Susin, Mendes, Queiroz, Araujo, Gentil et al., 2011; Silva Vicente et al., 2023). افزون بر این، مصرف منابع فیبری موجب تحریک عمل نشخوار و افزایش ترشح بزاق می‌گردد. بزاق دارای خاصیت بافری بوده و ورود آن به شکمه از طریق افزایش غلظت یون‌های بی‌کربنات، به تثبیت pH در دامنه مطلوب کمک می‌کند. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که گنجانیدن منابع فیبر غیرعلافه‌ای مانند سبوس گندم در جیره استارتر گوساله‌ها، ضمن بهبود تخمیر

جدول ۳- اثر منابع فیبر غیرعلافه‌ای در جیره استارتر گوساله‌های ماده هلشتاین بر شاخص‌های خون

Table 3- The effect of non-forage fiber sources in the starter diet of Holstein calves on blood parameters

صفت Parameter	روز Day	تیمارهای آزمایشی ^۱ Experimental treatments ¹			خطای استاندارد میانگین SEM	سطح معنی داری P-value
		تیمار ۱ Treatment 1	تیمار ۲ Treatment 2	تیمار ۳ Treatment 3		
گلوکز (میلی گرم در دسی لیتر) Glucose (mg/dL)	30	77.33	78.77	72.83	3.247	0.45
	60	61.33	57.37	51.16	3.816	0.19
	90	69.47	67.98	62.08	2.743	0.17
کلسترول (میلی گرم در دسی لیتر) Cholesterol (mg/dL)	30	74.31	70.93	68.58	3.715	0.54
	60	65.02	58.08	59.77	3.590	0.40
	90	69.68	64.87	64.02	2.895	0.33
تری گلیسرید (میلی گرم در دسی لیتر) Triglycerides (mg/dL)	30	41.40	35.19	34.26	2.808	0.17
	60	29.33 ^a	24.25 ^b	30.63 ^a	1.826	0.04
	90	35.36	29.70	32.49	1.695	0.08
نیترژن اوره‌ای خون (میلی گرم در دسی لیتر) Blood urea nitrogen (mg/dL)	30	10.56	12.42	10.55	0.895	0.25
	60	9.19	10.26	9.39	0.514	0.32
	90	9.90	11.35	9.95	0.621	0.20
لیپوپروتئین با چگالی بسیار پایین (میلی گرم در دسی لیتر) VLDL (mg/dL)	30	8.28	6.80	6.86	0.535	0.11
	60	5.86	4.85	5.69	0.334	0.09
	90	7.07 ^a	5.82 ^b	6.28 ^{ab}	0.319	0.03
آلبومین (گرم در دسی لیتر) Albumin (g/dL)	30	2.86	2.72	2.83	0.115	0.66
	60	2.84	2.96	2.66	0.199	0.57
	90	2.85	2.84	2.74	0.106	0.73
پروتئین کل (گرم در دسی لیتر) Total protein (g/dL)	30	5.83	5.81	5.65	0.215	0.80
	60	5.52	5.64	5.56	0.229	0.93
	90	5.68	5.73	5.60	0.151	0.84
آسپارات آمینوترانسفراز (واحد بین المللی) Aspartate aminotransferase (IU)	30	46.96	51.99	47.16	4.277	0.65
	60	67.14	68.70	73.08	4.666	0.67
	90	56.88	59.86	60.38	3.072	0.68
آلانین آمینوترانسفراز (واحد بین المللی) Alanine aminotransferase (IU)	30	10.69	9.66	10.08	0.811	0.66
	60	19.04	17.23	19.56	1.205	0.39
	90	14.80	13.54	14.95	0.692	0.31

^۱ تیمار ۱: استارتر برپایه دانه جو، تیمار ۲: ۱۵ درصد سبوس گندم جایگزین دانه جو، تیمار ۳: ۳/۵ درصد تقاله چغندر قند جایگزین دانه جو

^۲ هر ردیف که دارای حروف غیرمشابه است در سطح پنج درصد معنی دار می‌باشد.

¹ Treatment 1: barley-based starter, Treatment 2: 15% wheat bran replacing barley, Treatment 3: 13.5% sugar beet pulp replacing barley.

² Different letters in the rows indicate significance at the 5% level

جدول ۴- اثر منابع فیبر غیر علوفه‌ای بر pH شکمبه، نیتروژن آمونیاکی شکمبه و pH ادرار و مدفوع
Table 4- The effect of non-forage fiber sources on rumen pH, rumen ammonia nitrogen and urine and feces pH

صفت Parameter	تیمارهای آزمایشی ^۱ Experimental treatments ¹			خطای استاندارد میانگین SEM	سطح معنی‌داری P-value
	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳		
	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3		
pH شکمبه Rumen pH	6.43 ^b	6.95 ^a	6.84 ^{ab}	0.12	0.01
نیتروژن آمونیاکی شکمبه (میلی مول بر لیتر) Rumen ammonia nitrogen (mmol/L)	16.73	15.07	15.29	0.98	0.45
pH ادرار Urine pH	8.13	8.21	8.23	0.03	0.20
مدفوع pH Fecal pH	6.92	7.09	7.10	0.15	0.64

^۱ تیمار ۱: استارتر برپایه دانه جو، تیمار ۲: ۱۵ درصد سبوس گندم جایگزین دانه جو، تیمار ۳: ۱۳/۵ درصد تفال چغندر قند جایگزین دانه جو

^۲ هر ردیف که دارای حروف غیر مشابه است در سطح پنج درصد معنی‌دار می‌باشد.

¹ Treatment 1: barley-based starter, Treatment 2: 15% wheat bran replacing barley, Treatment 3: 13.5% sugar beet pulp replacing barley.

² Different letters in the rows indicate significance at the 5% level

آنزیم‌های گوارشی موجب بهبود هضم و جذب مواد مغذی و کاهش سرعت عبور مواد هضمی از دستگاه گوارش می‌شود. مصرف بیشتر رژیم‌های غذایی با فیبر کمتر و انرژی بیشتر و تولید شیر بالاتر منجر به مدفوع با امتیاز قوام پایین می‌گردد (Ireland-Perry & Stallings, 1993). در گوساله‌هایی که با استارتر حاوی فیبر غیر علوفه پسته پنبه‌دانه تغذیه شده بودند، نمره مدفوع سفت‌تری مشاهده شده است (Hill et al., 2009).

قوام مدفوع گوساله‌های تغذیه‌شده با تیمارهای مختلف در جدول ۵ ارائه شده است. نتایج حاصل نشان داد که تیمارهای آزمایشی تأثیر معنی‌داری بر قوام مدفوع نداشتند. اگرچه استفاده از منابع مختلف فیبر غیر علوفه‌ای در جیره منجر به اختلافات آماری معنی‌دار بین تیمارها نشد، اما از نظر عددی، قوام مدفوع گوساله‌های تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی فیبر تا حدودی بهبود یافت. فیبر از طریق کاهش حرکات دودی روده، افزایش سطح تماس مواد هضمی از طریق ایجاد شبکه‌های موئین و فراهم‌سازی شرایط مطلوب‌تر برای عملکرد

جدول ۵- اثر منابع فیبر غیر علوفه‌ای در جیره استارتر گوساله‌های ماده هلشتاین بر قوام مدفوع
Table 5- The effect of non-forage fiber sources in the starter diet of Holstein calves on feces scores

دوره Period	تیمارهای آزمایشی ^۱ Experimental treatments ¹			خطای استاندارد میانگین SEM	سطح معنی‌داری P-value
	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳		
	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3		
قبل از شیرگیری Before weaning	3.12	3.15	3.88	0.50	0.49
بعد از شیرگیری After weaning	3.12	3.19	3.19	0.06	0.71
کل دوره The whole period	3.12	3.16	3.65	0.34	0.49

^۱ تیمار ۱: استارتر برپایه دانه جو، تیمار ۲: ۱۵ درصد سبوس گندم جایگزین دانه جو، تیمار ۳: ۱۳/۵ درصد تفال چغندر قند جایگزین دانه جو

^۲ نمره دهی مدفوع به ترتیب شامل: ۱: خیلی شل، ۲: شل، ۳: متوسط، ۴: سفت، ۵: خیلی سفت در نظر گرفته شد.

^۳ هر ردیف که دارای حروف غیر مشابه می‌باشد در سطح پنج درصد معنی‌دار می‌باشد.

¹ Treatment 1: barley-based starter, Treatment 2: 15% wheat bran replacing barley, Treatment 3: 13.5% sugar beet pulp replacing barley.

² Stool scoring was considered as follows: 1: very loose, 2: loose, 3: moderate, 4: hard, 5: very hard.

³ Different letters in the rows indicate significance at the 5% level

($P < 0.05$). گزارش‌های موجود در مورد تأثیر تفاله چغندر قند بر مصرف خوراک و عملکرد دام نیز متناقض است؛ به‌طوری‌که برخی پژوهش‌ها نتایج مثبت و برخی دیگر نتایج منفی را گزارش کرده‌اند (Rymer & Armstrong, 1989; Rouzbehan et al., 1994; Bodas et al., 2007; Kargar et al., 2025).

میانگین وزن تولد، وزن در زمان آغاز نشخوار، وزن از شیرگیری و وزن پایانی گوساله‌های تغذیه‌شده با تیمارهای آزمایشی در جدول ۶ ارائه شده است. براساس نتایج، تنها وزن پایانی تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت و تفاوت معنی‌داری میان آن‌ها مشاهده شد. گوساله‌هایی که جیره حاوی تفاله چغندر قند دریافت کردند، وزن نهایی کمتری نسبت به گوساله‌های تغذیه‌شده با جیره استارتر حاوی جو داشتند.

جدول ۶- اثر منابع فیبر غیرعلوفه‌ای در جیره استارتر گوساله‌های ماده هلشتاین بر میانگین وزن بدن تولد، زمان شروع نشخوار، از شیرگیری و پایانی

Table 6- The effect of non-forage fiber sources in the starter diet of Holstein calves on average birth body weight, time to start rumination, weaning, and final

دوره Period	تیمارهای آزمایشی ^۱ Experimental treatments ¹			خطای استاندارد میانگین SEM	سطح معنی‌داری P-value
	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳		
	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3		
وزن تولد (کیلوگرم) Birth weight (kg)	38.64	35.18	36.87	1.18	0.15
وزن زمان شروع نشخوار (کیلوگرم) Weight at the start of rumination (kg)	42.04	42.46	40.87	0.82	0.34
وزن از شیرگیری (کیلوگرم) Weaning weight (kg)	65.03	65.90	65.30	1.35	0.90
وزن پایانی (کیلوگرم) Final weight (kg)	105.59 ^a	102.25 ^{ab}	94.37 ^b	2.97	0.03

^۱ تیمار ۱: استارتر برپایه دانه جو، تیمار ۲: ۱۵ درصد سبوس گندم جایگزین دانه جو، تیمار ۳: ۱۳/۵ درصد تفاله چغندر قند جایگزین دانه جو

^۲ هر ردیف که دارای حروف غیرمشابه است در سطح پنج درصد معنی‌دار می‌باشد.

¹ Treatment 1: barley-based starter, Treatment 2: 15% wheat bran replacing barley, Treatment 3: 13.5% sugar beet pulp replacing barley.

² Different letters in the rows indicate significance at the 5% level

در مقایسه با جیره‌های حاوی تفاله چغندر قند و جو بود. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از سبوس گندم به‌عنوان منبع فیبر غیرعلوفه‌ای در جیره استارتر، در شرایط پرورش، ترکیب جیره و مدیریت اعمال‌شده در این پژوهش، می‌تواند گزینه‌ای مناسب برای بهبود برخی شاخص‌های رشد و سلامت گوساله‌های ماده هلشتاین باشد. با این حال، تعمیم این نتایج به سایر شرایط پرورشی، سطوح مختلف جیره استارتر و سیستم‌های مدیریتی نیازمند انجام تحقیقات بیشتر است.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش براساس شاخص‌های اندازه‌گیری‌شده نشان داد که جایگزینی فیبر غیرعلوفه‌ای سبوس گندم به‌جای تفاله چغندر قند در جیره استارتر، در شرایط این آزمایش، با بهبود برخی شاخص‌های عملکردی و فیزیولوژیک گوساله‌های ماده هلشتاین همراه بوده است. این بهبودها شامل افزایش دوره‌ای مصرف خوراک، افزایش وزن روزانه در کل دوره آزمایش و همچنین بهبود pH شکمبه و غلظت متابولیت‌های خونی تری‌گلیسرید و لیپوپروتئین با چگالی بسیار پایین

References

- Ballou, M., & DePeters, E. (2008). Supplementing milk replacer with omega-3 fatty acids from fish oil on immunocompetence and health of Jersey calves. *Journal of Dairy Science*, 91, 3488-3500. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1017>
- Bartnik, M., & Jakubczyk, T. (1989). Chemical composition and the nutritive value of wheat bran. G. H. Bourne (ed). *Nutritional Value of Cereal Products, Beans and Starches. World Review of Nutrition and Dietetics*, 60, 92-131. <https://doi.org/10.1159/000417521>
- Belibasakis, N., & Tsirgogianni, D. (1996). Effects of dried citrus pulp on milk yield, milk composition and blood components of dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, 60, 87-92. <https://doi.org/10.1016/0377->

8401(95)00927-2

Bodas, R., Giráldez, F. J., López, S., Rodríguez, A. B., & Mantecón, A. R. (2007). Inclusion of sugar beet pulp in cereal-based diets for fattening lambs. *Small Ruminant Research*, 71(1-3), 250-254. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.07.006>

Broderick, G. A., & Kang, J. H. (1980). Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and *in vitro* media. *Journal of Dairy Science*, 63, 64-75. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(80\)82888-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(80)82888-8)

Cangiano, L. R., Yohe, T. T., Steele, M. A., & Renaud, D. L. (2020). Invited review: Strategic use of microbial-based probiotics and prebiotics in dairy calf rearing. *Journal of Applied Animal Science*, 36, 630-651. <https://doi.org/10.15232/aas.2020-02049>

Caroprese, M., Marzano, A., Entrican, G., Wattegedera, S., Albenzio, M., & Sevi, A. (2009). Immune response of cows fed polyunsaturated fatty acids under high ambient temperatures. *Journal of Dairy Science*, 92, 2796-2803. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1809>

Chaudhary, L. C., Sahoo, A., Agarwal, N., Kamra, D. N., & Pathak, N. N. (2001). Effect of grain with deoiled rice bran and molasses from the diets of lactating cows. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, 14, 646-650.

Drackley, J. K. (2008). Calf nutrition from birth to breeding. *Veterinary Clinician North American Food Animal Practice*, 24(1), 55-86. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2008.01.001>

Ferreira, E. M., Pires, A. V., Susin, I., Mendes, C. Q., Gentil, R. S., Araujo, R. C., Amaral, R. C., & Loerch, S. C. (2011a). Growth, feed intake, carcass characteristics, and eating behavior of feedlot lambs fed high-concentrate diets containing soybean hulls. *Journal of Animal Science*, 89, 4120-4126. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3417>

Ferreira, E. M., Pires, A. V., Susin, I., Mendes, C. Q., Queiroz, M. A. A., Araujo, R. C., Gentil, R. S., & Loerch, S. C. (2011b). Apparent digestibility, nitrogen balance, and ruminal constituents in ram lambs fed high-concentrate diets containing soybean hulls. *Journal of Animal Science*, 89, 4127-4133. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3419>

Ganji, F., Bashtani, M., Farhangfar, S. H., & Asghari, M. (2010). Use of different levels of wheat bran on intake and fattening performance in Baluchi male lambs. *Journal of Animal Science Research*, 21(1), 63-74. (In Persian). <https://sid.ir/paper/147485/fa>

Gelsinger, S. L., Heinrichs, A. L., & Jones, C. M. (2016). A meta-analysis of the effects of preweaned calf nutrition and growth on first-lactation performance. *Journal of Dairy Science*, 99, 6206-6214. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10744>

Giri, S. S., Sahoo, A., & Pathak, N. N. (2000). Feed intake, digestibility, plane of nutrition and live weight gain by crossbred growing bulls fed on grain less diets containing different nitrogen sources. *Animal Feed Science and Technology*, 83, 195-203. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(99\)00139-X](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(99)00139-X)

Heydari, M., Ghorbani, G. R., Sadeghi-Sefidmazgi, A., Rafiee, H., Ahamdi, F., & Saeidy, H. (2021). Beet pulp substituted for corn silage and barley grain in diets fed to dairy cows in the summer months: Feed intake, total-tract digestibility, and milk production. *Animal*, 15(1), 100063. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100063>

Hill, S. R., Hopkins, B. A., Davidson, S., Bolt, S. M., Diaz, D. E., Brownie, C., Brown, T., Huntington, G. B., & Whitlow, L. W. (2009). The addition of cottonseed hulls to the starter and supplementation of live yeast or mannanoligosaccharide in the milk for young calves. *Journal of Dairy Science*, 92, 790-798. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1320>

Ireland-Perry, R. L., & Stallings, C. C. (1993). Fecal consistency as related to dietary composition in lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 76(4), 1074-1082. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77436-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77436-6)

Kargar, H., Danesh Mesgaran, M., Vakili, S. A. R., Ebrahimi, S. H. (2025). The effect of pectin, peri and probiotic on growth performance and blood parameters in Holstein suckling female calves. *Journal of Ruminant Research*, 13(1), 73-92. (In Persian). <https://doi.org/10.22069/ejrr.2024.22443.1959>

Larson, L. L., Owen, F. G., Albright, J. L., Appleman, R. D., Lamb, R. C., & Muller, L. D. (1977). Guidelines toward more uniformity in measuring and reporting calf experimental data. *Journal of Dairy Science*, 60, 989-991. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(77\)83975-1](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(77)83975-1)

Leaver, J. D., & Yarrow, N. H. (1972). Rearing of dairy cattle 1. Type and level of milk substitute offered once daily to calves. *Animal Science*, 14, 155-159. <https://doi.org/10.1017/S0003356100010825>

Liu, T., Li, F., Xu, J., La, Y., Zhou, J., Zheng, C., & Weng, X. (2021). Transcriptomic analysis reveals that non-forage or forage fiber source promotes rumen development through different metabolic processes in lambs. *Animal Biotechnology*, 34(4), 1058-1071. <https://doi.org/10.1080/10495398.2021.2011738>

Ma, J., Wang, C., Wang, Z., Cao, G., Hu, R., Wang, X., Zou, H., Kang, K., Peng, Q., Xue, B., Wang, L., Zhu, Y., & Zhu, M. (2021). Active dry yeast supplementation improves the growth performance, rumen fermentation, and immune response of weaned beef calves. *Journal of Animal Nutrition*, 7(4), 1352-1359.

Mansfield, H. R., Stern, M. D., & Otterby, E. E. (1994). Effects of beet pulp and animal by-products on milk yield and *in vitro* fermentation by rumen microorganisms. *Journal of Dairy Science*, 77, 205-216. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)76943-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)76943-5)

Miron, J., Adin, G., Solomon, R., Nikbachat, M., Zenou, A., Yosef, E., Brosh, A., Shabtay, A., Asher, A., Gacitua,

- H., Kaim, M., Yaacobi, S., Portnik, Y., & Mabjeesh, S. J. (2010). Effects of feeding cows in early lactation with soy hulls as partial forage replacement on heat production, retained energy and performance. *Animal Feed Science and Technology*, 155, 9-17. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2009.09.012>
- Mohsen, M. K., Ali, M. F., Gaafar, H. M., Al-Sakka, T. S., Aboelenin, S. M., Soliman, M. M., & Dawood, M. A. O. (2021). Impact of dry sugar beet pulp on milk production, digestibility traits, and blood constituents of dairy Holstein cows. *Animals*, 11, 3496. <https://doi.org/10.3390/ani11123496>
- Naderi, N., Ghorbani, G. R., Sadeghi-Sefidmazgi, A., Nasrollahi, S. M., & Beauchemin, K. A. (2016). Shredded beet pulp substituted for corn silage in diets fed to dairy cows under ambient heat stress: Feed intake, total-tract digestibility, plasma metabolites, and milk production. *Journal of Dairy Science*, 99, 1-11. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11029>
- Naserian, A. A., Elmi, H., Tahmasebi, A. M., & Farzaneh, N. (2017). Effect of flaxseed and rapeseed on digestibility and some blood parameters of Kurdish ewes during late pregnancy period. *Journal of Animal Science*, 115, 167-178. (In Persian).
- National Research Council. (2001). Nutrient Requirement of Dairy Cattle. (7th rev. ed.) Natl. Acad. Sci., Washington, DC. USA.
- Phillips, C. J. C. (2004). The effects of forage provision and group size on the behavior of calves. *Journal of Dairy Science*, 87, 1380-1388. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73287-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73287-7)
- Rouzbehan, Y., Galbraith, H., Rooke, J. A., & Perrott, J. G. (1994). A note on the effects of dietary inclusion of a yeast culture on growth and ruminal metabolism of lambs given diets containing unground pelleted molassed dried sugar-beet pulp and barley in various proportions. *Animal Production*, 59, 147-150. <https://doi.org/10.1017/S0003356100007601>
- Rymer, C., & Armstrong, D. G. (1989). Digestion by sheep of ground and unground dried molassed sugar beet pulp diets and the effect of partially replacing the beet pulp with barley. *The Journal of Agricultural Science*, 113, 223-231. <https://doi.org/10.1017/S0021859600086809>
- Salariyania, A., Fathi, N., Farhangfar, M. H., & Naeimipour, H. (2013). Effect of two different levels of dietary fiber starting on feed intake, daily gain, feed intake and rumen properties Holstein dairy cattle. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 4, 334-323. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/IJASR.V4I4.20332>
- Silva Vicente, A. C., Paula Carlis, M. S., Santos, I. J., Silva, A. L. A., Dias Júnior, P. C. G., Assis, R. G., Sturion, T. U., Socolovski Biava, J., Vaz Pires, A., & Maia Ferreira, E. (2023). Performance, nutritional behavior, and carcass characteristics of feedlot lambs fed diets with non-forage fiber source or sodium bicarbonate. *Tropical Animal Health and Production*, 54, 287. <https://doi.org/10.1007/s11250-022-03297-2>
- Vojvodic, A., Komes, D., Vovk, I., Belscak-Cvitanovic, A., & Busic, A. (2016). Compositional evaluation of selected agro-industrial wastes as valuable sources for the recovery of complex carbohydrates. *Food Research International*, 89, 565-573. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.07.023>
- Wu, D., He, X., Lu, Y., Gao, Z., Chong, Y., Hong, J., Wu, J., Deng, W., & Xi, D. (2024). Effects of different dietary combinations on blood biochemical indicators and rumen microbial ecology in wenshan cattle. *Microorganisms*, 12(11), 2154. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12112154>
- Zebeli, Q., Aschenbach, J. R., Tafaj, M., Boguhn, J., Ametaj, B. N., & Drochner, W. (2012). Invited review: Role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 95, 1041-1056. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4421>
- Zhang, Z., Li, F., Li, F., Wang, Z., Guo, L., Weng, X., Sun, X., He, Z., Meng, X., Liang, Z., & Li, X. (2025). Influence of dietary forage neutral detergent fiber on ruminal fermentation, chewing activity, nutrient digestion, and ruminal microbiota of Hu sheep. *Animals*, 15, 314. <https://doi.org/10.3390/ani15030314>

Research Article

Vol. 18, No.2, 2026, p. 217-235



Improvement of Growth Performance, Microbial Balance, and Gastrointestinal Health in Broiler Chickens through Supplementation with CytoGard

Sare Hajiabadi¹, Mehrdad Movahed Nasab², Jawad Kadhim Al-Jorani², Bahman Onagh¹, Amir Asghari Baghkhairati^{1,3}, Mahdi Elahi Torshizi⁴, Abdollah Jamshidi⁵, Jamshid Razmyar³, Mohammad Hadi Sekhavati^{1,2*}

1- Research and Development Department of Nika Zist Afrin Knowledge-Based Company, Iran

2- Department of Animal Science, Faculty Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

3- Department of Avian Diseases, Faculty of Veterinary medicine, University of Tehran, Iran

4- Department of Agriculture Science, Ma. C., Islamic Azad University, Mashhad, Iran

5- Department of Food Hygiene, Faculty of Veterinary Medicine, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

*Corresponding Author's Email: sekhavati@um.ac.ir

How to cite this article:

Received: 15-07-2025

Revised: 15-09-2025

Accepted: 30-09-2025

Available Online: 22-06-2026

Hajiabadi, S., Movahed Nasab, M., K., Al-Jorani, J., Onagh, B., Asghari Baghkhairati, A., Elahi Torshizi, M., Jamshidi, A., Razmyar, J., & Sekhavati, M. H. (2025). Improvement of growth performance, microbial balance, and gastrointestinal health in broiler chickens through supplementation with CytoGard. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 18(2), 217-235. (In Persian).

<https://doi.org/10.22067/ijasr.2025.94422.1258>

Introduction: The health and integrity of the poultry digestive tract play a vital role in improving performance, growth rate, and reducing mortality in broiler and layer flocks. A healthy digestive system improves nutrient digestion and absorption, thereby enhancing overall feed efficiency. The gut immune system serves as the first line of defense against pathogens. Any impairment of gut function can lead to weight loss, reduced egg production, and increased susceptibility to disease. Additionally, unfavorable farm conditions, such as high stocking density or inadequate ventilation, cause stress that weakens the gut immune response. Intestinal health is widely recognized as a key determinant of overall flock performance. Therefore, prioritizing digestive tract health is essential not only for maintaining bird welfare but also as an economic strategy to improve production efficiency.

Materials and Methods: In this study, the effects of a drinking water supplement containing an avian-derived cytokine (commercially known as CytoGard) were evaluated in broiler chickens for the first time. There were six treatments: three concentrations of CytoGard including 10, 20, and 80 nanograms of the active ingredient per liter of drinking water and three control groups were included: non-supplemented drinking water (Control group), CytoGard without the active cytokine (Cyto0), and a commercial probiotic PrimaLAC at the recommended dose. The trial was conducted over a 42-day rearing period using 360 Ross broiler chicks in a completely randomized design consisting of six replicates in each group and 10 chickens per replicate. Body weight and feed intake were recorded on days 10, 24, and 42. On day 30, blood samples were collected from the experimental groups for hematological analysis and hemagglutination inhibition (HI) assays against influenza and Newcastle disease. For sampling, two birds were randomly selected from four cages per group (a total of 8 birds per group) and humanely euthanized on day 42. Ileal and cecal digesta



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/agry.2021.68851.1023>

were collected for microbial population analysis, and tissue samples from the duodenum, ileum, and jejunum were obtained for intestinal histopathology.

Results and Discussion: Our results showed that 20 ng/L of the cytokine acted as the optimal dose, reducing the feed conversion ratio (FCR) by 0.10 during the starter and grower phases and by up to 0.14 during the finisher phase. During the rearing period, the difference in FCR between this group and the control reached 0.19. Daily weight gain in this group in the starter phase increased by 0.57 g per bird. The weight gain differences during the grower and finisher phases were 2.94 g and 2.44 g, respectively. Across the entire trial period, this group exhibited a significant weight increase (4.13 g) compared to the control. Moreover, this group showed a 2% reduction in mortality during the rearing period compared to the control group. The concentration of 10 ng/L also resulted in improved FCR, and weight gain relative to the control. However, the 80 ng/L concentration showed no significant difference from the control in any measured parameter. Microbiological analysis of ileal and cecal digesta revealed that supplementation with CytoGard at 20 ng/L significantly reduced the population of the pathogenic bacterium *Escherichia coli* compared to other CytoGard-treated and control groups. Furthermore, the count of beneficial *Lactobacillus* bacteria significantly increased compared to both the control and the Cyto0 groups. CytoGard treatment did not cause any significant changes in hematological parameters or hemagglutination inhibition (HI) antibody titers for Newcastle and influenza viruses compared to the control group. Histopathological evaluations indicated that 20 ng/L of the cytokine positively affected the intestinal microvilli and increased muscular thickness in the duodenum, jejunum, and ileum. Villus length and muscular layer thickness in the 20 ng/L group were significantly increased in the jejunum section compared to the control and Cyto0 groups.

Conclusion: In conclusion, regular administration of CytoGard as a drinking water supplement at the optimal concentration during the rearing period led to increased body weight and reduced FCR in broiler chickens. This supplement also had a significant impact on modulating gut microbial balance and enhancing villus height and muscular layer thickness. Therefore, CytoGard may serve as a promising approach for improving gastrointestinal health and reducing production costs in the poultry industry.

Keywords: Cytokine, Gastrointestinal health, Gut microbiota, Histopathology

بهبود عملکرد رشد، تعادل میکروبی و سلامت دستگاه گوارش جوجه‌های گوشتی با مصرف مکمل سائتوگارد

ساره حبی آبادی^۱، مهرداد موحد نسب^۲، جواد کاظم الجورانی^۳، بهمن اونق^۱، امیر اصغری باغخیراتی^{۳،۱}، مهدی الهی ترشیزی^۴، عبدالله جمشیدی^۵، جمشید رزمیار^{۳،۱}، محمد هادی سخاوتی^{۱،۲*}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۰۸

چکیده

سلامت و ایمنی دستگاه گوارش طیور نقش حیاتی در بهبود عملکرد، رشد مناسب و کاهش تلفات در گله مرغ‌های گوشتی و تخم‌گذار دارد. در این پژوهش، اثرات مصرف مکمل آشامیدنی با نام تجاری سائتوگارد (حاوی ماده مؤثره سائتوکاین اینترلوکین-۱۰ مرغی) در سه غلظت ۱۰، ۲۰ و ۸۰ نانوگرم در هر لیتر آب آشامیدنی همراه با سه گروه شاهد (آب معمولی، پروبیوتیک پریمالاک و سائتوگارد بدون ماده مؤثره) بر روی ۳۶۰ قطعه جوجه گوشتی سویه راس ۳۰۸ در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با شش تیمار و شش تکرار ۱۰ قطعه‌ای در یک دوره پرورش ۴۲ روزه مورد بررسی قرار گرفت. وزن جوجه‌ها و میزان غذای باقی‌مانده در روزهای ۱۰، ۲۴ و ۴۲ ثبت شد. در روز ۴۲، نمونه‌برداری از محتویات هضمی ایلئوم و روده کور برای بررسی جمعیت میکروبی و بافت روده برای بررسی ریخت‌شناسی انجام شد. نتایج نشان داد که غلظت ۲۰ نانوگرم بر لیتر از سائتوکاین به‌عنوان غلظت بهینه باعث کاهش معنی‌دار ضریب تبدیل غذایی و افزایش معنی‌دار وزن روزانه در کل دوره نسبت به شاهد شد. این غلظت منجر به کاهش جمعیت باکتری بیماری‌گر *Escherichia coli* و افزایش معنی‌دار باکتری‌های سودمند *Lactobacillus* در محتویات هضمی ایلئوم و سکوم روده گردید. نتایج ریخت‌شناسی روده نشان داد که غلظت ۲۰ نانوگرم بر لیتر آب آشامیدنی اثرات مثبتی بر افزایش طول پرزها و افزایش ضخامت عضله روده داشت. بنابراین استفاده منظم از سائتوگارد در طول دوره پرورش می‌تواند به‌عنوان یک راهکار نوین و مؤثر در ارتقاء سلامت گوارشی در صنعت پرورش طیور مطرح شود.

واژه‌های کلیدی: سائتوکاین، سلامت دستگاه گوارش، ریخت‌شناسی روده، فلور میکروبی دستگاه گوارش

مقدمه

با توجه به رشد چشمگیر جمعیت جهان طی سال‌های آینده و همچنین نیاز فراوان غذایی این جمعیت به منابع پروتئین حیوانی،

اهمیت صنعت طیور را به‌عنوان تأمین‌کننده بیش از ۴۰ درصد از تولیدات گوشتی بیش از پیش حیاتی می‌نماید (Bist et al., 2024; Mottet & Tempio, 2017). در ایران نیز صنعت طیور سهم قابل توجهی در تأمین امنیت غذایی، ایجاد اشتغال و افزایش گردش مالی در بخش کشاورزی دارد. با این حال، توسعه و بهره‌وری این صنعت به‌شدت تحت تأثیر عوامل بیماری‌زا قرار دارد. بیماری‌های عفونی به‌ویژه عفونت‌های باکتریایی مانند *E. coli*، *Salmonella* و *Clostridium*، هر ساله خسارات اقتصادی قابل توجهی به واحدهای پرورشی وارد می‌کنند. این خسارات شامل کاهش رشد، افزایش تلفات، افت کیفیت لاشه و تحمیل هزینه‌های سنگین درمان و کنترل بیماری است (Lutful Kabir, 2010). استفاده مداوم از آنتی‌بیوتیک‌ها به‌عنوان ابزار اصلی مقابله با بیماری‌ها، گرچه در کوتاه‌مدت مؤثر

- ۱- شرکت دانش بنیان نیکا زیست آفرین، مشهد، ایران
- ۲- گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
- ۳- گروه بیماری‌های طیور، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تهران تهران، ایران
- ۴- گروه کشاورزی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران
- ۵- گروه بهداشت غذائی و آبزیان، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

(Email: sekhavati@um.ac.ir)

(*) نویسنده مسئول:

<https://doi.org/10.22067/ijasr.2025.94422.1258>

است، اما منجر به بروز مقاومت‌های آنتی‌بیوتیکی و ایجاد نگرانی‌های جدی در حوزه سلامت عمومی و ایمنی غذایی شده است. در سال‌های اخیر، با افزایش محدودیت‌های مصرف آنتی‌بیوتیک‌ها، توجه ویژه‌ای به تقویت سیستم ایمنی مخاطی طیور و ارتقاء سلامت دستگاه گوارش به‌عنوان راهکاری پایدار و مؤثر برای کاهش بروز بیماری‌ها شده است تا پرندگان انرژی خود را صرف رشد و عملکرد کنند (Kogut, 2009; Lillehoj & Lee, 2012).

تولید جوجه با کیفیت و سودآور کاملاً به حفظ سلامت روده و عملکرد مطلوب سیستم ایمنی بستگی دارد. تولید جوجه را می‌توان با بهبود پاسخ ایمنی و افزایش مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زا از طریق مواد مغذی کارآمد افزایش داد. تولید بالاتر و ضریب تبدیل غذایی کمتر، ضرورت صنعت جوجه‌داری مدرن است و می‌توان با اضافه کردن افزودنی‌های خاص به جیره غذایی یا آب آشامیدنی به آن دست یافت (Nosrati et al., 2017). امروزه استفاده از آنتی‌بیوتیک در جیره‌های غذایی طیور با توجه به اثرات زیست‌محیطی، تخریب فلور مفید دستگاه گوارش و همچنین ایجاد مقاومت آنتی‌بیوتیکی و پیامدهای آن برای سلامت انسان، دارای محدودیت‌هایی می‌باشد (Arsène et al., 2022; Owusu-Doubreh et al., 2023). بنابراین در سال‌های اخیر، محققان جایگزین‌های مناسبی برای آنتی‌بیوتیک‌ها همچون پروبیوتیک‌ها (Patterson & Burkholder, 2003; Rashid et al., 2023) پری‌بیوتیک‌ها (Roberfroid, 2007)، ترکیبات گیاهی (Huyghebaert et al., 2011)، پپتیدهای ضد میکروبی (Wang et al., 2016) معرفی کردند. *E.coli*.

در این میان، سایتوکاین‌ها نقش کلیدی در تنظیم و هدایت پاسخ‌های ایمنی دارند (Nguyen et al., 2021). یکی از مهم‌ترین سایتوکاین‌های ضدالتهابی، اینترلوکین-۱۰ است که نقش حیاتی در مهار التهاب و حفظ تعادل ایمنی ایفا می‌کند. اینترلوکین-۱۰ با مهار تولید سایتوکاین‌های پیش‌التهابی نظیر فاکتور نکروز تومور-آلفا، اینترلوکین ۱ بتا و اینترلوکین ۶ و نیز کاهش فعالیت ماکروفاژها و سلول‌های دندریتیک، از بروز واکنش‌های التهابی بیش از حد جلوگیری کرده و به حفظ وضعیت ایمنی متعادل کمک می‌کند (Couper et al., 2008). پژوهش‌های فراوانی، نقش اینترلوکین-۱۰ مخاطی را در افزایش یکپارچگی و استحکام اپیتلیال روده به‌وضوح نشان داده‌اند (Tomoyose et al., 1998; Oshima et al., 2001; Berg et al., 2002; Mazzon et al., 2002). به نظر می‌رسد که اینترلوکین-۱۰ مخاطی نقش اساسی در تنظیم ایمنی مخاطی حیوان ایفا می‌کند (Berg et al., 2002). پژوهش‌ها نشان داده‌اند که

سازوکار مولکولی مرتبط با اینترلوکین-۱۰ مخاطی در افزایش پایداری و استحکام سلول‌های اپیتلیال روده‌ای شامل افزایش بیان پروتئین‌های اتصال‌دهنده سلولی مانند آکلودین^۳ و ای-کاده‌رین^۴ است (Sun et al., 2008). همچنین در این پژوهش‌ها نشان داده شده است که در اثر تنش‌های محیطی و تغذیه‌ای، میزان اینترلوکین-۱۰ مخاطی کاهش یافته که این امر باعث کاهش سلامت و استحکام مخاطی دستگاه گوارش می‌شود. این محققان نشان دادند که مصرف خوراکی اینترلوکین-۱۰ نوترکیب با افزایش میزان بیان اتصال‌دهنده سلولی آکلودین و ای-کاده‌رین می‌تواند سلامت و استحکام سلولی و مخاطی روده را دوباره به حالت اول برگرداند (Sun et al., 2008). به نظر می‌رسد که عوامل تنش‌زا و سموم خوراکی به‌عنوان شاخص‌های مهم در کاهش بیان و ترشح اینترلوکین-۱۰ موکوسی نقش بسزایی داشته باشند (Nguyen et al., 2021). این کاهش بیان و ترشح اینترلوکین-۱۰ مخاطی می‌تواند در اثر سازوکارهایی که در بالا شرح داده شد، سلامت روده را تحت تأثیر قرار دهد.

استفاده خوراکی از سایتوکاین‌ها هرچند در در حیوانات مزرعه‌ای محدود بوده است، اما در مطالعات پیشین مصرف خوراکی گروه قابل توجهی از سایتوکاین‌ها در حیوانات مدل (Baggi et al., 1999; Marinaro et al., 1999; Lowenthal et al., 2000; Pedretti et al., 2006; Gariboldi et al., 2009) و نیز در انسان (Smith et al., 1999; Mughini, 2000; Polman et al., 2003; Zhang et al., 2009; Almon et al., 2021) گزارش شده است. هر چند که در ارتباط با اثربخشی سایتوکاین‌ها به‌دلیل حساسیت بالا به شرایط اسیدی و هضمی دستگاه گوارش تردیدهایی وجود دارد، بااین‌حال تعداد قابل توجهی از مطالعات، مصرف خوراکی سایتوکاین‌ها را بسیار مؤثر دانسته‌اند (Frazzini et al., 2021).

در پژوهش حاضر، اثرات محصول دانش‌بنیان مکمل آشامیدنی سایتوگارد حاوی ماده مؤثره اینترلوکین-۱۰ مرغی در سه دز متفاوت ماده مؤثره در مقایسه با مکمل پروبیوتیک پریمالاک با اثرات مشابه بر سلامت روده (بر روی جوجه‌های گوشتی سویه راس به‌صورت پیوسته در آب آشامیدنی در مدت ۴۲ روز) بر عملکرد، تعادل میکروبی و سلامت دستگاه گوارش بررسی شد.

مواد و روش‌ها

تولید سایتوگارد

این محصول در شرکت دانش‌بنیان نیکا زیست آفرین واقع در مرکز رشد دانشگاه فردوسی مشهد با بهره‌گیری از فناوری DNA نوترکیب تولید شد. روش تولید و همچنین بررسی اثرات برون‌تنی این

این منظور، تعداد ۳۶۰ قطعه جوجه نر گوشتی سویه راس ۳۰۸ یک روزه خریداری گردید. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. وزن اولیه جوجه‌ها در هر قفس ثبت گردید. شش گروه آزمایشی با شش واحد آزمایشی و ۱۰ جوجه در هر واحد آزمایشی در نظر گرفته شد. گروه‌های آزمایشی در **جدول ۱** ارائه شده است. گروه‌های آزمایشی شامل محصول دانش‌بنیان سایتوگارد با سه دز ماده مؤثره سایتوکاین مرغی و همچنین سایتوگارد بدون ماده مؤثره (تنها حاوی رقیق‌کننده‌های ایمن)، گروه شاهد مثبت (پروبیوتیک تجاری محلول در آب پرمالاک با دز پیشنهادی شامل: از صفر تا ۲۰ روزگی ۲۰ گرم در ۱۰۰۰ لیتر آب آشامیدنی، و از ۲۰ روزگی به بعد ۶۰ گرم در هزار لیتر آب مصرفی) و گروه شاهد (دریافت‌کننده آب معمولی) در نظر گرفته شد. مصرف سایتوگارد به‌صورت پیوسته از روز صفر تا روز ۴۲ ادامه داشت. شرایط دما، رطوبت و روشنایی سالن متناسب با سن جوجه‌ها تنظیم گردید. جوجه‌ها به‌مدت ۴۲ روز نگهداری شدند.

جیره غذایی و تیمار آب آشامیدنی

جیره غذایی برای دوره‌های مختلف رشد شامل آغازین (۱ الی ۱۰ روزگی)، رشد (۱۱ الی ۲۴ روزگی) و پایانی (۲۵ الی ۴۲ روزگی) آماده شد (**جدول ۲**). دسترسی به آب و غذا در طول روز کنترل گردید. تعویض آب سه بار در روز در ظروف کله قندی انجام شد.

ترکیب بر سلول‌های طحال مرغ در پژوهش‌های قبلی مورد بررسی و تأیید قرار گرفته است (Al-Jorani et al., In press). به‌طور خلاصه، با استفاده از تکنولوژی DNA نو ترکیب و مهندسی ژنتیک، ژن کدکننده سایتوکاین اینترلوکین-۱۰ مرغی به داخل وکتور بیانی باکتری *Bacillus subtilis* منتقل شد و بعد از غربالگری‌های اختصاصی باکتری، تولید سایتوکاین اینترلوکین-۱۰ در فرمانتور بهینه سازی گردید. در مرحله بعد، اینترلوکین-۱۰ مرغی نو ترکیب تولیدشده به‌منظور محافظت در برابر هضم دستگاه گوارش با استفاده از فرایندهای نانوتکنولوژی، برای کاهش اثرات هضمی بر روی سایتوکاین پوشش‌دهی شد و سپس با روش خشک‌سازی انجمادی (فریزدرای) تولید گردید. ماده مؤثره حاصل (اینترلوکین-۱۰) با رقیق‌کننده‌های ایمن در دزهای مختلف تولید و در دسترس محققان این پژوهش قرار گرفت. لازم به ذکر است که تعیین دزها با استفاده از کیت اختصاصی الیزا برای اینترلوکین-۱۰ مرغی (کیت الیزا اینترلوکین-۱۰ مرغی، SUNLONG، چین) طبق دستورالعمل ارائه شده انجام شد.

تقسیم‌بندی پرندوها و گروه‌های آزمایشی

این آزمایش با هدف بررسی اثرات سایتوگارد بر جوجه‌های گوشتی، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. برای

جدول ۱- فهرست تیمارهای آزمایشی

Table 1- List of experimental treatments

گروه	تیمار آب آشامیدنی
Group	Treatment of drinking water
Cyto0	سایتوگارد بدون ماده مؤثره CytoGard without active ingredient
Cyto10	۱۰ نانوگرم/لیتر از ماده مؤثره 10 ng/L of the active ingredient
Cyto20	۲۰ نانوگرم/لیتر از ماده مؤثره 20 ng/L of the active ingredient
Cyto80	۸۰ نانوگرم/لیتر از ماده مؤثره 80 ng/L of the active ingredient
Pro.	پروبیوتیک تجاری پرمالاک با دز پیشنهادی Commercial probiotic PrimaLac at the recommended dose
Cont.	شاهد (آب معمولی) Cont. (regular water)

روزانه، ضریب تبدیل غذایی و شاخص تولید اروپایی^۱ مطابق معادله ۱ الی ۵ محاسبه شد (Huff et al., 2015; Seighalani et al., 2025; Huff et al., 2013).

صفات مورد اندازه‌گیری آزمایش

در روزهای ۱، ۱۰، ۲۴ و ۴۲ وزن جوجه‌ها و میزان غذای باقی‌مانده در هر قفس اندازه‌گیری شد. در کل دوره، تلفات و وزن جوجه تلف‌شده ثبت گردید. میزان خوراک مصرفی، افزایش وزن

1- European production efficiency factor

جدول ۲- اجزای تشکیل دهنده و ترکیبات شیمیایی جیره غذایی (درصد)

Table 2- Components and chemical compositions of the diet (percentage)

اجزای جیره Diet components	آغازین (۱-۱۰ روزگی) Starter (1-10 days)	رشد (۱۱-۲۴ روزگی) Grower (11-24 days)	پایانی (۲۵-۴۲ روزگی) Finisher (25-42 days)
کنجاله سویا Soybean	35.92	36.24	33.4
ذرت Corn	55	53.12	55.58
روغن Oil	3	5	5.7
دی کلسیم فسفات Di-calcium phosphate	1.64	1.45	1.38
ال-لیزین L-lysine	0.32	0.34	0.13
سنگ آهک Limestone	1.55	1.28	1.27
نمک Salt	0.42	0.42	0.42
مکمل معدنی ^۱ Mineral premix	0.25	0.25	0.25
مکمل ویتامینه ^۲ Vitamin premix	0.25	0.25	0.25
دی-ال-متیونین D-L- methionine	0.15	0.15	0.12
سبوس گندم Wheat bran	1.5	1.5	1.5
ترکیبات شیمیایی جیره Chemical compounds of the diet			
انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری بر کیلوگرم) Metabolic Energy, (kcal/kg)	2900	3024	3090
پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)	21.1	20.95	19.8
چربی خام (درصد) Crude fat (%)	5.42	7.35	8.12
فیبر خام (درصد) Crude fiber (%)	3.89	3.87	3.7
کلسیم (درصد) Calcium (%)	0.99	0.86	0.83
فسفر قابل دسترس (درصد) Available phosphorus (%)	0.47	0.43	0.41
سدیم (درصد) Sodium (%)	0.18	0.18	0.18
لازین (درصد) Lysine (%)	1.37	1.39	1.37
متیونین (درصد) Methionine (%)	0.47	0.47	0.43
آرژنین (درصد) Arginine (%)	1.47	1.48	1.39
لینولنیک اسید (درصد) Linolenic acid (%)	1.44	5.04	5.6
ترئونین Threonine	0.84	0.84	0.79

^۱ هر کیلوگرم مکمل معدنی شامل سولفات منگنز ۲۴۸ میلی گرم، سولفات آهن ۱۲۵ میلی گرم، اکسید روی ۲۱۱ میلی گرم، سولفات مس ۲۵ میلی گرم، یدات کلسیم ۲۵ میلی گرم، سلنیوم ۵ میلی گرم، کولین ۶۲۵ میلی گرم، آنتی اکسیدان ۲۵ میلی گرم

^۲ هر کیلو گرم مکمل ویتامینه شامل ویتامین A ۲۲۵۰۰ واحد بین المللی ویتامین، ویتامین D₃ ۵۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین، ویتامین E ۴۵ واحد بین المللی ویتامین، ویتامین B₁ چهار میلی گرم، ویتامین K پنج میلی گرم، ویتامین B₁₂ ۰/۴ میلی گرم، اسید پانتوتیک ۲۴ میلی گرم، اسید فولیک ۲/۵ میلی گرم، نیاسین ۷۴ میلی گرم، پیروکسین ۷/۳ میلی گرم، بیوتین ۰/۰۴ میلی گرم

^۱ Mineral premix supplied the following, per kilogram of diet: Manganese sulfate 248 mg, ferrous sulfate 125 mg, zinc oxide 211 mg, copper sulfate 25 mg, calcium iodate 25 mg, selenium 5 mg, choline 625 mg, antioxidant 25 mg

^۲ Vitamin premix supplied the following, per kilogram of diet: Vitamin A 22500 IU, vitamin D₃ 5000 IU, vitamin E 45 IU, vitamin B₁ 4 mg, vitamin K 5 mg, vitamin B₁₂ 0.4 mg, pantothenic acid 24 mg, folic acid 2.5 mg, niacin 74 mg, pyridoxine 7.3 mg, biotin 0.04 mg

Lactobacillus از محیط کشت استفاده شد. کشت میکروبی بر روی محتویات هضمی روده بخش میانی ایلئوم و سکوم جداگانه انجام گردید. ابتدا رقت ۰/۱ از نمونه محتویات هضمی روده در بافر PBS آماده شد. سپس رقت‌های متوالی تهیه گردید. در نهایت، ۰/۱ میلی‌لیتر از هر رقت روی پلیت به‌صورت سطحی کشت شد. انکوباسیون پلیت‌های EMB در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت انجام گردید. انکوباسیون *Lactobacillus* در شرایط بی‌هوازی صورت گرفت و شمارش کلنی‌ها پس از ۷۲ ساعت انجام شد. تعداد کلنی‌ها در هر گرم نمونه محاسبه گردید (Snijder & Meulenber, 1998; Zhang et al., 2021).

ریخت‌شناسی روده کوچک

برای بررسی ویژگی‌های ریخت‌شناسی روده، نمونه‌برداری از جوجه‌های کشتار شده از بافت‌های مقاطع دئودنوم، ژژنوم و ایلئوم از چهار تکرار هر گروه و دو جوجه از هر قفس با برش عرضی انجام شد. مقاطع بافتی با سرم فیزیولوژی شست‌وشو داده شد و نمونه‌ها در فرمالین ۱۰ درصد قرار گرفتند. سه بار تعویض فرمالین با فواصل ۲۴ ساعت انجام شد. سپس بافت‌ها آبگیری و پارافینه گردید. آبگیری بافت‌ها به‌ترتیب در الکل ۵۰، ۷۰، ۹۰ و ۱۰۰ درصد به‌مدت یک ساعت انجام شد، تا الکل جایگزین آب بافت شود. سپس مراحل پارافینه کردن، قالب‌گیری و برش بافت‌ها انجام شد (Seighalani et al., 2025). نمونه‌ها به‌وسیله هماتوکسیلین رنگ‌آمیزی شدند. طول ویلی و قطر عضله توسط میکروسکوپ نوری مدل Olympus bx41 برحسب میکرومتر اندازه‌گیری گردید.

آنالیز آماری

نتایج به‌دست‌آمده در قالب طرح کاملاً تصادفی با رویه GLM و با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS ویراش ۹/۳ مورد تجزیه آماری قرار گرفتند. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده و تفاوت میانگین‌ها در سطح احتمال کمتر از پنج درصد به‌عنوان معنی‌دار گزارش شدند. مدل ریاضی طرح آماری استفاده‌شده عبارت است از $y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$ که در آن، y_{ij} : متغیر وابسته (مقدار مشاهده)، μ : اثر ثابت میانگین، τ_i : اثر تیمار و ϵ_{ij} : اثر خطای آزمایش است. تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها به‌صورت زیر مشخص شده است. $p \leq 0.0001$ ، $0.001 \leq p \leq 0.01$ ، $0.01 \leq p \leq 0.05$.

نتایج و بحث

یکی از مواردی که در سال‌های اخیر به‌عنوان مکمل‌های تغذیه‌ای توجه محققان را به خود جلب کرده است، پست‌بیوتیک‌ها

معادله (۱)

روز مرغ = (تعداد پرند در پایان دوره × طول دوره) + تعداد روزهای زنده‌مانی تلفات

معادله (۲)

خوراک مصرفی (گرم) = وزن خوراک باقی‌مانده در انتهای دوره (گرم) - وزن خوراک در ابتدای دوره (گرم)

روز مرغ

معادله (۳)

افزایش وزن روزانه (گرم) = (وزن جوجه‌ها در ابتدای دوره + وزن جوجه تلف‌شده) - وزن جوجه‌ها در انتهای دوره

روز مرغ

معادله (۴)

ضریب تبدیل غذایی = میانگین مصرف خوراک روزانه (گرم) / میانگین افزایش وزن روزانه (گرم)

معادله (۵)

شاخص تولید اروپایی = (میانگین وزن زنده (کیلوگرم) × درصد زنده‌مانی (گله) × ۱۰۰)

ضریب تبدیل خوراک × طول دوره آزمایش

شمارش سلول‌های خونی و تیترا آنتی‌بادی

در این پژوهش، برنامه واکسیناسیون مطابق با الگوی رایج در صنعت طیور منطقه اجرا شد. جوجه‌ها در روز ۱۰، ۱۶ و ۲۵ پرورش با واکسن دوگانه نیوکاسل و برونشیت واکسینه شدند. نمونه‌برداری خون از بال پرند در روز ۳۰ دوره جهت تست HI^۱ (تیترا آنتی‌بادی در برابر نیوکاسل و آنفلوآنزا) انجام گردید. خون‌گیری از چهار تکرار هر گروه و دو جوجه از هر قفس یعنی هشت جوجه از هر گروه انجام شد. همچنین نمونه‌برداری خون با ماده ضدانعقاد EDTA برای شمارش سلول‌های خونی انجام شد و نمونه‌ها برای آنالیز ارسال گردید (Vertiprakhov et al., 2021).

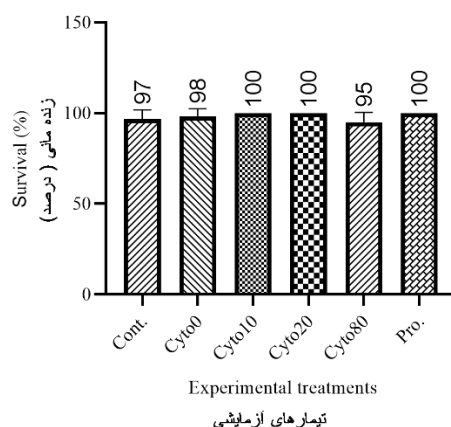
کشت میکروبی

در پایان دوره، از چهار تکرار هر گروه و دو جوجه از هر قفس یعنی هشت جوجه از هر گروه براساس میانگین وزن انتخاب و کشتار شدند. نمونه‌برداری از محتویات هضمی ایلئوم و روده کور (سکوم) برای کشت میکروبی در شرایط استریل انجام گردید. هشت نمونه محتویات هضمی روده از هر گروه مورد آزمون میکروبی قرار گرفتند. جهت کشت/شریشتی‌کلی از محیط کشت EMB agar و برای کشت

کرده‌اند (Nam et al., 2022). مصرف پروبیوتیک احتمالاً با تقویت سیستم ایمنی، تعادل میکروبیوم روده و بهبود جذب مواد مغذی از رشد باکتری‌های بیماری‌زا جلوگیری کرده و سلامت کلی پرنده را افزایش می‌دهد، در نتیجه تلفات ناشی از عفونت‌های احتمالی، سوء تغذیه و تنش کاهش می‌یابد (Khosravi et al., 2025; Kumar et al., 2025; Idowu et al., 2025). نتایج این پژوهش همچنین حاکی از این بود که دزهای پایین سایتوگارد نیز باعث کاهش نرخ تلفات شدند. مصرف دز پایین اینترلوکین-۱۰ مرغی در جوجه‌های گوشتی ممکن است با تنظیم پاسخ ایمنی ضدالتهابی، از التهابات بیش از حد و در نتیجه آسیب‌های بافتی جلوگیری کرده و در نتیجه باعث کاهش تلفات شود. اینترلوکین-۱۰ با مهار سایتوکاین‌های پیش‌التهابی (TNF- α و IL-6) تعادل ایمنی را بهبود می‌بخشد و تنش متابولیک را کاهش می‌دهد (Carlini et al., 2023)، ولی دزهای بالا احتمالاً باعث سرکوب ایمنی می‌شود و جوجه‌ها را مستعد عفونت‌های ثانویه و در نتیجه منجر به حساسیت به باکتری‌های بیماری‌زا می‌شوند (Couper et al., 2008; Ouyang et al., 2011; Carlini et al., 2023). به علاوه دزهای بالا می‌تواند بر متابولیسم انرژی تأثیر منفی داشته و باعث کاهش رشد یا افزایش تنش اکسیداتیو شود (Ouyang et al., 2011).

می‌باشد. در واقع، پستیوتیک‌ها محصولات فرعی پروبیوتیک‌ها می‌باشند که در فرآیند تخمیر تولید شده و می‌توان از فواید آن‌ها به عنوان مواد مؤثره در مکمل‌های تغذیه‌ای استفاده کرد (Saeed et al., 2023; Roque et al., 2025). محصول سایتوگارد را می‌توان در گروه محصولات بر پایه پستیوتیک دسته‌بندی کرد. این محصول به عنوان فرآورده حاصل از فرایند تخمیر می‌باشد که در این فرآیند، سایتوکاین نو ترکیب تولید شده و بعد از فرآوری‌های مناسب به عنوان ماده مؤثره در محصول حاضر مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج نرخ زنده‌مانی در گروه‌های آزمایشی (شکل ۱) نشان داد که در گروه پروبیوتیک و گروه‌هایی که غلظت ۱۰ و ۲۰ نانوگرم بر لیتر از سایتوگارد را دریافت کردند، ۱۰۰ درصد بود، اما در گروهی که مکمل سایتوگارد را دریافت نکردند، نرخ زنده‌مانی به ۹۸ درصد کاهش یافت. همچنین نرخ زنده‌مانی در گروه شاهد و گروهی که سایتوگارد با غلظت ۸۰ نانوگرم بر لیتر را مصرف کردند به ترتیب به میزان ۹۸ و ۹۶ درصد رسید (شکل ۱). بنابراین نتایج نشان می‌دهد که سایتوگارد در دزهای پایین‌تر (۱۰ و ۲۰ نانوگرم بر لیتر) احتمالاً دارای اثر محافظتی مناسب‌تری بوده و به عنوان یک افزودنی ایمن و مؤثر در آب آشامیدنی طیور قابل توصیه است. مطالعات بسیاری، کاهش تلفات در هنگام استفاده از پروبیوتیک در جیره جوجه‌های گوشتی را گزارش



شکل ۱- نرخ زنده‌مانی جوجه گوشتی در اثر اعمال تیمارهای مختلف طی ۴۲ روز

Figure 1- Survival rate of broiler chickens under various treatments during 42 days

Cont.: آب معمولی، Cyto0: سایتوگارد بدون ماده مؤثره، Cyto10: ۱۰ نانوگرم/لیتر از ماده مؤثره، Cyto20: ۲۰ نانوگرم/لیتر از ماده مؤثره، Cyto80: ۸۰ نانوگرم/لیتر از ماده مؤثره، Pro.: پروبیوتیک تجاری پریمالاک با دز پیشنهادی. میانگین همراه با SD در هر ستون آورده شده است.

Cont.: regular water, Cyto0: CytoGard without active ingredient, Cyto10: 10 ng/L of the active ingredient, Cyto20: 20 ng/L of the active ingredient, Cyto80: 80 ng/L of the active ingredient, Pro: Commercial probiotic PrimaLac at the recommended dose. The mean $\pm$ SD is given in each column

شده است. در دوره رشد، بالاترین وزن مربوط به Cyto20 و پروبیوتیک بود (۴۹/۴۴ گرم) که نسبت به شاهد و Cyto0 و Cyto80 معنی‌دار بود ($P < 0.05$). گروه Cyto20 حدود سه گرم

اثر سایتوگارد بر وزن و عملکرد جوجه گوشتی

نتایج مربوط به اثرات سایتوگارد بر میزان مصرف خوراک، افزایش وزن، ضریب تبدیل غذایی و شاخص تولید اروپایی در جدول ۳ ارائه

Ghany et al., 2022 به نظر می‌رسد که سایتوگارد از طریق کاهش بار میکروبی روده، بهبود جمعیت میکروبی مفید و افزایش جذب مواد مغذی توانسته است در غلظت ۲۰ نانوگرم بر لیتر بیشترین تأثیر را داشته باشد.

مقدار شاخص اروپایی به‌دست‌آمده در این مطالعه (۳۳۱/۱۲) در محدوده بالای شاخص اروپایی قرار دارد، زیرا معمولاً مقادیر بین ۲۰۰ تا ۴۰۰ برای شرایط پرورش صنعتی گزارش شده است (Adaszyńska-Skwirzyńska et al., 2025). این موضوع نشان می‌دهد که استفاده از سایتوگارد در غلظت بهینه می‌تواند شرایط عملکردی معادل استانداردهای صنعتی را فراهم کند. با این حال، عدم افزایش معنی‌دار شاخص در برخی غلظت‌های دیگر سایتوگارد بیانگر آن است که اثرات این ترکیب وابسته به دز بوده و تنها در محدوده‌های خاصی حداکثر کارایی را نشان می‌دهد.

در بررسی منابع به چاپ رسیده، مواردی که شاید بتوان به‌عنوان تناقض با پژوهش حاضر از آن‌ها یاد کرد شامل موارد زیر می‌باشد. در چندین پژوهش، استفاده از آنتی‌بادی اینترلوکین-۱۰ مرغی به‌عنوان مکمل تغذیه‌ای در جوجه‌های گوشتی مورد بررسی قرار گرفته است (Arendt et al., 2016; Rasheed et al., 2020; Ren et al., 2022). در این مطالعات اشاره شده است که حذف و کاهش اینترلوکین-۱۰ فعال موکوسی در دستگاه گوارش جوجه‌های گوشتی احتمالاً باعث پاک‌سازی بیماری‌هایی همچون کوکسیدیوز شده و می‌تواند در این رابطه اثرات مفیدی داشته باشد، با این حال در همین مطالعات تأکید شده است که از آنجا که اینترلوکین-۱۰ موکوسی یک مهارکننده قوی التهاب دستگاه گوارش است، کاهش یا حذف آن می‌تواند منجر به بروز التهاب‌های شدید و زخم‌های متعدد روده شود که در نتیجه ضریب تبدیل غذایی را کاهش داده و در برخی موارد موجب افزایش تلفات شده است (Sand et al., 2016; Ren et al., 2022).

دسته دیگری از پژوهش‌ها گزارش کرده‌اند که جهش در ژن کدکننده اینترلوکین-۱۰ جوجه‌های گوشتی سبب کاهش بیان اینترلوکین-۱۰ شد و اثرات مفیدی در بهبود FCR و افزایش رشد این جوجه‌ها نشان داد (Ghebremicael et al., 2008). البته در ارتباط با این نتایج، یافته‌های اخیر پژوهشگران (Meunier et al., 2025) این ادعا را رد کرده است. در این پژوهش، با ایجاد جهش‌های هدفمند در ژن کدکننده اینترلوکین-۱۰ در جوجه‌های گوشتی و تولید جوجه‌های تراریخته دارای نقص در بیان نرمال ژن اینترلوکین-۱۰ نشان داده شده است که کاهش بیان ژن اینترلوکین-۱۰ تأثیری در بهبود تبدیل ضریب غذایی و افزایش وزن نداشته است.

تاکنون پژوهشی که اثرات اینترلوکین-۱۰ نوترکیب را بر روی طيور بررسی کرده باشد، منتشر نشده است، اما تیمار با ترکیبات دیگر در آب آشامیدنی بررسی شده است. نصرتی و همکاران (Nosrati et

افزایش وزن نسبت به گروه شاهد و ۳/۵ گرم افزایش نسبت به گروه Cyto0 نشان داد ($P < 0.05$). افزایش وزن گروه Cyto10 نسبت به شاهد نیز معنی‌دار بود ($P < 0.05$). در کل دوره ۱ تا ۴۲ روزگی، بالاترین افزایش وزن مربوط به Cyto20 و کمترین آن مربوط به Cyto80 بود. افزایش وزن روزانه گروه Cyto20 نسبت به گروه شاهد ۴/۱۳ گرم بیشتر به‌ازای هر جوجه بود و نسبت به گروه Cyto0 ۳/۹۱ گرم افزایش معنی‌دار نشان داد ($P < 0.05$). به‌طور کلی، در گروه Cyto80 افزایش وزن در دوره‌های مختلف تفاوت معنی‌داری با گروه شاهد نشان نداد. این مورد احتمالاً نشان‌دهنده اثر سایتوگارد در غلظت‌های مشخص است و افزایش غلظت بیشتر اثرات معنی‌داری در افزایش وزن یا کاهش ضریب تبدیل خوراک ندارد. این اثرات کاهشی احتمالاً به دلیل اثرات منفی دز بالا بر متابولیسم یا اختلال در تعادل ایمنی و میکروبیوتای روده می‌باشد که مشابه یافته‌های سایر پژوهش‌ها است که استفاده بیش از حد از ترکیبات ایمنی‌تعدیل‌گر می‌تواند اثر معکوس داشته باشد (Redmond et al., 2010).

ضریب تبدیل خوراک به‌عنوان یک عامل مهم در صنعت مرغداری مطرح است. در همه دوره‌های پرورش، ضریب تبدیل خوراک در گروه Cyto20 کمترین مقدار بود. در دوره آغازین، کاهش ضریب تبدیل غذایی گروه Cyto20 نسبت به گروه Cyto80 بسیار قابل توجه بود ($P < 0.05$) و این احتمالاً نشان‌دهنده تأثیرات منفی دزهای بالا در دوره آغازین بر راندمان هضم و جذب مواد مغذی در جوجه‌های گوشتی می‌باشد. در دوره پایانی، تفاوت معنی‌داری در کاهش ضریب تبدیل خوراک بین گروه Cyto20 و Cyto80 مشاهده گردید ($P < 0.05$). در کل دوره، کاهش میزان ضریب تبدیل خوراک در گروه Cyto20 نسبت به گروه Cyto80 و شاهد معنی‌دار بود ($P < 0.05$).

شاخص تولید اروپایی در گروه Cyto20 و پروبیوتیک تفاوت معنی‌داری نسبت به گروه شاهد و سایر غلظت‌های سایتوگارد نشان داد ($P < 0.05$), به‌طوری که بالاترین شاخص تولید اروپایی را در بین کلیه تیمارهای آزمایشی و گروه شاهد نشان داد. شاخص تولید اروپایی یکی از معتبرترین شاخص‌ها در ارزیابی عملکرد مرغ‌های گوشتی است که ترکیبی از سرعت رشد روزانه، درصد زنده‌مانی و ضریب تبدیل خوراک می‌باشد (Adaszyńska-Skwirzyńska et al., 2025). افزایش مقدار این شاخص در گروه دریافت‌کننده سایتوگارد با غلظت ۲۰ نانوگرم بر لیتر بیانگر آن است که این افزودنی توانسته است با بهبود بخشی از عامل‌های اصلی رشد، بازدهی تولید را ارتقاء دهد. مطالعات پیشین نیز نشان داده‌اند که بعضی از پروبیوتیک‌ها و پیتیدهای ضدباکتریایی و تعدیل‌کننده سیستم ایمنی سبب بهبود سلامت دستگاه گوارش و کاهش التهاب در پرندگان شده و از این طریق می‌تواند موجب بهبود ضریب تبدیل خوراک و افزایش شاخص تولید گردد (Hussain et al., 2024; Qazi et al., 2025; Abd El-

و سکوم تولید می کردند. نتایج بررسی عملکرد افزایش بیان و ترشح اینترلوکین-۱۰ موکوسی در این موش ها حاکی از آن بود که این افزایش بیان اینترلوکین-۱۰ موکوسی اثرات معنی داری در افزایش تعداد لنفوسیت های موجود در لایه اپیتلیال روده ای و لنفوسیت های داخل لامینا پروپریا در نتیجه کاهش بیان سایتوکاین های التهابی همچون اینترفرون گاما^۱ و $TNF-\alpha$ داشتند. این اثرات به صورت غیرمستقیم باعث افزایش پایداری قطر مخاط روده و همچنین استحکام سلول های روده شد. از طرفی، نتایج این تحقیق نشان داد که افزایش بیان اینترلوکین-۱۰ موکوسی به صورت پایداری در روده موش های تراریخت باعث افزایش سلول های B تولیدکننده ایمونوگلوبولین A ترشحی (sIgA) گردید. این امر باعث افزایش ترشح sIgA در مخاط روده و در نتیجه افزایش قدرت سیستم ایمنی مخاطی موش های تراریخت در مقابل موش های وحشی شد. همچنین محققان در پژوهشی نشان دادند که مصرف خوراکی باکتری نوترکیب لاکتوکوکوس لاکتیس که توانایی تولید و ترشح اینترلوکین-۱۰ انسانی را داشت، به خوبی توانست بیماری تورم روده را در موش هایی که ژن تولیدکننده اینترلوکین-۱۰ در آن ها حذف شده بود، درمان کند. این نتایج نیز حاکی از این بود که فراهم آوری هدفمند و منطقه ای اینترلوکین-۱۰ موکوسی می تواند اثرات مطلوبی در ارتقاء سلامت روده و سیستم ایمنی مخاطی داشته باشد (Steidler et al., 2000).

به طور کلی طبق ارزیابی مطالعات پیشین، میزان تولید و ترشح اینترلوکین-۱۰ موکوسی در دستگاه گوارش و لایه مخاطی بسیار پایین است، به نحوی که حتی بعضی از گزارش ها حاکی از عدم توانایی در تشخیص این سایتوکاین در بافت روده می باشد، ولی همین میزان بسیار محدود برای حفظ سلامت مخاطی روده کافی است (Steidler et al., 2000). به عبارتی، احتمالاً سایتوگارد توانسته است با فراهم آوری مناسب اینترلوکین-۱۰ در محیط دستگاه گوارش، اثرات تنظیم کننده التهابی داشته باشد که این خود احتمالاً باعث بهبود شرایط هضم و جذب دستگاه گوارش و رشد بهتر فلور میکروبی روده و در نتیجه بهینه سازی ضریب تبدیل خوراک و عملکرد رشد شود. همچنین نتایج به دست آمده نشان داد که عملکرد سایتوگارد به نحو قابل توجهی وابسته به دز اینترلوکین-۱۰ به عنوان ماده مؤثره می باشد. به نحوی که مشاهده شد در دزهای بالا (cyto80) اثرات معکوس بر عملکرد رشد و ضریب تبدیل خوراک داشت. این امر احتمالاً به خاطر سرکوب سیستم ایمنی روده در این دز بوده که خود

احتمالاً باعث افزایش میزان التهاب خواهد شد. الگوی تغییرات افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک گروه Cyto20 به عنوان گروه

(al., 2017) اثر تیمارهای مختلف (آنتی بیوتیک، پروبیوتیک، عصاره گیاهی و ویتامین C) در آب آشامیدنی را بر تغییرات ضریب تبدیل خوراک جوجه گوشتی بررسی کردند. نتایج نشان داد که آب آشامیدنی همراه با ۰/۱ گرم بر لیتر ویتامین C یا ۲/۵ میلی لیتر در لیتر عصاره *Echinacea purpurea* به مدت چهار روز بعد از هر واکسیناسیون جوجه گوشتی، ضریب تبدیل خوراک را به ۲/۱۳ در روز ۴۲ رساند، درحالی که ضریب تبدیل خوراک گروه شاهد ۲/۲۴ بود (Nosrati et al., 2017). کریمی ترشیزی و همکاران (Karimi Torshizi et al., 2010) نشان دادند که مصرف مخلوطی از پروبیوتیک ها به میزان ۰/۵ گرم بر لیتر در آب آشامیدنی نسبت به یک گرم بر کیلوگرم ماده غذایی سبب افزایش وزن روزانه دو گرم به ازای هر پرنده شد و همچنین ۴/۷ درصد کاهش در ضریب تبدیل خوراک در اثر تیمار با آب نسبت به غذا مشاهده شد. بنابراین مکمل دهی از طریق آب در بسیاری از شرایط، مؤثرتر و کاربردی تر از جیره غذایی است. در شرایط تنش حرارتی، بیماری یا انتقال گله که مصرف خوراک کاهش می یابد، مصرف آب معمولاً حفظ می شود و مکمل دهی از طریق آب، مؤثرتر عمل می کند (Karimi Torshizi et al., 2010; Soumeh et al., 2021). در یک پژوهش، اثر پروبیوتیک های مختلف به میزان یک درصد در آب آشامیدنی بر روی جوجه گوشتی بررسی شد. نتایج نشان داد که در دوره ۱ تا ۴۲ روزگی پروبیوتیک *Bifidobacterium* میزان ضریب تبدیل خوراک را نسبت به شاهد ۸/۲ درصد کاهش و میانگین وزن روزانه را ۱۶ درصد افزایش داد (Zhang et al., 2021). نتایج پژوهش کاواشیما و همکاران (Kawashima et al., 2018) نشان داد که استفاده از پروبیوتیک ها در دستگاه گوارش عمدتاً از طریق تولید اینترلوکین-۱۰ موکوسی باعث افزایش ترشح IgA در مخاط و در نتیجه دفاع قوی تر میزان در برابر بیمارگرها می شوند. به عبارتی، اثرات مفید پروبیوتیک به عنوان یک مکمل تغذیه ای شناخته شده در اثر تولید اینترلوکین-۱۰ مخاطی در روده اعمال خواهد شد. بنابراین احتمالاً فراهم آوری این سایتوکاین در گروه های Cyto10 و Cyto20 به صورت آشامیدنی در محیط دستگاه گوارش توانسته است اثرات شبیه به پروبیوتیک را داشته باشد، همان طور این مشاهدات در نتایج مربوط به ضریب تبدیل خوراک و عملکرد رشد نیز مشاهده گردید. هم راستا با این نتایج، پژوهش هایی که در تأیید استفاده از اینترلوکین-۱۰ به عنوان بهبوددهنده شرایط تغذیه ای حیوان می توان به آن اشاره کرد نیز شامل مطالعات زیر می باشد: در پژوهشی که توسط وینتر و همکاران (Dewinter et al., 2002) انجام شد، برای بررسی اثرات اینترلوکین-۱۰ موکوسی، موش تراریخته ای ساخته شد که در این موش، بیان اینترلوکین-۱۰ به صورت اختصاصی در سلول های اپیتلیال روده نسبت به موش وحشی چندین برابر بود. لذا این موش ها نسبت به موش های وحشی میزان بالاتری از اینترلوکین-۱۰ موکوسی را به صورت پیوسته در هر سه بخش روده یعنی ایلئوم، ژژنوم

1- interferon gamma (ifn- γ)

برتر در مقایسه با شاهد و پروبیوتیک تجاری در طی ۴۲ روز در شکل ۲ نشان داده است.

جدول ۳- اثر تیمارهای آزمایشی بر مصرف خوراک، افزایش وزن، ضریب تبدیل خوراک و شاخص تولید اروپایی در جوجه‌های گوشتی طی ۱ تا ۴۲ روز
Table 3- Effects of the experimental treatments on feed intake, body weight gain and feed conversion ratio in broiler chickens during 1-42 days

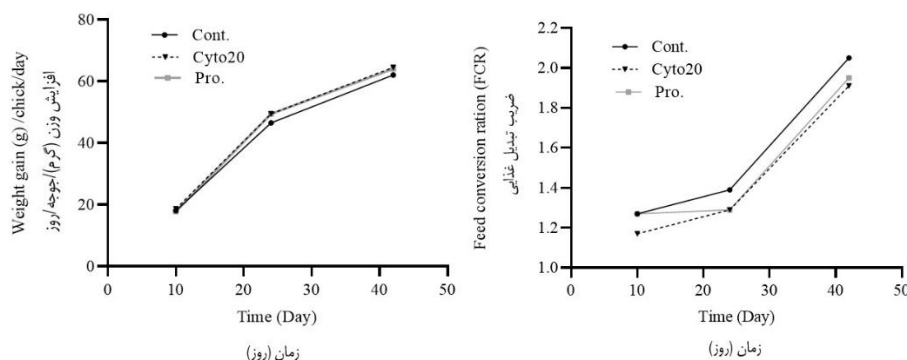
دوره پرورش/تیمار	شاهد Cont.	سایتوگارد ۰ Cyto0	سایتوگارد ۱۰ Cyto10	سایتوگارد ۲۰ Cyto20	سایتوگارد ۸۰ Cyto80	پروبیوتیک Prob.	SEM	P value
مصرف خوراک روزانه (گرم) (g) Feed intake								
دوره آغازین Starter	22.87	58.21	85.22	70.21	09.23	41.22	1.26	0.345
دوره رشد Grower	64.78	39.64	66.65	85.63	11.66	57.63	2.90	0.438
دوره پایانی Finisher	127.61	80.128	37.127	16.123	50.129	78.124	5.78	0.316
کل دوره Total period	97.94	23.97	88.96	40.95	86.96	66.95	3.15	0.221
افزایش وزن روزانه (گرم) Body weight gain(g)								
دوره آغازین Starter	18.05	16.69	18.51	18.62	17.75	17.74	1.58	0.421
دوره رشد Grower	46.50 ^b	45.87 ^b	48.55 ^a	49.44 ^a	45.47 ^b	49.44 ^a	1.48	0.041
دوره پایانی Finisher	62.05	62.98	63.13	64.49	61.60	64.05	2.18	0.315
کل دوره Total period	51.78 ^b	52.00 ^b	53.20 ^{ab}	55.91 ^a	51.37 ^b	55.23 ^a	1.61	0.021
ضریب تبدیل خوراک (کیلوگرم اضافه وزن/کیلوگرم خوراک) FCR(kg weight gain/ kg feed)								
دوره آغازین Starter	1.27 ^{ab}	1.29 ^{ab}	1.24 ^{ab}	1.17 ^a	1.31 ^b	1.27 ^{ab}	0.04	0.045
دوره رشد Grower	1.39	1.37	1.35	1.29	1.39	1.29	0.05	0.215
دوره پایانی Finisher	2.05 ^{ab}	2.05 ^{ab}	2.02 ^{ab}	1.91 ^a	2.10 ^b	1.95 ^a	0.05	0.031
کل دوره Total period	1.90 ^b	1.82 ^{ab}	1.82 ^{ab}	1.71 ^a	1.89 ^b	1.73 ^a	0.04	0.022
شاخص تولید اروپایی EPEF								
کل دوره Total period	252.3 ^b	285.8 ^b	298.27 ^b	333.12 ^a	254.54 ^b	325.01 ^a	13.91	0.031

^{a, b} میانگین‌ها با حروف غیرمشابه دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند. تفاوت میانگین‌ها در سطح احتمال کمتر از پنج درصد به‌عنوان معنی‌دار گزارش شده‌اند ($p < 0.05$).
 Cont.: آب معمولی، Cyto0: سایتوگارد بدون ماده مؤثره، Cyto10: ۱۰ نانوگرم/لیتر از ماده مؤثره، Cyto20: ۲۰ نانوگرم/لیتر از ماده مؤثره، Cyto80: ۸۰ نانوگرم/لیتر از ماده مؤثره، Pro: پروبیوتیک تجاری پریمالاک با دز پیشنهادی

SEM=خطای استاندارد میانگین

^{a, b} Means within a row with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$). Differences in means were reported as significant at a probability level of less than 5 percent ($p < 0.05$)

Cont.: regular water, Cyto0: CytoGard without active ingredient, Cyto10: 10 ng/L of the active ingredient, Cyto20: 20 ng/L of the active ingredient, Cyto80: 80 ng/L of the active ingredient, Pro: commercial probiotic PrimaLac at the recommended dose
 SEM =Standard Error of Means



شکل ۲- تغییرات افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل خوراک (FCR) در دوره ۱ تا ۴۲ روزگی
Figure 2- Changes in daily weight gain and feed conversion ratio FCR during 1-42 days
 Cont.: آب معمولی، Cyto20: ۲۰ نانوگرم/لیتر از ماده مؤثره، Pro.: پروبیوتیک تجاری پریمالاک با دز پیشنهادی

Cont.: regular water, Cyto20: 20 ng/L of the active ingredient, Pro: commercial probiotic PrimaLac at the recommended dose

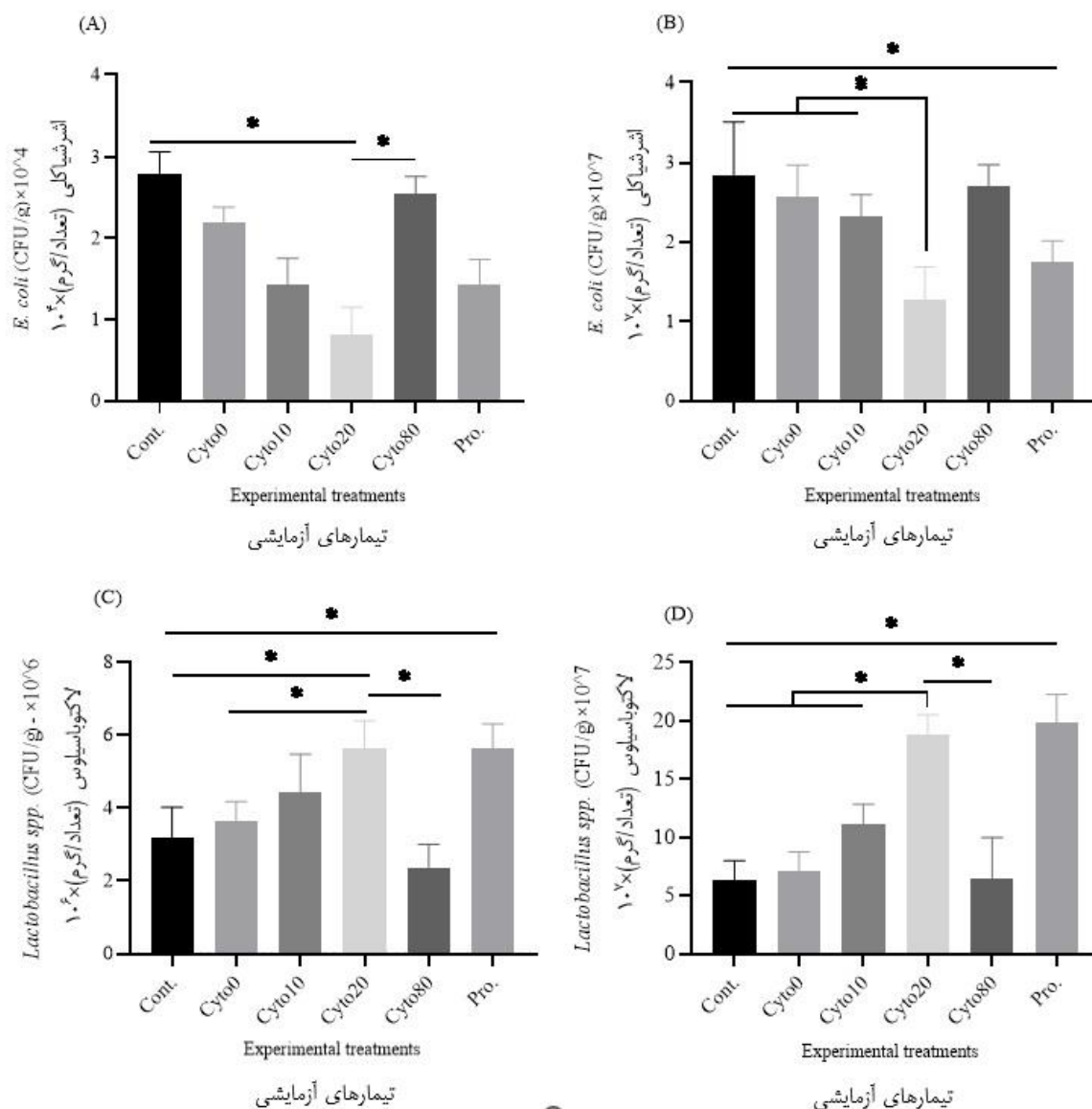
(Mountzouris et al., 2010; Apajalahti et al., 2004). شمارش تعداد *Lactobacillus* در محتویات هضمی ایلئوم و سکوم در شکل ۳ (قسمت C و D) نشان داده شده است. نتایج نشان داد که در ایلئوم و سکوم تعداد *Lactobacillus* در گروه Cyto20 نسبت به شاهد، گروه Cyto0 و Cyo80 معنی دار بود ($P < 0.05$). بنابراین مصرف پیوسته غلظت ۲۰ نانوگرم بر لیتر از سایتوگارد در دوره ۴۲ روز سبب تعادل فلور میکروبی روده شد. تعداد *Lactobacillus* در گروه Prob. نیز در ایلئوم و سکوم افزایش معنی دار نسبت به شاهد نشان داد. در پژوهشی، استفاده از یک درصد پروبیوتیک *Lactobacillus caseis* در آب آشامیدنی سبب افزایش مؤثر *Lactobacillus* و کاهش *E. coli* در محتویات هضمی روده شد (Zhang et al., 2021). در یک پژوهش، *Lactobacillus lactis* نو ترکیب بیان کننده پپتیدهای لاکتوفرین به رژیم غذایی جوجه اضافه شد. این سویه سبب کاهش معنی دار *E. coli* و افزایش *Lactobacillus* شد (Li et al., 2025). مطالعات دیگری نیز نشان دادند که پروبیوتیک‌ها بر جمعیت میکروبی روده تأثیر مثبت می‌گذارند و سبب افزایش (Song et al., 2014). بنابراین سایتوگارد در غلظت‌های بهینه در کاهش رشد باکتری‌های بیمارگر و افزایش باکتری‌های سودمند تأثیر زیادی دارد، اما افزایش غلظت سایتوگارد تا ۸۰ نانوگرم بر لیتر سبب کاهش جزئی تعداد *E. coli* شد، اما تعداد *Lactobacillus* کمتر از شاهد بود. احتمالاً در دزهای پایین سایتوگارد پاسخ‌های ضدالتهابی ناشی از ماده مؤثره اینترلوکین-۱۰ باعث کاهش شرایط التهابی روده شده که خود باعث جلوگیری از رشد بیمارگرها می‌شود. همان‌طور که در مطالعات قبلی اشاره شده است، شرایط التهابی روده باعث ضعف سیستم ایمنی روده در مواجهه با بیمارگرها شده که این امر شرایط را برای رشد بیمارگرها فراهم می‌آورد (Kogut & Arsenault, 2016).

سایتوگارد در تنظیم جمعیت میکروبی روده

E. coli یک باکتری گرم منفی است که به‌طور طبیعی در روده حیوانات حضور دارد، اما برخی سویه‌های آن می‌توانند بیماری‌زا و موجب آسیب به عملکرد رشد، سلامت و ایمنی طیور شوند. یکی از اهداف مهم در صنعت طیور، کاهش تعداد این باکتری می باشد (Kathayat et al., 2021).

نتایج بررسی کشت میکروبی محتویات هضمی ایلئوم روده نشان داد که تعداد باکتری *E. coli* در گروه Cyto20 کاهش معنی داری را نسبت به شاهد نشان داد ($P < 0.05$) (شکل ۳ قسمت A). این کاهش نشان‌دهنده اثر مثبت تیمار مورد استفاده در این گروه در مهار رشد باکتری‌های بیماری‌زا می‌باشد. در محتویات هضمی سکوم روده نیز تعداد باکتری *E. coli* در این گروه نسبت به سایر تیمارهای سایتوگارد کاهش معنی داری را نسبت به شاهد نشان داد ($P < 0.05$) (شکل ۳ قسمت B). افزایش غلظت سایتوگارد تا ۸۰ نانوگرم تأثیری در کاهش رشد *E. coli* در محتویات هضمی روده ایلئوم و سکوم نسبت به گروه شاهد نداشت. تعداد باکتری *E. coli* در گروه پروبیوتیک نسبت به شاهد کاهش یافت و این کاهش در سکوم معنی دار بود ($P < 0.05$). تعداد باکتری *E. coli* در پروبیوتیک نسبت به Cyto20 افزایش نشان داد، اما این افزایش معنی دار نبود.

ایلئوم در جذب مواد مغذی و تنظیم ترکیب میکروبی نقش کلیدی دارد. حضور باکتری‌های سودمند در این قسمت با تولید اسیدلاکتیک و پایین آوردن pH، مانع رشد باکتری‌های بیمارگر می‌شود. همچنین این باکتری‌ها با عوامل بیمارگر برای اتصال به سلول‌های اپیتلیال رقابت می‌کنند و سبب تحریک سیستم ایمنی و افزایش ایمونوگلوبولین A می‌شوند. به‌طور کلی در جوجه‌های گوشتی، افزایش جمعیت *Lactobacillus* سبب تعادل میکروبیوم، بهبود هضم، جذب بهتر مواد مغذی، رشد مطلوب و کاهش بیماری‌های گوارشی می‌شود



شکل ۳- شمارش *E. coli* در محتویات هضمی ایلئوم (A) و سکوم (B) و شمارش *Lactobacillus* در محتویات هضمی ایلئوم (C) و سکوم (D)
 Cont.: آب معمولی، Cyto0: سایتوگارد بدون ماده مؤثره، Cyto10: ۱۰ نانوگرم/لیتر از ماده مؤثره، Cyto20: ۲۰ نانوگرم/لیتر از ماده مؤثره، Cyto80: ۸۰ نانوگرم/لیتر از ماده مؤثره، Pro.: پروبیوتیک تجاری پریمالاک با دز پیشنهادی. میانگین همراه با SD در هر ستون آورده شده است. تفاوت معنی‌داری آماری با $p \leq 0.05$ * نشان داده شده است.
Figure 3- Counts of *Escherichia coli* in ileal (A) and cecal (B) contents, and *Lactobacillus* counts in ileal (C) and cecal (D) contents
 Cont.: regular water, Cyto0: CytoGard without active ingredient, Cyto10: 10 ng/L of the active ingredient, Cyto20: 20 ng/L of the active ingredient, Cyto80: 80 ng/L of the active ingredient, Pro: commercial probiotic PrimaLac at the recommended dose. The Statistical significance differences are indicated by $p \leq 0.05$. mean $\pm$ SD is given in each column

اسیدلاکتیک و در نتیجه بهبود راندمان هضم و جذب در این شرایط خواهد شد (Salim et al., 2013; Mountzouris et al., 2007).

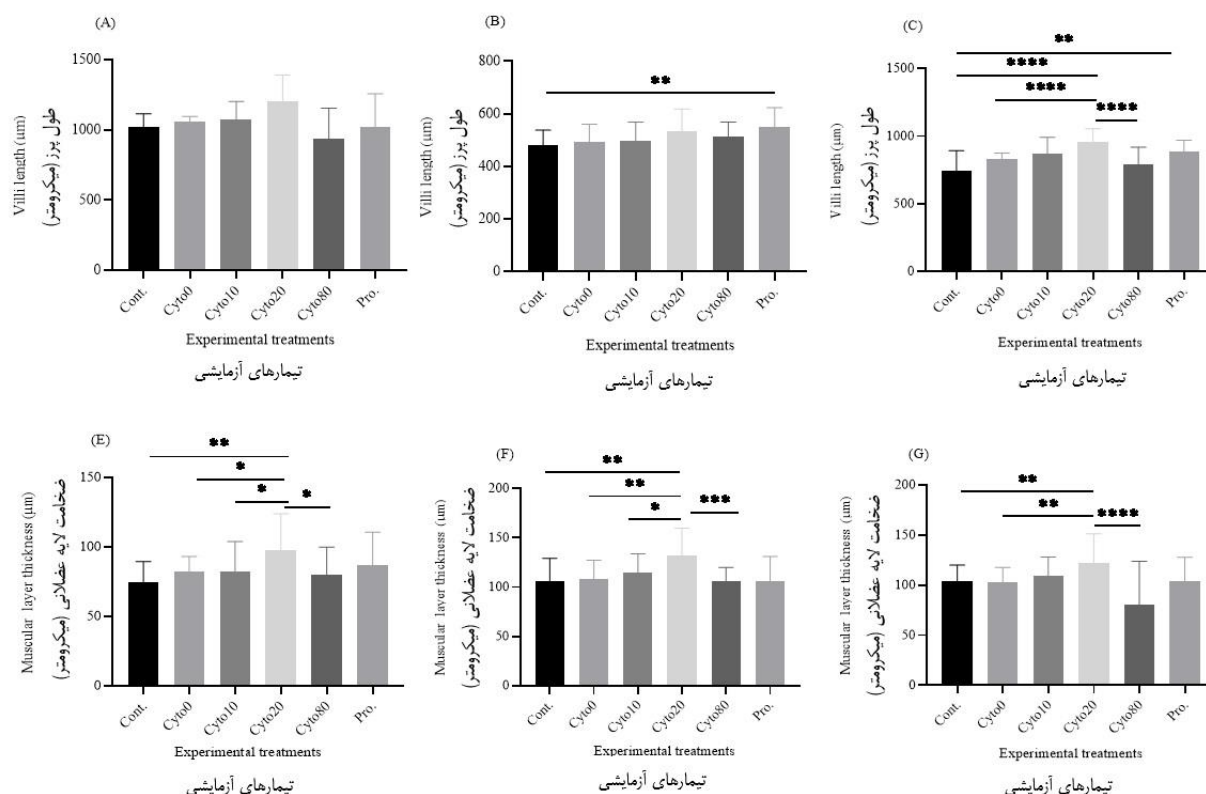
اثرات سایتوگارد بر ریخت‌شناسی بافت روده

افزایش طول ویلی در روده سبب افزایش سطح جذب روده، افزایش راندمان خوراک و افزایش فعالیت آنزیم‌های گوارشی در سطح

بنابراین سایتوگارد احتمالاً با اثرات تنظیم‌کننده التهاب در دهان مناسب باعث مهار رشد بیمارگرها می‌شود و متعاقب آن در این شرایط باکتری‌های سودمند فرصت بیشتری برای رشد خواهند داشت. نتایج به‌دست‌آمده از این قسمت تأییدکننده نتایج بهبود عملکرد رشد در اثر استفاده از سایتوگارد نیز می‌باشد، به‌نحوی که افزایش فلور مفیدی همچون *Lactobacillus* در دستگاه گوارش باعث افزایش تولید

از جمله پروبیوتیک‌ها بر افزایش رشد میکروویلی‌ها گزارش شده است (Yurong et al., 2005; Park et al., 2016). نتایج این مطالعات حاکی از این است که احتمالاً پروبیوتیک‌ها با فراهم‌آوری فاکتورهای رشد و کاهش شرایط التهابی روده، این اثرات را به دنبال خواهند داشت. در این خصوص، لی و همکاران (Li et al., 2019) نشان دادند که مصرف پروبیوتیک‌هایی همچون *Bacillus coagulans* بیشترین بهبود را در مشخصه‌های مورفومتریک روده ایجاد می‌کند. همچنین آلاگوانی و همکاران (Alagawany et al., 2018) نشان دادند که پروبیوتیک‌های حاوی گونه‌های *Lactobacillus acidophilus*، *Lactocaseibacillus casei* و *Bifidobacterium thermophilum* طول پرزها را بهبود بخشیده و عمق کریپت را در ژژنوم کاهش داد.

ویلی می‌شود. همچنین لایه عضلانی روده مسئول حرکات دودی (peristalsis) برای هدایت خوراک و مخلوط کردن آن با آنزیم‌ها است. افزایش قطر عضله روده سبب افزایش توان حرکتی و تخلیه بهتر مواد، تقویت ساختار مکانیکی روده و کمک به بهبود زمان عبور خوراک (digesta transit time) که در جذب بهتر مواد مغذی مؤثر است، می‌شود (Awad et al., 2009). نتایج اندازه‌گیری طول ویلی در مقاطع دئودنوم، ایلئوم و ژژنوم نشان داد که گروه Cyto20 بالاترین طول ویلی را بین سایر گروه‌های سایتوگارد نشان داد (شکل ۴ قسمت A-C). این افزایش در مقاطع دئودنوم و ایلئوم نسبت به شاهد و Cyto0 معنی‌دار نبود، اما این افزایش در مقطع ژژنوم نسبت به شاهد، Cyto0 و Cyto80 معنی‌دار بود ($P < 0.001$). طول ویلی در گروه پروبیوتیک در مقاطع ایلئوم و ژژنوم نسبت به شاهد معنی‌دار بود ($P < 0.01$). در مطالعات پیشین نیز تأثیرات مفید مکمل‌های خوراکی



شکل ۴- اثرات سایتوگارد بر طول ویلی در مقاطع دئودنوم (A)، ایلئوم (B) و ژژنوم (C) و ضخامت لایه عضلانی در دئودنوم (E)، ایلئوم (F) و ژژنوم (G) در روز ۴۲
Figure 4- Effects of CytoGard on villus length in the duodenum (A), ileum (B), and jejunum (C), and on muscular layer thickness in the duodenum (E), ileum (F), and jejunum (G) on day 42
 Cont.: آب معمولی، Cyto0: سایتوگارد بدون ماده مؤثره، Cyto10: ۱۰ نانوگرم/لیتر از ماده مؤثره، Cyto20: ۲۰ نانوگرم/لیتر از ماده مؤثره، Cyto80: ۸۰ نانوگرم/لیتر از ماده مؤثره، Pro.: پروبیوتیک تجاری پریمالاک با دز پیشنهادی. میانگین همراه با SD در هر ستون آورده شده است. تفاوت معنی‌داری آماری با $p \leq 0.05$ ، $p \leq 0.01$ ، $p \leq 0.001$ و $p \leq 0.0001$ نشان داده شده است.

Cont.: Regular water, Cyto0: CytoGard without active ingredient, Cyto10: 10 ng/L of the active ingredient, Cyto20: 20 ng/L of the active ingredient, Cyto80: 80 ng/L of the active ingredient, Pro: Commercial probiotic PrimaLac at the recommended dose. The mean $\pm$ SD is given in each column. Statistical significance differences are indicated by .mean with SD is given in each column
 $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.0001$

تأیید نتایج مطالعات پیشین، نقش مهم تیمارهای بیولوژیک را در بهبود ساختار بافتی روده جوجه‌ها برجسته می‌سازد.

اثر سایتوگارد بر تعداد سلول‌های خونی و تیترا آنتی‌بادی

شمارش سلول‌های خونی در تیمارهای مختلف نشان داد که سایتوگارد در هیچ یک از غلظت‌ها سبب تفاوت معنی‌داری در هیچ یک از فاکتورها نسبت به شاهد نشد (جدول ۱ فایل پیوست). این موضوع نشان می‌دهد که سایتوگارد در غلظت‌های مختلف در ایمنی پایه جوجه‌ها تأثیری نداشته و با وجودی که اینترلوکین-۱۰ به عنوان یک سایتوکاین ضدالتهابی عمل می‌کند، باعث اختلال یا تضعیف پاسخ ایمنی طبیعی جوجه‌ها نشده است. همچنین تیترا آنتی‌بادی در برابر آنفلوانزا و نیوکاسل نیز تغییری بین گروه‌های تیمار شده با شاهد نشان نداد (جدول ۲ فایل پیوست). احتمالاً عدم تأثیر سایتوگارد بر سیستم ایمنی هومورال به‌خاطر این باشد که اثر اینترلوکین-۱۰ در هنگام مصرف خوراکی عمدتاً به‌صورت ایمنی مخاطی اعمال خواهد شد و روی مسیرهای ایمنی خونی تأثیری نخواهد داشت (Nguyen *et al.*, 2021).

نتیجه‌گیری کلی

سایتوگارد به‌عنوان یک مکمل آشامیدنی در غلظت بهینه ۲۰ نانوگرم بر لیتر، اثرات مثبت و قابل توجه‌ای در افزایش وزن، بهبود ضریب تبدیل خوراک و افزایش شاخص تولید اروپایی نشان داد. همچنین این محصول سبب کاهش رشد باکتری‌های بیمارگر و افزایش باکتری‌های سودمند *Lactobacillus* شد که این امر به تثبیت فلور میکروبی، افزایش رقابت زیستی و ارتقاء عملکرد سیستم ایمنی کمک می‌کند. علاوه بر این سایتوگارد با افزایش طول ویلی و افزایش قطر عضله در روده کوچک سبب افزایش سطح جذب مواد مغذی و ارتقاء بازده تغذیه‌ای می‌شود. بنابراین احتمالاً مصرف پیوسته سایتوگارد دارای ماده مؤثره اینترلوکین-۱۰، در طول دوره پرورش با تعدیل پاسخ‌های ایمنی و تنظیم التهاب‌های زمینه‌ای در روده موجب افزایش بهره‌وری تغذیه‌ای در طیور می‌شود.

بالین‌حال، استفاده از *Lactobacillus jansonii* از طریق خوراک، آب یا بستر، ریخت‌شناسی ایلئوم پرندگان را در روزهای ۷ و ۲۱ تغییر نداد (Olnood *et al.*, 2015). اثرات مکمل سایتوگارد بر رشد میکروویلی‌های روده احتمالاً می‌تواند به‌دلیل کاهش شرایط التهابی روده باشد، به‌نحوی که احتمالاً سلول‌های زایای اپیتلیال روده به‌جای صرف انرژی در مقابله با التهابات مزمن دستگاه گوارش، این انرژی را معطوف به رشد و توسعه پرزهای روده کرده که این امر خود باعث افزایش قدرت جذب مواد مغذی خواهد شد (Peterson & Artis, 2014). از طرفی، نتایج شمارش فلور میکروبی در ایلئوم و سکوم نیز شاید بتواند تکمیل‌کننده این پازل باشد، به‌نحوی که افزایش رشد فلور مفید در دستگاه گوارش و تولید متابولیت‌های مفید در روده احتمالاً اثرات تحریک‌کننده رشد میکروویلی‌ها را خواهد داشت (Severino *et al.*, 2024; Guilloteau *et al.* 2010). از طرفی دیگر، کاهش بیمارگرها باعث فراهم‌آوری محیط مناسب‌تر برای رشد سلول‌ها و در نتیجه هم‌افزایی رشد میکروویلی‌ها را به دنبال خواهد داشت.

یکی از شاخص‌های مهم سلامت روده در طیور، افزایش ضخامت لایه عضلانی روده است. نتایج نشان داد که مصرف سایتوگارد در غلظت‌های ۲۰ نانوگرم بر لیتر در همه مقاطع دئودنوم، ایلئوم و ژژنوم سبب افزایش معنی‌دار ضخامت لایه عضلانی نسبت به گروه‌های شاهد، Cyto0 و Cyto80 شد (شکل ۴ قسمت E-G). به‌علاوه این افزایش در مقطع دئودنوم و ایلئوم نسبت به Cyto10 نیز معنی‌دار بود. این تغییرات نشانگر بهبود کارایی مکانیکی روده در انجام حرکات دودی، بهبود اختلاط و جابه‌جایی محتویات روده و افزایش سطح تماس مواد مغذی با اپیتلیوم جذبی می‌باشد. این ویژگی در دوره‌های پرورش فشرده جوجه‌های گوشتی که رشد سریع و تغذیه پرانرژی دارند، اهمیت بیشتری می‌یابد. این نتایج منطبق با نتایج قبلی است که در غلظت ۲۰ نانوگرم بر لیتر سایتوگارد، میزان FCR کمترین مقدار در بین گروه‌ها بود. مطالعات قبلی نیز نشان داده‌اند که مکمل‌های تغذیه‌ای مؤثر، از جمله پروبیوتیک‌ها می‌توانند موجب افزایش ضخامت لایه عضلانی شده و در نتیجه به بهبود عملکرد رشد، کاهش اختلالات گوارشی و پیشگیری از بیماری‌های روده‌ای کمک نمایند (Li *et al.*, 2020). بنابراین، یافته‌های حاضر نیز با

References

- Abd El-Ghany, W. A., Abdel-Latif, M. A., Hosny, F., Alatfeehy, N. M., Noreldin, A. E., Quesnell, R. R., Chapman, R., Sakai, L., & Elbestawy, A. R. (2022). Comparative efficacy of postbiotic, probiotic, and antibiotic against necrotic enteritis in broiler chickens. *Poultry science*, 101(8), 101988. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101988>
- Adaszyńska-Skwirzyńska, M., Konieczka, P., Bucław, M., Majewska, D., Pietruszka, A., Zych, S., & Szczerbińska, D. (2025). Analysis of the production and economic indicators of broiler chicken rearing in 2020–2023: A case study of a Polish farm. *Agriculture*, 15(2), 139. <https://doi.org/10.3390/agriculture15020139>
- Alagawany, M., Abd El-Hack, M. E., Farag, M. R., Sachan, S., Karthik, K., & Dhama, K. (2018). The use of probiotics as eco-friendly alternatives for antibiotics in poultry nutrition. *Environmental Science and Pollution*

Research, 25, 10611-10618. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1687-x>

Al-Jorani, J. K., Razmyar, J., Haghparst, A., Hajiabadi, S., & Sekhavati, M. H. (In Press). Production of recombinant chicken IL-10 in *Bacillus subtilis*: Assessment of *in vitro* biological activity and immunoregulatory properties. *Biotechnology and Applied Biochemistry*.

Almon, E., Shaaltiel, Y., Sbeit, W., Fich, A., Schwartz, D., Waterman, M., Szlaifer, M., Reuveni, H., Amit-Cohen, B., Alon, S., Chertkoff, R., Paz, A., Ilan, Y. (2021). Novel orally administered recombinant anti-TNF alpha fusion protein for the treatment of ulcerative colitis: Results from a phase 2a clinical trial. *Journal of Clinical Gastroenterology*, 55(2), 134-140. <https://doi.org/10.1097/MCG.0000000000001314>

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.

Arendt, M. K., Sand, J. M., Marcone, T. M., & Cook, M. E. (2016). Interleukin-10 neutralizing antibody for detection of intestinal luminal levels and as a dietary additive in *Eimeria* challenged broiler chicks. *Poultry Science*, 95(2), 430-438. <https://doi.org/10.3382/ps/pev365>

Arsène, M. M. J., Davares, A. K. L., Viktorovna, P. I., Andreevna, S. L., Sarra, S., Khelifi, I., & Sergueïevna, D. M. (2022). The public health issue of antibiotic residues in food and feed: Causes, consequences, and potential solutions. *Veterinary World*, 15(3), 662. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2022.662-671>

Awad, W. A., Ghareeb, K., Abdel-Raheem, S., & Böhm, J. (2009). Effects of dietary inclusion of probiotic and synbiotic on growth performance, organ weights, and intestinal histomorphology of broiler chickens. *Poultry Science*, 88(1), 49-56. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00244>

Baggi, F., Andreetta, F., Caspani, E., Milani, M., Longhi, R., Mantegazza, R., Cornelio, F. & Antozzi, C. (1999). Oral administration of an immunodominant T-cell epitope downregulates Th1/Th2 cytokines and prevents experimental myasthenia gravis. *The Journal of Clinical Investigation*, 104(9), 1287-1295. <https://doi.org/10.1172/JCI7121>

Berg, D. J., Zhang, J., Weinstock, J. V., Ismail, H. F., Earle, K. A., Alila, H., Pamukcu, R., Moore, S., & Lynch, R. G. (2002). Rapid development of colitis in NSAID-treated IL-10-deficient mice. *Gastroenterology*, 123(5), 1527-1542. <https://doi.org/10.1053/gast.2002.1231527>

Bist, R. B., Bist, K., Poudel, S., Subedi, D., Yang, X., Paneru, B., Mani, S., Wang, D., & Chai, L. (2024). Sustainable poultry farming practices: A critical review of current strategies and future prospects. *Poultry Science*, 103(12), 104295. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104295>

Carlini, V., Noonan, D. M., Abdalalem, E., Goletti, D., Sansone, C., Calabrone, L., & Albin, A. (2023). The multifaceted nature of IL-10: Regulation, role in immunological homeostasis and its relevance to cancer, COVID-19 and post-COVID conditions. *Frontiers in Immunology*, 14, 1161067. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1161067>

Couper, K. N., Blount, D. G., & Riley, E. M. (2008). IL-10: The master regulator of immunity to infection. *The Journal of Immunology*, 180(9), 5771-5777. <https://doi.org/10.4049/jimmunol.180.9.5771>

De Winter, H., Elewaut, D., Turovskaya, O., Huflejt, M., Shimeld, C., Hagenbaugh, A., Binder, S., Takahashi, I., Kronenberg, M., & Cheroutre, H. (2002). Regulation of mucosal immune responses by recombinant interleukin 10 produced by intestinal epithelial cells in mice. *Gastroenterology*, 122(7), 1829-1841. <https://doi.org/10.1053/gast.2002.33655>

Frazzini, S., Riva, F., & Amadori, M. (2021). Therapeutic and prophylactic use of oral, low-dose ifns in species of veterinary interest: Back to the future. *Veterinary Sciences*, 8(6), 109. <https://doi.org/10.3390/vetsci8060109>

Gariboldi, S., Palazzo, M., Zannobio, L., Dusio, G. F., Mauro, V., Solimene, U., Cardani, D., Mantovani, M., & Rumio, C. (2009). Low dose oral administration of cytokines for treatment of allergic asthma. *Pulmonary Pharmacology & Therapeutics*, 22(6), 497-510. <https://doi.org/10.1016/j.pupt.2009.05.002>

Ghebremicael, S. B., Hasenstein, J. R., & Lamont, S. J. (2008). Association of interleukin-10 cluster genes and *Salmonella* response in the chicken. *Poultry Science*, 87(1), 22-26. <https://doi.org/10.3382/ps.2007-00259>

Guilloteau, P., Martin, L., Eeckhaut, V., Ducatelle, R., Zabielski, R., & Van Immerseel, F. (2010). From the gut to the peripheral tissues: The multiple effects of butyrate. *Nutrition Research Reviews*, 23(2), 366-384. <https://doi.org/10.1017/S0954422410000247>

Huff, G. R., Huff, W. E., Jalukar, S., Oppy, J., Rath, N. C., & Packialakshmi, B. (2013). The effects of yeast feed supplementation on turkey performance and pathogen colonization in a transport stress/*Escherichia coli* challenge. *Poultry Science*, 92(3), 655-662. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02787>

Huff, G. R., Huff, W. E., Rath, N. C., El-Gohary, F. A., Zhou, Z. Y., & Shini, S. (2015). Efficacy of a novel prebiotic and a commercial probiotic in reducing mortality and production losses due to cold stress and *Escherichia coli* challenge of broiler chicks. *Poultry Science*, 94(5), 918-926. <https://doi.org/10.3382/ps/pev068>

Hussain, M., Aizpurua, O., de Rozas, A. P., París, N., Guivernau, M., Jofré, A., Tous, N., Alberdi, A., Rodríguez-Gallego, E., Kogut, M. H., & Tarradas, J. (2024). Positive impact of early-probiotic administration on performance parameters, intestinal health and microbiota populations in broiler chickens. *Poultry Science*, 103(12), 104401. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104401>

Huyghebaert, G., Ducatelle, R., & Van Immerseel, F. (2011). An update on alternatives to antimicrobial growth promoters for broilers. *The Veterinary Journal*, 187(2), 182-188. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2010.03.003>

- Idowu, P. A., Mpofu, T. J., Magoro, A. M., Modiba, M. C., Nephawe, K. A., & Mtileni, B. (2025). Impact of probiotics on chicken gut microbiota, immunity, behavior, and productive performance—A systematic review. *Frontiers in Animal Science*, 6, 1562527. <https://doi.org/10.3389/fanim.2025.1562527>
- Karimi Torshizi, M. A., Moghaddam, A. R., Rahimi, S. H., & Mojangani, N. (2010). Assessing the effect of administering probiotics in water or as a feed supplement on broiler performance and immune response. *British Poultry Science*, 51(2), 178-184. <https://doi.org/10.1080/00071661003753756>
- Kathayat, D., Lokesh, D., Ranjit, S., & Rajashekara, G. (2021). Avian pathogenic *Escherichia coli* (APEC): An overview of virulence and pathogenesis factors, zoonotic potential, and control strategies. *Pathogens*, 10(4), 467. <https://doi.org/10.3390/pathogens10040467>
- Kawashima, T., Ikari, N., Kouchi, T., Kowatari, Y., Kubota, Y., Shimojo, N., & Tsuji, N. M. (2018). The molecular mechanism for activating IgA production by *Pediococcus acidilactici* K15 and the clinical impact in a randomized trial. *Scientific Reports*, 8(1), 5065. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-23404-4>
- Khosravi, A., Boldaji, F., Dastar, B., Torshizi, M. A. K., Alemi, M., & Hoseinifar, S. H. (2025). A synbiotic improves performance and gut health in broiler chickens. *Scientific Reports*, 15(1), 1-12. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-04459-6>
- Kogut, M. H. (2009). Impact of nutrition on the innate immune response to infection in poultry. *Journal of Applied Poultry Research*, 18(1), 111-124. <https://doi.org/10.3382/japr.2008-00081>
- Kogut, M. H., & Arsenault, R. J. (2016). Gut health: The new paradigm in food animal production. *Frontiers in Veterinary Science*, 3, 71. <https://doi.org/10.3389/fvets.2016.00071>
- Kumar, H., Bhardwaj, I., Nepovimova, E., Dhanjal, D. S., Sana, S. S., Knop, R., Atuahene, D., Shaikh, A. M., & Béla, K. (2025). Revolutionising broiler nutrition: The role of probiotics, fermented products, and paraprobiotics in functional feeds. *Journal of Agriculture and Food Research*, 21 (2), 101859. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.101859>
- Li, C. L., Wang, J., Zhang, H. J., Wu, S. G., Hui, Q. R., Yang, C. B., Fang, R. J., & Qi, G. H. (2019). Intestinal morphologic and microbiota responses to dietary *Bacillus* spp. in a broiler chicken model. *Frontiers in Physiology*, 9, 1968. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01968>
- Li, Q., Wan, G., Peng, C., Xu, L., Yu, Y., Li, L., & Li, G. (2020). Effect of probiotic supplementation on growth performance, intestinal morphology, barrier integrity, and inflammatory response in broilers subjected to cyclic heat stress. *Animal Science Journal*, 91(1), e13433. <https://doi.org/10.1111/asj.13433>
- Li, Z., Wang, X., Zheng, D., Han, F., Li, Y., Zhou, H., Li, J., Cui, W., Jiang, Y., Wang, X., Xie, W. Tang, L. (2025). Oral-delivery *Lactococcus lactis* expressing cherry fusion lactoferrin peptides against infection of avian pathogenic *Escherichia coli* in chickens. *Poultry Science*, 104(1), 104637. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104637>
- Lillehoj, H. S., & Lee, K. W. (2012). Immune modulation of innate immunity as alternatives-to-antibiotics strategies to mitigate the use of drugs in poultry production. *Poultry Science*, 91(6), 1286-1291. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02374>
- Lowenthal, J. W., Lambrecht, B., van den Berg, T. P., Andrew, M. E., Strom, A. D. G., & Bean, A. G. (2000). Avian cytokines—the natural approach to therapeutics. *Developmental & Comparative Immunology*, 24(2-3), 355-365. [https://doi.org/10.1016/S0145-305X\(99\)00083-X](https://doi.org/10.1016/S0145-305X(99)00083-X)
- Lutful Kabir, S. M. (2010). Avian colibacillosis and salmonellosis: A closer look at epidemiology, pathogenesis, diagnosis, control and public health concerns. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7(1), 89-114. <https://doi.org/10.3390/ijerph7010089>
- Marinaro, M., Boyaka, P. N., Jackson, R. J., Finkelman, F. D., Kiyono, H., Jirillo, E., & McGhee, J. R. (1999). Use of intranasal IL-12 to target predominantly Th1 responses to nasal and Th2 responses to oral vaccines given with cholera toxin. *The Journal of Immunology*, 162(1), 114-121. <https://doi.org/10.4049/jimmunol.162.1.114>
- Mazzon, E., Puzzolo, D., Caputi, A. P., & Cuzzocrea, S. (2002). Role of IL-10 in hepatocyte tight junction alteration in mouse model of experimental colitis. *Molecular Medicine*, 8, 353-366. <https://doi.org/10.1007/BF03402016>
- Meunier, D., Corona-Torres, R., Boulton, K., Wu, Z., Ballantyne, M., Glendinning, L., Ali Ahmad, A., Borowska, D., Taylor, L., Hume, D. A. (2025). Interleukin 10 controls the balance between tolerance, pathogen elimination and immunopathology in birds. *Elife*, 14, 106252. <https://doi.org/10.1101/2025.01.10.632125>
- Mottet, A., & Tempio, G. (2017). Global poultry production: Current state and future outlook and challenges. *World's Poultry Science Journal*, 73(2), 245-256. <https://doi.org/10.1017/S0043933917000071>
- Mountzouris, K. C., Tsirtsikos, P., Kalamara, E., Nitsch, S., Schatzmayr, G., & Fegeros, K. (2007). Evaluation of the efficacy of a probiotic containing *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Enterococcus*, and *Pediococcus* strains in promoting broiler performance and modulating cecal microflora composition and metabolic activities. *Poultry Science*, 86(2), 309-317. <https://doi.org/10.1093/ps/86.2.309>
- Mountzouris, K. C., Tsirtsikos, P., Palamidi, I., Arvaniti, A., Mohnl, M., Schatzmayr, G., & Fegeros, K. (2010). Effects of probiotic inclusion levels in broiler nutrition on growth performance, nutrient digestibility, plasma immunoglobulins, and cecal microflora composition. *Poultry Science*, 89(1), 58-67. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00308>
- Mughini, L. (2000). Effects of interferon alpha administered by peroral route on lymphomonocytes' subpopulations

of peripheral blood in healthy volunteers. *La Clinica Terapeutica*, 151(1 Suppl 1), 3-12.

Nam, T. V. B., Anh, L. H., Loc, H. T., Trang, C. T. H., Thiet, N., Lan, L. T. T., Diep, T. H., Xuan, N. H., Ngu, N. T. (2022). Effects of probiotic (*Lactobacillus plantarum* and *Bacillus subtilis*) supplementation on mortality, growth performance, and carcass characteristics of native Vietnamese broilers challenged with *Salmonella typhimurium*. *Veterinary World*, 15(9), 2302. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2022.2302-2308>

Nguyen, H. D., Aljamaei, H. M., & Stadnyk, A. W. (2021). The production and function of endogenous interleukin-10 in intestinal epithelial cells and gut homeostasis. *Cellular and Molecular Gastroenterology and Hepatology*, 12(4), 1343-1352. <https://doi.org/10.1016/j.jcmgh.2021.07.005>

Nosrati, M., Javandel, F., Camacho, L. M., Khusro, A. M. E. E. R., Cipriano, M., Seidavi, A., & Salem, A. Z. M. (2017). The effects of antibiotic, probiotic, organic acid, vitamin C, and Echinacea purpurea extract on performance, carcass characteristics, blood chemistry, microbiota, and immunity of broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research*, 26(2), 295-306. <https://doi.org/10.3382/japr/pfw073>

Ollood, C. G., Beski, S. S., Iji, P. A., & Choct, M. (2015). Delivery routes for probiotics: Effects on broiler performance, intestinal morphology and gut microflora. *Animal Nutrition*, 1(3), 192-202. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2015.07.002>

Oshima, T., Laroux, F. S., Coe, L. L., Morise, Z., Kawachi, S., Bauer, P., Grisham, M. B., Specian, R. D., Carter, P., Jennings, S., & Granger, D. N. (2001). Interferon- γ and interleukin-10 reciprocally regulate endothelial junction integrity and barrier function. *Microvascular Research*, 61(1), 130-143. <https://doi.org/10.1006/mvre.2000.2288>

Ouyang, W., Rutz, S., Crellin, N. K., Valdez, P. A., & Hymowitz, S. G. (2011). Regulation and functions of the IL-10 family of cytokines in inflammation and disease. *Annual Review of Immunology*, 29(1), 71-109. <https://doi.org/10.1146/annurev-immunol-031210-101312>

Owusu-Doubreh, B., Appaw, W. O., & Abe-Inge, V. (2023). Antibiotic residues in poultry eggs and its implications on public health: A review. *Scientific African*, 19, e01456. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2022.e01456>

Park, Y. H., Hamidon, F., Rajangan, C., Soh, K. P., Gan, C. Y., Lim, T. S., Abdullah, W. N. W., & Liong, M. T. (2016). Application of probiotics for the production of safe and high-quality poultry meat. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 36(5), 567. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2016.36.5.567>

Patterson, J. A., & Burkholder, K. M. (2003). Application of prebiotics and probiotics in poultry production. *Poultry Science*, 82(4), 627-631. <https://doi.org/10.1093/ps/82.4.627>

Pedretti, E., Passeri, B., Amadori, M., Isola, P., Di Pede, P., Telera, A., Vescovini, R., Quintavalla, F., & Pistello, M. (2006). Low-dose interferon- α treatment for feline immunodeficiency virus infection. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 109(3-4), 245-254. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2005.08.020>

Peterson, L. W., & Artis, D. (2014). Intestinal epithelial cells: Regulators of barrier function and immune homeostasis. *Nature Reviews Immunology*, 14(3), 141-153. <https://doi.org/10.1038/nri3608>

Polman, C., Barkhof, F., Kappos, L., Pozzilli, C., Sandbrink, R., Dahlke, F., Jakobs, P., & Lorenz, A. (2003). Oral interferon beta-1a in relapsing-remitting multiple sclerosis: A double-blind randomized study. *Multiple Sclerosis Journal*, 9(4), 342-348. <https://doi.org/10.1191/1352458503ms923oa>

Qazi, M. A., Khan, E. U., Naveed, S., Mehmood, S., Muneeb, M., Talha, M., Shaheen, M. S., & Ahmad, S. (2025). Effect of bioactive peptides and encapsulated butyric acid on growth performance, gut health, immune status and nutrient digestibility in broiler chickens. *International Journal of Peptide Research and Therapeutics*;31(6), 1-3. <https://doi.org/10.1007/s10989-025-10761-8>

Rasheed, M. A., Tiwari, U. P., Oelschlager, M. L., Smith, B. N., Jespersen, J. C., Escobar, J., Olmeda-Geniec, N., & Dilger, R. N. (2020). Dietary supplementation with anti-IL-10 antibody during a severe Eimeria challenge in broiler chickens. *Poultry Science*, 99(12), 6493-6502. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.09.012>

Rashid, S., Alsayeqh, A. F., Akhtar, T., Abbas, R. Z., & Ashraf, R. (2023). Probiotics: Alternative to antibiotics in poultry production. *Veterinary Science*, 12(1), 45-53. <https://doi.org/10.47278/journal.ijvs/2022.175>

Redmond, S. B., Tell, R. M., Coble, D., Mueller, C., Palić, D., Andreasen, C. B., & Lamont, S. J. (2010). Differential splenic cytokine responses to dietary immune modulation by diverse chicken lines. *Poultry Science*, 89(8), 1635-1641. <https://doi.org/10.3382/ps.2010-00846>

Ren, Z., Yan, J., Whelan, R., Liao, X., Bütz, D. E., Arendt, M. K., Cook, M. E., Yang, X., & Crenshaw, T. D. (2022). Dietary supplementation of sulfur amino acids improves intestinal immunity to Eimeria in broilers treated with anti-interleukin-10 antibody. *Animal Nutrition*, 10, 382-389. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2022.06.008>

Roberfroid, M. (2007). Prebiotics: The concept revisited1. *The Journal of Nutrition*, 137(3), 830S-837S. <https://doi.org/10.1093/jn/137.3.830S>

Roque, F., Lopes, M. H. S., Raffi, P., Oliveira, R., Caparroz, M., Longhini, G., Granghelli, C., Faria, D., Araujo, L., & Araujo, C. (2025). Postbiotics: An alternative for improving health and performance of poultry production. *Microorganisms*, 13(7), 1472. <https://doi.org/10.3390/microorganisms13071472>

Saeed, M., Afzal, Z., Afzal, F., Khan, R. U., Elnesr, S. S., Alagawany, M., & Chen, H. (2023). Use of postbiotic as growth promoter in poultry industry: A review of current knowledge and future prospects. *Food Science of Animal Resources*, 43(6), 1111. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2023.e52>

- Salim, H. M., Kang, H. K., Akter, N., Kim, D. W., Kim, J. H., Kim, M. J., Na, J. C., Jong, H. B., Choi, H. C., Suh, O. S., & Kim, W. K. (2013). Supplementation of direct-fed microbials as an alternative to antibiotic on growth performance, immune response, cecal microbial population, and ileal morphology of broiler chickens. *Poultry Science*, 92(8), 2084-2090. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02947>
- Sand, J. M., Arendt, M. K., Repasy, A., Deniz, G., & Cook, M. E. (2016). Oral antibody to interleukin-10 reduces growth rate depression due to *Eimeria* spp. infection in broiler chickens. *Poultry Science*, 95(2), 439-446. <https://doi.org/10.3382/ps/pev352>
- Seighalani, R., Royan, M., Mottaghitalab, M., & Zare, F (2025). Investigation of the effects of native probiotics on the performance, immune response, morphology, and intestinal *Lactobacillus* population in broiler chicks. *Iranian Journal of Animal Science Research/Pizhūhishhā-Yi ūlum-i Dāmī-i Īrān*, 17(1),77-92. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/ijasr.2024.88990.1209>
- Severino, A., Tohumcu, E., Tamai, L., Dargenio, P., Porcari, S., Rondinella, D., Venturini, I., Maida, M., Gasbarrini, A., Cammarota, G., & Ianiro, G. (2024). The microbiome-driven impact of western diet in the development of noncommunicable chronic disorders. *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*, 72, 101923. <https://doi.org/10.1016/j.bpg.2024.101923>
- Smith, J. K., Siddiqui, A. A., Krishnaswamy, G. A., Dykes, R., Berk, S. L., Magee, M., Joyner, W., & Cummins, J. (1999). Oral use of interferon-alpha stimulates ISG-15 transcription and production by human buccal epithelial cells. *Journal of Interferon & Cytokine Research*, 19(8), 923-928. <https://doi.org/10.1089/107999099313460>
- Snijder, E. J., & Meulenbergh, J. J. (1998). The molecular biology of arteriviruses. *Journal of General Virology*, 79(5), 961-980. <https://doi.org/10.1099/0022-1317-79-5-961>
- Song, J., Xiao, K., Ke, Y. L., Jiao, L. F., Hu, C. H., Diao, Q. Y., Shi, B., & Zou, X. T. (2014). Effect of a probiotic mixture on intestinal microflora, morphology, and barrier integrity of broilers subjected to heat stress. *Poultry Science*, 93(3), 581-588. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03455>
- Soumeh, E. A., Cedenio, A. D. R. C., Niknafs, S., Bromfield, J., & Hoffman, L. C. (2021). The efficiency of probiotics administrated via different routes and doses in enhancing production performance, meat quality, gut morphology, and microbial profile of broiler chickens. *Animals*, 11(12), 3607. <https://doi.org/10.3390/ani11123607>
- Steidler, L., Hans, W., Schotte, L., Neirynck, S., Obermeier, F., Falk, W., Fiers, W., & Remaut, E. (2000). Treatment of murine colitis by *Lactococcus lactis* secreting interleukin-10. *Science*, 289(5483), 1352-1355. <https://doi.org/10.1126/science.289.5483.1352>
- Sun, X., Yang, H., Nose, K., Nose, S., Haxhija, E. Q., Koga, H., Feng, Y., & Teitelbaum, D. H. (2008). Decline in intestinal mucosal IL-10 expression and decreased intestinal barrier function in a mouse model of total parenteral nutrition. *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology*, 294(1), G139-G147.
- Tomoyose, M., Mitsuyama, K., Ishida, H., Toyonaga, A., & Tanikawa, K. (1998). Role of interleukin-10 in a murine model of dextran sulfate sodium-induced colitis. *Scandinavian Journal of Gastroenterology*, 33(4), 435-440. <https://doi.org/10.1080/00365529850171080>
- Vertiprakhov, V., Grozina, A., Fisinin, V., Ovchinnikova, N., & Bittirov, A. (2021). Impact of various reagents during blood collection from poultry to analyze morpho-biochemical indicators. In *E3S Web of Conferences*, 262, 02009. EDP Sciences.
- Wang, S., Zeng, X., Yang, Q., & Qiao, S. (2016). Antimicrobial peptides as potential alternatives to antibiotics in food animal industry. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(5), 603. <https://doi.org/10.3390/ijms17050603>
- Yurong, Y., Ruiping, S., ShiMin, Z., & Yibao, J. (2005). Effect of probiotics on intestinal mucosal immunity and ultrastructure of cecal tonsils of chickens. *Archives of Animal Nutrition*, 59(4), 237-246. <https://doi.org/10.1080/17450390500216928>
- Zhang, L., Zhang, R., Jia, H., Zhu, Z., Li, H., & Ma, Y. (2021). Supplementation of probiotics in water beneficial growth performance, carcass traits, immune function, and antioxidant capacity in broiler chickens. *Open Life Sciences*, 16(1), 311-322. <https://doi.org/10.1515/biol-2021-0031>
- Zhang, W., Lv, Z., Nie, Z., Chen, G., Chen, J., Sheng, Q., Yu, W., Jin, Y., Wu, X., & Zhang, Y. (2009). Bioavailability of orally administered rhGM-CSF: A single-dose, randomized, open-label, two-period crossover trial. *PLoS One*, 4(5), e5353. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0005353>

Research Article

Vol. 18, No.2, 2026, p. 237-253



Investigating the Effect of Different Fermentation Methods of Wheat Bran and Rice Bran on Performance and Nutrient Digestibility of Broiler Chickens

Fatemeh Imaninejad¹, Somayyeh Salari¹*, Hossein Motamedi²

1- Department of Animal Science, Animal Science and Food Technology Faculty, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

2- Department of Biology, Faculty of Science, and Biorefinery Research Center, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

*Corresponding Author's Email: S.Salari@asnrukh.ac.ir

Received: 10-06-2025

Revised: 14-08-2025

Accepted: 15-09-2025

Available Online: 22-06-2026

How to cite this article:

Imaninejad, F., Salari, S., & Motamedi, H. (2026). Investigating the Effect of Different Fermentation Methods of Wheat Bran and Rice Bran on Performance and Nutrient Digestibility of Broiler Chickens. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 18(2), 237-253. (In Persian).

<https://doi.org/10.22067/IJASR.2025.93922.1249>

Introduction: Wheat bran contains crude fiber, protein, fat, carbohydrates, and minerals (Souci and Kirchhoff, 2000). The direct inclusion of wheat bran in monogastric diets is limited due to its high fiber content and anti-nutritional factors such as phytic acid and hemicelluloses (e.g., xylan) (Zhang et al., 2022). Similarly, the high fiber content and low digestibility of rice bran have restricted its inclusion in poultry diets (Kras et al., 2013). Microbial fermentation leads to an increase in lactic acid bacteria, a decrease in pH, and an increase in the organic acid concentration (Canibe and Jensen, 2012). Additionally, these brans contain anti-nutritional factors such as beta-glucans, trypsin inhibitors, and anti-thiamine factors, which, when consumed by poultry, reduce nutrient availability and consequently decrease production performance (Haryati et al., 2015). These anti-nutritional compounds increase digesta viscosity, interfere with the digestion and absorption of nutrients, and inhibit digestive enzymes such as trypsin, leading to reduced growth, immunity, and reproductive performance in poultry. Trypsin inhibitors particularly reduce protein digestion, while beta-glucans increase the viscosity of intestinal contents, impairing nutrient absorption. Therefore, the presence of these anti-nutritional factors in bran can negatively affect poultry production performance. It was hypothesized that subjecting wheat bran and rice bran to different fermentation methods would improve performance, nutrient digestibility, and gastrointestinal tract characteristics of broiler chickens. Therefore, the main objective of this research was to compare the effects of different fermentation methods of wheat bran and rice bran on the performance, nutrient digestibility, and gastrointestinal tract of broiler chickens.

Materials and Methods: This experiment aimed to investigate the effects of different fermentation methods (*Bacillus subtilis*, *Aspergillus niger*, and rumen fluid) on wheat and rice brans and their subsequent impact on performance and nutrient digestibility of broiler chickens. Fermentation with *B. subtilis* and *A. niger* was



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.2025.93922.1249>

conducted for 6 days at room temperature, while fermentation with rumen fluid was carried out for 6 hours under anaerobic conditions. A completely randomized design with a 4×2 factorial arrangement was used, consisting of 8 treatments (unfermented and fermented rice and wheat bran by the three methods), 5 replicates, and 10 birds per replicate for 42 days. Feed intake (FI), body weight gain (BWG), feed conversion ratio (FCR), and weights of carcass components and different segments of the gastrointestinal tract (GIT) were measured on day 42. To determine apparent ileal nutrient digestibility, the birds were fed a diet containing 3 g/kg chromium oxide (Cr₂O₃) as an indigestible marker from days 21 to 26. On day 26, the ileal digesta from 2 birds per replicate were collected and stored at -20°C for subsequent chemical analysis. Subsequently, the dry matter (DM), crude fat, and crude protein (CP) of the feed sample and ileal were measured (AOAC, 2000). The digestibility of dry matter, crude fat, and crude protein was calculated (Hafeez et al., 2016). Data were analyzed using SAS software and the GLM procedure. Duncan's multiple range test at 5% significance was used for mean comparisons.

Results and Discussion: Fermentation of brans significantly increased feed intake (FI) and body weight gain (BWG) in broilers compared to those fed raw bran. Specifically, Wheat bran fermented with *Aspergillus Niger* showed the most pronounced improvement in feed conversion ratio (FCR). Dietary inclusion of fermented brans increased apparent ileal crude protein digestibility compared to that of the unfermented treatments. Fermentation with rumen fluid or *Bacillus subtilis* also exerted positive effects although *A. niger* proved to be more effective. Furthermore, fermentation with *Aspergillus Niger* or rumen fluid improved fat digestibility. Broilers fed diets containing bran fermented with fungus had the highest relative weights of carcass, breast, thigh, and digestive tract. Fermentation can increase villus height and thus broiler weight by reducing anti-nutritional factors (Jazi et al., 2017). Our findings regarding protein digestibility align with those of Widodo et al. (2013), who reported that the dietary inclusion of fermented bran could improve crude protein digestibility. This enhancement is likely due to microbial enzymatic activity, which improves feed quality and liberates bound protein fractions. Fermented feeds have been shown to promote growth in broilers by increasing intestinal length indices, maintaining a normal gut microbial ecosystem, and improving gut morphology such as villus height. In addition, bran fermentation typically increases crude protein content and reduces fiber content (Sugiharto & Ranjitkar, 2019). Previous studies have shown that fermented feed contains proteases, amylases, and lipases. These proteases break down proteins to produce short peptides (Sun et al., 2022), thereby increasing the digestion and absorption by the host. Additionally, supplementing fermented feed can significantly improve nutrient metabolism and enhance digestion due to the microorganisms involved in fermentation (Gungor et al., 2021).

Conclusion: According to the results, fermentation of wheat bran and rice bran, especially with *Aspergillus niger*, is an effective method for improving their nutritional value and enhancing broiler performance and can be used as a practical strategy in the poultry industry for optimal use of agricultural by-products.

Keywords: Body Weight, Breast, Feed Intake, Microbial Fermentation, Villus Height

بررسی تأثیر روش‌های مختلف تخمیر سبوس گندم و سبوس برنج بر عملکرد و قابلیت هضم مواد مغذی جوجه‌های گوشتی

فاطمه ایمانی‌نژاد^۱، سمیه سالاری^{۱*}، حسین معتمدی^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۲۴

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی روش‌های مختلف تخمیر سبوس گندم و سبوس برنج بر عملکرد و قابلیت هضم مواد مغذی با استفاده از ۴۰۰ قطعه جوجه گوشتی یک روزه به مدت ۴۲ روز انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل روش‌های مختلف فرآوری (بدون فرآوری، تخمیر با باکتری *Bacillus subtilis*، تخمیر با قارچ *Aspergillus Niger* و تخمیر با مایع شکمبه) و نوع سبوس (گندم و برنج در سطح ۱۰ درصد جیره) در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل ۲×۴ با هشت تیمار و پنج تکرار بودند. شاخص‌های عملکردی به صورت دوره‌ای و قابلیت هضم مواد مغذی با استفاده از جیره های حاوی اکسیدکروم از ۲۱ تا ۲۶ روزگی، ارزیابی شدند. تخمیر سبوس‌ها باعث افزایش معنی‌دار مصرف خوراک و افزایش وزن جوجه‌ها نسبت به سبوس خام شد. سبوس گندم تخمیرشده با *Aspergillus Niger* بهترین بهبود را در ضریب تبدیل خوراک نشان داد. تغذیه با سبوس‌های تخمیرشده موجب افزایش قابلیت هضم پروتئین نسبت به تیمار تخمیر نشده گردید. همچنین تخمیر با قارچ و مایع شکمبه موجب بهبود قابلیت هضم چربی شد. تخمیر با مایع شکمبه و قارچ *Aspergillus Niger* نسبت به سبوس خام موجب افزایش معنی‌دار قابلیت هضم چربی شدند. پرندگان در تیمارهای حاوی سبوس تخمیرشده با قارچ، بیشترین وزن نسبی لاشه، سینه، ران و دستگاه گوارش را داشتند. با توجه به نتایج حاصل، تخمیر سبوس گندم و برنج، به ویژه با قارچ *Aspergillus Niger* روشی مؤثر برای بهبود ارزش غذایی و افزایش عملکرد جوجه‌های گوشتی است و می‌تواند به عنوان راهبرد عملی در صنعت طیور برای استفاده بهینه از محصولات جانبی کشاورزی به کار رود.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع پرزها، تخمیر میکروبی، سینه، مصرف خوراک، وزن بدن

مقدمه

(2015). سبوس گندم به عنوان اصلی‌ترین محصول فرعی فرآوری آرد گندم می‌باشد که با وجود داشتن سطح پروتئین مناسب، استفاده مستقیم از آن در جیره برای برخی از حیوانات تک معده‌ای به دلیل محتوای فیبر بالا (Zhang et al., 2022)، عوامل ضدتغذیه‌ای مانند اسید فیتیک، همی سلولز و زایلان (Olukosi & Adeola, 2008) و سایر پلی ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای محدود است، این اجزاء ممکن است هضم و جذب مواد مغذی را مهار کنند (Koropatkin et al., 2012). پلی ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای می‌توانند سیگنال‌های سیری را از طریق تورم آب در روده ایجاد کنند (Stevenson et al., 2012) و بر ترکیب ریزجانداندار روده تأثیر بگذارند (Koropatkin et al., 2012). به این دلایل، کاهش محتوای فیبر سبوس‌ها با فرآوری بسیار مهم است.

سبوس برنج نیز محصول جانبی دیگری از صنعت کشاورزی است

با توجه به اهمیت صنعت طیور در تأمین پروتئین مورد نیاز برای تغذیه انسان و از طرفی کمبود اقلام غذایی مورد نیاز جیره، بهتر است در کنار مواد خوراکی اصلی جیره، از برخی محصولات جانبی کشاورزی استفاده شود (Ravindran, 2013). در بین منابع موجود، سبوس گندم و سبوس برنج، محصولات فرعی کشاورزی فراوان و ارزان در کشورهای تولیدکننده برنج و گندم هستند (Haryati et al.,

۱- گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران

۲- گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم و مرکز تحقیقات پالایشگاه زیستی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

(*- نویسنده مسئول: (Email: S.Salari@asnruk.ac.ir).

<https://doi.org/10.22067/IJASR.2025.93922.1249>

و آمیلاز را ترشح می‌کنند (Gao et al., 2017). همچنین فرآیند تخمیر با استفاده از مایع شکمبه می‌تواند تکنیک مناسبی برای بهبود کیفیت محصولات جانبی از نظر محتوای پروتئینی باشد. تخمیر سبوس برنج توسط مایع شکمبه به کاهش محدودیت استفاده از سبوس برنج کمک می‌کند، زیرا ریزجانداران شکمبه برای تغییرات مورد نظر در شرایط بی‌هوازی مناسب هستند. از طرفی، میکروب‌های شکمبه می‌توانند فیبر را به راحتی تجزیه کنند و پروتئین تک سلولی تولید کنند (Hackmann & Firkins, 2015) که ممکن است کیفیت پروتئین سبوس‌ها را افزایش دهد. جمعیت میکروبی شکمبه می‌تواند اجزای غیرپروتئینی را در حضور انرژی محلول کافی به پروتئین با کیفیت بالا تبدیل کند (Hackmann & Firkins, 2015). هدف این تحقیق، ارزیابی تأثیر سه روش تخمیر مختلف (با استفاده از باکتری *Bacillus subtilis*، قارچ *Aspergillus Niger* و مایع شکمبه) بر بهبود ارزش غذایی سبوس گندم و برنج است. هدف اصلی، ارزیابی تأثیر این فرآیندهای تخمیری بر بهبود عملکرد رشد، افزایش قابلیت هضم مواد مغذی و بررسی وزن اندام‌های داخلی در جوجه‌های گوشتی به منظور ارائه راهکاری عملی برای استفاده بهینه از این محصولات جانبی کشاورزی در صنعت طیور است.

مواد و روش‌ها

الف- تخمیر حالت جامد سبوس برنج و سبوس گندم با استفاده از باکتری و قارچ

در مطالعه حاضر، باکتری *Bacillus subtilis* (ATCC 6633) و قارچ *Aspergillus Niger* (PTCC5010) به شکل ویال لیوفیلیزه از مرکز قارچ و باکتری سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران تهیه شد. فعال‌سازی ویال‌های لیوفیلیزه و تهیه کشت آغازگر باکتری و قارچ به ترتیب در محیط‌های MRS-broth در دمای ۳۷ درجه سانتی-گراد و PDA در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد انجام گرفت. پس از آن به هر کیلوگرم سبوس، یک لیتر آب مقطر اضافه گردید و کشت آغازگر (حاوی حداقل ۱۰^۵ واحد تشکیل کلنی در میلی‌لیتر) بر روی سبوس‌ها محلول‌پاشی شد. مخلوط حاصل در نایلون پلاستیکی که حاوی اکسیژن نیز بود به مدت شش روز در دمای اتاق جهت فرآیند تخمیر نگهداری گردید. پس از انجام فرآیند تخمیر، سبوس برنج و سبوس گندم تخمیرشده در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند (Soltani Naseri et al., 2018).

ب- تخمیر سبوس برنج و سبوس گندم با استفاده از مایع شکمبه

مایع شکمبه از کشتارگاه تهیه و با استفاده از یک پارچه صاف شد. قسمت جامد خارج و از مایع به‌دست‌آمده به‌عنوان مایع تلقیح

که برای تغذیه حیوانات در دسترس است. اما محتوای فیبر بالا و قابلیت هضم پایین، استفاده از آن‌ها را در خوراک طیور محدود کرده است (Kras et al., 2013). علاوه بر این، سبوس حاوی مواد ضدتغذیه‌ای مانند بتاگلوکان‌ها، مهارکننده تریپسین و فاکتور آنتی-تیامین می‌باشد که با کاهش دسترسی مواد مغذی، عملکرد تولید را کاهش می‌دهد (Haryati et al., 2015).

تخمیر سبوس برنج و سایر محصولات جانبی کشاورزی باعث افزایش پروتئین و کاهش محتوای فیبر آن‌ها می‌شود (Sugiharto & Ranjitkar, 2019). مطالعات قبلی نشان داده‌اند که خوراک تخمیرشده حاوی پروتئازها، آمیلاز و لیپاز است. پروتئازهای ترشح‌شده، پروتئین‌ها را تجزیه می‌کنند تا پپتیدهای کوتاه تولید کنند (Sun et al., 2022) و در نتیجه هضم و جذب خوراک توسط جوجه‌های گوشتی را افزایش می‌دهند. همچنین مکمل کردن خوراک تخمیرشده به دلیل ریزجانداران دخیل در تخمیر می‌تواند به‌طور قابل توجهی بر متابولیسم مواد مغذی تأثیر بگذارد و هضم را تقویت کند (Gungor et al., 2021).

تخمیر، تکنیک تبدیل بیولوژیکی بسترهای پیچیده به ترکیبات ساده توسط ریزجانداران مختلف مانند باکتری‌ها و قارچ‌ها است. تخمیر علاوه بر بهبود خواص تغذیه‌ای منجر به افزایش تعداد باکتری-های اسید لاکتیک، کاهش pH و افزایش غلظت اسیدهای آلی می-شود (Canibe & Jensen, 2012). در طی فرآیند تخمیر، مواد مغذی ضروری مختلفی مانند ویتامین‌ها، اسیدهای آلی، اسیدهای آمینه و پپتیدهای کوچک تولید می‌شوند که ممکن است ارزش غذایی محصولات جانبی را افزایش دهد (Chen, 2010). تخمیر سبوس برنج و سایر محصولات جانبی کشاورزی باعث افزایش پروتئین و کاهش محتوای فیبر آن‌ها می‌شود (Sugiharto & Ranjitkar, 2019). تخمیر همچنین با بهبود محتوای فنلی و فعالیت آنتی-اکسیدانی (Oliveira et al., 2008)، تقویت ایمنی (Koh et al., 2008) و کاهش محتوای فسفر فیتات در سبوس برنج (Azrinnahar et al., 2021) عملکرد طیور را افزایش می‌دهد.

Aspergillus Niger یکی از قارچ‌های توانمند است که توانایی تولید آنزیم‌هایی همچون همی سلولازها، هیدرولازها، پکتینولایتیک-ها، فیتاز و آنزیم‌های لیپولایتیک را دارد. هیدرولیز آنزیمی اسید فایتیک به‌وسیله آنزیم فیتاز تولیدشده از قارچ *Aspergillus Niger* منجر به تولید اینوزیتول‌ها، اینوزیتول فسفات و فسفات غیرمعدنی می‌شود (Mullaney et al., 2000). همچنین علاوه بر قارچ‌ها، باکتری‌های جنس *Bacillus* به‌ویژه *Bacillus subtilis* به دلیل ویژگی منحصر به فرد در تولید اسپور زیاد و مقاوم به اسید، قلیا و گرما، به‌عنوان یکی از مناسب‌ترین باکتری‌ها در فرآیند مهار بیولوژیکی معرفی شده‌اند که طیف وسیعی از آنزیم‌ها مانند سلولاز، پروتئاز، لیپاز

شد. در سن ۲۱ روزگی، ۰/۳ درصد اکسید کروم به جیره اضافه و به مدت پنج روز در اختیار جوجه‌ها قرار گرفت. در سن ۲۶ روزگی، دو قطعه جوجه از هر تکرار انتخاب و کشتار شدند و محتویات ایلئومی آن‌ها از حد فاصل زائده مکل تا پنج سانتی‌متر قبل از اسفنگتر ایلئوسکال جمع‌آوری گردید. نمونه‌ها تا زمان آزمایش در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگه داشته شدند. سپس ماده خشک، چربی خام و پروتئین خام، کروم نمونه خوراک و محتویات ایلئومی اندازه‌گیری گردید (AOAC, 2000). قابلیت هضم ماده خشک، چربی خام و پروتئین خام با استفاده از معادله ۱ محاسبه شد (Hafeez et al., 2016).

معادله (۱)

(غلظت نشانگر در ماده هضمی/غلظت نشانگر در خوراک) -

۱۰۰ = (%) قابلیت هضم

۱۰۰ × (غلظت ماده مغذی در خوراک/غلظت ماده مغذی در ماده

هضمی) ×

در روز ۴۲ آزمایش، دو قطعه جوجه با میانگین وزنی گروه، انتخاب و وزن کل دستگاه گوارش، لاشه، سینه، ساق و ران، چربی محوطه بطنی، پیش‌معه، سنگدان، کبد، بورس فابریسیوس اندازه‌گیری شد و وزن نسبی آن‌ها به‌صورت درصدی از وزن زنده محاسبه گردید. طول قسمت‌های مختلف روده کوچک و سکوم نیز در این زمان اندازه‌گیری شد.

آنالیز آماری

داده‌های حاصل از آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی به‌روش فاکتوریل (۲×۴) آنالیز شد. همه داده‌ها با استفاده از رویه GLM نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ آنالیز شد. برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری پنج درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

تأثیر تیمارهای آزمایشی بر مصرف خوراک، افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک در دوره‌های مختلف پرورش در جداول ۲ و ۳ نشان داده شده است. در دوره آغازین، رشد و پایانی مصرف خوراک تحت تأثیر اثرات متقابل نوع سبوس و نوع تخمیر قرار نگرفت. اما در بررسی اثر فرآوری، مصرف خوراک در دوره آغازین در تیمارهای حاوی ۱۰ درصد سبوس تخمیرشده در مقایسه با تیمارهای حاوی ۱۰ درصد سبوس خام، به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($P < 0.05$).

استفاده گردید. انتقال مایع شکمبه در حداقل زمان ممکن و با استفاده از فلاسک عایق و در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد انجام شد. برای زنده ماندن ریزجانداران مایع شکمبه، پودر ذرت به‌مقدار ۱۰ گرم در لیتر به آن اضافه گردید. در نهایت، برای ایجاد شرایط بی‌هوازی از گاز دی‌اکسید کربن در ظرف‌های تخمیر استفاده شد. تخمیر در یک محیط کنترل‌شده برای شش ساعت انجام شد. ترکیب سبوس، محلول بافر (Debi et al., 2018) و مایع شکمبه به‌ترتیب در نسبت ۱:۲:۳ حفظ گردید. پس از سه ساعت به‌مقدار یک درصد وزن کل محلول NaHCO_3 نیز اضافه شد. این کار به این دلیل انجام شد که پس از سه ساعت pH شروع به کاهش نمود (زیر ۶). پس از تخمیر، سبوس‌ها در زیر نور خورشید خشک شدند (Debi et al., 2022) (به‌دلیل اینکه استفاده از دو لیتر بافر و سه لیتر مایع شکمبه به‌ازای هر کیلوگرم سبوس منجر به ایجاد محصولی با رطوبت بالا می‌شود. فرآیند خشک کردن در سایه با سرعت تبخیر پایین، شرایط را با فراهم آوردن بستر مغذی و رطوبت کافی، برای امکان رشد نمایی و تکثیر جمعیت میکروبی تسهیل کرده و منجر به آلودگی محصول نهایی می‌گردد، به همین دلیل سبوس‌ها در این روش در زیر نور خورشید خشک شدند).

این آزمایش به مدت ۴۲ روز با استفاده از ۴۰۰ قطعه جوجه گوشتی یک روزه سویه راس ۳۰۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل ۲×۴ با هشت تیمار، پنج تکرار و تعداد ۱۰ قطعه پرند مخلوط دو جنس نر و ماده برای هر تکرار، بر روی بستر انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱- جیره پایه حاوی ۱۰ درصد سبوس برنج تخمیر نشده، ۲- جیره پایه حاوی ۱۰ درصد سبوس برنج تخمیرشده با باکتری *Bacillus subtilis*، ۳- جیره پایه حاوی ۱۰ درصد سبوس برنج تخمیرشده با قارچ *Aspergillus Niger*، ۴- جیره پایه حاوی ۱۰ درصد سبوس برنج تخمیرشده با مایع شکمبه، ۵- جیره پایه حاوی ۱۰ درصد سبوس گندم تخمیر نشده، ۶- جیره پایه حاوی ۱۰ درصد سبوس گندم تخمیرشده با باکتری *Bacillus subtilis*، ۷- جیره پایه حاوی ۱۰ درصد سبوس گندم تخمیرشده با قارچ *Aspergillus Niger* و ۸- جیره پایه حاوی ۱۰ درصد سبوس گندم تخمیرشده با مایع شکمبه بودند. جیره پایه مطابق نیازهای ذکرشده در کاتالوگ سویه راس ۳۰۸ تنظیم شد (Ross, 2019). آب و خوراک به‌صورت آزاد در اختیار جوجه‌ها قرار گرفت. اجزاء تشکیل‌دهنده و ترکیب مواد مغذی جیره‌های مورد استفاده در تغذیه جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ در جدول ۱ نشان داده شده است. فراسنجه‌های عملکردی شامل مصرف خوراک و افزایش وزن پرندگان در پایان هر دوره (آغازین، رشد و پایانی) رکوردبرداری و ضریب تبدیل غذایی محاسبه گردید. تعداد و وزن تلفات در محاسبه ضریب تبدیل غذایی در نظر گرفته شد. برای اندازه‌گیری قابلیت هضم ایلئومی مواد مغذی از اکسید کروم به‌عنوان نشانگر خارجی استفاده

جدول ۱- درصد اجزاء و ترکیبات جیره‌های آزمایشی در دوره‌های مختلف پرورش

Table 1- Percentage of components and compositions of experimental diets in different rearing periods

مواد خوراکی Feed ingredients	۱ تا ۱۰ روزگی (آغازین) 1 to 10 days old (Starter)		۱۱ تا ۲۴ روزگی (رشد) 11 to 24 days old (Grower)		۲۵ تا ۴۲ روزگی (پایانی) 25 to 42 days old (Finisher)	
	سیوس گندم ^۱ Wheat bran ¹	سیوس برنج ^۲ Rice bran ²	سیوس گندم Wheat bran	سیوس برنج Rice bran	سیوس گندم Wheat bran	سیوس برنج Rice bran
ذرت Maize	44.34	44.54	46	47	49.04	50.04
کنجاله سویا (۴۴ درصد پروتئین خام) Soybean meal (44 % crude protein)	32.97	33.74	30	30	28.85	28.85
سیوس گندم (۷/۵۸ درصد پروتئین خام) Wheat bran (17.58% crude protein)	10	0	10	0	10	0
سیوس برنج (۱۱/۱۱ درصد پروتئین خام) Rice bran (11.11% crude protein)	0	10	0	10	0	10
گلوتن ذرت (۶۰ درصد) Corn gluten (60 %)	4.7	4.3	3.72	3.61	1	1
روغن سویا Soybean oil	3.05	2.5	5.5	4.6	7	6
دی ال-متیونین DL-methionine	0.3	0.29	0.3	0.3	0.29	0.29
ال لیزین هیدروکلراید L-lysine HCL	0.32	0.32	0.32	0.32	0.24	0.24
ال-ترئونین L-threonine	0.13	0.12	0.13	0.13	0.11	0.11
دی کلسیم فسفات Dicalcium phosphate	2	2	1.9	1.9	1.69	1.69
کلسیم کربنات Calcium carbonate	0.75	0.75	0.7	0.7	0.63	0.63
نمک Salt	0.2	0.2	0.2	0.2	0.21	0.21
جوش شیرین Sodium bicarbonate	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
مکمل ویتامین-مواد معدنی ^۳ Vitamin-mineral supplement ³	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
توکسین بایندر Toxin Binder	0.5	0.5	0.5	0.5	0.2	0.2
ترکیب شیمیایی (درصد) Chemical composition (%)						
انرژی متابولیسمی (کیلوکالری بر کیلوگرم) Metabolic energy (kcal/kg)	2882	2890	3050	3048	3151	3145
پروتئین خام Crude protein	22.91	22.91	21.14	21.05	19.14	19.12
عصاره اتری Ether extract	5.86	6.42	8.22	8.47	9.64	9.80
کلسیم Calcium	0.92	0.92	0.87	0.87	0.79	0.79
فسفر قابل دسترس Available phosphorus	0.45	0.45	0.43	0.43	0.39	0.39
لیزین قابل هضم Digestible lysine	1.22	1.22	1.13	1.13	1.03	1.03
متیونین+سیستین قابل هضم Digestible methionine + cystine	0.91	0.91	0.87	0.87	0.80	0.80
ترئونین قابل هضم Digestible threonine	0.82	0.82	0.77	0.77	0.70	0.70

^۱ آنالیز سیوس گندم خام: ۹۳/۸۸ درصد ماده خشک، ۶/۵۳ درصد خاکستر خام، ۱۷/۵۸ درصد پروتئین خام، ۵/۴ درصد چربی خام

^۲ آنالیز سیوس برنج خام: ۹۴/۵۱ درصد ماده خشک، ۱۱/۶۷ درصد خاکستر خام، ۱۱/۱۱ درصد پروتئین خام، ۱۰/۲۴ درصد چربی خام

^۳ مکمل ویتامینی به‌ازای هر کیلوگرم جیره مقادیر زیر را تأمین می‌کند: ۱۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۳۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D₃، ۵۵ واحد بین‌المللی ویتامین E، دو میلی‌گرم ویتامین K₃، ۲/۲ میلی‌گرم ویتامین B₁، ۴/۸ میلی‌گرم ویتامین B₂، ۴۵ میلی‌گرم نیاسین، ۱۵ میلی‌گرم اسید پانتوتیک، ۲/۲ میلی‌گرم ویتامین B₆، ۰/۱۵ میلی‌گرم بیوتین، ۱/۶۰ میلی‌گرم اسید فولیک، ۰/۰۱۱ میلی‌گرم ویتامین B₁₂، مکمل معدنی به‌ازای هر کیلوگرم جیره مقادیر زیر را تأمین می‌کند: ۶۰ میلی‌گرم آهن، ۱۲۰ میلی‌گرم منگنز، ۱۰۰ میلی‌گرم روی، ۱۶ میلی‌گرم مس، ۱/۲۵ میلی‌گرم ید، ۰/۳۰ میلی‌گرم سلنیوم

^۱ analysis of raw wheat bran: 93.88% dry matter, 6.53% crude ash, 17.58% crude protein, 5.4% crude fat
^۲ Analysis of raw rice bran: 94.51% dry matter, 11.67% crude ash, 11.11% crude protein, 10.24% crude fat

^۳ Vitamin premix provided per kilogram of diet: 10000 IU vitamin A, 3000 IU vitamin D₃, 55 IU vitamin E, 2 mg vitamin K₃, 2.2 mg vitamin B₁, 4.8 mg vitamin B₂, 45 mg niacin, 15 mg pantothenic acid, 2.2 mg B₆, 0.15 mg biotin, 1.60 mg folic acid, 0.011 mg B₁₂. Mineral premix provided per kilogram of diet: 60 mg Fe, 120 mg Mn, 100 mg Zn, 16 mg Cu, 1.25 mg I, 0.30 mg Se.

موجب بهبود عملکرد می‌گردد. بهبود افزایش وزن در گروه فرآوری شده با قارچ *Aspergillus Niger* احتمالاً به دلیل فعالیت آنزیمی این قارچ است که پلیمرهای پیچیده را تجزیه می‌کند و مواد مغذی را آزاد و هضم‌پذیری را افزایش می‌دهد (Lawal et al., 2013). علاوه بر این، افزایش وزن بدن ممکن است به دلیل اثرات تجزیه زیستی قارچ بر بهبود هضم، افزایش مصرف خوراک، کاهش تخمیر میکروبی، کاهش زمان عبور در دستگاه گوارش و کاهش اتلاف داخلی باشد که همه اینها به طور اجتناب‌ناپذیری بر افزایش وزن بدن پرندگان تأثیر مثبت می‌گذارند (Akinfemi & Ogunwole, 2012). تجزیه زیستی سبوس توسط قارچ *Aspergillus Niger* با باز کردن مواد مغذی محصور شده در دیواره سلولی عمل می‌کند و در نتیجه ویسکوزیته را کاهش داده و جذب مواد مغذی توسط پرندگان را بهبود می‌بخشد. علاوه بر این، رشد قارچ‌ها پتانسیل خشی‌سازی عوامل ضدتغذیه‌ای مانند بتاگلوکان‌ها را دارد و به طور کلی، سیستم‌های آنزیمی ناقص جوجه‌ها را تکمیل می‌کنند (Lawal et al., 2013). در کل دوره پرورش، ضریب تبدیل خوراک تحت تأثیر اثرات متقابل نوع سبوس و نوع تخمیر قرار گرفت، به طوری که در ارتباط با سبوس برنج، هر سه روش فرآوری و در مورد سبوس گندم، فرآوری با قارچ *Aspergillus Niger* در مقایسه با نوع بدون فرآوری موجب بهبود ضریب تبدیل خوراک شد ($P < 0.05$). همچنین در اثرات اصلی، سبوس گندم در مقایسه با سبوس برنج موجب بهبود ضریب تبدیل خوراک گردید ($P < 0.05$). تنگ و همکاران (Teng et al., 2017) بیان کردند که استفاده از سبوس گندم تخمیر شده با *باسیلوس آمیلولیکویی* فاشینز به همراه *ساکارومایسس سرویزیه* در مقایسه با شاهد باعث بهبود ضریب تبدیل خوراک شد که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. در مطالعه‌ای دیگر نشان داده شد که ضریب تبدیل خوراک در گروه پرندگان تغذیه شده با سبوس برنج تخمیری با مایع شکمبه پایین‌تر بود (Alam et al., 2023). در طول فرآیند تخمیر، مواد مغذی ضروری مختلفی مانند ویتامین‌ها، اسیدهای آلی، اسیدهای آمینه و پپتیدهای کوچک تولید می‌شوند که ممکن است ارزش غذایی محصولات جانبی را بیشتر افزایش دهد (Chen, 2010)، در نتیجه استفاده از سبوس تخمیری موجب بهبود عملکرد می‌گردد. محصولات جانبی مانند سبوس گندم حاوی مقادیر قابل توجهی پلی ساکاریدهای غیرنشاسته-ای هستند که توسط طيور قابل هضم نیستند، زیرا فاقد آنزیم‌های هیدرولیزکننده درون‌زا هستند. پلی ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای محلول می‌تواند ویسکوزیته گوارشی را افزایش داده و قابلیت هضم مواد مغذی را در روده کوچک طيور کاهش دهد.

همچنین در ارتباط با روش فرآوری، در دوره پایانی و کل دوره پرورش، تخمیر با قارچ *Aspergillus Niger* در مقایسه با تخمیر با مایع شکمبه و بدون فرآوری، مصرف خوراک را به طور معنی‌داری افزایش داد ($P < 0.05$). الهه و همکاران (Ullah et al., 2021) مصرف خوراک بالاتر در گروه ۱۰ درصد سبوس برنج تخمیر شده با مایع شکمبه را در مقایسه با جیره شاهد حاوی ۱۰ درصد سبوس برنج تخمیر نشده گزارش دادند. همچنین الابی و همکاران (Alabi et al., 2016) گزارش دادند که مصرف خوراک جیره‌های حاوی ۱۵ و ۲۰ درصد پوسته برنج تخمیر شده در جوجه‌های گوشتی در مقایسه با جیره استاندارد، یکسان بود. در توافق با نتایج این آزمایش، لاول و همکاران (Lawal et al., 2012) گزارش دادند که تخمیر ضایعات گندم با قارچ *Aspergillus Niger* در جوجه گوشتی موجب افزایش مصرف خوراک گردید. افزایش مصرف خوراک در تیمارهای حاوی سبوس تخمیری می‌تواند به دلیل خوش‌خوراکی خوراک تخمیری باشد، زیرا تخمیر سبب ایجاد طعم‌های مطلوب به دلیل تولید اسیدها، الکل‌ها و ... می‌شود (Zhu et al., 2023)؛ که خود در افزایش مصرف خوراک مؤثر می‌باشد. نتایج به دست آمده در ارتباط با افزایش وزن جوجه‌های گوشتی نشان داد که اثرات متقابل روش فرآوری و نوع سبوس معنی‌دار نشد، علی‌رغم اینکه هر دو عامل روش فرآوری و نوع سبوس به طور جداگانه، تأثیر معنی‌داری بر افزایش وزن داشتند. به طوری که در دوره آغازین سبوس برنج در مقایسه با سبوس گندم و در دوره پایانی و نیز کل دوره پرورش، سبوس گندم در مقایسه با سبوس برنج موجب بهبود افزایش وزن شد ($P < 0.05$). همچنین در دوره آغازین، هر سه روش فرآوری در مقایسه با بدون فرآوری، و در دوره رشد، پایانی و نیز کل دوره پرورش، بیشترین افزایش وزن مربوط به تیمار تخمیر با قارچ *Aspergillus Niger* بود که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها داشت ($P < 0.05$). علاوه بر این، تیمارهای تخمیر شده با باکتری *Bacillus subtilis* و مایع شکمبه نیز در مقایسه با تیمارهای سبوس خام موجب بهبود افزایش وزن شدند ($P < 0.05$). در توافق با نتایج این آزمایش، مکمل کردن جیره پایه با غلظت‌های مختلف باکتری *Bacillus subtilis* (Gao et al., 2017) و تخمیر ضایعات گندم و پوسته برنج با قارچ *Aspergillus Niger* (Lawal et al., 2012; 2013) در جوجه‌های گوشتی موجب بهبود افزایش وزن گردید. کنکول و همکاران (Konkol et al., 2023) گزارش دادند که تخمیر جامد کنجاله کلزا با باکتری موجب بهبود افزایش وزن جوجه‌های گوشتی شد که همسو با نتایج این آزمایش می‌باشد. باکتری *Bacillus subtilis* با مصرف اکسیژن آزاد در دستگاه گوارش و ایجاد محیط بی‌هوازی با مهار رشد باکتری‌های بیماری‌زا و تقویت رشد پروبیوتیک‌های غیرهوازی مانند لاکتوباسیل‌ها

جدول ۲- بررسی اثر متقابل روش‌های مختلف فرآوری سیوس و برنج و سیوس گندم بر مصرف خوراک (گرم)، افزایش وزن بدن (گرم)، ضریب تبدیل خوراک جوتهای گوشتی
Table 2- Investigation of the interaction effect of different processing methods of rice bran and wheat bran on feed intake (g), body weight gain (g), and feed conversion ratio of broiler chickens

نوع سیوس Bran type	نوع فرآوری Processing type	دوره آغازین (۱-۱۰ روزگی) Starter (1-10 days)	دوره رشد (۱۱-۲۴ روزگی) Grower (11-24 days)	دوره پایانی (۲۵-۴۲ روزگی) Finisher (25-42 days)	کل دوره (۱-۴۲ روزگی) Whole period (1-42 days)
		مصرف خوراک FI ^۱	مصرف خوراک FI	مصرف خوراک FI	
		افزایش وزن بدن BWG ^۲	افزایش وزن بدن BWG	افزایش وزن بدن BWG	
		ضریب تبدیل FCR ^۳	ضریب تبدیل FCR	ضریب تبدیل FCR	
برنج Rice	خام Raw	191.78	978.74	1297.97	2018.23
	باکتری Bacteria	202.50	1006.65	1486.35	2223.39
	قارچ Fungus	205.60	1053.90	1645.87	2434.16
	مانع شکمبه Rumen	207.62	982.50	1412.38	2180.51
	لیکوئور liquor				
گندم Wheat	خام Raw	186.40	1037.60	1422.89	2179.50
	باکتری Bacteria	203.81	974.45	1556.63	2301.93
	قارچ Fungus	199.74	1069.31	1763.90	2611.09
	مانع شکمبه Rumen	204.20	977.73	1527.82	2308.62
	لیکوئور liquor				
خطای معیار میانگین SEM		6.02	48.80	94.16	117.41
سطح احتمال p-value		0.9	0.76	0.24	0.63

^{a-c} Within each column, means with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^۱ Feed Intake, ^۲ Body Weight Gain, ^۳ Feed Conversion Ratio

^{a-c} در هر ستون میانگین‌های با حروف متفاوت به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری دارند ($P < 0.05$)

^۱ در هر ستون میانگین‌های با حروف متفاوت به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری دارند ($P < 0.05$)

جدول ۳- بررسی اثر اصلی روش‌های مختلف فرآوری سیبوس برنج و سیبوس گندم بر مصرف خوراک (گرم)، افزایش وزن بدن (گرم)، ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی
Table 3- Investigation of the main effect of different processing methods of rice bran and wheat bran on feed intake (g), body weight gain (g), and feed conversion ratio of broiler chickens

	دوره آغازین (۱-۱۰ روزگی)			دوره رشد (۱۱-۲۴ روزگی)			دوره پایانی (۲۵-۴۲ روزگی)			Whole period (1-42 days)			کل دوره (۱-۴۲ روزگی)
	مصرف خوراک FI ^۱	افزایش وزن بدن BWG ^۲	ضریب تبدیل FCR ^۳	مصرف خوراک FI	افزایش وزن بدن BWG	ضریب تبدیل FCR	مصرف خوراک FI	افزایش وزن بدن BWG	ضریب تبدیل FCR	مصرف خوراک FI	افزایش وزن بدن BWG	ضریب تبدیل FCR	
نوع سبوس Bran type													
برنج Rice	201.88	151.66 ^a	1.33	1005.45	601.78	1.67	2754.17	1460.64 ^b	1.90 ^a	3961.49	2214.08 ^b	1.79 ^a	
گندم Wheat	198.54	145.61 ^b	1.36	1014.77	636.86	1.60	2833.40	1567.81 ^a	1.81 ^b	4046.71	2350.28 ^a	1.72 ^b	
خطای معیار میانگین SEM	3.00	2.15	0.01	24.40	15.27	0.03	47.08	30.07	0.02	58.70	35.30	0.01	
نوع فرآوری Processing type													
خام Raw	189.09 ^b	136.40 ^b	1.38	1008.17	602.04 ^b	1.67	2667.31 ^b	1360.43 ^c	1.97 ^a	3864.56 ^b	2098.87 ^c	1.84 ^a	
باکتری Bacteria	203.16 ^a	149.58 ^a	1.35	990.55	591.59 ^b	1.67	2842.02 ^{ab}	1521.49 ^b	1.87 ^b	4035.73 ^{ab}	2262.66 ^b	1.78 ^b	
قارچ Fungus	202.67 ^a	151.25 ^a	1.34	1061.61	666.50 ^a	1.60	2944.90 ^a	1704.88 ^a	1.73 ^c	4209.18 ^a	2522.63 ^a	1.67 ^c	
مایع شکمبه Rumen liquor	205.91 ^a	157.31 ^a	1.31	980.12	617.16 ^{ab}	1.59	2720.91 ^b	1470.10 ^b	1.85 ^b	3906.94 ^b	2244.57 ^b	1.74 ^b	
خطای معیار میانگین SEM	4.25	3.05	0.02	34.51	21.60	0.04	66.58	42.53	0.03	83.02	49.92	0.02	
سطح احتمال p-value													
نوع سبوس Bran type	0.38	0.03	0.14	0.76	0.07	0.11	0.19	0.008	0.003	0.25	0.004	0.002	
نوع فرآوری Processing type	0.01	0.0001	0.11	0.26	0.04	0.36	0.01	0.0001	0.0001	0.01	0.0001	0.0001	

^{a-c} در هر ستون میانگین‌های با حروف متفاوت به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری دارند ($P < 0.05$).

^{a-c} Within each column, means with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^۱ Feed Intake, ^۲ Body Weight Gain, ^۳ Feed Conversion Ratio

این گزارش‌ها نشان می‌دهد که بهبود در ارزش‌های غذایی و قابلیت هضم مواد غذایی از طریق تخریب پلی ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای محلول در طی تخمیر، عامل اصلی تعیین‌کننده بهبود عملکرد جوجه‌های گوشتی است. همچنین خوراک تخمیری با کاهش pH دستگاه گوارش می‌تواند به رشد ریزجانداران مفید دستگاه گوارش از جمله باکتری اسیدلاکتیک کمک کند و در نتیجه افزایش سلامت دستگاه گوارش منجر به عملکرد بهتر جوجه‌های گوشتی شود (Ashayerizadeh et al., 2017).

تأثیر روش‌های مختلف فرآوری سبوس برنج و سبوس گندم بر قابلیت هضم ماده خشک، چربی خام و پروتئین خام در جدول ۴ نشان داده شده است. اثر متقابل نوع فرآوری و نوع سبوس بر قابلیت هضم مواد مغذی جوجه‌های گوشتی تأثیر معنی‌داری نداشت ($P > 0.05$). اما در بررسی اثرات اصلی، تیمارهای حاوی سبوس تخمیرشده با مایع شکمبه و قارچ *Aspergillus Niger* موجب افزایش معنی‌دار قابلیت هضم چربی خام در مقایسه با تیمار خام شدند ($P < 0.05$). در قابلیت هضم پروتئین، تیمارهای حاوی سبوس تخمیرشده در مقایسه با سبوس خام افزایش معنی‌داری را نشان دادند، همچنین در مقایسه نوع سبوس، سبوس گندم قابلیت هضم پروتئین خام بالاتری در مقایسه با سبوس برنج داشت ($P < 0.05$). اما در قابلیت هضم ماده خشک تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($P > 0.05$).

در پژوهشی، سبوس گندم تخمیرشده با استفاده از باکتری‌های لاکتوباسیلوس پاراکازی و لاکتوباسیلوس پلانتاروم، ضریب قابلیت هضم پروتئین را در جوجه‌های گوشتی افزایش داد (Kraler et al., 2014) که با نتایج این آزمایش تطابق دارد. همسو با نتایج به‌دست‌آمده در آزمایش حاضر، کالر و همکاران (Kraler et al., 2014) اشاره کردند که استفاده از ۱۵ درصد سبوس گندم تخمیرشده جامد می‌تواند ضرایب قابلیت هضم عصاره اتری را افزایش دهد. همچنین بهبود قابلیت هضم مواد مغذی (ماده خشک، انرژی و نیتروژن) جیره‌های حاوی سبوس گندم تخمیرشده گزارش شده است (Zhang et al., 2022). همسو با نتایج این آزمایش، الابی و همکاران (Alabi et al., 2016) تأثیر جیره‌های حاوی پوسه برنج تخمیرشده با مایع شکمبه بر عملکرد و قابلیت هضم مواد مغذی جوجه‌های گوشتی را مورد بررسی قرار دادند. تخمیر با استفاده از مایع شکمبه سبب تولید آنزیم‌های مختلفی مانند α -آمیلاز، α -استولاکتات، دکربوکسیلاز، بتا-اندوگلوکاناز، همی سلولاز، فیتاز، آمیلاز مالتوژنیک و زایلاناز می‌شود که فیبر را تجزیه می‌کنند (Diaz, 2008). در پژوهشی بیان شد افزودن سبوس تخمیرشده به جیره می‌تواند قابلیت هضم پروتئین خام را بهبود دهد (Widodo et al., 2013). اظهار داشتند که قابلیت هضم پروتئین به مواد تشکیل‌دهنده جیره و میزان

پروتئین در دستگاه گوارش بستگی دارد. افزایش قابلیت هضم پروتئین خام در جیره حاوی سبوس گندم تخمیرشده احتمالاً ناشی از فعالیت ریزجاندارانی است که می‌توانند کیفیت مواد خوراکی را بهبود بخشند و بر افزایش قابلیت هضم پروتئین تأثیر بگذارند. افزایش قابلیت هضم پروتئین به دلیل تخمیر، نشان‌دهنده تجزیه آسان‌تر اجزای پروتئین خام است. افزایش قابلیت هضم پروتئین، متابولیسم پروتئین‌ها را تسهیل می‌کند و به‌طور مستقیم منجر به افزایش وزن می‌شود (Mahfudz et al., 2006). قابلیت هضم پایین پروتئین در تیمار حاوی سبوس خام، ناشی از فیتات موجود در سبوس برنج و گندم است. اکیور و همکاران (Akyure et al., 2005) گزارش کردند که فیتات ممکن است با پروتئازها مانند تریپسین و پپسین در دستگاه گوارش ترکیب شود، که می‌تواند فعالیت آنزیم‌های گوارشی را کاهش دهد و در نتیجه به کاهش قابلیت هضم پروتئین منجر شود. قارچ *Aspergillus Niger* قارچی است که توانایی تولید آنزیم‌های هیدرولازی خارج سلولی (اندوگلیکاناز، گزیلاناز، اسید پروتئاز و فیتاز) را دارد. گزارش شده است که فیبر خام همبستگی منفی با قابلیت هضم دارد (Janssen & Carre, 1985). همچنین *Aspergillus Niger* توانایی تولید آنزیم‌هایی مانند فیتاز را دارد که موجب افزایش زیست‌فراهمی فسفر فیتاتی می‌گردد و ممکن است منجر به افزایش زیست‌فراهمی سایر مواد معدنی شود (Ferket, 1993). احتمالاً دلیل این تفاوت‌ها، ترکیبات مختلف سبوس گندم و سبوس برنج است. سبوس برنج حاوی پروتئین خام کمتری نسبت به سبوس گندم است. مطالعات قبلی گزارش کردند که باکتری‌های سلولایتیک با افزایش سطح پروتئین در جیره غذایی به‌طور قابل توجهی افزایش می‌یابند که باعث افزایش تجزیه‌پذیری فیبر می‌شود (Da Silva et al., 2016). همچنین در مطالعات دیگر (Ouellet & Chiquette, 2016)، تجزیه‌پذیری NDF با افزایش سطح پروتئین جیره افزایش می‌یابد. دلیل دیگر می‌تواند محتوای چربی خام بالاتر در سبوس برنج در مقایسه با سبوس گندم باشد (Debi et al., 2018). این ممکن است دلیل دیگری برای تخریب کندتر فیبر در سبوس برنج در مقایسه با سبوس گندم باشد. محتوای چربی بالا، فیبر غذایی را می‌پوشاند و بنابراین در تخریب فیبر دخالت می‌کند (Oldick & Firkins, 2000). سبوس برنج نسبت به سبوس گندم دارای لیگنین بیشتری است. به دلیل وجود پیوندهای کووالانسی قوی بین لیگنین و پلی ساکاریدهای دیواره سلولی، دسترسی به هیدرولیز آنزیمی ترشح‌شده توسط میکروب‌های شکمبه (Debi et al., 2018) کاهش می‌یابد و در نتیجه تخریب فیبر کم می‌شود و اثربخشی بهتر تخمیر سبوس گندم با مایع شکمبه نسبت به سبوس برنج ممکن است حاکی از موارد ذکر شده باشد.

جدول ۴- تأثیر روش‌های مختلف فراوری سیبوس برنج و سیبوس گندم بر قابلیت هضم مواد مغذی در سن ۲۶ روزگی جوجه‌های گوشتی (درصد)

Table 4 - Effects of different processing methods of rice bran and wheat bran on nutrient digestibility in 26-day-old broiler chickens (%).

متغیر Parameter	نوع فراوری Processing type	ماده خشک (درصد) Dry matter (%)	چربی خام (درصد) Crude fat (%)	پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)
نوع سیبوس Bran type				
برنج Rice	خام Raw	64.26	65.00	64.42
	باکتری Bacteria	74.79	71.78	74.37
	قارچ Fungus	70.15	70.92	71.94
	مایع شکمبه Rumen liquor	65.72	71.69	68.44
گندم Wheat	خام Raw	71.38	68.17	64.07
	باکتری Bacteria	68.04	68.73	73.02
	قارچ Fungus	72.90	74.82	81.61
	مایع شکمبه Rumen liquor	71.78	78.69	81.55
خطای معیار میانگین SEM		2.70	2.40	3.37
نوع سیبوس Bran type				
برنج Rice		68.73	72.60	69.79 ^b
گندم Wheat		71.02	69.84	75.06 ^a
خطای معیار میانگین SEM		1.35	1.20	1.68
نوع فراوری Processing type				
خام Raw		67.82	66.58 ^b	64.25 ^b
باکتری Bacteria		71.41	70.26 ^{ab}	73.69 ^a
قارچ fungus		71.52	72.87 ^a	76.77 ^a
مایع شکمبه Rumen liquor		68.75	75.19 ^a	74.99 ^a
خطای معیار میانگین SEM		1.91	1.69	2.38
سطح احتمال p-value				
نوع سیبوس Bran type		0.24	0.11	0.03
نوع فراوری Processing type		0.42	0.01	0.005
اثر متقابل Interaction		0.66	0.23	0.10

^{a-c} در هر ستون میانگین‌های با حروف متفاوت به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری دارند ($P < 0.05$)

^{a-c} Within each column, means with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

مطابقت دارد، به طوری که مرغ‌هایی که سبوس تخمیری دریافت کردند، وزن نهایی و افزایش وزن بدن بالاتری نسبت به مرغ‌هایی که سبوس خام دریافت کرده‌اند، داشتند. در پژوهشی جزی و همکاران (Jezzi et al., 2015) اعلام کردند که درصد وزن نسبی سینه در تیمارهای حاوی کنجاله پنبه دانه تخمیری به طور معنی داری بیشتر از تیمارهای حاوی کنجاله پنبه دانه خام بود که با نتایج این آزمایش همخوانی دارد. در پژوهشی، افزودن خوراک تخمیری به جیره جوجه-های گوشتی باعث افزایش وزن ماهیچه‌های ران و سینه شد (Chen et al., 2022). همچنین یانگ و همکاران (Yang et al., 2008) به افزایش وزن قطعات بریده شده (ران و سینه) جوجه‌های گوشتی که به آن‌ها اقلام گیاهی تخمیری داده شده بود، اشاره کردند. لسون (Lesson, 2000) گزارش کرد که شرایط فیزیولوژیکی و محتوای عناصر غذایی در خوراک و عوامل ژنتیکی بر وزن لاشه جوجه‌های گوشتی تأثیر می‌گذارد. توسعه بافت عضلانی تحت تأثیر پروتئین‌های موجود در خوراک قرار دارد (Churriyah et al., 2022). علاوه بر تأثیر خوراک، رشد عضله سینه تحت تأثیر عواملی نظیر جنسیت، سن، عوامل ژنتیکی و سویه‌های جوجه نیز قرار دارد (Rezaei et al., 2004). نورحیاتی و همکاران (Nurhayati et al., 2020) توضیح دادند که افزایش وزن بدن و لاشه بر افزایش درصد وزن سینه تأثیر می‌گذارد.

تأثیر روش‌های مختلف فرآوری سبوس برنج و سبوس گندم بر طول قسمت‌های مختلف روده (سانتی‌متر) در جدول ۶ نشان داده شده است. اثرات متقابل تیمارهای آزمایشی بر طول ژژنوم معنی دار بود ($P < 0.05$). بیشترین طول ژژنوم مربوط به تیمار تخمیر سبوس گندم با قارچ بود ($P < 0.05$). همچنین تیمار حاوی سبوس تخمیر شده برنج با مایع شکمبه نیز بیشترین طول ژژنوم را نسبت به سایر تیمارها داشت ($P < 0.05$). تیمارهای حاوی سبوس تخمیر شده در مقایسه با تیمارهای سبوس خام، طول ایلئوم بیشتری داشتند ($P < 0.05$). در مقایسه سبوس گندم و سبوس برنج، بیشترین طول ژژنوم، ایلئوم و سکوم مربوط به جیره‌های حاوی سبوس گندم بود ($P < 0.05$). طول دئودنوم تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت ($P < 0.05$). در توافق با نتایج این مطالعه، انکیوب و ماور (Ncube & Mawere, 2024) گزارش دادند که سویای تخمیری نسبت به سویای تخمیر نشده موجب افزایش طول روده گردید. مشخص شده است که خوراک‌های تخمیری با افزایش شاخص‌های طول روده، حفظ اکوسیستم میکروبی روده نرمال و بهبود ریخت‌شناسی روده مانند ارتفاع پرز باعث رشد در جوجه‌های گوشتی می‌شود.

تأثیر روش‌های مختلف فرآوری سبوس برنج و سبوس گندم بر اجزاء لاشه (درصدی از وزن زنده) و بخش‌های مختلف دستگاه گوارش در جدول شماره ۵ نشان داده شده است. اثر متقابل نوع فرآوری و نوع سبوس بر افزایش وزن نسبی کل دستگاه گوارش جوجه‌های گوشتی تأثیر معنی داری نداشت ($P > 0.05$). اما تیمارهای حاوی سبوس تخمیر شده موجب افزایش وزن نسبی کل دستگاه گوارش در مقایسه با سبوس خام شد ($P > 0.05$). پرندگان تیمارهای حاوی سبوس تخمیر شده با قارچ بیشترین وزن نسبی لاشه، سینه، ران و دستگاه گوارش را داشتند ($P < 0.05$). همچنین تأثیر نوع سبوس (برنج و گندم) نیز بر وزن نسبی سینه و ران و سنگدان معنی دار بود، به طوری که سبوس گندم در مقایسه با سبوس برنج موجب بهبود وزن نسبی سینه و ران گردید ($P < 0.05$). اما وزن نسبی سنگدان در تیمارهای حاوی سبوس برنج بیشتر بود ($P < 0.05$). همان‌طور که در بخش قابلیت هضم به صورت عددی گزارش شده است، احتمالاً دلیل افزایش وزن نسبی سنگدان در تیمارهای حاوی سبوس برنج نسبت به سبوس گندم به دلیل درصد فیبر بالاتر سبوس برنج است. استفاده از منبع غنی از فیبر نامحلول در جیره غذایی می‌تواند رشد دستگاه گوارش، به ویژه بخش فوقانی آن شامل پیش‌معده و سنگدان را تقویت کند (Jimenez-Moreno et al., 2013). اسیدهای چرب کوتاه زنجیره به ویژه بوتیرات، نقش کلیدی در تغذیه و متابولیسم سلول‌های اپیتلیال روده (کولونوسیت‌ها) دارند، به عنوان منبع انرژی اصلی برای این سلول‌ها عمل می‌کنند و از طریق مسیرهای مختلف سیگنالینگ باعث تحریک تکثیر و رشد آن‌ها می‌شوند که به نوبه خود می‌تواند وزن بافت روده را افزایش دهد (Wong et al., 2006). اختلاف معنی داری بین تیمارهای مختلف برای وزن کبد و بورس فابرسبوس مشاهده نشد. موافق با نتایج این آزمایش، در مطالعه‌ای دیگر نشان داده شد که وزن نسبی لاشه در پرندگان تیمارهای سبوس برنج تخمیر شده با مایع شکمبه به همراه اوره نسبت به سبوس خام بیشتر بود (Alam et al., 2023). وزن لاشه در فرآوری مواد غذایی تخمیری به دلیل وجود باکتری‌های اسید لاکتیک که از فرایند تخمیر تشکیل می‌شوند و اسیدهای چرب با زنجیره کوتاه (SCFA) مثل اسید بوتیریک تولید می‌کنند، افزایش می‌یابد. این اسیدهای چرب در افزایش تعدادی از سلول‌های اپیتلیال روده کوچک به ویژه سلول‌های جامی، که وظیفه محافظت از مخاط روده در برابر آسیب را بر عهده دارند، نقش داشته و در نتیجه، فرایندهای هضم، متابولیسم و جذب مواد مغذی را تسهیل می‌کنند و از این مسیر بر وزن لاشه تأثیر می‌گذارند (Satimah et al., 2019). وزن لاشه همچنین با وزن زنده و افزایش وزن بدن مرتبط است؛ به طوری که هرچه وزن زنده بیشتر باشد، وزن لاشه نیز افزایش می‌یابد (Herlinae et al., 2022). این موضوع با مقدار وزن نهایی و افزایش وزن بدن مرغ‌های این تحقیق

جدول ۵- تأثیر روش‌های مختلف فرآوری سیبوس برنج و سیبوس گندم بر اجزاء لاشه (درصدی از وزن زنده) جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی
Table 5- Effect of different processing methods of rice bran and wheat bran on carcass components (percentage of live weight) of broiler chickens at 42 days of age

نوع سیبوس Bran type	نوع فرآوری Processing type	دستگاه گوارش پر Gastro intestinal tract	لاشه Carcass	سینه Breast	ساق و ران Legs and thighs	چربی بطنی Abdomin al fat	پیش معده Provent riculus	سنگدان Gizzard	کبد Liver	بورس فابرسیوس Fabricius Bursa
برنج Rice	خام Raw	11.78	60.62	20.17	17.25	1.24	0.55	3.03	1.69	0.20
	باکتری Bacteria	12.30	62.35	20.26	17.70	1.30	0.53	2.87	1.72	0.20
	قارچ fungus	12.88	69.95	23.92	18.99	1.52	0.52	2.58	1.82	0.19
	مایع شکمبه Rumen liquor	13.56	63.58	22.26	19.67	1.30	0.47	2.62	1.79	0.25
گندم Wheat	خام Raw	12.76	62.82	21.50	18.91	1.30	0.56	2.67	1.66	0.23
	باکتری Bacteria	13.72	64.30	24.01	19.41	1.41	0.52	2.58	1.82	0.21
	قارچ fungus	16.30	69.57	25.10	23.38	1.22	0.50	2.35	1.70	0.20
	مایع شکمبه Rumen liquor	13.90	70.04	23.18	20.83	1.40	0.58	2.56	1.78	0.25
خطای معیار میانگین SEM		0.96	3.41	1.73	1.22	0.16	0.04	0.21	0.13	0.03
نوع سیبوس Bran type										
برنج Rice		12.63 ^b	64.12	21.65 ^b	18.40 ^b	1.34	0.52	2.77 ^a	1.76	0.21
گندم Wheat		14.17 ^a	66.68	23.45 ^a	20.63 ^a	1.33	0.54	2.54 ^b	1.74	0.22
خطای معیار میانگین SEM		0.48	1.70	0.86	0.61	0.08	0.02	0.10	0.06	0.01
نوع فرآوری Processing type										
خام Raw		12.27 ^c	61.72 ^c	20.84 ^b	18.08 ^b	1.27	0.56	2.85	1.68	0.22
باکتری Bacteria		13.01 ^{bc}	63.32 ^{bc}	22.13 ^{ab}	18.56 ^b	1.35	0.53	2.72	1.77	0.21
قارچ fungus		14.59 ^a	69.76 ^a	24.51 ^a	21.18 ^a	1.37	0.51	2.47	1.76	0.19
مایع شکمبه Rumen liquor		13.73 ^{ab}	66.81 ^{ab}	22.72 ^{ab}	20.25 ^a	1.35	0.52	2.59	1.78	0.25
خطای معیار میانگین SEM		0.68	2.41	1.22	0.81	0.11	0.03	0.15	0.09	0.02
سطح احتمال p-value										
نوع سیبوس Bran type		0.002	0.13	0.04	0.0003	0.95	0.34	0.03	0.79	0.54
نوع فرآوری Processing type		0.009	0.007	0.03	0.0009	0.84	0.40	0.08	0.69	0.06
اثر متقابل Interaction		0.14	0.55	0.63	0.19	0.27	0.17	0.78	0.74	0.88

^{a-c} در هر ستون میانگین‌های با حروف متفاوت به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری دارند ($P < 0.05$)
^{a-c} Within each column, means with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

جدول ۶- تأثیر روش‌های مختلف فرآوری سیبوس برنج و سیبوس گندم بر طول قسمت‌های مختلف دستگاه گوارش جوجه‌های گوشتی (سانتی‌متر) در سن ۴۲ روزگی

Table 6- Effect of different rice bran and wheat bran processing methods on the length of different parts of the digestive tract of broiler chickens (cm) at 42 days of age

نوع سیبوس Bran type	نوع فرآوری Processing type	دئودنوم Duodenum	ژژنوم Jejunum	ایلئوم Ileum	سکوم Cecum
برنج Rice	خام Raw	32.87	81.00 ^c	79.75	34.75
	باکتری Bacteria	33.87	89.25 ^{bc}	99.00	35.87
	قارچ fungus	33.50	93.75 ^b	91.00	38.25
	مایع شکمبه Rumen liquor	32.12	98.37 ^{ab}	98.25	41.25
گندم Wheat	خام Raw	32.00	90.25 ^{bc}	90.12	36.37
	باکتری Bacteria	32.87	95.25 ^b	101.25	37.75
	قارچ fungus	33.37	106.38 ^a	102.75	43.87
	مایع شکمبه Rumen liquor	31.87	91.37 ^b	97.00	41.25
خطای معیار میانگین SEM		1.45	33.73	5.27	1.55
نوع سیبوس Bran type					
برنج Rice		33.09	90.59 ^b	92.00 ^b	37.53 ^b
گندم Wheat		32.53	95.81 ^a	97.78 ^a	39.81 ^a
خطای معیار میانگین SEM		0.72	1.86	2.63	0.77
نوع فرآوری Processing type					
خام Raw		32.43	85.62 ^c	84.93 ^b	35.56 ^b
باکتری Bacteria		33.37	92.25 ^b	100.13 ^a	36.81 ^b
قارچ fungus		33.43	100.06 ^a	96.87 ^a	41.06 ^a
مایع شکمبه Rumen liquor		32.00	94.87 ^{ab}	97.62 ^a	41.25 ^a
خطای معیار میانگین SEM		1.04	3.23	3.73	1.10
سطح احتمال p-value					
نوع سیبوس Bran type		0.45	0.02	0.03	0.004
نوع فرآوری Processing type		0.43	0.0005	0.0007	0.0001
اثر متقابل Interaction		0.96	0.02	0.24	0.08

^{a-c} در هر ستون میانگین‌های با حروف متفاوت به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری دارند ($P < 0.05$).
^{a-c} Within each column, means with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

موجب افزایش طول روده می‌شود (Manu et al., 2023).
 باکتری‌های اسید لاکتیک در خوراک تخمیر شده می‌توانند طول
 پرزهای روده کوچک را افزایش دهند، بنابراین سطح جذب را

این خوراک‌ها هضم و جذب را نیز بهبود می‌بخشند که منجر به
 بهبود عملکرد تولید می‌شود (Sugiharto & Ranjitkar, 2019).
 موافق با نتایج این آزمایش گزارش شده است که خوراک تخمیری

به‌طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد علی‌رغم اینکه سبوس گندم نسبت به سبوس برنج عملکرد بهتری داشت، اما استفاده از فرآوری هر دو نوع سبوس برنج و سبوس گندم در سطح ۱۰ درصد در جیره جوجه‌های گوشتی، به‌خصوص با قارچ *Aspergillus Niger* با توجه به بهبود ضریب تبدیل خوراک و قابلیت هضم پروتئین خام مفید می‌باشد.

سپاسگزاری

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به خاطر حمایت مالی از پروژه، تشکر و قدردانی می‌گردد.

گسترده‌تر کرده و جذب مواد مغذی را بهینه می‌کنند (Satimah et al., 2019). افزایش قدرت هضم پروتئین می‌تواند وزن نسبی روده را تحت تأثیر قرار دهد و در نتیجه نسبت روده کوچک را افزایش دهد. به گفته کتارن (Ketaren, 2010)، پروتئین در تشکیل سلول‌ها نقش دارد، زیرا سلول‌های مرده را جایگزین کرده و بافت بدن را تشکیل می‌دهد. سلول‌ها و بافت‌های تشکیل‌شده شامل سلول‌های اپیتلیوم روده کوچک هستند. هرچه تعداد سلول‌های اپیتلیوم روده کوچک بیشتر باشد، سطح آن بزرگ‌تر شده و تعداد پرزها افزایش می‌یابد که منجر به سنگین‌تر شدن روده می‌شود (Ketaren, 2010).

نتیجه‌گیری کلی

References

- Akinfemi, A., & Ogunwale, O. A. (2012). Chemical composition and *in vitro* digestibility of rice straw treated with *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus pulmonarius* and *Pleurotus tuber-regium*. *Slovak Journal of Animal Science*, 45(1), 14-20.
- Akyurek, H., Senkoylu, N., & Ozduven, M. L. (2005). Effect of microbial phytase on growth performance and nutrients digestibility in broilers. *Pakistan journal of Nutrition*, 4(1), 22-26. <https://doi.org/10.3923/pjn.2005.22.26>.
- Ashayerizadeh, A., Dastar, B., Shargh, M. S., Mahoonak, A. S., & Zerehdaran, S. (2017). Fermented rapeseed meal is effective in controlling *Salmonella enterica* serovar Typhimurium infection and improving growth performance in broiler chicks. *Veterinary Microbiology*, 201, 93-102. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2017.01.007>
- Alabi, O. J., Adama, J. Y., Fasanya, O. O. A., & David, O. M. (2016). Response of finishing broiler chickens to diets containing rumen liquor fermented rice husk meal. *Nigerian Journal of Animal Production*, 43(1), 94-101.
- Alam, M. A., Khan, S. R., & Khan, S. I. (2023). Effect of feeding fermented rice bran by rumen liquor on the growth performance of broiler chickens. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 42(1), 26-30. <https://doi.org/10.18805/ajdfr.DRF-273>
- AOAC. (2000). Official Methods of Analysis. 17th ed. Washington DC: Association of Official Analytical Chemist.
- Azrinahar, M., Islam, N., Shuvo, A. A. S., Kabir, A. A., & Islam, K. M. S. (2021). Effect of feeding fermented (*Saccharomyces cerevisiae*) de-oiled rice bran in broiler growth and bone mineralization. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 20(7), 476-481. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.05.006>
- Canibe, N., & Jensen, B. B. (2012). Fermented liquid feed-microbial and nutritional aspects and impact on enteric diseases in pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 173(1-2), 17-40. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.12.021>
- Chen, B., Li, D., Leng, D., Kui, H., Bai, X., & Wang, T. (2022). Gut microbiota and meat quality. *Frontiers in Microbiology*, 13, 951726. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.951726>
- Chen, Q. T. (2010). Application of fermented palm kernel meal and coconut meal in diet of laying hens. *Feed Research*, 10, 11-12.
- Churriyah, R., Sjoftan, O., & Natsir, M. H. (2022). Growth performance and digestive enzyme activity of broiler fed with microwaved flaxseed flour (*Linum usitatissimum*). *Jurnal Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan*, 20(2), 78-82. <https://doi.org/10.29244/jintp.20.2.78-82>
- Da Silva, L. D., Pereira, O. G., Da Silva, T. C., Valadares Filho, S. C., & Ribeiro, K. G. (2016). Effects of silage crop and dietary crude protein levels on digestibility, ruminal fermentation, nitrogen use efficiency, and performance of finishing beef cattle. *Animal Feed Science and Technology*, 220, 22-33. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.07.008>
- Debi, M. R., Wichert, B. A., & Liesegang, A. (2018). Method development to reduce the fiber content of wheat bran and rice bran through anaerobic fermentation with rumen liquor for use in poultry feed. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 32(3), 395. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0446>
- Debi, M. R., Wichert, B. A., & Liesegang, A. (2022). Anaerobic fermentation of rice bran with rumen liquor for reducing their fiber components to use as chicken feed. *Heliyon*, 8(4), e09275. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09275>
- Diaz, D. (2008). Safety and efficacy of Ecobiol® (*Bacillus amyloliquefaciens*) as feed additive for chickens for fattening. *European Food Safety Authority Journal*, 773, 2-13. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2008.773>
- Ferket, P. R. (1993). Practical use of feed enzymes for turkeys and broilers. *Journal of Applied Poultry*

- Research, 2(1), 75-81. <https://doi.org/10.1093/japr/2.1.75>.
- Gao, Z., Wu, H., Shi, L., Zhang, X., Sheng, R., Yin, F., & Gooneratne, R. (2017). Study of *Bacillus subtilis* on growth performance, nutrition metabolism and intestinal microflora of 1 to 42 d broiler chickens. *Animal Nutrition*, 3(2), 109-113. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.02.002>.
- Gungor, E., Altop, A., Erener, G., & Coskun, I. (2021). Effect of raw and fermented pomegranate pomace on performance, antioxidant activity, intestinal microbiota and morphology in broiler chickens. *Archives of Animal Nutrition*, 75(2), 137-152. <https://doi.org/10.1080/1745039X.2021.1894065>
- Hackmann, T. J., & Firkins, J. L. (2015). Maximizing efficiency of rumen microbial protein production. *Frontiers in Microbiology*, 6, 465. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00465>.
- Hafeez, A., Männer, K., Schieder, C., & Zentek, J. (2016). Effect of supplementation of phytogenic feed additives (powdered vs. encapsulated) on performance and nutrient digestibility in broiler chickens. *Poultry Science*, 95(3), 622-629. <https://doi.org/10.3382/ps/pev368>
- Haryati, T., Susanti, T., & Susana, I. W. R. (2015). Nutritional value of rice bran fermented by *Bacillus amyloliquefaciens* and humic substances and its utilization as a feed ingredient for broiler chickens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 28(2), 231-238. <https://doi.org/10.5713/ajas.14.0039>
- Herlinae, H., Kusuma, M. E., & Yulli, Y. (2022). Bobot karkas dan giblet ayam broiler dengan penambahan pakan fermentasi kelakai dan dedak padi pada pakan komersil. *Journal of Tropical Animal Science*, 11(2), 41-47.
- Jezzi, V., Baldaji, F., & Dastar, B. (2015). The effect of feeding fermented cottonseed meal on performance, carcass characteristics and serum lipid profile of broiler chickens. *Animal Production*, 18(2) 321. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/jap.2016.55500>.
- Jimenez-Moreno, E., Frikha, M., de Coca-Sinova, A., García, J., & Mateos, G. G. (2013). Oat hulls and sugar beet pulp in diets for broilers 1. Effects on growth performance and nutrient digestibility. *Animal Feed Science and Technology*, 182(1-4), 33-43. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.03.011>
- Ketaren, P. P. (2010). Kebutuhan gizi ternak unggas di Indonesia. *Wartazoa*, 20(4), 172-180.
- Konkol, D., Jonuzi, E., Popiela, E., Sierżant, K., Korzeniowska, M., Leicht, K., Gumowski, M., Krasowska, A., Łukaszewicz, M. and Korczyński, M. (2023). Influence of solid state fermentation with *Bacillus subtilis* 67 strain on the nutritional value of rapeseed meal and its effects on performance and meat quality of broiler chickens. *Poultry Science*, 102(7), 102742. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102742>
- Koropatkin, N. M., Cameron, E. A., & Martens, E. C. (2012). How glycan metabolism shapes the human gut microbiota. *Nature Reviews Microbiology*, 10(5), 323-335. <https://doi.org/10.1038/nrmicro2746>
- Kraler, M., Schedle, K., Domig, K. J., Heine, D., Michlmayr, H., & Kneifel, W. (2014). Effects of fermented and extruded wheat bran on total tract apparent digestibility of nutrients, minerals and energy in growing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 197, 121-129. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.010>
- Kras, R. V., Kessler, A. D. M., Ribeiro, A. M. L., Henn, J., Dos Santos, I. I., Halfen, D. P., & Bockor, L. (2013). Effect of dietary fiber and genetic strain on the performance and energy balance of broiler chickens. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 15, 15-19. <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2013000100003>
- Lawal, T. E., Ademola, S. G., Owoseni, A., Atobatele, O. E., & Oriye, L. O. (2013). Use of *Aspergillus niger* for improving the feeding value of rice offal. *African Journal of Biotechnology*, 12(20).
- Lawal, T. E., Faniyi, G. F., Alabi, O. M., Ademola, S. G., & Lawal, T. O. (2012). Enhancement of the feeding value of wheat offal for broiler feeding after its solid state fermentation with *Aspergillus niger*. *African Journal of Biotechnology*, 11(65), 12925-12929.
- Lesson, S. (2000). Nutrition and Quality of Broiler Carcass. Department of Animal and Poultry Science. University of Guelph.
- Mahfudz, L. D., Sarengat, W., Prayitno, D. S., & Atmomarsono, U. (2006). Tofu by product fermented with oncom mold for broiler feed. *Jurnal Produksi Ternak*, 8(2), 108-114.
- Manu, K. R., Mulyantini, N. G. A., Kallau, N. H., Telupere, F. M., & Detha, A. I. (2023). Pakan fermentasi berbasis bahan lokal berbentuk pellet dan tepung terhadap performa, karkas dan organ intestinal ayam broiler. *Jurnal Kajian Veteriner*, 11(2), 198-217. <https://doi.org/10.35508/jkv.v11i2.12596>
- Mullaney, E. J., Daly, C. B., & Ullah, A. H. (2000). Advances in phytase research. *Advances in Applied Microbiology*, 47, 157-199. [https://doi.org/10.1016/S0065-2164\(00\)47004-8](https://doi.org/10.1016/S0065-2164(00)47004-8)
- Ncube, N., & Mawere, C. (2024). The effect of experimental diets incorporating fermented soybean meal on growth metrics and utilization of nutrients in broiler chickens. *International Journal of Sustainable Agricultural Research*, 11(3), 100-110. <https://doi.org/10.18488/ij sar.v11i3.3953>
- Nurhayati, N., Berliana, B., & Nelwida, N. (2020). Massa protein dan lemak daging dada pada ayam broiler yang mengkonsumsi ransum mengandung bawang hitam. *Sains Peternakan: Jurnal Penelitian Ilmu Peternakan*, 18(1), 15-22.
- Oldick, B. S., & Firkins, J. L. (2000). Effects of degree of fat saturation on fiber digestion and microbial protein synthesis when diets are fed twelve times daily. *Journal of Animal Science*, 78(9), 2412-2420. <https://doi.org/10.2527/2000.7892412x>

- Oliveira, M. C., Rodrigues, E. A., Marques, R. H., Gravena, R. A., Guandolini, G. C., & Moraes, V. M. B. (2008). Performance and morphology of intestinal mucosa of broilers fed mannan-oligosaccharides and enzymes. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 60, 442-448. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352008000200025>
- Olukosi, O. A., & Adeola, O. (2008). Whole body nutrient accretion, growth performance and total tract nutrient retention responses of broilers to supplementation of xylanase and phytase individually or in combination in wheat-soybean meal based diets. *The Journal of Poultry Science*, 45(3), 192-198. <https://doi.org/10.2141/jpsa.45.192>.
- Ouellet, D. R., & Chiquette, J. (2016). Effect of dietary metabolizable protein level and live yeasts on ruminal fermentation and nitrogen utilization in lactating dairy cows on a high red clover silage diet. *Animal Feed Science and Technology*, 220, 73-82. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.07.006>.
- Ravindran, V. (2013). Poultry feed availability and nutrition in developing countries. *Poultry Development Review*, 2, 60-63.
- Rezaei, M., Moghaddam, H. N., Pour Reza, J., & Kermanshahi, H. (2004). The effects of dietary protein and lysine levels on broiler performance, carcass characteristics and N excretion. *International Journal of Poultry Science*, 3(2), 148-152. <https://doi.org/10.3923/ijps.2004.148.152>
- Satimah, S., Yunianto, V. D., & Wahyono, F. (2019). Bobot relatif dan panjang usus halus ayam broiler yang diberi ransum menggunakan cangkang telur mikropartikel dengan suplementasi probiotik *Lactobacillus* sp. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*, 14(4), 396-403.
- Soltani Naseri, K., Ghanbari, F., Bayat Kouhsar, J., & Taliey, F. (2018). Effect of chemical and biological processing methods on chemical composition, gas production parameters and in vitro digestibility of *Cicer arietinum* Wastes. *Research on Animal Production*, 9(22), 72-82. <https://doi.org/10.29252/rap.9.22.72>.
- Stevenson, L. E. O., Phillips, F., O'sullivan, K., & Walton, J. (2012). Wheat bran: Its composition and benefits to health, a European perspective. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63(8), 1001-1013. <https://doi.org/10.3109/09637486.2012.687366>.
- Sugiharto, S., & Ranjitkar, S. (2019). Recent advances in fermented feeds towards improved broiler chicken performance, gastrointestinal tract microecology and immune responses: A review. *Animal Nutrition*, 5(1), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2018.11.001>.
- Sun, H., Chen, D., Cai, H., Chang, W., Wang, Z., Liu, G., Deng, X., & Chen, Z. (2022). Effects of fermenting the plant fraction of a complete feed on the growth performance, nutrient utilization, antioxidant functions, meat quality, and intestinal microbiota of broilers. *Animals*, 12(20), 2870. <https://doi.org/10.3390/ani12202870>.
- Teng, P. Y., Chang, C. L., Huang, C. M., Chang, S. C., & Lee, T. T. (2017). Effects of solid-state fermented wheat bran by *Bacillus amyloliquefaciens* and *Saccharomyces cerevisiae* on growth performance and intestinal microbiota in broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*, 16(4), 552-562. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2017.1299597>.
- Ullah, H., Islam, K. M. S., Shuvo, A. A. S., Rahman, M. M., Alam, M. S., Dickhofer, U., & Grashorn, M. A. (2021). Effects of feeding rumen liquor-fermented rice bran on performance of broiler chicken. *Animal Nutrition and Feed Technology*, 21(1), 177-186. <https://doi.org/10.5958/0974-181X.2021.000147>
- Wong, J. M., De Souza, R., Kendall, C. W., Emam, A., & Jenkins, D. J. (2006). Colonic health: Fermentation and short chain fatty acids. *Journal of Clinical Gastroenterology*, 40(3), 235-243. <https://doi.org/10.1097/00004836-200603000-00015>
- Yang, X. Y., Li, Y. X., & Li, Y. (2008). Effect of Ginkgo biloba extract on growth performance, slaughter performance and immune index in broilers. *Journal of Fujian Agriculture and Forestry University (Natural Science Edition in Chinese)*, 3, 295-298.
- Zhang, A.R., Wei, M., Yan, L., Zhou, G.L., Li, Y., Wang, H.M., Yang, Y.Y., Yin, W., Guo, J.Q., Cai, X.H. and Li, J.X. (2022). Effects of feeding solid-state fermented wheat bran on growth performance and nutrient digestibility in broiler chickens. *Poultry Science*, 101(1), 101402. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101402>
- Gao, Z., Wu, H., Shi, L., Zhang, X., Sheng, R., Yin, F., & Gooneratne, R. (2017). Study of *Bacillus subtilis* on growth performance, nutrition metabolism and intestinal microflora of 1 to 42 d broiler chickens. *Animal Nutrition*, 3(2), 109-113. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.02.002>
- Zhu, X., Tao, L., Liu, H., & Yang, G. (2023). Effects of fermented feed on growth performance, immune organ indices, serum biochemical parameters, cecal odorous compound production, and the microbiota community in broilers. *Poultry Science*, 102(6), 102629. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102629>

Research Article

Vol. 18, No.2 2026, p. 255-267



Effects of Different Levels of Ethanolic Propolis Extract and Multi-Strain Probiotic on Performance, Immune Response, Gut Microflora, and Antioxidant Status in Broiler Chickens

Ali Asghar Nikoukar¹, Ehsan Salehifar^{ID 1*}, Saeid Sobhanirad^{ID 1}

1- Department of Agricultural Science, Ma. C., Islamic Azad University, Mashhad, Iran

*Corresponding Author's Email: E.salehifar@iau.ac.ir**How to cite this article:**

Received: 17-08-2025
Revised: 16-11-2025
Accepted: 26-11-2025
Available Online: 22-06-2026

Nikoukar, A. A., Salehifar, E., & Sobhanirad, S. (2026). Effects of different levels of ethanolic propolis extract and multi-strain probiotic on performance, immune response, gut microflora, and antioxidant status in broiler chickens. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 18(2), 255-267. (In Persian).
<https://doi.org/10.22067/IJASR.2025.94890.1266>

Introduction: The increasing global demand for antibiotic-free poultry products has accelerated research into natural alternatives that can enhance growth performance, health, and welfare of broiler chickens. Among these alternatives, propolis a resinous substance produced by honeybees is rich in bioactive compounds such as flavonoids, phenolic acids, and aromatic esters, which exhibit antimicrobial, antioxidant, and immunomodulatory properties. Probiotics are also widely used for their beneficial effects on gut microbiota modulation, nutrient absorption, and immune function. Therefore, this study aimed to evaluate the effects of different dietary levels of ethanolic propolis extract (300, 600, and 900 mg/kg), compared with a commercial probiotic, on growth performance, humoral immune response, cecal microbial populations, and antioxidant status in broiler chickens under standard rearing conditions.

Materials and Methods: A total of 240 one-day-old Cobb 500 broiler chicks were allocated to five dietary treatments, with four replicates per treatment and 15 birds per replicate. The experimental treatments consisted of: (1) a control diet without additives; (2) the control diet supplemented with 300 mg/kg ethanolic propolis extract; (3) the control diet supplemented with 600 mg/kg ethanolic propolis extract; (4) the control diet supplemented with 900 mg/kg ethanolic propolis extract; and (5) the control diet supplemented with a commercial probiotic. Birds were reared for 42 days with ad libitum access to feed and water. The experimental diets were formulated to meet nutrient requirements according to the Ross 500 guidelines. Growth performance parameters, including daily weight gain (DWG), feed intake (FI), and feed conversion ratio (FCR), were recorded during starter, grower, finisher, and overall periods. At the end of the experiment, cecal contents were aseptically collected to enumerate *Lactobacillus* spp. and *Escherichia coli* using selective culture media. Blood samples were collected from the wing vein to determine serum immunoglobulin G (IgG) and total immunoglobulin (Total Ig) concentrations using a hemagglutination assay. Antioxidant status was evaluated by measuring serum activities of glutathione peroxidase (GPx) and superoxide dismutase (SOD), as well as malondialdehyde (MDA) concentration, a marker of lipid peroxidation and oxidative stress. Data were analyzed by ANOVA, and treatment means were compared using the appropriate post hoc



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.2025.94890.1266>

test when significant differences were detected. Statistical significance was declared at $P < 0.05$.

Results and Discussion: Dietary supplementation improved overall daily weight gain compared with the control group, with the highest DWG observed in birds receiving 900 mg/kg propolis ($P < 0.05$). Across production phases, the 900 mg/kg dose increased FI during the grower and finisher periods ($P \leq 0.005$), consistent with enhanced appetite and/or palatability. Despite higher feed intake at the highest inclusion level, the overall feed conversion ratio (FCR) decreased in the supplemented groups ($P = 0.002$), indicating improved feed efficiency at the flock level. These findings suggest that propolis and the probiotic can support growth by enhancing digestive and absorptive functions, although dose-response patterns may diverge between growth stimulation (pronounced at 900 mg/kg) and feed efficiency (often optimized at moderate inclusion). Both propolis and probiotic treatments increased *Lactobacillus* counts and decreased *Escherichia coli* ($P < 0.05$). The dual pattern expansion of beneficial lactic acid bacteria alongside suppression of *E. coli* supports the concept that these additives can stabilize gut ecology in favor of commensal populations. Such modulation is mechanistically compatible with the observed performance benefits, given the recognized roles of *Lactobacillus* in competitive exclusion, pH reduction via organic acid production, and enhancement of epithelial barrier function. Propolis supplementation decreased MDA ($P < 0.05$; reported $P = 0.02$), consistent with lower lipid peroxidation. In parallel, activities of GPx and SOD increased in the supplemented groups ($P < 0.05$; GPx $P = 0.04$; SOD $P = 0.002$), pointing to strengthened endogenous antioxidant defenses. This biochemical profile plausibly contributes to improved nutrient utilization and growth by mitigating oxidative stress in rapidly growing broilers. No significant differences were detected among treatments for IgG or total immunoglobulins ($P > 0.05$). While null effects on these humoral markers were observed under the present conditions, the performance and antioxidant advantages indicate that propolis and probiotics may act primarily through gut and metabolic pathways rather than by amplifying systemic antibody titers in non-challenged birds. Collectively, the integrated outcomes (performance, microbiota, and antioxidant indices) point to complementary mechanisms microbiota modulation and redox homeostasis as proximate drivers of the observed benefits.

Conclusions: Dietary supplementation with ethanolic propolis extract and a multi-strain probiotic improved several key outcomes in broiler chickens. Overall, daily weight gain increased with supplementation, with the 900 mg/kg propolis level yielding the highest growth, while the feed conversion ratio over the entire experimental period decreased in the supplemented groups. Cecal *Lactobacillus* counts increased, whereas *Escherichia coli* populations decreased ($P < 0.05$), indicating a healthier intestinal microbial balance. Antioxidant capacity improved, as evidenced by decreased malondialdehyde (MDA) concentrations and increased activities of glutathione peroxidase (GPx) and superoxide dismutase (SOD). Humoral immune indices (including serum IgG and total immunoglobulin levels, were not significantly affected. These findings position propolis and probiotics as practical, natural additives to support growth performance, gut health, and oxidative resilience. Further work should delineate dose optimization and the molecular pathways underlying redox and microbiome shifts, and assess long-term impacts under diverse rearing conditions or pathogenic challenges.

Keywords: Antioxidant enzyme, Cecal microbiota, Feed additive, Humoral immunity, Oxidative stress

اثرات سطوح مختلف عصاره اتانولی برهموم و پروبیوتیک بر عملکرد، پاسخ ایمنی، میکروفلور روده و وضعیت آنتی اکسیدانی جوجه های گوشتی

علی اصغر نیکوکار^۱، احسان صالحی فر^{۱*}، سعید سبحانی راد^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۰۵

چکیده

هدف از این پژوهش، بررسی اثرات سطوح مختلف عصاره اتانولی برهموم (۳۰۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم جیره) و پروبیوتیک بر عملکرد رشد، پاسخ ایمنی همورال، میکروفلور سکوم و وضعیت آنتی اکسیدانی جوجه های گوشتی بود. این مطالعه در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج گروه تیمار شامل گروه شاهد، سه تیمار با سطوح مختلف عصاره برهموم و یک تیمار پروبیوتیک در چهار تکرار و در هر تکرار ۱۵ قطعه جوجه گوشتی نژاد راس ۳۰۸ اجرا گردید. یافته ها نشان داد که افزایش وزن روزانه کل در تیمارهای مکمل نسبت به شاهد بهبود یافت و در ۹۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم بیشترین مقدار مشاهده شد ($P < 0.05$). ضریب تبدیل غذایی خوراک کل نیز در گروه های مکمل کاهش یافت ($P = 0.002$). در حالی که تفاوت مصرف خوراک کل بین تیمارها معنی دار نبود ($P = 0.325$)، اما در دوره های رشد و پایانی، مصرف خوراک در تیمارهای حاوی عصاره برهموم (به ویژه در سطح ۹۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم) نسبت به گروه شاهد افزایش یافت ($P < 0.005$). همچنین تیمارهای برهموم و پروبیوتیک تأثیر معنی داری بر افزایش جمعیت باکتری های مفید *Lactobacillus* و کاهش جمعیت باکتری های *E. coli* در سکوم داشتند ($P < 0.05$). ارزیابی وضعیت آنتی اکسیدانی نشان داد که فعالیت آنزیم های گلوکاتایون پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز در گروه های تیمار افزایش و سطح مالون دی آلدئید به طور معنی داری کاهش یافته است ($P < 0.05$). باین حال، تفاوت معنی داری در سطوح ایمونوگلوبولین G و ایمونوگلوبولین کل (IgM+IgG) مشاهده نگردید ($P > 0.05$). نتایج حاصل حاکی از آن است که عصاره اتانولی برهموم و پروبیوتیک می توانند به عنوان مکمل های طبیعی مؤثر در بهبود سلامت میکروبی روده، تقویت وضعیت آنتی اکسیدانی و افزایش عملکرد تولیدی جوجه های گوشتی مورد استفاده قرار گیرند.

واژه های کلیدی: آنزیم های آنتی اکسیدان، استرس اکسیداتیو، افزودنی خوراکی، ایمنی همورال، میکروفلور سکوم

مقدمه

اسیدهای آلی است که خواص آنتی اکسیدانی، ضد التهابی و ضد باکتریایی قابل توجهی دارد (Bankova et al., 2020). این ویژگی ها سبب شده اند که برهموم به عنوان یک افزودنی بالقوه در جیره طیور مطرح شود که می تواند عملکرد رشد، وضعیت آنتی اکسیدانی، سلامت سیستم ایمنی و تعادل میکروفلور روده را بهبود بخشد (Khodakaramian et al., 2019; Attia et al., 2014; Kocot et al., 2018; Silva et al., 2019; Giacomelli et al., 2022). مطالعات نشان داده اند که افزودن برهموم یا عصاره الکلی آن می تواند با افزایش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی نظیر سوپراکسید دیسموتاز (SOD) و گلوکاتایون پراکسیداز (GPx)، سیستم دفاع آنتی اکسیدانی بدن را تقویت کند و تنش اکسیداتیو را در بافت های مانند کبد و مخاط روده کاهش دهد (Jusril, 2024; Nazari-Bonab et

با افزایش نگرانی ها در مورد مصرف آنتی بیوتیک ها در تغذیه طیور و اثرات منفی احتمالی آن ها بر سلامت انسان و محیط زیست، استفاده از افزودنی های طبیعی و جایگزین های ایمن مانند ترکیبات گیاهی و میکروبی سودمند، به طور گسترده ای مطالعه شده است (Windisch et al., 2008). برهموم، محصول طبیعی تولید شده توسط زنبور عسل، حاوی ترکیبات زیست فعال متنوعی از جمله فلاونوئیدها، فنول ها و

۱- گروه مهندسی کشاورزی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران
(Email: E.salehifar@iau.ac.ir)
(*) نویسنده مسئول: <https://doi.org/10.22067/IJASR.2025.94890.1266>

مواد و روش‌ها

طرح آزمایش و تیمارها

این آزمایش به منظور بررسی اثر سطوح مختلف عصاره الکلی بره‌موم و پروبیوتیک بر عملکرد، سیستم ایمنی هومورال، میکروفلور روده و وضعیت آنتی‌اکسیدانی جوجه‌های گوشتی انجام شد. طرح آزمایشی به صورت کاملاً تصادفی با پنج تیمار و چهار تکرار و در هر تکرار ۱۵ قطعه جوجه گوشتی نژاد راس ۳۰۸ بود. تیمارها شامل ۱- شاهد (بدون افزودنی)، ۲- افزودن ۳۰۰ میلی گرم عصاره الکلی بره‌موم به ازای هر کیلوگرم جیره، ۳- افزودن ۶۰۰ میلی گرم عصاره الکلی بره‌موم به ازای هر کیلوگرم جیره، ۴- افزودن ۹۰۰ میلی گرم عصاره الکلی بره‌موم به ازای هر کیلوگرم جیره و ۵- افزودن پروبیوتیک (پروبیوتیک هایبو-تک حاوی *Enterococcus faecium*, *Pediococcus acidilactici*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*) با غلظت 1×10^9 CFU/g و میزان مصرف ۱ گرم بر کیلوگرم جیره.

بره‌موم به صورت خام از زنبورداری محلی جمع‌آوری شد. عصاره الکلی با استفاده از روش ماسراسیون انجام گردید. ابتدا بره‌موم خشک شده به صورت پودر درآمد و سپس با نسبت ۱:۱۰ (وزن به حجم) در الکل اتانول ۷۰ درصد به مدت ۷۲ ساعت در دمای اتاق قرار گرفت. پس از گذشت زمان، محلول توسط فیلتر قیفی (فیلتر کاغذی Whatman شماره ۱) صاف شد و سپس در دستگاه چرخشی تبخیرکننده (Rotary Evaporator) در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد تغلیظ گردید تا عصاره خام به دست آید (Bankova, 2005).

جیره مورد استفاده (جدول ۱) براساس جداول تغذیه‌ای کاتالوگ پرورشی و مطابق با نیازهای جوجه‌های گوشتی راس ۳۰۸ فراهم شد (ROSS, 2008). ترکیبات و محتوای مواد مغذی جیره به گونه‌ای تنظیم گردید که انرژی متابولیک، پروتئین خام و سایر مواد مغذی مورد نیاز جوجه‌ها در تمامی تیمارها برابر باشد. به منظور یکنواخت سازی افزودنی‌ها در جیره، عصاره الکلی بره‌موم و پروبیوتیک ابتدا با مقدار کمی پودر ذرت به عنوان حامل مخلوط و سپس در هم‌زن مکانیکی با کل خوراک ترکیب شدند (Denli et al., 2005).

جوجه‌ها از سن یک روزگی در سالن پرورش در سالن کنترل‌شده با دمای ۳۲ درجه سانتی‌گراد پرورش یافتند که هر هفته دما به تدریج کاهش یافت تا به دمای نهایی ۲۴ درجه سانتی‌گراد رسید. دوره آزمایش ۴۲ روز بود و دسترسی به آب و خوراک به صورت آزاد فراهم گردید. وزن بدن جوجه‌ها در ابتدا و انتهای هر دوره اندازه‌گیری شد. مصرف خوراک به صورت روزانه ثبت گردید و ضریب تبدیل غذایی به صورت نسبت مصرف خوراک به افزایش وزن محاسبه شد. در پایان دوره آزمایش، نمونه‌هایی از محتویات سکوم از چهار جوجه در هر تکرار گرفته شد.

(al., 2024). همچنین کاهش غلظت مالون دی‌آلدئید (MDA) به عنوان شاخص پراکسیداسیون لیپیدی در برخی پژوهش‌ها گزارش شده است، هرچند این اثرات وابسته به دوز، منبع و روش استخراج بره‌موم هستند (Nazari-Bonab et al., 2024). از نظر میکروبیولوژیک، بره‌موم می‌تواند اثرات ضد میکروبی انتخابی داشته باشد و با مهار باکتری‌های بیماری‌زا مانند *Escherichia coli*, *Salmonella spp.* و *Clostridium perfringens*، به حفظ یا افزایش جمعیت باکتری‌های مفید نظیر *Lactobacillus spp.* کمک کند. این تغییرات احتمالاً ناشی از تخریب مستقیم غشای سلولی باکتری‌ها، مهار تشکیل بیوفیلم و اثرات ایمنومدولاتوری غیرمستقیم ناشی از متابولیت‌های فنولی است (Freires et al., 2016).

در کنار افزودنی‌های گیاهی، پروبیوتیک‌ها نیز به عنوان جایگزین‌های مؤثر آنتی‌بیوتیک‌های محرک رشد مورد توجه ویژه قرار دارند. پروبیوتیک‌ها شامل ریزجانداران زنده‌ای هستند که با بهبود تعادل میکروبی روده، تقویت پاسخ ایمنی و افزایش قابلیت هضم مواد مغذی، می‌توانند به بهبود عملکرد و سلامت طیور کمک کنند (Patterson & Burkholder, 2003; Alkhalf et al., 2010). ریزجاندارانی مانند *Enterococcus faecium*, *Pediococcus acidilactici* و *Streptococcus thermophilus* و *Lactobacillus bulgaricus* به دلیل توانایی در تولید اسیدهای آلی، رقابت برای جایگاه‌های اتصال در روده و تحریک ایمنی موضعی و سیستمیک، در مطالعات تغذیه طیور به طور گسترده استفاده شده‌اند (Gaggia et al., 2010).

با وجود شواهد مثبت، یافته‌های مربوط به اثرات بره‌موم و پروبیوتیک بر شاخص‌های عملکردی و ایمنی طیور همچنان متناقض است که این موضوع احتمالاً ناشی از تفاوت در نوع و منبع بره‌موم، روش استخراج، سطح مصرف، نوع پروبیوتیک و شرایط پرورشی است. برخی مطالعات نشان داده‌اند که مقادیر نسبتاً پایین تا متوسط بره‌موم مثل ۲۵۶-۲۶۲ میلی گرم بر کیلوگرم به بهبود عملکرد رشد و ضریب تبدیل خوراک منجر می‌شوند، درحالی‌که تأثیر سطح بالاتر، محدود یا بی‌اثر بوده است (Sadarman et al., 2021). در مرغ‌های تخم‌گذار، با مصرف ۲۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم، بهبودهایی در تولید تخم و پارامترهای خونی دیده شد (Abdel-Kareem, 2017). همچنین در سطح متوسط ۳۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم بره‌موم، تأثیرات مثبت بر عملکرد کلی، ایمنی و وضعیت آنتی‌اکسیدانی گزارش شده است (Dosoky et al., 2022). با توجه به ناهمگونی نتایج، پژوهشی که در آن چندین سطح عصاره الکلی بره‌موم با یک پروبیوتیک تجاری مقایسه شود، ضروری به نظر می‌رسد.

جدول ۱ - مواد تشکیل دهنده و ترکیب جیره‌های آزمایشی (درصد ماده خشک)

Table 1- Ingredients and composition of experimental diets (% as DM)

مواد خوراکی Feed ingredient	آغازین (۱-۱۰ روزگی) Starter (1-10 days)	رشد (۱۱-۲۴ روزگی) Grower (11-24 days)	پایانی (۲۵-۴۲ روزگی) Finisher (25-42 days)
ذرت Corn	55.0	60.0	65.0
کنجاله سویا Soybean meal	38.0	33.0	28.0
روغن گیاهی Vegetable oil	3.5	4.0	4.5
کلسیم کربنات Calcium carbonate	1.2	1.0	0.9
دی کلسیم فسفات Dicalcium phosphate	1.0	0.9	0.8
مکمل ویتامینه و معدنی Vitamin and mineral premix	1.0	1.0	1.0
نمک Salt	0.3	0.3	0.3
ترکیب شیمیایی Chemical composition			
انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری بر گیلوگرم) Metabolizable energy (kcal/kg)	3000	3100	3200
پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)	22.5	20.0	18.0
کلسیم (درصد) Calcium (%)	1.0	0.9	0.8
فسفر قابل دسترس (درصد) Available phosphorus (%)	0.45	0.40	0.35
متیونین + سیستئین (درصد) Methionine + cysteine (%)	0.90	0.80	0.75
لیزین (درصد) Lysine (%)	1.35	1.15	1.00

ده گرم پرمیکس حاوی ۲۴/۰ میلی گرم ویتامین A (۵۰۰،۰۰۰ واحد بین المللی در گرم)، ۶/۰ میلی گرم ویتامین D3 (۱۰۰،۰۰۰ واحد بین المللی در گرم)، ۶۰/۰ میلی گرم ویتامین E (۵۰۰ واحد بین المللی در گرم)، ۶/۶ میلی گرم ویتامین K3 (خالص ۲۲٪/۷)، ۱۰۰،۰ میلی گرم ویتامین B12 (خالص ۱٪/۰)، ۲۰۰۰،۰ میلی گرم بیوتین (خالص ۰/۰۱٪)، ۱۱۰۰،۰ میلی گرم کولین کلرید (خالص ۵۰٪)، ۱/۱ میلی گرم فولیک اسید (خالص ۹۰٪)، ۶۵/۲ میلی گرم نیکوتینیک اسید (خالص ۱۰۰٪)، ۱۶/۳ میلی گرم دی پانتوتنات (خالص ۹۲٪)، ۴/۵ میلی گرم ویتامین B6 (خالص ۱۰۰٪)، ۱۲/۵ میلی گرم ربوفلاوین (خالص ۸۰٪)، ۲/۵ میلی گرم ویتامین B1 (خالص ۱۰۰٪)، ۳۲/۰۰ میلی گرم کات کبود (CuSO₄·5H₂O)، ۳۳۳،۲۰ میلی گرم فروس سولفات (FeSO₄·H₂O)، ۱۶۶/۸ میلی گرم منگنز اکسید (MnO)، ۱/۰ میلی گرم سدیم سلنیت (Na₂SeO₃·5H₂O)، ۲۲۰/۰۰ میلی گرم زینک سولفات (ZnSO₄·H₂O)، ۴/۸۰ میلی گرم کبالت سولفات (CoSO₄·7H₂O)، ۰/۵۶ میلی گرم پتاسیم یدید (KI)، ۱۰۰/۰۰ میلی گرم اتوکسیکین (یک آنتیاکسیدان) و ۵۷۴۲/۹۴ میلی گرم آرد ذرت به عنوان حامل بود.

Ten grams of premix contains 0.24 mg of vitamin A (500,000 IU per gram), 0.6 mg of vitamin D3 (100,000 IU per gram), 0.60 mg of vitamin E (500 IU per gram), 6.6 mg of vitamin K3 (pure 22.7%), 100.0 mg of vitamin B12 (pure 0.1%), 2000.0 mg of biotin (pure 0.01%), 1100.0 mg of choline chloride (pure 50%), 1.1 mg of folic acid (pure 90%), 2.65 mg of nicotinic acid (pure 100%), 3.16 mg of dipantothenate (pure 92%), 4.5 mg of vitamin B6 (pure 100%), 5.12 mg of riboflavin (pure 80%), 2.5 mg of vitamin B1 (100% pure), 32.00 mg of copper sulfate (CuSO₄·5H₂O), 333.20 mg of ferrous sulfate (FeSO₄·H₂O), 166.8 mg of manganese oxide (MnO), 0.1 mg of sodium selenite (Na₂SeO₃·5H₂O), 220.00 mg of zinc sulfate (ZnSO₄·H₂O), 4.80 mg of cobalt sulfate (CoSO₄·7H₂O), 0.56 mg of potassium iodide (KI), 100.00 mg of ethoxyquin (an antioxidant), and 5742.94 mg of corn flour as a carrier.

دمای ۳۷ درجه سانتی گراد انکوبه شدند (Jin et al., 1997). فعالیت آنزیم سوپراکسید دسموتاز، گلوکاتینون پراکسیداز و میزان مالون دی آلدئید به عنوان شاخص های تنش اکسیداتیو در تعداد دو نمونه خون از ورید بال جوجه های هر تکرار در ۴۲ روزگی اندازه گیری شدند (Ohkawa, 1979, Aebi, 1984). آنالیزهای خون با استفاده از

نمونه ها تحت شرایط استریل به آزمایشگاه منتقل گردید. تعداد کل باکتری های لاکتوباسیل با استفاده از محیط MRS آگار و شمارش کل فرم های اشرشیاکلی با محیط MacConkey آگار براساس روش رقیق سازی متوالی و شمارش کلونی انجام شد و نتایج به صورت CFU/g گزارش گردید. محیط ها به مدت ۴۸ ساعت در

مرتبط باشد. همچنین مطابق گزارش‌های پیشین، این تغییرات می‌توانند با نقش ترکیبات زیست‌فعال برهموم و پروبیوتیک‌ها در بهبود ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و تعدیل میکروبیوتای روده مرتبط باشند (Patterson & Burkholder, 2003; Marquez Aguirre et al., 2016; Ghisalberti, 2018). در مجموع، مکمل‌های برهموم و پروبیوتیک موجب بهبود بازده مصرف خوراک در کل دوره شدند ($P=0.002$)، هرچند در دوره‌های آغازین و رشد، تیمار ۹۰۰ میلی گرم برهموم، ضریب تبدیل غذایی بالاتری نسبت به سایر تیمارها داشت ($P<0.05$). نوسان مشاهده‌شده در ضریب تبدیل غذایی احتمالاً به تفاوت در کارایی استفاده از مواد مغذی و تغییرات جمعیت میکروبی روده در سطوح مختلف برهموم مرتبط است؛ زیرا ترکیبات فنولی برهموم می‌توانند بر فعالیت آنزیمی، سلامت روده و تعادل باکتریایی اثر گذاشته و در نتیجه منجر به تغییر در FCR شوند (Tekeli et al., 2011).

برهموم، مجموعه‌ای پیچیده از پلی فنول‌ها، فلاونوئیدها و ترکیبات فرار دارد که به‌صورت انتخابی بر ریزجاندان روده اثر می‌گذارد و می‌تواند با مهار بیمارگرها و حمایت از باکتری‌های سودمند، تعادل اکوسیستم روده را بازتنظیم کنند (Bankova, 2005; Bankova et al., 2020; Freires et al., 2016). از سوی دیگر، پروبیوتیک‌ها با رقابت برای جایگاه‌های اتصال، تولید اسیدهای آلی و باکتریوسین‌ها و کاهش PH روده به حذف رقابتی *E.coli* کمک می‌کنند و هضم‌پذیری را بالا می‌برند (Fuller, 1989; Patterson & Burkholder, 2003). کاهش مالون‌دی‌آلدئید و افزایش فعالیت آنزیم‌های گلوکاتایون پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز با مصرف برهموم بسیار گزارش شده و این تغییرات می‌توانند بهبود کارایی متابولیک و به تبع آن افزایش رشد را توجیه می‌کند (Koc et al., 2020). همچنین متاآنالیزها تأیید می‌کنند که پاسخ به برهموم و افزودنی‌های گیاهی به دوز، منشأ شیمیایی و شرایط محیطی وابسته است (Saeed et al., 2021). نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که مصرف دوز بالاتر برهموم (۹۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم)، بیشترین افزایش وزن را در جوجه‌های گوشتی ایجاد می‌کند؛ درحالی‌که دوزهای پایین‌تر برهموم و تیمار پروبیوتیک با ایجاد بهبود نسبی در ضریب تبدیل خوراک، تعادل مناسب‌تری میان رشد و کارایی مصرف خوراک فراهم کردند (Denli et al., 2005; Seven et al., 2008; Mountzouris et al., 2010). بنابراین، اگر هدف راهبرد تغذیه‌ای حداکثرسازی رشد باشد، تیمار ۹۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم عصاره برهموم انتخاب مناسبی است؛ اما اگر بهینه‌سازی ضریب تبدیل خوراک در طول دوره باشد، تیمارهای حاوی ۳۰۰ و ۶۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم عصاره برهموم و پروبیوتیک گزینه‌های بهتری هستند. ترکیب پروبیوتیک‌ها با این تیمارها نیز از نظر هم‌افزایی احتمالی ارزش آزمون دارد (Khalifa et al., 2022).

کیت‌های تجاری شرکت پارس آزمون (PARS AZMOON، ایران) و مطابق دستورالعمل‌های کارخانه انجام گرفت. برای اندازه‌گیری پاسخ ایمنی هومورال، به دو پرنده از هر تکرار تزریق گلبول‌های قرمز شسته‌شده گوسفند (SRBC) انجام شد. در روز ۱۹ پرورش، به هر جوجه ۰/۵ سی‌سی از محلول پنج درصد SRBC به‌صورت زیرجلدی تزریق گردید. یک هفته بعد (روز ۲۶)، تزریق مرحله دوم (یادآور) به همان روش انجام شد. نمونه‌گیری خون در روزهای ۲۶ و ۳۳ و ورید بال بال انجام گردید و تیتراژ آنتی‌بادی‌ها با استفاده از روش هم‌گلوتیناسیون (HA) تعیین گردید (Wegmann & Smithies, 1966). داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ تحلیل شدند. آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) انجام گرفت و در صورت وجود تفاوت معنی‌دار، مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از بررسی تیمارهای مختلف بر شاخص‌های عملکردی جوجه‌های گوشتی در جدول ۲ ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، میانگین مصرف خوراک در کل دوره بین تیمارها اختلاف معنی‌داری نداشت ($P=0.325$)، اما در دوره‌های آغازین مصرف خوراک در تیمار حاوی ۹۰۰ میلی گرم برهموم نسبت به شاهد، در دوره رشد در تیمارهای ۶۰۰ و ۹۰۰ میلی گرم برهموم و در دوره پایانی در تیمارهای پروبیوتیک و ۹۰۰ میلی گرم برهموم افزایش معنی‌دار داشتند ($P<0.05$). بیشترین خوراک مصرفی روزانه در تمام دوره‌ها مربوط به تیمار ۹۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم عصاره برهموم بود. افزایش مصرف خوراک در این تیمار ممکن است به نقش ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی برهموم در بهبود تعادل میکروبی روده، کاهش ترکیبات ضدتغذیه‌ای و میکروبی مضر و تقویت کارایی هضم و جذب مواد مغذی مرتبط باشد (Bankova, 2005; Bankova et al., 2020). با وجود آنکه افزایش خوراک مصرفی در دوره‌های آغازین و رشد منجر به بهبود معنی‌دار ضریب تبدیل غذایی نشد، اما در کل دوره، تیمارهای حاوی مکمل، عملکرد بهتری نسبت به گروه شاهد نشان دادند. بالاترین افزایش وزن روزانه در کل دوره مربوط به تیمار ۹۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم برهموم بود که به‌صورت معنی‌داری بیشتر از شاهد بود ($P=0.001$). در دوره پایانی، تیمار ۶۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم برهموم و پروبیوتیک افزایش وزن بالاتری نسبت به شاهد نشان دادند ($P=0.038$)، درحالی‌که در دوره‌های آغازین و رشد، در صفت افزایش وزن روزانه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

براساس نتایج این پژوهش، بهبود افزایش وزن روزانه در تیمارهای مکمل می‌تواند به افزایش لاکتوباسیلوس، کاهش اشرشیاکلی، ارتقای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، کاهش مالون‌دی‌آلدئید و افزایش فعالیت آنزیم‌های گلوکاتایون پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز

جدول ۲- تاثیر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد جوجه‌های گوشتی
Table 2- Effect of experimental treatments on broiler performance

تیمار Treatment	اضافه وزن روزانه (گرم) Daily weight gain (g)				مصرف خوراک (گرم) Feed intake (g)				ضریب تبدیل خوراک (کیلوگرم اضافه وزن/کیلوگرم خوراک) Feed conversion ratio (kg feed/kg weight gain)			
	آغازین Starter	رشد Grower	پایانی Finisher	کل Total	آغازین Starter	رشد Grower	پایانی Finisher	کل Total	آغازین Starter	رشد Grower	پایانی Finisher	کل Total
CON	25.142	53.785	77.355b	53.55c	29.375b	94.198b	130.270b	95.367	1.168a	1.752b	1.681b	1.78a
PRO300	25.762	54.805	80.265ab	56.62ab	28.543b	90.025b	124.388b	96.250	1.107b	1.642b	1.533b	1.70b
PRO600	25.500	54.537	85.730a	55.42b	28.128b	88.900b	130.063b	97.05	1.103b	1.630b	1.510b	1.75b
PRO900	25.387	54.250	78.875ab	57.14a	29.458a	98.702a	136.625a	93.720	1.160a	1.819a	1.732a	1.64b
PB	25.620	54.547	85.705a	56.65ab	29.451b	95.23b	140.234b	91.772	1.149b	1.745b	1.601b	1.62b
P ارزش	0.719	0.709	0.04	0.001	0.0001	0.001	0.005	0.325	0.0001	0.001	0.044	0.002
P-value												
خطای استاندارد میانگین												
SEM	0.381	0.637	2.422	0.720	0.940	2.966	4.744	7.15	0.037	0.051	0.001	0.048

میانگین‌های هر ستون با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($p < 0.05$).
 CON: شاهد، PRO300: افزودن ۳۰۰ میلی‌گرم عصاره الکی بره‌موم به‌ارزای هر کیلوگرم جیره، PRO600: افزودن ۶۰۰ میلی‌گرم عصاره الکی بره‌موم به‌ارزای هر کیلوگرم جیره، PRO900: افزودن ۹۰۰ میلی‌گرم عصاره الکی بره‌موم به‌ارزای هر کیلوگرم جیره، PB: پروبیوتیک

Means within same column with different superscripts differ ($P < 0.05$).
 CON: Control, PRO300: Control+300 mg/kg propolis, PRO600: Control+600 mg/kg propolis, PRO900: Control+900 mg/kg propolis, PB: Control+ probiotic

1 Daily Weight Gain

2 Feed Intake

3 Feed Conversion Ratio

خوراک مصرفی

ضریب تبدیل غذایی

نتایج ارائه شده در جدول ۳ نشان داد که تیمارهای حاوی عصاره بره‌موم ۳۰۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم) و تیمار پروبیوتیک موجب تغییرات معنی دار جمعیت میکروبی سکوم شدند. این تغییرات شامل افزایش تعداد باکتری‌های لاکتوباسیلوس و کاهش جمعیت/شریشیالکی در گروه‌های تیمار شده نسبت به گروه شاهد بود. همچنین افزایش لاکتوباسیلوس در پاسخ به مصرف بره‌موم و پروبیوتیک با نتایج مطالعات پیشین همسو است؛ مطالعاتی که نشان داده‌اند افزودنی‌های طبیعی می‌توانند رشد باکتری‌های مفید روده را تقویت کنند (Seven et al., 2008; Mountzouris et al., 2007; Patterson & Burkholder, 2003). لاکتوباسیلوس‌ها به عنوان پروبیوتیک‌های شناخته شده، با تولید اسیدهای آلی، رقابت با باکتری‌های بیماری‌زا و تحریک سیستم ایمنی میزبان، نقش مهمی در حفظ سلامت روده دارند (Gaggia et al., 2010). بره‌موم، ماده‌ای رزینی تولید شده توسط زنبورها، شامل پلی فنول‌ها و فلاونوئیدهایی است که خواص ضدباکتریایی در برابر باکتری‌های بیماری‌زا داشته و رشد باکتری‌های مفید را تقویت می‌کند (Sforzin, 2016). کاهش جمعیت/شریشیالکی در تیمارهای مکمل شده می‌تواند با چند سازوکار توضیح داده شود. اولاً، لاکتوباسیلوس‌ها می‌توانند با/شریشیالکی برای منابع غذایی و جایگاه‌های اتصال در مخاط روده رقابت کنند و رشد آن‌ها را محدود سازند (Fuller, 1989). ثانیاً، بره‌موم و باکتری‌های پروبیوتیک قادر به تولید متابولیت‌های ضدباکتری مانند باکتریوسین‌ها و اسیدهای آلی (مانند اسیدلاکتیک) هستند که باعث کاهش pH روده شده و محیط نامناسبی برای باکتری‌های بیماری‌زا مانند/شریشیالکی ایجاد می‌کنند (Kleerebezem & Vaughan, 2009).

علاوه بر این، گزارش شده است که بره‌موم می‌تواند سیستم ایمنی میزبان را تقویت کرده و در نتیجه توانایی مقابله با عفونت‌ها را افزایش دهد (Ghisalberti, 2018). در بین سطوح مختلف بره‌موم، بیشترین کاهش جمعیت *E. coli* در سطح ۶۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم مشاهده شد که نشان‌دهنده یک الگوی پاسخ غیردوئی است. به نظر می‌رسد که سطح متوسط بره‌موم به دلیل وجود غلظت بهینه ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی، بیشترین اثر ضدباکتریایی را دارد؛ درحالی که دوزهای پایین‌تر ۳۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم احتمالاً غلظت کافی از ترکیبات فعال را فراهم نمی‌کنند و دوزهای بالاتر ۹۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم ممکن است به دلیل اشباع جذب یا ایجاد تنش خفیف در محیط روده، اثر کمتری نسبت به دوز متوسط از خود نشان دهند. این الگوی غیردوئی پیش‌تر نیز در پاسخ‌های میکروبی و فیزیولوژیک به پلی فنول‌ها گزارش شده است (Seven et al., 2008; Freires et al., 2016).

یافته‌های حاضر، نقش مکمل‌های طبیعی را به عنوان جایگزین‌های مؤثر برای آنتی‌بیوتیک‌ها در تغذیه طیور تأیید می‌کند. این افزودنی‌ها با بهبود تعادل میکروبی روده، می‌توانند جذب مواد مغذی، عملکرد سیستم ایمنی و در نهایت عملکرد کلی طیور را بهبود بخشند (Patterson & Burkholder, 2003). در مجموع، مکمل‌های بره‌موم و پروبیوتیک باعث افزایش جمعیت لاکتوباسیلوس‌های مفید و کاهش باکتری‌های مضر/شریشیالکی در سکوم جوجه‌های گوشتی شدند که این امر پتانسیل استفاده از آن‌ها را در بهبود سلامت روده و کاهش استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها در تولیدات طیور نشان می‌دهد.

جدول ۳- اثر تیمارهای آزمایشی بر جمعیت میکروبی سکوم در جوجه‌های گوشتی (log CFU/g)

Table 3- Effects of experimental treatments on cecal microbial population in broiler chickens (log CFU/g)

تیمار Treatment	تعداد باکتری <i>E. coli</i> Total <i>E. coli</i> Bacteria	تعداد باکتری <i>Lactobacillus</i> Total <i>Lactobacillus</i> Bacteria
CON	5.387b	9.232b
PRO300	6.007a	10.230a
PRO600	4.917c	9.400b
PRO900	6.037a	9.357b
PB	4.807c	10.235a
ارزش P P-value	0.004	0.013
خطای استاندارد میانگین SEM	0.145	0.194

میانگین‌های هر ستون با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی دار می‌باشند ($p < 0.05$).

CON: شاهد، PRO300: افزودن ۳۰۰ میلی گرم عصاره الکلی بره‌موم به‌ازای هر کیلوگرم جیره، PRO600: افزودن ۶۰۰ میلی گرم عصاره الکلی بره‌موم به‌ازای هر کیلوگرم جیره، PRO900: افزودن ۹۰۰ میلی گرم عصاره الکلی بره‌موم به‌ازای هر کیلوگرم جیره، PB: افزودن پروبیوتیک

Control+300: Control, PRO300: Means within the same column with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$) CON

Control+ probiotic: Control+900 mg/kg propolis, PB: Control+600 mg/kg propolis, PRO900: mg/kg propolis, PRO600

جدول ۴: تأثیر تیمارهای مختلف شامل افزودن برهموم در سه دُز (۳۰۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم) و پروبیوتیک بر شاخص‌های وضعیت آنتی اکسیدانی جوجه‌های گوشتی را نشان می‌دهد. پارامترهای مورد بررسی شامل میزان مالون‌دی‌آلدئید به‌عنوان نشانگر تنش اکسیداتیو و آسیب‌های ناشی از پراکسیداسیون لیپیدها، فعالیت آنزیم گلوکاتایون پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز به‌عنوان آنتی اکسیدان‌های دفاعی در بدن بوده است. نتایج نشان داد که در گروه‌های دریافت‌کننده برهموم، سطح مالون‌دی‌آلدئید به‌صورت وابسته به دوز کاهش یافت؛ به‌طوری‌که بیشترین کاهش در دوز ۹۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم و کمترین کاهش در دوز ۳۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم مشاهده شد. این الگوی پاسخ خطی به دوز (linear dose-response) حاکی از آن است که افزایش غلظت ترکیبات فنولی برهموم می‌تواند ظرفیت آنتی اکسیدانی و کاهش آسیب اکسیداتیو را تقویت کند ($P < 0.05$). در مقابل، فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی گلوکاتایون پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز در این گروه‌ها به‌طور معناداری افزایش یافته است ($p < 0.05$) که بیانگر تقویت دفاع آنتی اکسیدانی بدن می‌باشد. این تغییرات نشان می‌دهد که برهموم با افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی قادر است تنش اکسیداتیو را کاهش دهد. گروه پروبیوتیک (تیمار ۵) نیز به‌طور نسبی کاهش مالون‌دی‌آلدئید و افزایش فعالیت گلوکاتایون پراکسیداز را نشان داد، اما در مورد سوپراکسید دیسموتاز افزایش معنادار مشاهده نشد و این ممکن است نشان‌دهنده تفاوت اثرگذاری این دو نوع مکمل در مسیرهای آنتی

اکسیدانی باشد. سازوکار اثر برهموم در کاهش تنش اکسیداتیو عمدتاً ناشی از وجود ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی آن است که خاصیت رادیکال‌زدایی قوی دارند و می‌توانند رادیکال‌های آزاد را خنثی کنند (Sforzin, 2016). الگوی تغییرات مالون‌دی‌آلدئید در پاسخ به سطوح مختلف برهموم یک پاسخ غیردوئی را نشان داد. به‌طوری‌که در سطح ۳۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم کاهش معنی‌داری مشاهده شد، در سطح ۶۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم این کاهش بیشتر شد، اما در سطح ۹۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم برخلاف انتظار، کاهش مالون‌دی‌آلدئید نسبت به PRO600 بیشتر نبود و روند به‌صورت plateau باقی ماند. این الگو نشان می‌دهد که اثرات آنتی اکسیدانی ترکیبات فنولی برهموم پس از رسیدن به سطح بهینه، دچار اشباع می‌شوند. الگوهای مشابهی برای ترکیبات پلی فنولی در مطالعات پیشین نیز گزارش شده است (Seven et al., 2008; Freires et al., 2016).

همچنین برهموم موجب تحریک بیان و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی آندوژن مانند گلوکاتایون پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز می‌شود که نقش کلیدی در محافظت سلول‌ها در برابر آسیب اکسیداتیو دارند (Gutiérrez-Grijalva et al., 2016). فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز به‌عنوان اولین خط دفاع در مقابل رادیکال‌های ابر اکسیژن اهمیت دارد و آنزیم گلوکاتایون پراکسیداز نقش حیاتی در تبدیل پراکسیدهای هیدروژن به آب ایفا می‌کند. افزایش فعالیت این آنزیم‌ها به‌معنای ارتقای توان مقابله بدن با تنش‌های اکسیداتیو است (Halliwell & Gutteridge, 2015).

جدول ۴- اثر تیمارهای آزمایشی بر وضعیت آنتی اکسیدانی در جوجه‌های گوشتی

Table 4- Effect of experimental treatments on antioxidant status in broiler chickens

تیمار Treatment	سوپراکسید دیسموتاز (واحد بر میلی لیتر) SOD (U/mL) ¹	گلوکاتایون پراکسیداز (واحد بر میلی لیتر) GPx (U/mL) ²	مالون‌دی‌آلدئید (نانو مول بر میلی لیتر) MDA (nmol/mL) ³
CON	308.75a	154.00a	9.450a
PRO300	282.25b	164.25b	8.475b
PRO600	318.75a	166.75b	8.450b
PRO900	324.00a	175.75b	8.225b
PB	290.01b	155.00a	9.120a
ارزش P	0.002	0.04	0.02
P-value			
خطای استاندارد میانگین SEM	6.403	5.701	0.491

میانگین‌های هر ستون با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($p < 0.05$).

CON: شاهد، PRO300: افزودن ۳۰۰ میلی گرم عصاره الکلی برهموم به‌ازای هر کیلوگرم جیره، PRO600: افزودن ۶۰۰ میلی گرم عصاره الکلی برهموم به‌ازای هر کیلوگرم جیره، PRO900: افزودن ۹۰۰ میلی گرم عصاره الکلی برهموم به‌ازای هر کیلوگرم جیره، PB: افزودن پروبیوتیک

Means within the same column with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$). CON: Control, PRO300: Control+300 mg/kg propolis, PRO600: Control+600 mg/kg propolis, PRO900: Control+900 mg/kg propolis, PB: Control+ probiotic

¹ Superoxide dismutase

² Glutathione peroxidase

³ malondialdehyde

فعالیت آنزیم گلوکاتایون پراکسیداز در تیمارهای دریافت کننده برهموم ۳۰۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم به صورت معنی داری نسبت به شاهد افزایش یافت ($P = 0.04$)، که نشان دهنده تقویت سازوکارهای آنتی اکسیدانی داخلی و بهبود ظرفیت خنثی سازی رادیکال های آزاد می باشد. فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در تیمارهای ۶۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم برهموم، ۹۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم برهموم و پروبیوتیک به طور معنی داری بالاتر از تیمار ۳۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم برهموم بود ($P = 0.002$)، با این حال، بین سطوح مختلف برهموم ۳۰۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم تفاوت معنی داری مشاهده نشد. افزایش فعالیت سوپراکسید دیسموتاز بیانگر بهبود دفاع آنتی اکسیدانی سلولی در جوجه ها است. این نتایج همسو با مطالعات پیشین است که نشان داده اند ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی موجود در برهموم با تقویت فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی مانند گلوکاتایون پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز باعث کاهش تنش اکسیداتیو و آسیب سلولی می شوند (Bankova et al., 2020; Khodakaramian et al., 2019). عصاره برهموم حاوی ترکیبات زیستی متعددی مانند فلاونوئیدها، فنول ها و اسیدهای چرب است که قادرند با سازوکارهای مولکولی متنوعی بر سلامت و عملکرد جوجه های گوشتی تأثیر گذار باشند (Silva et al., 2021). این ترکیبات به عنوان آنتی اکسیدان های طبیعی عمل کرده و با مهار رادیکال های آزاد و کاهش تنش اکسیداتیو موجب بهبود وضعیت آنتی اکسیدانی بدن می شوند. در مطالعه حاضر، کاهش سطح مالون دی آلدئید و افزایش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی مانند سوپراکسید دیسموتاز و گلوکاتایون پراکسیداز در گروه های تیمار شده با عصاره برهموم، همسو با یافته های مطالعات پیشین است که نشان می دهد عصاره برهموم می تواند از طریق افزایش بیان ژن های کدکننده این آنزیم ها، قابلیت مقابله با آسیب های اکسیداتیو را ارتقا دهد (Koc et al., 2020; Barbosa et al., 2022).

جدول ۵: تأثیر تیمارهای مختلف شامل افزودن برهموم در سه دُز (۳۰۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم) و پروبیوتیک را بر پاسخ ایمنی همورال جوجه های گوشتی نشان می دهد. شاخص های مورد بررسی شامل سطوح ایمونوگلوبولین (IgG) و ایمونوگلوبولین کل (Total Ig) بودند. نتایج نشان می دهند که در تمامی گروه های تیمار شده با برهموم و پروبیوتیک، سطوح IgG و Total Ig نسبت به گروه شاهد کاهش معناداری نداشتند ($p > 0.05$). این یافته ها با برخی مطالعات قبلی که اثرات مثبت پروبیوتیک ها (از جمله پروبیوتیک های چندسویه حاوی *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Enterococcus* (Mountzouris et al., 2007) و *Pediococcus*) یا پروبیوتیک های مبتنی بر (*Lactobacillus bulgaricus*) بر پاسخ ایمنی همورال گزارش کرده اند، همخوانی ندارد. مطالعات اخیر

نشان داده اند که برهموم می تواند با تحریک سیستم ایمنی، تولید آنتی بادی ها را افزایش دهد. به عنوان نمونه، گزارش شده است که افزودن سه گرم برهموم به ازای هر کیلوگرم جیره در مرغ های تخم گذار موجب افزایش معنی دار IgG و IgM سرم می شود. باید توجه داشت که تفاوت در گونه پرند (مرغ تخم گذار در مقابل جوجه گوشتی) و فاز فیزیولوژیک (دوره تولید تخم مرغ در مقابل رشد سریع) می تواند بر پاسخ ایمنی اثر بگذارد، به طوری که مرغ های تخم گذار معمولاً دارای سیستم ایمنی بالغ تر و الگوی پاسخ دهی متفاوتی نسبت به جوجه های گوشتی هستند. بنابراین، عدم مشاهده اثر مشابه در مطالعه حاضر می تواند ناشی از همین تفاوت های فیزیولوژیک و متابولیک باشد (Çetin et al., 2010). همچنین، در تحقیقی دیگر، جوجه های گوشتی تغذیه شده در سن ۲۲ تا ۴۲ روزگی یک گرم بر کیلوگرم برهموم باعث افزایش سطوح IgG و تقویت پاسخ ایمنی آنتی ژنی خاص شد (Al-Kahtani et al., 2022; Shaddel-Tili et al., 2017). در مورد پروبیوتیک ها، برخی مطالعات نشان داده اند که افزودن پروبیوتیک ها به جیره می تواند پاسخ ایمنی همورال را تقویت کند. به عنوان مثال، در تحقیقی، جوجه های گوشتی تغذیه شده با پروبیوتیک ها، افزایش سطوح IgG را نشان دادند که نشان دهنده تقویت پاسخ ایمنی سیستمیک به برخی آنتی ژن ها بود. نتایج مطالعه حاضر ممکن است به دلیل تفاوت های در طراحی آزمایش، دُزهای استفاده شده، مدت زمان تیمار، یا شرایط محیطی متفاوت نسبت به مطالعات قبلی باشد. همچنین گزارش شده است که اثرات برهموم و پروبیوتیک ها بر پاسخ ایمنی همورال ممکن است در شرایطی مانند وجود تنش های محیطی (مانند گرما)، چالش میکروبی، یا استفاده از دُزهای بالاتر مشهودتر باشد. در مطالعه حاضر، افزودن برهموم و پروبیوتیک ها به جیره جوجه های گوشتی، تحت شرایط پرورشی بدون تنش و در دُزهای مورد آزمون، تأثیر معناداری بر سطوح ایمونوگلوبولین های سرم نداشت.

عدم مشاهده تغییر معنی دار در تیتراژ آنتی بادی ها نشان می دهد که مصرف عصاره برهموم در سطوح مورد بررسی نتوانسته است که پاسخ ایمنی همورال جوجه ها را به طور قابل توجهی افزایش دهد. این نتایج با برخی مطالعات مشابه مطابقت دارد که اثرات برهموم بر سیستم ایمنی پرندگان را محدود یا وابسته به دوز و زمان مصرف می دانند (Santos et al., 2020; El-Sayed et al., 2013). علی رغم فقدان تأثیر معنی دار بر شاخص های اندازه گیری شده، ترکیبات فعال موجود در برهموم مانند فلاونوئیدها و اسیدهای فنلی ممکن است اثرات مفیدی بر سایر بخش های سیستم ایمنی یا تحت شرایط تنش زا داشته باشند که نیازمند بررسی های بیشتر است.

(Khodakaramian et al., 2019). این نتایج نیازمند بررسی های بیشتر با طراحی های آزمایشی متفاوت و در شرایط متنوع برای درک بهتر اثرات این افزودنی ها بر سیستم ایمنی طیور می باشد.

جدول ۵- اثر تیمارهای آزمایشی بر پاسخ ایمنی هومورال در جوجه‌های گوشتی

Table 5- Effect of experimental treatments on humoral immune response in broiler chickens

تیمار Treatment	ایمنوگلوبولین کل Total Ig (log2)		ایمنوگلوبولین IgG (log2)	
	Day 26	Day 33	Day 26	Day 33
CON	7.250	9.250	4.500	7.750
PRO300	5.750	7.750	3.750	6.000
PRO600	5.500	8.500	3.750	7.250
PRO900	6.250	8.250	4.500	6.000
PB	6.200	8.750	4.500	6.500
ارزش P P-value	0.46	0.39	0.742	0.237
خطای استاندارد میانگین SEM	0.806	0.599	0.669	0.699

CON: شاهد، PRO300: افزودن ۳۰۰ میلی گرم عصاره الکلی برهموم به‌ازای هر کیلوگرم جیره، PRO600: افزودن ۶۰۰ میلی گرم عصاره الکلی برهموم به‌ازای هر کیلوگرم جیره، PRO900: افزودن ۹۰۰ میلی گرم عصاره الکلی برهموم به‌ازای هر کیلوگرم جیره، PB: افزودن پروبیوتیک

CON: Control, PRO300: Control+300 mg/kg propolis, PRO600: Control+600 mg/kg propolis, PRO900: Control+900 mg/kg propolis, PB: Control+ probiotic

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این مطالعه نشان داد که استفاده از برهموم در دُرهای ۳۰۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم و همچنین پروبیوتیک موجب بهبود معنی‌دار عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی شد. در کل دوره پرورش، تمام تیمارهای مکمل، افزایش وزن روزانه بیشتری نسبت به شاهد نشان دادند و بالاترین مقدار در دُر ۹۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم برهموم مشاهده شد. کارایی مصرف خوراک نیز در تمامی تیمارهای مکمل نسبت به شاهد بهبود یافت. تیمارهای آزمایشی سبب افزایش جمعیت باکتری‌های مفید سکوم (لاکتوباسیلوس) و کاهش اشریشی کلی شدند که بیانگر تقویت سلامت میکروبی روده است. علاوه بر این،

مصرف برهموم باعث کاهش سطح مالون‌دی‌آلدئید و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گلوکاتایون پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز گردید و وضعیت آنتی‌اکسیدانی پرندگان را بهبود داد. بالین حال، مکمل‌های برهموم و پروبیوتیک تأثیر معنی‌داری بر شاخص‌های ایمنی هومورال (IgG و Total Ig) نداشتند. به‌طور کلی، یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که برهموم و پروبیوتیک‌ها می‌توانند به‌عنوان افزودنی‌های طبیعی مؤثر در بهبود سلامت روده و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی طیور به‌کار روند و گزینه‌ای مناسب برای جایگزینی بخشی از آنتی‌بیوتیک‌ها در تغذیه طیور باشند.

References

- Abdel-Kareem, A. A. A. (2017). Impact of supplementing diets with propolis on productive performance, blood constituents and haematological parameters of laying hens. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 101(3):441-448. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26614568> <https://doi.org/10.1111/jpn.12407>
- Aebi, H. (1984). Catalase *in vitro*. *Methods in Enzymology*, 105, 121-126.
- Al-Kahtani, H. A., Al-Mufarrej, S. I., & Al-Daraji, H. J. (2022). Effect of dietary propolis supplementation on immune response and performance of broiler chickens. *Poultry Science*, 101(1), 1-7.
- Alkhalf, A., Alhaj, M., & Al-homidan, I. (2010). Influence of probiotic supplementation on blood parameters and growth performance in broiler chickens. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 17(3), 219-225. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2010.04.005>
- Attia, Y. A., Al-Hanoun, A., & Bovera, F. (2014). Effect of different levels of bee pollen on performance and blood profile of New Zealand White rabbits. *Italian Journal of Animal Science*, 13(2), 333-339. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2009.00967.x>
- Bankova, V. (2005). Chemical diversity of propolis and the problem of standardization. *Journal of Ethnopharmacology*, 100(1-2), 114-117. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2005.05.004>
- Bankova, V., Popova, M., & Trusheva, B. (2020). Propolis volatile compounds: Chemical diversity and biological activity: A review. *Chemistry Central Journal*, 14(1), 1-12. <https://doi.org/10.1186/1752-153X-8-28>
- Barbosa, F., de Oliveira, R., & da Silva, R. (2022). Molecular mechanisms underlying the antioxidant effects of propolis in poultry. *Poultry Science*, 101(3), 101587.

- Çetin, O., Yalçın, S., & Erol, H. (2010). Effects of dietary propolis supplementation on serum immunoglobulin levels in laying hens. *Journal of Animal Science and Technology*, 52(3), 205-209.
- Denli, M., Cankaya, S., Silici, S., Okan, F., & Uluocak, A. N. (2005). Effect of dietary addition of Turkish propolis on the growth performance, carcass characteristics and serum variables of quail (*Coturnix coturnix Japonica*). *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 18(6), 848-854. <https://doi.org/10.5713/ajas.2005.848>.
- Dosoky, W., AbdelRahman, M. H., & Al-Rumaydh, Z. I. (2022). Effect of propolis as natural supplement on productive and physiological performance of broilers. *Journal of the Advances in Agricultural Researches*, 27(4), 674-686.
- El-Sayed, N. M., El-Banna, S. G., & Saad, A. M. (2013). Effects of dietary supplementation of propolis on the immune response of broiler chickens. *International Journal of Poultry Science*, 12(2), 111-115.
- Freires, I. A., de Alencar, S. M., & Rosalen, P. L. (2016). A pharmacological perspective on the use of Brazilian red propolis and its isolated compounds against human diseases. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 110, 267-279. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2016.01.033>.
- Fuller, R. (1989). Probiotics in man and animals. *Journal of Applied Bacteriology*, 66(5), 365-378. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1989.tb05105.x>.
- Gaggia, F., Mattarelli, P., & Biavati, B. (2010). Probiotics and prebiotics in animal feeding for safe food production. *International Journal of Food Microbiology*, 141(S1), S15-S28. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.02.031>.
- Ghisalberti, E. L. (2018). Propolis: A review. *Bee World*, 77(2), 59-84. <https://doi.org/10.1080/0005772X.1979.11097738>.
- Giacomelli, S., Smith, J., & Brown, P. (2022). Immunomodulatory effects of propolis in animal models: A molecular perspective. *Frontiers in Immunology*, 13, 817453.
- Gutiérrez-Grijalva, E. P., Sáyo-Ayerdi, S. G., Heredia, J. B., Leyva-López, N., & Robles-Zepeda, R. E. (2016). Antioxidant activity of propolis from various regions and its biological and chemical characterization. *Food Chemistry*, 207, 15-26.
- Halliwell, B., & Gutteridge, J. M. C. (2015). *Free Radicals in Biology and Medicine* (5th Ed.). Oxford University Press. 896 p.
- Jusril, N. A., Suryati Mohd, Kh., Abd Mutalib, N., & Awanis Mohd Badiazaman, A. (2024). Chemical composition and pharmacological aspects of Malaysian stingless bee propolis: An up-to-date systematic review, *Biomedical Reports*, 5;22(1):9. <https://doi.org/10.3892/br.2024.1887>.
- Jin, L. Z., Ho, Y. W., Abdullah, N., & Jalaludin, S. (1997). Digestive and bacterial enzyme activities in broilers fed diets supplemented with Lactobacillus cultures. *Poultry Science*, 76(9), 1253-1262. <https://doi.org/10.1093/ps/79.6.886>.
- Khalifa, H. H., Mohamed, F. A., & Abdel-Rahman, H. M. (2022). Dose-dependent effects of plant extracts on growth performance and gut health of broilers. *Animal Feed Science and Technology*, 290, 115350.
- Khodakaramian, G., Amani, S., & Goodarzi Boroojeni, F. (2019). Effects of propolis supplementation on growth performance, immune response, and antioxidant status of broiler chickens. *Poultry Science*, 98(3), 1327-1335.
- Kleerebezem, M., & Vaughan, E. E. (2009). Probiotic and gut lactobacilli and bifidobacteria: Molecular approaches to study diversity and activity. *Annual Review of Microbiology*, 63, 269-290. <https://doi.org/10.1146/annurev.micro.091208.073341>.
- Koc, A., Yilmaz, I., & Gursoy, N. (2020). Effects of propolis on oxidative stress and antioxidant enzymes in broilers. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 104(4), 1070-1077.
- Kocot, J., Kielczykowska, M., Luchowska-Kocot, D., Kurzepa, J., & Musik, I. (2018). Antioxidant potential of propolis, bee pollen, and royal jelly: Possible medical application. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2018, 7074209. <https://doi.org/10.1155/2018/7074209>.
- Márquez-Aguirre, A. L., Cruz-Hernández, C., & Morales-González, J. A. (2023). Propolis modulates gut microbiota and intestinal health through signaling pathways: A review. *Nutrients*, 15(2), 348.
- Mountzouris, K. C., Tsitsrikos, P., Palamidi, I., Arvaniti, A., Mohnl, M., Schatzmayr, G., & Fegeros, K. (2010). Effects of probiotic inclusion levels in broiler nutrition on growth performance, nutrient digestibility, plasma immunoglobulins, and cecal microflora composition. *Poultry Science*, 89(1), 58-67. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00308>.
- Nazari-Bonab, H., Nikbaf-Shandiz, M., Tutunchi, H., & Ebrahimi-Mameghani, M. (2024). Effects of propolis supplementation on prooxidant-antioxidant balance, oxidative stress biomarkers, and body composition in obese patients with non-alcoholic fatty liver disease: A double-blind randomized controlled clinical trial. *Journal of Human Performance in the Health Professions*, 11(2), 37-48. <https://doi.org/10.34172/hpp.42549>.
- 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](https://doi.org/10.1016/0003-2697(79)90738-3).
- Patterson, J. A., & Burkholder, K. M. (2003). Application of prebiotics and probiotics in poultry production. *Poultry Science*, 82(4), 627-631. <https://doi.org/10.1093/ps/82.4.627>.
- Sadarman, S., Erwan, E., Irawan, A., Sholikin, M. M., Solfaïne, R., Harahap, R. P., Irawan, A. C., Sofyan, A., Nahrowi, N., & Jayanegara, A. (2021). Propolis supplementation affects performance, intestinal morphology, and

bacterial population of broiler chickens: A meta-analysis. *South African Journal of Animal Science*, 51(4), 425-433. <https://doi.org/10.4314/sajas.v51i4.8>.

Saeed, M., Arain, M. A., & Sattar, A. (2021). Impact of propolis on growth performance, antioxidant enzymes, and immunity in broilers: A meta-analysis. *Poultry Science*, 100(6), 101034.

Santos, G. A. S., Oliveira, P. H. M., & Silva, M. F. (2020). Effects of propolis supplementation on immune parameters and performance of broiler chickens. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 22(3), eRBCA-2019-1019.

Seven, I., Tatli Seven, P., Yilmaz, M., & Simsek, U. G. (2008). The effects of Turkish propolis on growth and carcass characteristics in broilers under heat stress. *Animal Feed Science and Technology*, 146(1-2), 137-148. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.11.003>

Sforcin, J. M. (2016). Biological properties and therapeutic applications of propolis. *Phytotherapy Research*, 30(6), 894-905. <https://doi.org/10.1002/ptr.5605>.

Shaddel-Tili, A., Eslami, M., Shaddel-Tili, A., & Ghasemi, S. (2017). Dietary propolis supplementation and immune response of broiler chickens to Newcastle disease virus. *Poultry Science Journal*, 5(1), 29-35.

Tekeli, A., Çelik, L., Kutlu, H. R., & Gorgulu, M. (2011). Effect of dietary supplemental plant extracts on performance, carcass characteristics, digestive system development, intestinal microflora and some blood parameters of broilers. *Livestock Science*, 129(1-3), 132-139.

Silva, F. A. A., de Almeida, J. R. G. S., & de Oliveira, C. A. (2019). The effects of propolis on animal production and health: A review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 32(6), 876-885.

Silva, T. C., Costa, R. M., & Martins, M. D. (2021). Bioactive compounds in propolis and their molecular impact on animal health: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 273, 114794.

Wegmann, T. G., & Smithies, O. (1966). A simple hemagglutination system requiring small amounts of red cells and antibodies. *Transplantation*, 3(2), 526-528. <https://doi.org/10.1111/j.1537-2995.1966.tb04696.x>

Windisch, W., Schedle, K., Plitzner, C., & Kroismayr, A. (2008). Use of phytogenic products as feed additives for swine and poultry. *Journal of Animal Science*, 86(14_suppl), E140-E148. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0459>

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://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 گلوتن 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 گلوتن 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 گلوتن ذرت با تراکم ۱۳ قطعه (شاهد) ۲- سطح صفر پودر آب پنیر و صفر گلوتن 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 گلوتن ذرت با تراکم ۱۳ قطعه ۶- سطح ۳ گلوتن ذرت با تراکم ۱۷ قطعه ۷- سطوح ۶ پودر آب پنیر و ۳ گلوتن ذرت با تراکم ۱۳ قطعه ۸- سطوح ۶ پودر آب پنیر و ۳ گلوتن 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، گلوتن 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 گلوتن 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، گلوتن 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 پرنده 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 به‌ویژه آب پنیر، که مایع باقی‌مانده از فرآیند پنیرسازی است، به‌رغم دارا بودن ارزش غذایی بالا، اغلب به عنوان ضایعات تلقی می‌شود. این در حالی است که پودر خشک‌شده 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: hassan.azizabadi@birjand.ac.ir (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 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 ۲×۲×۲ 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 ۱۰۰×۱۰۰ 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 ۵۰۰۰ 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 32 ± 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 تشکیل‌دهنده و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی جوجه‌های 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
گلوتن 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
دی‌ال 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
ترئونین (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 اکی‌والان 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 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 کلسیم، 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 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.

^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)

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

^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، ۳۲۸۸۰ 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.

^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 ۳- مواد تشکیل‌دهنده و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی جوجه‌های 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)

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

^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، ۳۲۸۸۰ 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.

^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 آراین، 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 سانتریفیوژ مدل یونیورسال ساخت شرکت پارس آزما 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 آراین در دوره آغازین (۱ تا ۱۴ روزگی) آورده شده است.

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

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

نتایج و بحث

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

ذرت و تراکم جمعیت، بیشترین میزان مصرف خوراک را ایجاد کرد که نشان دهنده نقش مهم ترکیبی این عوامل در تنظیم رفتار تغذیه ای جوجه ها است. با این حال، تعامل معنی داری بین پودر آب پنیر، گلو تن ذرت و تراکم بالا در افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک مشاهده نشد، که نشان می دهد اثر هر کدام مستقل از دیگری است. ولی ترکیب شش درصد پودر آب پنیر و سه درصد گلو تن ذرت با تراکم ۱۷ قطعه جوجه در مترمربع، از لحاظ عددی، بالاترین وزن زنده، بیشترین مصرف خوراک و کمترین ضریب تبدیل خوراک را نشان داد، این موضوع می تواند بیانگر اثر هم افزایی احتمالی ترکیب پودر آب پنیر و گلو تن ذرت در جیره جوجه های گوشتی آراین در شرایط متراکم پرورش، بر بهبود شاخص رشد باشد. به نظر می رسد که استفاده همزمان از پودر آب پنیر که غنی از لیزین، ترئونین (Mehri et al., 2004) و کیفیت بالای پروتئین (Gregory et al., 1999) و گلو تن ذرت (غنی از اسیدهای آمینه گوگرددار متیونین، سیستئین و کمیت بالای پروتئین و انرژی) در شرایط تراکم بالا، می تواند یک جیره متعادل با انرژی و پروتئین کافی و با کیفیت فراهم کند. با وجود اینکه سایر شاخص های عملکردی مانند ضریب تبدیل خوراک، میانگین افزایش وزن و وزن نهایی تحت تأثیر اثرات متقابل قرار نگرفتند، بهبود عددی آن ها نسبت به شاهد نویدبخش بهبودهای عملکردی است، که می تواند در شرایط عملیاتی اهمیت داشته باشد. به نظر می رسد که استفاده همزمان از پودر آب پنیر و گلو تن ذرت در تراکم های مختلف، می تواند به عنوان یک راهبرد مؤثر برای ارتقای رشد و بهره وری جوجه های گوشتی مورد توجه قرار گیرد. پژوهشگران معتقدند که با افزایش تراکم گله، دمای محیط پرند افزایش می یابد و قرار گرفتن پرند در محیط های با دمای زیاد، کاهش مصرف خوراک 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 معنی داری بر خوراک مصرفی جوجه های گوشتی ندارد. ترکیباتی مثل پروبیوتیک ها و پودر آب پنیر می توانند با بهبود هضم و جذب مواد مغذی موجب افزایش مصرف خوراک شوند که البته شرایط پرورش جوجه ها و دوز مصرفی آن ها بر نتایج به دست آمده می تواند تأثیرگذار باشد (Dastar et al., 2008). هوشمند و همکاران (Houshmand et al., 2012) بیان کردند که تفاوت معنی داری، در افزایش وزن روزانه جوجه های پرورش یافته در تراکم های مختلف وجود ندارد. در مطالعات دیگری گزارش شده است که تراکم تأثیر معنی داری بر ضریب تبدیل خوراک نداشت (Vargas-Rodriguez et al., 2013) که با نتایج پژوهش حاضر هم خوانی ندارد.

پروتئین های آب پنیر به دلیل دارا بودن سطوح بالایی از اسیدهای آمینه شاخه دار (لوسین، ایزولوسین، والین)، سیستئین و پپتیدهای فعال زیستی، از ارزش بیولوژیکی بالاتری نسبت به کنجاله سویا برخوردارند و می توانند عملکرد پرند را به شکل محسوس تحت تأثیر قرار دهد (Smithers, 2015; Pineda-Quiroga et al., 2018) که با نتایج پژوهش حاضر هم خوانی دارد. پژوهش های قبلی از بهبود عملکرد رشد در نتیجه افزودن پودر آب پنیر به جیره طیور حمایت کرده اند (Momtazan et al., 2011) که با نتایج پژوهش حاضر هم خوانی دارد. این بهبود عملکرد می تواند به علت بهبود رشد میکروویلی های روده در جوجه های گوشتی باشد (Long et al., 2018). پژوهش ها نشان داده اند که پودر آب پنیر می تواند با افزایش بیان پروتئین های اتصال دهنده سلولی مانند کلا دین-۱، اوکلودین و غیره، عملکرد سد روده ای، افزایش رشد میکروویلی ها 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 می دهد (Gulsen et al., 2002). همچنین پودر آب پنیر، با داشتن ارزش بیولوژیکی بالا، ترکیبات زیست فعال و خاصیت پری بیوتیکی، نقش مؤثری در بهبود سلامت روده و عملکرد سیستم ایمنی دارد (Pineda-Quiroga et al., 2018). لاکتوز، ماده اصلی آب پنیر بوده که به عنوان پری بیوتیک عمل می کند، زیرا به وسیله پرند نمی تواند هضم شود، اما توسط میکروب های روده ای تخمیر می شود (Molnar et al., 2018). لاکتوز به عنوان یک سوبسترا جهت تخمیر از طریق باکتری های اسید لاکتیک روده ای عمل می کند و pH مواد هضمی روده ای تحت تأثیر قرار می گیرد (Corrier et al., 1990). بنابراین لاکتوز، جذب مواد مغذی را افزایش داده و می تواند سبب بهبود عملکرد پرند شود که این نتیجه با نتایج پژوهش حاضر هم خوانی دارد. افزایش مصرف خوراک در اثر مصرف پودر آب پنیر احتمالاً به دلیل بهبود هضم و جذب مواد مغذی ناشی از ترکیبات زیست فعال آب پنیر است (Patel, 2015). افزودن پودر آب پنیر و افزایش تراکم جمعیت به طور معنی داری مصرف خوراک جوجه های گوشتی سویه آراین را افزایش داد. این موضوع می تواند نشان دهنده تأثیر مثبت پودر آب پنیر بر تحریک اشتها و همچنین واکنش جوجه ها به شرایط تراکم مختلف باشد. از سوی دیگر، گلو تن ذرت تأثیر قابل توجهی بر مصرف خوراک نداشت که ممکن است به دلیل خصوصیات تغذیه ای یا قابلیت هضم این ماده در جوجه ها باشد. گلو تن ذرت یک منبع مهم پروتئین و انرژی بوده که به ویژه از لحاظ کمیت می تواند جایگزین بخشی از کنجاله سویا شود؛ علاوه بر این، اثرات متقابل بین پودر آب پنیر و تراکم جمعیت، مصرف خوراک را به شکل معنی داری افزایش داد، به طوری که استفاده از ۶ درصد پودر آب پنیر در هر دو سطح تراکم، مصرف خوراک بالاتری نسبت به شاهد به همراه داشت. همچنین برهم کنش سه گانه پودر آب پنیر، گلو تن

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

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 معنی‌داری	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	4169.50	2.00	2149.90	2105.90	241.30
0% corn gluten and 13 bird/m ²					
صفر درصد گلوتن ذرت و ۱۷ پرند در متر مربع	4218.50	1.90	2277.30	2233.30	268.90
0% corn gluten and 17 bird/m ²					
سه درصد گلوتن ذرت و ۱۳ پرند در متر مربع	4173.00	1.85	2315.50	2271.50	280.20
3% corn gluten and 13 bird/m ²					

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
اختیار 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
اختیار 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 گلوتن ذرت و ۱۷ پرنده						
در متر مربع						
6% whey powder, 0% corn gluten and 17 bird/m ²	4181.00 ^{abc}	1.75	2423.20	2379.20	306.80	
صفر پودر آب پنیر، سه گلوتن ذرت و ۱۳ پرنده در						
متر مربع						
0% whey powder, 3% corn gluten and 13 bird/m ²	4117.00 ^{bc}	1.96	2141.40	2097.40	242.60	
صفر پودر آب پنیر، سه گلوتن ذرت و ۱۷ پرنده در						
متر مربع						
0% whey powder, 3% corn gluten and 17 bird/m ²	4203.00 ^{ab}	1.81	2363.20	2319.20	289.00	
شش پودر آب پنیر، سه گلوتن ذرت و ۱۳ پرنده						
در متر مربع						
6% whey powder, 3% corn gluten and 13 bird/m ²	4229.00 ^a	1.74	2489.60	2445.60	317.80	
شش پودر آب پنیر، سه گلوتن ذرت و ۱۷ پرنده						
در متر مربع						
6% whey powder, 3% corn gluten and 17 bird/m ²	4261.00 ^a	1.72	2508.20	2464.20	322.80	
اشتباه 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 پرندها 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 بونتیام 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)	گلوکز (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
اشتباه 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
اشتباه 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
اشتباه 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 آب پنیر و گلوتن ذرت و تراکم جمعیت Whey powder and corn gluten and stock density						
صفر درصد پودر آب پنیر، 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 آب پنیر، 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 آب پنیر، 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 آب پنیر، 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 آب پنیر، 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 آب پنیر، 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 آب پنیر، 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 آب پنیر، 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
شتباه معیار میانگین 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 غیر مشابه 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 آب پنیر 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. به‌طور کلی، یافته‌های این پژوهش نشان داد که استفاده از سطوح شش درصد پودر آب پنیر 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 آب پنیر 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, carcass characteristics, blood constituents, and economical parameters of cobb 500 strain broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*, 19(1), 524-535. <https://doi.org/10.1080/1828051x.2020.1757522>
- 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., & Samaranyaka, 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., Zagahary, 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>

Research Article

Vol. 18, No.2, 2026, p. 289-303



The Effect of Different Levels of *Rosa canina* Aqueous and Alcoholic Extract on Performance, Antioxidant Status, Serum Biochemical Characteristics and Immune Response of Broiler Chicks

Ardeshir Bakshi¹, Nazr Afzali², Seyed Mohammad Hosseini², Hossein Naeemipour Younesi^{2*},
Fatemeh Ganji³

1- Mohammadih Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Birjand, Iran

2-Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran

3- General Office of Tribal Affairs of South Khorasan Province, Birjand, Iran

*Corresponding Author's Email: hnaeimipour@birjand.ac.ir

Received: 11-12-2025
Revised: 03-02-2026
Accepted: 09-03-2026
Available Online: 22-06-2026

How to cite this article:

Bakshi, A., Afzali, N., Hosseini, S. M., Naeemipour Younesi, H., & Ganji, F. (2026). The effect of different levels of *Rosa canina* aqueous and alcoholic extract on performance, Antioxidant status, biochemical serum characteristics and immune response of broiler chicks. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 18(2), 289-303. (In Persian).

<https://doi.org/10.22067/IJASR.2026.96864.1283>

Introduction: The search for effective alternatives to in-feed growth-promoting antibiotics in broiler production has increasingly focused on natural bioactive compounds, including probiotics, prebiotics, organic acids, essential oils, and plant-derived extracts. *Rosa canina* (rose hip), a perennial shrub of the Rosaceae family, is widely distributed in wild habitats such as forest margins, water sources, rocky dry areas, and scrublands. Its fruits are rich in flavonoids, essential oils, pectin, carotenoids, polyphenols, and vanillin. Recognized as a valuable medicinal plant, *R. canina* has been traditionally used in many countries for the treatment of various ailments, including kidney and urinary tract disorders, arthritis, gout, fever, colds, and vitamin C deficiency. The fruit, both with and without seeds, has been documented for its therapeutic properties. In European traditional medicine, its extracts are employed as diuretics and laxatives. Pharmacologically, *R. canina* exhibits multiple biological activities, including anti-inflammatory, antioxidant, and anticancer effects. Its vitamin C content ranges from 0.3% to 1.5%, depending on geographical and climatic conditions. Polyphenols, as major bioactive constituents, contribute to organoleptic properties and exert potent antioxidant effects, which are associated with the prevention of chronic diseases such as cancer, cardiovascular disorders, Parkinson's disease, and Alzheimer's disease. The total phenolic content of *R. canina* fruit has been reported at up to 98 mg gallic acid equivalents per gram, a remarkably high level compared to many commonly consumed fruits. Given these properties, this study was designed to evaluate the effects of aqueous and alcoholic extracts of *Rosa canina* fruit (RCF) on growth performance, blood biochemical parameters, antioxidant status, and immune function in broiler chickens.

Materials and Methods: A total of 280 one-day-old Ross 308 broiler chicks with an average initial body weight of 45 ± 5 g were randomly assigned to seven dietary treatments in a completely randomized design. Each treatment consisted of four replicates with 10 chicks per replicate, ensuring uniform average pen body



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.2026.96864.1283>

weights with no significant initial differences among groups. The experimental diets included a control (basal diet without supplementation) and basal diets supplemented with 150, 300, or 450 mg/kg of aqueous RCF extract, or 150, 300, or 450 mg/kg of alcoholic RCF extract. Feed intake, body weight gain, and feed conversion ratio were recorded throughout the rearing period (0–42 days). At the end of the experiment, two birds per replicate with body weights closest to the replicate mean were selected, weighed, and euthanized by cervical dislocation. After evisceration, the relative weights of carcass, breast, thighs, and wings were determined. Humoral immune response was assessed by measuring total anti-sheep red blood cell (SRBC) antibody titers. Blood samples were collected at day 42 via jugular vein cutting for biochemical and antioxidant analyses.

Results and Discussion: At 42 days of age, birds fed the diet containing 450 mg/kg aqueous RCF extract exhibited the highest final body weight (2735 g), which was significantly greater than that of the control group ($P < 0.05$). During the grower phase, both aqueous and alcoholic extract supplementation significantly increased feed intake compared to the control ($P < 0.05$). Most experimental treatments showed a significantly lower feed conversion ratio relative to the control group ($P < 0.05$). The highest serum cholesterol concentration was observed in the control group, while the lowest levels were recorded in the 300 mg/kg aqueous and 300 mg/kg alcoholic extract treatments ($P < 0.05$). Serum uric acid levels were highest in the control group and lowest in the 450 mg/kg alcoholic extract group ($P < 0.05$). Dietary inclusion of both extracts generally reduced plasma malondialdehyde (MDA) levels compared to the control, with significant effects observed for all treatments except the 150 and 300 mg/kg aqueous extract groups ($P < 0.05$). The total anti-SRBC antibody response was significantly enhanced in birds receiving the 450 mg/kg alcoholic extract compared to the control ($P < 0.05$), whereas no significant differences were detected in immunoglobulin M (IgM) or immunoglobulin G (IgG) levels among treatments.

Conclusion: The findings of this study demonstrate that dietary supplementation with 300 and 450 mg/kg aqueous extract, as well as 450 mg/kg alcoholic extract of *Rosa canina* fruit, can effectively improve growth performance, carcass traits, serum biochemical profiles, and immune responses in broiler chickens. These results support the potential application of *R. canina* extracts as natural feed additives in poultry production.

Keywords: Cholesterol, Feed conversion ratio, Humoral immunity, *Rosa canina*

اثر سطوح مختلف عصاره آبی و الکلی نسترن (*Rosa canina*) بر عملکرد، فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم، وضعیت آنتی‌اکسیدانی و پاسخ ایمنی جوجه‌های گوشتی

اردشیر بخشی^۱، نظر افضلی^۲، سید محمد حسینی^۲، حسین نعیمی پور یونسی^{۲*}، فاطمه گنجی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۱۸

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی اثر سطوح عصاره آبی و الکلی میوه نسترن (*Rosa canina*) بر عملکرد، شاخص‌های بیوشیمیایی خون و سامانه ایمنی جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ انجام شد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با هفت تیمار، چهار تکرار و ۱۰ قطعه جوجه در هر تکرار به مدت ۴۲ روز اجرا گردید. جیره‌های آزمایشی شامل شاهد، سطوح ۱۵۰، ۳۰۰ و ۴۵۰ میلی گرم در کیلوگرم عصاره آبی و الکلی میوه نسترن بود. افزودن عصاره‌های آبی و الکلی به جیره، به‌ویژه در سطح ۳۰۰ میلی گرم در کیلوگرم عصاره آبی موجب بهبود معنی‌دار وزن بدن، افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی در مقایسه با جیره شاهد شد. تیمارهای ۳۰۰ و ۴۵۰ میلی گرم در کیلوگرم عصاره آبی سبب کاهش معنی‌دار سطح کلسترول و تری‌گلیسرید سرم نسبت به گروه شاهد گردید. فعالیت آنزیم کبدی آلانین آمینوترانسفراز (ALT) و سطح اسید اوریک سرم در تیمار ۴۵۰ میلی گرم در کیلوگرم عصاره آبی به‌طور معنی‌داری کمتر از شاهد بود. علاوه بر این، غلظت آلبومین سرم در تیمار ۴۵۰ میلی گرم در کیلوگرم عصاره الکلی کاهش معنی‌دار نشان داد. تیمارهای آزمایشی تأثیر معنی‌داری بر کاهش سطح مالون‌دی‌آلدهید (MDA) پلاسما در جوجه‌های گوشتی داشتند. میزان پادتن تام در گروه شاهد به‌طور معنی‌داری کمتر از تمام تیمارهای دریافت‌کننده عصاره بود. در مقابل، سطوح ایمونوگلوبولین M و ایمونوگلوبولین G تحت تأثیر معنی‌دار تیمارها قرار نگرفتند. در مجموع، سطوح ۳۰۰ و ۴۵۰ عصاره آبی و همچنین سطح ۴۵۰ عصاره الکلی میوه نسترن موجب بهبود عملکرد، کیفیت لاشه، صفات بیوشیمیایی خون و پاسخ ایمنی در جوجه‌های گوشتی شد.

واژه‌های کلیدی: ایمنی همورال، ضریب تبدیل خوراک، کلسترول، نسترن کوهی

مقدمه

ترکیبات مختلفی به‌عنوان جایگزین آنتی‌بیوتیک‌های محرک رشد در تولید جوجه‌های گوشتی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. از جمله می‌توان به پروبیوتیک‌ها و پری‌بیوتیک‌ها، اسیدهای آلی، اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهی اشاره کرد. اگرچه نحوه عمل اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهی به‌طور کامل روشن نیست، اما فرضیه اصلی آزمایش‌شده، اثر ضد میکروبی است، با این حال تغییرات بافت‌شناسی در حفره گوارشی، تنظیم پاسخ‌های ایمنی، تحریک فعالیت آنزیم‌های

گوارشی و یا اثرات پاداکسایشی می‌توانند به‌عنوان سایر سازوکارهای تأثیرگذار مطرح شوند (Agostini & Sola-Oriol, 2012). نسترن کوهی (*Rosa canina*)، گیاهی چند ساله از خانواده Rosaceae است که به‌صورت خودرو در حاشیه جنگل‌ها، کنار چاه‌ها، گودال‌های آب، در مناطق خشک بر روی صخره‌ها و حتی در بوته‌زارها می‌روید. ارتفاع آن بسته به شرایط اقلیمی محل رویش، ۰/۵ تا ۳ متر است. ساقه آن مستقیم و استوانه‌ای شکل بوده و انشعابات متعددی دارد که گیاه را پرپشت و استوانه‌ای شکل ساخته و پوشیده از خارهای خمیده یا قلابی شکل می‌باشد. شاخه‌هایش کم‌انرژی به رنگ سبز تیره و کبود با خارهای پراکنده است. برگ‌های آن مرکب شانه‌ای با دندان‌های اره‌ای نوک تیز کشیده رو به بالا است. گل نسترن شبیه گل سرخ بوده و به رنگ‌های سفید، صورتی و سرخ می‌باشد که به حالت منفرد یا مجتمع و به‌صورت گل‌آذین است. دارای یک پایک صاف و کم‌و

۱- مرکز آموزش تحقیقات کشاورزی محمدیه، بیرجند، ایران

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

۳- اداره بهسازی امور تولید، اداره کل امور عشایر، خراسان جنوبی، ایران

*- نویسنده مسئول: Email: hnaeimipour@birjand.ac.ir

<https://doi.org/10.22067/IJASR.2026.96864.1283>

مواد و روش‌ها

پرندگان، جایگاه و شرایط پرورش

در این آزمایش، از ۲۸۰ قطعه جوجه خروس گوشتی یک روزه سویه راس ۳۰۸، در قالب طرح کاملاً تصادفی با هفت تیمار، چهار تکرار و ۱۰ قطعه جوجه در هر تکرار استفاده شد. جوجه‌ها در یک روزگی دارای میانگین وزن 45 ± 5 گرم بودند که پس از وزن‌کشی، به‌طور تصادفی در پن‌ها توزیع گردید. به این صورت که در هر پن، ۱۰ قطعه جوجه قرار گرفت و میانگین وزن هر پن با سایر پن‌ها تقریباً برابر بود، و از لحاظ وزن بدن اختلاف معنی‌داری بین تیمارها در شروع آزمایش وجود نداشت. دمای سالن نیز در ۳۳ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. برنامه نوری مطابق برنامه پیشنهادی کاتالوگ راس ۲۰۱۴ اعمال گردید. رطوبت سالن در محدوده ۳۰ تا ۳۵ درصد بود. تهویه سالن از طریق هواکش‌های نصب‌شده در سالن انجام شد (Pourreza, 2010). برای حفظ سلامت جوجه‌ها و پیشگیری از بیماری‌ها، نظافت سالن، وسایل و تجهیزات، بهداشت عمومی و فردی، عبور و مرور افراد و از بین بردن لاشه جوجه‌های تلف‌شده، مورد توجه قرار گرفت. در اجرای این آزمایش، فقط در روز هشتم، واکسن دوگانه برونشیت و نیوکاسل از طریق آشامیدنی در اختیار جوجه‌ها قرار گرفت.

تهیه عصاره آبی و الکلی میوه نسترن

ابتدا میوه گیاه نسترن تهیه و در سایه خشک و سپس آسیاب و پودر گردید. سپس مقدار ۱۰۰ گرم پودر توسط ترازوی دیجیتال توزین و در بشر شیشه‌ای یک لیتری ریخته شد. سپس برای تهیه عصاره الکلی، ۷۰۰ میلی‌لیتر الکل (متانول ۹۶ درصد) و برای تهیه عصاره آبی، ۷۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به پودر میوه درون بشر اضافه گردید. محتویات بشر به مدت ۷۲ ساعت توسط دستگاه همزن، مخلوط گردید. پس از گذشت ۷۲ ساعت، محلول به‌دست‌آمده توسط کاغذ صافی واتمن شماره یک صاف شد. محلول صاف‌شده، به‌وسیله دستگاه تقطیر در خلأ (روتاری) در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۶۵ دور در دقیقه، تا حدود یک سوم حجم اولیه تغلیظ گردید. سپس محلول نهایی درون پلیت شیشه‌ای ریخته شد و برای تبخیر حلال، به مدت یک الی دو روز در آون با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. سپس عصاره حاصل تا زمان مصرف در دمای ۴- درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید (Vatan Doost & Jalilzadeh, 2012). در پایان، از هر ۱۰۰ گرم میوه خشک‌شده، ۱۸ گرم عصاره الکلی و ۱۵ گرم عصاره‌ی آبی به دست آمد.

بیش خزی به طول ۵/۵ تا ۲/۵ سانتی‌متر می‌باشد. میوه آن بیضی شکل و به رنگ قرمز تیره یا روشن است. میزان ویتامین ث گیاه متفاوت و بسته به شرایط اقلیمی محل رویش بین ۰/۳ تا ۱/۵ درصد است. میوه همچنین حاوی فلاونوئید، اسانس، پکتین، کاروتنوئید، پلی فنل و وانیلین می‌باشد (Saeedi & Omidbeigi, 2009). میزان فنل کل در میوه نسترن کوهی بسته به عوامل مختلف، ۹۸ میلی‌گرم اسیدگالیک بر گرم گزارش شده است (Ercisli, 2007)، که مقدار قابل توجهی در مقایسه با سایر میوه‌های رایج مورد مصرف می‌باشد. مواد مؤثره در نسترن وحشی برای درمان مشکلات کلیوی، سنگ‌های صفراوی، بیماری‌های مجاری ادراری، هموروئید، دیابت، آرتریت روماتیسم، سرماخوردگی، آنفولانزا و بهبود بیماری‌های التهابی استفاده می‌شود. مصرف روزانه میوه گیاه نسترن باعث کاهش خطر بیماری‌های قلبی عروقی در افراد چاق و همچنین کاهش کلسترول و فشارخون می‌شود (Andersson et al., 2012; Larsen et al., 2004; Rein et al., 2004; Saeedi & Omidbeigi, 2009). اثرات عصاره آبی استونی نسترن در موش مورد مطالعه قرار گرفت و اثرات بازدارندگی قوی عصاره روی وزن بدن یا چربی احشایی، بدون تأثیر روی جذب غذا مشاهده شد (Ninomiya et al., 2007). فعالیت بازدارندگی عصاره آبی نسترن در مهار اکسیداسیون پروتئین‌ها، پراکسیداسیون لیپیدها، آسیب کربوهیدرات‌ها و آسیب DNA در غلظت سه درصد بیشتر است و در این غلظت نسترن، پتانسیل استفاده به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان را دارد (Chrubasik et al., 2006). اثر عصاره آبی و اتانولی میوه‌های نسترن از نظر فعالیت ضدالتهابی و ضددردی در موش‌ها مورد آزمون قرار گرفت، عصاره اتانولی فعالیت بازدارندگی قابل ملاحظه‌ای را علیه مدل‌های التهابی و مدل‌های دردی نشان داد (Orhan et al., 2007). نسترن حاوی فلاونوئیدهایی مثل کوئرستین است، کوئرستین یک مولکول فلاونوئیدی است که به واسطه فعالیت‌هایی مثل تنظیم چرخه سلولی، میان‌کنش با جایگاه‌های متصل‌شونده استروژن نوع II و بازدارندگی تیروزین کیناز دارای فعالیت ضدسرطانی است (Lamson & Brignall, 2000; Türkben et al., 2010). مطالعات متعدد نشان داده‌اند که گالاتولپیدها، ویژگی‌های زیستی متنوعی از قبیل فعالیت ضدتوموری، ضدالتهابی و ضدویروسی را در شرایط آزمایشگاهی و بدن موجودات زنده دارند، مونو گالاتکوزیل دی آسیل گلیسرول جداشده از میوه‌های نسترن به‌عنوان یک عامل ضدالتهابی، اثرات بازدارنده روی کموتاکسی نوتروفیل‌های خون انسان در آزمایشگاه دارد، و احتمالاً اثر ضدالتهابی و اثرات آن روی آرتروز به‌دلیل محتوای گالاتولپیدی آن است (Tranberg et al., 2004). هدف از انجام این آزمایش، بررسی اثر سطوح مختلف عصاره‌ی آبی و الکلی میوه نسترن بر عملکرد، فرآیندهای بیوشیمیایی خون، وضعیت آنتی‌اکسیدانی و پاسخ ایمنی جوجه‌های گوشتی بود.

تیمارهای آزمایشی

اجزای لاشه، وزن نسبی لاشه و اجزای آن شامل سینه، ران‌ها و بال‌ها محاسبه گردید. به منظور ارزیابی وضعیت پاسخ ایمنی جوجه‌های گوشتی، در این تحقیق در دو مرحله در سنین ۲۴ و ۳۵ روزگی از هر تکرار دو قطعه جوجه (در مجموع هشت قطعه جوجه در هر تیمار) انتخاب شد و به هر پرنده، یک سی سی از سوسپانسیون گلبول قرمز گوسفندی (SRBC) به داخل ورید بال تزریق گردید و هفت روز بعد از هر تزریق، یعنی در روزهای ۳۵ و ۴۲ روزگی، خون‌گیری از جوجه‌ها به عمل آمد و عیار پادتنی سرم جداشده از نمونه‌های خونی اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است که مرحله دوم تزریق نیز روی همان جوجه‌های مرحله اول انجام شد (Nelson & Reginald, 1995).

آنالیز آماری

این آزمایش به صورت طرح کاملاً تصادفی انجام شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، از نرم‌افزار آماری SAS (۲۰۰۵) و رویه GLM استفاده گردید. میانگین تیمارهای آزمایشی نیز با استفاده از آزمون توکی در سطح معنی‌داری پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفت. مدل آماری مورد استفاده جهت تجزیه داده‌ها به صورت معادله ۲ بود:

$$Y_{ij} = \mu + T_j + E_{ij} \quad \text{معادله (۲)}$$

که در آن، Y_{ij} : صفت مورد مطالعه، μ : میانگین مشاهدات، T_j : اثر تیمار و E_{ij} : خطای آزمایش می‌باشند.

نتایج و بحث

صفات عملکردی

استفاده از سطوح مختلف عصاره آبی و الکلی در جیره، تأثیر معنی‌داری بر وزن بدن نهایی، افزایش وزن، مصرف خوراک و ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی در کل دوره پرورش داشت ($P < 0.05$; جدول ۲). وزن بدن نهایی و افزایش وزن در تیمارهای دریافت‌کننده عصاره به‌طور معنی‌داری نسبت به گروه شاهد بهبود یافت ($P = 0.0001$). کمترین وزن بدن نهایی و افزایش وزن مربوط به شاهد بود (به ترتیب ۲۵۳۰/۱۱ و ۲۴۷۹/۱۱ گرم)، درحالی‌که بیشترین مقادیر این دو شاخص در تیمار حاوی ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره آبی مشاهده شد (به ترتیب ۲۷۳۵/۰۰ و ۲۶۸۳/۲۵ گرم). تیمارهای حاوی سایر سطوح عصاره آبی و الکلی (۱۵۰ و ۴۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) عموماً در گروه آماری میانی قرار گرفتند و از نظر وزن بدن و افزایش وزن، بهتر از شاهد ولی پایین‌تر یا مشابه تیمار ۳۰۰ میلی‌گرم عصاره آبی بودند.

برای تغذیه جوجه‌ها از برنامه سه مرحله‌ای شامل جیره آغازین (۱ تا ۱۰ روزگی)، رشد (۱۱ تا ۲۴ روزگی) و پایانی (۲۵ تا ۴۲ روزگی) استفاده شد. جیره‌ها براساس احتیاجات توصیه‌شده توسط کاتالوگ سویه راس (Aviagen, 2014) و با استفاده از نرم‌افزار UFFDA تنظیم گردید (جدول ۱). پس از تهیه عصاره، از یک‌روزگی، جوجه‌ها براساس میانگین وزن یکسان، به‌طور تصادفی در جایگاه‌ها قرار گرفتند. عصاره‌ها به‌صورت محلول‌پاشی به جیره‌ها در هنگام مخلوط نمودن اضافه شد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: ۱- جیره پایه (شاهد)، ۲- جیره پایه + ۱۵۰ میلی‌گرم عصاره آبی میوه نسترن در کیلوگرم جیره، ۳- جیره پایه + ۳۰۰ میلی‌گرم عصاره آبی میوه نسترن در کیلوگرم جیره، ۴- جیره پایه + ۴۵۰ میلی‌گرم عصاره آبی میوه نسترن در کیلوگرم جیره، ۵- جیره پایه + ۱۵۰ میلی‌گرم عصاره الکلی میوه نسترن در کیلوگرم جیره، ۶- جیره پایه + ۳۰۰ میلی‌گرم عصاره الکلی میوه نسترن در کیلوگرم جیره و ۷- جیره پایه + ۴۵۰ میلی‌گرم عصاره الکلی میوه نسترن در کیلوگرم جیره.

رکوردگیری، کشتار و نمونه‌گیری

عملکرد جوجه‌ها (خوراک مصرفی، افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک) به‌صورت هفتگی مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. در طول دوره آزمایش، تعداد تلفات (از صفر تا ۴۲ روزگی) و وزن آن‌ها ثبت شد و در تصحیح ضریب تبدیل خوراک منظور گردید. برای بررسی شاخص‌های بیوشیمیایی خون، در پایان دوره آزمایشی (۴۲ روزگی)، دو پرنده از هر واحد آزمایشی انتخاب و خون‌گیری شد و به‌منظور تهیه سرم و پلاسما، نمونه‌های خون بلافاصله به آزمایشگاه منتقل گردید. پس از جداسازی، سرم و پلاسما در میکروتیوب‌ها ریخته شده و تا زمان انجام آزمایش در فریزر با دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. غلظت آلبومین، گلوکز، تری‌گلیسرید، پروتئین تام و لیپوپروتئین با چگالی بالا با استفاده از کیت‌های آزمایشگاهی شرکت پارس آزمون (ساخت ایران) و دستگاه اتوآنالایزر (جسان چم ۲۰۰، ایتالیا) مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. غلظت لیپوپروتئین با چگالی پایین (Low density lipoprotein, LDL) نیز توسط معادله ۱ محاسبه شد (Dansethakul et al., 2015).

$$\text{LDL (mg/dl)} = \text{Total cholesterol}/1.19 + \text{Triglyceride} \times 1.9 - \text{HDL} \times 1.3 \quad \text{معادله (۱)}$$

همچنین در انتهای آزمایش، از هر تکرار دو قطعه جوجه که از نظر وزنی به میانگین آن تکرار نزدیک بودند، انتخاب و پس از توزین، کشتار شدند و پس از پُرکنی و جدا کردن محتویات بطنی و تفکیک

جدول ۱- اجزای مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره پایه جوجه گوشتی

Table 1- Feed ingredients and chemical composition of broiler basic diet

دوره پائانی (۲۵-۴۲ روزگی)	دوره رشد (۱۱-۲۴ روزگی)	دوره آغازین (۱-۱۰ روزگی)	مواد خوراکی (درصد) Feed ingredients (%)
51.83	50.71	45.87	ذرت Corn
37.39	41.36	46.14	کنجاله سویا، ۴۴ درصد پروتئین Soybean meal, 44% protein
3.18	4.09	3.5	روغن آفتابگردان Sunflower oil
1.05	1.07	1.29	سنگ آهک Limestone
1.56	1.70	1.95	دی کلسیم فسفات Dicalcium phosphate
0.30	0.30	0.30	نمک (سدیم کلرید) Salt (sodium chloride)
0.20	0.26	0.33	دی ال - متیونین DL-methionine
-	0.01	0.11	ال - لیزین L-lysine
0.25	0.25	0.25	مکمل ویتامینه ^۱ Vitamin supplement
0.25	0.25	0.25	مکمل معدنی ^۲ Mineral supplement
مواد مغذی Nutrients			
3160	3130	3050	انرژی (کیلوکالری بر کیلوگرم) Energy (kilocalorie/kg)
18.5	20	21	پروتئین خام (درصد) Crude protein (percentage)
171	156	145	نسبت انرژی به پروتئین Energy to protein ratio
3.5	3.5	3.5	فیبر خام (درصد) Crude fiber (percentage)
0.96	1.07	1.15	لیزین قابل هضم (درصد) Digestible lysine (percentage)
0.76	0.8	0.9	متیونین + سیستئین قابل هضم (درصد) Digestible methionine + cysteine (percentage)
0.2	0.21	0.22	تریپتوفان قابل هضم (درصد) Digestible tryptophan (percentage)
0.44	0.45	0.48	فسفر قابل دسترس (درصد) Available phosphorus (percent)
0.90	0.95	1.00	کلسیم (درصد) Calcium (percentage)

^۱ مقادیر ویتامین‌ها به‌ازای هر کیلوگرم جیره: ویتامین A (ترانس - رتینیل استات)، ۱۰۰۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین D_۳ (کوله کلسیفرول)، ۳۵۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین E (دی‌آلفا-توکوفرل استات)، ۶۰ میلی‌گرم؛ ویتامین K (منادیون)، ۳ میلی‌گرم؛ تیامین، ۳ میلی‌گرم؛ ریبوفلاوین، ۶ میلی‌گرم؛ پیریدوکسین، ۵ میلی‌گرم؛ ویتامین B_{۱۲} (سیانوکوبالامین)

^۲ مقادیر مواد معدنی به‌ازای هر کیلوگرم جیره: آهن، ۶۰ میلی‌گرم؛ منگنز، ۱۰۰ میلی‌گرم؛ روی، ۶۰ میلی‌گرم؛ مس، ۱۰ میلی‌گرم؛ ید، ۱ میلی‌گرم؛ کبالت، ۰/۲ میلی‌گرم؛ سلنیوم، ۰/۱۵ میلی‌گرم.

^۱ Vitamins per kg of diet: Vitamin A (trans-retinyl acetate), 10,000 IU; Vitamin D (cholecalciferol), 3,500 IU; Vitamin E (dl-alpha-tocopheryl acetate), 60 mg; Vitamin K (menadione), 3 mg; Thiamine, 3 mg; Riboflavin, 6 mg; Pyridoxine, 5 mg; Vitamin B12 (cyanocobalamin)

^۲ Minerals per kg of diet: Iron, 60 mg; Manganese, 100 mg; Zinc, 60 mg; Copper, 10 mg; Iodine, 1 mg; Cobalt, 0.2 mg; Selenium, 0.15 mg

نشان‌دهنده کارایی ضعیف‌تر استفاده از خوراک است. در مقابل، تمامی تیمارهای دریافت‌کننده عصاره آبی و الکلی دارای ضریب تبدیل پایین‌تر و بهبود یافته‌تری نسبت به شاهد بودند (دامنه حدود ۱/۷۴ تا ۱/۸۰) و از نظر آماری در یک گروه قرار گرفتند. به‌طور کلی، نتایج نشان داد که افزودن عصاره‌های آبی و الکلی به جیره، به‌ویژه در سطح ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره آبی موجب بهبود معنی‌دار وزن بدن، افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی در مقایسه با جیره شاهد شد.

مصرف خوراک در طول دوره نیز تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت ($P=0.0147$). کمترین مقدار مصرف خوراک به شاهد اختصاص داشت (۴۶۴۰/۰۰ گرم) و بیشترین مقادیر در تیمارهای حاوی ۳۰۰ میلی‌گرم عصاره آبی و ۱۵۰ میلی‌گرم عصاره الکلی دیده شد (به‌ترتیب ۴۶۸۷/۶۳ و ۴۶۸۷/۷۵ گرم). به‌طور کلی، تیمارهای حاوی عصاره‌ها اندکی مصرف خوراک بیشتری نسبت به شاهد داشتند، هرچند اختلاف از نظر عددی کوچک بود. ضریب تبدیل خوراک (FCR) نیز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر افزودن عصاره‌ها قرار گرفت ($P=0.0001$). بالاترین ضریب تبدیل مربوط به گروه شاهد بود (۱/۸۷) که

جدول ۲- میانگین شاخص‌های عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی در کل دوره مطالعه
Table 2- Means of growth performance parameters of broilers over the study

تیمارها Treatments	وزن بدن (گرم) Body weight (g)	افزایش وزن (گرم) Weight gain (g)	مصرف خوراک (گرم) Feed intake (g)	ضریب تبدیل خوراک (کیلوگرم اضافه وزن/کیلوگرم خوراک) Feed conversion ratio (kg feed/kg weight gain)
شاهد Control	2530.11 ^c	2479.11 ^c	4640.00 ^b	1.87 ^a
۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره آبی 150 mg/kg water extract	2640.00 ^b	2590.50 ^b	4680.13 ^{ab}	1.80 ^b
۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره آبی 300 mg/kg water extract	2735.00 ^a	2683.25 ^a	4687.63 ^a	1.74 ^b
۴۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره آبی 450 mg/kg water extract	2700.00 ^{ab}	2648.75 ^{ab}	4682.13 ^a	1.76 ^b
۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره الکلی 150 mg/kg alcoholic extract	2661.00 ^{ab}	2611.75 ^{ab}	4687.75 ^a	1.79 ^b
۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره الکلی 300 mg/kg alcoholic extract	2672.50 ^{ab}	2622.75 ^{ab}	4683.00 ^a	1.78 ^b
۴۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره الکلی 450 mg/kg alcoholic extract	2667.50 ^{ab}	2618.00 ^{ab}	4675.75 ^{ab}	1.79 ^b
سطح معنی‌داری P-value	0.0001	0.0001	0.0147	0.0001
خطای آزمایشی SEM	18.19	18.29	8.91	0.01

میانگین‌های هر ستون با حروف غیرمشابه اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند ($P<0.05$)

Means within same column with different superscripts differ ($P<0.05$).

بر قابلیت هضم مواد مغذی را به تحریک خصوصیات هضم و اثرات ضد میکروبی نسبت می‌دهند (Windisch & Kroismayr, 2006). افزایش مصرف خوراک پرندگان تحت تیمارهای حاوی عصاره آبی و الکلی احتمالاً ناشی از توانایی گیاهان دارویی برای افزایش راندمان هضم با افزودن آنزیم‌های گوارشی و موکوس مترشحه، حفظ کارایی مناسب معده و سیستم گوارشی، بهبود اشتها و نیز جلوگیری از عفونت‌های روده‌ای و اسهال می‌باشد (Hallett, 2014). همچنین از ال-آراب، (Ezz El-Arab, 2008) بیان کرد که توانایی افزودنی‌های خوراکی طبیعی در افزایش اشتهای جوجه‌های گوشتی، احتمالاً به این دلیل است که گیاهان دارویی به‌عنوان بخشی از این افزودنی‌ها،

افزایش وزن در دوره رشد در پرندگان مصرف‌کننده عصاره میوه نسترن نسبت به شاهد، احتمالاً به‌دلیل سلامتی دستگاه گوارش جوجه‌های گوشتی ناشی از ترکیبات ضد میکروبی موجود در عصاره مانند مونوترپن‌ها و فلاونوئیدها می‌باشد که ضمن بهبود فلور میکروبی موجود در دستگاه گوارش همانند آنتی‌بیوتیک‌ها، باعث تقویت سامانه ایمنی و سلامتی دستگاه گوارش پرنده می‌شوند. هرناندز و همکاران (Hernandez et al., 2004) بیان کردند که عصاره گیاه دارویی مریم گلی (*Salvia officinalis*)، جذب مواد مغذی را در جوجه‌های گوشتی بهبود می‌دهد که موجب افزایش وزن بیشتر نسبت به سایر تیمارها شد. محققان اثرات مثبت گیاهان دارویی

خصوصیات لاشه

راندمان لاشه و وزن نسبی اجزای لاشه و چربی بطنی

افزودن سطوح مختلف عصاره آبی و الکلی میوه نسترن به جیره، اثر معنی داری بر وزن نسبی لاشه و اجزای اصلی آن شامل ران، سینه، پشت و گردن و چربی شکمی جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی نداشت (جدول ۳). وزن نسبی سینه در تیمارهای مختلف بین حدود ۲۱ تا ۲۴ درصد وزن بدن قرار گرفت، بیشترین مقدار در تیمار ۴۵۰ میلی گرم عصاره الکلی (۲۴/۳۴ درصد) و کمترین مقدار در تیمار ۳۰۰ میلی گرم عصاره آبی (۲۱/۱۳ درصد) مشاهده شد. هرچند احتمال معنی داری برای سینه ($P=0.0781$) نسبت به سایر اجزاء کوچک تر بود و تمایل به تغییر را نشان می‌داد، اما این اختلاف‌ها نیز در سطح پنج درصد معنی دار نشدند. پیرمحمدی و همکاران (Pirmohammadi, 2015) مشابه نتایج این مطالعه، تفاوت معنی داری بین وزن نسبی ران، طحال، کبد، پانکراس، دئودنوم و ژئوژنوم جوجه‌های تغذیه شده با اسانس پونه مشاهده نکردند. آما و همکاران (Amad et al., 2011) نیز گزارش کردند که وزن نسبی اندام‌های داخلی از جمله طحال، کبد و قلب تحت تأثیر استفاده از افزودنی‌های خوراکی با منشأ گیاهی قرار نگرفت.

حاوی طیف گسترده‌ای از متابولیت‌های ثانویه از جمله ترپنوئیدها با اثرات ضد میکروبی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی هستند. این ترکیبات با بهبود سلامت دستگاه گوارش، تعدیل جمعیت باکتریایی، ارتقاء جذب مواد مغذی، استفاده و بهبود کامل سلامت پرند و مصرف خوراک را افزایش می‌دهند (Triantaphyllou, 2001). هاشمی و داوودی (Hashemi & Davoodi, 2010) بیان کردند که گیاهان دارویی، خصوصیات آنتی‌بیوتیک‌ها را دارند، با این تفاوت که گیاهان دارویی نسبت به آنتی‌بیوتیک‌ها مزیت بالاتری دارند. پیرمحمدی و همکاران (Pirmohammadi et al., 2015) بهبود افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک را با استفاده از اسانس پونه گزارش کردند. سازوکار فعالیت اسانس حاصل از گیاهان دارویی در بهبود ضریب تبدیل خوراک بسیار متنوع می‌باشد. در تحقیقات صورت گرفته به وسیله محققان مشخص شده که افزودنی‌های غذایی با بهبود فلور میکروبی روده و کاهش رقابت برای مواد مغذی بین میزبان و ریزجاندانان روده، تأثیر خود را بر افزایش وزن بدن و بهبود ضریب تبدیل غذایی اعمال می‌کنند. بنابراین عصاره نسترن احتمالاً از طریق تحریک فعالیت آنزیم‌های ترشحی دستگاه گوارش، افزایش قابلیت هضم پروتئین و چربی و توازن فلور روده، ضریب تبدیل خوراک را بهبود می‌دهد (Anderson et al., 1997).

جدول ۳- وزن نسبی اجزای لاشه جوجه‌های گوشتی (درصدی از وزن بدن) در سن ۴۲ روزگی

Table 3- Relative weight of carcass parts of broiler chickens (as a percent of BW) at 42th day

تیمارها	لاشه	ران	سینه	پشت و گردن	چربی بطنی
Treatments	Carcass	Thigh	Breast	Back and neck	Abdominal fat
شاهد	62.09	21.87	21.88	18.33	0.92
Control					
۱۵۰ میلی گرم در کیلوگرم عصاره آبی	62.08	21.20	21.85	19.02	0.99
150 mg/kg water extract					
۳۰۰ میلی گرم در کیلوگرم عصاره آبی	62.71	22.09	21.13	17.49	0.89
300 mg/kg water extract					
۴۵۰ میلی گرم در کیلوگرم عصاره آبی	64.03	22.82	23.06	18.14	0.99
450 mg/kg water extract					
۱۵۰ میلی گرم در کیلوگرم عصاره الکلی	64.69	24.37	21.75	16.16	0.95
150 mg/kg alcoholic extract					
۳۰۰ میلی گرم در کیلوگرم عصاره الکلی	66.34	22.18	23.55	20.84	0.95
300 mg/kg alcoholic extract					
۴۵۰ میلی گرم در کیلوگرم عصاره الکلی	65.92	19.89	24.34	19.30	1.01
450 mg/kg alcoholic extract					
سطح معنی داری	0.2260	0.1783	0.0781	0.4490	0.8319
P-value					
خطای آزمایشی	1.43	1.06	0.77	1.47	0.16
SEM					

میانگین‌های هر ستون با حروف غیرمشابه اختلاف معنی داری با یکدیگر دارند ($P<0.05$)

Means within same column with different superscripts differ ($P<0.05$).

وزن نسبی اندام‌های داخلی

بین تیمارهای مختلف آزمایشی از نظر وزن نسبی اندام‌های درونی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴). در مطالعات مختلف، استفاده از آویشن (*Thymes*) در جیره تفاوت معنی‌داری از لحاظ وزن نسبی کبد، سنگدان و روده کوچک در بین تیمارهای آزمایشی ایجاد نکرد (Hernandez et al., 2004; Rahimi et al., 2005; Sarica et al., 2011). همچنین گزارش شده است که

استفاده از اسانس، عصاره و پودر آویشن در سطوح متفاوت در جیره جوجه‌های گوشتی تأثیر معنی‌داری بر وزن نسبی لاشه، سینه، ران، چربی حفره بطنی در کل دوره پرورش نداشت (Abazari et al., 2012; Hamadiyeh et al., 2013). همچنین آل‌سیسک و همکاران (Alçiçek et al., 2004) با استفاده از مخلوطی از اسانس‌های گیاهی تأثیر معنی‌داری بر وزن نسبی اجزای لاشه مشاهده نکردند که با نتایج این مطالعه مطابقت داشت.

جدول ۴- وزن نسبی اندام‌های داخلی جوجه‌های گوشتی (درصدی از وزن بدن) در سن ۴۲ روزگی
Table 4- Relative weight of internal organs of broiler chickens (as a percent of BW) at 42th day

تیمارها Treatments	قلب Heart	کبد Liver	پانکراس Pancreas	بوس فابریسیوس Burs of fabricus	طحال Spleen	سنگدان Gizzard	پیش‌معه Proventriculus
شاهد Control	0.46	2.41	0.20	0.09	0.16	2.21	0.38
۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره آبی 150 mg/kg water extract	0.45	2.45	0.22	0.08	0.14	2.16	0.34
۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره آبی 300 mg/kg water extract	0.44	2.46	0.20	0.10	0.19	2.24	0.38
۴۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره آبی 450 mg/kg water extract	0.48	2.41	0.22	0.11	0.15	2.34	0.35
۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره الکلی 150 mg/kg alcoholic extract	0.47	2.41	0.19	0.10	0.19	2.20	0.34
۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره الکلی 300 mg/kg alcoholic extract	0.45	2.32	0.20	0.11	0.15	2.05	0.29
۴۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره الکلی 450 mg/kg alcoholic extract	0.44	2.40	0.19	0.11	0.18	2.23	0.34
سطح معنی‌داری P-value	0.9468	0.9988	0.2959	0.7480	0.7441	0.3289	0.2388
خطای آزمایشی SEM	0.03	0.17	0.01	0.02	0.02	0.23	0.03

فرآیندهای بیوشیمیایی سرم

نتایج جدول ۵ نشان داد که افزودن عصاره‌های آبی و الکلی در سطوح مختلف، تأثیر معنی‌داری روی برخی از فرآیندهای بیوشیمیایی خون جوجه‌ها داشت. به‌طوری‌که تیمارهای ۳۰۰ و ۴۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره آبی به‌ترتیب با مقادیر ۱۱۶/۲۵ و ۸۷/۰۰ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر، به‌طور معنی‌داری سبب کاهش سطح کلسترول و تری‌گلیسرید سرم نسبت به گروه شاهد شدند. همچنین سطح اسید اوریک سرم در تیمار ۴۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره آبی (۲/۷۵ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر) کاهش معنی‌داری یافت ($P < 0.05$). فعالیت آنزیم کبدی آلانین آمینوترانسفراز (ALT) نیز در تیمار ۴۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره آبی (۱۱/۵۰ واحد) به‌طور معنی‌داری کمتر از شاهد بود ($P < 0.05$). علاوه‌بر این، غلظت آلبومین سرم در گروه دریافت‌کننده ۴۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره الکلی (۱/۰۷ میلی‌گرم

بر دسی‌لیتر)، کاهش معنی‌دار نشان داد ($P < 0.05$).
تحقیقات نشان داده است که ترکیبات فعال گیاهی نظیر پلی‌ساکاریدها، فلاونوئیدها، گلیکوپروتئین‌ها، پلی‌پتیدها، استروئیدها، آلکالوئیدها و پکتین می‌توانند خاصیت هیپولیپیدمیک داشته باشند. اغلب گیاهان دارویی و عصاره‌های آن‌ها دارای خصوصیات پایین آورنده کلسترول هستند (Dorman & Deans, 2000). در تحقیقات به‌عمل آمده مشخص شده که انواع مختلف ترکیبات نظیر گرانول، سینئول، سیترال و برونئول باعث کاهش فعالیت هیدروکسی متیل گلوکاریل کوآ (HMG-COA) ردوکتاز کبدی که آنزیم کلیدی مسیر سنتز کلسترول می‌باشد، می‌شوند (Yu et al., 1994). در آزمایشات صورت گرفته مشخص شد که به‌ازای هر درصد مهار فعالیت آنزیم HMG-COA ردوکتاز، میزان تولید کلسترول دو درصد کاهش می‌یابد (Gary et al., 1995).

جدول ۵- غلظت فرآسنجه‌های بیوشیمیایی سرم جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی (میلی گرم بر دسی لیتر)

Table 5- Serum concentration of biochemical blood indicators of broiler chickens at 42th day (mg/dl)

تیمارها Treatments	کلسترول Cholesterol	تری گلیسرید Triglyceride	لیپوپروتئین با چگالی کم LDL	آلبومین Albumin	پروتئین تام Total protein	گلوکز Glucose	اسید اوریک Uric Acid	آسپاراتات آمینوترانسفراز AST	آلانین آمینوترانسفراز ALT
شاهد Control	139.53 ^a	124.75 ^a	64.00	1.32 ^a	2.10	214.25	4.02 ^a	297.00	15.50 ^a
۱۵۰ میلی گرم در کیلوگرم عصاره آبی 150 mg/kg water extract	124.25 ^{ab}	120.25 ^a	72.00	1.31 ^{ab}	2.17	220.25	3.87 ^a	304.25	12.00 ^{ab}
۳۰۰ میلی گرم در کیلوگرم عصاره آبی 300 mg/kg water extract	116.25 ^b	118.25 ^a	64.00	1.20 ^{ab}	1.90	231.00	3.30 ^{ab}	294.75	11.75 ^{ab}
۴۵۰ میلی گرم در کیلوگرم عصاره آبی 450 mg/kg water extract	126.50 ^{ab}	87.00 ^b	68.00	1.37 ^a	2.25	219.25	2.82 ^b	302.75	11.50 ^b
۱۵۰ میلی گرم در کیلوگرم عصاره الکلی 150 mg/kg alcoholic extract	128.25 ^{ab}	117.00 ^a	69.50	1.25 ^{ab}	2.10	223.00	3.07 ^{ab}	306.50	13.50 ^{ab}
۳۰۰ میلی گرم در کیلوگرم عصاره الکلی 300 mg/kg alcoholic extract	124.00 ^{ab}	96.00 ^{ab}	65.25	1.30 ^{ab}	2.20	222.75	2.75 ^b	307.00	12.00 ^{ab}
۴۵۰ میلی گرم در کیلوگرم عصاره الکلی 450 mg/kg alcoholic extract	108.00 ^b	102.00 ^{ab}	61.75	1.07 ^b	1.87	212.25	3.62 ^{ab}	301.50	12.50 ^{ab}
سطح معنی داری P-value	0.0008	0.0029	0.1490	0.0262	0.2977	0.5418	0.0013	0.0648	0.0357
خطای آزمایشی SEM	4.44	6.47	2.69	0.05	0.12	6.69	0.21	18.05	0.83

میانگین‌های هر ستون با حروف غیرمشابه اختلاف معنی داری یا یکدیگر دارند ($P < 0.05$)

Means within same column with different superscripts differ ($P < 0.05$).

کاهش غلظت لیپیدهای سرمی باشد. این عوامل باعث افزایش دفع صفرا شده و در نتیجه غلظت کلسترول و تری گلیسرید سرم خون کاهش می‌یابد. افزودنی‌های گیاهی به‌واسطه کاهش سنتز کبدی اسیدهای چرب می‌توانند غلظت تری گلیسریدهای سرم را تحت تأثیر قرار دهند (Emadi & Kermanshahi, 2006). اثر دیگر افزودنی های گیاهی در کاهش تری گلیسرید خون، احتمالاً از طریق افزایش میزان و فعالیت لیپوپروتئین لیپاز عروقی باشد که در نتیجه آن تری گلیسریدهای عروق خونی تجزیه شده و هیدرولیز تری گلیسریدها سبب کاهش آن در پلاسما می‌شود (Kohnsal Vajargah et al.,)

محققان دیگری عدم تأثیر عصاره‌های گیاهی را بر کلسترول و تری گلیسرید خون جوجه‌های گوشتی گزارش کردند (Demir et al., 2008; Sarica et al., 2005). در مقابل، کروول و همکاران (Crowell, 1999) گزارش کردند که افزودن عصاره‌های گیاهی به جیره غذایی طیور باعث کاهش غلظت کلسترول خون و زرده تخم مرغ می‌شود. این محققان علت این کاهش را به اثر ممانعت‌کنندگی عصاره‌های گیاهی بر آنزیم‌های کلیدی ساخت لیپید و کلسترول و یا پایداری ترکیبات شیمیایی موجود در این عصاره‌ها نسبت دادند. وجود ترکیبات آلكالوئیدی و تانن موجود در گیاهان دارویی می‌تواند دلیلی بر

دی آلدئید نشان دهنده پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی بر اثر اکسیداتیو می باشد، زیرا اگر رادیکال های آزاد تولید شود، می تواند به اسیدهای غیراشباع غشاء سلول حمله کرده و واکنش دهد. به طور کلی، کاهش سطح مالون دی آلدئید در پاسخ به افزایش سطح هر دو عصاره، به صورت وابسته به دوز بود.

فعالیت آنتی اکسیدانی نسترن به طور عمده از طریق حذف رادیکال های آزاد و پراکسید هیدروژن صورت می گیرد. نسترن دارای کارتنوئیدهای لیکوپن و کاروتن است، مطالعات اپیدمیولوژیکی پیشنهاد می کند که جیره غذایی حاوی این ترکیبات به عنوان پیش ماده ویتامین آ یا به عنوان پاداکسایش های شکننده زنجیره فعالیت می کند. کارتنوئیدها با پاکسازی رادیکال های آزاد، از پراکسیداسیون لیپیدها جلوگیری می کنند و با حفاظت سلول ها از اکسیدان های نوری، از انواع سرطان های حاد جلوگیری می کند (Ghazghazi et al., 2010).

پاسخ ایمنی

بر اساس نتایج جدول ۷، تیمارهای آزمایشی تنها تأثیر معنی داری بر سطح پادتن سرم داشتند ($P=0.0058$). میزان پادتن تام در گروه شاهد ($4/25$ میلی گرم بر دسی لیتر) به طور معنی داری کمتر از تمام تیمارهای دریافت کننده عصاره بود. در بین تیمارهای آزمایشی، همه گروه های دریافت کننده عصاره (اعم از آبی و الکلی در سطوح مختلف) با مقادیری بین $5/50$ تا $6/00$ میلی گرم بر دسی لیتر، افزایش معنی داری در پادتن تام نشان دادند و از این نظر اختلاف آماری معنی داری با یکدیگر نداشتند. در مقابل، سطوح ایمونوگلوبولین M و ایمونوگلوبولین G تحت تأثیر معنی دار تیمارها قرار نگرفتند.

در صنعت پرورش طیور، بهبود ایمنی به لحاظ جلوگیری از بیماری های عفونی بسیار اهمیت دارد. عوامل زیادی از قبیل عدم واکسیناسیون، عفونت به دلیل بیماری تحلیل برنده ایمنی و مصرف بیش از حد آنتی بیوتیک ها می تواند نقص ایمنی را باعث شود. بنابراین استفاده از محرک های سیستم ایمنی یکی از راه های بهبود ایمنی و کاهش حساسیت به بیماری های عفونی می باشد. گیاهان دارویی که از لحاظ فلاونوئیدها غنی می باشند، فعالیت ویتامین ث را تشدید کرده و به عنوان آنتی اکسیدان عمل می کنند و بنابراین عملکرد سیستم ایمنی را بهبود می بخشند (Acamovic & Brooker, 2005).

ترکیبات فنلی بعد از جذب، وارد سیستم گردش خون می شوند و افزایش میزان آن ها در خون سبب محافظت لیپیدهای سرم در برابر اکسیداسیون می شود (Manach et al., 2004). ویتامین E کیورسین (به عنوان یک ترکیب فنلی) سبب کاهش میزان اکسیداسیون LDL و HDL سرم می گردد. نحوه عمل آن ها از طریق باند کردن این لیپیدها با ترکیب های فنلی می باشد (Melinda et al., 2007). بنابراین عصاره میوه نسترن به عنوان منابع غنی از ترکیبات پلی فنلی می تواند در جهت تغییر غلظت لیپیدهای خونی مؤثر باشند. دو آنزیم آسپارات آمینوترانسفراز و آلانین آمینوترانسفراز از آنزیم های اصلی مرتبط با فعالیت کبد هستند. آنزیم آلانین آمینوترانسفراز فقط در کبد است و آنزیم آسپارات آمینوترانسفراز که علاوه بر کبد، در ماهیچه، قلب، کلیه و مغز وجود دارد. اگر فعالیت این دو آنزیم در خون افزایش یابد، می توان دریافت که کبد دچار آسیب شده است (Jamshidi et al., 2007; Zargari, 2011). افزایش فعالیت آنزیم های کبدی سرم نشانه ای از مشکلات کبدی است (Zargari, 2011). در این آزمایش، میزان فعالیت آنزیم کبدی آلانین آمینوترانسفراز (ALT) نیز در تیمار 450 میلی گرم در کیلوگرم عصاره آبی ($11/50$ واحد) به طور معنی داری کاهش پیدا کرد ($P<0.05$) که نشان دهنده ممانعت از آسیب های کبدی هست. دشتبان و همکاران (Dashtban et al., 2013) گزارش کردند که عصاره گیاه کهورک در دوزهای 50 و 75 میلی گرم در کیلوگرم جیره سبب کاهش معنی دار آنزیم های کبدی خون شد. صالح و همکاران (Saleh et al., 2017) نیز در آزمایشی روی جوجه های گوشتی، کاهش فعالیت آنزیم های آسپارات آمینوترانسفراز (AST) و آلانین آمینوترانسفراز (ALT) را در تیمارهای آزمایشی پوست انار و عصاره پوست انار در مقایسه با شاهد گزارش نمودند.

عملکرد وضعیت آنتی اکسیدانی

بر اساس نتایج جدول ۸، تیمارهای آزمایشی تأثیر معنی داری بر کاهش سطح مالون دی آلدئید (MDA) پلاسما در جوجه های گوشتی داشتند ($P<0.05$). سطح مالون دی آلدئید در گروه های دریافت کننده عصاره الکلی میوه نسترن به طور قابل توجهی پایین تر از گروه شاهد بود. عصاره آبی نیز سبب کاهش مالون دی آلدئید شد، اما این کاهش نسبت به عصاره الکلی با شدت کمتری مشاهده گردید. سطح مالون

جدول ۶- اثر تیمارهای آزمایشی بر مقدار مالون دی آلدئید پلاسماي خون جوجه‌های گوشتی (نانومول بر میلی‌لیتر) در سن ۴۲ روزگی

Table 6- Effect of experimental treatments on the amount of malondialdehyde in the blood plasma of broilers (nmol/ml) at 42th day

	عصاره آبی میوه نسترن (میلی گرم در کیلوگرم جیره) Water extract (mg/kg)				عصاره الکلی میوه نسترن (میلی گرم در کیلوگرم جیره) Alcoholic extract (mg/kg)		
	شاهد Control	150	300	450	150	300	450
مالون دی آلدئید MDA	0.72 ^a	0.69 ^{ab}	0.68 ^{ab}	0.67 ^{bc}	0.63 ^{cd}	0.62 ^d	0.60 ^d

میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ردیف دارای تفاوت معنی‌دار آماری هستند ($P<0.05$)

Means within same row with different superscripts differ ($P<0.05$).

جدول ۷- اثر تیمارهای آزمایشی بر عیار IgM و IgG و پادتن تام ضد سوسپانسیون گلبول قرمز گوسفندی (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر) در جوجه‌های گوشتی در ۴۲ روزگی

Table 7- Effect of experimental treatments on IgM and IgG titers and total antibody against sheep red blood cell suspension in broilers (mg/dl)

تیمارها Treatments	پادتن تام Total antibody	IgM	IgG
گروه شاهد Control	4.25 ^b	2.25	2.00
۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره آبی 150 mg/kg water extract	5.75 ^a	2.24	3.51
۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره آبی 300 mg/kg water extract	5.50 ^{ab}	2.75	2.75
۴۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره آبی 450 mg/kg water extract	5.75 ^a	2.75	3.00
۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره الکلی 150 mg/kg alcoholic extract	5.75 ^a	2.78	2.97
۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره الکلی 300 mg/kg alcoholic extract	5.75 ^a	2.75	3.00
۴۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره الکلی 450 mg/kg alcoholic extract	6.00 ^a	2.90	3.10
سطح معنی‌داری P-value	0.0058	0.4318	0.1866

میانگین‌های هر ستون با حروف غیرمشابه اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند ($P<0.05$)

Means within same column with different superscripts differ ($P<0.05$).

گیاهی در جیره افزایش می‌یابد که با نتایج به‌دست‌آمده در این مطالعه مطابقت دارد. به‌طوری‌که این محققان نشان دادند که جیره‌های شامل پروبیوتیک‌ها با افزایش تنظیم باکتری‌هایی که پاسخ ایمنی اکتسابی را به‌وسیله لنفوسیت‌های B و T القاء می‌کنند، پاسخ ایمنی را افزایش می‌دهند. همچنین کوک و سامان (Cook & Samman, 1996) بیان کردند که عصاره‌های گیاهی با افزایش فعالیت ویتامین ث و فعالیت فاگوسیت‌ها، پاسخ ایمنی بدن را افزایش می‌دهند. گیاهان دارویی همچنین دارای خواص کنشی و تحریک‌کنندگی سامانه ایمنی می‌باشند. عصاره نسترن به‌دلیل داشتن گروه فنلی در ترکیب خود دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی است و موجب خنثی شدن رادیکال‌های آزاد و جلوگیری از انتشار اکسیداسیون می‌شود و تأثیر محافظتی بر

از آنجایی که فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ضدباکتریایی و ضدویروسی برخی اسانس‌های گیاهی به اثبات رسیده است (Botsoglou *et al.*, 2002)، افزایش در پاسخ ایمنی جوجه‌ها مطابق نتایج این مطالعه قابل پیش‌بینی می‌باشد. در تحقیق حسینی و اشان و همکاران (Hosseini-Vashan *et al.*, 2012)، استفاده از ۰/۸ درصد پودر زردچوبه به‌عنوان یک ترکیب گیاهی با خاصیت آنتی‌اکسیدانی باعث افزایش عیار پادتن در پاسخ به تزریق SRBC در سن ۲۸ روزگی (قبل از تنش گرمایی) و افزایش عددی عیار پادتن در سن ۴۲ روزگی (تحت تنش گرمایی) گردید که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. کوئین و همکاران (Koenen *et al.*, 2004) گزارش کردند که پاسخ‌های ایمنی با استفاده از پروبیوتیک‌ها، داروها و عصاره‌های

نتیجه‌گیری کلی

براساس نتایج این تحقیق، سطح ۳۰۰ میلی گرم در کیلوگرم عصاره آبی موجب بهبود معنی‌دار وزن بدن، افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی در مقایسه با جیره شاهد شد. در مجموع، سطح ۳۰۰ و ۴۵۰ عصاره آبی و همچنین سطح ۴۵۰ عصاره الکلی میوه نسترن موجب بهبود عملکرد، کیفیت لاشه، صفات بیوشیمیایی خون و پاسخ ایمنی در جوجه‌های گوشتی شد. انجام مطالعات بیشتر در این زمینه توصیه می‌شود.

سلول و بافت دارد و از این طریق احتمالاً می‌تواند بر سیستم ایمنی تأثیر مثبتی داشته باشد. صالح و همکاران (Saleh et al., 2017) گزارش کردند که پاسخ سامانه ایمنی همورال در جوجه‌های تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی α -توکوفرول استات و سطوح مختلف عصاره پوست انار بهبود یافت، ولی پاسخ ایمنی همورال در گروه‌های تغذیه شده با سطوح مختلف پوست انار نسبت به شاهد در هر دو بازه زمانی و برای هر سه شاخص SRBC، IgM و IgG کاهش یافت که نتایج مطالعه حاضر با نتایج این پژوهشگران هم‌خوانی ندارد، زیرا در مطالعه حاضر، عصاره میوه نسترن باعث بهبود پاسخ ایمنی همورال شد.

References

- Abazari, F., Rezaei, M., & Rahimi, M. (2012). The effect of using different levels of thyme in low protein diet on performance and carcass characteristics of broiler chickens. 5th Iranian Animal Science Congress, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. (In Persian)
- Acamovic, T., & Brooker, J. D. (2005). Biochemistry of plant secondary metabolites and their effects in animals. *Proceedings of the Nutrition Society*, 64(3), 403-412. <https://doi.org/10.1079/pns2005449>
- Agostini, P. S., & Sola-Oriol, D. (2012). Role of infeed clove supplementation on growth performance, intestinal microbiology, and morphology in broiler chicken. *Livestock Science*, 147, 113-118. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.04.010>
- Alçiçek, A., Bozkurt, M., & Çabuk, M. (2004). The effect of a mixture of herbal essential oils, an organic acid or a probiotic on broiler performance. *South African Journal of Animal Science*, 34(4), 217-222.
- Amad, A. A., Manner, K., Wendler, K. R., Neumann, K., & Zentek, J. (2011). Effects of a phytogenic feed additive on growth performance and ileal nutrient digestibility in broiler chickens. *Poultry Science Journal*, 90, 2811-2816. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01515>
- Anderson, G., McKinley, R. S., & Colavecchia, M. (1997). The use of clove oil as an anesthetic for rainbow trout and its effects on swimming performance. *North American Journal of Fisheries Management*, 17(2), 301-307. [https://doi.org/10.1577/1548-8675\(1997\)017<0301:TUOAOA>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8675(1997)017<0301:TUOAOA>2.3.CO;2)
- Andersson, U., Berger, K., Högborg, A., Landin-Olsson, M., & Holm, C. (2012). Effects of rose hip intake on risk markers of type 2 diabetes and cardiovascular disease: A randomized, double-blind, cross-over investigation in obese persons. *European Journal of Clinical Nutrition*, 66(5), 585. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2011.203>
- Aviagen, R. (2014). 308 Broiler: Nutrition Specifications. Huntsville, AL, USA: Aviagen Group.
- Botsoglou, N. A., Florou-Paneri, P., Christaki, E., Fletouris, D. J., & Spais, A. B. (2002). Effect of dietary oregano essential oil on performance of chickens and on iron-induced lipid oxidation of breast, thigh and abdominal fat tissues. *British Poultry Science*, 43(2), 223-230. <https://doi.org/10.1080/00071660120121436>
- Chrubasik, C., Duke, R. K., & Chrubasik, S. (2006). The evidence for clinical efficacy of rose hip and seed: A systematic review. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 20(1), 1-3. <https://doi.org/10.1002/ptr.1729>
- Cook, N. C., & Samman, S. (1996). Flavonoids: Chemistry, metabolism, cardioprotective effects and dietary sources. *Nutritional Biochemistry*, 7, 66-76. [https://doi.org/10.1016/S0955-2863\(95\)00168-9](https://doi.org/10.1016/S0955-2863(95)00168-9)
- Crowell, P. L. (1999). Prevention and therapy of cancer by dietary monoterpenes. *The Journal of Nutrition*, 129(3), 775S-778S. <https://doi.org/10.1093/jn/129.3.775S>
- Dansethakul, P., Thapanathamchai, L., Saichanma, S., Worachartcheewan, A., & Pidetcha, P. (2015). Determining a new formula for calculating low-density lipoprotein cholesterol: Data mining approach. *Excli Journal*, 14, 478. <https://doi.org/10.17179/excli2015-162>
- Dashtban, M., Sarir, H., & Omid, A. (2013). The effect of fruit extract of the plant Kahorak on blood glucose and cholesterol concentrations in diabetic and hypercholesterolemic rats. MSc. Thesis, University of Birjand, Birjand, Iran. (In Persian)
- Demir, E., Kilinc, K., Yildirim, Y., Dincer, F., & Eseceli, H. (2008). Comparative effects of mint, sage, thyme and flavomycin in wheat-based broiler diets. *Archiva Zootechnica*, 11(3), 54-63.
- Dorman, H. J., & Deans, S. G. (2000). Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *Journal of Applied Microbiology*, 88(2), 308-316. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2000.00969.x>
- Emadi, M., & Kermanshahi, H. (2006). Effect of turmeric rhizome powder on performance and carcass characteristics of broiler chickens. *International Journal of Poultry Science*, 5(11), 1069-1072.

<https://doi.org/10.3923/ijps.2006.1069.1072>

Ercisli, S. (2007). Chemical composition of fruits in some rose (*Rosa* spp.) species. *Food Chemistry*, 104(4), 1379-1384. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.01.053>

Ezz El-Arab, W. F. (2008). Productive, physiological, immunological and economical effects of supplementing natural feed additives to broiler diets. M. Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Alexandria University, Egypt.

Gary L. C., He, L., Huanbiao, M. O., & Elson, C. H. (1995). Induction of geranyl pyrophosphate pyrophosphatase activity by cholesterol-suppressive isoprenoids. *Lipids*, 30(4), 357-359. <https://doi.org/10.1007/BF02536045>

Ghazghazi, H., Miguel, M. G., Hasnaoui, B., Sebei, H., Ksontini, M., Figueiredo, A. C., & Pedro6, L. G. & Barroso, J. G. (2010). Phenols, essential oils and carotenoids of *Rosa canina* from Tunisia and their antioxidant activities. *African Journal of Biotechnology*, 9(18), 2709-2716.

Hallett, M. (2014). Tremor: Pathophysiology. *Parkinsonism & Related Disorders*, 20, S118-S122. [https://doi.org/10.1016/S1353-8020\(13\)70029-4](https://doi.org/10.1016/S1353-8020(13)70029-4)

Hamadiyeh, M., Hosseini, S. A., Lotfollahian, H., Moghihi-Asli, M., & Gholami-Karkani, A. (2013). The effect of Shirazi thyme essential oil on performance, carcass characteristics and oxidative stability of meat in broiler chickens. *Animal Production Research*, 2(2), 43-52. (In Persian)

Hashemi, S. R., & Davoodi, H. (2010). Phyto-genics as new class of feed additive in poultry industry. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9(17), 2295-2304

Hernandez, F., Madrid, J. I., Garcia, V., Orengo, J., & Megias, M. D. (2004). Influence of two plant extracts on broilers performance, digestibility, and digestive organ size. *Poultry Science*, 83(2), 169-174. <https://doi.org/10.1093/ps/83.2.169>

Hosseini-Vashan, S. J., Golian, A., Yaghoobfar, A., Zarban, A., Afzali, N., & Esmaeilinasab, P. (2012). Antioxidant status, immune system, blood metabolites and carcass characteristic of broiler chickens fed turmeric rhizome powder under heat stress. *African Journal of Biotechnology*, 11(94), 16118-16125. (In Persian). <https://doi.org/10.5897/ajb12.1986>

Jamshidi, A., Ahmadi Ashtiani, H., Gholamhosseini, B., & Bakaei, S. (2007). The effects of oral administration of the extract Milk thistle (silymarin) on histological and biochemical changes caused by aflatoxin in broilers. *Medicinal Plants*, 4(24), 9-14.

Koenen, M. E., Kramer, J., Van Der Hulst, R., Heres, L., Jeurissen, S. H. M., & Boersma, W. J. A. (2004). Immunomodulation by probiotic lactobacilli in layer-and meat-type chickens. *British Poultry Science*, 45(3), 355-366. <https://doi.org/10.1080/00071660410001730851>

Kohnsal Vajargah, S., Motamedi, M., & Kohnsal Vajargah, F. (2015). Study of the effect of three medicinal plant species: thyme, fennel and mint on the nutrition and health of livestock and poultry. First National Conference on Medicinal Plants and Herbal Medicines. Farzin Center for Sustainable Development of Science and Technology, Tehran, Iran. (In Persian)

Lamson, D. W., & Brignall, M. S. (2000). Antioxidants and cancer, part 3: Quercetin. Alternative medicine review: *Journal of Clinical Therapeutic*, 5(3), 196-208.

Larsen, E., Kharazmi, A., Christensen, L. P., & Christensen, S. B. (2004). An anti-inflammatory galactolipid from rose hip (*rosa canina*) inhibits chemotaxis of human peripheral blood neutrophils *in vitro*: p. 01-02. *Acta Physiologica Scandinavica*, 181(1), A80. <https://doi.org/10.1021/np0300636>

Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., & Jiménez, L. (2004). Polyphenols: Food sources and bioavailability. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 79(5), 727-747. <https://doi.org/10.1093/ajcn/79.5.727>

Melinda, Y., Han, Barbaros, Ö., Yuanbo, Z., & Philip, K. (2007). Energy band-gap engineering of graphene nanoribbons. *Physical Review Letters*, 98(20), 206805. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.98.206805>

Nelson, C., & Reginald, A. (1995). Antimicrobial properties of extract of *Allum cepa* (Onion) and *Zingiber officinale* (Ginger) on *E. coli*, *Salmonella typhi* and *Bacillus subtilis*. *Journal of Tropical Medicine*, 3, 430-437.

Ninomiya, K., Matsuda, H., Kubo, M., Morikawa, T., Nishida, N., & Yoshikawa, M. (2007). Potent anti-obese principle from *Rosa canina*: Structural requirements and mode of action of trans-tiliroside. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 17(11), 3059-3064. <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2007.03.051>

Orhan, D. D., Hartevioğlu, A., Küpeli, E., & Yesilada, E. (2007). *In vivo* anti-inflammatory and antinociceptive activity of the crude extract and fractions from *Rosa canina* L. fruits. *Journal of Ethnopharmacology*, 112(2), 394-400. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2007.03.029>

Pirmohammadi, A., Daneshyar, M., & Farhoumand, P. (2015). Effect *Thymus vulgaris* and *Mentha pulegium* powders on performance, carcass characteristics and some blood parameters of broilers under heat stress condition. *Iranian Veterinary Journal*, 11(4):12-25. (In Persian). <https://doi.org/10.22055/ivj.2016.13014>

Pourreza, J. (2010). Scientific and Practical Principles of Poultry Farming. University Jihad of Isfahan University, Isfahan, Iran.

Rahimi, S., Teymouri, Z. Z., Karimi, T. M., Omidbaigi, R., & Rokni, H. (2011). Effect of the three herbal extracts on growth performance, immune system, blood factors and intestinal selected bacterial population in broiler chickens. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 13(4), 527-539.

- Rein, E., Kharazmi, A., & Winther, K. (2004). A herbal remedy, Hyben Vital (stand. powder of a subspecies of *Rosa canina* fruits), reduces pain and improves general wellbeing in patients with osteoarthritis—A double-blind, placebo-controlled, randomised trial. *Phytomedicine*, 11(5), 383-391. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2004.01.001>
- Saeedi, K., & Omidbeigi, R. (2009). Study of quantitative and qualitative changes in fatty acids of dog rose (*Rosa canina* L.) seeds in southwestern Iran. *Journal of Horticultural Sciences*, 23(2), 11-17. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/jhorts4.v1388i2.2563>
- Saleh, H., Golian, A., Kermanshahi, H., Farhoosh, R., & Mirkozehi, M. T. (2017). Effect of α -tocopherol acetate, pomogranate peel and extract on performance, nutrient digestibilities and tibia bone calcification in broiler chickens. *Research on Animal Production*, 6(12), 1-11. <https://doi.org/10.1080/09712119.2016.1248841>
- SAS Institute. (2004). User's Guide Version 9.1: Statistics. SAS Institute, Cary N.C.
- Sarica, S., Ciftci, A., Demir, E., Kilinc, K., & Yildirim, Y. (2005). Use of an antibiotic growth promoter and two herbal natural feed additives with and without exogenous enzymes in wheat based broiler diets. *South African Journal of Animal Science*, 35(1), 61-72. <https://doi.org/10.4314/sajas.v35i1.4050>
- Tranberg, C. E., Zickgraf, A., Giunta, B. N., Luetjens, H., Figler, H., J Murphree, L., Falke, R., Fleischer, H., Linden, J., J Scammells, P., & Olsson, R. A. (2004). 2-Amino-3-aryl-4,5 alkylthiophenes: Agonist allosteric enhancers at human A1 adenosine receptors. *PMID*, 11784142. <https://doi.org/10.1021/jm010081p>
- Triantaphyllou, K.; Blekas, G., & Boskou, D. (2001). Antioxidative properties of water extracts obtained from herbs of the species Lamiaceae. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 52(4), 313-317. <https://doi.org/10.1080/09637480120057512>
- Türkben, C., Uylaser, V., Incedayi, B., & Celikkol, I. (2010). Effects of different maturity periods and processes on nutritional components of rose hip (*Rosa canina* L.). *Journl of Food Agriculture Environmental*, 8(1), 26-30.
- Vatan Doost, R., & Jalilzadeh Hedayati, M. (2012). Investigation of waste materials in different modern and traditional extraction methods of *Origanum vulgare*. *Quarterly Journal of Applied Chemistry in the Environment*, 3(12), 16-9. (In Persian)
- Windisch, W., & Kroismayr, A. (2006). The effects of phytobiotics on performance and gut function in monogastrics. Paper presented at the World Nutrition Forum: The Future of Animal Nutrition.
- Yu, SG., Abuirmeileh, NM., Qureshi, AA., & Elson, CE. (1994). Dietary. beta-ionone suppresses hepatic 3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme A reductase activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42(7), 1493-1496. <https://doi.org/10.1021/jf00043a019>
- Zargari, A. (2011). Medicinal Plants. University of Tehran Publications. Third volume, Tehran. Iran. p. 34-38. (In Persian).

Research Article

Vol. 18, No.2, 2026, p. 305-315



Effect of Different Levels of B Complex Vitamins Injection Before Mating on Reproductive Performance of Afshari Ewes

Shahla Khdayary¹, Mohammad Shamsollahi^{1*}, Farshid Fatahnia¹, Jabar Jamali¹, Shahnaz Yousefizadeh²

1- Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran

2 -Department of Laboratory and Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Sciences, Ilam University, Ilam, Iran

*Corresponding Author's Email: m.shamsollahi@ilam.ac.ir

How to cite this article:

Received: 16-02-2026

Revised: 20-02-2026

Accepted: 21-02-2026

Available Online: 22-06-2026

Khdayary, S., Shamsollahi, M., Fatahnia, F., Jamali, J., & Yousefizadeh, S. (2026). Effect of Different Levels of B Complex Vitamins Injection Before Mating on Reproductive Performance of Afshari Ewes. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 18(2), 305-315. (In Persian).

<https://doi.org/10.22067/IJASR.2026.92188.1237>

Introduction: Nutritional manipulation of reproduction is a practical management strategy to increase lambing rates in extensive sheep production systems, especially in semi-arid regions such as Iran. Nutrition influences reproductive performance by providing essential nutrients required for oocyte development, ovulation, fertilization, and embryo survival. Follicular development in ewes is highly sensitive to nutritional status, and folliculogenesis and ovulation rate can be enhanced through nutritional manipulation. Improved nutrient supply can affect the pituitary-hypothalamic axis and consequently alter the secretion of gonadotropins, progesterone, estrogen, insulin and growth hormone secretion leading to increased ovulation rate and oocyte quality. The most important nutritional factors affecting reproduction in ruminants include energy, protein, minerals and vitamins. Deficiencies of minerals and vitamins in the diet impair health status and reduce ovulation rate. B-complex vitamins are water-soluble compounds that include thiamine (B1), riboflavin (B2), niacin (B3), pantothenic acid (B5), pyridoxine (B6), biotin (B7), folic acid (B9), and cobalamin (B12). B vitamins, as biochemical cofactors, are essential for various biological processes including maintaining cellular homeostasis, e.g., genomic stability, mitochondrial function, energy metabolism (e.g., in the Krebs cycle in mitochondria and the folate, glutathione, and methionine cycles in the cytosol), and redox homeostasis. All B vitamins required for growth are also required for reproduction and fetal development. Deficiencies of folic acid, riboflavin, pantothenic acid, choline, and cobalamin (vitamin B₁₂) can impair reproductive performance. Therefore, the objective of the present study was to investigate the effect of injecting different levels of B-complex vitamins (BCV) before mating on body condition score (BCS), plasma metabolite concentrations, and reproductive performance in Afshari ewes.

Materials and Methods: A total of 75 mature Afshari ewes were divided into three equal groups based on age (2-3 years) and body condition score (BCS; average = 3.25) and randomly allocated to experimental treatments (n = 25 ewes per group). Experimental treatments consisted of (1) control group (C; no BCV injection), (2) ewes received subcutaneous 5 mL injection of BCV (BCV-5) and (3) ewes received



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.2026.92188.1237>

subcutaneous 10 mL injection of BCV (BCV-10). The BCV solution was injected subcutaneously at the beginning of estrous synchronization, 7 days later and at the day of sponge removal. Estrous of all ewes were synchronized by 12-day intravaginal sponge and intramuscular injection of 2.5 mL of vetaroline at the day of sponge removal. Animals also received an intramuscular injection of 5 mL of a solution contained vitamin A (50000 IU/mL), vitamin D₃ (10000 IU/mL) and vitamin E (20 mg/mL; 3VitADE, Nasr Fariman Co, Fariman, Iran) and 5 mL of a solution contained vitamin E (50 mg/mL) and Se (0.5 mg/mL; SelojectE, Razak Co, Tehran, Iran) at the day of sponge insertion and removal, respectively. All ewes were mated with Afshari rams for 3 consecutive days (1 ram per 5 ewes). Pregnancy diagnosis was performed for 30 days post-mating using plasma progesterone assay by an ELISA reader (STAT-FAX 3200, USA) and a commercial kit (Monobind Inc. USA, ELISA kit). Blood samples were collected at the beginning of experiment, on the day of sponge withdrawal and at the day of estrous.

Results and Discussion: Results showed that plasma glucose concentration on the day of sponge removal tended to be higher in BCV-10 group than other groups ($P=0.09$). However, plasma glucose concentration of glucose on the day of estrous did not influence by level of BCV injection before mating. Injection of different levels of BCV before mating had no effect on plasma concentrations of total cholesterol and total protein at the day of sponge removal and at the day of estrous ($P>0.05$). Ewes received BCV solution had lower plasma urea nitrogen concentrations at the day of sponge removal ($P<0.05$). However, experimental treatments had no effect on plasma concentration of urea nitrogen at the day of estrus ($P>0.05$). The body condition score (BCS) of ewes was similar among all groups ($P>0.05$). The highest plasma vitamin B₁₂ concentration at the day of estrous and at the day of sponge removal was observed in BCV-10 group compared to other groups ($P<0.05$). Higher lambing rate and fertility rate were observed in BCV-10 group than other groups ($P<0.05$). Whereas twinning rate was not influenced by experimental treatments ($P>0.05$).

Conclusion: The results of this experiment showed that injection of a solution containing BCV (especially 10 ml) before mating by increasing plasma glucose and vitamin B₁₂ concentrations and decreasing urea nitrogen concentration improved fertility and lambing rates in Afshari ewes. Therefore, it can be used as a strategy to improve the reproductive performance of ewes. However, this effect should be confirmed in future studies.

Keywords: Afshari ewe, B complex vitamin, Estrus, Fertility rate, Plasma metabolites

اثر تزریق سطوح مختلف ویتامین B کمپلکس پیش از جفت‌گیری بر عملکرد تولیدمثلی میش‌های افشاری

شهلا خدایاری^۱، محمد شمس الهی^{۲*}، فرشید فتاح‌نیا^۱، جبار جمالی^۱، شهناز یوسفی زاده^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۰۲

چکیده

مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر تزریق سطوح مختلف محلول حاوی ویتامین‌های B کمپلکس (۱۰ میلی‌گرم تیامین، ۴ میلی‌گرم ریبوفلاوین، ۴ میلی‌گرم پیریدوکسین، ۱۰ میلی‌گرم کوپالامین، ۵۰ میلی‌گرم نیاسین آمید و ۵ میلی‌گرم دکسپانتتول) در پیش از جفت‌گیری بر نمره وضعیت بدنی، غلظت ویتامین B₁₂، فراسنجه‌های پلاسما (گلوکز، کلسترول کل، نیتروژن اورهای، پروتئین کل و ویتامین B₁₂) و عملکرد تولیدمثلی میش‌های افشاری انجام شد. یک ماه قبل از شروع فعالیت‌های تولیدمثلی، تعداد ۷۵ رأس میش بالغ افشاری براساس سن (دو تا سه سال) و نمره وضعیت بدنی (میانگین ۳/۲۵) به سه گروه ۲۵ رأسی تقسیم و به‌طور تصادفی به تیمارهای آزمایشی اختصاص داده شدند. تیمارهای آزمایشی شامل ۱- میش‌های گروه شاهد (بدون تزریق ویتامین B کمپلکس)، ۲- میش‌های دریافت‌کننده پنج میلی‌لیتر محلول ویتامین B کمپلکس ۳- میش‌های دریافت‌کننده ۱۰ میلی‌لیتر محلول ویتامین B کمپلکس بودند. محلول حاوی ویتامین B کمپلکس در زمان شروع آزمایش، هفت روز بعد و روز خروج اسفنج به‌صورت زیرجلدی به میش‌ها تزریق شد. هم‌زمان‌سازی فحلی میش‌ها با کارگزاری اسفنج‌های حاوی پروژسترون درون واژن به مدت ۱۲ روز و سپس ۲/۵ میلی‌لیتر وتارولین، با نام ژنریک آلارلین (لولیبرین-آ) در روز خروج اسفنج صورت گرفت. نمونه‌های خون در شروع آزمایش و در روزهای خروج اسفنج و فحلی از سیاهرگ وداج میش‌ها جمع‌آوری شد. نتایج نشان داد که غلظت ویتامین B₁₂ در روز فحلی در گروه ۱۰ میلی‌لیتری به‌طور معنی‌داری بیشتر بود ($P < 0.05$). میش‌های دریافت‌کننده ۱۰ میلی‌لیتر محلول حاوی ویتامین‌های B کمپلکس دارای نرخ باروری و نرخ بهره‌زایی بیشتری در مقایسه با دیگر گروه‌ها بودند. به‌طور کلی، تزریق ۱۰ میلی‌لیتر محلول حاوی ویتامین‌های B کمپلکس در پیش از جفت‌گیری باعث بهبود عملکرد تولیدمثلی میش‌های افشاری شد.

واژه‌های کلیدی: فحلی، فراسنجه‌های پلاسما، نرخ باروری، ویتامین B₁₂

مقدمه

بر برخی از هورمون‌ها و متابولیت‌ها بر آبستنی و باروری تأثیر می‌گذارد (Robinson et al., 2006). بهبود تأمین مواد مغذی می‌تواند بر محور هیپوفیز-هیپوتالاموس و در نتیجه بر گنادوتروپین‌ها، تغییر غلظت پروژسترون، استروژن، انسولین، هورمون رشد و برخی متابولیت‌ها (مانند گلوکز) تأثیر گذاشته و منجر به افزایش نرخ تخمک‌گذاری و کیفیت تخمک می‌شود (Scaramuzzi et al., 2006). کمبود مواد معدنی و ویتامین در جیره غذایی به‌ویژه در مورد گوسفندانی که از مرتع تغذیه می‌کنند، وضعیت سلامت را مختل کرده و سرعت تخمک‌گذاری را کاهش می‌دهد (Abdollahi et al., 2015). نژاد افشاری جزء نژادهای سنگین وزن کشور محسوب می‌شود که سرعت رشد بالا، تولید شیر مطلوب و توان دوقلو زایی بالایی دارد. از طرف دیگر در گوسفند، ۲۰ تا ۴۰ درصد از تخمک‌های

دستکاری تولیدمثل از طریق تغذیه، یک روش مدیریتی عملی برای افزایش نرخ بهره‌زایی در سیستم‌های گسترده پرورش گوسفند به‌ویژه در مناطق نیمه‌خشک مانند ایران است. تغذیه از دو طریق به‌طور مستقیم با تأمین مواد مغذی ضروری برای رشد تخمک، تخمک‌گذاری، بقاء جنین، لقاح و به‌طور غیرمستقیم از طریق تأثیر آن

۱- گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران
۲- گروه علوم آزمایشگاهی و درمانگاهی، دانشکده پیرادامپزشکی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

*- نویسنده مسئول: (Email: m.shamsolahi@ilam.ac.ir)
<https://doi.org/10.22067/IJASR.2026.92188.1237>

بارور شده در طول بارداری، عمدتاً در ماه اول از بین می‌روند (Ashworth, 1995). ویتامین‌های B کمپلکس برای اطمینان از عملکرد صحیح تمام سلول‌های بدن مهم هستند و همچنین به عنوان عوامل کمکی برای آنزیم‌ها عمل می‌کنند. ویتامین‌ها به دلیل نقش سلولی آن‌ها در متابولیسم، نگهداری و رشد برای فعالیت تخمدان و رشد رویان، جفت و جنین مورد نیاز هستند. کمبود ویتامین B₁₂ نرخ تخمک‌گذاری در میش را کاهش داده و در صورت وجود غلظت بالای ویتامین B₁₂، تعداد جسم زردها در میش‌ها بیشتر می‌گردد (Mitchell et al., 2007). گزارش شده که مکمل ویتامین B₁₂، تعداد بلاستوسیت‌ها را افزایش می‌دهد (Mitchell et al., 2005). ترکیبات تزریقی سلنیوم، ویتامین E و ویتامین B₁ پس از هم‌زمان‌سازی فحلی باعث افزایش میزان باروری میش‌ها گردید (Yazlik et al., 2020). با توجه به کمبود اطلاعات در این زمینه و با در نظر گرفتن مطالب فوق، هدف از این تحقیق بررسی اثر تزریق سطوح مختلف ویتامین B کمپلکس پیش از جفت‌گیری بر عملکرد تولیدمثلی میش‌های افشاری بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در یک واحد پرورش گوسفند نیمه‌صنعتی واقع در استان ایلام، شهر شیبان انجام شد. مراحل اجرایی آزمایش از اوایل خرداد ۱۴۰۲ شروع شد که تقریباً هم‌زمان با شروع فصل تولیدمثل گوسفند در منطقه بود و در آذر ماه ۱۴۰۲ به اتمام رسید. برای انجام این آزمایش از ۷۵ رأس میش بالغ افشاری با وزن بدن (میانگین 40 ± 2 کیلوگرم)، نمره وضعیت بدنی (میانگین $3/25$) و سن (دو تا سه سال) استفاده شد و سپس به سه گروه (۲۵ رأس در هر گروه) تقسیم گردید. سپس به منظور مبارزه با انگل‌های خارجی و داخلی، دو میلی‌لیتر آیورجکت (آیورمکتین) به صورت زیرجلدی به همه میش‌ها تزریق شد. علاوه بر این برای مبارزه با انگل‌های کبدی و انگل‌های دستگاه گوارش، دو بار با فاصله ۱۴ روز از دو بولوس نیکلوزام (نیکلوزاماید ۱۲۵۰ میلی‌گرمی)، ساخت شرکت زاگرس فارمد پارس (تهران، ایران) به صورت دهانی برای همه میش‌ها استفاده گردید. تیمارهای آزمایشی شامل ۱- میش‌های گروه شاهد (بدون تزریق محلول ویتامین B کمپلکس)، ۲- میش‌های دریافت‌کننده پنج میلی‌لیتر محلول ویتامین B کمپلکس (ب کوککت رویان دارو) و ۳- میش‌های دریافت‌کننده ۱۰ میلی‌لیتر محلول ویتامین B کمپلکس براساس توصیه شرکت سازنده و دو برابر آن بوده است. محلول ویتامین‌های B کمپلکس (۱۰ میلی‌گرم تیامین، ۴ میلی‌گرم ریبوفلاوین، ۴ میلی‌گرم پیریدوکسین، ۱۰ میلی‌گرم کوبالامین، ۵۰ میلی‌گرم نیاسین آمید و ۵ میلی‌گرم دکسپانتنول) به صورت زیرجلدی و در زمان شروع هم‌زمان-

سازی فحلی، هفت روز بعد و روز خروج اسفنج به میش‌ها تزریق شد. همه میش‌ها در زمان اجرای آزمایش روزانه ۵۰۰ گرم کنسانتره دریافت کردند. جیره فلاشینگ براساس جداول استاندارد (NRC, 2007) متعادل شد. پس از پایان تغذیه با جیره فلاشینگ (دو هفته قبل از اسفنج‌گذاری تا یک هفته بعد از خروج اسفنج)، (۲۰ کیلوگرم کاه گندم (Wheat straw)، ۳۰ کیلوگرم یونجه (Alfalfa)، ۲۰ کیلوگرم جو (Barley)، ۱۰ کیلوگرم گندم، ۵ کیلوگرم ذرت (Corn)، ۵ کیلوگرم سبوس گندم (Wheat bran)، ۵ کیلوگرم سویا (Soybean)، ۳ کیلوگرم مکمل مواد معدنی، ۱ کیلوگرم جوش شیرین و ۱ کیلوگرم نمک) و تزریق محلول ویتامین‌های B کمپلکس همه میش‌ها تا زمان زایش در شرایط یکسان تغذیه‌ای و مدیریتی نگهداری شدند. دو هفته پس از شروع تغذیه جیره فلاشینگ، برنامه هم‌زمان‌سازی فحلی با استفاده از کارگذاری اسفنج به مدت ۱۲ روز درون واژن شروع گردید. سپس ۲/۵ میلی‌لیتر وتارولین آلارلین استات (لویبرین -A) در زمان خروج اسفنج به صورت درون عضلانی تزریق شد. تشخیص آبستنی ۳۰ روز پس از جفت‌گیری (جفت‌گیری به روش طبیعی، یک رأس قوچ به‌ازای پنج رأس میش) از طریق اندازه‌گیری سطح پروژسترون پلازما با استفاده از کیت آزمایشگاهی به روش الایزا انجام گردید. لازم به ذکر است که تا قبل از شروع برنامه هم‌زمان‌سازی فحلی از ارتباط میش‌ها با قوچ جلوگیری شد. نمره وضعیت بدنی همه میش‌ها در روز شروع آزمایش، روز خروج اسفنج و روز ۳۰ پس از جفت‌گیری اندازه‌گیری و ثبت گردید.

در زمان زایش، تعداد میش‌های زایش‌کرده و تعداد بره‌های متولدشده از هر میش یادداشت شد. سپس با توجه به این اطلاعات، پارامترهای عملکرد تولیدمثل شامل نرخ باروری، نرخ بره‌زایی و نرخ دوقلو زایی با استفاده از معادله‌های ۱، ۲ و ۳ محاسبه شد. (معادله ۱)

$100 \times (\text{تعداد کل میش‌های زایش‌کرده در هر گروه} / \text{تعداد کل میش‌های جفت‌گیری‌کرده در هر گروه}) = (\text{درصد} / \text{نرخ باروری})$ (معادله ۲)

$(\text{تعداد کل بره‌های متولدشده در هر گروه} / \text{تعداد کل میش‌های جفت‌گیری‌کرده در هر گروه}) = \text{نرخ بره‌زایی}$ (معادله ۳)

$100 \times (\text{تعداد کل میش‌های دوقلوزا در هر گروه} / \text{تعداد کل میش‌های زایش‌کرده در هر گروه}) = (\text{درصد} / \text{نرخ دوقلو زایی})$ در شروع آزمایش، روز خروج اسفنج و روز فحلی نمونه‌های خون از سیاهرگ و داج میش‌ها با استفاده از لوله‌های حاوی ماده ضد انعقاد (هیپارین) جمع‌آوری، پلاسمای آن‌ها جداسازی و در دمای -20°C (هیپارین) جمع‌آوری شدند. غلظت فراسنجه‌های پلازما با استفاده از دستگاه اتوآنالایزر (BT1500, Biotechnica, Italy) و براساس دستورالعمل‌های شرکت سازنده اندازه‌گیری گردید. داده‌های مربوط به

نمره وضعیت بدنی با استفاده از رویه MIXED نرم‌افزار آماری SAS آنالیز شدند و از نمره وضعیت بدنی در ابتدای آزمایش و سن میش‌های به‌عنوان کوواریت در مدل استفاده شد. غلظت فراسنجه‌ها و ویتامین B₁₂ پلاسمای میش‌ها با استفاده از رویه MIXED نرم‌افزار آماری SAS آنالیز شدند و از غلظت آن‌ها در روز قبل از شروع

آزمایش به‌عنوان کوواریت در مدل استفاده گردید. آنالیز داده‌های مربوط به عملکرد تولیدمثل با استفاده از روش FREQ، LOGISTIC انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون توکی و سطح معنی‌داری به‌صورت $P < 0.05$ در نظر گرفته شد.

جدول ۱- اثر تزریق مقادیر مختلف محلول حاوی ویتامین‌های B کمپلکس در حوالی جفت‌گیری بر غلظت فراسنجه‌های پلاسمای میش‌های افشاری
Table 1- Effect of injection of different amounts of solution containing B complex vitamins around mating on plasma parameter concentrations in Afshari ewes

concentrations in Ashkan ewes					
پارامتر Parameter	مقدار تزریق ویتامین B کمپلکس Vitamin B complex injection dosage			SEM	P-value
	۰ 0	۵ میلی لیتر 5 ml	۱۰ میلی لیتر 10 ml		
گلوکز (میلی گرم در دسی لیتر) Glucose (mg/dL)					
شروع آزمایش Beginning of experiment	67.23	67.07	65.87	2.48	0.91
روز خروج اسفنج Day of CIDR removal	63.18	67.72	69.13	1.85	0.09
روز فحلی Day of estrous and mating	62.53	66.30	67.50	1.82	0.17
کلسترول کل (میلی گرم در دسی لیتر) Total cholesterol (mg/dL)					
شروع آزمایش Beginning of experiment	71.52	70.59	69.30	2.42	0.81
روز خروج اسفنج Day of CIDR removal	64.40	63.22	61.93	2.81	0.83
روز فحلی Day of estrous and mating	58.05	63.27	66.53	2.72	0.12
نیتروژن اوردهای (میلی گرم در دسی لیتر) Blood urea nitrogen (mg/dL)					
شروع آزمایش Beginning of experiment	12.80	10.30	13.10	1.07	0.19
روز خروج اسفنج Day of CIDR removal	11.09 ^a	8.69 ^b	7.90 ^b	0.77	0.03
روز فحلی Day of estrous and mating	10.09	8.09	8.48	1.01	0.32
پروتئین کل (گرم در دسی لیتر) Total protein (g/dL)					
شروع آزمایش Beginning of experiment	6.97	7.28	7.03	0.14	0.77
روز خروج اسفنج Day of CIDR removal	6.60	7.06	6.93	0.21	0.30
روز فحلی Day of estrous and mating	6.34	6.55	6.55	0.16	0.59

میانگین‌های هر ردیف با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P < 0.05$)
Means within same row with different superscripts differ ($P < 0.05$).

نتایج و بحث

کل، نیتروژن اوره‌ای و پروتئین کل پلاسما می‌ش‌ها در روز فحلی تحت تأثیر مقدار تزریق محلول حاوی ویتامین B کمپلکس قرار نگرفت ($P>0.05$).

نمره وضعیت بدنی و غلظت ویتامین B₁₂ پلاسما

اثر تزریق مقادیر مختلف محلول ویتامین B کمپلکس در پیش از جفت‌گیری بر نمره وضعیت بدنی و غلظت ویتامین B₁₂ پلاسما می‌ش‌های افشاری در **جدول ۲** ارائه شده است. نمره وضعیت بدنی می‌ش‌ها در روز خروج اسفنج و روز فحلی تحت تأثیر تزریق مقادیر مختلف محلول ویتامین B کمپلکس قرار نگرفت ($P>0.05$). بالاترین غلظت ویتامین B₁₂ پلاسما در روز خروج اسفنج و روز فحلی در می‌ش‌های دریافت‌کننده ۱۰ میلی‌لیتر محلول ویتامین‌های B کمپلکس مشاهده شد ($P<0.05$).

اثر تزریق مقادیر مختلف محلول حاوی ویتامین‌های B کمپلکس در پیش از جفت‌گیری بر غلظت فراسنجه‌های پلاسما می‌ش‌های افشاری در **جدول ۱** گزارش شده است. براساس نتایج به‌دست‌آمده، غلظت گلوکز، کلسترول کل، نیتروژن اوره‌ای و پروتئین کل پلاسما می‌ش‌ها در روز شروع آزمایش یکسان بود ($P>0.05$). غلظت گلوکز پلاسما می‌ش‌های دریافت‌کننده ۱۰ میلی‌لیتر محلول ویتامین‌های B کمپلکس در روز خروج اسفنج در مقایسه با سایر گروه‌ها تمایل به افزایش داشت ($P=0.09$). می‌ش‌های گروه شاهد در مقایسه با می‌ش‌های دریافت‌کننده محلول ویتامین B کمپلکس، غلظت نیتروژن اوره‌ای پلاسما می‌ش‌های بیشتری داشتند ($P<0.05$). غلظت کلسترول کل و پروتئین کل پلاسما می‌ش‌ها در روز خروج اسفنج تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت ($P>0.05$). غلظت گلوکز، کلسترول

جدول ۲- اثر تزریق مقادیر مختلف محلول حاوی ویتامین‌های B کمپلکس در حوالی جفت‌گیری بر غلظت ویتامین B₁₂ پلاسما و نمره وضعیت بدنی می‌ش‌های افشاری
Table 2- Effect of injection of different amounts of B complex vitamin solution around mating on plasma B₁₂ concentration and body condition score of Afshari ewes

r پارامتر Paramete	مقدار تزریق ویتامین B کمپلکس Vitamin B complex injection dosage			SEM	P-value
	۰	۵ میلی لیتر 5 ml	۱۰ میلی لیتر 10 ml		
	0	5 ml	10 ml		
نمره وضعیت بدنی Body condition score					
شروع آزمایش Beginning of experiment	3.30	3.15	3.20	0.07	0.31
روز خروج اسفنج Day of CIDR removal	3.03	3.04	3.19	0.08	0.41
روز فحلی Day of estrous and mating	3.25	3.20	3.18	0.07	0.75
ویتامین B ₁₂ (پیکوگرم در میلی لیتر) Vitamin B ₁₂ (pg/mL)					
شروع آزمایش Beginning of experiment	1244.71	1257.51	1232.14	48.96	0.93
روز خروج اسفنج Day of CIDR removal	1266.03 ^b	1472.28 ^a	1621.06 ^a	52.67	<0.01
روز فحلی Day of estrous and mating	926.64 ^c	1564.40 ^b	1879.05 ^a	49.38	<0.01

میانگین‌های هر ردیف با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P<0.05$)
Means within same row with different superscripts differ ($P<0.05$).

عملکرد تولیدمثلی

دریافت‌کننده محلول ویتامین‌های B کمپلکس در مقایسه با سایر گروه‌ها بیشتر بود ($P<0.05$). در صورتی که نرخ دوقلو زایی تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت ($P>0.05$).

اثر تزریق مقادیر مختلف محلول ویتامین‌های B کمپلکس در پیش از جفت‌گیری بر عملکرد تولیدمثلی می‌ش‌های افشاری در **جدول ۳** نشان داده شده است. نرخ بهره‌زایی و نرخ باروری در می‌ش‌های

جدول ۳- اثر تزریق مقادیر مختلف محلول حاوی ویتامین‌های B کمپلکس در حوالی جفت‌گیری بر عملکرد تولیدمثلی میش‌های افشاری
Table 3- Effect of injection of different amounts of solution B complex vitamins around mating on reproductive performance of Afshari ewes

پارامتر Parameter	مقدار تزریق ویتامین B کمپلکس Vitamin B complex injection dosage			SEM	P-value
	۰ 0	۵ میلی‌لیتر 5 ml	۱۰ میلی‌لیتر 10 ml		
نرخ بره‌زایی (درصد) Lambing rate (%)	120.0 ^a	116.0 ^b	152.0 ^a	10.06	0.05
نرخ باروری (درصد) Fertility rate (%)	76.0 ^b	80.0 ^b	100.0 ^a	-	0.01
نرخ دوقلو‌زایی (درصد) Twining rate (%)	57.89	47.62	52.0	-	0.81

میانگین‌های هر ردیف با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P < 0.05$)
 Means within same row with different superscripts differ ($P < 0.05$).

بیشتر گلوکز را در طول رشد تخمک متابولیزه می‌کند تا پیرووات را به‌عنوان یک سوپسترای حاوی انرژی تولید کند. گلوکز، بلوغ هسته‌ای و حالت اکسیداسیون-احیا را از طریق مسیر پنتوز فسفات تنظیم می‌کند. گلوکز، ترکیبات خارج سلولی و گلیکوزیلاسیون متصل به انتقال سیگنال را از طریق مسیر بیوسنتز هگزوزامین در طول بلوغ تخمک تحریک می‌کند (Sutton-McDowall et al., 2010). گلوکز همچنین بر سطح انسولین گردش خون و IGF-1 تأثیر می‌گذارد. انسولین، حرکت گلوکز را به اندام‌های خارج کبدی مانند تخمدان‌ها افزایش می‌دهد (Kawashima et al., 2012). غلظت بالای گلوکز، انسولین و IGF-1 پلاسما، تنظیم‌کننده‌های کلیدی محور تولیدمثل هستند (Kawashima et al., 2012). دانه‌های ذرت، جو و گندم بیشترین سهم از جیره‌های فلاشینگ گوسفند و بز را تشکیل می‌دهند (Scaramuzzi et al., 2006). به‌طور کلی، نشاسته غلات، تولید اسیدهای آلی شکمبه به‌ویژه پروپیونات را افزایش می‌دهد (Huntington et al., 2006). در نشخوارکنندگان، ۲۰ درصد از گلوکز گردش خون از طریق جذب گلوکز به داخل ورید باب کبدی پس از هضم نشاسته در دستگاه گوارش وارد می‌شود، درحالی‌که بقیه از گلوکونئوزن کبد منشأ می‌گیرد (Galindo et al., 2011). پروپیونات، پیش‌ساز اولیه گلوکز در نشخوارکنندگان تغذیه‌شده است و کبد حدود ۶۰ درصد از گلوکز پلاسما را تأمین می‌کند (Larsen & Kristensen, 2013). پروپیونات، قبل از ورود به چرخه کربس ابتدا باید به پروپیونیل-CoA، سپس متیل‌مالونیل-CoA و در نهایت سوکسینیل-CoA تبدیل شود. تبدیل متیل‌مالونیل‌کوآ به سوکسینیل‌کوآ توسط متیل‌مالونیل‌کوآ موتاز به ویتامین B₁₂ به‌عنوان کوفاکتور نیاز دارد (Mann et al., 2001). علاوه‌بر متابولیسم انرژی و تولید گلوکز، گاوهای شیری که B₁₂ دریافت کرده بود، پاسخ بافتی بهتری به انسولین داشتند (Girard et al., 2019)، که ممکن است عملکرد تولیدمثلی را بهبود بخشد. تشکیل فولیکول‌های تخمدان و

در مطالعه حاضر، اثرات تزریق مقادیر مختلف محلول ویتامین‌های B کمپلکس در پیش از جفت‌گیری بر نمره وضعیت بدنی، غلظت فراسنجه‌ها و ویتامین B₁₂ پلاسما و عملکرد تولیدمثلی میش‌های افشاری مورد بررسی قرار گرفت. مهم‌ترین یافته‌ها، تغییر در غلظت چند پارامتر از جمله غلظت گلوکز، نیتروژن اوردهای و B₁₂ پلاسما و نرخ‌بره‌زایی و باروری بود. به‌گونه‌ای‌که تزریق محلول ویتامین B کمپلکس (مخصوصاً ۱۰ میلی‌لیتر) باعث تمایل به افزایش غلظت گلوکز و کاهش غلظت نیتروژن اوردهای پلاسما و بهبود نرخ بره‌زایی و باروری شد. این نتایج، یافته‌های قبلی در ارتباط با تأثیر مواد مغذی بر عملکرد تولیدمثلی در حیوانات مزرعه‌ای را تأیید می‌کند (Smith & Akinbamijo, 2000). انرژی، پروتئین، مواد معدنی و ویتامین‌ها از مهم‌ترین عوامل تغذیه‌ای مؤثر بر تولیدمثل در حیوانات نشخوارکننده هستند (Vázquez-Armijo et al., 2011). این مواد مغذی با تغییر غلظت پارامترهای پلاسمایی مانند گلوکز، کلسترول، اسیدآمینه، اسیدچرب، نیتروژن اوردهای، کلسیم، فسفر، منیزیم، سایر مواد معدنی، انسولین، لپتین، LH، FSH، IGF-1، استرادیول و پروژسترون بر تولیدمثل تأثیر می‌گذارند (Ferguson, 2005). همه این عوامل بر جنبه‌های مختلف فرآیندهای تولیدمثلی در حیوانات نشخوارکننده از جمله تعداد فولیکول، تعداد جنین، مدت زمان آبستنی و بقاء جنین تأثیر می‌گذارد (Fleming et al., 2012). انرژی جزء اصلی جیره غذایی است که بر تخمک‌گذاری و بره‌زایی میش تأثیر دارد (Daghighkia & Safdar, 2015). دریافت انرژی باعث افزایش گلوکز خون، انسولین و IGF-1 می‌شود که ممکن است باعث رشد گیرنده LH در سلول‌های گرانولوزا و تخمک‌گذاری فولیکول‌ها گردد (Rassu et al., 2004). بارداری، بقاء اولیه جنین و رشد جنین به کیفیت تخمک بستگی دارد (Krisher, 2004). گلیکولیز، مسیر پنتوز فسفات، مسیر بیوسنتز هگزوزامین، جایگاه گلوکز را به‌عنوان یک متابولیت حیاتی برای تخمک برجسته می‌کنند. مسیر گلیکولیتیک

افزایش حساسیت سلول‌های گنادوتروپ به GnRH برای تولید FSH ایفا می‌کند. با بهبود وضعیت انرژی، B₁₂ ممکن است بر بیان ژن‌های مرتبط با رشد فولیکول در تخمدان تأثیر بگذارد (Gagnon et al., 2015). متیونین سنتز که هموسیستین را به متیونین تبدیل می‌کند از B₁₂ به عنوان کوفاکتور استفاده می‌کند (McFadden et al., 2020). با توجه به نتایج مطالعه حاضر، تزریق ۱۰ میلی‌لیتر محلول ویتامین B کمپلکس، کاهش قابل توجهی در غلظت نیتروژن اوره‌ای پلاسما ایجاد کرد. مشابه نتایج مطالعه حاضر، تزریق محلول حاوی ویتامین B₁₂ باعث افزایش غلظت B₁₂ پلاسما در گاوهای شیری در اوایل دوره شیردهی (Duplessis et al., 2017) و دوره انتقال (Wang et al., 2018) (Matte et al., 2006) و بزها (Kadim et al., 2006) شد. مشابه نتایج مطالعه حاضر، محققان دریافتند که تزریق ویتامین B₁₂ هیچ تأثیری بر غلظت کلسترول کل پلاسمای گاوهای شیری در طول دوره انتقال نداشت (Wang et al., 2018). در حیوانات نشخوارکننده، عمده گلوکز خون از منابع پیش‌سازهای گلوکوژنیک مانند پروپیونات، لاکتات، گلیسرول و اسیدهای آمینه گلوکوژنیک منشأ می‌گیرد (Lucy, 2016). طبق گفته محققان، تخمیر کربوهیدرات‌های سریع تخمیر مانند نشاسته در شکمبه، منبع اصلی تولید پروپیونات است (De Koster & Opsomer, 2013). نیتروژن اوره‌ای پلاسما از آمونیاک جذب شده از طریق دیواره شکمبه و دامیناسیون اسیدهای آمینه بافتی تولید می‌شود (Lapierre & Lobley, 2001). اگرچه، غلظت آمونیاک مایع شکمبه در آزمایش حاضر اندازه‌گیری نشد، عدم تأثیر تیمارهای آزمایشی بر غلظت پروتئین کل پلاسما ممکن است به غلظت مشابه آمونیاک در مایع شکمبه و دامیناسیون یکسان اسیدهای آمینه در بافت ماهیچه‌ای آن‌ها مرتبط باشد. زیرا میش‌های همه تیمارهای آزمایشی با جیره یکسان در زمان فلاشینگ تغذیه شدند. موافق با نتایج ما گزارش شده است که عملکرد تولیدمثلی نشخوارکنندگان با کاهش سطح نیتروژن اوره‌ای پلاسما افزایش می‌یابد (Rhoads et al., 2004). مشخص شده که میش‌هایی که طی سه هفته قبل تا دو هفته پس از جفت‌گیری با جیره حاوی پروتئین غیرقابل تجزیه در شکمبه بالاتر تغذیه شدند، میزان دوقلو زایی، باروری و بهره‌زایی بالاتری داشتند که با کاهش سطح نیتروژن اوره‌ای پلاسما همراه بود (Daghighkia & Safdar, 2015). از سوی دیگر، افزایش دریافت پروتئین خام یا پروتئین قابل تجزیه در شکمبه و در نتیجه سطوح بالاتر نیتروژن اوره‌ای پلاسما با نرخ باروری کمتر مرتبط است (Butler, 2001). بافت‌های تولیدمثلی برای تولید هورمون‌های استروئیدی مانند استرادیول، پروژسترون و تستوسترون به کلسترول نیاز دارند (Sèdes et al., 2018). موافق با نتایج حاضر، تزریق ویتامین B₂ باعث افزایش میزان بهره‌زایی شد (Waheed et al., 2020). تخمک‌ریزی در میش، پدیده‌ای بیولوژیک بوده و با آزاد شدن تخمک از

عملکرد تولیدمثلی در نشخوارکنندگان به طور مثبت تحت تأثیر غلظت گلوکز در گردش خون است. گلوکز یکی از مهم‌ترین تنظیم‌کننده‌های رویدادهای تولیدمثلی در نشخوارکنندگان است که هم به طور مستقیم از طریق تأمین انرژی و هم به طور غیرمستقیم با افزایش ترشح انسولین (Lucy, 2016) این کار را انجام می‌دهد. مطالعات قبلی در شرایط آزمایشگاهی (Zacchini et al., 2017) و مزرعه‌ای (Mitchell et al., 2007) نشان داد که مکمل B₁₂ به عنوان یک دهنده گروه متیل باعث بهبود رشدونمو تخمک در میش‌ها می‌شود. آنتی‌اکسیدان‌ها، مواد معدنی و ویتامین‌ها بر بسیاری از جنبه‌های تولیدمثل در نشخوارکنندگان تأثیر می‌گذارند (Awawdeh et al., 2019). اثر تزریق ویتامین‌های B کمپلکس در حوالی جفت‌گیری بر تغییرات نمره وضعیت بدنی حیوانات نشخوارکننده به خوبی مشخص نیست. با توجه به گزارش‌های قبلی، تزریق ویتامین B₁₂ با افزایش وزن بز همراه بوده است (Kadim et al., 2006). نمره وضعیت بدنی نشانگر وضعیت تغذیه و ذخایر چربی بدن با اثرات برجسته بر عملکرد تولیدمثلی در حیوانات نشخوارکننده است. نمره وضعیت بدنی توصیه شده در اطراف جفت‌گیری برای میش حدود ۲/۵ تا ۳/۵ است (Kenyon et al., 2014). نرخ باروری، آبستنی و بهره‌زایی با نمره وضعیت بدنی همبستگی مثبت دارد (Atti et al., 2001). ویتامین B₁₂، یک کوآنزیم ضروری برای متیل‌مالونیل کوآنزیم A موتاز در طی تبدیل پروپیونات به گلوکز از طریق گلوکوئوژنز و مسیرهای چرخه کربس در نشخوارکنندگان است (McDowell, 2000). بنابراین، تغییر در نمره وضعیت بدنی میش‌ها ممکن است به دلیل تغییر در متابولیسم انرژی باشد (McDowell, 2000). اگرچه در مطالعه حاضر، نمره وضعیت بدنی میش‌ها تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. یکی از دلایل افزایش نرخ باروری و بهره‌زایی با تزریق ۱۰ میلی‌لیتر محلول حاوی ویتامین‌های B کمپلکس احتمالاً مربوط به تأثیر ویتامین B کمپلکس بر سنتز هورمون‌های استروئیدی است (Kim et al., 2020). افزایش دریافت انرژی باعث افزایش گلوکز خون، انسولین و IGF-1 می‌شود، که ممکن است با گیرنده‌های FSH و LH در سلول‌های گرانولوزا کار کند و باعث بلوغ فولیکول و تخمک‌گذاری شود (Rassu et al., 2004). سطوح بالای B₁₂ و IGF-1 محور تولیدمثل را تنظیم می‌کند (Kawashima et al., 2012). در آخرین مرحله از چرخه فحلی، کاهش پروژسترون و افزایش استرادیول باعث افزایش ترشح گنادوتروپین می‌شود. پروژسترون و استرادیول بر فرکانس و دامنه پالس LH تأثیر می‌گذارند و ترشح ضربان‌دار LH، رابطه معکوس با ترشح پروژسترون توسط جسم زرد دارد (Barrett et al., 2007). در میش‌هایی با چرخه فحلی فعال، پروژسترون، یک سیگنال غدد درون‌ریز است که هم فرکانس امواج فولیکولی و هم افزایش دوره‌ای غلظت FSH را تنظیم می‌کند (Bartlewski et al., 2011). پروژسترون، نقش مؤثری در

کردند و افزایش درصد بزه‌زایی را گزارش کردند (Hemingway et al., 2001). در مطالعه حاضر، درصد بزه‌زایی در میش‌های گروه شاهد کاهش یافت. این نتایج بیانگر این است که کمبود مواد مغذی از جمله ویتامین‌های B کمپلکس باعث کاهش انرژی مورد نیاز برای فعالیت تخمدان شده و در صورت جبران کمبود ویتامین می‌توان درصد بزه‌زایی را افزایش داد. گزارش شده که تزریق ویتامین B₁₂ قبل از فصل تولیدمثل و بعد از جفت‌گیری فحلی، و نرخ گیرایی را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد (Moss et al., 2007). همچنین گزارش شده که مکمل جیره‌ای B₁₂ بر درصد آبستنی میش تأثیری نداشت (Mitchell et al., 2007). در تحقیق حاضر، نتایج نشان داد که تزریق ویتامین B کمپلکس احتمالاً با بهبود متابولیسم انرژی بر باروری میش‌ها در فصل تولیدمثل مؤثر بوده است.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این آزمایش نشان داد که تزریق محلول ویتامین B کمپلکس (مخصوصاً ۱۰ میلی‌لیتر) در پیش از جفت‌گیری، با بهبود غلظت گلوکز و افزایش ویتامین B₁₂ و کاهش غلظت نیتروژن اورهای پلاسما باعث بهبود نرخ باروری و نرخ بزه‌زایی میش‌های افشاری شد و می‌توان از آن به‌عنوان یک راه‌کار برای بهبود عملکرد تولیدمثل میش استفاده کرد.

فولیкул‌های سطح تخمدان همراه است. در حقیقت، این واقعه تحت تأثیر مسیرهای تنظیمی مختلفی قرار می‌گیرد. به علت تلفات جنینی در روزهای اول آبستنی و همچنین وجود میش‌های نابارور در گله، درصد زایش در گله کاهش می‌یابد، ولی دو یا چندقلوزایی، این کاهش را جبران می‌کند. در آزمایشی، تأثیر بلوس شکمبه‌ای حاوی برخی ویتامین‌ها و مواد معدنی بر عملکرد تولیدمثل میش بررسی شد و گزارش کردند که نرخ بزه‌زایی از ۱۲۴ درصد به ۱۵۲ درصد در مقایسه با شاهد افزایش یافت (Hemingway et al., 2001). گزارش شده که مکمل ویتامین B₁₂، تعداد بلاستوسیت‌ها را افزایش می‌دهد (Mitchell et al., 2005). ویتامین B₁₂ به‌طور مستقیم و غیرمستقیم از طریق تأثیر بر متابولیسم انرژی و ترشح هورمون‌های تولیدمثل و اثرات متقابل با این هورمون‌ها بر فیزیولوژی طبیعی تولیدمثل در میش تأثیر دارد و باعث افزایش نرخ باروری و نرخ آبستنی و بهبود عملکرد تخمدان می‌شود (Abdelrahman et al., 2006). بنابراین، بهبود نرخ باروری و بزه‌زایی در میش‌های دریافت‌کننده ۱۰ میلی‌لیتر محلول ویتامین B کمپلکس در آزمایش حاضر را می‌توان به بهبود وضعیت انرژی (افزایش گلوکز پلاسما)، افزایش غلظت ویتامین B₁₂ پلاسما و متابولیسم بهتر تخمدان در این میش‌ها ارتباط داد. براساس نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق حاضر، احتمالاً عدم تزریق ویتامین‌های B کمپلکس تأثیر منفی بر فعالیت تخمدان داشته است که با کاهش عملکرد تولیدمثل میش‌ها همراه بوده است. محققان طی مطالعه‌ای، اثر بلوس‌های شکمبه‌ای حاوی برخی ویتامین‌ها بر میش را بررسی

References

- Abdelrahman, M., Abo-Shehada, M., & Mukbel, R. (2006). Effect of stage of gestation on the accumulation of copper, manganese, zinc, iron and calcium in fetal tissue of Awassi ewes in Northern Jordan. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, 53(6), 538-552.
- Abdollahi, E., Kohram, H., Shahir, M. H., & Nemati, M. H. (2015). Effects of a sustained-release multi-trace element ruminal bolus on sex ratio, reproductive traits and lambs growth in synchronized Afshari ewes. *Iranian Journal of Veterinary Science and Technology*, 7(1), 1-11. <https://doi.org/10.22067/veterinary.v7i1.33598>
- Ashworth, C. J. (1995). Maternal and conceptus factors affecting histotrophic nutrition and survival of embryos. *Livestock Production Science*, 44(2), 99-105. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(95\)00045-5](https://doi.org/10.1016/0301-6226(95)00045-5)
- Awawdeh, M. S., Eljarah, A. H., & Ababneh, M. M. (2019). Multiple injections of vitamin E and selenium improved the reproductive performance of estrus-synchronized Awassi ewes. *Tropical Animal Health and Production*, 51, 1421-1426. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-01826-0>
- Barrett, D. M., Duggavathi, R., Davies, K. L., Bartlewski, P. M., Bagu, E. T., & Rawlings, N. C. (2007). Differential effects of various estradiol-17beta treatments on follicle-stimulating hormone peaks, luteinizing hormone pulses, basal gonadotropin concentrations, and antral follicle and luteal development in cyclic ewes. *Biology of Reproduction*, 77(2), 252-262. <https://doi.org/10.1095/biolreprod.106.058842>
- Bartlewski, P. M., Baby, T. E., & Giffin, J. L. (2011). Reproductive cycles in sheep. *Animal Reproduction Science*, 124(3-4), 259-268. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2011.02.024>
- Butler, W. R. (2001). Nutritional effects on resumption of ovarian cyclicity and conception rate in postpartum dairy cows. *BSAP Occasional Publication*, 26(1), 133-145. <https://doi.org/10.1017/S0263967X00033644>
- De Koster, J. D., & Opsomer, G. (2013). Insulin resistance in dairy cows. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 29(2), 299-322. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2013.04.002>
- Duplessis, M., Lapierre, H., Pellerin, D., Laforest, J. P., & Girard, C. L. (2017). Effects of intramuscular injections of folic acid, vitamin B₁₂, or both, on lactational performance and energy status of multiparous dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100(5), 4051-4064. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12381>

- Ferguson, J. D. (2005). Nutrition and reproduction in dairy herds. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 21(2), 325-347. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2005.03.001>
- Fleming, T. P., Velazquez, M. A., Eckert, J. J., Lucas, E. S., & Watkins, A. J. (2012). Nutrition of females during the peri-conceptional period and effects on foetal programming and health of offspring. *Animal Reproduction Science*, 130(3-4), 193-197. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2012.01.015>
- Gagnon, A., Khan, D. R., Sirard, M. A., Girard, C. L., Laforest, J. P., & Richard, F. J. (2015). Effects of intramuscular administration of folic acid and vitamin B₁₂ on granulosa cells gene expression in postpartum dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 98(11), 7797-7809. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9623>
- Galindo, C. E., Ouellet, D. R., Pellerin, D., Lemosquet, S., Ortigues-Marty, I., & Lapierre, H. (2011). Effect of amino acid or casein supply on whole-body, splanchnic, and mammary glucose kinetics in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 94(11), 5558-5568. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3978>
- Girard, C. L., Vanacker, N., Beaudet, V., Duplessis, M., & Lacasse, P. (2019). Glucose and insulin responses to an intravenous glucose tolerance test administered to feed-restricted dairy cows receiving folic acid and vitamin B₁₂ supplements. *Journal of Dairy Science*, 102(7), 6226-6234. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16298>
- Hemingway, R. G., Parkins, J. J., & Ritchie, N. S. (2001). Enhanced reproductive performance of ewes given a sustained-release multi-trace element/vitamin ruminal bolus. *Small Ruminant Research*, 39(1), 25-30. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(00\)00175-9](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(00)00175-9)
- Huntington, G. B., Harmon, D. L., & Richards, C. J. (2006). Sites, rates, and limits of starch digestion and glucose metabolism in growing cattle. *Journal of Animal Science*, 84(suppl_13), E14-E24. https://doi.org/10.2527/2006.8413_supple14x
- Kadim, I. T., Mahgoub, O., Al-Ajmi, D., Al-Habsi, K. R., & Johnson, E. H. (2006). Comparative effects of low levels of dietary cobalt and parenteral injections of vitamin B₁₂ on body dimensions in different breeds of Omani goats. *Small Ruminant Research*, 66(1-3), 244-252. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.09.018>
- Kawashima, C., Matsui, M., Shimizu, T., Kida, K., & Miyamoto, A. (2012). Nutritional factors that regulate ovulation of the dominant follicle during the first follicular wave postpartum in high-producing dairy cows. *Journal of Reproduction and Development*, 58(1), 10-16. <https://doi.org/10.1262/jrd.11-139n>
- Kenyon, P. R., Maloney, S. K., & Blache, D. (2014). Review of sheep body condition score in relation to production characteristics. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 57(1), 38-64. <https://doi.org/10.1080/00288233.2013.857698>
- DaghighiKia, H., & Safdar, A. H. A. (2015). Effects of calcium salts of fatty acids (CSFA) with different profiles ($\omega 3$ and $\omega 6$) during the flushing period on reproductive performance of 'Afshari' ewes. *Small Ruminant Research*, 126, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2015.02.020>
- Kim, K., Mills, J. L., Michels, K. A., Chaljub, E. N., Wactawski-Wende, J., Plowden, T. C., & Mumford, S. L. (2020). Dietary intakes of vitamin B-2 (riboflavin), vitamin B-6, and vitamin B-12 and ovarian cycle function among premenopausal women. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 120(5), 885-892. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2019.10.013>
- Krisher, R. L. (2004). The effect of oocyte quality on development. *Journal of Animal Science*, 82(suppl_13), E14-E23.
- Lapierre, H., & Lobley, G. E. (2001). Nitrogen recycling in the ruminant: A review. *Journal of Dairy Science*, 84, E223-E236. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)70222-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70222-6)
- Larsen, M., & Kristensen, N. B. (2013). Precursors for liver gluconeogenesis in periparturient dairy cows. *Animal*, 7(10), 1640-1650. <https://doi.org/10.1017/S1751731113001171>
- Lucy, M. C. (2016). The role of glucose in dairy cattle reproduction. *Adv. Dairy Technol*, 28, 161-173.
- Mann, G. E., Payne, J. H., & Lamming, G. E. (2001). Hormonal regulation of oxytocin-induced prostaglandin F_{2a} secretion by the bovine and ovine uterus in vivo. *Domestic Animal Endocrinology*, 21(2), 127-141. [https://doi.org/10.1016/s0739-7240\(01\)00105-9](https://doi.org/10.1016/s0739-7240(01)00105-9)
- Matte, J. J., Guay, F., & Girard, C. L. (2006). Folic acid and vitamin B₁₂ in reproducing sows: New concepts. *Canadian Journal of Animal Science*, 86(2), 197-205. <https://doi.org/10.4141/A05-059>
- McDowell, L. R. (2000). Vitamins in animal and human nutrition. John Wiley & Sons; 2000 Oct 11.
- McFadden, J. W., Girard, C. L., Tao, S., Zhou, Z., Bernard, J. K., Duplessis, M., & White, H. M. (2020). Symposium review: One-carbon metabolism and methyl donor nutrition in the dairy cow. *Journal of Dairy Science*, 103(6), 5668-5683. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17319>
- Mitchell, L. M., Mccallum, G., Mackie, K., Ewell, M., Ainslie, A., & McEroy T. G. (2005). In vitro development of ovine oocytes from ewes of contrasting vitamin B₁₂ status. *Journal of Reprpduction and Fertility Development*, 17(2), 222-228. <https://doi.org/10.1071/RDv17n2Ab143>
- Mitchell, L. M., Robinson, J. J., Watt, R. G., McEvoy, T. G., Ashworth, C. J., Rooke, J. A., & Dwyer, C. M. (2007). Effects of cobalt/vitamin B₁₂ status in ewes on ovum development and lamb viability at birth. *Reproduction, Fertility and Development*, 19(4), 553-562. <https://doi.org/10.1071/rd07012>
- Atti, N., Theriez, M., & Abdennebi, L. (2001). Relationship between ewe body condition at mating and reproductive

performance in the fat-tailed Barbarine breed. *Animal Science Research*, 50, 135-144.

Moss, G. E., Cammack, K. M., Larson, B. A., Alexander, B. M., Stobart, R. H., Hill, W. J., & Hess, B. W. (2007). Effect of cobalt supplementation and estrous synchronization on body weight gain and conception rates in yearling ewes and periparturient ewe lambs. In *Proceedings-American Society of Animal Science Western Section*. Vol. 58, p. 153.

National Research Council (NRC). (2007). *Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids and New World Camelids*. Washington, D.C., USA.

Rassu, S., Enne, G., Ligios, S., & Molle, G. (2004). Nutrition and reproduction. *Dairy Sheep Nutrition*. G. Pulina & R. Bencini (Eds.). 1st Ed. Wallingford: CABI Publishing, p. 109-128. <https://doi.org/10.1079/9780851996813.0109>

Rhoads, M. L., Gilbert, R. O., Lucy, M. C., & Butler, W. R. (2004). Effects of urea infusion on the uterine luminal environment of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 87(9), 2896-2901. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73420-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73420-7)

Robinson, J. J., Ashworth, C. J., Rooke, J. A., Mitchell, L. M., & McEvoy, T. G. (2006). Nutrition and fertility in ruminant livestock. *Animal Feed Science and Technology*, 126(3-4), 259-276. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.08.006>

Scaramuzzi, R. J., Campbell, B. K., Downing, J. A., Kendall, N. R., Khalid, M., Muñoz-Gutiérrez, M., & Somchit, A. (2006). A review of the effects of supplementary nutrition in the ewe on the concentrations of reproductive and metabolic hormones and the mechanisms that regulate folliculogenesis and ovulation rate. *Reproduction Nutrition Development*, 46(4), 339-354. <https://doi.org/10.1051/rnd:2006016>

Sèdes, L., Thirouard, L., Maqdasy, S., Garcia, M., Caira, F., Lobaccaro, J. M. A., & Volle, D. H. (2018). Cholesterol: A gatekeeper of male fertility? *Frontiers in Endocrinology*, 9, 369. <https://doi.org/10.3389/fendo.2018.00369>

Smith, O. B., & Akinbamijo, O. O. (2000). Micronutrients and reproduction in farm animals. *Animal Reproduction Science*, 60, 549-560. [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(00\)00114-7](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(00)00114-7)

Sutton-McDowall, M. L., Gilchrist, R. B., & Thompson, J. G. (2010). The pivotal role of glucose metabolism in determining oocyte developmental competence. *Reproduction*, 139(4), 685. <https://doi.org/10.1530/REP-09-0345>

Waheed, M. M., El-Shahat, K. H., Sallam, A. A., El-Saidy, B. E., & Khalifa, T. A. A. (2020). Influence of vitamin B₂, ascorbic acid and melatonin on reproduction of ewes during summer season under temperate climate. *Indian Journal of Small Ruminants (The)*, 26(1), 38-42. <https://doi.org/10.23880/izab-16000191>

Wang, D. M., Zhang, B. X., Wang, J. K., Liu, H. Y., & Liu, J. X. (2018). Effect of dietary supplements of biotin, intramuscular injections of vitamin B₁₂, or both on postpartum lactation performance in multiparous dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 101(9), 7851-7856. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14524>

Yazlik, M. O., Olgac, K. T., Colakoglu, H. E., Kaya, U., Yildirim, M. M., & Bas, B. (2020). Effects of vitamin B₁, vitamin E and selenium on pregnancy and blood metabolites profile during non-breeding season and early prediction of pregnancy by thermographic monitoring in Merino ewes. *The Indian Journal of Animal Sciences*, 90(10), 1368-1372. <https://doi.org/10.56093/ijans.v90i10.111306>

Zacchini, F., Toschi, P., & Ptak, G. E. (2017). Cobalamin supplementation during *in vitro* maturation improves developmental competence of sheep oocytes. *Theriogenology*, 93, 55-61. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.01.035>

Vázquez-Armijo, J. F., Rojo, R., López, D., Tinoco, J. L., González, A., Pescador, N., & Domínguez-Vara, I. A. (2011). Trace elements in sheep and goats reproduction: A review. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14(1), 1-13.

Research Article

Vol. 18, No.2, 2026, p. 317-333



Effect of Fish Meal Replacement by Fermented Sesame Meal in the Diet on Growth Performance, Blood Biochemical and Immunity Indices of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*)

Ali Aboud¹, Reza Valizadeh^{1*}, Omid Safari^{2*}

1- Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

2- Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

*Corresponding Authors' Email: valizadeh@um.ac.ir, omidsafari@um.ac.ir

Received: 18-03-2024
Revised: 31-07-2024
Accepted: 21-08-2024
Available Online: 22-06-2026

How to cite this article:

Aboud, A., Valizadeh, R., & Safari, O. (2026). Effect of fishmeal replacement by fermented sesame meal in the diet on growth performance, blood biochemical and immunity indices of rainbow trout (*Oncorhynchus Mykiss*). *Iranian Journal of Animal Science Research*, 18(2), 317-333. (In Persian)
<http://doi.org/10.22067/ijasr.2024.87330.1195>

Introduction: Aquaculture is currently considered as one of the fastest-growing global fish industry. However, this sector is facing with fishmeal shortage as the main source of protein in their diets. Therefore, considerable studies have been carried out to find other protein sources instead fishmeal for aquaculture feeding. Protein sources such as vegetable by-products (oil seed meals), animal by-products, biodegradable organic wastes, fermented organic wastes (Ayan, 2018), and insect meal (Gasco et al., 2021; Zarantonello et al., 2021) have been used in aquatic nutrition. Oilseed by-products such as fermented sesame meal are considered as the best alternative protein sources instead fishmeal. In the sesame oil industry, oil extraction is done either using organic solvents or by mechanical pressing and the by-products is known as sesame meal. Oil extraction leads to an increase of protein content of sesame seed meal (Onsaard et al., 2010) which can be used as a protein source in nutrition of fish culture industry (Onsaard, 2012). Sesame seed meal has been represented as a protein source in aqua feeds replacing soybean meal for reducing the feed costs (Tacon, 1993). The aim of this study was to evaluate the effect of fishmeal substitution levels with fermented sesame seed meal on growth performance, blood biochemical indices, and digestive enzymes activities of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*).

Materials and Methods: This study was run at one of the rainbow trout production farms in Ortekand, Kalat of Khorasan Razavi Province, Iran. Three hundred sixty rainbow trout fingerlings (≈ 2.30 g) were stocked in the 18 tanks for 63 days. Water physicochemical parameters of rearing unit were measured weekly. Diets were formulated according to NRC standards by the using of UFFDA software. Sesame seed meal was fermented (FSM) by the *Neurospora intermedia* fungus with inoculation level of 10^6 CFU g⁻¹. For sampling and analysis, three fish were chosen randomly from each tank and their plasma samples were preserved at -80°C for next steps. Data analysis was performed using of SPSS version 22, using ANOVA test and mean comparisons was conducted by Duncan's multiple range. The Broken line regression was done for further



Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

 <http://doi.org/10.22067/ijasr.2024.87330.1195>

analysis. Blood biochemistry was measured by the usage of common kits (Zist Azma Chemical Co.) via ELISA method. Immune responses were measured according to methods described by Neissi *et al.* (2013). Chemical analysis was done according to protocols described in AOAC and glucosamine by methods described by Zheng and Shetty, 1998. Growth performance and nutritional efficiency indices calculated according to models were used in order to determine the optimum inclusion level of dietary FSM.

Results and Discussion: After 63 days of feeding trial, the highest values of final weight (54.26 g), specific growth rate (SGR; 4.95 % body weight day⁻¹), protein efficiency ratio (PER; 2.86), and protein productive value (PPV; 49.23%) and the best feed conversion ratio (FCR; 1.11) were observed in the rainbow trout fed the diet containing 50% fishmeal substituted level with FSM ($p < 0.05$). With an increment in the fishmeal substitution with FSM from 10 to 100%, the activities of total immunoglobulin, complement, and lysozyme showed increasing trends ($p < 0.05$). The lowest contents of total cholesterol, low-density lipoprotein, and triglyceride were measured in the plasma of fish fed the diet containing 100 % fishmeal substituted with FSM ($p < 0.05$). Based on the broken line regression model, the dietary fishmeal substitution level (%) with FSM for maximum growth (SGR) and weight gain values and the best FCR value of rainbow trout were estimated to be 66.64%, 72.78%, and 71.84%, respectively. These results may be due to the effects of fermentation process on sesame meal and improvement in its palatability, increase of bioactive peptides contents, enhancing apparent digestibility coefficients of nutrients, and reduction of anti-nutritional factors contents. The fermentation process enhanced nutritional and functional properties of original product. Also, the presence of sesamin, one of sesame lignan may has played a role in reducing plasma cholesterol and LDL levels. Furthermore, increase in bioactive peptides after fermentation could act as antimicrobial agents by stimulating or suppressing some immune responses or by interacting with microbial host invaders.

Conclusion: In general, the results of the present study indicated that replacing 50% of fermented sesame meal instead of fishmeal in the diet of rainbow trout fingerlings (≈ 2.30 g) lead to further improvement of growth performance indices and feeding efficiency such as final weight, specific growth rate, feed conversion ratio, survival rate, and protein production value, etc. In the investigation of plasma biochemical and immunity indices, in most cases the replacement level in the range of 50-100% has shown favorable results compared to that of fed the control diet. Finally, based on the obtained results, it is recommended to replace 50% of fishmeal with fermented sesame meal in the diet of this fish.

Keywords: Blood parameters, Feed conversion ratio, Feed efficiency, Processed sesame meal, Rainbow trout

اثر جایگزینی پودر ماهی با کنجاله تخمیری کنجد در جیره بر عملکرد رشد و شاخصهای بیوشیمیایی و ایمنی خون ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

علی عبود^۱، رضا ولی زاده^{۱*}، امید صفری^{۲*}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۳۱

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی اثر جایگزینی مقادیر مختلف کنجاله تخمیری کنجد با پودر ماهی در جیره غذایی به نسبت ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۵۰ و ۱۰۰ درصد بر عملکرد رشد، شاخص‌های بیوشیمی خون و ایمنی ماهی قزل‌آلای رنگین کمان با میانگین وزن اولیه 0.06 ± 0.02 گرم انجام شد. ماهیان پس از ۶۳ روز تغذیه با جیره حاوی ۵۰ درصد پودر ماهی جایگزین شده با کنجاله تخمیری کنجد، بالاترین وزن نهایی (۵۴/۲۶ گرم)، نرخ رشد ویژه (۴/۹۵ درصد وزن بدن در روز)، نسبت کارایی پروتئین (۲/۸۶)، ارزش تولیدی پروتئین (۴۹/۲۳) و بهترین ضریب تبدیل غذایی (۱/۱۱) را از خود نشان دادند. با افزایش جایگزینی کنجاله تخمیری کنجد از ۱۰ به ۱۰۰ درصد، فعالیت ایمونوگلوبولین تام و آنزیم لیزوزیم در ماهیان روند افزایشی نشان داد. کمترین غلظت کلسترول تام و لیپوپروتئین با چگالی کم و تری گلیسیرید در پلاسما ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ۱۰۰ درصد پودر ماهی جایگزین شده با کنجاله تخمیری کنجد به دست آمد. براساس مدل رگرسیون خط شکسته، سطح بهینه جایگزینی پودر ماهی جیره (درصد) با کنجاله تخمیری کنجد برای رسیدن به حداکثر رشد، وزن نهایی و بهترین ضریب تبدیل غذایی در ماهی قزل‌آلای رنگین کمان به ترتیب ۶۶/۶۴، ۷۲/۷۸ و ۷۱/۸۴ درصد برآورد شد. به طور کلی، براساس نتایج، این آزمایش می‌تواند از کنجاله تخمیری کنجد در سطح ۵۰ درصد به عنوان جایگزین پودر ماهی در جیره غذایی قزل‌آلای رنگین کمان بدون اثرات منفی بر عملکرد رشد، شاخص‌های بیوشیمیایی خون و فعالیت آنزیم‌های گوارشی استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: ضریب تبدیل غذایی، فراسنجه‌های خون، کارایی تغذیه، کنجاله کنجد فرآوری شده، ماهی قزل‌آلای

مقدمه

رنگین کمان در سال ۲۰۲۱ حدود ۱۹۴۰۰۰ تن گزارش شده است که این مقدار حدود ۲۰/۳ درصد از کل میزان تولید جهانی آن می‌باشد (FAO, 2023).

پودر ماهی، منبع اصلی پروتئین جیره قزل‌آلای رنگین کمان را تشکیل می‌دهد. برخی پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که تا سال ۲۰۳۰ بخش پرورش آبزیان با کمبود پودر ماهی مواجه خواهد شد (FAO, 2018)، بنابراین انجام مطالعات جهت یافتن منابع پروتئینی جایگزین پودر ماهی حائز اهمیت است. در این رابطه، از پروتئین موجود در محصولات جانبی گیاهی، محصولات جانبی حیوانی، ضایعات زیستی تخریب‌پذیر، تولیدات تخمیری (Ayan, 2018) و پودر حشرات (Gasco et al., 2021; Zarantonello et al., 2021) استفاده شده است.

در بین منابع پروتئین گیاهی، دانه‌های روغنی و کنجاله‌های حاصل از آن‌ها به عنوان رایج‌ترین جایگزین پودر ماهی در صنعت

آبزی‌پروری در کنار صید و صیادی از راه‌های تأمین نیازهای غذایی و پروتئینی سالم در بسیاری از کشورها می‌باشد. متوسط رشد سالانه آبزی‌پروری در جهان بین سال‌های ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۰، ۳/۴ درصد گزارش شده است. براساس گزارش فائو (FAO, 2023) حجم تولید آبزیان پرورشی در جهان از ۸۲/۵ تن در سال ۲۰۱۸ به ۹۰/۹ میلیون تن در سال ۲۰۲۱ رسیده است که این میزان رشد ۱۰/۲ درصدی را نشان می‌دهد. در ایران، میزان تولید ماهی قزل‌آلای

۱ و ۲- گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد،
۳- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

(*)- نویسنده گان مسئول: (Email: omidsafari@um.ac)
<http://doi.org/10.22067/ijasr.2024.87330.1195>

جیره غذایی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) شود (Hekmatpour et al., 2023). علاوه بر این، جایگزینی ۳۰ درصد از کنجاله سویای با کنجاله کنجد در ماهی باس اروپایی (*Dicentrarchus labrax*) تأثیری بر رشد ماهی نداشت، اما برخی تغییرات پاتولوژیک را در روده و کبد ماهی ایجاد کرد (Saleh, 2019). عمادی و همکاران (Emadi et al., 2014) دریافتند که با جایگزینی پودر ماهی با کنجاله کنجد (۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد) در جیره قزل‌آلای رنگین کمان (دو گرمی)، در مقایسه با گروه شاهد (۵۹ گرم)، وزن نهایی آن‌ها (به ترتیب ۶۰، ۶۳/۵ و ۷۴ گرم) افزایش یافت. همچنین در سطح ۲۰ درصد جایگزینی پودر ماهی، نرخ رشد ویژه و نسبت کارایی پروتئین افزایش و ضریب تبدیل غذایی بهبود یافت. ترکیب کنجاله کنجد (۳۵ درصد) با پودر ماهی (۵۳ درصد) موجب رشد سریع گربه ماهی آفریقایی (*Clarias gariepinus*) شد (Enyidi et al., 2014). مطالعات دیگر نشان داد که امکان جایگزینی ۴۰ درصد پودر ماهی با گلو تن گندم، گلو تن ذرت و ترکیب کنجاله سویا بدون هیچ‌گونه اثر منفی قابل توجه بر عملکرد رشد و پارامترهای ایمنی قزل‌آلای رنگین کمان وجود دارد (Jalili et al., 2013). همچنین، نانگ و همکاران (Nang et al., 2011) ذکر کردند که حداقل ۵۲ درصد از پودر ماهی را می‌توان با کنجاله کنجد بدون اضافه کردن مکمل اسید آمینه در یک جیره پلت شده عملی برای ماهی قزل‌آلای رنگین کمان بدون تأثیر منفی بر عملکرد رشد در مقایسه با جیره شاهد جایگزین کرد. به‌طور کلی، بررسی منابع نشان می‌دهد که وزن اولیه ماهی، دوره تغذیه، نحوه فرمولاسیون جیره، سطوح جایگزینی، اضافه کردن مکمل (همچون اسیدهای آمینه کریستاله، آنزیم‌های خارجی، تولیدات میکروبی، اسیدی‌کننده‌ها، جاذب‌های غذایی و غیره)، مدت تغذیه و شرایط پرورشی (همچون پارامترهای فیزیکی و شیمیایی و تراکم آبی) در نتایج حاصله اثرگذار می‌باشند. جهت بررسی مطالعات جایگزینی پودر ماهی با منابع پروتئین گیاهی، شاخص‌های کلیدی شامل خوش‌خوراکی، قابلیت هضم، عملکرد رشد و تثبیت مواد مغذی، بیوشیمی خون و هیستوپاتولوژی دستگاه گوارش و بحث شاخص احشایی و کبدی در بخش شاخص عملکرد رشد قابلیت بررسی دارد (Glencross et al., 2007). بنابراین، هدف از این مطالعه بررسی اثر جایگزینی پودر ماهی با سطوح مختلف کنجاله تخمیری کنجد بر عملکرد رشد، شاخص‌های بیوشیمی خون و ایمنی ماهی قزل‌آلای رنگین کمان بود.

مواد و روش‌ها

فرمولاسیون و تهیه جیره غذایی

جیره‌های آزمایشی براساس استانداردهای NRC (National Research Council, 1993) با استفاده از نرم‌افزار UFFDA

تغذیه آبزیان مطرح هستند. از کنجاله سویا و یا کنسانتره پروتئینی سویا به‌عنوان منبع رایج پروتئین گیاهی در تغذیه ماهی قزل‌آلای رنگین کمان استفاده می‌شود، اما استفاده از این منابع نیز با محدودیت‌هایی همچون گران بودن، وجود عوامل ضد تغذیه‌ای (فیتات و تانن)، کمبود برخی از اسیدهای آمینه، اثرگذاری بر قابلیت هضم و مقدار بالای کربوهیدرات و فیبر غیر قابل دسترس همراه است (Hussain et al., 2017; Brown et al., 2008; Lin et al., 2024). بنابراین، یافتن سایر منابع پروتئینی که بتوانند جایگزین پودر ماهی و کنجاله سویا در تغذیه آبزیان شوند، مورد توجه قرار گرفته است (Reigh, 2008; Hussain et al., 2024).

اخیراً تحقیقات زیادی در رابطه با استفاده از ضایعات کشاورزی و فرآوری آن‌ها از جمله کاربرد روش‌های تخمیری صورت گرفته است (Altup, 2019). تخمیر حالت جامد با استفاده از قارچ *Saccharomyces cerevisiae* و باکتری *Lactobacillus acidophilus* باعث افزایش پروتئین خام، محتوای اسید آمینه و کاهش فیبر خام کنجاله کنجد شده است (Hajimohammadi et al., 2020). گزارش شده است که فرآیند تخمیر، تجزیه زیستی مواد آلی را بهبود می‌بخشد و عوامل ضد تغذیه‌ای را کاهش داده و محتوای پروتئین آن را افزایش می‌دهد. تسهیل فعالیت آن‌تی‌اکسیدانی، افزایش قابلیت هضم مواد مغذی و بهبود فعالیت‌های ایمنی در حیوانات از طریق تولید پروبیوتیک‌ها و پری‌بیوتیک‌ها از دیگر اثرات مثبت فرآیند تخمیر می‌باشند (Kwon et al., 2011). در همین راستا، کوپسون و همکاران (Cowieson et al., 2017) رابطه مثبتی بین کاهش اسید فائیک و افزایش قابلیت هضم اسیدهای آمینه توسط اضافه کردن آنزیم فیتاز را گزارش کردند.

دانه کنجد (*Sesamum indicum* L.) به‌عنوان یک منبع روغن شناخته می‌شود و مقدار چربی آن ۵۷-۴۴ درصد، پروتئین ۲۵-۱۸ درصد و مقدار کربوهیدرات ۱۴-۱۳ درصد می‌باشد (Borchani et al., 2010). استخراج حداکثری روغن از دانه کنجد نیز باعث افزایش محتوای پروتئینی کنجاله آن می‌شود (Onsaard et al., 2010). از کنجاله کنجد می‌توان به‌عنوان یک منبع پروتئینی در صنعت تولید غذای آبزیان استفاده نمود (Onsaard, 2012). این کنجاله به‌عنوان منبع پروتئین گیاهی با قابلیت جایگزینی با کنجاله سویا در تغذیه آبزیان برای کاهش هزینه‌های خوراک معرفی شده است (Tacon, 1993).

در مطالعه‌ای، استفاده از کنجاله کنجد به‌جای کنجاله سویا در جیره غذایی قزل‌آلای رنگین کمان تا سطح ۷۵ درصد، اثر معنی‌داری بر شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای ماهی قزل‌آلای رنگین کمان نداشت و همچنین سبب ارتقاء سلامت و کیفیت لاشه این ماهی شد (Hashemipanahmehrabadi et al., 2022). در همین راستا، کنجاله کنجد ۷۵ تا ۱۰۰ درصد می‌تواند جایگزین کنجاله سویا در

انکوبه شد و جذب نوری اولیه در طول موج ۶۰۰ نانومتر اندازه‌گیری شد و سپس ۲۵۰ میکرولیتر محلول شماره دو به محلول فوق اضافه و به مدت پنج دقیقه مجدداً در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد انکوبه شد و جذب نوری توسط دستگاه اسپکتروفتومتری در طول موج ۶۰۰ نانومتر خوانده شد (Wiebe & Warnick, 1997; Nauck et al., 1998). مقدار تری‌گلسیرید سرم به روش GPO-PAP/ Endpoint و با کمک کیت آزمایشگاهی شرکت زیست شیمی اندازه‌گیری شد. در این روش، تری‌گلسیرید توسط آنزیم لیپاز هیدرولیز شده و اسیدهای چرب و گلسیرول آزاد شد. سپس پراکسید هیدروژن آزاد شده با ۴-آمینوآنتی پیرین و فنل در مجاورت آنزیم پراکسیداز کمپلکس رنگی کینونیمین تشکیل داد. شدت رنگ حاصل در طول موج ۵۰۰ نانومتر که متناسب با مقدار تری‌گلسیرید موجود در نمونه است، اندازه‌گیری شد (Fossati & Prencipe, 1982).

جهت محاسبه مقدار LDL سرم خون ماهیان از رابطه Friedewald استفاده شد (Friedewald et al., 1972).

$$\text{VLDL} = \text{Triglycerides}/5 \quad \text{معادله (۹)}$$

$$\text{LDL} = \text{Total cholesterol} - (\text{HDL} + \text{VLDL}) \quad \text{معادله (۱۰)}$$

مقدار گلوکز سرم به روش آنزیمی، کالی‌متری (GOD-PAP) و با استفاده از کیت آزمایشگاهی شرکت پارس آزمون اندازه‌گیری شد. بدین منظور، ۱۰ میکرولیتر محلول استاندارد یا نمونه سرم به یک لوله آزمایش انتقال داده شد. سپس ۱۰۰۰ میکرولیتر از معرف به آن اضافه و به مدت ۲۰ دقیقه در دمای محیط (۲۵-۲۰ درجه سانتی‌گراد) انکوبه شد و میزان جذب نوری در طول موج ۵۴۶ نانومتر در برابر بلانک (۱۰ میکرولیتر آب مقطر به همراه ۱۰۰۰ میکرولیتر معرف) خوانش شد. (Bahram and Trinder, 1972; Sacks, 1999) انسولین به روش الیزا و طول موج ۴۵۰ نانومتر و با استفاده از کیت ELISA (Fish Insulin (INS) kit) اندازه‌گیری شد. جهت سنجش میزان پروتئین کل از کیت آزمایشگاهی شرکت Bionik استفاده شد. ابتدا ۲۵ میکرولیتر از نمونه سرم به همراه معرف و استاندارد در کوت مخلوط و پس از پنج دقیقه در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد، جذب نوری آن در طول موج ۵۴۰ نانومتر در دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد (Koller, 1984; Young, 2001).

شاخص‌های ایمنی (ایمونوگلوبولین تام، لیزوزیم و کمپلمان) با استفاده از روش‌های توصیف‌شده توسط نیسی و همکاران (Neissi et al., 2013) اندازه‌گیری شد.

متوازن شدند. کنجاله کنجد ابتدا به روش پلت سرد تولید و در ادامه با قارچ *Neurospora intermedia* با سطح تلقیح ۱۰^۶ cfu/g تخمیر شد (Aboud, 2024). پنج جیره آزمایشی مشابه از نظر نیتروژن و انرژی با سطح پروتئین یکسان با مقادیر متفاوت پودر ماهی و کنجاله تخمیری کنجد فرموله شدند. در این آزمایش، کنجاله تخمیری کنجد به نسبت ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۵۰ و ۱۰۰ درصد جایگزین پودر ماهی در جیره شاهد شد. اقلام مورد نیاز جیره از بازار محلی تهیه و آسیاب شدند، سپس کلیه مواد تشکیل‌دهنده در ظرفی با یکدیگر مخلوط و روغن و آب به آن اضافه گردید. در ادامه، خمیر حاصله جهت تولید پلت از چرخ گوشت با قطر دو میلی‌متر رد شد. جیره‌های غذایی تا زمان استفاده در فریزر ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. (جدول ۱)

نحوه تهیه ماهی و سیستم پرورش

این مطالعه در یکی از مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در منطقه ارتکند، شهرستان کلات واقع در خراسان رضوی اجرا شد. ۳۶۰ قطعه بچه ماهی قزل‌آلای رنگین کمان با وزن اولیه (۲/۳۰ ±) گرم) در ۱۸ مخزن به ابعاد ۴۰ × ۴۰ × ۱۰۰ سانتی‌متر قرار داده شدند (تعداد ۲۰ بچه ماهی در هر مخزن). تغذیه بچه ماهیان پرورشی روزانه سه نوبت در ساعات ۸:۰۰، ۱۲:۰۰ و ۱۶:۰۰ به میزان چهار درصد وزن بدن به مدت ۶۳ روز انجام شد. پارامترهای فیزیوشیمیایی آب واحد پرورش به صورت هفتگی اندازه‌گیری شد. مقادیر اکسیژن محلول (DO)، pH، دمای آب و آمونیوم به ترتیب ۸/۲ ± ۸/۲ میلی‌گرم بر لیتر، ۷/۵ ± ۰/۲، ۱۳/۸ ± ۰/۵ درجه سانتی‌گراد و کمتر از ۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر بود.

نمونه‌برداری و سنجش شاخص‌های خونی

در انتهای آزمایش، سه ماهی از هر مخزن (نه ماهی در هر تیمار) به طور تصادفی برای نمونه‌گیری و سنجش شاخص‌های خونی انتخاب شدند. با استفاده از سرنگ حاوی هپارین، خون از ساقه دمی ماهی گرفته و پس از سانتریفیوژ (به مدت ۱۰ دقیقه و ۳۰۰۰ دور در دقیقه)، پلاسما جدا و در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد تا زمان سنجش نگهداری شد.

مقدار کلسترول تام به روش آنزیماتیک و با استفاده از کیت آزمایشگاهی شرکت (من) اندازه‌گیری شد. بدین منظور، جذب ۱۰ میکرولیتر نمونه به همراه ۱۰۰۰ میکرولیتر معرف کاری در کنار محلول استاندارد و بلانک پس از چهار دقیقه انکوبه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، در طول موج ۵۰۵ نانومتر خوانده شد (Young, 2006; Naito, 2003; Tietz, 1995). مقدار HDL سرم به روش فتومتریک با استفاده از کیت آزمایشگاهی شرکت پارس آزمون اندازه‌گیری شد. بدین منظور، ابتدا ۱۰ میکرولیتر نمونه و ۱۰۰۰ میکرولیتر محلول اول مخلوط و به مدت پنج دقیقه در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد

جدول ۱- مواد تشکیل دهنده جیره‌های آزمایشی و ترکیب شیمیایی آن‌ها (درصد ماده خشک)

Table 1- Feed ingredients and chemical composition of the experimental diets (% dry matter basis)

اقلام جیره غذایی Feed ingredient	جیره شاهد Control diet	درصد جایگزینی پودر ماهی با کنجاله تخمیری کنجد در جیره Substitution (%) of fish meal with fermented sesame meal in diet				
		10%	20%	30%	50%	100%
پودر ماهی ^۱ Fishmeal	56	50.4	44.8	39.2	28	0
کنجاله تخمیری کنجد Fermented sesame meal	0	5.43	10.87	16.3	27.17	54.34
کنجاله سویا ^۱ Soybean meal	12	12	12	12	12	12
گلوتن گندم ^۱ Wheat gluten	11.21	11.21	11.21	11.21	11.21	11.21
آرد گندم ^۱ Wheat flour	7	7	7	7	7	7
روغن ماهی ^۱ Fish oil	4	4	4	4	4	4
روغن سویا ^۱ Soybean oil	4	4	4	4	4	4
لسیتین ^۲ Lecitine	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
دی کلسیم فسفات ^۱ Dicalcium phosphate	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
مخلوط ویتامینی ^۲ Vitamin premix	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
مخلوط مواد معدنی ^۲ Mineral premix	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
توکسین بایندر ^۳ Toxin binder	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
آنتی اکسیدان ^۱ Antioxidant (BHT)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
کربوکسی متیل سلولز ^۳ Carboxymethyl cellulose	1.5	1.67	1.83	2	2.33	3.16
اکسید یتریوم ^۴ Ytterium oxide	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
ترکیب شیمیایی Chemical composition						
ماده خشک (درصد) Dry matter (%)	90.57	90.62	90.67	90.65	90.58	90.62
پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)	47.92	47.92	47.92	47.92	47.92	47.92
چربی خام (درصد) Ether extract (%)	11.61	11.61	11.73	11.8	11.92	12.23
فیبر خام (درصد) Crude fiber (%)	1.72	1.85	1.92	2.13	2.42	2.89
عصاره عاری از نیتروژن (درصد) NFE (%)	20.9	20.76	20.53	20.02	19.49	18.55
خاکستر (درصد) Ash (%)	8.42	8.48	8.57	8.78	8.83	9.03
فسفر (درصد) P (%)	1.02	1.11	1.19	1.34	1.43	1.89
فیتات (درصد) Phytate (%)	0.12	0.23	0.36	0.45	0.71	1.24
تانن (درصد) Tannin (%)	0.01	0.02	0.05	0.07	0.10	0.27
گلوکزآمین (میلی گرم در گرم) Glucosamine (mg/g)	0	0.96	2.11	3.14	5.34	10.54
انرژی ناخالص (کیلوژول بر گرم) Gross energy (kj/g)	15.88	15.83	15.86	15.87	15.84	15.85

^۱ شرکت سرآمد آکوافید، خراسان رضوی، ایران. ^۲ شرکت خوراک دام نگین، خراسان رضوی، ایران. ^۳ شرکت فرتاک، خراسان رضوی، ایران. ^۴ شرکت Sigma Aldrich، انگلستان

¹Saramad Aquafeed Co., Khorasan Razavi, ²Negin Animal Feed Co., Iran. ³Fartak Co., Iran, ⁴Sigma Aldrich, England

آنالیز شیمیایی

با توجه به روش‌های شرح داده شده در (Association AOAC of Official Analytical Chemists, 2005)، تمام پارامترهای شیمیایی مورد نیاز مواد غذایی، جیره و لاشه اندازه‌گیری شد. به این صورت که ماده خشک در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت، خاکستر با سوزاندن در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت شش ساعت، پروتئین خام به روش کج‌لدال ($N \times 6.25$)، عصاره اتری توسط دستگاه سوکسله، الیاف خام به روش ونسوست توسط دستگاه فایبرتک و فسفر با استفاده از خاکستر به دست آمده از طریق تیتراسیون و در نهایت، توسط اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۰۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. فیتات و تانن براساس روش (AOAC, 2012)، اندازه‌گیری شدند. مقدار گلوکز آمین محصولات تخمیر شده از طریق هضم با اسید سولفوریک (۹۸ درصد) سپس در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت اتوکلاو شده و اندازه‌گیری در طول موج ۶۵۰ نانومتر پس از خنثی شدن با سود به دست آمد (Zheng & Shetty, 1998).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شد. بدین منظور، ابتدا نرمال بودن داده‌ها و سپس همگنی واریانس داده‌ها مورد ارزیابی قرار گرفتند. جهت مقایسه کلی داده‌ها از روش آنالیز واریانس یک‌طرفه One-way-ANOVA و جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون آماری Duncan در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ استفاده شد. همچنین جهت تعیین سطح بهینه جایگزینی کنجاله تخمیری کنجد از معادله رگرسیون خط شکسته با کمک نرم‌افزار SPSS استفاده گردید. بهترین مدل رگرسیون براساس ضریب تبیین زیاد (R^2) و سطح معنی‌داری کم انتخاب شد و سپس رگرسیون خط شکسته بعد از مشتق‌گیری از معادله و تعیین ریشه‌های حقیقی آن به دست آمد (Zar, 1999).

نتایج و بحث

عملکرد رشد

وزن نهایی ماهیان تغذیه شده با سطوح مختلف کنجاله تخمیری کنجد نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری نشان داده است ($P < 0.05$). با افزایش سطح جایگزینی کنجاله تخمیری کنجد از ۱۰ به ۵۰ درصد، وزن نهایی ماهیان آزمایشی از ۲۶/۹۳ گرم به ۵۴/۲۶ گرم افزایش یافت، به طوری که بیشترین وزن نهایی ماهیان در سطح جایگزینی ۵۰ درصد مشاهده شد. بیشترین طول نهایی در ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ۳۰ درصد کنجاله تخمیری کنجد به دست آمد ($P < 0.05$). با

افزایش سطح کنجاله تخمیری کنجد از ۱۰ به ۵۰ درصد، مقدار نرخ رشد ویژه روند افزایشی نشان داد و از ۳/۸۵ به ۴/۹۵ درصد وزن بدن در روز رسید، درحالی‌که کمترین مقدار نرخ رشد ویژه در ماهیان تغذیه شده با جیره شاهد به دست آمد ($P < 0.05$). ضریب تبدیل غذایی در تیمار جایگزینی ۵۰ درصد نسبت به تیمار جایگزینی ۱۰ درصد کنجاله تخمیری کنجد، از ۱/۶۳ به ۱/۱۱ بهبود یافت، در صورتی‌که ضریب تبدیل غذایی شاهد ۱/۷۶ بوده است ($P < 0.05$). با افزایش سطوح جایگزینی کنجاله تخمیری کنجد میزان بقاء ماهیان افزایش معنی‌داری نسبت به ماهیان شاهد از خود نشان دادند ($P < 0.05$). به گونه‌ای که با افزایش سطح جایگزینی از ۱۰ به ۵۰ درصد، میزان بقاء ماهیان آزمایشی از ۷۱/۷۶ درصد به ۹۸/۳۳ درصد افزایش یافت (جدول ۲). براساس مدل رگرسیون خط شکسته، برای شاخص‌های ضریب تبدیل غذایی، نرخ رشد ویژه و وزن نهایی، سطح بهینه جایگزینی کنجاله تخمیری کنجد با پودر ماهی به ترتیب ۷۱/۸۴، ۶۶/۶۴ و ۷۲/۷۸ درصد به دست آمد (شکل ۱-a-c).

تخمیر به عنوان راه حلی مؤثر در جهت کاهش عوامل ضد تغذیه-ای و افزایش زیست‌فراهمی مواد غذایی می‌باشد (Niba et al., 2009). همچنین سبب افزایش کیفیت مواد غذایی و ارتقاء عملکرد مواد اولیه می‌گردد (Curry, 2011). کاهش مقدار فیتات کنجاله کنجد در طی فرایند تخمیر (Olude et al., 2016) و افزایش قابلیت هضم‌پذیری اسیدهای آمینه ضروری و سایر مواد مغذی مفید همچون پپتیدهای کوچک سبب ارتقاء کیفی سطح تغذیه‌ای کنجاله کنجد می‌گردد (Sun et al., 2012) که این موارد را می‌توان به عنوان مهم‌ترین دلایل نتایج مطالعه حاضر در رابطه با سطوح جایگزینی کنجاله تخمیری کنجد نسبت به شاهد در شاخص‌های عملکرد رشد به حساب آورد. نانگ و همکاران (Nang et al., 2011) کنجاله کنجد را به مقدار ۵۲ درصد جایگزین پودر ماهی در جیره قزل‌آلای رنگین کمان با وزن اولیه ۱/۴۲ گرم کرده و با تغذیه ماهیان بدون اضافه کردن مکمل اسید آمینه به جیره، کاهش در عملکرد رشد ماهیان مشاهده نکردند. جایگزینی پودر ماهی با کنجاله کنجد در سطوح ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد جیره ماهی قزل‌آلای رنگین کمان با وزن اولیه دو گرم موجب افزایش سرعت رشد ویژه و نسبت کارایی پروتئین شد. همچنین ضریب تبدیل غذایی بهبود یافت (Emadi et al., 2014). در مطالعه‌ای دیگر روی قزل‌آلای رنگین کمان، استفاده از کنجاله کنجد به جای کنجاله سویا، تیمارهای جایگزینی نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری در شاخص‌های رشد و تغذیه نشان ندادند (Hashemipanahmehrabadi et al., 2022). در کپور معمولی نیز استفاده از کنجاله کنجد به جای کنجاله سویا اثر منفی بر شاخص‌های

کمان با افزایش جایگزینی کنجاله کنجد می‌باشد، درحالی‌که در کپور معمولی عامل وضعیت در بین تیمارها دستخوش تغییر معنی‌دار نشد (Hekmatpour et al., 2023).

شاخص احشایی با افزایش جایگزینی پودر ماهی با کنجاله تخمیری کنجد روند کاهشی از خود نشان داد و از مقدار ۶/۸۶ درصد در جیره حاوی ۱۰ درصد کنجاله تخمیری کنجد به ۵/۸۵ درصد در جیره حاوی ۱۰۰ درصد کنجاله تخمیری کنجد رسید، درحالی‌که مقدار این شاخص در شاهد بالاترین مقدار (۶/۹۱) بوده است ($P < 0.05$). (جدول ۲). بالین‌حال، فرانسسکو و همکاران (Francesco et al., 2004) گزارش کردند که جایگزینی کامل پودر ماهی با منابع پروتئین گیاهی (کنجاله گلوتن ذرت، گلوتن گندم، نخود اکسترو شده و کنجاله کلزا) در قزل‌آلای رنگین کمان ۱۶۲ گرمی، میزان شاخص احشایی را افزایش داده است. نتیجه حاصل در این آزمایش ممکن است ناشی از تخمیر کنجاله کنجد باشد که باعث افزایش پپتیدهای فعال زیستی و کاهش عوامل ضد تغذیه‌ای و بهبود قابلیت هضم شده و فشار کمتری به روده وارد گردیده است.

بالاترین سطح شاخص کبدی به‌میزان ۲/۹ درصد در جیره حاوی ۱۰۰ درصد کنجاله تخمیری کنجد و کمترین آن به شاهد به‌میزان ۲/۲۳ درصد تعلق داشت ($P < 0.05$) (جدول ۲). با افزایش سطوح جایگزینی کنجاله‌های گیاهی با منابع پروتئینی دیگر، مقدار کربوهیدرات جیره غذایی و ترکیبات ضد تغذیه‌ای (تانن، فیتات، پلی ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای و ...) در جیره غذایی افزایش می‌یابد (Zhu et al., 2022) که ممکن است باعث افزایش شاخص کبدی شود (Yaghoubi et al., 2016). همچنین افزایش سطح شاخص کبدی در ماهیان تغذیه شده با اقلام غذایی تخمیر شده می‌تواند ناشی از افزایش مقدار ترکیبات نوکلئوتیدی مانند پورین و پیریمیدین باشد (Safari, 2011). افزایش شاخص کبدی در مطالعه حاضر برخلاف گزارش نکرده اند. جلیلی و همکاران (Jalili et al., 2013) پس از جایگزینی ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ درصد پودر ماهی با گلوتن گندم، گلوتن ذرت و کنجاله سویا در جیره غذایی قزل‌آلای رنگین کمان ۱۵ گرمی تفاوت معنی‌داری از شاخص کبدی در بین تیمارها مشاهده نکردند. روند مشابهی توسط پالمجیانو و همکاران (Palmegiano et al., 2006) در تغذیه ماهی قزل‌آلای ۶۴ گرمی با کنسانتره پروتئینی برنج به‌جای پودر ماهی مشاهده شد. همچنین دریو و همکاران (Drew et al., 2007) در تغذیه ماهی قزل‌آلای رنگین کمان ۴۷ گرمی، پودر ماهی را با کنسانتره پروتئینی کانولا در سطوح ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد جایگزین کردند و تفاوتی در شاخص کبدی مشاهده نکردند. در تحقیقات مربوطه شاخص کبدی به گونه ماهی، مراحل تکوین دستگاه گوارش (لارو، بچه ماهی و ماهی پروراری)، فرمولاسیون جیره غذایی و تاریخچه بیماری بستگی دارد.

عملکرد رشد نداشته است (Hekmatpour et al., 2023). با این حال، برخلاف نتایج این آزمایش، مطالعاتی گزارش شده‌اند که استفاده از کنجاله کنجد در جیره‌های غذایی گونه‌های مختلف می‌تواند اثرات منفی بر عملکردهای رشد و تغذیه داشته باشد. استفاده از کنجاله کنجد در تغذیه ماهی کپور معمولی در سطوح ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد باعث کاهش خوش‌خوراکی، مصرف خوراک و عملکرد رشد شد (Hasan et al., 1997). همچنین جایگزینی کنجاله کنجد در جیره گربه ماهی آفریقایی (*Clarias gariepinus*) به‌جای کنجاله سویا سبب کاهش رشد و نیز افزایش ضریب تبدیل غذایی شد (Jimoh & Aroyehun, 2011). این تفاوت در نتایج می‌تواند به دلیل تفاوت در نوع گونه پرورشی، سن، شرایط پرورش، شرایط متفاوت عمل‌آوری جیره غذایی (Hashemipanahmehrabadi et al., 2022)، نوع رژیم غذایی (گوشت‌خوار، گیاه‌خوار و همه‌چیزخوار) گونه کنجد و نوع فرآوری کنجاله آن، طول دوره پرورش، اندازه گونه پرورشی، میزان غذادهی، سطوح جایگزینی و شرایط محیطی باشد.

میزان ارزش تولیدی پروتئین در ماهیان تیمار ۱۰ درصد جایگزینی کنجاله تخمیری کنجد، ۲۶/۷۰ درصد بوده، درحالی‌که این شاخص در سطح جایگزینی ۵۰ درصد به ۴۹/۲۳ درصد رسیده است. کمترین مقدار ارزش تولیدی پروتئین نیز به‌میزان ۲۵/۷۳ درصد در شاهد مشاهده شد ($P < 0.05$). بالاترین نسبت کارایی پروتئین در تیمار حاوی ۵۰ درصد کنجاله تخمیری به‌دست آمد، درحالی‌که کمترین آن متعلق به شاهد بوده است ($P < 0.05$) (جدول ۲). لیم و همکاران (Lim et al., 2020) پودر ماهی را با منابع پروتئین گیاهی در سطوح ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درصد در جیره غذایی کفشک زیتونی (*Olive flounder*) جایگزین کردند و تفاوتی در نسبت کارایی پروتئین مشاهده نکردند. اولود و همکاران (Olude et al., 2016) مقادیری از پودر ماهی را با کنجاله کنجد اتوکلاو شده (۷۱/۲، ۱۶۵/۵ و ۲۹۶/۳ گرم بر کیلوگرم) و تخمیر شده (۷۱/۰، ۱۶۴/۳ و ۲۹۲/۲ گرم بر کیلوگرم) در تغذیه ماهیان تیلایا جایگزین کردند که نتایج آن تفاوتی در شاخص ارزش تولیدی پروتئین نشان ندادند، درحالی‌که میزان کارایی پروتئین تیمارهای حاوی کنجاله تخمیری بیشتر از کنجاله کنجد اتوکلاو شده بوده است.

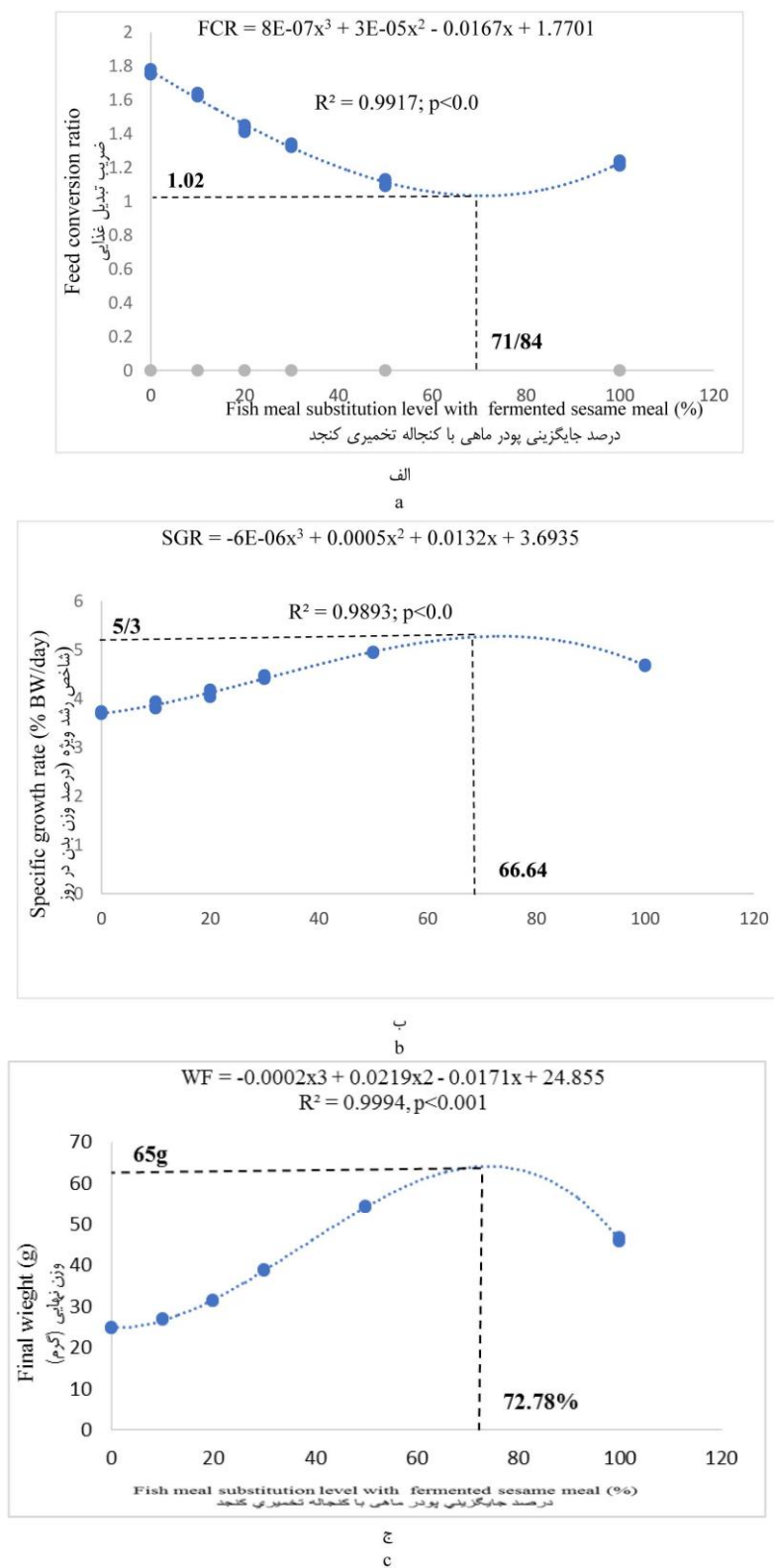
بالاترین فاکتور وضعیت در ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی کنجاله تخمیری کنجد در سطح ۵۰ درصد مشاهده شد ($P < 0.05$) (جدول ۲). فاکتور وضعیت تحت تأثیر شرایط فیزیولوژیکی بدن گونه‌های آبی از جمله وضعیت تغذیه‌ای و ذخائر انرژی مورد استفاده آن‌ها می‌باشد و میزان بیش از ۱/۲-۱ از این شاخص، بیانگر سلامت ماهی و سطح بهینه بهداشت آنان می‌باشد (Schulte-Hostedde et al., 2005; Dawood et al., 2017). همچنین نتایج هاشمی‌پناه مهرآبادی و همکاران (Hashemipanahmehrabadi et al., 2022) هم‌راستا با نتایج این مطالعه نشان‌دهنده افزایش فاکتور وضعیت قزل‌آلای رنگین

جدول ۲- اثر جایگزینی پودر ماهی با سطوح مختلف کنجاله تخمیری کنجد بر شاخصهای رشد ماهیان قزل آلا^۱
Table 2- Effect of fish meal substitution with fermented sesame meal on growth performance of rainbow trout¹

پارامتر Parameter	کنترل Control diet	نسبت جایگزینی کنجاله تخمیری کنجد (درصد) یا پودر ماهی در جیره Substitution percentage of fish meal with fermented sesame meal in diet				SEM ²	-valueP
		10%	20%	30%	50%		
وزن اولیه (گرم) Initial weight	2.40	2.39	2.36	2.36	2.40	0.014	<0.817
وزن نهایی (گرم) Final weight (g)	24.78 ^f	26.93 ^a	31.38 ^d	38.93 ^c	54.26 ^a	2.56	<0.001
طول نهایی (سانتی متر) Final length (cm)	12.33 ^b	12.53 ^{ab}	12.50 ^{ab}	12.60 ^a	12.43 ^{ab}	0.03	<0.047
نرخ رشد ویژه (درصد وزن بدن در روز) Specific growth rate (% BW/Day)	3.71 ^f	3.85 ^e	4.11 ^d	4.45 ^c	4.95 ^a	0.11	<0.001
ضریب تبدیل غذایی Feed conversion ratio	1.76 ^a	1.63 ^b	1.43 ^c	1.33 ^d	1.11 ^f	0.05	<0.001
نرخ بقا (درصد) Survival rate (%)	63.33 ^e	71.67 ^d	81.67 ^c	88.33 ^b	98.33 ^a	2.95	<0.001
فاکتور وضعیت (درصد) (%) Condition factor	1.32 ^a	1.37 ^a	1.61 ^d	1.95 ^c	2.82 ^a	0.13	<0.001
ارزش تولیدی پروتئین (درصد) Protein productive value (%)	25.73 ^f	26.70 ^e	28.24 ^d	31.67 ^c	49.23 ^a	1.96	<0.001
نسبت کارایی پروتئین Protein efficiency ratio	2.13 ^f	2.24 ^e	2.37 ^d	2.59 ^c	2.86 ^a	0.06	<0.001
شاخص اندامی (درصد) Visceral somatic index (%)	6.91 ^a	6.86 ^b	6.34 ^c	6.09 ^d	5.87 ^e	0.38	<0.001
شاخص کبدی (درصد) Hepatic somatic index (%)	2.32 ^f	2.44 ^e	2.57 ^d	2.64 ^c	2.67 ^b	0.16	<0.001

^۱ اعداد دارای حروف متفاوت در ردیفها دارای اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۵ می باشد. ^۲ خطای استاندارد

^۱ Different superscript within a row indicate significant differences at P<0.05; ² Standard error



شکل ۱- برآورد رگرسیون خط شکسته جایگزینی پودر ماهی با کنجاله تخمیری کنجد در جیره قزل آلائی رنگین کمان برای شاخص‌های ضریب تبدیل غذایی (الف)، نرخ رشد ویژه (ب) و وزن نهایی (ج) ((n=3 p<0.05)

Figure1- Estimation of broken line regression analysis for feed conversion ratio (a) specific growth rate (b) and final weight (c) in the rainbow trout diets containing different substitution level of fish meal with fermented sesame meal (%) (g) (n=3; p<0.05)

شاخص‌های بیوشیمیایی خون

بیشترین میزان کلسترول تام به میزان ۳۶۰/۳۳ میلی گرم در دسی لیتر در ماهیان شاهد و کمترین میزان کلسترول به میزان ۳۱۵/۷۷ در تیمار حاوی ۵۰ درصد کنجاله تخمیری کنجد مشاهده شد ($P < 0.05$). بیشترین لیپوپروتئین با چگالی بالا در خون ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ۱۰۰ درصد کنجاله تخمیری کنجد و کمترین لیپوپروتئین با چگالی کم در خون ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ۵۰ درصد کنجاله تخمیری به دست آمد ($P < 0.05$). روند مشابهی نیز برای تری گلیسیرید مشاهده شد، بدین صورت که از مقدار ۱۰۵/۰۷ میلی گرم در دسی لیتر شاهد به ۷۰/۷۳ میلی گرم در دسی لیتر در تیمار ۱۰۰ درصد کنجاله تخمیری کنجد رسید. بالاترین سطح VLDL در خون ماهیان شاهد و کمترین آن در خون ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ۵۰ درصد کنجاله تخمیری کنجد بوده است (جدول ۳).

مشابه این آزمایش، مطالعات دیگری گزارش شده است که در آن‌ها نیز میزان کلسترول تام در پلاسما قزل آلائی رنگین کمان که با جیره‌های حاوی سطوح فزاینده پودر ماهی جایگزین شده با منابع پروتئینی گیاهی تغذیه شده بودند، کاهش یافته است (Romarheim et al., 2006; Yamamoto et al., 2007). چنین روندی برای لیپوپروتئین با چگالی کم (LDL) نیز مشاهده شده است. همچنین شیمو و همکاران (Shimeno et al., 1994) کاهش غلظت تری گلیسیریدها را با افزایش سطح گلوتن ذرت در جیره غذایی ماهی دم زرد (*Seriola quinqueradiata*) گزارش کردند. با این حال، صالح (Saleh, 2019) نشان داد که با افزایش سطح جایگزینی پودر ماهی با کنجاله کنجد به میزان ۱۰، ۳۰ و ۴۵ درصد، سطح کلسترول پلاسمای خون ماهی باس اروپایی (*Dicentrarchus labrax*) به تدریج کاهش یافت. این نتیجه ممکن است به دلیل وجود سسامین، به عنوان یکی از لیگنان‌های کنجد باشد و همین موجب کاهش سطح کلسترول و لیپو پروتئین با چگالی کم پلاسما شده باشد.

با افزایش سطح کنجاله تخمیری کنجد از ۱۰ به ۵۰ درصد، فعالیت انسولین از ۱۳/۸۵ به ۱۷/۸۸ نانوگرم در میلی لیتر افزایش یافت. کمترین میزان انسولین در ماهیان شاهد (۱۳/۳۹ نانوگرم در میلی لیتر) به دست آمد ($P < 0.05$). بیشترین و کمترین میزان گلوکز به ترتیب در جایگزینی ۱۰۰ و ۱۰ درصد کنجاله تخمیری کنجد مشاهده شد (جدول ۳). احتمالاً علت این امر را می توان به تبدیل شدن ترکیبات کربوهیدراتی به واحدهای مونومر گلوکز و افزایش آن در خون نسبت داد. آکار و تورکر (Acar & Türker, 2018) دریافتند که تغذیه ماهیان قزل آلائی رنگین کمان با جیره حاوی کنجاله بادام زمینی (*Arachis hypogaea*) به جای پودر ماهی سبب افزایش غلظت گلوکز سرم خون شده است. مشابه این مطالعه، کومار و همکاران (Kumar et al., 2010) پس از جایگزینی ۵۰ و ۷۵ درصد

از پودر ماهی با گیاه *Jatropha curcas* و کنجاله سویا در کیور معمولی، نتایج مشابهی گزارش کردند. حداکثر سطح پروتئین کل در پلاسما ماهیان تغذیه شده با گروه شاهد ۳/۸۹ (گرم در دسی لیتر) ثبت شد، در حالی که پس از جایگزینی کامل پودر ماهی با کنجاله تخمیری کنجد، مقدار این شاخص به کمترین سطح (۳/۱۱ گرم در دسی لیتر) رسیده است (جدول ۳). لین و لو (Lin & Luo, 2011) گزارش کردند که تغذیه کنجاله سویا تخمیر شده سبب کاهش پروتئین کل می شود و با یافته‌های این مطالعه مطابقت دارد.

شاخص‌های ایمنی خون

فعالیت ایمونوگلوبولین تام به مقدار ۱/۷۶ واحد در میلی گرم پروتئین در ماهیان شاهد مشاهده شد و با جایگزینی کامل پودر ماهی با کنجاله تخمیری کنجد افزایش یافت و به عدد ۲/۷۰ واحد در میلی گرم پروتئین رسید. با افزایش سطح جایگزینی کنجاله تخمیری کنجد از ۱۰ به ۱۰۰ درصد، میزان کمپلمان از ۲/۶۸ به ۲/۳۷ واحد در میلی گرم پروتئین کاهش یافت ($P < 0.05$). سطح لیزوزیم در ماهیان شاهد ۲/۴۴ واحد در میلی گرم پروتئین بوده است و پس از جایگزینی کامل پودر ماهی با کنجاله تخمیری کنجد به ۲/۸۴ واحد در میلی گرم پروتئین افزایش یافت ($P < 0.05$) (جدول ۴). به طور کلی، پاسخ ایمنی ماهیان آزمایشی با جایگزینی پودر ماهی با کنجاله تخمیری کنجد افزایش یافت. این یافته با نتایج خسروی و همکاران (Khosravi et al., 2018) مطابقت دارد؛ آن‌ها ترکیبی از کنسانتره پروتئینی سویا و کنجاله گلوتن ذرت را به میزان ۵۰ درصد جایگزین پودر ماهی کردند و به این نتیجه رسیدند که این جایگزینی بر پاسخ‌های ایمنی کفک زیتونی (*Olive flounder*) همچون ایمونوگلوبولین تام، فعالیت آنزیم لیزوزیم و بقای ماهیان آلوده به باکتری *Edwardsiella tarda* (Edwardsiella tarda) تأثیرگذار است. برخلاف یافته‌های این مطالعه، جلیلی (Jalili et al., 2013) اشاره کرد که سطح ایمونوگلوبولین، آنزیم لیزوزیم و کمپلمان با جایگزینی ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ درصد پودر ماهی با منابع پروتئینی گیاهی، تفاوت معنی داری با گروه شاهد در ماهیان قزل آلائی رنگین کمان نشان نداد. جایگزینی کامل پودر ماهی با منابع پروتئینی گیاهی در جیره غذایی ماهی آزاد اقیانوس اطلس (*Salmo salar*) هیچ تفاوتی در فعالیت لیزوزیم و ایمونوگلوبولین تام سرم نداشت (Bransden et al., 2001). باین حال، سیتجا-بوادیللا و همکاران (Sitja-Bobadilla et al., 2005) با مطالعه بر ماهی شانک سر طلایی (*Sparus aurata*) دریافتند که فعالیت آنتی بادی کل و کمپلمان در سطح ۷۰ و ۱۰۰ درصد جایگزینی پودر ماهی در مقایسه با گروه شاهد به طور قابل توجهی کمتر بود.

جدول ۳- شاخص‌های بیوشیمیایی ماهیان قرل‌لای رنگین کمان تغذیه شده با جیره‌های حاوی سطوح مختلف پودر ماهی جایگزین شده با کنجاله تخمیری کنجد^۱
Table 3- Blood biochemical parameters of rainbow trout fed with different substitution levels of fishmeal with fermented sesame meal¹

پارامتر Parameter	جیره شاهد Control diet	سطح جایگزینی پودر ماهی با کنجاله تخمیری کنجد ^۲ Substitution percentage of fish meal with fermented sesame meal in diet (%)					SEM ²	-value ^۳ P
		10%	20%	30%	50%	100%		
کلسترول (میلی گرم در دسی‌لیتر) Cholesterol (mg/dL)	360.33 ^a	358.20 ^b	345.60 ^c	338.93 ^d	315.77 ^f	316.97 ^e	4.31	<0.001
لیپو پروتئین با چگالی بالا (میلی گرم در دسی‌لیتر) ^۳ HDL (mg/dL)	126.04 ^f	129.93 ^e	134.50 ^d	139.60 ^c	145.60 ^b	146.10 ^a	1.83	<0.001
لیپو پروتئین با چگالی کم (میلی گرم در دسی‌لیتر) ^۴ LDL (mg/dL-1)	213.28 ^a	207.59 ^b	198.44 ^c	180.74 ^d	156.28 ^e	156.79 ^e	5.42	<0.001
تری گلیسرید (میلی گرم در دسی‌لیتر) ^۵ TG (mg/dL)	105.07 ^a	103.36 ^b	93.28 ^c	87.95 ^d	69.41 ^f	70.37 ^e	3.45	<0.001
لیپو پروتئین با چگالی خیلی پایین (میلی گرم در دسی‌لیتر) ^۶ VLDL (mg/dL)	21.07 ^a	20.67 ^b	18.66 ^c	17.59 ^d	13.88 ^f	14.07 ^e	0.69	<0.001
انسولین (نانوگرم در میلی لیتر) Insulin (ng/ml)	13.39 ^f	13.85 ^e	14.37 ^d	15.44 ^c	17.88 ^a	17.73 ^b	0.43	<0.001
پروتئین کل (گرم در دسی‌لیتر) ^۷ TP (g/dL)	3.89 ^a	3.86 ^a	3.80 ^b	3.71 ^c	3.67 ^d	3.11 ^e	0.06	<0.001
گلوکز (میلی گرم در دسی‌لیتر) Glucose (mg/dL)	58.67 ^{ab}	58.53 ^b	58.67 ^{ab}	58.63 ^{ab}	58.67 ^{ab}	58.70 ^a	0.02	<0.001

^۱ اعداد دارای حروف متفاوت در ردیف‌ها دارای اختلاف معنی‌دار در سطح $P < 0.05$ می‌باشند. ^۲ خطای استاندارد.

^۳ HDL= High-density lipoprotein

^۴ LDL= Low-density lipoprotein

^۵ TG= Triglyceride

^۶ VLDL= Very-low-density lipoprotein

^۷ TP = Total protein

^۱ Diffenret superscript within a row indicate significant differences at $P < 0.05$; ² Standard error of mean

جدول ۴- شاخص‌های ایمنی خون ماهیان قزل‌آلای رنگین کمان آزمایشی تغذیه شده با جیره‌های حاوی سطوح مختلف پودر ماهی و کنجاله تخمیری کنگد^۱
Table 4- Immune response activity of rainbow trout fed by diets containing different levels of fish meal and fermented sesame meal¹

پارامتر Parameter	جیره شاهد Control diet	درصد جایگزینی پودر ماهی با کنجاله تخمیری کنگد در جیره Substitution percentage of fish meal with fermented sesame meal in diet				SEM ²	-valueP
		10%	20%	30%	50%	100%	
ایمونوگلوبولین تام (واحد در میلی گرم پروتئین) ^۳ IMG (unit mg protein-1)	1.76 ^d	1.85 ^c	1.89 ^c	2.38 ^b	2.67 ^a	2.70 ^a	<0.001
کمپلمان (واحد در میلی گرم پروتئین) Complement (unit mg protein-1)	1.97 ^e	2.68 ^a	2.14 ^d	2.26 ^c	2.37 ^b	2.37 ^b	<0.001
لیزوزیم (واحد در میلی گرم پروتئین) Lysozyme (unit mg protein-1)	2.44 ^e	2.57 ^d	2.64 ^c	2.78 ^b	2.83 ^a	2.84 ^a	<0.001

^۱ اعداد دارای حروف متفاوت در ردیف‌ها دارای اختلاف معنی‌دار در سطح $P < 0.05$ می‌باشند. ^۳ خطای استاندارد.

^۲ Different superscript within a row indicate significant differences at $P < 0.05$; ^۳ Standard error of mean

^۳ IMG = Immunoglobulin

ضریب تبدیل غذایی، بقاء، ارزش تولیدی پروتئین و ... شده است. در بررسی شاخص‌های بیوشیمی خون و ایمنی، در بیشتر موارد سطح جایگزینی در دامنه ۵۰-۱۰۰ درصد، نتایج مطلوبی را نسبت به شاهد نشان داده است. لذا براساس نتایج به دست آمده، جایگزینی ۵۰ درصد پودر ماهی با کنجاله تخمیری کنجد در جیره غذایی این ماهی توصیه می‌شود.

این تضاد ممکن است به دلیل تفاوت در طرح آزمایش مختلف، گونه ماهی و نوع منبع پروتئین گیاهی باشد. افزایش پیتیدهای زیست فعال پس از تخمیر می‌تواند به عنوان عوامل ضد میکروبی از طریق تحریک یا سرکوب برخی از پاسخ‌های ایمنی یا از طریق تعامل با عوامل بیماری‌زا عمل کند (Hancock & Sahl, 2006). با این حال، درک بهتر این گونه روابط نیاز به تحقیق بیشتر در آینده دارد.

سپاسگزاری

این تحقیق با حمایت مالی معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد با طرح شماره ۵۳۵۳۱ انجام شد که بدینوسیله از یاری و مساعدت این معاونت تشکر و قدردانی می‌گردد.

نتیجه گیری کلی

به طور کلی، نتایج مطالعه حاضر بیانگر آن است که جایگزینی ۵۰ درصد کنجاله تخمیری کنجد به جای پودر ماهی در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین کمان با وزن دو گرم، سبب بهبود بیشتر شاخص‌های عملکرد رشد و کارایی تغذیه همچون وزن نهایی، نرخ رشد ویژه،

References

- Aboud, A. (2024). Production of sesame protein concentrate by sesame meal processing for its utilization instead fish meal in diet of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Ph.D. Thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. 200 pp.
- Acar, Ü., & Türker, A. (2018). The effects of using peanut meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets on the growth performance and some blood parameters. *Aquaculture Studies*, 18(2), 79-87.
- Altop, A. (2019). The effects of diets supplemented with fermented or non-fermented cherry kernels (*Prunus avium* L.) on growth performance, ileal histology, caecum microflora, and some meat quality parameters in broiler chickens. *European Poultry Science*, 83, 1-15. <http://dx.doi.org/10.1399/eps.2019.260>
- Association of Official Analytical Chemists. (2005). Official Methods of Analysis (18th ed.). Arlington, VA: AOAC.
- Association of Official Analytical Chemists. (2012). Official Methods of Analysis (19th ed.). Arlington, VA: AOAC.
- Ayan, S. (2018). A review of fish meal replacement with fermented biodegradable organic wastes in aquaculture. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 6(6), 203-208.
- Bahram, D., & Trinder, P. (1972). An improved color reagent for the determination of blood glucose by the oxidase system. *Analyst*, 97, 142-145.
- Borchani, C., Besbes, S., Blecker, C. H., & Attia, H. (2010). Chemical characteristics and oxidative stability of sesame seed, sesame paste, and olive oils. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 12, 585-596.
- Brandsen, M. P., Carter, C. G., & Nowak, B. F. (2001). Effects of dietary protein source on growth, immune function, blood chemistry and disease resistance of Atlantic salmon (*Salmo salar*) parr. *Animal Science*, 73: 105-113. <http://dx.doi.org/10.1017/S1357729800058100>
- Brown, P. B., Kaushik, J. S., & Peres, H. (2008). Protein feedstuffs originating from soybeans. In: Alternatives Protein Sources in Aquaculture Diets (C. Lim, C. D. Webster, & C. S. Lee, eds), 205-223. The Haworth Press, New York, USA.
- Cowieson, A., Ruckebusch, J. P., Sorbara, J. O., Wilson, J. W., Guggenbuhl, P., & Roos, F. (2017). A systematic view on the effect of phytase on ileal amino acid digestibility in broilers. *Animal Feed Science and Technology*, 225, <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.01.008>
- Curry, S. J. (2011). Behavioral medicine interventions and the USPSTF: Opportunities and challenges for SBM. *Annals of Behavioral Medicine*, 41, 123-129.
- Dawood, M. A. O., Koshio, S., Ishikawa, M., Yokoyama, S., El Basuini, M. F., Hossain, M. S., & Wei, H. (2017). Dietary supplementation of β -glucan improves growth performance, the innate immune response and stress resistance of red sea bream (*Pagrus Major*). *Aquaculture Nutrition*, 23 (1): 148-159. <http://dx.doi.org/10.1111/anu.12376>
- Drew, M. D., Ogunkoya, A. E., Janz, D. M., & Van Kessel, A. G. (2007). Dietary influence of replacing fish meal and oil with canola protein concentrate and vegetable oils on growth performance, fatty acid composition and organochlorine residues in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 267, 260-268. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.01.002>
- Emadi, H., Mokhayer, B., & Faal, M. M. (2014). Alternative role of sesame seed replacing fish meal in the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fingerlings. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 13(3), 608-620. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.15622916.2014.13.3.9.3>

- Enyidi, U. D., Pirhonen, J., & Vielma, J. (2014). Effects of sesame seed meal and bambaranut meal on growth, feed utilization and body composition of juvenile African catfish (*Clarias gariepinus*). *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 13(4), 998-1013. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.15622916.2014.13.4.17.3>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2023). Fishery and aquaculture statistics. Global aquaculture production 1950-2021 (FishStatJ). FAO fisheries and aquaculture division [online]. Rome Updated 2023.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2018). The state of world fisheries and aquaculture. Meeting the sustainable development goals. Rome: FAO.
- Fossati, P., & Prencipe, L. (1982). *Clinical Chemistry*, 28, 2077-2080.
- Francesco, M., Parisi, G., Medale, F., Kaushik, S. J., & Poli, B. M. (2004). Effect of long-term feeding with a plant protein mixture-based diet on growth and body/fillet quality traits of large rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 263, 413-429. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.01.006>
- Friedewald, W. T., Levy, R. I., & Fredrickson, D. S. (1972). Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clinical Chemistry*, 18, 499-502.
- Gasco, L., Józefiak, A., & Henry, M. (2021). Beyond the protein concept: Health aspects of using edible insects on animals. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7, 715-741. <http://dx.doi.org/10.3920/JIFF2020.0077>
- Glencross, B. D., Booth, M., & Allan, G. L. (2007). A feed is only as good as its ingredients- A review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. *Aquaculture Nutrition*, 13, 17-34. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2095.2007.00450.x>
- Hajimohammadi, A., Mottaghitalab, M., & Hashemi, M. (2020). Influence of microbial fermentation processing of sesame meal and enzyme supplementation on broiler performances. *Italian Journal of Animal Science*, 19(1), 712-722. <http://dx.doi.org/10.1080/1828051X.2020.1790045>
- Hancock, R. E., & Sahl, H. G. (2006). Antimicrobial and host-defense peptides as new anti-infective therapeutic strategies. *Nature Biotechnology*, 24, 1551-1557. <http://dx.doi.org/10.1038/nbt1267>
- Hasan, M. R., Macintosh, D. J., & Jauncey, K. (1997). Evaluation of some plant ingredients as protein sources for common carp (*Cyprinus carpio* L.) fry. *Aquaculture*, 151, 55-70. [http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(96\)01499-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(96)01499-8)
- Hashemipanahmehrabadi, A., Rafie, G., & Bozorgi, S. (2022). Replacement of soybean meal with sesame oil-cake in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diet and its effects on growth indices, nutrition, fillet biochemical compositions, and liver enzymes. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 31(1), 97-108. <http://dx.doi.org/10.22092/isfj.2022.126251>
- Hekmatpour, F., Amiri, F., Yoonaszadeh Fashalami, M., Nazemroaya, S., Sadr, A., Mousavi, S., Mortezaavizadeh, S. A., Kianersi, F., Ahangarzadeh, M., Houshmand, H., & Sharifian, M. (2023). Research Article: Replacement effects of soybean meal with sesame seed cake on growth, biochemical body composition, and economic efficiency of *Cyprinus carpio* formulated diet. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 22(3), 678-700. <http://dx.doi.org/10.22092/ijfs.2023.129701>
- Hussain, S. M., Bano, A. A., Ali, S., Rizwan, M., Adrees, M., Zahoor, A. F., Sarker, P. K., Hussain, M., Arsalan, M. Z., Yong, J. W. H., & Naeem, A. (2024). Substitution of fishmeal: Highlights of potential plant protein sources for aquaculture sustainability. *Heliyon*, 10(4), e26573. <http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26573>
- Jalili, R., Tukmechi, A., Agh, N., Noori, F., & Ghasemi, A. (2013). Replacement of dietary fish meal with plant sources in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Effect on growth performance, immune responses, blood indices and disease resistance. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 12(3), 577-591. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.15622916.2013.12.3.7.4>
- Jimoh, W. A., & Aroyehun, H. T. (2011). Evaluation of cooked and mechanically defatted sesame (*Seasame indicum*) seed meal as a replacer for soybean meal in the diet of African catfish (*Clarias gariepinus*). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 11, 185-190. <http://dx.doi.org/10.4194/trjfas.2011.0202>
- Khosravi, S., Bui, H. T. D., Herault, M., Fournier V., Kim, K. D., Lee, B. J., Kim, K. W., & Lee, K. J. (2018). Supplementation of protein hydrolysates to a low fishmeal diet improves growth and health status of juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Journal of The World Aquaculture Society*, 49(5), 897-911. <http://dx.doi.org/10.1111/jwas.12436>
- Koller, A. (1984). Total serum protein. In: Kaplan L. A., Pesce, A. J. (Eds). *Clinical Chemistry: theory, analysis, and correlation*. Mosby Co. St Louis. Toronto. Princeton, 1316-1324.
- Kumar, V., Makkar, H. P., Amselgruber, W., & Becker, K. (2010). Physiological, haematological and histopathological responses in common carp (*Cyprinus carpio* L.) fingerlings fed with differently detoxified *Jatropha curcas* kernel meal. *Food and Chemical Toxicology*, 48(8-9), 2063-2072. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2010.05.007>
- Kwon, I. H., Kim, M. H., Yun, C. H., Go, J. Y., Lee, C. H., Lee, H. J., Phipek, W., & Haa, J. K. (2011). Effects of fermented soybean meal on immune response of weaned calves with experimentally induced lipo-polysaccharide challenge. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 24, 957-964. <http://dx.doi.org/10.5713/ajas.2011.10419>
- Lim, H., Kim, M. G., Shin, J., Hur, S. W., Lee, B. J., & Lee, K. J. (2020). Evaluation of three plant proteins for fish meal replacement in diet for growing olive flounder *Paralichthys olivaceus*. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53(3), 464-470. <https://doi.org/10.5713/ajas.2011.10419>

- Lin, S., & Luo, L. (2011). Effects of different levels of soybean meal inclusion in replacement for fish meal on growth, digestive enzymes and transaminase activities in practical diets for juvenile tilapia (*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*). *Animal Feed Science and Technology*, 168(1-2), 80-87. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.03.012>
- Lin, Y. H., & Cheng, M. Y. (2017). Effects of dietary organic acid supplementation on the growth, nutrient digestibility and intestinal histology of the giant grouper *Epinephelus lanceolatus* fed a diet with soybean meal. *Aquaculture*, 469, 106–111. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.11.032>
- Naito, H. K. (2003). Coronary artery disease and disorder of lipid metabolism. *Clinical Chemistry: Theory, Analysis, Correlation*, 4th ed. Kaplan, L.A., Pesce, A.J, Kazmierczak, S. C. (Mosby, Inc. eds. St Louis USA) 603.
- National Research Council (NRC) (1993). Nutrient requirements of fish. Washington, DC: National Academy Press. 114 p.
- Nauck, M., Maerz, W., & Wieland, H. (1998). New immunoseparation based hormogenos and two heterogeneous methods for HDL-cholesterol. *Clinical Chemistry*. 44, 443-451.
- Nang, T., Bodin, N., De Saeger, S., Larondelle, Y., & Rollin, X. (2011). Substitution of fish meal by sesame oil cake (*Sesamum indicum* L.) in the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition*, 17, 80-89. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2095.2009.00732.x>
- Neissi, A., Rafiee, G., Nematollahi, M., & Safari, O. (2013). The effect of *Pediococcus acidilactici* bacteria used as probiotic supplement on the growth and non-specific immune responses of green terror (*Aequidens rivulatus*). *Fish and Shellfish Immunology*, 35, 1976-1980. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fsi.2013.09.036>
- Niba, A. Beal, J., Kudi, A. & Brooks, P. (2009). Potential of bacterial fermentation as a biosafe method of improving feeds for pigs and poultry. *African Journal of Biotechnology*, 8, 1758-1767.
- Olude, O., George, F., & Alegbeleye, W. (2016). Utilization of autoclaved and fermented sesame (*Sesamum indicum* L.) seed meal in diets for Til-aqua natural male tilapia. *Animal Nutrition (Zhongguo xu mu shou yi xue hui)*, 2(4), 339–344. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aninu.2016.09.001>
- Onsaard, E., Pomsamud, P., & Audtum, P. (2010). Functional properties of sesame protein concentrate from sesame meal. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 3(4), 420-431.
- Onsaard, E. (2012). Sesame proteins. *International Food Research Journal*, 19(4), 1287-1295.
- Palmegiano, G. B., Dapra, F., Forneris, G., Gai, F., Gasco, L., Guo, K., Peiretti, P. G., Sicuro, B., & Zoccarato, I. (2006). Rice protein concentrate meal as a potential ingredient in practical diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 258, 357-367. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.04.011>
- Reigh, R. C. (2008). Underutilized and unconventional plant protein supplements. In C. Lim, C. D. Webster, & C. S. Lee eds., *Alternatives Protein Sources in Aquaculture Diets* (pp. 433-474). Haworth Press.
- Romarheim, O. H., Skrede, A., Gao, Y., Krogdahl, Å., Denstadli, V., Lilleeng, E., & Storebakken, T. (2006). Comparison of white flakes and toasted soybean meal partly replacing fish meal as protein source in extruded feed for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 256 (1-4), 354-364 <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.02.006>
- Sacks, D. B. (1990). Carbohydrates. In: C. A. Burtis, E. R. Ashwood, eds. *Tietz Textbook of Clinical Chemistry*. 3rd ed. Philadelphia: W.B Saunders Company. p. 750-808.
- Safari, O. (2011). Study on the production of canola protein concentrate through different processing methods (physical, chemical and biological) with the aim of using in the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Ph.D. Thesis, University of Tehran, Tehran, Iran. 250 pp.
- Saleh, N. E. (2019). Assessment of sesame meal as a soybean meal replacement in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) diets based on aspects of growth, amino acid profiles, haematology, intestinal and hepatic integrity and macroelement contents. *Fish Physiology and Biochemistry*, 46(3), 861–879. <http://dx.doi.org/10.1007/s10695-019-00756-w>
- Schulte-Hostedde, A. I., Zinner, B., Millar, J. S., & Hickling, G. J. (2005). Restitution of mass-size residuals: Validating body condition indices. *Ecology*, 86, 155–163.
- Shimeno, S., Hashimoto, A., Ando, Y., & Hayakawa, K. (1994). Improving the nutritive value of defatted soybean meal through purification and fermentation for fingerling yellowtail. *Suisanzoshoku*, 42, 247-252.4. <https://doi.org/10.1890/04-0232>
- Sitjà-Bobadilla, A., Peña-Llopis, S., Gómez-Requeni, P., Médale, F., Kaushik, S., & Pérez-Sánchez, J. (2005). Effect of fish meal replacement by plant protein sources on non-specific defence mechanisms and oxidative stress in gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, 249(1-4), 387-400. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.03.031>
- Sun, H., & Tang, J. W., Yao, X. H., Wu, Y. F., Wang, X., & Feng, J. (2012). Improvement of the nutritional quality of cottonseed meal by *Bacillus subtilis* and the addition of papain. *International Journal of Agriculture and Biology*, 14, 563-568.
- Tacon, A. G. J. (1990). Standard methods for the nutrition and feeding of farmed fish and shrimp. *Argent Laboratories Press*, Washington DC. p. 4-24.
- Tacon, A. G. J. (1993). Feed ingredients for warm water fish. Fish meal and other processed feedstuffs. *FAO*

Fisheries Circular No. 856. FAO, Rome.

Tietz, N. W. (2006). Clinical guide to laboratory tests, 4rd ed. (W. B. Saunders eds. Philadelphia USA), 244.

Wiebe, D. A., & Warnick, G. R. (1997). Measurement of high-density lipoprotein cholesterol. In N. Rifai, G. R. Warnick, Washington, AACC Press, 1997. p. 127-144.

Yaghoubi, M., Mozanzdeh, M. T., Marammazi, J. G., Safari, O., & Gisbert, E. (2016). Dietarty replacement of fish meal by soy proguets (soybean meal and isolated soy protein) in silvery-black porgy juveniles (*Sparidentex hasta*). *Aquaculture*, 464, 50-59. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.06.002>

Yamamoto, T., Suzuki, N., Furuita, H., Sugita, T., Tanaka, N., & Goto, T. (2007). Supplemental effect of bile salts to soybean meal-based diet on growth and feed utilization of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fisheries Science*, 73(1), 123-131. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1444-2906.2007.01310.x>

Young, D. S. (1995). Effects of drugs on clinical laboratory tests, 4 ed., AACC Press.

Young, D. S. (2001). Effects of disease on Clinical Lab, Tests, 4th ed AACC.

Zar, J. H. (1999). Biostatistical Analysis. New Jersy, USA. Prentice-Hall, Inc.

Zarantoniello, M., Randazzo, B., Secci, G., Notarstefano, V., Giorgini, E., Lock, E. J., Parisi, G., Olivotto, I. (2021). Application of laboratory methods for understanding fish responses to black soldier fly (*Hermetia illucens*) based diets. *Journal of Insects as Food and Feed*, 8(11), 1-24. <http://dx.doi.org/10.3920/JIFF2020.0135>

Zheng, Z., & Shetty, K. (1998). Solid-state of beneficial fungi on apple processing wastes using glucosamine as the indicators of growth. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 783-787. <https://doi.org/10.1021/jf970916y>

Zhu, Zh., Yi., Y, Zhang., X, Lin., Y, Chi., Sh, Yang., Q, & Tan., B. (2022). The growth performance, antioxidant capacity, liver fat metabolism and intestinal flora com position responsiveness to fish meal replacement by peanut cake for juvenile hybrid grouper (*Epinephelus fuscoguttatus* ♀ × *Epinephelus lanceolatus* ♂), *Aquaculture Reports*, 23, 101060. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101060>

Contents

Ruminant Nutrition

The Effect of Different Levels of Household Waste in the Diet on Performance, Nutrient Digestibility, Blood Metabolites and Rumen Parameters of Fattening Lambs	169
--	------------

Yadollah chashnidel, Sadegh pournaderi, isa Damavandi, Maziar majdzadeh

Evaluation of the Effect of Integrated Biochar and Fertilizer Management on Forage Corn (<i>Zea mays</i> L.) Yield and Quality	185
---	------------

Seyed Jalil Dvarpanah, Parviz Rezvani Moghaddam, Soroor Khorramdel, Mehdi Nassiri Mahallati, Jafar Nabati

The Effect of Non-Forage Fiber Sources in the Starter Diet of Holstein Heifer Calves on Performance, Rumen Fermentation and Blood Parameters	205
---	------------

Moslem Bashtani, Abdolrasoul Melanoroozi, Abbasali Naserian, Homayoun Farhangfar, Tiyaam Radin

Poultry Nutrition

Improvement of Growth Performance, Microbial Balance, and Gastrointestinal Health in Broiler Chickens through Supplementation with CytoGard	217
--	------------

Sare Hajiabadi, Mehrdad Movahed Nasab, Jawad Kadhim Al-Jorani, Bahman Onagh, Amir Asghari Baghkhairati, Mahdi Elahi Torshizi, Abdollah Jamshidi, Jamshid Razmyar, Mohammad Hadi Sekhavati

Investigating the effect of Different Fermentation Methods of Wheat Bran and Rice Bran on Performance and Nutrient Digestibility of Broiler Chickens	237
---	------------

Fatemeh Imaninejhad, Somayyeh Salari, Hossein Motamedi

Effects of Different Levels of Ethanolic Propolis Extract and Multi-Strain Probiotic on Performance, Immune Response, Gut Microflora, and Antioxidant Status in Broiler Chickens	255
---	------------

Ali Asghar Nikoukar, Ehsan Salehifar, Saeid. Sobhanirad

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	269
--	------------

Hasan. Azizabadi, Seyed Mohamad. Hoseini, Mohamad Hasan. Fathi Nasari, Zahra. Tahami, Mohamad Bagher. Montazar Torbati

The Effect of Different Levels of Rosa canina Aqueous and Alcoholic Extract on Performance, Antioxidant Status, Serum Biochemical Characteristics and Immune Response of Broiler Chicks	289
--	------------

Ardeshir Bakshi, Nazr Afzali, Seyed Mohammad Hosseini, Hossein Naeemipour Younesi, Fatemeh Ganji

Physiology

Effect of different levels of B complex vitamins injection before mating on reproductive performance of Afshari ewes	305
---	------------

Shahla Khdayary, Mohammad Shamsollahi, Farshid Fatahnia, Jabar Jamali, Shahnaz Yousefizadeh

Fisheries

Effect of Fish Meal Replacement by Fermented Sesame Meal in the Diet on Growth Performance, Blood Biochemical and Immunity Indices of Rainbow Trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	317
---	------------

Ali Aboud, Reza Valizadeh, Omid Safari

« Scientific Journal»
Iranian Journal of Animal Science Research

Vol. 18

No. 2

2026

Publisher: Ferdowsi University of Mashhad (F.U.M.)

Responsible Manager: H. Nassiri Moghaddam (Prof.)

Editor-in-Chief: R. Valizadeh (Prof.)

Editorial Board:

Valizade, R	Ruminant Nutrition	(Prof.)	(F.U.M.)
Danesh Mesgaran, M	Ruminant Nutrition	(Prof.)	(F.U.M.)
Chaji, M	Ruminant Nutrition	(Prof.)	Agricultural Science and Natural Resources University Of Khuzestan
Aliarabi, H	Ruminant Nutrition	(Prof.)	Bo Ali Sina University, Hamadan
Seifdavati, J	Ruminant Nutrition	(Prof.)	Mohaghegh Ardabili University
Nassiri-Moghaddam, H	Poultry Nutrition	(Prof.)	(F.U.M.)
Golian, A	Poultry Nutrition	(Prof.)	(F.U.M.)
Hassanabadi, A	Poultry Nutrition	(Prof.)	(F.U.M.)
Dastar, B	Poultry Nutrition	(Prof.)	Gorgan Agricultural and Natural Resources University
Janmohammadi, H	Poultry Nutrition	(Prof.)	Tabriz University
Khajali, F	Poultry Nutrition	(Prof.)	Shahrekord University
Pirani, N	Genetics & breeding	(Asso. Prof.)	Shahre kord University
Nassiri, M. R	Genetics & breeding	(Prof.)	(F.U.M.)
Tahmoores pour, M	Genetics & breeding	(Prof.)	(F.U.M.)
Zerehdaran, S	Genetics & breeding	(Prof.)	(F.U.M.)
Javadmanesh, A	Genetics & breeding	(Prof.)	(F.U.M.)
Pakdel, H	Genetics & breeding	(Prof.)	Isfahan University of Technology
Doosti, H	Statistics	(Prof.)	Macquarie, Sydney, Australia
Sargolzaei, M	Genetics	(Asso. Prof.)	University of Guelph, Canada

Printed by: Ferdowsi University of Mashhad, Press.

Address: P.O. Box 91775-1163, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

Phone: +98-51-38804654

Fax: +98-51-38787430

E-Mail: ijasr@ferdowsi.um.ac.ir

Web Site: <https://ijasr.um.ac.ir>

Contents

Ruminant Nutrition

- The Effect of Different Levels of Household Waste in the Diet on Performance, Nutrient Digestibility, Blood Metabolites and Rumen Parameters of Fattening Lambs 169**

Yadollah chashnidel, Sadegh pournaderi, isa Damavandi, Maziar majdzadeh

- Evaluation of the Effect of Integrated Biochar and Fertilizer Management on Forage Corn (*Zea mays* L.) Yield and Quality 185**

Seyed Jalil Dvarpanah, Parviz Rezvani Moghaddam, Soroosh Khorramdel, Mehdi Nassiri Mahallati, Jafar Nabati

- The Effect of Non-Forage Fiber Sources in the Starter Diet of Holstein Heifer Calves on Performance, Rumen Fermentation and Blood Parameters 205**

Moslem Bashtani, Abdolrasoul Melanoroozi, Abbasali Naserian, Homayoun Farhangfar, Tiya Radin

Poultry Nutrition

- Improvement of Growth Performance, Microbial Balance, and Gastrointestinal Health in Broiler Chickens through Supplementation with CytoGard 217**

Sare Hajiabadi, Mehrdad Movahed Nasab, Jawad Kadhim Al-Jorani, Bahman Onagh, Amir Asghari Baghkhirati, Mahdi Elahi Torshizi, Abdollah Jamshidi, Jamshid Razmyar, Mohammad Hadi Sekhavati

- Investigating the effect of Different Fermentation Methods of Wheat Bran and Rice Bran on Performance and Nutrient Digestibility of Broiler Chickens 237**

Fatemeh Imaninejad, Somayyeh Salari, Hossein Motamedi

- Effects of Different Levels of Ethanolic Propolis Extract and Multi-Strain Probiotic on Performance, Immune Response, Gut Microflora, and Antioxidant Status in Broiler Chickens 255**

Ali Asghar Nikoukar, Ehsan Salehifar, Saeid. Sobhanirad

- 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 269**

Hasan. Azizabadi, Seyed Mohamad. Hoseini, Mohamad Hasan. Fathi Nasari, Zahra. Tahami, Mohamad Bagher. Montazar Torbati

- The Effect of Different Levels of Rosa canina Aqueous and Alcoholic Extract on Performance, Antioxidant Status, Serum Biochemical Characteristics and Immune Response of Broiler Chicks 289**

Ardeshtir Bakshi, Nazr Afzali, Seyed Mohammad Hosseini, Hossein Naeemipour Younesi, Fatemeh Ganji

Physiology

- Effect of different levels of B complex vitamins injection before mating on reproductive performance of Afshari ewes 305**

Shahla Khdayary, Mohammad Shamsollahi, Farshid Fatahnia, Jabar Jamali, Shahnaz Yousefizadeh

Fisheries

- Effect of Fish Meal Replacement by Fermented Sesame Meal in the Diet on Growth Performance, Blood Biochemical and Immunity Indices of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) 317**

Ali Aboud, Reza Valizadeh, Omid Safari