



نشریه علمی

پژوهشهای علوم دامی ایران

جلد ۱۶ شماره ۴
سال ۱۴۰۳

شماره پیاپی: ۶۰
شاپا: ۲۰۰۸-۳۱۰۶

عنوان مقالات

تغذیه نشخوارکنندگان

تأثیر تغذیه سطوح مختلف بیوجار معدنی بر عملکرد، فراسنجه‌های خونی، تولید و ترکیبات شیر گاوهای شیرده هلستاین ۴۶۳
علی خطیبی بردسیری، رضا ولی‌زاده، سید هادی ابراهیمی، پیروز شاکری، عباسعلی ناصریان

تغذیه طیور

تأثیر دمای کاندیشنینگ بر کیفیت فیزیکی پلت، انرژی قابل سوخت و ساز و قابلیت هضم مواد مغذی جیره
جوجه‌های گوشتی ۴۷۷
سیده وجیهه شخص امام پور، ابوالقاسم گلپایان، حیدر زرقی، علیرضا حسابی نامقی

بررسی اثر قفاله گوجه‌فرنگی بر عملکرد رشد و برخی شاخص‌های خونی جوجه‌های گوشتی به روش فراتحلیل ۴۸۹
زهرا صحراگرد، سید جواد حسینی و اشان، حسین نعیمی پور یونسی، سید همایون فرهنگ‌فر

تأثیر پوسته آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) با اندازه ذرات متفاوت بر عملکرد رشد و پاسخ فیزیولوژیکی
جوجه‌های گوشتی تغذیه‌شده با سطوح مختلف پروتئین ۵۰۳
نجیه بیگ زاده، سمیه سالاری، فائزه زعفریان، شیما حسینی فر

بهبود عملکرد رشد، فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم و کاهش تلفات آسیتی در جوجه‌های گوشتی با تجویز
داروی پروپرانولول ۵۱۹
شهریار سعیدیان، سمیه فرهمند، مختار فتحی، سالار سیفی

پیش‌بینی نتیجه لقاح در گاوهای شیری هلستاین با استفاده از یادگیری عمیق ۵۳۱
محمد علیشاهی، مهدی رواخواه

ژنتیک

شناسایی نشانه‌های انتخاب مثبت و مطالعه ییوانفورماتیکی مرتبط با تولید و ترکیبات شیر در بزهای نژاد
مورسیانو-گرانادینا و بارکی ۵۴۵
حسین محمدی، امیرحسین فراهانی خلت آبادی، محمد حسین مرادی

فیزیولوژی

اثر ترکیبی عصاره سیر (*Allium sativum*) و زردچوبه (*Curcuma longa*) بر کاهش اثرات سوء ناشی از آفلاتوکسین B₁ در
موش‌های صحرایی ۵۵۷
هادی سریر، سعیده ذاکریان، مسعود دیدارخواه

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 ۱۶ شماره ۴ زمستان ۱۴۰۳

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 عباس پاکدل	استاد ژنتیک و اصلاح نژاد	دانشگاه صنعتی اصفهان
دکتر حسن دوستی	استاد ریاضیات و آمار	دانشگاه مکاری، 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 استنادی 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

- صفحه
- تغذیه نشخوار کنندگان
- تأثیر تغذیه سطوح مختلف بیوجار معدنی بر عملکرد، فراسنجه‌های خونی، تولید و ترکیبات شیر گاوهای شیرده هلستاین
علی خطیبی بردسیری، رضا ولی‌زاده، سید هادی ابراهیمی، پیروز شاکری، عباسعلی ناصریان
- تغذیه طیور
- تأثیر دمای کاندیشننگ بر کیفیت فیزیکی پلت، انرژی قابل سوخت و ساز و قابلیت هضم مواد مغذی جیره جوجه‌های گوشتی
سیده وجیهه شخص امام پور، ابوالقاسم گلیان، حیدر زرقی، علیرضا حسابی نامقی
- بررسی اثر تفاله گوجه‌فرنگی بر عملکرد رشد و برخی شاخص‌های خونی جوجه‌های گوشتی به روش فراتحلیل
زهره صحرانگرد، سید جواد حسینی واشان، حسین نعیمی پور یونسی، سید همایون فرهنگ‌فر
- تأثیر پوسته آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) با اندازه ذرات متفاوت بر عملکرد رشد و پاسخ فیزیولوژیکی جوجه‌های گوشتی تغذیه‌شده با سطوح مختلف پروتئین
نجیه بیگ زاده، سمیه سالاری، فائقه زعفریان، شیما حسینی فر
- بهبود عملکرد رشد، فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم و کاهش تلفات آسیتی در جوجه‌های گوشتی با تجویز داروی پروپرانولول
شهریار سعیدیان، سمیه فرهمند، مختار فتحی، سالار سیفی
- پیش‌بینی نتیجه لقاح در گاوهای شیری هلستاین با استفاده از یادگیری عمیق
محمد علیشاهی، مهدی رواخواه
- ژنتیک
- شناسایی نشانه‌های انتخاب مثبت و مطالعه بیوانفورماتیکی مرتبط با تولید و ترکیبات شیر در بزهای نژاد موریانو-گرانادینا و بارکی
حسین محمدی، امیرحسین فراهانی خلت آبادی، محمد حسین مرادی
- فیزیولوژی
- اثر ترکیبی عصاره سیر (*Allium sativum*) و زردچوبه (*Curcuma longa*) بر کاهش اثرات سوء ناشی از آفلاتوکسین B₁ در موش‌های صحرایی
هادی سریر، سعیده ذاکریان، مسعود دیدارخواه



The Effect of Feeding Different Levels of Mineral Biochar on Performance, Blood Parameters, Production and Milk Composition of Holstein Dairy Cows

Ali Khatibi Bardsiri¹, Reza Valizadeh^{2*}, Seyed Hadi Ebrahimi³, Pirouz Shakeri⁴, Abbas Ali Naserian²

1-2 and 3- Ph.D. Student, Professor and Assistant Professor, Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.

4- Associate Professor, Animal Nutrition and Physiology Research Department, Animal Science Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

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

Received: 26-08-2023
Revised: 13-09-2023
Accepted: 13-09-2023
Available Online: 13-09-2023

How to cite this article:

Khatibi Bardsiri, A., Valizadeh, R., Ebrahimi, S. H., Shakeri, P., & Naserian, A. A. (2025). The effect of feeding different levels of mineral biochar on performance, blood parameters, production and milk composition of Holstein dairy cows. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 16(4), 461-473. (in Persian with English abstract).
<http://doi.org/10.22067/ijasr.2023.84121.1169>

Introduction: Biochar is a solid product obtained from the thermal conversion of biomass under oxygen-free conditions, which can be used as an additive in animal feed in addition to agricultural applications.

The purpose of this study was to use a natural mineral biochar in the diet of Holstein dairy cows and investigate its effect on functional characteristics, blood parameters, milk production and composition.

Materials and Methods: This research was conducted using 24 lactating Holstein cows, whose average weight at the beginning of the experiment was 618.25 ± 79.27 kg, average daily milk production was 41.08 ± 3.06 kg, and the number of lactation days was 89.1 ± 19.1 days. On average, they were in their second-lactation. The experiment was conducted in the form of a completely random design with three treatments, so that there were eight cows in each group. The length of the experiment was 40 days, the first 21 days were adaptation and the next 19 days was sample collection. Experimental treatments included 1) control group (base diet) 2) base diet with 0.5% mineral biochar 3) base diet with 1% mineral biochar (all based on dry matter). Food consumption and milk production were measured daily. Sampling was done on the 17th and 18th day to determine the composition of milk. On the last day of the experiment, two blood samples 1) containing anticoagulant and 2) without anticoagulant were drawn from the tail vein of the cows to analyze biochemical parameters and count blood cells.

Results and Discussion: Adding 0.5% and 1% mineral biochar to the diet had no significant effect on dry matter consumption, body weight change and metabolic weight change, which showed that biochar did not have an adverse effect on the palatability of the diet. The effect of experimental diets on the biochemical parameters of the blood of cows showed that there is no significant difference between the treatments. The results showed that application of 0.5% mineral biochar in the cow's ration, decreased the ratio of non-fibrinogen proteins to fibrinogen and platelets. Also, when 1% of mineral biochar was used in the ration, the average volume of platelets increased ($P < 0.05$), but other parameters of blood cell count in cows were not affected by adding biochar. Therefore, the antibacterial, anti-inflammatory and anti-stress properties of biochar may have caused the reduction of platelets and the ratio of non-fibrinogen proteins to fibrinogen or increase the average volume of platelets. The evaluation of the effect of experimental diets on milk production and milk composition of lactating



©2023 The author(s). 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/), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

 <http://doi.org/10.22067/ijasr.2023.84121.1169>

Holstein cows showed that there is no significant difference between the treatments in the amount of milk production, but the use of 0.5% mineral biochar increased the milk protein percentage, although other milk composition was not affected by adding biochar. Considering that the origin of the metabolic biosynthesis process of protein in milk is due to amino acids in the blood reaching the mammary tissue, and that the energy needed for this metabolic pathway is provided by glucose (absorbed from the small intestine or derived from propionic acid produced in the rumen), the amount of milk protein is determined by the total amount of casein protein, albumins, and blood immunoglobulins secreted in milk. The evaluation of the amounts and ratios of glucose, protein, and blood albumin showed that the highest levels of glucose, protein, and albumin in blood plasma were observed in the treatment fed with a basic diet supplemented with 0.5% biochar. As a result, it has caused the process of protein production in mammary tissue to be more than other treatments. As a result, due to the mentioned reasons, it is possible to justify the increase of milk protein in the treatment fed with ration containing 0.5% biochar.

Conclusion: The results of this research showed that the addition of 0.5% and 1% of biochar from Kohbanan mine to the lactating Holstein cows diet, did not have a significant effect on the performance, blood biochemical parameters. However, when 1% of mineral biochar was used in the diet, it caused an increase in the average volume of platelets, and the use of 0.5% mineral biochar increased milk protein and decreased platelets and the ratio of non-fibrinogenic proteins to fibrinogen.. It seems that the use of 0.5% mineral biochar as a feed additive in the diet of lactating Holstein cows can improve the milk protein.

Keywords: Blood, Holstein dairy cows, Lactation performance, Milk composition, Mineral biochar

تأثیر تغذیه سطوح مختلف بیوپار معدنی بر عملکرد، فراسنجه‌های خونی، تولید و ترکیبات شیر گاوهای شیرده هلشتاین

علی خطیبی بردسیری^۱، رضا ولی‌زاده^{۲*}، سید هادی ابراهیمی^۳، پیروز شاکری^۴، عباسعلی ناصریان^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۰۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۶/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۲۲

چکیده

مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر افزودن یک نوع بیوپار معدنی به جیره غذایی بر عملکرد، برخی از فراسنجه‌های خونی، تولید و ترکیب شیر گاوهای شیرده هلشتاین انجام شد. تعداد ۲۴ رأس گاو شیرده هلشتاین با میانگین وزن ابتدای دوره آزمایش $79/27 \pm 618/25$ کیلوگرم، تولید شیر روزانه $3/06 \pm 41/08$ کیلوگرم و روزهای شیردهی $19/1 \pm 89/1$ روز که به‌طور میانگین در شکم دوم زایش قرار داشتند، در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار و هشت تکرار استفاده شد. تیمارهای آزمایشی شامل (۱) گروه شاهد (جیره پایه) (۲) جیره پایه به‌همراه ۰/۵ درصد بیوپار معدنی (۳) جیره پایه به‌همراه یک درصد بیوپار معدنی بود. طول دوره آزمایشی ۴۰ روز بود که ۲۱ روز ابتدایی جهت عادت‌پذیری و در طول ۱۹ روز بعدی رکوردبرداری میزان مصرف خوراک و میزان تولید شیر گاوها به‌صورت روزانه اندازه‌گیری شد. به‌منظور تعیین ترکیبات شیر در روزهای ۱۷ و ۱۸ آزمایش، نمونه‌گیری انجام شد. در آخرین روز آزمایش، دو نمونه خون کامل گاوهای آزمایشی حاوی و فاقد ماده ضد انعقاد از ورید دمی برای تعیین فراسنجه‌های بیوشیمیایی و شمارش سلول‌های خون گرفته شد. به‌طور کلی، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از بیوپار معدنی در جیره گاوهای شیرده هلشتاین بر اکثر صفات عملکردی، فراسنجه‌های خونی و تولید شیر تأثیر معنی‌داری نداشت، هرچند سبب افزایش غلظت پروتئین شیر، حجم متوسط پلاکت‌ها، کاهش نسبت پروتئین‌های غیر فیبرینوژن به فیبرینوژن و مقدار پلاکت‌ها نسبت به گروه شاهد شد. در مجموع، به‌نظر می‌رسد که استفاده از بیوپار معدنی در جیره گاوهای اوایل شیردهی اثر معنی‌داری بر عملکرد شیردهی ندارد، ولی غلظت پروتئین شیر افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: بیوپار معدنی، ترکیب شیر، خون، عملکرد شیردهی، گاوهای شیری هلشتاین

مقدمه

است و تلاش‌های فراوانی به‌منظور یافتن جایگزین مناسب برای آنتی‌بیوتیک‌ها صورت می‌گیرد (Cheng et al., 2014).

بیوپار یک محصول جامد است که از تبدیل حرارتی زیست‌توده گیاهی تحت شرایط بدون اکسیژن به‌دست می‌آید. در نتیجه، بیوپار یک نوع ترکیب کربنی می‌باشد و به‌عنوان جایگزینی مناسب برای برخی از افزودنی‌های خوراکی از جمله آنتی‌بیوتیک‌ها معرفی شده است (Chu et al., 2013a). علاوه‌براین، بیوپار معدنی می‌تواند به‌عنوان مکمل غذایی در جیره دام به‌کار رود که از جمله اثرات آن می‌توان به حذف توکسین‌ها از خوراک، بهبود سلامت دستگاه گوارشی، بهبود ضریب تبدیل خوراک و کنترل عوامل بیماری‌زا اشاره نمود (Man et al., 2021; Cheng et al., 2014). محققان در ۲۱ گله اثرات افزودن تغذیه بیوپار بر سلامت و عملکرد گاوهای شیری پیش و پس از افزودن بیوپار را ارزیابی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که چهار هفته پس از مصرف این مکمل معدنی، بهبود در سلامت

مواد افزودنی گوناگونی به‌منظور بهبود شرایط تخمیر در شکمبه و افزایش تولید نشخوارکنندگان مورد استفاده قرار گرفته است که از جمله می‌توان به بازدارنده‌های تولید متان، ترکیبات کربنی، آنتی-بیوتیک‌ها، پروبیوتیک‌ها، عوامل رشد و آنزیم‌ها اشاره کرد. استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها در دام‌ها خطرات جدی مانند ایجاد مقاومت منفی باکتریایی و اختلالات روده‌ای ایجاد کرده است. به همین دلیل، امروزه استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها در بسیاری از کشورها محدود شده

۱-۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری، استاد و استادیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۴- دانشیار پژوهشی بخش تحقیقات تغذیه و فیزیولوژی دام، مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

(Email: valizadeh@um.ac.ir)

(*) نویسنده مسئول:

<http://doi.org/Doi: 10.22067/ijasr.2023.84121.1169>

خونی، تولید و ترکیب شیر گاوهای شیرده هلشتاین انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مرکز تحقیقات گاوهای شیری دانشگاه فردوسی مشهد با استفاده از تعداد ۲۴ رأس گاو شیرده هلشتاین با میانگین وزن ابتدای دوره آزمایش $۷۹/۲۷ \pm ۶۱۸/۲۵$ کیلوگرم، تولید شیر روزانه $۳/۰۶ \pm ۴۱/۰۸$ کیلوگرم و تعداد روزهای شیردهی $۱۹/۱ \pm ۸۹/۱$ روز و تعداد شکم $۱/۵۷ \pm ۲/۰۴$ قرار داشتند، انجام شد. آزمایش در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار و هشت تکرار (رأس گاو) انجام شد. طول دوره آزمایش ۴۰ روز بود که ۲۱ روز ابتدایی آن دوره عادت‌پذیری و در ۱۹ روز بعدی رکوردبرداری و ثبت اطلاعات انجام گرفت. جیره غذایی پایه گاوها بر اساس جداول استاندارد و با استفاده از نرم‌افزار جیره‌نویسی (NRC, 2001) تنظیم شد. کلیه جیره‌ها از نظر سطوح انرژی و پروتئین دارای مقادیر یکسان بودند. اجزا و ترکیب شیمیایی جیره تغذیه شده به گاوهای شیری هلشتاین در جدول ۱ آورده شده است. مراحل آزمایشی لازم برای تعیین ترکیب مواد مغذی خوراک همچون میزان ماده خشک، پروتئین، چربی، خاکستر، کلسیم، فسفر و ... براساس روش AOAC (2023) و اندازه‌گیری بخش‌های فیبری با روش ون‌سوست و همکاران (Van Soest et al., 1991) انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل (۱) گروه شاهد (جیره پایه) (۲) جیره پایه به همراه ۰/۵ درصد بیوپار معدنی (۳) جیره پایه به همراه یک درصد بیوپار معدنی (براساس وزن ماده خشک) بودند. بیوپار معدنی مورد استفاده در آزمایش از معدن بیوپار شهرستان کوهبنان استان کرمان تهیه گردید (جدول ۲) (Hedayati et al., 2020). بیوپار معدنی روزانه به صورت سرک به جیره‌های آزمایشی اضافه شد. بدین صورت که برای اطمینان از مصرف تمامی بیوپار معدنی در روز، قبل از تغذیه صبحگاه به صورت مخلوط شده با سیوس گندم به گاوها تغذیه شد.

گاوهای آزمایشی قبل و بعد از اعمال تیمارهای آزمایشی، بعد از انجام شیردوشی وعده صبحگاهی با باسکول دیجیتال وزن‌کشی شدند. گاوها در جایگاه‌های انفرادی (Tie-stall) نگهداری شدند و در طول مدت آزمایش از طریق آب‌خوری اتوماتیک دسترسی آزاد به آب داشتند.

پستان، کاهش تعداد سلول‌های سوماتیک در شیر، مشکلات کمتر سم و نیز افزایش غلظت چربی و پروتئین شیر ثبت شد (Gerlach and Schmidt, 2012).

بیوپار در دو نوع بیوپار آلی (حاصل از سوزاندن ناقص بقایای گیاهی در شرایط بدون اکسیژن) و بیوپار معدنی (که با گذر زمان در طبیعت در زیر خاک مدفون و تولید شده است) وجود دارد. بیوپار استفاده شده در این پژوهش، از معدن بیوپار واقع در منطقه کوهبنان استان کرمان (طی فرایند تشکیل طبیعی و تدریجی با قدمت ۶۵۰ میلیون سال) تهیه گردید. این معدن یکی از معدود معادن بیوپار در سطح جهان است و به دلیل دسترسی آسان و کیفیت مناسب مورد توجه بهره‌برداران قرار گرفته است (Saeidi Garaghani et al., 2022).

تحقیق انجام شده بر روی افزودن بیوپار معدنی به عنوان مکمل خوراکی در تغذیه مرغ تخم‌گذار نشان داده است که علاوه بر بهبود هضم، سبب بهبود راندمان تبدیل خوراک می‌شود. همچنین، بیوپار به سبب دارا بودن بسیاری از مواد معدنی پرمصرف و کم‌مصرف می‌تواند به عنوان مکمل معدنی در جیره هم استفاده شود (Ahmadi et al., 2021). در عین حال، گزارش شده است که استفاده از بیوپار معدنی در جیره جوجه‌های گوشتی بر مصرف خوراک و پارامترهای عملکردی تأثیر معنی‌داری نداشته است (Kashef et al., 2021).

محققان گزارش کرده‌اند که استفاده از یک درصد بیوپار معدنی در گوساله‌های از شیرگرفته هلشتاین سبب بهبود قابلیت هضم ظاهری ماده خشک، ماده آلی، پروتئین و فیبر نامحلول در شوینده خنثی شده است. علاوه بر این، در گوساله‌های تغذیه شده با بیوپار معدنی افزایش غلظت گلوکز، اوره و HDL خون گزارش شد (Saeidi Garaghani et al., 2022). در پژوهش دیگری، استفاده از سطوح ۰/۳۵ و ۰/۷۰ درصد بیوپار معدنی در استارتر گوساله‌های ماده هلشتاین سبب بهبود بازده تبدیل خوراک و افزایش قابلیت هضم مواد مغذی جیره شد، در حالی که اثر منفی بر خوش‌خوراکی جیره نداشت (Hedayati et al., 2020).

منابع متعددی برای تولید بیوپار آلی و همچنین منابع معدنی بیوپار در کشورمان وجود دارند. اما پژوهش‌های کمی در زمینه استفاده از بیوپار آلی در تغذیه دام در کشور انجام شده است. شاخصه و تفاوت مهم این تحقیق با آزمایشات گذشته در نوع منبع بیوپار و دام استفاده شده می‌باشد و در نتیجه، با هدف بررسی تأثیر افزودن بیوپار معدنی به جیره غذایی بر عملکرد، برخی از فراسنجه‌های

جدول ۱- مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره پایه آزمایشی تغذیه شده به گاوهای شیرده هلشتاین

Table 1- Components and chemical composition of the basic diet fed to lactating Holstein cows

مواد تشکیل دهنده Feed ingredients	درصد (ماده خشک) (% DM)
سیلاژ ذرت Corn silage	25.0
یونجه خشک Alfalfa	12.5
جو آسیاب شده Ground barley	16.9
ذرت آسیاب شده Ground corn	14.6
کنجاله سویا Soybean meal	10.5
کنجاله کانولا Canola meal	3.8
پنبه دانه تخم Whole cotton seed	3.2
تفاله گندم Brewers grains	2.3
گلوتن ذرت Corn gluten meal	2.6
فول فت سویا Full-fat soybean	2.3
سیوس گندم Wheat bran	1.4
پودر چربی Calcium salt of fatty acid	1.3
اکسید منیزیم Magnesium oxide	0.4
مکمل مواد معدنی- ویتامینی ^۱ Vitamin supplement ¹ -Mineral	1
مکمل ویتامین E و سلنیوم Vit E & Se	0.14
بیکربنات سدیم Sodium bicarbonate	1
کربنات کلسیم Calcium carbonate	0.8
دی کلسیم فسفات Dicalcium phosphate	0.1
نمک Salt	0.1
توکسین بایندر Toxin binder	0.06
ترکیب شیمیایی Chemical composition	
ماده خشک (درصد) Dry matter (%)	54.17
انرژی قابل متابولیسم (مگا کالری در کیلوگرم ماده خشک) Metabolizable energy (Mcal/kg DM)	2.51
انرژی خالص شیردهی (مگا کالری در کیلوگرم ماده خشک) NE _l (Mcal/kg DM)	1.60

پروتئین خام (درصد ماده خشک)	16.20
Crude protein (% DM)	
پروتئین قابل تجزیه در شکمبه (درصد ماده خشک)	10.00
RDP (% DM)	
پروتئین غیرقابل تجزیه در شکمبه (درصد ماده خشک)	6.20
RUP (% DM)	
چربی خام (درصد ماده خشک)	5.40
Ether extract (EE) (% DM)	
فیبر نامحلول در شوینده اسیدی (درصد ماده خشک)	18.90
Acid detergent fiber (ADF) (% DM)	
فیبر نامحلول در شوینده خنثی (درصد ماده خشک)	30.00
Neutral detergent fiber (NDF) (% DM)	
کلسیم (درصد ماده خشک)	0.60
Calcium (% DM)	
فسفر (درصد ماده خشک)	0.40
Phosphorus (% DM)	

^۱ ترکیب مکمل مواد معدنی و ویتامینی: ویتامین A پوشش دار: 1000000 IU، ویتامین D3: 200000 IU، ویتامین E: 6500 IU، ویتامین H2 (بیوتین): 100 mg، موننسن: 2000 mg، منیزیم: 45000 mg، منگنز: 7000 mg، روی: 10000 mg، مس: 2400 mg، آهن: 500 mg، فسفر: 20000 mg، سلنیوم: 100 mg، ید: 100 mg، کبالت: 100 mg، کلسیم: 180000 mg، آنتی اکسیدان: 1000 mg.

* برگرفته از انجمن تحقیقات ملی (2001)

^۱ Complementary composition of minerals and vitamins: coated vitamin A: 1000000 IU, vitamin D3: 200000 IU, vitamin E: 6500 IU, vitamin H2 (biotin): 100 mg, monensin: 2000 mg, magnesium: 45000 mg, manganese: 7000 mg, zinc: 10000 mg, copper: 2400 mg, iron: 500 mg, phosphorus: 20000 mg, selenium: 100 mg, iodine: 100 mg, cobalt: 100 mg, calcium: 180000 mg, antioxidant: 1000 mg.

* Taken from National Research Association (2001).

جدول ۲- ترکیبات شیمیایی بیوچار معدنی مورد استفاده

Table 2- Chemical compositions of the used mineral biochar

ترکیبات	مقدار
Compositions	Amount
مواد آلی (درصد)	19.4
Organic matter (%)	
کربن آلی (درصد)	11.2
Organic carbon (%)	
نیتروژن کل (درصد)	0.34
Total nitrogen (%)	
اسید آمینه (درصد)	2.37
Amino acid (%)	
اسید فولیک (درصد)	0.62
Folic acid (%)	
اسید هومیک (درصد)	1.6
Humic acid (%)	
آرژنین (پی پی ام)	13.98
Arginine (ppm)	
اسید آسپارتیک (پی پی ام)	9490
Aspartic acid (ppm)	
اسید گلوتامیک (پی پی ام)	1455
Glutamic acid (ppm)	
هیستیدین (پی پی ام)	126
Histidine (ppm)	
لوسین (پی پی ام)	12567
Leucine (ppm)	
سیرین (پی پی ام)	70.9
Serine (ppm)	
فسفر کل (درصد)	0.06
Total phosphorus (%)	

بوده و تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (ویرایش ۹/۲) و رویه MIXED انجام شد (SAS, 2009). مدل آماری مورد استفاده به صورت $Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$ بوده که در آن، Y_{ij} : به-عنوان متغیر وابسته، μ : میانگین کل، T_i : اثر جیره و e_{ij} : اثر باقی‌مانده می‌باشد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی و در سطح آماری خطای پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از بررسی صفات عملکردی گاوهای آزمایشی در جدول ۳ ارائه گردیده است. استفاده از مقادیر ۰/۵ و یک درصد بیوپار معدنی در جیره گاوهای شیرده هلشتاین در اوایل دوره شیردهی بر مصرف ماده خشک و نسبت آن به وزن بدن و وزن متابولیکی اثر معنی‌داری نداشت و بیانگر این موضوع است که بیوپار مورد استفاده تأثیر نامطلوب بر مصرف خوراک نداشته است. همسو با این پژوهش، استفاده از سطوح ۰/۳۳، ۰/۶۶ و یک درصد بیوپار معدنی در تغذیه گوساله‌های از شیرگرفته هلشتاین اثری بر مصرف ماده خشک، افزایش وزن روزانه و میانگین بازده خوراک نداشت (Saeidi Garaghani et al., 2022). همچنین، استفاده از نسبت‌های ۰/۳۵ و ۰/۷۰ درصد از بیوپار در گوساله‌های ماده هلشتاین از شیر گرفته شده بر روی وزن بدن و مصرف خوراک روزانه تأثیری نداشت (Hedayati et al., 2020). در پژوهش دیگری، استفاده از بیوپارهای پوست گردو، محصول فرعی پسته و بستر مرغ در جیره میش‌های شیرده تأثیر معنی‌داری بر میانگین خوراک مصرفی و میانگین تغییرات وزن بدن میش‌های شیرده نداشت (Mir Heydari et al., 2019). در مطالعه انجام شده بر روی گاوهای نر هانوو (Hanwoo)، هنگامی که یک بیوپار نامشخص با دز نسبتاً بالای دو درصد تجویز شد، هیچ اثر قابل‌توجهی بر تغییر پارامترهای عملکردی همچون مصرف خوراک و افزایش وزن مشاهده نشده است (Kim and Kim, 2005).

تأثیر جیره‌های آزمایشی بر فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم خون گاوهای شیرده هلشتاین در جدول ۴ نشان داده شده است. افزودن بیوپار معدنی اثری بر متابولیت‌های سرم خون نداشت، هرچند غلظت گلوکز و بتا‌هیدروکسی‌بوتریک‌اسید خون تمایل به معنی‌داری ($P = 0.07$) داشتند و این مسئله می‌تواند زمینه‌ساز برخی تغییرات در فرآیندهای سوخت‌وساز و ترکیبات شیر (همچون پروتئین شیر) باشد. همسو با نتایج تحقیق حاضر، نتیجه یک مطالعه نشان داد که با استفاده از دو درصد بیوپار تجاری در جیره گاوهای نر نژاد هانوو تأثیر معنی‌داری بر فراسنجه‌های خونی در مقایسه با گروه شاهد مشاهده نشد (Kim and Kim, 2005). در تحقیقی دیگر، هنگامی که در تغذیه خوک‌های جوان به مدت ۴۲ روز علاوه بر جیره پایه (ذرت، گندم،

جیره‌ها به صورت کاملاً مخلوط و در حد اشتها به دام‌ها تغذیه شد، به طوری که در انتهای ۲۴ ساعت حدود ۱۰ درصد از خوراک در آخور باقی ماند. خوراک‌دهی سه مرتبه در طول شبانه‌روز در ساعت‌های ۷/۳۰ (صبح)، ۱۵/۳۰ (ظهر) و ۲۳/۳۰ (شب) (پس از هر نوبت شیردوشی) در اختیار دام‌ها قرار می‌گرفت. هر روز قبل از تغذیه وعده صبحگاهی ابتدا میزان باقی‌مانده خوراک ۲۴ ساعت گذشته از داخل آخور جمع‌آوری، وزن‌کشی و میزان مصرف خوراک گاو‌ها به صورت روزانه ثبت شد. شیردوشی گاو‌ها در طول شبانه‌روز طی سه نوبت و در ساعت‌های ۷ (صبح)، ۱۵ (عصر) و ۲۳ (شب) انجام شد. تولید شیر در تمامی وعده‌های شیردوشی دوره ۱۹ روزه رکوردبرداری توسط سیستم خودکار دستگاه شیردوشی ثبت شد. برای تعیین ترکیبات شیر، در روزهای ۱۷ و ۱۸ رکوردبرداری در هر وعده شیردوشی (جمعاً شش وعده شیردوشی) از شیر هر گاو به میزان ۳۰ میلی‌لیتر در ظروفی جداگانه دارای ماده نگهدارنده (دی‌کرومات پتاسیم) نمونه‌گیری شد. غلظت ترکیبات و اسیدهای چرب شیر در شرکت ایده‌سازان روژان الوند واقع در کرج با استفاده از دستگاه آنالیز شیر (مدل CombiScope™ FTIR 600HP شرکت دلتا اینسترومنتس، هلند) اندازه‌گیری شد.

در روز ۱۹ رکوردبرداری (آخرین روز آزمایش) سه ساعت پس از تغذیه صبحگاهی، دو نمونه خون کامل شامل ۱- نمونه حاوی ماده ضد انعقاد و ۲- نمونه فاقد ماده ضد انعقاد از ورید دمی گاو‌ها گرفته شد. نمونه خون حاوی ماده ضد انعقاد EDTA برای اندازه‌گیری پارامترهای هموگلوبین، هماتوکریت، تعداد گلبول‌های قرمز، تعداد گلبول‌های سفید، حجم متوسط سلولی، هموگلوبین متوسط سلولی، غلظت متوسط هموگلوبین سلولی، دامنه پراکندگی حجم گلبول‌های قرمز، پلاکت و متوسط حجم پلاکت با استفاده از دستگاه شمارشگر سلولی (Cell Counter, Nihon Kohden MEK-6450, Japan) و شمارش تفریقی نوتروفیل، لنفوسیت‌ها، ائوزینوفیل‌ها و مونوسیت‌ها به آزمایشگاه کلینیکال پاتولوژی دانشکده دامپزشکی دانشگاه فردوسی مشهد ارسال شد. سرم نمونه‌های خون فاقد ماده ضد انعقاد توسط دستگاه سانتریفیوژ مدل LMC-3000 جداسازی شده و تا زمان اندازه‌گیری فراسنجه‌های خونی در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. فراسنجه‌های خونی شامل گلوکز، کلسترول، تری‌گلیسرید، اوره، پروتئین کل، آنزیم‌های کبدی ALT، AST و ALP، HDL، اسیدهای چرب غیر استریفه، کلسیم، فسفر، منیزیم و آلومین با کیت‌های شرکت پارس آزمون ایران و فراسنجه‌های BHB و TAC با کیت Randax انگلستان و فراسنجه MDA با روش شیمیایی TBRS با استفاده از دستگاه اتوآنالایزر مدل Alcyon در آزمایشگاه مرکز تحقیقات کاربردی دارویی دانشگاه علوم پزشکی تبریز اندازه‌گیری شد. روش انجام آزمایش بر پایه طرح کاملاً تصادفی

کنجاله سویا) از مقادیر ۰، ۰/۳ و ۰/۶ درصد بیوچار بامبو استفاده شد، در گروه ۰/۶ درصد بیوچار بامبو اثرات افزایش معنی‌داری در پروتئین کل، آلبومین، کلسترول، لیپوپروتئین با چگالی بالا و لیپوپروتئین با چگالی پایین در پلاسمای خون مشاهده گردید. علاوه بر این، مقدار کورتیزول خون به‌طور قابل توجهی کمتر بود که نشان‌دهنده کاهش حساسیت به تنش بود (Chu et al., 2013b).

جدول ۳- اثر افزودن سطوح مختلف بیوچار معدنی به جیره بر صفات عملکردی گاوهای شیرده هلشتاین

Table 3- The effect of adding different levels of mineral biochar to the diet on the performance parameters of lactating Holstein cows

صفات Parameters	جیره‌های دارای سطوح مختلف بیوچار معدنی Diets containing different levels of biochar				ارزش پی P-value
	0%	0.5%	1%	میانگین خطای استاندارد SEM	
وزن بدن گاوها در ابتدای آزمایش (کیلوگرم) Body weight of the cows at the beginning of experiment (kg)	586.50	635.50	632.75	28.07	0.40
وزن بدن گاوها در انتهای آزمایش (کیلوگرم) Body weight of the cows at the end of experiment (kg)	559.38	604.88	606.88	25.39	0.35
وزن متابولیکی گاوها (کیلوگرم) Metabolic weight of the cows (kg)	114.89	121.86	122.09	3.83	0.34
تغییر وزن بدن (کیلوگرم) Body weight change (kg)	27.13	30.63	25.88	4.89	0.78
کل ماده خشک مصرفی (کیلوگرم) Total dry matter intake (kg)	525.00	510.75	526.17	9.35	0.44
ماده خشک مصرفی روزانه (کیلوگرم) Daily dry matter intake (kg)	27.63	26.88	27.69	0.49	0.44
نسبت ماده خشک مصرفی / وزن بدن Daily dry matter intake / body weight	0.05	0.05	0.05	0.002	0.10
نسبت ماده خشک مصرفی / وزن متابولیکی Daily dry matter intake / metabolic weight	0.24	0.22	0.23	0.01	0.07

2019). گزارش شده است که غلظت نیتروژن آورده‌ای خون بره‌های دریافت‌کننده بیوچار پوست گردو و محصول فرعی پسته بیشتر از گروه شاهد بود، هر چند که نیتروژن آورده‌ای خون در بره‌های مصرف‌کننده بیوچار بستر مرغ در مقایسه با بره‌های مصرف‌کننده بیوچار محصول فرعی پسته و گروه شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت و غلظت تری‌گلیسرید و آنزیم‌های کبدی شامل آسپاراتات ترانس آمیناز و آلانین آمینو ترانسفراز تحت تأثیر افزودن بیوچار به جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت (Mir Heydari et al., 2018).

اثر جیره‌های آزمایشی بر برخی از فراسنجه‌های سلول‌های خونی در جدول ۵ آورده شده است. نتایج نشان داد که استفاده از ۰/۵ درصد بیوچار معدنی در جیره گاوهای شیرده هلشتاین سبب کاهش نسبت پروتئین‌های غیرفیبروژن به فیبروژن و پلاکت‌ها شد، اما هنگامی که از سطح یک درصد بیوچار معدنی در جیره استفاده شد، سبب افزایش حجم متوسط پلاکت‌ها گردید ($P < 0.05$)، اما سایر فراسنجه‌های سلول‌های خونی گاوها تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت.

محققان گزارش کردند که با تغذیه ۰/۵ درصد از زغال فعال، تغییر معنی‌داری در مقادیر سرمی گلوتامین‌اگزالواستیک ترانس آمیناز، گلوتامین فسفات ترانس آمیناز، آلبومین، کلسترول و تری‌گلیسرید ایجاد شده است، در حالی که آنزیم‌کبدی آلکالین فسفاتاز تغییر معنی‌داری نداشته است (Jiya et al., 2014).

در گوساله‌های مصرف‌کننده یک درصد بیوچار معدنی غلظت گلوکز، اوره و HDL سرم خون نسبت به گروه شاهد بیشتر بود، اما غلظت کلسترول، تری‌گلیسرید، آلانین آمینو ترانسفراز، آسپاراتات ترانس آمیناز، VLDL، LDL، آلبومین، پروتئین کل و گاماگلوبولین بین گروه‌ها تفاوت معنی‌داری نداشت (Saeidi Garaghani et al., 2022). محققان گزارش کردند که افزودن بیوچار بستر مرغ و بیوچار پوست گردو به جیره میش‌های شیرده، تأثیری بر غلظت تری‌گلیسرید و آنزیم کبدی، آسپاراتات ترانس آمیناز و آلانین آمینو ترانسفراز خون نداشت، ولی باعث افزایش غلظت گلوکز خون نسبت به گروه شاهد شد، که این افزایش گلوکز سرم خون به دلیل افزایش نشاسته عبوری به روده کوچک نسبت داده شده است (Mir Heydari et al., 2022).

جدول ۴- اثر افزودن سطوح مختلف بیوچار معدنی به جیره بر فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون گاوهای شیرده هلشتاین
Table 4- The effect of adding different levels of mineral biochar to the diet on blood biochemical parameters of lactating Holstein cows

فراسنجه Parameter	جیره‌های دارای سطوح مختلف بیوچار معدنی Diets containing different levels of biochar			میانگین خطای استاندارد SEM	ارزش پی P-value
	0%	0.5%	1%		
گلوکز (میلی گرم بر دسی لیتر) Glucose (mg/dl)	67.17	71.13	73.00	1.63	0.07
کلسترول (میلی گرم بر دسی لیتر) Cholesterol (mg/dl)	302.62	343.50	327.25	19.18	0.34
(میلی گرم بر دسی لیتر) تری گلیسرید Triglyceride (mg/dl)	14.63	15.57	15.88	1.03	0.67
اوره (میلی گرم بر دسی لیتر) Urea (mg/dl)	58.25	64.38	58.50	3.38	0.37
آسپارتات ترانس آمیناز (واحد در لیتر) Aspartate transaminase (U/L)	80.75	87.43	95.75	6.54	0.27
آلانین ترانس آمیناز (واحد در لیتر) Alanine transaminase (U/L)	37.25	38.63	37.88	2.63	0.93
آنزیم کبدی - آلکالین فسفاتاز (واحد در لیتر) Alkaline phosphatase (U/L)	187.50	171.43	213.75	24.83	0.49
لیپوپروتئین با دانسیته بالا (میلی گرم بر دسی لیتر) High-density lipoprotein (mg/dl)	186.75	213.71	194.75	11.35	0.26
اسیدهای چرب غیر استریفیه سرمی (میلی مول بر لیتر) Non-esterified fatty acids (mmol/L)	0.41	0.39	0.31	0.05	0.35
ظرفیت آنتی اکسیدانی کل (میلی مول بر لیتر) Total anti-oxidant capacity (mmol/L)	0.45	0.51	0.44	0.04	0.36
بتا هیدروکسی بوتیریک اسید (میلی مول بر لیتر) β -Hydroxybutyric acid (mmol/L)	0.35	0.47	0.39	0.04	0.07
کلسیم (میلی گرم بر دسی لیتر) Calcium (mg/dl)	10.04	10.74	10.59	0.29	0.22
فسفر (میلی گرم بر دسی لیتر) Phosphor (mg/dl)	8.49	8.78	8.16	0.36	0.48
منیزیم (میلی گرم بر دسی لیتر) Magnesium (mg/dl)	2.77	3.08	3.13	0.14	0.16
آلبومین (گرم بر دسی لیتر) Albumin (g/dl)	4.65	4.82	4.64	0.15	0.66
پروتئین کل (گرم بر دسی لیتر) Total protein (g/dl)	8.44	8.56	8.51	0.26	0.94
مالون دی‌الدهید (گرم بر دسی لیتر) Malondialdehyde (g/dl)	1.71	2.11	2.04	0.28	0.59

پروتئین خام، فیبر و سنتز پروتئین میکروبی افزایش یافت. همچنین مقادیر استات، پروپیونات و کل اسیدهای چرب فرار در شکمبه مصنوعی افزایش نشان داد (Saleem et al., 2018). در یک آزمایش، اثر مواد افزودنی جاذب طبیعی و مصنوعی مختلف در خوراک را بر کیفیت شیر گاوهای شیرده بررسی شد. بیوکربن فعال بیشترین ظرفیت کاهش سم و بیشترین اثرات مثبت جزئی بر ترکیبات شیر از جمله پروتئین، اسیدهای آلی، لاکتوز، کلریدها و pH را نشان داد. نویسندگان، دلیل آن را با اثرات همزمان سطح ویژه بالا، اندازه مطلوب منافذ میکرو و میل ترکیبی بالای آفلاتوکسین با ساختار آروماتیک کربن‌ها مرتبط دانستند (Di Natale et al., 2009).

عموماً افزایش شمار پلاکت‌ها در بدن در پاسخ به عفونت، التهاب یا کمبود آهن رخ می‌دهد. افزایش حجم متوسط پلاکت‌ها تنها مربوط به اندازه (سایز) پلاکت‌ها است و تعداد در آن بی تأثیر می‌باشد. پس زیاد یا کم بودن آن‌ها به تنهایی نمی‌تواند نشان‌دهنده وجود بیماری باشد، بلکه بسته به نتایج سایر بخش‌های آزمایش CBC، کم بودن حجم متوسط پلاکت‌ها می‌تواند نشان‌دهنده التهاب در بدن باشد (Hasannia et al., 2020).

در یک سیستم شکمبه مصنوعی، بیوچار تولید شده در دمای بالا (۶۰۰ درجه سانتی‌گراد) به‌مقادیر ۰، ۵/۵، یک و دو درصد به یک جیره غذایی با علوفه بالا به‌مدت ۱۷ روز اضافه شد. با افزایش نسبی مقادیر بیوچار به‌صورت خطی قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی،

جدول ۵- اثر افزودن سطوح مختلف بیوچار معدنی به جیره بر تعداد سلول‌های کامل خون گاوهای شیرده هلشتاین

Table 5- The effect of adding different levels of mineral biochar to the diet on complete blood count (CBC) of lactating Holstein cows

فراسنجه‌ها Parameters	جیره‌های دارای سطوح مختلف بیوچار معدنی Diets containing different levels of biochar			میانگین خطای استاندارد SEM	ارزش پی P-value
	0%	0.5%	1%		
کل پروتئین (گرم بر دسی لیتر) Total protein (g/dl)	8.66	8.63	8.50	0.20	0.84
فیبرینوژن (میلی گرم بر دسی لیتر) Fibrinogen (mg/dl)	342.86	437.50	400.00	39.28	0.26
نسبت پروتئین‌های غیر فیبرینوژن به فیبرینوژن (TP-Fib)/Fib)	23.10 ^a	16.76 ^b	20.97 ^{ab}	1.52	0.03
هماتوکریت (درصد) Hematocrit (%)	26.77	24.99	26.25	1.11	0.52
گلبول‌های قرمز خون (میکرولیتر) μl)/Red blood cells (×10 ⁶)	6.57	5.93	6.21	0.28	0.29
پهنای گلبول قرمز در منحنی (درصد) Red cell distribution width (%)	14.91	14.95	14.54	0.30	0.57
هموگلوبین (گرم بر دسی لیتر) Hemoglobin (g/dl)	9.97	10.23	9.74	0.21	0.28
حجم متوسط هموگلوبین Mean corpuscular volume (fL)	40.94	42.10	42.33	0.92	0.55
وزن متوسط هموگلوبین Mean corpuscular hemoglobin (pg)	15.27	15.71	15.70	0.34	0.60
میانگین غلظت هموگلوبین (گرم بر دسی لیتر) Mean corpuscular hemoglobin concentration (g/dl)	37.24	37.36	37.11	0.18	0.60
گلبول‌های سفید (میکرولیتر) Total white blood cells ((*1000)/μl)	8.35	8.26	8.90	0.66	0.76
نسبت گرانولوسیت‌ها (درصد) Granulocytes (%)	53.52	48.86	51.49	2.92	0.54
نسبت ائوزینوفیل (درصد) (%) Eosinophil	1.83	2.33	1.00	0.58	0.34
نسبت نوتروفیل‌های بالغ (درصد) (%) adult Neutrophil	61.57	53.75	57.75	2.65	0.14
نسبت لنفوسیت (درصد) (%) Lymphocyte	36.50	41.38	39.38	2.65	0.44
نسبت نوتروفیل‌ها به لنفوسیت‌ها Neut/lym	1.73	1.40	1.51	0.18	0.44
نسبت مونوسیت (درصد) Monocyte (%)	2.83	4.00	3.17	0.78	0.54
پلاکت‌ها (واحد بر لیتر) Platelets (10 ³ /uL)	379.60 ^a	303.14 ^b	311.00 ^{ab}	20.25	0.05
حجم متوسط پلاکت‌ها (میکرولیتر) Mean platelet volume (fL)	3.32 ^b	3.80 ^{ab}	3.96 ^a	0.14	0.01
پروکالسیتونین (درصد) Procalcitonin (%)	0.12	0.12	0.12	0.01	0.68

^{ab} میانگین‌های هر ردیف با حروف غیرمشتک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<0.05).

^{ab} Means within same row with different superscripts differ (P<0.05).

جدول ۶- اثر افزودن سطوح مختلف بیوچار معدنی به جیره بر تولید و ترکیب شیر گاوهای شیرده هلشتاین

Table 6- The effect of adding different levels of mineral biochar to the diet on milk production and composition in lactating Holstein cows

فراسنجه‌ها Parameters	جیره‌های دارای سطوح مختلف بیوچار معدنی Diets containing different levels of biochar			میانگین خطای استاندارد SEM	ارزش پی P-value
	0%	0/5%	1%		
تولید شیر (کیلوگرم) Milk production (kg)	40.98	41.39	41.01	1.32	0.97
چربی (درصد) Fat (%)	3.61	3.80	3.35	0.17	0.22
پروتئین (درصد) Protein (%)	2.98 ^b	3.15 ^a	3.10 ^{ab}	0.05	0.05
نسبت چربی به پروتئین Fat/protein	1.13	1.20	1.09	0.05	0.32
لاکتوز (درصد) Lactose (%)	4.75	4.70	4.66	0.05	0.54
مواد جامد (درصد) Solids (%)	11.55	11.86	11.60	0.20	0.53
مواد جامد بدون چربی (درصد) Solids non fat (%)	8.73	8.70	8.65	0.08	0.76
تعداد سلولهای سوماتیک در شیر (میلی لیتر) Somatic cell count (k cell/ml)	40.81	108.25	219.68	57.34	0.11
نیترژن اورهای شیر (میلی گرم بر ۱۰۰ گرم) Milk urea nitrogen (mg/100g)	15.98	16.51	15.61	0.40	0.31
نسبت اسیدهای چرب دنوو (درصد) Denovo fatty acids ¹ relative (%)	22.91	22.74	22.84	0.66	0.98
نسبت اسیدهای چرب مخلوط (درصد) Mixed fatty acids ² relative (%)	40.28	41.13	40.31	0.98	0.79
نسبت اسیدهای چرب پیش ساخته (درصد) Preformed fatty acids ³ relative (%)	37.61	36.13	36.85	1.07	0.63
اسیدهای چرب آزاد (میلی اکی والان در ۱۰۰ گرم چربی) Free fatty acids (meq/100g fat)	7.47	7.75	7.11	0.28	0.31
اسیدهای چرب غیر استریفیه (میلی اکی والان در لیتر) Non esterified fatty acids (μeq/l)	643.81	645.45	584.76	34.59	0.38
نسبت اسیدهای چرب اشباع (درصد) fatty acids (%) Saturated	60.91	60.44	60.56	0.58	0.84
نسبت اسیدهای چرب غیر اشباع (درصد) Unsaturated fatty acids (%)	24.25	24.53	24.17	0.46	0.85
اسیدهای چرب غیر اشباع تک پیوندی (درصد) unsaturated fatty acids (%) Mono	22.14	22.47	22.17	0.40	0.82
اسیدهای چرب غیر اشباع چند پیوندی (درصد) unsaturated fatty acids (%) Poly	1.99	2.00	2.00	0.11	0.99
اسید پالمیتیک (درصد) Palmitic acid (%)	31.96	32.25	31.77	0.51	0.80
اسید استئاریک (درصد) Stearic acid (%)	11.26	10.12	11.3	0.73	0.46
اسید اولئیک (درصد) Oleic acid (%)	20.32	20.91	20.78	0.32	0.41
بتا هیدروکسی بوتیرات (میلی مول بر لیتر) Beta-hydroxybutyrate (mmol/l)	0.16	0.15	0.14	0.00	0.06
استون (میلی مول بر لیتر) Acetone (mmol/l)	0.27	0.27	0.29	0.01	0.10

^{ab} میانگین‌های هر ردیف با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<0.05). ^۱ اسیدهای چرب دنوو: C16<، ^۲ اسیدهای چرب مخلوط: C16=، ^۳ اسیدهای چرب پیش ساخته: C16>

^{ab} Means within same row with different superscripts differ (P<0.05).

¹ Denovo fatty acids : <C16

² Mixed fatty acids : = C16

³ Preformed fatty acids : >C16

که در نتیجه، مجموعاً باعث شده است که فرآیند تولید پروتئین در بافت پستانی بیشتر از سایر تیمارها باشد. علاوه بر این، با توجه به اثرات مطلوب بیوپچار معدنی بر شرایط تخمیر و جمعیت میکروبی، افزایش تولید اسیدهای چرب فرار و احتمالاً خروجی بیشتر پروتئین میکروبی به روده به نظر می‌رسد که اثر مثبت بیوپچار معدنی بر غلظت پروتئین شیر دور از ذهن نباشد. به هر حال، دلیل عدم افزایش میزان پروتئین شیر در تیمار تغذیه شده با جیره پایه به همراه یک درصد بیوپچار متأثر از عوامل ذکر شده می‌باشد که نیازمند تحقیقات بسیار دقیق‌تر و کامل‌تر از فرآیندهای تخمیر، هضم و جذب شکمبه‌ای و روده‌ای و انتقال در سیستم گردش خون می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، استفاده از سطوح ۰/۵ و یک درصد بیوپچار معدنی کوهبنان استان کرمان در تغذیه گاوهای شیرده هلشتاین بر اکثر فراسنجه‌های عملکردی و فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون تأثیر معنی‌داری نداشت. اما هنگامی که از یک درصد بیوپچار معدنی در جیره استفاده گردید، سبب افزایش حجم متوسط پلاکت‌ها گردید، همچنین استفاده از ۰/۵ درصد بیوپچار معدنی سبب افزایش پروتئین شیر و کاهش نسبت پروتئین‌های غیرفیرینوژن به فیرینوژن و پلاکت‌ها شد. به نظر می‌رسد که افزودن ۰/۵ درصد بیوپچار معدنی در جیره گاوهای شیرده هلشتاین سبب بهبود پروتئین شیر شود.

در آزمایش دیگر، افزودن یک نوع بیوپچار به جیره بزها اثر معنی‌داری بر ترکیب شیر و همچنین میانگین تولید شیر نداشت (Rao and Chopra, 2001).

مطالعات نشان داده است که ویژگی‌های خاص ساختاری بیوپچارها در داشتن سطوح متخلخل، سبب انتقال مستقیم ترکیبات آلی (نشاسته و پروتئین) خوراک جای‌گیری شده در خلل و فرج بیوپچار و انتقال آن‌ها از شکمبه به روده می‌شوند و با هضم آنزیمی این ترکیبات در روده کوچک بازده مصرف ترکیبات مغذی خوراک در بدن دام بهبود می‌یابد (Leng et al., 2012). بیوپچار به عنوان ماده افزودنی خوراک با داشتن ویژگی‌های خاص ساختمانی، محیطی مطلوب برای تراکم مواد آلی و تجمع ریزجانداران شکمبه را فراهم می‌کند و سبب افزایش سرعت تبدیل ترکیبات گیاهی به محصولات نهایی می‌شود (Das et al., 2012).

نظر به اینکه منشأ فرآیند بیوسنتز متابولیکی پروتئین موجود در شیر ناشی از اسیدهای آمینه قابل دسترس در جریان گردش خون رسیده به بافت پستان می‌باشد و از سوی دیگر، منبع تأمین انرژی مورد نیاز برای این مسیر متابولیکی از گلوکز (گلوکز جذب شده از روده کوچک یا تولید شده از اسید پروپیونیک تولیدی در شکمبه) فراهم می‌شود، همچنین، از آنجایی که مقدار فراسنجه پروتئین شیر حاصل از تجمع مقادیر پروتئین کازئین، آلبومین‌ها و ایمنوگلوبولین‌های خون مترشحه در شیر حاصل می‌شود، داده‌های مربوط به مقادیر گلوکز، پروتئین و آلبومین خون نشان داد تقریباً بیشترین مقادیر عددی گلوکز، پروتئین و آلبومین پلاسما خون در تیمار تغذیه شده با جیره پایه به همراه ۰/۵ درصد بیوپچار بوده است.

References

1. AOAC, (2023). Official Methods of Analysis, 22nd edition Association of Official Analytical Chemists Washington, D.C, USA.
2. Ahmadi, F., Afsharmanesh, M., & Salmorini, M. (2021). Effects of biochar with vitamin C as replacement of dietary mineral supplements on performance and egg shell quality of laying hens. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 14(3), 399-412. <http://doi.org/10.22067/IJASR.2021.70097.1021> (In Persian with English Summary).
3. Cheng, G., Hao, H., Xie, S., Wang, X., Dai, M., Huang, L., & Yuan, Z. (2014). Antibiotic alternatives: The substitution of antibiotics in animal husbandry?. *Frontiers in Microbiology*. 5, 217. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00217>
4. Chu, G. M., Jung, C. K., Kim, H. Y., Ha, J. H., Kim, J. H., Jung, M. S., & Cho, J. H. (2013a). Effects of bamboo charcoal and bamboo vinegar as antibiotic alternatives on growth performance, immune responses and fecal microflora population in fattening pigs. *Journal of Animal Science*, 84(2), 113-120. <https://doi.org/10.1111/j.1740-0929.2012.01045.x>
5. Chu, G. M., Kim, J. H., Kim, H. Y., Ha, J. H., Jung, M. S., Song, Y., & Lee, S. S. (2013b). Effects of bamboo charcoal on the growth performance, blood characteristics and noxious gas emission in fattening pigs. *Journal of Applied Animal Research*, 41(1), 48-55. <https://doi.org/10.1080/09712119.2012.738219>
6. Das, K. C., Balagurusamy, N., & Chinnasamy, S. (2012). Biochars, methods of using biochars, methods of making biochars and reactors: Google Patents. *Journal of US Patent App*, 13, 388-907.
7. Di Natale, F., Gallo, M., & Nigro, R. (2009). Adsorbents selection for aflatoxins removal in bovine milks. *Journal of Food Engineering*, 95(1), 186-191. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.04.023>

8. Gerlach, A., & Schmidt, H. P. (2012). The use of biochar in cattle farming. *Ithaka Journal*, 2012, 281-285.
9. Hasannia, S., Bahri, M., Gashtasbi, F., & Dabirmanesh, B. (2020). A review of fibrin applications and its derivatives in wound healing and tissue engineering. *Modares Journal of Biotechnology*, 11(3), 15-22. <https://doi.org/20.1001.1.23222115.1399.11.3.9.2>
10. Hedayati, M., Forouzandeh, A., & Shakeri, P. (2020). The use of biochar on the digestibility of Holstein calves. *Journal of Animal Science*, 32 (1), 367-378. (In Persian with English Summary).
11. Jiya, E. Z., Ayanwale, A. B., Adeoye, B., Kolo, P., Tsado, D. N., & Alabi, O. J. (2014). Carcass yield, organoleptic and serum biochemistry of broiler chickens fed activated charcoal. *Journal of Agricultural and Crop Research*, 2(5), 83-87.
12. Kashef, M., Afsharmanesh, M., & Salarmoini, M. (2021). Effect of the substitution of different levels of biochar with mineral premix in diet on growth performance variables, meat quality and bone ash of broiler. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 13(4), 537-549. <https://doi.org/10.22067/IJASR.2021.38290.0> (In Persian with English Summary).
13. Kim, B., & Kim, Y. (2005). Effects of feeding charcoal powder and vitamin A on growth performance, serum profile and carcass characteristics of fattening Hanwoo steers. *Journal of Animal Science and Technology*, 47(2), 233-242. <https://doi.org/10.5187/JAST.2005.47.2.233>
14. Leng, R., Inthapanya, S., & Preston, T. (2012). Biochar lowers net methane production from rumen fluid *in vitro*. *Livestock Research for Rural Development*, 24(6), 103.
15. Man, K. Y., Chow, K. L., Man, Y. B., Mo, W. Y., & Wong, M. H. (2021). Use of biochar as feed supplements for animal farming. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 51, 187. <https://doi.org/10.1080/10643389.2020.1721980>
16. Mir Heydari, A., Torbatinejad, N., Hassani, S., & Shakeri, P. (2018). The effect of using Biochar from pistachio by-product on yield, microbial protein and some parameters of rumen and blood of fattening lambs. *Journal of Science and Animal Research and Construction*, 117, 151-162. <https://doi.org/10.22092/asj.2017.109299.1382> (In Persian with English Summary)
17. Mir Heydari, A., Torbatinejad, N., Hassani, S., & Shakeri, P. (2019). The effect of pistachio by-product Biochar on fermentation parameters and performance of lactating ewes. *Journal of Livestock Production*, 20, 564-553. <https://doi.org/10.22059/JAP.2018.266613.623323> (In Persian with English Summary)
18. NRC. (2001). Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. National Research Council, National Academies Press, Washington, DC.
19. Rao, S. N., & Chopra, R. (2001). Influence of sodium bentonite and activated charcoal on aflatoxin M1 excretion in milk of goats. *Small Ruminant Research*, 41(3), 203-213. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(01\)00216-4](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(01)00216-4)
20. Saeidi Garaghani, S., Bashtani, M., Shakeri, P., & Naeimipour Younesi, H. (2022). Effect of mineral Biochar feeding on growth performance, nutrient digestibility, blood and fermentation parameters of weaned Holstein calves. *Journal of Ruminant Research*, 10(4), 121-136. <https://doi.org/10.22069/EJRR.2022.20533.1861> (In Persian with English Summary).
21. Saleem, A. M., Ribeiro Jr, G. O., Yang, W. Z., Ran, T., Beauchemin, K. A., McGeough, E. J., & McAllister, T. A. (2018). Effect of engineered biocarbon on rumen fermentation, microbial protein synthesis, and methane production in an artificial rumen (RUSITEC) fed a high forage diet. *Journal of Animal Science*, 96(8), 3121-3130. <https://doi.org/10.1093/jas/sky204>
22. Statistical Analysis System. (2009). Users Guide: Statistics, Version 9.2. SAS Institute, Cary, NC, USA.
23. Van Soest, P. J., J. B. Rbertson, and B. A. Lews. (1991). Methods for dietary fiber neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74:3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)



Effects of Conditioning Temperature on Pellet Quality, Nutrients Digestibility, and Metabolizable Energy of Broilers Diet

Seyedeh Vajiheh Shakhs Emampour¹ Abolghasem Golian^{2*}, Heydar Zarghi³, Ali Reza Hesabi Nameghi⁴

1-2 and 3- Ph.D. Student, Professor and Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.

4- Associate Professor, Department of Animal Science, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Khorasan Razavi Province, Areeo, Mashhad, Iran.

*Corresponding Author's Email: a-golian@um.ac.ir

Received: 03-01-2023
Revised: 28-02-2023
Accepted: 01-03-2023
Available Online: 01-03-2023

How to cite this article:

Shakhs Emampour, S. V., Golian, A., Zarghi, H., & Hesabi Nameghi, A. (2025). Effects of conditioning temperature on pellet quality, nutrients digestibility, and metabolizable energy of broilers diet. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 16(4), 475-486. (In Persian with English abstract). <http://doi.org/10.22067/ijasr.2023.84863.1176>

Introduction: Pelleting is one of the most common methods of thermal processing for poultry feed. The primary goal of pelleting is to agglomerate smaller feed particles using mechanical pressure, moisture, and heat. Previous studies have shown that pelleted feeds enhance production economics by improving feed efficiency and growth performance. A key step in the pelleting process is conditioning the mash prior to pelleting, which reduces the electrical energy usage (EEU) of pellet mill motors by facilitating the smooth passage of materials through the die press, playing a crucial role in forming high-quality pellets. Additionally, effect on productive performance, reported conditioning temperature is the main factor affect it. Moderate thermal processing of broiler diets causes the separation of protein matrix, starch and fat, gelatinization of starch, destruction of anti-nutritional sensitive to heat and destruction of cell walls, and are considered positive chemical and physical changes in the process of pelleting with steam heat. Thermal processing improves the nutrient value of broiler diets, which usually has beneficial effects on performance. The use of high conditioning temperatures can damage the nutrients in the feed, leading to reduced nutrient intake and decreased bird performance. However, the better physical quality of pellets obtained at higher conditioning temperatures may affect broiler performance depending on the extent of negative effects of conditioner temperature on nutrient availability. Feed form affects the metabolizable energy of broiler pelleting and increases the apparent metabolizable energy of grains. The objective of the current study was to evaluate the influence of conditioning temperature on EEU of the pellet mill motors, feed pellet quality, apparent metabolizable energy corrected for nitrogen (AME_n), and apparent nutrients digestibility in the broiler chickens.

Materials and Methods: A diet were formulated on the broiler Ross 308 strain recommendations bases for grower period. The diet was prepared according to the experimental design, using a completely randomized design (CRD) with 11 treatments and 5 replicates per treatment. The treatments included mash feed, cold pelleting (unconditioned), and pelleting following conditioning at three different temperatures (55, 70, and 85°C), with feed samples collected at three different stages during feed preparation. The diet conditioning was done by conditioner manufactured by Feedtech at steam mixture for 30s and two bar steam pressure and then were pelleted through 2.5 mm die using a pellet mill. The desired temperatures of the conditioner were applied



©2023 The author(s). 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/), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

<http://doi.org/10.22067/ijasr.2023.84863.1176>

by increasing the volume of steam and continuously measured during the passage of the feed using a digital thermometer. The electrical energy usage (EEU) of the pellet mill motors during the pellet diets predation were recorded. All pellet diets were sampled after production to test for pellet quality. Pellet quality was determined as a function of pellet durability index (PDI), fine percentage and pellet hardness. Durability was determined using a Holmen Pellet Tester (NHP200). The pellet hardness was determined by using a hardness tester. A total of 200 one-day-old male chicks (Ross 308) were purchased from a commercial hatchery, reared on floor covered with wood shavings and the Ross 308 guideline up to 11-day-old. To determine the apparent nutrients digestibility and apparent metabolizable energy corrected for nitrogen (AME_n), two birds were transferred to individual cages (replicate) on day 15 to adapt to cage conditions for 4 days. On d19, birds were subjected to eight hours' starvation following which collection trays were installed under each cage for excreta collection. Feed intake of the birds in each cage was recorded during the experimental period (19-21d). Total excreta were collected twice daily between 18-21d. Daily collections were immediately dried, pooled within a replicate, mixed, weighed and representative samples ground (0.5 mm sieve), and stored in airtight plastic containers (-20°C) until to analysis. Excreta and diet samples were analyzed for dry matter (DM; method 934.01), crude protein (CP; method 976.06), ether extract (EE; 954.02) according to the standard procedures of the Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2016). Apparent total tract retention coefficient of nutrients for diets were calculated. In addition, the gross energy of feeds and excreta samples were measured using adiabatic bomb calorimeter (Model 1266, PARR) and the apparent metabolizable energy was calculated. The data obtained from the experiment were analyzed in the form of a completely randomized design using SAS software version 9.1 (2003) with the general linear model (GLM) procedure. The respective means were compared with Tukey's test at the probability level ($P < 0.05$).

Results and Discussion: The effects of processing temperature on EEU of the pellet mill motors, and pellet quality were significant. So that the amount of electricity usage decreased (quadratic, $p < 0.001$), and increased pellet PDI (quadratic, $p < 0.001$) and pellet hardness (linear, $p < 0.002$) by increasing in conditioning temperature. The highest electricity usage was observed in the treatment without conditioning (cold pellet) and the lowest amount of electricity usage was observed in the 70, and 85°C treatments ($P < 0.05$). The diet dry matter, crude protein and crude fat digestibility and AME_n were affected by processing ($P > 0.05$) so that the highest digestibility rate and AME_n was observed in 70°C heat thermal treatment, which were significantly higher than mash diet. By increasing conditioning temperature, the AME_n and crude fat digestibility improved by quadratic trend ($p < 0.05$). The heat processing at 70°C and pelleting diet lead to 6.8% and 3.59% improving apparent fat digestibility and 96 kcal/kg (3.46%) and 74 kcal/kg (2.64%) improving in AME_n values than non-processed diet (mash diet) and cold pellet diet, respectively.

Conclusion: Based on the findings of this study, it is recommended to prepare feed in pellet form and apply a conditioning temperature of 70°C . This approach reduces the electrical energy consumption during feed preparation, improves pellet quality, and enhances nutrient digestibility and the apparent metabolizable energy (AME_n) of the diet.

Keywords: Apparent metabolizable energy, Conditioning, Nutrients digestibility, Pellet quality

تأثیر دمای کاندیشنینگ بر کیفیت فیزیکی پلت، انرژی قابل سوخت و ساز و قابلیت هضم مواد مغذی جیره جوجه‌های گوشتی

سیده وجیهه شخص امام پور^۱، ابوالقاسم گلیان^{۲*}، حیدر زرقي^۳، علیرضا حسابی نامقی^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۲۳

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۸/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۲۱

چکیده

این مطالعه به منظور بررسی تأثیر دمای کاندیشنینگ بر میزان برق مصرفی دستگاه پلت‌ساز، کیفیت فیزیکی پلت، قابلیت هضم مواد مغذی و انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری تصحیح شده برای ازت (AME_N) جیره جوجه‌های گوشتی انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل تهیه جیره غذایی بر پایه ذرت-کنجاله سویا به صورت آردی، پلت سرد و پلت به‌دنبال کاندیشنینگ در دماهای ۵۵، ۷۰ و ۸۵ درجه سانتی‌گراد بودند. میزان انرژی الکتریکی مصرفی دستگاه پلت‌ساز به‌ازای تولید هر تن خوراک، استحکام و سختی پلت، قابلیت هضم مواد مغذی (ماده خشک، پروتئین و چربی) و AME_N جیره‌های آزمایشی به‌روش رکورد کل خوراک مصرفی و جمع‌آوری فضولات با استفاده از جوجه خروس‌های گوشتی سویه راس (۳۰۸) در سن ۲۱-۱۵ روزگی (میانگین وزن 470 ± 5 گرم) تعیین شد. کاندیشنینگ سبب کاهش معنی‌دار میزان انرژی الکتریکی مصرفی دستگاه پلت‌ساز، افزایش استحکام و سختی پلت شد ($P < 0.001$). در پاسخ به افزایش دمای کاندیشنینگ، کاهش میزان انرژی الکتریکی مصرفی دستگاه پلت‌سازی و افزایش استحکام پلت دارای روند معادله درجه دوم ($P < 0.001$) و افزایش سختی پلت دارای روند خطی بودند ($P < 0.002$). تهیه خوراک پلت (با و بدون کاندیشنینگ) باعث بهبود قابلیت هضم مواد مغذی (ماده خشک، پروتئین و چربی) و AME_N جیره شد. با افزایش دمای کاندیشنینگ قابلیت هضم چربی و AME_N جیره به‌صورت معادله درجه دوم ($P < 0.05$) بهبود یافت. تهیه خوراک پلت به‌دنبال کاندیشنینگ در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد باعث بهبود قابلیت هضم چربی به‌میزان $6/80$ و $3/59$ درصد و بهبود AME_N به‌میزان ۹۶ و ۷۴ کیلوکالری در کیلوگرم ماده خشک به‌ترتیب در مقایسه با جیره آردی و پلت سرد شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده، تهیه خوراک به‌فرم پلت به‌دنبال کاندیشنینگ در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌دلیل کاهش انرژی الکتریکی مصرفی دستگاه پلت‌ساز، بهبود کیفیت پلت، افزایش قابلیت هضم مواد مغذی و AME_N جیره توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری، قابلیت هضم مواد مغذی، کاندیشنینگ، کیفیت فیزیکی پلت

مقدمه

پلت کردن خوراک یکی از رایج‌ترین روش‌های فرآوری‌های خوراک طیور است. هدف از پلت کردن، متراکم کردن ذرات خوراک با استفاده از فشار مکانیکی همراه با رطوبت می‌باشد (Parsons et al., 2006). مزایای تغذیه با جیره‌های پلت شده برای افزایش کارایی و صرفه اقتصادی در تولید جوجه‌های گوشتی، موضوع بررسی‌های اخیر بوده است (Abdollahi et al., Abbasi Pour et al., 2021).

2013b; Abdollahi et al., 2018; Abdollahi et al., 2019; Attar et al., 2019; Dozier et al., 2010; Goodarzi et al., 2014). گزارش شده است که تهیه خوراک به‌فرم فیزیکی پلت باعث افزایش انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری غلات می‌شود (Khalil et al., 2020). ترکیب جیره و اندازه ذرات از عوامل تأثیرگذار (حدود ۶۰ درصد) بر کیفیت فیزیکی پلت است و درجه بعدی (۴۰ درصد) کیفیت پلت تحت تأثیر فرآیند پلت کردن واقع است (Behnke, 1996). یکی از مراحل مهم در فرآوری پلت‌سازی، انجام فرآیند کاندیشنینگ قبل از ورود خوراک به دستگاه پلت‌ساز است. کاندیشنینگ با بخار نسبت به کاندیشنینگ بدون بخار موجب کاهش مصرف انرژی الکتریکی طی فرآیند پلت‌سازی می‌شود (Skoch et al., 1981). کاندیشنینگ علاوه‌بر تأثیر بر عملکرد طیور موجب روان شدن و تسهیل عبور مواد از منافذ می‌شود و نقش مهمی در تشکیل خوراک پلت شده با کیفیت دارد (Froetschner, 2006).

۱-۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری، استاد و دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۴- دانشیار، بخش علوم دامی، مرکز آموزش و تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، مشهد، ایران.

(Email: a-golian@um.ac.ir)

(*)- نویسنده مسئول:

<http://doi.org/10.22067/ijasr.2023.84863.1176>

فرآوری حرارتی در مدت زمان ۳۰ ثانیه و فشار بخار دو بار (bar) با دستگاه کاندیشنر ساخت شرکت فیدتک اعمال شد. اعمال دماهای مورد نظر (۵۵، ۷۰ و ۸۵ درجه سانتی گراد) کاندیشنر بوسیله افزایش حجم بخار تأمین می شد. دمای دستگاه کاندیشنر به طور پیوسته در طی عبور خوراک با استفاده از ترمومتر دیجیتال اندازه گیری و کنترل می شد. پلت سازی خوراک های آزمایشی با دستگاه پرس پلت ساخت شرکت فیدتک با دای ۲/۵ میلی متر انجام شد.

برآورد میزان انرژی الکتریکی مصرفی دستگاه پلت ساز

جهت محاسبه مقدار انرژی الکتریکی مصرفی دستگاه پلت ساز، آمپر و ولتاژ مصرفی الکتروموتورهای دستگاه در مدت زمان تولید هر یک از تیمارها، ثبت و با استفاده از معادله زیر میزان انرژی الکتریکی مصرف با واحد کیلووات به ازای تولید هر تن خوراک محاسبه شد (Payne et al., 2001). عدد حاصله از فرمول بر مقدار خوراک تولیدی (تن) در مدت زمان یک ساعت تقسیم، عدد به دست آمده نشان دهنده راندمان دستگاه پلت ساز با واحد کیلووات ساعت به ازاء هر تن خوراک می باشد.

(۱)

$$\text{انرژی الکتریکی مصرفی} = \frac{\sqrt{3} \times 0.93 \times \text{آمپر دستگاه پلت} \times \text{ولتاژ}}{1000 \text{ (خوراک به کیلوگرم)}}$$

سنجش کیفیت فیزیکی (استحکام و سختی) پلت

شاخص های سنجش کیفیت شامل استحکام (PDI) و سختی پلت در خوراک های آزمایشی در آزمایشگاه تعیین شدند. سنجش PDI پلت با استفاده از دستگاه هولمن (مدل NHP200 ساخت کشور انگلستان) و سنجش سختی پلت با استفاده از دستگاه سختی سنج (ساخت شرکت کاهل) تعیین شد. استحکام پلت (پنج نمونه از هر جیره آزمایشی) در آزمایشگاه آنالیز کیفی خوراک مورد ارزیابی قرار گرفت. با استفاده از ترازوی دیجیتال (دقت ۰/۰۱) میزان ۱۰۰ گرم نمونه پلت الک شده (بدون خاکه) وزن گردید و برای مدت ۶۰ ثانیه در داخل چمبر در معرض جریان باد قرار گرفت، خاکه به سرعت از طریق سوراخ های چمبر جدا گردید. بعد از اتمام ۶۰ ثانیه، پلت های باقی مانده (پلت های سالم) در زمان چرخش توزین گردید و شاخص مقاومت پلت (PDI) با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید (Babouyeh et al., 2021).

فرآوری حرارتی ارزش مواد مغذی جیره جوجه های گوشتی را بهبود می بخشد که اثرات مفیدی بر عملکرد تولیدی جوجه های گوشتی دارد (McCracken et al., 2002). فرآوری حرارتی متعادل جیره جوجه های گوشتی سبب تفکیک ماتریکس پروتئین - نشاسته - چربی، ژلاتیناسیون نشاسته، تخریب مواد ضد تغذیه ای و تخریب دیواره های سلولی می شود که از تغییرات شیمیایی و فیزیکی مثبت در فرآیند پلت کردن با حرارت بخار به شمار می آیند (Skoch et al., 1981). از طرف دیگر، نتایج تحقیقات زیادی مشخص کرده است که استفاده از دمای کاندیشنینگ بالا به مواد مغذی جیره آسیب رسانده و باعث افت عملکرد طیور می شود (Abdollahi et al., 2010a; Abdollahi et al., 2010b; Kirkpinar and Basmacioglu., 2006; Loar et al., 2014). این محققین گزارش کردند که اعمال دمای کاندیشنینگ بالاتر برای حصول خوراک پلت با کیفیت فیزیکی بهتر، بسته به میزان تأثیرات منفی دمای کاندیشنینگ بر دسترسی مواد مغذی، ممکن است عملکرد جوجه های گوشتی را تحت تأثیر قرار دهد. با توجه به مطالب ذکر شده، آزمایش حاضر به منظور بررسی تأثیر دماهای مختلف کاندیشنینگ بر میزان انرژی الکتریکی مصرفی دستگاه پلت ساز، کیفیت فیزیکی (استحکام و سختی) پلت تولید شده، قابلیت هضم مواد مغذی و انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری تصحیح شده برای ازت (AME_n) جیره در جوجه های گوشتی انجام شد.

مواد و روش ها

تهیه جیره های آزمایشی

تعداد ۱۱ جیره آزمایشی (وزن هر بچ ۳۰۰۰ کیلوگرم) با ترکیب مواد خوراکی و مواد مغذی کاملاً مشابه (جدول ۱)، بر اساس حداقل احتیاجات جوجه های گوشتی سویه راس ۳۰۸ (۲۰۱۶)، برای دوره سنی ۱۱-۲۴ روزگی در کارخانه خوراک دام و طیور گهردانه شرق واقع در استان خراسان رضوی کیلومتر ۴۰ آزاد راه مشهد- باغچه تهیه شد. به منظور به حداقل رساندن تأثیر عوامل محیطی، مدیریتی و دستگاهی، تمامی جیره ها در یک روز تولید شدند. مواد خوراکی پس از بچ گیری با آسیاب چکشی با توری چهار میلی متر آسیاب شدند. تیمارهای آزمایشی شامل تهیه خوراک به فرم فیزیکی؛ ۱- آردی؛ ۲- پلت سرد (عبور از دستگاه کاندیشنینگ بدون اعمال حرارت)؛ ۳، ۴ و ۵- پلت گرم به دنبال فرآوری کاندیشنینگ در دمای ۵۵ درجه سانتی گراد و اخذ سه خوراک در زمان ها با فاصله برابر طی فرآیند کاندیشنینگ؛ ۶، ۷ و ۸- پلت گرم به دنبال فرآوری کاندیشنینگ در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد و اخذ سه خوراک در زمان ها با فاصله برابر طی فرآیند کاندیشنینگ؛ و ۹، ۱۰ و ۱۱- پلت گرم به دنبال فرآوری کاندیشنینگ در دمای ۸۵ درجه سانتی گراد و اخذ سه خوراک در زمان ها با فاصله برابر طی فرآیند کاندیشنینگ با پنج تکرار بودند.

جدول ۱- اجزای تشکیل دهنده و ترکیب مواد مغذی جیره‌های آزمایشی
Table 1- The ingredient and nutrient composition of experimental diets

ترکیب مواد مغذی (درصد)		اجزای تشکیل دهنده (درصد)	
Nutrient composition (%)		Ingredient composition (%)	
2945	انرژی قابل سوخت و ساز	59.15	ذرت
	Metabolizable energy (kcal/kg)		Corn
20.22	پروتئین خام	35.00	کنجاله سویا (۴۴ درصد پروتئین)
	Crude protein (%)		Soybean meal (CP=44%)
4.97	چربی خام	2.15	روغن سویا
	Crude fat (%)		Soybean oil
3.50	فیبر خام	1.6	دی کلسیم فسفات
	Crude fiber (%)		Di-calcium phosphate
0.80	کلسیم	0.91	کربنات کلسیم
	Calcium (%)		Calcium carbonate
0.35	فسفر قابل دسترس	0.21	نمک طعام
	Available Phosphorus (%)		Common salt
0.16	سدیم	0.20	جوش شیرین
	Sodium (%)		Sodium bicarbonate
0.58	متیونین قابل هضم	0.1	مکمل ویتامینه ^۱
	Digestible Met (%)		Vitamin- premix ²
0.90	متیونین + سیستین قابل هضم	0.1	مکمل معدنی ^۲
	Digestible Met + Cys (%)		mineral- premix ³
1.30	لیزین قابل هضم	0.28	دی-ال-متیونین
	Digestible Lys (%)		DL-methionine
0.89	ترئونین قابل هضم	0.17	ال-لیزین هیدروکلراید
	Digestible Thr (%)		L-lysine HCl
220	تعادل الکترولیتی جیره	0.06	ال-ترئونین
	Dietary cation anion balance		L-threonine
		0.07	کولین کلراید
			Choline chloride

^۱ در هر کیلوگرم جیره موارد زیر را تأمین می‌کرد: ۱۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A (رتینول)، ۴۵۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D₃ (کوله کلسیفرول)، ۶۵ واحد بین‌المللی ویتامین E (دی-ال-الفاتوکوفرول استات)، ۳ میلی‌گرم ویتامین K₃ (منادیون)، ۲/۵۳ میلی‌گرم B₁ (تیامین)، ۲/۵ میلی‌گرم B₂ (ریبوفلاوین)، ۶/۵ میلی‌گرم B₅ (اسید پانتوتنیک)، ۱۸ میلی‌گرم B₃ (نیاسین)، ۶۰ میلی‌گرم B₆ (پیریدوکسین)، ۳/۲ میلی‌گرم H₂ (بیوتین)، ۱/۹۰ میلی‌گرم B₉ (اسید فولیک)، ۰/۱۷۷ میلی‌گرم B₁₂ (سیانوکوبالامین).
^۲ در هر کیلوگرم جیره موارد زیر را تأمین می‌کرد: ۱۱۰ میلی‌گرم روی (اکسید روی)، ۱۲۰ میلی‌گرم منگنز (اکسید منگنز)، ۱۶ میلی‌گرم مس (سولفات مس)، ۲۰ میلی‌گرم آهن (سولفات آهن)، ۱/۲۵ میلی‌گرم ید و ۰/۳ میلی‌گرم سلنیوم (سلنیت سدیم) می‌باشد.

^۱Provides per kg of diet: vitamin A (retinol), 10000 IU; vitamin D₃ (cholecalciferol), 4500 IU; vitamin E (DL- α -tocopheryl acetate), 65 IU; vitamin K₃ (menadione), 3.0 mg; vitamin B₁ (thiamin), 2.53 mg; vitamin B₂ (riboflavin), 2.5 mg; vitamin B₃ (niacin), 18 mg; vitamin B₅ (pantothenic acid), 6.5 mg; vitamin B₆ (pyridoxine), 60.0 mg; vitamin B₉ (folic acid), 1.9 mg; vitamin B₁₂ (cyanocobalamin), 0.017 mg; vitamin H₂ (biotin), 3.2 mg.

^۲Provides (mg/kg of diet): Mn (manganese oxide) 120, Fe (iron sulphate) 20, Zn (zinc oxide) 110, Cu (copper sulphate) 16, Se (sodium selenite) 0.3.

گردید (Svihus *et al.*, 2004). در سنجش‌های فوق برای هر نمونه پنج بار آزمایش و میانگین آن به‌عنوان داده قابل ثبت برای نمونه منظور شد.

گوارش‌پذیری مواد مغذی و انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری تصحیح شده برای ازت جیره‌های آزمایشی

گوارش‌پذیری مواد مغذی و AME_n جیره‌های آزمایشی با روش جمع‌آوری کل فضولات و رکورد کل خوراک مصرفی و فضولات دفعی با پنج تکرار و دو قطعه پرنده در هر تکرار تعیین شدند (Zarghi

$$PDI = \frac{\text{وزن پلت‌های سالم بعد از قرار گرفتن در دستگاه}}{\text{وزن کل پلت‌ها قبل از قرار گرفتن دستگاه}} \times 100 \quad (۲)$$

برای سنجش سختی پلت یک قطعه پلت که از نظر طول به میانگین قطعات نمونه نزدیک بود، در راستای سطح افق بین دو بالشتک دستگاه قرار گرفته، سپس با اعمال نیرو توسط اهرم دستگاه مقدار نیرویی که پلت در لحظه شکسته‌شدن تحمل می‌کرد، ثبت

تجزیه شیمیایی

ترکیب شیمیایی (ماده خشک، چربی خام، ازت) در نمونه خوراک-های آزمایشی و فضولات مطابق روش‌های پیشنهادی تعیین شدند (AOAC, 2016). به این منظور، نمونه خوراک و کل فضولات مربوط به هر قفس آسیاب و همگن شدند. برای تعیین ماده خشک، نمونه‌ها داخل دستگاه آون در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شدند (Fayaz et al., 2023). چربی خام توسط دستگاه سوکسله دستی و ازت توسط دستگاه کج‌لدال اتومات تعیین شد. برای تعیین انرژی خام جیره‌های آزمایش و فضولات از بمب کالریمتر (Model, PARR 1261) استفاده شد.

آنالیز آماری

نتایج به دست آمده از آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم افزار SAS ویرایش ۹/۱ (SAS, 2003) با رویه مدل عمومی خطی (GLM) تجزیه آماری شدند. با توجه به اینکه اثر سه زمان نمونه‌گیری طی فرآیند خوراک‌سازی برای تمامی شاخص‌های مورد مطالعه معنی‌دار نشد، بنابراین نتایج مربوط به تیمار فرآوری حرارتی در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد (تیمارهای ۳، ۴ و ۵)، ۷۰ درجه سانتی‌گراد (تیمارهای ۶، ۷ و ۸) و ۸۵ درجه سانتی‌گراد (تیمارهای ۹، ۱۰ و ۱۱) به ترتیب با هم ادغام و آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی نامتعادل با پنج تیمار (تیمارهای خوراک آردی و پلت سرد با پنج تکرار و تیمارهای خوراک پلت به دنبال کاندیشینگ ۵۵، ۷۰ و ۸۵ درجه سانتی‌گراد با ۱۵ تکرار) آنالیز شدند. میانگین‌های مربوطه با آزمون توکی در سطح احتمالی ($P < 0.05$) مقایسه شدند. مدل ریاضی طرح آماری به شرح معادله ۶ بود.

$$Y_i = \mu + T_i + \varepsilon_i \quad (6)$$

که در آن، Y_i : مقدار صفت مورد نظر، μ : میانگین کل، T_i : اثر تیمار، و ε_i : خطای آزمایش در هر مشاهده می‌باشد.

نتایج و بحث

میزان انرژی الکتریکی مصرفی دستگاه پلت‌ساز

اثرات دمای کاندیشینگ ۵۵، ۷۰ و ۸۵ درجه سانتی‌گراد بر میزان انرژی الکتریکی مصرفی دستگاه پلت‌ساز معنی‌دار بود (جدول ۲). افزایش دمای کاندیشینگ باعث کاهش میزان انرژی الکتریکی مصرفی دستگاه پلت‌سازی شد ($P < 0.001$). بیشترین میزان مصرف انرژی الکتریکی برای تهیه جیره پلت بدون کاندیشینگ و کمترین میزان مصرف انرژی الکتریکی برای تهیه جیره پلت به دنبال کاندیشینگ در دمای‌های ۷۰ و ۸۵ درجه سانتی‌گراد محاسبه شد ($P < 0.001$). مطابق با نتایج به دست آمده از مطالعه حاضر، گزارش

(et al., 2011). به این منظور، تعداد ۲۰۰ قطعه جوجه خروس گوشتی یک روزه سویه راس ۳۰۸ تهیه و تا سن ۱۵ روزگی با جیره و شرایط یکسان پرورش یافتند. در سن ۱۵ روزگی، تعداد ۱۱۰ قطعه جوجه با بالاترین یکنواختی وزن (میانگین وزن 47.0 ± 5 گرم به ازای هر قطعه) انتخاب و به طور تصادفی بین ۵۵ قفس متابولیکی توزیع شدند. هر قفس متابولیکی دارای ۳۰ سانتی‌متر طول، ۴۰ سانتی‌متر عمق و ۴۵ سانتی‌متر ارتفاع و به آب‌خوری پستانکی خودکار، دان‌خوری ناودانی دستی و سینی کشویی گالوانیزه مخصوص جمع‌آوری فضولات مجهز بود. جوجه‌ها به مدت سه روز با جیره‌های آزمایشی تغذیه شدند که چهار روز اول (۱۸-۱۵ روزگی) به منظور دوره عادت‌پذیری و سه روز بعد (۲۱-۱۹ روزگی) به عنوان دوره رکورد خوراک و جمع‌آوری فضولات در نظر گرفته شد. در دوره جمع‌آوری فضولات، پس از اعمال ۱۲ ساعت محرومیت از غذا سینی‌های مخصوص جمع‌آوری فضولات در زیر قفس‌ها قرار گرفتند. جوجه‌ها به مدت سه روز کامل به صورت آزاد با جیره‌های آزمایشی تغذیه شدند و پس از اعمال ۱۲ ساعت محرومیت از غذا، سینی‌های جمع‌آوری فضولات برداشته شدند. مقدار جیره مصرفی جوجه‌های هر قفس در سه روز آزمایش با کسر جیره باقی مانده از جیره داده شده تعیین شد. فضولات دفعی داخل آون در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شدند تا کاملاً خشک شوند. پس از جدا نمودن فلس، پر و سایر ضایعات موجود، وزن کل فضولات دفع شده هر قفس تعیین شد (Zarghi et al., 2011). قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی (ماده خشک، پروتئین خام و چربی خام) جیره‌های آزمایش از طریق معادله ۳، انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری (AME) جیره‌های آزمایش از طریق معادله ۴ و AME_n جیره‌های آزمایش از طریق معادله ۵ محاسبه شد (Dilger and Adeola, 2006; Adeola et al., 2001; Harjo and Teeter, 1994; Toghyani et al., 2014).

$$ANR = \frac{\text{Total nutrient ingested} - \text{Total nutrient excreted}}{\text{Total nutrient ingested}} \times 100 \quad (3)$$

$$AME \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kg of diet}} \right) = \frac{[(FI \times GE_d) - (\text{Excreta} \times GE_e)]}{FI} \quad (4)$$

$$AMEn = AME - \frac{8.22 \times (Ni - Ne)}{FI} \quad (5)$$

که در آن‌ها، **ANR**: قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی جیره‌های آزمایشی، **AME**: انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری (کیلوکالری در کیلوگرم)، **FI**: مقدار مصرف خوراک، **GE_d**: انرژی خام خوراک، **GE_e**: انرژی خام فضولات، **AMEn**: انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری تصحیح‌شده برای ازت (کیلوکالری در کیلوگرم)، **Ni**: میزان ازت مصرفی (گرم) و **Ne**: میزان ازت دفعی به (گرم) است.

شده است کاندیشنینگ با بخار (دماهای ۶۵ و ۷۸ درجه سانتی‌گراد) نسبت به کاندیشنینگ بدون بخار سبب کاهش انرژی الکتریکی مصرفی می‌شود (Skoch et al., 1981). فرآیند کاندیشنینگ سبب نفوذ رطوبت به داخل ذرات خوراک، کاهش اصطکاک بین ذرات خوراک با منافذ دای که منجر به کاهش انرژی الکتریکی مصرفی دستگاه پلت‌ساز می‌شود. اما در شرایط پلت سرد با کاهش سرعت خروج خوراک از سوراخ‌های دای و تلاش رول برای جبران تجمع خوراک باعث افزایش مصرف انرژی دستگاه پلت‌ساز می‌شود. مطابق با نتایج به‌دست آمده، در آزمایش اعمال کاندیشنینگ روی جیره‌های بر پایه گندم در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت چهار دقیقه نسبت به مدت زمان دو دقیقه انرژی الکتریکی مصرفی دستگاه پلت‌ساز کاهش یافت (Abbasi Pour et al., 2021). در مقابل، با نتایج این

آزمایش و نتایج گزارش‌های فوق در آزمایش مشابه بر روی جیره‌های بر پایه ذرت تفاوت معنی‌داری بین زمان‌های دو و چهار دقیقه روی انرژی الکتریکی مصرفی دستگاه پلت‌ساز مشاهده نشد (Attar et al., 2019).

کیفیت فیزیکی (استحکام و سختی) پلت

نتایج مربوط به سنجش کیفیت پلت شامل PDI و سختی در جدول ۲ گزارش شده است. در پاسخ به افزایش دمای کاندیشنینگ، شاخص PDI با روند درجه دو تغییر نشان داد. سختی پلت با تغییر دمای کاندیشنینگ به‌صورت خطی افزایش یافت.

جدول ۲- اثر دمای کاندیشنینگ بر انرژی الکتریکی مصرفی دستگاه پلت و کیفیت فیزیکی پلت

Table 2- Effect of heat processing on pellet quality and electrical usage pellet meal

فرم فیزیکی Physical form	دمای کاندیشنینگ Conditioning temperature	تعداد نمونه Number sample	سختی پلت Hardness	استحکام پلت Pellet durability index	انرژی مصرفی Electrical usage
آردی Mash	-	5	-	-	-
	25	5	1.26 ^d (0.058)	57.06 ^d (0.267)	20.92 ^a (0.119)
پلت Pellet	55	15	1.81 ^c (0.033)	91.39 ^c (0.154)	10.76 ^b (0.069)
	70	15	2.82 ^a (0.033)	93.53 ^b (0.154)	9.21 ^c (0.069)
	85	15	2.66 ^b (0.033)	94.55 ^a (0.154)	8.86 ^c (0.069)
سطح احتمال معنی‌داری P-value					
آنالیز واریانس ANOVA			<0.001	<0.001	<0.001
اثر خطی Linear			0.002	<0.001	<0.001
درجه دوم Quadratic			0.239	<0.001	<0.001

a-b در هر ستون میانگین‌های با حروف غیرمشابه دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($p < 0.05$); تیمارهای آردی و پلت سرد میانگین پنج تکرار و تیمارهای دمایی میانگین ۱۵ تکرار است؛ مقادیر داخل پرانتز SEM می‌باشد. * بهبود قابلیت هضم چربی در جیره‌های پلت نسبت به جیره آردی.

a-d Values in a column with no common superscript letter are significantly different ($P < .05$); The mash and cold pellet data are the mean of 5 and 15 observations, respectively; The value in bracket is SEM. *Improving fat digestibility for pellet diets in compared with mash diet.

درجه سانتیگراد باعث بهبود PDI خوراک پلت در مقایسه با جیره شاهد (عدم اعمال فرآوری حرارتی) شد (Skoch et al., 1981). در آزمایشی روی جیره‌های حاوی ۷/۵ گرم در کیلوگرم بنتونیت سدیم کاندیشنینگ شده در دمای ۷۰ درجه به‌مدت دو دقیقه، PDI و سختی پلت افزایش یافت (Attar et al., 2019). بهبود PDI و سختی پلت در جیره‌های رشد حاوی ۱۵ گرم بر کیلوگرم بنتونیت کاندیشنینگ شده در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت دو دقیقه در جیره‌های بر پایه گندم-کنجاله سویا (Abbasi Pour et al., 2021) و کنجاله ذرت- سویا (Attar et al., 2019) گزارش شده است. اعمال فرآوری

نتایج به‌دست آمده از این آزمایش با مطالعات قبلی مطابقت دارد، به‌طوری‌که اثر مثبت افزایش دما بر کیفیت فیزیکی پلت در خوراک-های بر پایه گندم-کنجاله سویا (Abbasi Pour et al., 2021; Abdollahi et al., 2010a; Abdollahi et al., 2010b)، ذرت-سورگوم (Abdollahi et al., 2010b) و ذرت-سویا (Attar et al., 2019) گزارش شده است. اعمال دماهای ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰ و ۹۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۵ ثانیه باعث افزایش PDI و سختی پلت شد (Teixeira Netto et al., 2019). گزارش شده است، کاندیشنینگ خوراک در دمای ۶۵ و ۷۸

نتایج مربوط به اثر فرآوری خوراک (آردی، پلت سرد و پلت به‌دنبال کاندیشنینگ در دماهای ۵۵، ۷۰ و ۸۵ درجه سانتی‌گراد) بر قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین خام و چربی خام در آزمایش با جوجه‌های گوشتی در جدول ۳ گزارش شده است.

حرارتی باعث تزریق رطوبت بیشتری به ذرات خوراک شده که موجب افزایش چسبندگی بین اجزای خوراک و بهبود کیفیت خوراک پلت می‌شود (Abdollahi et al., 2010a).

قابلیت هضم مواد مغذی جیره

جدول ۳- اثر فرآوری حرارتی جیره بر قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی در جوجه‌های گوشتی
Table 3- Effect of heat processing on apparent nutrient digestibility in the broiler chicken

فرم فیزیکی Physical form	دمای کاندیشنر Conditioning temperature	تعداد نمونه Number sample	قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی (درصد) Apparent digestibility (%)					
			ماده خشک Dry matter	پروتئین خام Crude protein	چربی خام Crude fat			
Mash	-	5	73.07 ^b (0.539)	-	67.25 ^b (1.039)	-	86.33 ^d (0.315)	-
	25	5	75.25 ^a (0.539)	2.98*	68.71 ^{ab} (1.039)	2.17*	89.00 ^c (0.315)	3.10*
	55	15	75.70 ^a (0.311)	3.60*	68.83 ^{ab} (0.600)	2.35*	90.95 ^b (0.297)	5.35*
	70	15	76.21 ^a (0.311)	4.30*	71.02 ^a (0.600)	5.61*	92.20 ^a (0.297)	6.80*
Pellet	85	15	76.04 ^a (0.311)	4.06*	69.86 ^{ab} (0.600)	3.88*	91.33 ^b (0.297)	5.79*
سطح احتمال معنی‌داری P-value								
آنالیز واریانس ANOVA			<0.001	0.018	<0.001			
اثر خطی Linear			0.460	0.511	0.017			
درجه دوم Quadratic			0.627	0.703	0.064			

^{a-b} در هر ستون میانگین‌های با حروف غیرمشابه دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($p < 0.05$); تیمارهای آردی و پلت سرد میانگین پنج تکرار و تیمارهای دمایی میانگین ۱۵ تکرار است؛ مقادیر داخل پرانتز SEM می‌باشد. * بهبود قابلیت هضم در جیره‌های پلت نسبت به جیره آردی.

^{a-d} Values in a column with no common superscript letter are significantly different ($P < .05$); The mash and cold pellet data are the mean of 5 and 15 observations, respectively; The value in bracket is SEM. *IM = Improving digestibility for pellet diets in compared with mash diet.

تعلق داشت. مطابق با نتایج به‌دست آمده در مطالعه حاضر، تأثیر مثبت اعمال دماهای مختلف بر قابلیت هضم چربی در جیره‌های پلت فرآوری شده با کاندیشنینگ گزارش شده است (Abdollahi et al., 2016; Attar et al., 2019; Naderinejad et al., 2016). با ارزیابی قابلیت هضم ماده خشک و مواد مغذی ذرت و برنج به‌صورت خام و پخته نشان داده شد که فرآوری می‌تواند باعث بهبود قابلیت هضم مواد مغذی شود (González-Alvarado et al., 2007). با ارزیابی دماهای مختلف کاندیشنر (۵۵، ۷۰، ۷۵، ۸۰، ۸۵ درجه سانتیگراد) بر خصوصیات پلت و قابلیت هضم مواد مغذی جیره‌های غذایی بر پایه سورگوم برای خوک‌ها گزارش شد که افزایش دمای کاندیشنر باعث تشکیل پیوند بین پروتئین‌ها و نشاسته و افزایش نشاسته مقاوم، کاهش حلالیت پروتئین و افزایش سختی پلت می‌شود و لذا، بیشترین مقادیر قابلیت هضم مواد مغذی در دماهای ۷۵ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد (Wang et al., 2019).

نتایج این پژوهش نشان داد که خوراک فرآوری شده در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در مقایسه با خوراک آردی قابلیت هضم ماده خشک و پروتئین را به‌ترتیب ۴/۳۰ و ۵/۶۱ درصد بهبود داد. نتایج به‌دست

تهیه خوراک به‌فرم پلت (پلت سرد و پلت به‌دنبال کاندیشنینگ) باعث بهبود معنی‌دار قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین خام و چربی خام نسبت به خوراک آردی شد ($p < 0.05$). در توافق با نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر، با مقایسه جیره‌های آردی و پلت شده با و بدون بخار (۵۰، ۶۰، ۸۰، ۷۰ و ۹۰ درجه سانتی‌گراد) به‌مدت ۱۵ ثانیه، با افزایش دمای کاندیشنر قابلیت هضم ظاهری ماده خشک و پروتئین خام بهبود یافت (Teixeira Netto et al., 2019). نتایج مطالعه دیگر نیز نشان داد که قابلیت هضم ماده خشک به‌طور قابل توجه برای جیره‌های پلت شده در مقایسه با جیره‌های آردی بیشتر شده است (Teixeira Netto et al., Massuquetto et al., 2018; 2019). افزایش دمای کاندیشنینگ غلات به هضم مواد مغذی کمک نموده و سبب بهبود عملکرد می‌شود (Selle et al., 2013). در پژوهش حاضر، اعمال دماهای مختلف کاندیشنینگ بر روی قابلیت هضم چربی به‌صورت معادله درجه دوم معنی‌دار شد ($p < 0.05$)، ولی بر قابلیت هضم ماده خشک و پروتئین معنی‌دار نبود ($p > 0.05$). بالاترین میانگین قابلیت هضم چربی خام به خوراک پلت به‌دنبال اعمال فرآوری حرارتی (کاندیشنینگ) در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد

جیره‌های بر پایه سورگوم قابلیت هضم ایلئومی پروتئین را به‌طور معنی‌داری کاهش داد (Abdollahi et al., 2010a). در آزمایشی، با مقایسه دو فرم فیزیکی جیره بر پایه ذرت (آردی و پلت شده در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۳۰ ثانیه)، کاهش قابلیت هضم ایلئومی پروتئین را در پرندگان تغذیه شده با خوراک پلت نشان داد (Naderinejad et al., 2016). خوراک پلت فرآوری شده در دمای ۹۰ درجه به‌مدت هفت ثانیه در مقایسه با خوراک آردی (بر پایه سورگوم) سبب کاهش معنی‌دار قابلیت هضم پروتئین شد (Selle et al., 2013).

انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری تصحیح شده برای ازت

نتایج تعیین AME و AME_n خوراک‌های آزمایشی در جوجه‌های گوشتی در جدول ۴ گزارش شده است. تهیه خوراک به‌فرم پلت (پلت سرد و پلت به‌دنبال کاندیشنینگ) باعث بهبود معنی‌دار انرژی قابل سوخت و ساز خوراک‌های آزمایشی شد ($p < 0.05$). در توافق با نتایج به‌دست آمده از مطالعه حاضر، افزایش انرژی قابل سوخت و ساز جیره به‌دلیل قابلیت هضم بالاتر به‌عنوان یکی از مزایای تغذیه جوجه‌های گوشتی با جیره‌های پلت گزارش شده است (Zelenka, 2003; Zang et al., 2009; Naderinejad et al., 2016; Massuquetto et al., 2018).

آمده از این آزمایش با گزارش Attar et al., Zang et al., 2009 (2019) مطابقت دارد. اگرچه برخی از محققین عدم تأثیر فرآوری حرارتی بر قابلیت هضم مواد مغذی را گزارش کردند (Abdollahi et al., Teymourian and Hassanabadi, 2021; 2013b). اثر بخشی فرآوری حرارتی بر قابلیت دسترسی مواد مغذی تحت تأثیر عواملی از قبیل مدت زمان کاندیشنینگ، دمای کاندیشنینگ، نوع غله (ذرت، سورگوم، جو) و ترکیب مواد خوراکی جیره (میزان و نوع مواد ضد تغذیه‌ای، آنزیم‌های حساس به حرارت) واقع است (Abdollahi et al., 2013b; Santos et al., 2020). در رابطه با اثرات دمای کاندیشنینگ بر قابلیت هضم پروتئین خوراک گزارش‌های متناقضی وجود دارد. از جمله گزارش شده است که فرآوری حرارتی در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۰ ثانیه قابلیت هضم پروتئین را به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهد (Zang et al., 2009). همچنین تغذیه جوجه‌های گوشتی با خوراک پلت فرآوری شده در دمای کاندیشنینگ ۸۳ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۶۰ ثانیه باعث افزایش قابلیت هضم ایلئومی پروتئین در سن ۲۵ روزگی در مقایسه با خوراک آردی شد (Massuquetto et al., 2018). اما در پژوهشی دیگر، مقایسه پلت فرآوری شده در زمان‌های مختلف (دو و چهار دقیقه در دمای ۷۰ درجه) تفاوت معنی‌داری بر قابلیت هضم پروتئین نداشت (Attar et al., 2019). درحالی‌که گزارش شده است: افزایش دمای کاندیشنینگ از ۶۰ به ۹۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۳۰ ثانیه در

جدول ۴- اثر فرآوری حرارتی بر انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری تصحیح شده برای ازت جیره در جوجه‌های گوشتی

Table 4- Effect of heat processing on apparent metabolizable energy corrected for nitrogen diets in broiler chicken

فرم فیزیکی Physical form	دمای کاندیشنینگ Conditioning temperature	تعداد نمونه Number sample	انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری Apparent metabolizable energy					
			AME (kcal/kg DM)					
			AME _n (kcal/kg DM)					
آردی Mash	-	5	2957 ^b	(23.629)	-	2774 ^b	(21.265)	-
	25	5	2983 ^{ab}	(23.629)	0.88*	2796 ^{ab}	(21.265)	0.79*
پلت Pellet	55	15	3031 ^a	(13.642)	2.50*	2843 ^a	(12.277)	2.49*
	70	15	3063 ^a	(13.642)	3.58*	2870 ^a	(12.277)	3.46*
	85	15	3034 ^a	(13.642)	2.60*	2844 ^a	(12.277)	2.52*
سطح احتمال معنی‌داری P-value								
آنالیز واریانس ANOVA			0.002			0.004		
اثر خطی Linear			0.033			0.022		
درجه دوم Quadratic			0.067			0.046		

a-b در هر ستون میانگین‌های با حروف غیرمشابه دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($p < 0.05$); تیمارهای آردی و پلت سرد میانگین پنج تکرار و تیمارهای دمایی میانگین ۱۵ تکرار است؛ مقادیر داخل پرانتز SEM می‌باشد. * بهبود AME_n در جیره‌های پلت نسبت به جیره آردی.

a-d Values in a column with no common superscript letter are significantly different ($P < .05$); The mash and cold pellet data are the mean of 5 and 15 observations, respectively; The value in bracket is SEM. *Improving AME_n for pellet diets in compared with mash diet.

ساز ظاهری، قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین خام و چربی خام جیره پلت با جیره‌های آردی، مشاهده شد که دمای کاندیشنر بالاتر منجر به بهبود قابلیت هضم مواد مغذی و انرژی قابل سوخت و ساز می‌شود. فرآوری حرارتی (سوپرکاندیشنر) ذرت در دمای ۷۰ درجه- سانتی‌گراد به مدت ۱۵۰ ثانیه در جیره‌های آردی باعث بهبود قابلیت هضم ماده خشک در مقایسه با فرآوری در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد شد (Teymouri and Hassanabadi, 2021). درحالی‌که در مطالعات دیگر، تفاوت در قابلیت هضم ماده خشک بین جیره‌های آردی و پلت شده مشاهده نشد (Lopez et al., 2007). مشاهده نتایج متناقض در مورد تأثیر پلت بر انرژی قابل سوخت و ساز جیره ممکن است به دلیل متفاوت بودن شرایط فرآوری خوراک، مقدار مواد ضد تغذیه‌ای جیره، ترکیب جیره و روش سنجش انرژی قابل سوخت و ساز باشد.

نتیجه‌گیری کلی

با اعمال کاندیشنینگ طی فرآیند تهیه خوراک به‌فرم فیزیکی پلت به‌سبب نفوذ رطوبت به ذرات خوراک؛ روان شدن و تسهیل عبور مواد از منافذ دای، پاره شدن گرانول‌های نشاسته و تخریب دیواره سلولی رخ می‌دهد. در نتیجه، علاوه‌بر بهبود ارزش غذایی خوراک (گوارش‌پذیری مواد مغذی و انرژی قابل سوخت و ساز جیره)، باعث کاهش مصرف انرژی الکتریکی در طی فرآیند تهیه و فرآوری خوراک و بهبود شاخص‌های کیفیت خوراک پلت همچون استحکام و سختی پلت می‌شود. به‌طور کلی، تهیه خوراک با فرم فیزیکی پلت و اعمال دمای کاندیشنینگ ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌دلیل کاهش انرژی الکتریکی مصرفی دستگاه پلت‌ساز، بهبود شاخص‌های سنجش کیفیت پلت و بهبود قابلیت هضم مواد مغذی و AME_n جیره پیشنهاد می‌شود.

در مقابل نتایج به‌دست آمده از مطالعه حاضر و گزارش‌های فوق، برخی از مطالعات عدم بروز اثر و یا حتی اثر منفی پلت کردن بر انرژی قابل سوخت و ساز جیره‌های بر پایه گندم را گزارش کرده‌اند (Amerah et al., 2007; Abdollahi et Svihus et al., 2004; al., 2011). نتایج یک پژوهش نشان داد که پلت نمودن جیره جوجه‌های گوشتی بر پایه گندم باعث کاهش انرژی قابل سوخت و ساز از ۱۴/۰۲ مگاژول به ۱۳/۵۶ مگاژول شد (Abdollahi et al., 2013b). نتایج آزمایش سنجش انرژی قابل سوخت و ساز حقیقی جیره‌های آردی بر پایه ذرت-کنجاله سویا کاندیشنینگ شده، پلت شده در دماهای مختلف کاندیشنینگ با اعمال فشار بخار و پلت مجدد آسیاب شده با استفاده از خروس‌های بالغ سیال تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (Cutlip et al., 2008).

دمای کاندیشنینگ بر AME_n جیره به‌طور خطی و معنی‌دار اثر گذاشت ($p < 0.05$). کاندیشنینگ در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد باعث بهبود AME_n خوراک به‌میزان ۹۶ کیلو کالری در کیلوگرم نسبت به خوراک آردی و ۷۴ کیلو کالری در کیلوگرم نسبت به خوراک پلت سرد شد. با اعمال کاندیشنینگ طی فرآیند تهیه خوراک به‌فرم فیزیکی پلت، نفوذ رطوبت به داخل ذرات خوراک پاره شدن گرانول‌های نشاسته و تخریب دیواره سلولی رخ می‌دهد. در نتیجه، باعث بهبود قابلیت هضم مواد مغذی و انرژی قابل سوخت و ساز جیره می‌شود (Svihus et al., 2005). صرف نظر از نوع غلات، پلت کردن باعث بهبود AME_n غلات به‌میزان ۰/۲۲ مگاژول در مقایسه با جیره آردی شد (Khalil et al., 2020). گزارش شده است که اعمال دمای کاندیشنر بالا (۸۵ درجه سانتی‌گراد) و مدت زمان فرآوری طولانی (۲۰ ثانیه) باعث کاهش قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین و انرژی خوراک شد (Santos et al., 2020).

در مطالعه حاضر، بالاترین مقدار انرژی قابل سوخت و ساز برای تیمار فرآوری شده در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و کمترین مقدار برای تیمار آردی به‌دست آمد. با مقایسه مقادیر انرژی قابل سوخت و

References

- Abbasi Pour, A., Kermanshahi, H., & Golian, A. (2021). Effects of conditioning time and activated sodium bentonite on pellet quality, performance, intestinal morphology, and nutrients retention in growing broilers fed wheat-soybean meal diets. *Animal Feed Science and Technology*, 277, 1149-1155. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114955>
- Abdollahi, M. R., Ravindran, V., & Svihus, B. (2013a). Influence of grain type and feed form on performance, apparent metabolisable energy and ileal digestibility of nitrogen, starch, fat, calcium and phosphorus in broiler starters. *Animal Feed Science and Technology*, 186(3-4), 193-203. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.10.015>
- Abdollahi, M. R., Ravindran, V., & Svihus, B. (2013b). Pelleting of broiler diets: An overview with emphasis on pellet quality and nutritional value. *Animal Feed Science and Technology*, 179(1-4), 1-23. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.10.011>
- Abdollahi, M. R., Ravindran, V., Wester, T., Ravindran, G., & Thomas, D. (2010a). Influence of conditioning temperature on performance, apparent metabolisable energy, ileal digestibility of starch and nitrogen and the quality of pellets, in broiler starters fed maize-and sorghum-based diets. *Animal Feed Science and Technology*,

- 162(3-4), 106-115. <https://doi:10.1016/j.anifeedsci.2010.08.017>
5. Abdollahi, M. R., Ravindran, V., Wester, T., Ravindran, G., & Thomas, D. (2010b). Influence of conditioning temperature on the performance, nutrient utilisation and digestive tract development of broilers fed on maize-and wheat-based diets. *British Poultry Science*, 51(5), 648-657. <https://doi:10.1080/00071668.2010.522557>
6. Abdollahi, M. R., Ravindran, V., Wester, T., Ravindran, G., & Thomas, D. (2011). Influence of feed form and conditioning temperature on performance, apparent metabolisable energy and ileal digestibility of starch and nitrogen in broiler starters fed wheat-based diet. *Animal Feed Science and Technology*, 168(1), 88-89. <https://doi:10.1016/j.anifeedsci.2011.03.014>
7. Abdollahi, M. R., Zaefarian, F., & Ravindran, V. (2018). Feed intake response of broilers: Impact of feed processing. *Animal Feed Science and Technology*, 237, 154-165. <https://doi:10.1016/j.anifeedsci.2013.10.015>
8. Abdollahi, M. R., Zaefarian, F., & Ravindran, V. (2019). Maximising the benefits of pelleting diets for modern broilers. *Animal Production Science*, 59(11) 2023-2028. <https://doi:10.1071/AN19254>
9. Adeola, O. (2000). Digestion and balance techniques in pigs. In: *Swine Nutrition* pp. 923-936: CRC Press.
10. Amerah, A., Ravindran, V., Lentle, R., & Thomas, D. (2007). Influence of feed particle size and feed form on the performance, energy utilization, digestive tract development, and digesta parameters of broiler starters. *Poultry Science*, 86(12), 2615-2623. <https://doi:10.3382/ps.2007-00212>
11. Attar, A., Kermanshahi, H., Golian, A., Abbasi Pour, A., & Daneshmand, A. (2019). Conditioning time and sodium bentonite affect pellet quality, growth performance, nutrient retention and intestinal morphology of growing broiler chickens. *British Poultry Science*, 60(6), 777-783. <https://doi:10.1080/00071668.2019.1663493>
12. Babouyeh, S., Shahbazi, H. R., & Moradi, S. (2021). Investigation the effect of different processes on production line energy consumption, quality and hygienic parameters of broiler chicken pellet. *Journal of Animal Environment*, 13(2), 148-158 (In Persian) <https://doi:10.22034/aej.2020.136489>
13. Behnke, K. (1996). Feed manufacturing technology: Current issues and challenges. *Animal Feed Science and Technology*, 62(1), 49-57. [https://doi:10.1016/S0377-8401\(96\)01005-X](https://doi:10.1016/S0377-8401(96)01005-X)
14. Cutlip, S., Hott, J., Buchanan, N., Rack, A., Latshaw, J., & Moritz, J. (2008). The effect of steam-conditioning practices on pellet quality and growing broiler nutritional value. *Journal of Applied Poultry Research*, 17(2), 249-261. <https://doi:10.3382/japr.2007-00081>
15. Dilger, R., & Adeola, O. (2006). Estimation of true phosphorus digestibility and endogenous phosphorus loss in growing chicks fed conventional and low-phytate soybean meals. *Poultry Science*, 85(4), 661-668. <https://doi:10.1093/ps/85.4.661>
16. Dozier, W., Behnke, K., Gehring, C., & Branton, S. (2010). Effects of feed form on growth performance and processing yields of broiler chickens during a 42-day production period. *Journal of Applied Poultry Research*, 19(3), 219-226. <https://doi:10.3382/japr.2010-00156>
17. Fayaz, N., Kermanshahi, H., & Zarghi, H. (2023). Effect of heat processing on nutrient digestibility and metabolizable energy of canola seed in broiler chicken. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 15(2), 199-210. (In Persian with English summer). <https://doi:10.22067/ijasr.2022.75836.1068>
18. Froetschner, J. (2006). Conditioning controls pellet quality. *Feed Technology*, 10, 5-12 .
19. González-Alvarado, J., Jiménez-Moreno, E., Lázaro, R., & Mateos, G. (2007). Effect of type of cereal, heat processing of the cereal, and inclusion of fiber in the diet on productive performance and digestive traits of broilers. *Poultry Science*, 86(8), 1705-1715. <https://doi:10.1093/ps/86.8.1705>
20. Goodarzi Borojeni, F., Mader, A., Knorr, F., Ruhnke, I., Röhe, I., Hafeez, A. & Zentek, J. (2014). The effects of different thermal treatments and organic acid levels on nutrient digestibility in broilers. *Poultry Science*, 93(5), 1159-1171. <https://doi:10.3382/ps.2013-03563>
21. Harjo, C., & Teeter, R. (1994). A method to quantify combustible carbon. *Poultry Science*, 73(12), 1914-1916. <https://doi:10.3382/ps.0731914>
22. Khalil, M., Abdollahi, M., Zaefarian, F., & Ravindran, V. (2021). Influence of feed form on the apparent metabolisable energy of feed ingredients for broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 271, 1147-1154. <https://doi:10.1016/j.anifeedsci.2020.114754>
23. Kirkpinar, F., & Basmacioglu, H. (2006). Effects of pelleting temperature of phytase supplemented broiler feed on tibia mineralization, calcium and phosphorus content of serum and performance. *Czech Journal of Animal Science*, 51(2), 78-84.
24. Latimer, G. (2016). *Official methods of analysis of AOAC International*. Washington: AOAC International.
25. Loar, R., Wamsley, K., Evans, A., Moritz, J., & Corzo, A. (2014). Effects of varying conditioning temperature and mixer-added fat on feed manufacturing efficiency, 28-to 42-day broiler performance, early skeletal effect, and true amino acid digestibility. *Journal of Applied Poultry Research*, 23(3), 444-455. <https://doi:10.3382/japr.2013-00930>
26. López, C., Baião, N., Lara, L., Rodriguez, N., & Cançado, S. (2007). Efeitos da forma física da ração sobre a digestibilidade dos nutrientes e desempenho de frangos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 59, 1006-1013. <https://doi:10.1590/S0102-09352007000400029>
27. Massuquetto, A., Durau, J., Schramm, V., Netto, M. T., Krabbe, E., & Maiorka, A. (2018). Influence of feed form

- and conditioning time on pellet quality, performance and ileal nutrient digestibility in broilers. *Journal of Applied Poultry Research*, 27(1), 51-58. <https://doi:10.3382/japr/pfx039>
28. McCracken, K., Preston, C., & Butler, C. (2002). Effects of wheat variety and specific weight on dietary apparent metabolisable energy concentration and performance of broiler chicks. *British Poultry Science*, 43(2), 253-260. <https://doi:10.1080/00071660120121472>
 29. Naderinejad, S., Zaefarian, F., Abdollahi, M., Hassanabadi, A., Kermanshahi, H., & Ravindran, V. (2016). Influence of feed form and particle size on performance, nutrient utilisation, and gastrointestinal tract development and morphometry in broiler starters fed maize-based diets. *Animal Feed Science and Technology*, 215, 92-104. <https://doi:10.1016/j.anifeedsci.2016.02.012>
 30. Parsons, A., Buchanan, N., Blemings, K., Wilson, M., & Moritz, J. (2006). Effect of corn particle size and pellet texture on broiler performance in the growing phase. *Journal of Applied Poultry Research*, 15(2), 245-255. <https://doi:10.1093/japr/15.2.245>
 31. Payne, J., Rattink, J., Smith, W., & Winowski, T. (2001). The Pelleting Handbook: A Guide for Production Staff in the Compound Feed Industry, 12-13.
 32. Santos, R., Bassi, L., Schramm, V., da Rocha, C., Dahlke, F., Krabbe, E., & Maiorka, A. (2020). Effect of conditioning temperature and retention time on pellet quality, ileal digestibility, and growth performance of broiler chickens. *Livestock Science*, 240, 104110. <https://doi:10.1016/j.livsci.2020.104110>
 33. SAS. (2003). SAS User's guide: Statistics. Version 9. 1st ed. Cary (NC): SAS Inst. Inc.
 34. Selle, P., Liu, S., Cai, J., & Cowieson, A. (2013). Steam-pelleting temperatures, grain variety, feed form and protease supplementation of mediumly ground, sorghum-based broiler diets: influences on growth performance, relative gizzard weights, nutrient utilisation, starch and nitrogen digestibility. *Animal Production Science*, 53(5), 378-387. <https://doi:10.1071/AN12363>
 35. Skoch, E., Behnke, K., Deyoe, C., & Binder, S. (1981). The effect of steam-conditioning rate on the pelleting process. *Animal Feed Science and Technology*, 6(1), 83-90. [https://doi:10.1016/0377-8401\(81\)90033-X](https://doi:10.1016/0377-8401(81)90033-X)
 36. Svihus, B., Kløvstad, K., Perez, V., Zimonja, O., Sahlström, S., Schüller, R., & Prestløkken, E. (2004). Physical and nutritional effects of pelleting of broiler chicken diets made from wheat ground to different coarsenesses by the use of roller mill and hammer mill. *Animal Feed Science and Technology*, 117(3-4), 281-293. <https://doi:10.1016/j.anifeedsci.2004.08.009>
 37. Svihus, B., Uhlen, A., & Harstad, O. (2005). Effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 122(3-4), 303-320. <https://doi:10.1016/j.anifeedsci.2005.02.025>
 38. Teixeira, N., Massuquetto, A., Krabbe, E., Surek, D., Oliveira, S., & Maiorka, A. (2019). Effect of conditioning temperature on pellet quality, diet digestibility, and broiler performance. *Journal of Applied Poultry Research*, 28(4), 963-973. <https://doi:10.3382/japr/pfz056>
 39. Teymouri, M., & Hassanabadi, A. (2021). Influence of corn conditioning temperature and enzyme supplementation on growth performance, nutrient utilisation and intestine morphology of broilers fed mash corn-soy diets. *Italian Journal of Animal Science*, 20(1), 1015-1028. <https://doi:10.1080/1828051X.2021.1943015>
 40. Toghyani, M., Rodgers, N., Iji, P., & Swick, R. (2015). Standardized ileal amino acid digestibility of expeller-extracted canola meal subjected to different processing conditions for starter and grower broiler chickens. *Poultry Science*, 94(5), 992-1002. <https://doi:10.3382/ps/pev047>
 41. Wang, T., Huang, Y., Yao, W., He, Q., Shao, Y., Li, H., & Huang, F. (2019). Effect of conditioning temperature on pelleting characteristics, nutrient digestibility and gut microbiota of sorghum-based diets for growing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 254, 114227. <https://doi:10.1016/j.anifeedsci.2019.114227>
 42. Zang, J., Piao, X., Huang, D., Wang, J., Ma, X., & Ma, Y. (2009). Effects of feed particle size and feed form on growth performance, nutrient metabolizability and intestinal morphology in broiler chickens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 22(1), 107-112. <https://doi:10.5713/ajas.2009.80352>
 43. Zarghi, H., Golian, A., Kermanshahi, H., & Aghel, H. (2011). Effect of enzyme supplementation on metabolisable energy of corn, wheat and triticale grains in broiler chickens using total excreta collection or marker methods. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 3(2), 105-112 (In Persian with English summer). <https://doi:10.22067/IJASR.V3I2.11009>
 44. Zelenka, J. (2003). Effect of pelleting on digestibility and metabolizable energy of poultry diets. In Proc. Eur. Symp. Poult. Nutr., Lillehammer. Lillehammer, Norway: World. Poult. Sci. Assoc. 127-128.



Investigating the Effect of *Solanum lycopersicum* L. (Tomato) Pomace on Growth Performance and some Blood Indices of Broiler Chickens by Meta-Analysis Method

Zahra Sahragard¹, Seyyed Javad Hosseini-Vashan^{2*}, Hossein Naimipour-Younesi³, Seyyed Homayon Farhangfar⁴

1, 2, 3 and 4- M.Sc. Student, Associate Professor, Assistant Professor and Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agricultural, University of Birjand, Birjand, Iran, respectively.

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

Received: 05-01-2024

Revised: 16-02-2024

Accepted: 02-03-2024

Available Online: 29-01-2025

How to cite this article:

Sahragard, Z., Hosseini-Vashan, S. J., Naimipour-Younesi, H., & Farhangfar, S. H. (2025). Investigating the effect of tomato pomace on growth performance and some blood indices of broiler chickens by meta-analysis method. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 16(4), 487-499. (in Persian with English abstract).
<http://doi.org/10.22067/ijasr.2024.86068.1187>

Introduction: Tomato is a valuable vegetable that is rich in vitamins such as vitamin A, E, C, B and K, and also some of minerals such as phosphorus, iron, calcium, which are important for metabolic activities. Tomato pomace is a byproduct that produce in the tomato paste production. The composition of tomato pomace in terms of percentage of crude protein, crude fat, lycopene, beta-carotene, ascorbic acid, alpha-tocopherol, lycopene and beta-carotene are: 11%, 4.5%, 0.8 mg, 13. 0 mg, 1.73 mg, 0.07 mg and 281 and 24.3 mg per kg of dry matter respectively. The antioxidant capacity of tomato pomace is related to the substances in it, especially lycopene, which reduces the effect of reactive oxygen species and the destructive effects of these compounds on the cell membrane and mitochondrial structure. Tomato pomace has a high fiber content, which may have undesirable effects on broiler performance. This meta-analysis is a systematic review based on previous studies. The aim of this meta-analysis was to examine the effects of tomato pomace on growth performance and selected blood indices in broiler chickens.

Material and Methods: In order to collect the required information, a comprehensive search was conducted among articles and thesis through Persian and Latin databases using keywords, tomato pomace, carcass efficiency, cholesterol, heterogeneity test. Studies (available data) in the field of using tomato pomace in Farsi and English were collected and categorized. The search was done in various databases, including PubMed, ISI Web of Science, Irandoc, etc. In the next step, the most frequently reported data from the reviewed articles that aligned with the research objectives were selected. The study area was refined by identifying the influencing factors and attributes relevant to the meta-analysis. The data were then coded, and after an initial review and removal of duplicates, a total of 12 studies were included in this meta-analysis. Among these, 9 comparisons were conducted for feed conversion ratio, 10 for feed consumption and body weight gain, and 4 for carcass characteristics and efficiency. Additionally, comparisons were made for the percentages of heart and liver, blood lipid levels, blood glucose levels, and total protein concentrations. Then the statistical analysis of the data was done in the CMI (CMA) software. Both fixed and random effects models were used to combine the effect size. To evaluate the publication basis, funnel plot and statistical tests on Tomato pomace were used.

Results and Discussion: The abdominal fat percentage (-0.354 ± 1.44), heart percentage (-0.353 ± 0.294),



©2023 The author(s). 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/), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

<http://doi.org/10.22067/ijasr.2024.86068.1187>

pancreas percentage (-0.504 ± 0.316), gall bladder percentage (-0.027 ± 0.961), glucose (-0.091 ± 0.331), LDL (-1.942 ± 0.644), total protein (-1.505 ± 0.003), cholesterol concentration (-0.290 ± 0.04), feed intake in starter (0.072 ± 0.531) were lowered when tomato pomace were added to the broiler diet. The effect of inclusion of tomato pomace on weight gain during the growth period, feed intake in all periods and FCR in the starter, grower, and finisher period, the blood concentration of triglyceride, glucose, and the percentage of abdominal fat, liver, heart, pancreas and gall bladder, also breast was not significantly affected by tomato pomace. Some researcher also reported that inclusion of tomato pomace to broiler diet did not effect on broiler performance however in the high levels of tomato pomace in broiler diet observed undesirable effects. Tomato pomace has some bioactive components such as alpha-tocopherol, lycopene, phenolic, organic acids, essential fatty acids, amino acid and vitamins. However, there is a higher concentration of crude fiber in tomato pomace.

Conclusion: Therefore, the findings of the present study show that application of tomato pomace has a significant effect on weight gain in the starter, total and finisher periods, FCR in the total and finisher period, total protein, cholesterol, HDL, LDL concentration. It is recommended that tomato pomace can be replaced the part to broiler diet.

Keywords: Cholesterol, Growth performance, Heterogeneity test, Meta-analysis, Tomato

بررسی اثر تفاله گوجه‌فرنگی بر عملکرد رشد و برخی شاخص‌های خونی جوجه‌های گوشتی به روش فراتحلیل

زهرا صحراگرد^۱، سید جواد حسینی واشان^{۲*}، حسین نعیمی پور یونسی^۳، سید همایون فرهنگ‌فر^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۱۲

چکیده

هدف از انجام این پژوهش، بررسی اثر تفاله گوجه‌فرنگی بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی و برخی از شاخص‌های خونی به روش فراتحلیل بود. از ۱۲ مطالعه وارد شده در فراتحلیل، نه مقایسه برای ضریب تبدیل خوراک، ۱۰ مقایسه برای خوراک مصرفی و افزایش وزن بدن، چهار مقایسه برای راندمان لاشه و درصد چربی بطنی، سه مقایسه برای وزن نسبی سینه، پانکراس، کیسه صفرا، قلب، کبد، غلظت شاخص‌های خونی گلوکز، پروتئین تام، کلسترول، HDL، LDL، تری گلیسرید، استفاده شدند. از هر دو مدل، اثرات ثابت و تصادفی برای ترکیب اندازه اثر (شاخص $g\ Hedges's$) استفاده شد. برای بررسی میزان سوگیری انتشار، نمودار کیفی و آزمون‌های آماری مورد استفاده قرار گرفتند. اثر افزودن تفاله گوجه‌فرنگی بر افزایش وزن در دوره رشد، مصرف خوراک در تمامی دوره‌ها، ضریب تبدیل در دوره‌های آغازین، و رشد، غلظت تری گلیسرید، گلوکز خون، وزن نسبی گوشت سینه، چربی لاشه، کبد، قلب، پانکراس، درصد کیسه صفرا و درصد سینه اثر نداشت ($P < 0.05$). استفاده از تفاله گوجه‌فرنگی بر افزایش وزن در دوره‌های آغازین، پایانی و کل دوره، ضریب تبدیل خوراک در دوره پایانی و کل دوره، و غلظت پروتئین تام، کلسترول، HDL، و LDL خون اثر داشت ($P < 0.05$). بر اساس نتایج به دست آمده از مطالعه حاضر می‌توان از تفاله گوجه‌فرنگی در جیره، بدون اثر منفی بر صفات تولیدی جوجه گوشتی استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: آزمون ناهمگنی، تفاله گوجه‌فرنگی، عملکرد رشد، فراتحلیل، کلسترول

مقدمه

شود، اما به دلیل داشتن فیبر بالا به مقدار محدودی می‌توان از آن در جیره جوجه‌های گوشتی استفاده کرد. تفاله گوجه‌فرنگی مخلوطی از دانه، پوست، گوشت و الیاف است که بعد از فرآوری گوجه‌فرنگی در کارخانجات تولید رب، سس گوجه‌فرنگی و پوره آن تولید می‌شود (Al-Betawi et al., 2005). باتوجه به برآوردهای انجام شده، حدود ۱۸۰/۵ میلیون تن گوجه‌فرنگی در جهان تولید می‌شود (FAO, 2021).

گوجه‌فرنگی از پرمصرف‌ترین سبزیجات در سراسر جهان است که در بسیاری از ملل مختلف به عنوان یک سبزی مورد علاقه در نظر گرفته می‌شود (Serio, 2012). از نظر ترکیبات غذایی، گوجه‌فرنگی دارای ۹۵ درصد رطوبت، سه درصد کربوهیدرات، ۱/۲ درصد پروتئین و یک درصد باقی‌مانده شامل کلسیم، منیزیم، فسفر، پتاسیم، سدیم، روی، منگنز و ویتامین‌هایی نظیر ویتامین C، A، تیامین، ریبوفلاوین، نیاسین، پانتوتیک اسید و پیریدوکسین فسفات است (Melfi et al., 2018; Perveen et al., 2015).

ترکیب تفاله گوجه‌فرنگی از نظر درصد پروتئین خام، چربی خام،

امنیت غذایی و تأمین مواد غذایی مورد نیاز جمعیت بشری در حال افزایش است و به یکی از مهم‌ترین مسائل جوامع جهانی تبدیل شده است. این جمعیت زیاد بعد از اکسیژن، نیاز به غذا و به‌ویژه تأمین منابع پروتئین خوراکی دارند (Rahmatnejad et al., 2009). از مهم‌ترین محدودیت‌ها برای پرورش جوجه گوشتی در دسترس بودن خوراک به‌ویژه منابع پروتئینی و هزینه بالای آن است. تغذیه ۶۰ تا ۷۰ درصد کل هزینه پرورش جوجه گوشتی را شامل می‌شود (Sukaryan et al., 2013).

تفاله گوجه‌فرنگی، محصول فرعی تولیدی صنایع غذایی است که به مقدار زیادی در کارخانجات فرآوری مواد غذایی در ایران تولید می-

۱، ۲، ۳ و ۴- بترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار، استادیار و استاد گروه

علوم دامی، دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
(Email: jhosseiniv@birjand.ac.ir؛ نویسنده مسئول)

<http://doi.org/10.22067/ijasr.2024.86068.1187>

فرا تحلیل (متاآنالیز) نوعی مرور سیستماتیک برای پژوهش‌های کمی و مبتنی بر اصول آماری و ریاضی است. استفاده از نتایج حاصل از مطالعاتی که موضوع یکسانی دارند در مقایسه با اطلاعاتی که از پژوهش‌های انفرادی به دست می‌آید، امکان دسترسی به برآورد دقیق‌تری را مهیا می‌کند (Smith, 1996). به کمک دانش آمار می‌توان بعضی از خطاهای پژوهش را مانند سلیقه شخصی و اریبی انتشار یافته‌های نامعتبر را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد و به یک جمع‌بندی معتبر، با دقت و شفافیت بالاتری رسید. این گونه مطالعات را می‌توان به دو صورت: ۱) فرا تحلیل بر اساس داده‌های انفرادی (۲) فرا تحلیل بر اساس مدل، مورد بررسی قرار داد (Debray et al., 2013). با استفاده از فرا تحلیل می‌توان نتیجه پژوهش‌ها را ترکیب کرده و رابطه جدیدی میان پدیده‌ها شناسایی نمود (Glass, 1976). برای تجزیه و تحلیل داده‌ها در روش فرا تحلیل از مطالعات قبلی استفاده می‌شود که این کار نتایج حاصل از تحلیل را قابل فهم‌تر می‌کند (Mariano et al., 2008; Sauvante et al., 2013). در فرا تحلیل، جمع‌آوری داده‌ها از مطالعات متعدد سبب می‌شود، دامنه تغییرات و احتمالات کمتر شده و در نتیجه، اهمیت یافته‌های آماری افزایش پیدا می‌کند. (Moher et al., 2009; Golden and Bass, 2013) بهترین فرا تحلیل در زمان استفاده از پژوهش‌های با اهداف اولیه مشابه به دست می‌آید. هدف فرا تحلیل آن است که با یک یا چند تجزیه آماری مطالعات کوچک‌تر، بتوان از داده‌های موجود، اطلاعات قابل اعتمادتری به دست آورد (Matthews et al., 2012). هدف از تحقیق حاضر، ارزیابی اثرات استفاده از تفاله گوجه‌فرنگی بر عملکرد رشد و شاخص‌های خونی جوجه گوشتی به روش فرا تحلیل بود.

مواد و روش‌ها

به منظور جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز، جستجوی جامع در بین مقالات و پایان نامه‌ها از طریق پایگاه‌های اطلاعاتی فارسی و لاتین با استفاده از کلمات کلیدی، تفاله گوجه‌فرنگی، راندمان لاشه، کلسترول، آزمون ناهمگنی انجام شد. تعداد ۱۳ مطالعه (داده‌های در دسترس) در زمینه استفاده از تفاله گوجه‌فرنگی به زبان فارسی و انگلیسی جمع‌آوری و دسته‌بندی گردید. جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی، مختلف شامل Pubmed، ISI Web of Science (پنج مطالعه)، ایرانداک (هشت مطالعه) و غیره انجام شد. در مرحله بعد، داده‌هایی که بیشترین تکرار در اکثر مقالات را داشتند و اهداف پژوهش را برآورده کردند، انتخاب و حوزه مورد مطالعه با تعیین عوامل و صفات اثرگذار در فرا تحلیل انتخاب و محدود شد. سپس یک طرح کدگذاری که در برگرفته مشخصات مورد نیاز مطالعات مختلف است، تهیه شد و داده‌های به دست آمده در نرم‌افزار Excel ثبت شده و پس از بررسی اولیه و حذف داده‌های تکراری، تجزیه آماری داده‌ها در

لیکوپن، بتاکاروتن، اسید اسکوربیک، آلفاتوکوفرول (Sahin et al., 2008) لیکوپن و بتاکاروتن به ترتیب ۱۱ درصد، ۴/۵ درصد، ۰/۸ میلی گرم، ۰/۱۳ میلی گرم، ۱/۷۳ میلی گرم، ۰/۰۷ میلی گرم، به ازای هر گرم تفاله و ۲۸۱ و ۲۴/۳ میلی گرم بر کیلوگرم ماده خشک و ترکیبات فنولیک است (Rezaei pour et al., 2009). ترکیبات پلی فنولیک و کارتنوئیدها علاوه بر ارزش غذایی خوب و فعالیت ارتقاءدهنده سلامت، به فعالیت‌های حسی مانند عطر، طعم و بافت خوب نیز کمک می‌کنند (Tohge and Fernie, 2015).

تفاله گوجه‌فرنگی سبب افزایش فعالیت کاتالاز و پراکسیداز می‌شود و میزان رادیکال‌های آزاد و پراکسیداسیون لیپید را کاهش می‌دهد. قدرت پاداکسندگی تفاله گوجه‌فرنگی با مواد موجود در آن به ویژه لیکوپن در ارتباط است که اثر گونه‌های اکسیژن فعال و اثرات مخرب این ترکیبات را بر غشاء سلول و ساختار میتوکندری کاهش می‌دهد (Selcuk et al., 2013). ضایعاتی که از فرآوری گوجه‌فرنگی به دست می‌آید، ترکیباتی لیگنوسولوزی هستند که عوارض زیست محیطی به همراه دارند. تفاله خشک گوجه‌فرنگی نشاسته ندارد، اما حدود ۲۵ تا ۷۰ درصد الیاف خام دارد (Marcos et al., 2006). در گوجه‌فرنگی بسیاری از ویتامین‌ها مانند A، B، C، E و K وجود دارد و سرشار از مواد معدنی مانند فسفر، آهن و کلسیم می‌باشد که برای فعالیت‌های سوخت‌وسازی اهمیت دارند (Rezaei pour et al., 2009; Sahin et al., 2008).

مطالعات پیشین نشان می‌دهد که استفاده از تفاله گوجه‌فرنگی تا سطح پنج درصد، اثری بر صفات عملکرد رشد شامل مصرف خوراک، ضریب تبدیل خوراک، افزایش وزن، راندمان مصرف انرژی و پروتئین و شاخص تولید نداشت و باعث بهبود صفات کیفی و شاخص‌های پاداکسندگی خون جوجه‌های گوشتی و پاسخ ایمنی گردید (Hosseini-Vashan et al., 2014). در مطالعه دیگری روی تفاله گوجه‌فرنگی گزارش شد که استفاده از سطوح بالاتر از پنج درصد، باعث کاهش میزان وزن بدن و افزایش ضریب تبدیل خوراک گردید. هر چند سطوح بالاتر از پنج درصد تفاله گوجه‌فرنگی باعث کاهش کلسترول، LDL^۱ خون و افزایش HDL^۲ و پاسخ ایمنی جوجه گوشتی گردید (Rajabzadeh Nasvan et al., 2019). در سایر پژوهش‌ها نیز کاهش عملکرد رشد شامل کاهش وزن بدن، افزایش مصرف خوراک و ضریب تبدیل خوراک جوجه گوشتی در زمان تغذیه با سطح بالاتر از پنج درصد تفاله گوجه‌فرنگی گزارش شده است (Al-Betawi et al., 2005). در تعدادی از مطالعات نیز، عدم اثرگذاری تفاله گوجه‌فرنگی بر عملکرد رشد جوجه گوشتی گزارش شده است (Ghazi and Derkhshan, 2012; Ayhan and Aktan, 2004).

1-Low density lipoprotein
2-High density lipoprotein

نرم‌افزار سی‌ام‌آی (CMA^۱) (Borenstein et al., 2005) انجام شد.

محاسبه اندازه اثر

اندازه اثر نشان‌دهنده حضور پدیده در جامعه است، همچنین نشان‌دهنده غلط بودن فرضیه صفر می‌باشد. فرضیه صفر اندازه اثر صفر است. در این مطالعه، از شاخص Hedges's g برای محاسبه اندازه اثر استفاده شد.

$$g = \frac{Xs - Xn}{sp} \quad \text{معادله (۱)}$$

که در آن، Xs : میانگین گروه آزمایشی، Xn : میانگین گروه شاهد، sp : انحراف معیار آمیخته و z : ضریب تصحیح برای دو گروه می‌باشد. در تحقیقاتی که انحراف معیار برای دو گروه شاهد و آزمایشی به‌طور جداگانه است از معادله ۲ و در تحقیقاتی که SEM را دارا باشد از معادله ۳ برای محاسبه انحراف معیار استفاده می‌کنند (Borenstein et al., 2005).

$$Sp = \sqrt{\frac{(ns-1)sds2 + (nN-1)SDN2}{ns + nN - 2}} \quad \text{معادله (۲)}$$

که در آن، ns : تعداد واحد آزمایشی دو گروه آزمایشی، nN : تعداد واحد آزمایشی دو گروه شاهد و SDs : انحراف معیار گروه شاهد می‌باشد (Borenstein et al., 2005).

$$Sp = SEM * \sqrt{np} \quad \text{معادله (۳)}$$

که در آن، SEM : اشتباه معیار میانگین مربوط به همه گروه‌ها و NP : مجموع تعداد واحد آزمایشی دو گروه شاهد و آزمایشی است (Borenstein et al., 2005).

$$J = 1 - \frac{3}{4(ns + nN - 2) - 1} \quad \text{معادله (۴)}$$

که در آن، ns : تعداد واحد آزمایشی در گروه آزمایش و nN : تعداد واحد آزمایشی در گروه شاهد است (Borenstein et al., 2005).

وزن دهی داده‌ها

تحقیقات با استفاده از تعیین میزان اثر هر تحقیق با استفاده از شاخص کیفیت مطالعه اعم از واریانس کوچک‌تر و تکرار بیشتر با استفاده از معادله ۵ وزن دهی می‌شود.

$$Wi = \frac{1}{\text{vari}} \quad \text{معادله (۵)}$$

که در آن، $VARi$: واریانس تحقیق و Wi : وزن تحقیق مورد نظر است (Borenstein et al., 2005).

$$I^2 = \frac{Q - (k-1)}{o} * 1000\% \quad \text{معادله (۶)}$$

که در آن، Q : آماره ناهمگنی و K : تعداد آزمایش‌ها است.

آزمون ناهمگنی

با استفاده از آزمون آماره Q می‌توان تغییرات اندازه اثر مطالعات را بررسی کرد. مقادیری که Q بالا دارند، حاکی از ناهمگنی مطالعات می‌باشند. چون این آزمون حساسیت پایینی دارد، می‌توان از آزمون I^2 هم در تشخیص ناهمگنی استفاده کرد. در معادله ۵، بالا بودن مقدار I^2 نشان‌دهنده ناهمگنی است. مقادیر ۲۵-۵۰-۷۵ درصد به‌عنوان ناهمگنی پایین، متوسط و بالا تفسیر می‌شود (Borenstein et al., 2005).

اریبی انتشار

برای بررسی اریبی انتشار، از نمودار قیفی استفاده می‌شود که به کمک آن می‌توان خطای انتشار را تشخیص داد. در مطالعاتی که اندازه نمونه کوچک است، اریبی انتشار به‌طور گسترده در پایین نمودار پراکنده می‌شود، اما در نمونه بزرگ‌تر در سمت بالای نمودار و نزدیک به میانگین اثر است. در صورتی که هیچ‌گونه خطایی وجود نداشته باشد، نمودار شبیه قیف برعکس است و در صورت وجود خطا به‌صورت نامتقارن شکل می‌گیرد (Borenstein et al., 2005).

نتایج و بحث

نتایج مربوط به افزایش وزن، مصرف خوراک و ضریب تبدیل خوراک در چهار دوره آغازین، رشد، پایانی و کل در جدول ۲ ارائه شده است. افزودن تفاله گوجه‌فرنگی اثر معنی‌داری بر افزایش وزن در دوره آغازین، پایانی و افزایش وزن کل دوره داشت ($P < 0.05$). همچنین افزودن تفاله گوجه‌فرنگی اثر معنی‌داری بر مصرف خوراک در دوره آغازین، رشد، پایانی و کل نداشت. افزودن تفاله گوجه‌فرنگی اثر معنی‌داری بر ضریب تبدیل خوراک در دوره کل و پایانی داشت ($P < 0.05$). نتایج مشابهی در زمینه عدم اثرپذیری در افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با تفاله گوجه‌فرنگی گزارش شده است.

(Hosseini-Vashan et al., 2014; Rao et al., 2018; SadeghiMojarad et al., 2008)

در مواردی که شاخص اندازه اثر منفی و دارای مقدار P -value معنی‌دار است، نشان می‌دهد که افزایش سطح تفاله گوجه‌فرنگی در جیره باعث کاهش آن شاخص در عملکرد جوجه گوشتی شده است و در مواردی که اندازه اثر فاقد علامت است، یعنی رابطه مثبت وجود دارد.

به نظر می‌رسد که افزایش وزن در دوره‌های آغازین، پایانی و کل دوره و کاهش ضریب تبدیل خوراک در دوره‌های پایانی و کل دوره در اثر افزودن تفاله گوجه‌فرنگی به‌علت وجود ویتامین E و آلفا، بتا، گاما و دلتا توکوفرول در تفاله گوجه‌فرنگی باشد که سبب بهبود فعالیت‌های گوارشی در نتیجه افزایش وزن در جوجه گوشتی شده است.

جدول ۱- خلاصه‌ای از مقالات استفاده شده برای متاآنالیز تفاله گوجه‌فرنگی

Table 1- Summary of articles used for meta-analysis of tomato pomace

صفات مورد مطالعه Studied traits	جنس Sex	تعداد تکرار Repetition number	تعداد پرنده Bird number	سطوح تفاله گوجه Tomato pomace levels	پژوهشگران Researchers
ماده خشک، پروتئین خام، خاکستر، چربی خام، کلسیم فسفر، کل الیاف خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی، انرژی خام. Dry matter, crude protein, ash, crude fat, calcium, phosphors, crude fiber, NDF ADF, gross energy انرژی قابل سوخت و ساز، مصرف خوراک، اضافه وزن، ضریب تبدیل غذایی، راندمان انرژی و پروتئین، اجزاء لاشه ME, FI, WG, FCR, energy and protein efficiency, carcass components	مخلوط Mixed	6	180	5%-10%-15%-20%	رضائی پور و همکاران (۱۳۸۷) Rezaeipour <i>et al.</i> , 2009
خوراک مصرفی، افزایش وزن FI, WG	مخلوط Mixed	4	480	2%-4%-6%-8%	صفامهر و همکاران (۱۳۸۹) Safamehr <i>et al.</i> , 2010
مصرف خوراک، افزایش وزن، ضریب تبدیل خوراک، گلوکز، کلسترول، تری گلسرید، لیپوپروتئین FI, WG, FCR, glucose, cholesterol, triglyceride, lipoprotein راندمان مصرف انرژی و پروتئین، افزایش وزن، ضریب تبدیل خوراک، مصرف خوراک Efficiency of energy and protein consumption, WG, FCR, FI	مخلوط Mixed	3	324	5%-10%	رجب زاده و همکاران (۱۳۹۸) Rajabzadeh <i>et al.</i> , 2019
افزایش وزن، مصرف خوراک، لاشه توخالی سینه، ران، قلب، کبد، صفراء WG, FI, Breast, Thigh, Heart, Liver, Gallbladder	مخلوط Mixed	4	792	3%-5%	حسینی و اشان و همکاران (۱۳۹۳) Hosseini-Vashan <i>et al.</i> , 2014
پروتئین تام، آلبومین، کلسترول، تری گلسرید، LDL, HDL, TP, albumin, triglyceride	مخلوط Mixed	4	396	5%-10%	حسینی و اشان و همکاران (۱۳۹۲) Hosseini-Vashan <i>et al.</i> , 2013
افزایش وزن، مصرف خوراک، ضریب تبدیل خوراک WG, FI, FCR	مخلوط Mixed	4	۱۲۸	8%-16%	رحمتی نژاد و همکاران (۲۰۰۹) Rahmatnejad <i>et al.</i> , 2009
مصرف خوراک، افزایش وزن، ضریب تبدیل خوراک، اجزاء لاشه (کبد، روده، پانکراس، قلب، طحال، بورس، چربی بطنی، کلسترول، تری گلسرید HDL, LDL, FI, WG, FCR, liver, intestine, pancreas, heart, spleen, bursa, abdominal fat, triglyceride, HDL, LDL	مخلوط Mixed	4	128	8%-16%	رحمتی نژاد و همکاران (۲۰۱۱) Rahmatnejad <i>et al.</i> , 2009
افزایش وزن، مصرف خوراک، ضریب تبدیل خوراک WG, FI, FCR	مخلوط Mixed	4	80	5%-10%	لطفی و همکاران (۱۴۰۰) Lotfi <i>et al.</i> , 2021
افزایش وزن، مصرف خوراک، ضریب تبدیل خوراک WG, FI, FCR	مخلوط Mixed	6	96	5%-10%-15%	آیهان و آکتان (۲۰۰۴) Ayhan and Aktan, 2004
افزایش وزن، مصرف خوراک، ضریب تبدیل خوراک WG, FI, FCR	مخلوط Mixed	4	480	2%-4%-6%-8%	شمس برهان و صفامهر (۲۰۱۲) Shams Borhan and Safamehr 2012
افزایش وزن، مصرف خوراک، ضریب تبدیل خوراک WG, FI, FCR	مخلوط Mixed	4	128	5%-10%-15%	قاضی و درخشان (۲۰۱۲) Ghazi and Derakhshan, 2012

شد. کاویتا و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که افزایش در سطح تفاله گوجه‌فرنگی باعث کاهش وزن جوجه‌های گوشتی شد

همچنین به علت وجود فیبر بالایی که در تفاله گوجه‌فرنگی وجود دارد باعث افزایش ضریب تبدیل خوراک در سطوح بالا (۲۰ درصد)

(Kavitha et al., 2004). محققین دیگری نیز گزارش کردند که استفاده از تفاله گوجه‌فرنگی بیش از پنج درصد باعث کاهش وزن جوجه‌های گوشتی شد، علت این کاهش وزن پلی ساکاریدهای غیر

جدول ۲- برآورد اندازه اثر تفاله گوجه‌فرنگی بر شاخص‌های عملکردی رشد

Table 2- Estimation of the effect size of tomato pomace on growth performance indicators

متغیر Variable	شاخص هدج Hedges's g *	انحراف معیار SE	سطح معنی داری P-value	Q **	I ²	P- سطح معنی داری value****
افزایش وزن (آغازین گرم) Body weight gain (starter gram)	0.855			16.386		
ثابت Fixed		0.195	0.000		38.97	0.089
تصادفی Random		0.251	0.000			
افزایش وزن (رشد گرم) Body weight gain (grower, gram)	0.336			7.919	11.605	0.340
ثابت Fixed		0.209	0.107			
تصادفی Random		0.223	0.118			
افزایش وزن (پایانی، گرم) Body weight gain (finisher, gram)	0.607			50.042	58.035	0.000
ثابت Fixed		0.137	0.000			
تصادفی Random		0.214	0.001			
افزایش وزن (کل، گرم) Body weight gain (total, gram)	0.993			12.625	0.361	0.361
ثابت Fixed		0.174	0.000			
تصادفی Random		0.174	0.000			
مصرف خوراک (آغازین، گرم) Feed intake (starter, gram)	-0.072			27.319	59.735	0.004
ثابت Fixed		0.183	0.693			
تصادفی Random		0.292	0.531			
مصرف خوراک (رشد، گرم) Feed intake (grower, gram)	0.197			11.208	1.859	0.426
ثابت Fixed		0.170	0.539			
تصادفی Random		0.221	0.791			
مصرف خوراک (پایانی، گرم) Feed intake (finisher, gram)	0.105			26.756	40.201	0.044

ثابت		0.170	0.539		
Fixed					
تصادفی		0.221	0.791		
Random					
مصرف خوراک (کل، گرم)	0.045		36.947	51.281	0.005
Feed intake (total, gram)					
ثابت		0.154	0.722		
Fixed					
تصادفی		0.223	0.625		
Random					
ضریب تبدیل خوراک (آغازین)	0.228		0.771	0.000	0.999
Feed conversion ratio (starter)					
ثابت		0.196	0.245		
Fixed					
تصادفی		0.196	0.245		
Random					
ضریب تبدیل خوراک (رشد)	0.256		10.672	25.036	0.221
Feed conversion ratio (grower)					
ثابت		0.198	0.196		
Fixed					
تصادفی		0.229	0.251		
Random					
ضریب تبدیل خوراک (پایانی)	0.349		16.463	2.815	0.421
Feed conversion ratio (finisher)					
ثابت		0.149	0.016		
Fixed					
تصادفی		0.151	0.016		
Random					
ضریب تبدیل خوراک (کل)	1.396		31.904	68.656	0.000
Feed conversion ratio (total)					
ثابت		0.235	0.000		
Fixed					
تصادفی		0.462	0.000		
Random					

* اندازه اثرهای منفی نشان دهنده اثر کاهش دهنده و اندازه اثرهای مثبت نشان دهنده اثر افزایش دهنده تفاله گوجه فرنگی بر متغیرهای مورد نظر است.

** آزمون کوکران، آزمون ناهمگنی مقدار بالای Q و مقدار پایین P-value حاکی از ناهمگنی مطالعات است.

*** آزمون ناهمگنی I^2 اگر مقادیر I^2 برابر با ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد باشد به ترتیب به عنوان ناهمگنی پایین، متوسط و بالا تعیین و تفسیر می شود.

**** P-value مربوط به آزمون کوکران Q می باشد.

The size of the negative effects indicates the reducing effect and the size of the positive effects indicates the increasing effect of tomato pomace on the desired indices.

** Cochran's test, heterogeneity test, high Q value and low P-value indicate the heterogeneity of studies.

*** The I^2 heterogeneity test, if the I^2 values are equal to 25, 50, and 75%, it is interpreted as low, medium, and high heterogeneity, respectively.

**** p-value is based on Cochran's Q test.

جدول ۳- برآورد اندازه اثر تفاله گوجه‌فرنگی بر شاخص‌های بیوشیمیایی خون
Table 3- Estimation of the effect of tomato pomace on blood biochemical indices

متغیر Variable	شاخص هدج Hedges's g *	انحراف معیار SE	سطح معنی داری P-value	Q **	I ²	سطح معنی داری P-value****
گلوکز (mg/dl) Glucose(mg/dl)	-0.091			1.240	152.23	0.743
ثابت Fixed		0.331	0.784			
تصادفی Random		0.331	0.784			
لیپوپروتئین با چگالی بالا (mg/dl) High Density Lipoprotein	2.715			22.975	69.533	0.002
(HDL) و (mg/dl)						
ثابت Fixed		0.329	0			
تصادفی Random		0.644	0			
لیپوپروتئین با چگالی پایین (mg/dl) Low Density Lipoprotein	-1.942			68.521	91.244	0.00
(LDL, (mg/dl)						
ثابت Fixed		0.596	0.001			
تصادفی Random		4.838	0.00			
تری گلیسرید (mg/dl) Triglyceride(mg/dl)	0.382			48.744	85.639	0.000
ثابت Fixed		0.313	0.222			
تصادفی Random		1.172	0.121			
پروتئین تام (mg/dl) Total protein (mg/dl)	-1.505			0.180	0.00	0.672
ثابت Fixed		0.511	0.003			
تصادفی Random		0.511	0.003			
کلسترول (mg/dl) Cholesterol (mg/dl)	-0.290			54.787	97.223	0.000
ثابت Fixed		0.327	0.375			
تصادفی Random		0.264	0.04			

اندازه اثرهای منفی نشان‌دهنده اثرکاهنده و اندازه اثرهای مثبت نشان‌دهنده اثرافزاینده تفاله گوجه‌فرنگی بر فراسنجه‌های مورد نظر است.
** آزمون کوکران، آزمون ناهمگنی مقدار بالای Q و مقدار پایین P-value حاکی از ناهمگنی مطالعات است.
*** آزمون ناهمگنی I² اگر مقادیر I² با ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد باشد به ترتیب به عنوان ناهمگنی پایین، متوسط و بالا تعیین و تفسیر می‌شود.
**** P-value مربوط به آزمون کوکران Q می‌باشد.

The size of the negative effects indicates the reducing effect and the size of the positive effects indicates the increasing effect of tomato pomace on the desired indices.

** Cochran's test, heterogeneity test, high Q value and low P-value indicate the heterogeneity of studies.

*** The I² heterogeneity test, if the I² values are equal to 25, 50, and 75%, it is interpreted as low, medium, and high heterogeneity, respectively.

**** p-value is based on Cochran's Q test.

جدول ۴- برآورد اندازه اثر تفاله گوجه‌فرنگی بر اجزاء لاشه

Table 4- Estimation of the effect of tomato pomace on carcass components

متغیر Variable	شاخص هدج Hedges's g *	انحراف معیار SE	سطح معنی داری P-value	Q **	I ²	سطح معنی داری P-value****
چربی لاشه (%) Carcass fat (%)	-0.354			48.194	87.550	0
ثابت Fixed		0.311	0.256			
تصادفی Random		1.144	0.789			
قلب (%) Heart(%)	-0.0353			1.319	0	0.933
ثابت Fixed		0.294	0.169			
تصادفی Random		0.294	0.169			
کبد (%) Liver(%)	0.275			1.39	0	0.933
ثابت Fixed		0.294	0.166			
تصادفی Random		0.294	0.166			
لاشه (%) Carcass(%)	0.102			4.907	0	0.556
ثابت Fixed		0.238	0.688			
تصادفی Random		0.238	0.688			
پانکراس (%) Pancreas(%)	-0.504			1.205	0	0.795
ثابت Fixed		0.316	0.111			
تصادفی Random		0.316	0.111			
صفرا (%) Gallbladder(%)	-0.027			16.414	81.722	0.002
ثابت Fixed		0.357	0.941			
تصادفی Random		0.961	0.463			
سینه (%) Breast(%)	0.027			48.031	87.508	0
ثابت Fixed		0.308	0.930			
تصادفی Random		0.672	1.109			

اندازه اثرهای منفی نشان‌دهنده اثرکاهنده و اندازه اثرهای مثبت نشان‌دهنده اثرافزاینده تفاله گوجه‌فرنگی بر فراسنجه‌های مورد نظر است.

** آزمون کوکران، آزمون ناهمگنی مقدار بالای Q و مقدار پایین P-value حاکی از ناهمگنی مطالعات است.

*** آزمون ناهمگنی I² اگر مقادیر I² برابر با ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد باشد، به ترتیب به عنوان ناهمگنی پایین، متوسط و بالا تعبیر و تفسیر می‌شود.

**** P-value مربوط به آزمون کوکران می‌باشد.

The size of the negative effects indicates the reducing effect and the size of the positive effects indicates the increasing effect of tomato pomace on the desired indices.

** Cochran's test, heterogeneity test, high Q value and low P-value indicate the heterogeneity of studies.

*** The I² heterogeneity test, if the I² values are equal to 25, 50, and 75%, it is interpreted as low, medium, and high heterogeneity, respectively. **** p-value is based on Cochran's Q test.

**** P-value is based on Cochran's Q test.

پاداکسندگی بالایی که در لیکوپن وجود دارد، میزان چربی در گردش خون کاهش می‌یابد، در نتیجه باعث کاهش بیماری‌های قلبی و عرقی می‌شود (Saman, 2017). به‌طور مشابه گزارش شده است که سطوح مختلف تفاله گوجه‌فرنگی در جیره جوجه گوشتی باعث کاهش غلظت کلسترول و LDL و افزایش HDL خون می‌شود (Rezaei-pour et al., 2009; Rajabzadeh Nesvan et al., 2019).

جدول ۴ نتایج اثر افزودن تفاله گوجه‌فرنگی در جوجه گوشتی بر وزن نسبی اجزاء لاشه است که نشان داد استفاده از تفاله گوجه‌فرنگی بر وزن نسبی هیچ یک از اجزاء لاشه (چربی لاشه، درصد قلب، درصد لاشه، درصد کبد، درصد پانکراس، درصد صفراء و درصد سینه) اثر معنی‌داری ایجاد نکرد. که نتیجه برخی مطالعات برخلاف آن بود. (Sadeghi Mojarad et al., 2008; Hosseini-Vashan et al., 2014; Parsaeimehr et al., 2021) به نظر می‌رسد که علت این امر، میزان فیبر بالایی است که در گوجه‌فرنگی وجود دارد.

نتیجه‌گیری کلی

یافته‌های حاصل از این پژوهش نشان داد که تفاله گوجه‌فرنگی به‌دلیل داشتن درصد بالایی از فیبر خام، ترکیبات فعال و پاداکسندگی اثرات مثبتی بر بعضی صفات عملکرد رشد دارد. بنابراین، توصیه می‌شود که از تفاله گوجه‌فرنگی بدون اثر منفی بر صفات عملکردی رشد، به‌عنوان جایگزین بخشی از اجزاء جیره جوجه گوشتی استفاده شود.

سیاسگزاری

بدینوسیله مراتب سپاس و قدردانی خود را از دانشگاه بیرجند بابت حمایت مادی و معنوی اعلام می‌داریم.

(Ayhan and Aktan, 2004; Rezaei-pour et al., 2009).

این ترکیبات با آب شبکه‌ای ژله‌ای و چسبناک از پلیمرها را تشکیل می‌دهند و با افزایش چسبندگی در محتویات دستگاه گوارش باعث کاهش عملکرد و عدم استفاده موثر از مواد مغذی موجود در خوراک می‌شوند (Steenfeldt et al., 1998). استفاده از تفاله گوجه‌فرنگی در سطح پنج درصد درجیره آغازین و ۱۰ درصد تفاله در دوره رشد اثر منفی بر افزایش وزن نداشت (Sethi, 2012). صادقی مجرد گزارش نمود که استفاده از تفاله گوجه‌فرنگی در سطح ۱۵ درصد بر وزن نهایی جوجه گوشتی در سنین مختلف رشد اثری ندارد که با تحقیق فوق مطابقت نداشت (Sadeghi Mojarad et al., 2008). در مطالعه دیگری نیز سطوح مختلف تفاله گوجه‌فرنگی بر میزان افزایش وزن روزانه درجوجه گوشتی تأثیر نداشت (Rezaei-pour et al., 2009). سطوح بالای تفاله گوجه‌فرنگی به‌دلیل درصد بالاتر فیبر جیره، احتمالاً به‌دلیل افزایش حجم خوراک باعث کاهش مصرف خوراک، اختلال در گوارش و جذب مواد مغذی به‌ویژه چربی‌ها و کاهش راندمان مصرف خوراک و افزایش ضریب تبدیل خوراک می‌شود. (Williams and Bollella, 1995; Smits et al., 1997).

نتایج اثر افزودن تفاله گوجه‌فرنگی در جوجه گوشتی بر شاخص‌های بیوشیمیایی خون در جدول ۳ ارائه شده است. افزودن تفاله گوجه‌فرنگی بر غلظت گلوکز و تری گلیسرید خون اثر معنی‌داری نداشت، اما افزودن تفاله گوجه‌فرنگی بر HDL، LDL، کلسترول و پروتئین تام اثر معنی‌داری داشت ($P < 0.05$). این تجزیه آماری نشان داد که رابطه منفی بین غلظت گلوکز، LDL، پروتئین تام و کلسترول خون با سطح تفاله گوجه‌فرنگی وجود دارد و رابطه میان غلظت HDL و تری گلیسرید با درصد تفاله گوجه‌فرنگی در جیره جوجه گوشتی مثبت است. نتایج مشابهی در زمینه عدم اثرپذیری در این شاخص‌ها گزارش شد.

(Sadeghi Mojarad et al., 2008; Rahmatnejad et al.,)

(2009; An et al., 2019). به‌علت جود آلفا توکوفرول و لیکوپن بالایی که در گوجه‌فرنگی وجود دارد و با توجه به خاصیت

References

1. Agrawal, S., & Rao, A. (2000). Tomato lycopene and its role in human health and chronic disease. *Journal of Lipids*, 33, 981-984.
2. AL-Betawi, N. A. (2005). Preliminary study on tomato pomace as unusual feedstuff in broiler diets. *Pakistan Journal of Nutrition*, 4(1), 57-63. <https://doi.org/10.3923/pjn.2005.57.63>.
3. AOAC, (2000). Methods of analysis. Association of Official Analytical chemists, Washington, DC.
4. An, B. K., Choo, W. D., Kang, C. W., Lee, J., & Lee, K. W. (2019). Effects of dietary lycopene or tomato paste on laying performance and serum lipids in laying hens and on malondialdehyde content in egg yolk upon storage. *Japan Poultry Science Association*. <http://dx.doi.org/10.2141/jpsa.0170118>.
5. Ayhan, V., & Aktan, S. (2004). Using possibilities of dried tomato pomace in broiler chicken diets. *Hayvansal Uretim*, 45, 19-22.
6. Borenstein, M., Hedges, L., Higgins, J., & Rothstein, H. (2005). Comprehensive meta-analysis, version 2 biostat.

- Englewood Newjersey. <https://doi.org/10.1177/1094428106296641>.
7. Chackraei, A., Poureza, J., & Tabeidian, S.A. (2009). Effect of tomato seed and pomace on performance of broiler chicks. *Journal of Water and Soil Science*, 43, 393-401. (In Persian).
8. Debray, T. P., Moons, K. G., Abo-Zaid, G. M. A., Koffijberg, H., & Riley, R. D. (2013). Individual participant data meta-analysis for a binary outcome: One-stage or two-stage? *PloS One*, 8(4), e60650. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0060650>
9. FAO. (2021). Production: Crops and livestock products. In: FAO. Rome. Cited March 2022.
10. Ghazi, G., & Dreakhshan, A. (2012). The effects of different levels of tomato pomace in broiler chick performance, Animal science conference, Iran.
11. Glass, G. V. (1976). Primary, secondary, and meta-analysis of research. *Educational Researcher*, 5(10), 3-8.
12. Golden, S. H. & Bass, E. B. (2013). Validity of meta-analysis in diabetes: Meta-analysis is an indispensable tool in evidence synthesis. *Diabetes Care*, 36, 3368-73. <https://doi.org/10.2337/dc13-1196>
13. Hoseini Vashan, S. J., Golian, A., & Yaghobfar, A. (2014). Determination the effects of natural antioxidants and fat sources on blood lipids, metabolites, and antioxidant status of heat stressed broilers. *Animal Sciences Journal*, 27(104), 147-160. <http://dx.doi.org/10.22092/asj.2014.100203>. (In Persian).
14. Hosseini Vashan, S. J., Golian, A., Yaghobfar, A., Raji, A. R., Nasiri, M. R., & Esmilinasab, P. (2013). Determination the effects of natural antioxidants and fat sources on immune system and intestine morphology of heat stressed broilers. *Animal Sciences Journal*, 99, 42-52. (In Persian).
15. Kavitha, P., Ramana, J. V., AmaPrasad, J. R., Reddy, P. S., & Reddy, P. V. V. S., (2004). Nutrient utilization in broilers fed dried tomato pomace with or without enzyme supplementation. *Indian Journal Animal Nutrition*, 21, 17-21.
16. Lotfi, H., Navidshad, H. B., Assadi, M. R., Mirzaei Aghjehgheshlagh, F., Behmaram, R., & Dadashi Orange, A. (2021). Evaluation of multi-enzyme effect on performance and intestinal morphological of broiler chickens fed by tomato pomace. *Journal of animal Physiology and Development*, 55, 1-16. (In Persian).
17. Marcos, D. V., Camara, M., & Torija, M. (2006). Chemical characteristics of tomato pomace. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86, 1232-1236. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2474>.
18. Mariano, F. C. M. Q., Paixão, C. A., Lima, R. R., Alvarenga, R. R., Rodrigues, P. B. & Nascimento, G. A. J. (2013) Prediction of the energy values of feedstuffs for broilers using meta-analysis and neural networks. *Animal*, 7(9), 1440-1445. <https://doi.org/10.1017/S1751731113000712>.
19. Matthews, S., Noli, E., Demir, I., Khajeh-Hosseini, M., & Wagner, M. H. (2012). Evaluation of seed quality: From physiology to international standardization. *Seed Science Research*, 22, S69-S73. <https://doi.org/10.1017/S0960258511000365>
20. Melfi, M. T., Nardiello, D., Cicco, N., Candido, V., & Centonze, D. (2018). Simultaneous determination of water- and fat-soluble vitamins, lycopene and beta-carotene in tomato samples and pharmaceutical formulations: Double injection single run by reverse-phase liquid chromatography with UV detection. *Journal Food Composition Analysis*, 70, 9-17. <https://doi.org/10.1016/J.JFCA.2018.04.002>
21. Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2009). PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement Annual Review of Genomics and Human, 151, 264-9. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>.
22. Parsaeimehr, K., Daneshyar, M., Farhoomand, P., Janmohammadi, H., & Olyayee, M. (2021). The effect of different levels of Valine in low protein diets on cellular and humoral immunity of broiler chickens. *Veterinary Clinical Pathology*, 58, 129-141. <https://doi.org/10.30495/jvcp.2021.1910890.1282>.
23. Perveen, R., Suleria, H. A. R., Anjum, F. M., Butt M. S., Pasha, I., & Ahmad, S. (2015). Tomato (*Solanum lycopersicum*) carotenoids and lycopenes chemistry; metabolism, absorption, nutrition, and allied health claims—A comprehensive review. *Critical Review in Food Science and Nutrition*, 55, 919-29. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.657809>
24. Rahmatnejad, E., Bojarpour, M., Islami, M., Fayazi, J., & Mamouei, M. (2009). Economic value of dried tomato pomace in broiler chicken diets. *Research Journal Biological Sciences*, 4, 832-835.
25. Rajabzadeh Nesvan, M., Dastar, B., Ghoorchi, T., Ashayerizadeh, O., & Khomiri, M. (2019). Effect of crude and fermented tomato pomace on growth performance, blood parameters and morphology of ileum in broiler chickens. *Animal Sciences Journal*, 32(122), 349-366. <http://dx.doi.org/10.22092/asj.2018.121788.1694>.
26. Rao, A. V., Young, G. L., & Rao, L. G. (2018). Lycopene and tomatoes in human nutrition and health. Boca Raton, FL: CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781351110877>.
27. Rezaeipor, V., Boldaji, F. A., Dastar, B., Yaghoubfar, A., & Gheysari, A. A. (2009). Determination of apparent nutrients digestibility and metabolizable energy of diets with different inclusion of dried tomato pomace in broiler chickens. *Iranian Journal of Animal Science*, 16, 90-102. (In Persian).
28. Sadeghi Mojarad, R. (2008). Investigating the effects of using different levels of tomato pomace on the performance of broilers. Master thesis. Faculty of Agriculture, Urmia, Iran. (In Persian).
29. Safamehr, A., Shams Borhan, M. B., & Shahri, M. (2010). The Effect of multi enzyme supplementation to tomato

- pomace, as based on corn-soybean meal siets, on performance and carcass traits in broiler chicks. *Iranian Journal of Animal Science (Iranian Journal of Agricultural Sciences)*, 41, 53-63. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20084773.1389.41.1.6.5> (In Persian).
30. Sahin, N., Orhan, C., Tuzcu, M., Sahin, K., & Kucuk, O. (2008). The effects of tomato powder supplementation on performance and lipid peroxidation in quail. *Poultry Science*, 87, 276-283. <https://doi.org/10.3382/ps.2007-00207>
31. Samaan R. A. (2017). *Dietary Fiber for the Prevention of Cardiovascular Disease*. Elsevier Inc.; Los Angeles, CA, USA: pp. 35-59.
32. Sauvant, D., Schmidely, P., Daudin, J., & St-Pierre, N. R. (2008). Meta-analyses of experimental data in animal nutrition. *Animal*, 2(8), 1203-1214. <https://doi.org/10.1017/s1751731108002280>
33. Selcuk, M., Selcuk, Z., Kahraman, Z., Ciftci, G., & Akal, E. (2013). Effects of dried tomato pulp used as a feed ingredient in breeder roosters' diets on blood and semen antioxidant status and on some sperm parameters. *Reviue de Medicine Veterinaries*, 164, 435-442.
34. Serio, F., Ayala, O., Bonasia, A., & Santamaría, P. (2006). Antioxidant properties and health benefits of tomato. In: J. N. Govil, V. K. Singh, C. Aarunachalam, eds. Recent progress in medicinal plants. Vol. 13. Search for natural drugs, New Delhi: Studium Press.
35. Sethi, A. P. S. (2012). Effect of tomato pomace on the performance of broilers. In: Proceedings national seminar on new frontiers and future challenges in horticultural crops. *Punjab Agricultural University Ludhiana*. pp. 15-17.
36. Smith, J. T. (1996). Meta-analysis: the librarian as a member of an interdisciplinary team. *Journal of Library Trends*, 45, 265-279.
37. Smits, C. H., Veldman, A., Verstegen, M. W., & Beynen, A. C. (1997). Dietary carboxymethylcellulose with high instead of low viscosity reduces macronutrient digestion in broiler chickens. *The Journal of Nutrition*, 127, 483-487. <https://doi.org/10.1093/jn/127.3.483>
38. Sohrabifard, N., (2006). A meta-analysis review. *Journal of Developmental Psychology*, 3(10), 169-171.
39. Steenfeldt, S., Hammershej, M., Mililertzand, A., & Jensen, J. F. (1998). Enzyme supplementation of wheat-based diets for broilers. Effect on apparent metabolisable energy content and nutrient digestibility. *Animal Feed Science and Technology*, 75, 45-64. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(98\)00188-6](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(98)00188-6)
40. Sukaryana, Y. (2013). Effect of palm kernel cakecassava mixed fermentation product used toward broiler carcass weight pieces. *Global Journal Biology Agriculture Health Science*, 2, 199-202.
41. Tohge, T., & Fernie, A. R. (2015). Metabolomics-inspired insight into developmental, environmental and genetic aspects of tomato fruit chemical composition and quality. *Plant Cell Physiology*, 56, 1681-1696. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcv093>
42. Williams, C. L., & Bollella, M. (1995). Is a high fiber diet safe for children? *Pediatrics*, 96, 1014-1019.
43. Willcox, J. K., Catignani, G. L. & Lazarus, S. (2003). Tomatoes and cardiovascular health. *Critical Reviews in Food Science Nutrition*, 43, 1-18. <https://doi.org/10.1080/10408690390826437>.



Research Article

Vol. 16, No.4, 2025, p. 501-515



Effect of Sunflower (*Helianthus annus* L.) Hulls with Different Particle Sizes on Growth Performance and Physiological Responses of Broiler Chickens Fed Different Levels of Protein

N. Beigzadeh¹ , S. Salari^{*2} , F. Zaefarian³ , S. Hosseinifar⁴ 

1- Ph.D. Student, Department of Animal Science, Animal Science and Food Technology Faculty, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Ahvaz, Iran

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

3- Assistant Professor, Department of R&I in Monogastric Animal Nutrition, Adisseo France S.A.S, Saint Fons, France

4- Assistant Professor, Department of Basic Science, Faculty of Veterinary Medicine, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

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

How to cite this article:

Received: 06-08-2024

Revised: 27-11-2024

Accepted: 02-12-2024

Available Online: 02-12-2024

Beigzadeh, N., Salari, S., Zaefarian, F., & Hosseinifar, s. (2025). Effect of Sunflower (*Helianthus annus* L.) Hulls with Different Particle Sizes on Growth Performance and Physiological Responses of Broiler Chickens Fed Different Levels of Protein. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 16(4), 501-515. (In Persian with English abstract).

<http://doi.org/10.22067/ijasr.2024.89252.1213>

Introduction: In broilers, dietary fiber stimulates the production of hydrochloric acid and bile acids and improves amylase activity, leading to better nutrient utilization (Hetland *et al.*, 2002). A well-developed gizzard also enhances reverse peristalsis, which churns food back up the digestive tract. A reduced-crude protein (CP) diet are typically formulated by decreasing soybean meal and increasing feed grains (such as maize or wheat), along with higher inclusions of non-bound (crystalline and synthetic) amino acids to meet nutritional requirements. Studies (Van Harn *et al.*, 2017) have shown that CP reductions (20-30 g/kg) in Ross 308 broiler diets can be achieved without compromising live weight gain or feed intake. Notably, these diets even show a significant improvement in feed conversion ratio (FCR) with a 3.5% decrease. Dietary fiber with increased particle size may enhance foregut development more effectively in poultry fed diets moderately low in crude protein. This study investigates the performance of broilers fed on low-density crude protein diets with increasing particle size of sunflower (*Helianthus annus* L.) hulls.

Materials and Methods: This experiment aimed to examine the effect of sunflower hull particle size on the performance and physiological response of broiler chickens fed with different protein levels. A completely randomized design based on a 3 × 2 factorial arrangement, comprising 6 treatments (6 replicates per treatment, 10 birds per replicate). The treatments included 3 types of dietary sunflower hull types (without hulls, 4% with 1 mm particle size, and 4% with 5 mm particle size) and 2 crude protein (CP) levels (normal and a 10% reduction). Feed intake (FI) and body weight gain (BWG) were recorded, and the feed conversion ratio (FCR) was calculated. To determine ideal nutrient digestibility, chickens were fed 3 g/kg of chromium oxide from days 21 to 25. On day 25, ileum contents from 2 birds per replicate were collected and stored at -20°C. The cecal microbial population was assessed at 42 days of age. Data were analyzed using SAS software and the GLM procedure. Duncan's multiple range test was used for mean comparison at a 5% significance level.

Results and Discussion: The results indicated that incorporating sunflower hulls (SFH) in the diet increased FI, except during the starter period, and improved FCR in both the starter and grower periods. The high amount



©2023 The author(s). 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/), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

 <http://doi.org/10.22067/ijasr.2024.89252.1213>

of FI in the treatments containing SFH may be related to the high level of lignin and cellulose, because it increases the rate of passage of digestive juice through the digestive tract and ultimately increases FI ([González-Alvarado et al., 2010](#)). Broilers fed coarse SFH showed increased relative weights of the carcass, gastrointestinal tract, gizzard. The use of a rich source of insoluble fiber in the diet can increase the growth of the digestive system, especially proventriculus and gizzard ([Jimenez-Moreno et al., 2013](#)). The apparent digestibility of crude protein improved by coarse SFH with low crude protein. The positive effect of fiber on the digestibility of raw protein can be attributed to the increase in pepsin activity and the increase in hydrochloric acid production ([Gabriel et al., 2003](#)). Both fine and coarse SFH in the diet enhanced the *Lactobacillus* population. Similarly, other researchers also reported that feeding broiler chickens with dietary lignocellulose leads to an increase in the presence of *Lactobacillus* species ([Bogusławska-Tryk et al., 2015](#)).

Conclusion: Overall, the study results indicate that adding coarse sunflower hulls to the diet can enhance broiler growth performance. This improvement is achieved by increasing the digestibility of crude protein, as well as boosting the *Lactobacillus* population. Additionally, using coarse sunflower hulls led to an increase in the relative weight of the carcass and thighs.

Keywords: Apparent ileal digestibility, Broiler Chickens, Insoluble fiber, Performance

تأثیر پوسته آفتابگردان (*Helianthus annus* L.) با اندازه ذرات متفاوت بر عملکرد رشد و پاسخ فیزیولوژیکی جوجه‌های گوشتی تغذیه‌شده با سطوح مختلف پروتئین

نجیبه بیگ زاده^۱، سمیه سالاری^{۲*}، فائقه زعفریان^۳، شیما حسینی فر^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۱۲

چکیده

به منظور بررسی اثرات استفاده از پوسته آفتابگردان (*Helianthus annus* L.) با اندازه ذرات متفاوت در جیره‌های حاوی سطوح مختلف پروتئین، از ۳۶۰ قطعه جوجه گوشتی سویه راس ۳۰۸ در یک آزمایش فاکتوریل 3×2 در قالب طرح کاملاً تصادفی با شش تیمار و شش تکرار استفاده شد. تیمارهای آزمایشی شامل پوسته آفتابگردان (بدون پوسته، دارای چهار درصد پوسته با اندازه ذرات یک میلی‌متر و چهار درصد پوسته با اندازه ذرات پنج میلی‌متر) و دو سطح پروتئین (پروتئین نرمال و ۱۰ درصد کمتر از احتیاجات) بودند. نتایج نشان داد که بیشترین افزایش وزن در دوره آغازین مربوط به تیمار چهار درصد پوسته درشت و سطح پروتئین نرمال بود، در حالی که بیشترین افزایش وزن در دوره رشد مربوط به جیره‌های با پوسته درشت و در دوره پایانی و کل دوره پرورش، مربوط به پوسته ریز و درشت بود. کمترین مصرف خوراک در دوره آغازین نیز در تیمار چهار درصد پوسته درشت با کاهش سطح پروتئین به دست آمد. افزودن پوسته درشت موجب کاهش (بهبود) ضریب تبدیل غذایی در دوره آغازین و رشد گردید. پرندگان تغذیه‌شده با پوسته درشت و پروتئین نرمال، بالاترین وزن را نشان دادند. تغذیه ذرات درشت پوسته آفتابگردان و کم پروتئین منجر به افزایش قابلیت هضم پروتئین خام شد. همچنین، ماده خشک و چربی در تیمارهای حاوی ذرات درشت پوسته، بالاترین درصد قابلیت هضم را داشتند. جمعیت باکتری‌های لاکتوباسیل روده کور تغذیه‌شده با پوسته درشت آفتابگردان افزایش یافت. با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، استفاده از چهار درصد پوسته آفتابگردان درشت در جیره با پروتئین کمتر از کاتالوگ، به جهت بهبود قابلیت هضم پروتئین خام می‌تواند مفید باشد. هرچند که استفاده از پوسته درشت آفتابگردان صرف‌نظر از سطح پروتئین خام جیره، موجب افزایش قابلیت هضم ماده خشک و چربی خام و جمعیت لاکتوباسیل روده کور و همچنین افزایش وزن نسبی لاشه جوجه‌های گوشتی گردید.

واژه‌های کلیدی: جوجه‌های گوشتی، عملکرد، فیبر نامحلول، قابلیت هضم ایلئومی ظاهری

مقدمه

عملکرد جوجه‌های گوشتی، توصیه می‌شود (Chrystal et al., 2020). جیره‌های کم پروتئین برای ارزیابی ساختارهای جدید خوراک طیور و در نهایت تأثیر آن بر عملکرد پرند، مورد توجه هستند. از طرفی، الزام به کاهش هزینه خوراک، افزایش کارایی آن و کاهش استفاده از محرک‌های رشد آنتی‌بیوتیکی در خوراک، متخصصان تغذیه را تشویق کرده است تا راهکارهای جدیدی را برای رسیدگی به این موضوع بررسی کنند (Nursiam et al., 2021).

مطالعات نشان داده‌اند که مکمل اسیدهای آمینه ضروری می‌تواند عملکرد رشد را در جیره‌های غذایی کم پروتئین بهبود بخشد (Van Harn et al., 2019). از طرفی، افزودن فیبر نامحلول به جیره طیور در مقادیر متوسط باعث بهبود عملکرد سنگدان (Svihus, 2011)، قابلیت هضم مواد مغذی (Jiménez-Moreno et al., 2010)، سلامت دستگاه گوارش (Mateos et al., 2012) و عملکرد رشد (Jiménez-Moreno et al., 2013) می‌شود. علاوه بر این، نشان داده شده است که مقدار کافی فیبر نامحلول مانند پوسته جو دوسر و پوسته

کاهش پروتئین جیره به عنوان راهی برای کاهش اثرات زیست‌محیطی تولید پروتئین حیوانی از طریق کاهش دفع مواد مغذی مطرح شده است (Greenhalgh et al., 2020). کاهش متوسط پروتئین خام جیره (۲۰ تا ۳۰ گرم بر کیلوگرم) بدون اثر منفی بر

- ۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، اهواز، ایران
- ۲- استاد، گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران
- ۳- استادیار، گروه تحقیق و پژوهش در تغذیه حیوانات تک معده، آدیسنو، سینت فونس، فرانسه
- ۴- استادیار، گروه علوم پایه، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

(Email: s.salari@asnruk.ac.ir)

(*) نویسنده مسئول:

<http://doi.org/10.22067/ijasr.2024.89252.1213>

فرآوری مغز آفتابگردان از شرکت سید ایران (Seed Iran) واقع در شهرک صنعتی مشهد، ایران تهیه شد. اندازه‌گیری ماده خشک، خاکستر، پروتئین خام، فیبر خام و عصاره اتری پوسته آفتابگردان مطابق روش‌های استاندارد (AOAC, 2000) انجام شد. برای برآورد کربوهیدرات کل (CHO) از معادله ۱ و کربوهیدرات‌های غیرفیبری (NFC) از معادله ۲ و برای عصاره عاری از نیتروژن (NFE) از معادله ۳ استفاده شد. میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) پوسته آفتابگردان هم به روش توصیفی (Van Soest et al., 1991) اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

معادله (۱) $CHO = 100 - (CP + EE + Ash + Moisture)$

معادله (۲) $NFC = 100 - (CP + EE + Ash + NDF)$

معادله (۳) $NFE = 100 - (CP + Ash + CF + EE)$

در معادله‌های مذکور، CHO: کربوهیدرات کل، NFC: کربوهیدرات‌های غیرفیبری، NFE: عصاره عاری از نیتروژن، NDF: الیاف نامحلول در شوینده خنثی، ADF: الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، CP: پروتئین خام، EE: عصاره اتری، Ash: خاکستر و Moisture: رطوبت است.

جهت انجام بخش مزرعه‌ای، از ۳۶۰ قطعه جوجه گوشتی سویه راس ۳۰۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل ۳×۲ از سن یک تا ۴۲ روزگی استفاده شد. پژوهش حاضر با استفاده از شش تیمار و شش تکرار و تعداد ۱۰ قطعه پرنده (مخلوط جنس نر و ماده) برای هر تکرار انجام شد. تراشه‌های چوب تمیز به‌عنوان مواد بستر استفاده شد. هر پن حاوی یک آبخوری آویز و یک دانخوری بود. غذا و آب به‌صورت آزاد در طول آزمایش ارائه شد. در سه روز ابتدایی پرورش، روشنایی به‌صورت ۲۴ ساعته و از روز چهارم تا انتهای دوره، برنامه نوری به‌صورت ۲۳ ساعت روشنایی و یک ساعت تاریکی بود. دمای محیط به‌میزان دو درجه سانتی‌گراد در هفته از ۳۳ درجه سانتی‌گراد در هفته اول به ۲۵ درجه سانتی‌گراد در هفته پنجم کاهش یافت و سپس ثابت ماند. تیمارها شامل پوسته آفتابگردان (دون پوسته، دارای چهار درصد پوسته با اندازه ذرات یک میلی‌متر و چهار درصد پوسته با اندازه ذرات پنج میلی‌متر) به همراه دو سطح پروتئین خام جیره (نرمال و ۱۰ درصد کمتر) بودند. پوسته آفتابگردان با استفاده از آسیاب چکشی (آسیاب ۵۰۰ کیلوپی تک فاز، ساخت شهرک صنعتی ارومیه، ایران) مجهز به الک‌های یک و پنج میلی - متری آسیاب شد. جهت بررسی توزیع اندازه ذرات، از روش الک کردن خشک براساس استاندارد (1995) ASAE S363.1 استفاده گردید (Baker and Herman, 2002). ۱۰۰ گرم از پوسته آفتابگردان آسیاب‌شده به‌مدت ۱۰ دقیقه در شیکر Restch (ساخت آلمان) مجهز به پنج الک با قطرهای ۲، ۱، ۰/۵، ۰/۲۵ و ۰/۰۷۵

آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در جیره غذایی، باعث افزایش قابلیت هضم مواد مغذی و عملکرد در جوجه‌های گوشتی می‌گردد (Sacranie et al., 2012). پورآزادی و همکاران (Pourazadi et al., 2020)، با بررسی منابع مختلف فیبر نامحلول در جیره بر پایه جو در تغذیه جوجه‌های گوشتی بیان نمودند که افزودن پوسته آفتابگردان قابلیت هضم پروتئین خام، عصاره اتری و جمعیت گونه‌های لاکتوباسیلوس سکوم را افزایش و ویسکوزیته گوارشی روده را در مقایسه با پرندگان تغذیه‌شده با باگاس نیشکر و سیبوس گندم کاهش داد. در پژوهشی نشان داده شد که تغذیه جوجه‌های گوشتی با سه درصد پوسته آفتابگردان باعث افزایش وزن نسبی سنگدان در نه روزگی شد (Kimiaieitalab et al., 2017). فیبر نامحلول با تحریک فعالیت کوله سیستم گوارشی و توسعه سنگدانی باعث ایجاد حرکات دودی در دستگاه گوارش می‌شود (Denbow, 2015). فیبر نامحلول در دستگاه گوارش با ایجاد ساختار اسفنجی به آنزیم‌ها امکان نفوذ بیشتر را می‌دهد (Sarikhani et al., 2010). در نتیجه، سطح و در دسترس بودن مواد مغذی به سبب افزایش فعالیت آنزیم‌ها، افزایش یافته و منجر به جذب بیشتر مواد مغذی و در نهایت بهبود عملکرد رشد پرندگان می‌گردد (De Vries, 2015). اثر مثبت فیبر بر قابلیت هضم پروتئین خام را می‌توان به افزایش فعالیت پپسین و افزایش تولید اسید هیدروکلریک نسبت داد (Gabriel et al., 2003). علاوه بر نوع فیبر خوراکی (محلول یا نامحلول)، اندازه ذرات نیز در رشد و نمو سنگدان تأثیرگذار است و به بهبود مخلوط شدن مواد هضمی با ترشحات گوارشی کمک می‌کند (Donadelli et al., 2019). اندازه ذرات درشت فیبر نامحلول موجب بهبود عملکرد طیور از طریق توسعه قسمت فوقانی دستگاه گوارش می‌شود که نقش حیاتی در هضم و استفاده مؤثر از مواد مغذی دارد (Zaefarian et al., 2016). هدف از مطالعات انجام‌شده با افزایش اندازه ذرات از غلات یا فیبرهای غذایی، بهبود افزایش وزن، ضریب تبدیل، انرژی قابل متابولیسم ظاهری و جذب مواد مغذی می‌باشد (Donadelli et al., 2019). افزایش اندازه ذرات خوراک با افزایش زمان باقی ماندن مواد هضمی در قسمت فوقانی دستگاه گوارش و قرار گرفتن در معرض شیره معده و آنزیم‌های گوارشی، منجر به بهبود استفاده از مواد مغذی می‌شود. از این رو، مطالعه حاضر جهت بررسی اثر پوسته آفتابگردان با اندازه ذرات متفاوت (درشت و ریز) در جیره‌های با سطوح پروتئین خام مختلف (نرمال و کاهش‌یافته) بر عملکرد رشد، اجزاء لاشه، قابلیت هضم مواد مغذی و جمعیت میکروبی روده کور در جوجه‌های گوشتی انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، پوسته آفتابگردان به‌عنوان محصول فرعی

شد. در سن ۲۱ روزگی میزان ۰/۳ درصد اکسید کروم به جیره اضافه شد و به مدت پنج روز در اختیار جوجه‌ها قرار گرفت. در سن ۲۵ روزگی دو قطعه جوجه از هر تکرار انتخاب و به روش قطع گردنی کشتار شدند و محتویات ایلئومی آن‌ها از حد فاصل زائده مکل تا پنج سانتی‌متر قبل از اسفنگتر ایلئوسکال جمع‌آوری شد. نمونه‌ها تا زمان آزمایش در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگه داشته شدند. سپس ماده خشک، پروتئین خام، چربی خام نمونه خوراک و محتویات ایلئومی اندازه‌گیری شد (AOAC, 2000). قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین خام، چربی خام با استفاده از معادله ۴ محاسبه شد (Hafeez et al., 2015).

(%) قابلیت هضم

$$\text{غلظت نشانگر در ماده هضمی / غلظت نشانگر در خوراک} = 100 - \\ (100 \times \text{غلظت ماده مغذی در خوراک} / \text{غلظت ماده مغذی در ماده هضمی}) \times$$

داده‌های گروه‌های آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل (۳ × ۲) توسط نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ و با استفاده از رویه GLM تجزیه شدند.

میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن و در سطح پنج درصد مقایسه شدند. مدل آماری طرح فاکتوریل به صورت زیر بود:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + e_{ijk} \quad \text{معادله (۵)}$$

که در آن، Y_{ijk} : نشان‌دهنده مقدار عددی هر مشاهده، μ : میانگین مشاهدات، A_i : نشان‌دهنده اثرات پوسته آفتابگردان، B_j : نشان‌دهنده اثر سطح پروتئین خام، AB_{ij} : اثر متقابل پوسته آفتابگردان و سطح پروتئین خام جیره و e_{ijk} : اثر خطای آزمایشی می‌باشد.

نتایج و بحث

تأثیر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد جوجه‌های گوشتی در جدول ۳ نشان داده شده است. در دوره آغازین، مصرف خوراک تحت تأثیر اثرات متقابل اندازه ذرات پوسته و سطح پروتئین جیره قرار گرفت ($P < 0/05$). جوجه‌های تغذیه‌شده با پوسته درشت و جیره کم پروتئین، کمترین مصرف خوراک در دوره آغازین را داشتند ($P < 0/05$)، ولی تفاوت بین سایر تیمارها بر مصرف خوراک معنی‌دار نبود. افزودن چهار درصد پوسته در دوره رشد و پایداری و کل دوره موجب افزایش مصرف خوراک گردید ($P < 0/05$)، ولی بین تیمارهای حاوی ذرات پوسته درشت و ریز تفاوت معنی‌دار نبود ($P > 0/05$). بالا بودن مقدار خوراک مصرفی در تیمارهای حاوی پوسته ممکن است مربوط به بالا بودن سطح لیگنین و سلولز باشد، زیرا موجب افزایش نرخ عبور شیرابه

میلی‌متر به ترتیب از بالا به پایین تکان داده شد. سهم هر الک با کم کردن وزن نمونه اولیه از وزن نهایی بعد از الک کردن محاسبه شد. میانگین هندسی قطر (GMD) و انحراف استاندارد هندسی (GSD) با توجه به انجمن مهندسين کشاورزی آمریکا (ASAE, 2003) تعیین شد (جدول ۱). اجزاء تشکیل‌دهنده و ترکیب مواد مغذی جیره‌های مورد استفاده در تغذیه جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ در جدول ۲ نشان داده شده است.

فراسنجه‌های عملکردی شامل مصرف خوراک و افزایش وزن پرندگان در پایان هر دوره (آغازین، رشد و پایداری) رکوردبرداری و ضریب تبدیل غذایی محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری قابلیت هضم ایلئومی مواد مغذی از اکسید کروم به عنوان نشانگر خارجی استفاده معادله (۴)

در روز ۴۲ آزمایش، دو قطعه جوجه با میانگین وزنی گروه، انتخاب و وزن لاشه، سینه، ران‌ها، دستگاه گوارش، سنگدان پر و چربی حفره شکمی اندازه‌گیری شد و وزن نسبی آن‌ها به صورت درصدی از وزن زنده محاسبه شد.

برای بررسی جمعیت میکروبی روده کور طیور در سن ۴۲ روزگی، در هر تکرار دو قطعه پرنده به طور تصادفی انتخاب شدند. پس از کشتار، روده کور در محل اتصال به ایلئوم و کولون با نخ بسته و توسط قیچی استریل و پس از روده جدا و در پتری دیش‌های استریل قرار گرفتند. سپس با ایجاد شکافی طولی روی روده کور با استفاده از اسکالپل، یک گرم از محتویات آن استخراج و به داخل لوله‌های آزمایش حاوی نه میلی‌لیتر محلول نرمال سالین ریخته شد و دهانه لوله‌ها با پنبه استریل مسدود گردید. محتویات لوله‌ها توسط شیکر هموژنیزه شدند. جهت کشت لاکتوباسیل‌ها از محیط کشت اختصاصی MRS آگار (Liofilchem, Italy)، برای کشت باکتری‌های کلی‌فرم از محیط کشت مکانکی آگار (Condalab, Spain) و به منظور کشت باکتری/شریشیاکلی از محیط کشت ائوزین متیلین بلو آگار (Condalab, Spain) استفاده گردید. رقت‌های متوالی (از 10^{-1} تا 10^{-9}) از نمونه‌های اولیه تهیه شدند. تعداد کل باکتری‌های موجود در هر رقت از محتویات روده کور شمارش و میانگین آن‌ها به عنوان تعداد کل باکتری در واحد گرم محتویات گوارشی برای هر تکرار از تیمار مربوطه محاسبه گردید. پس از کشت، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد انکوبه شدند. تعداد واحدهای تشکیل‌دهنده کلونی‌های میکروبی (CFU) به ازای هر گرم از محتویات روده به صورت لگاریتمی ($\log_{10}$) بیان گردید (Guban et al., 2006).

هضمی از مجرای گوارش و در نهایت افزایش مصرف خوراک می- گردد (González-Alvarado et al., 2010).

جدول ۱- توزیع اندازه ذرات و ترکیب شیمیایی پوسته آفتابگردان (درصد)

Table 1- Particle size distribution and chemical composition (%) of the sunflower hulls

ترکیب شیمیایی Chemical composition	%	
ماده خشک Dry matter	94.74	
پروتئین خام Crude protein	6.51	
عصاره اتری Ether extract	1.45	
الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral Detergent Fiber	74.44	
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid Detergent Fiber	52.87	
کربوهیدراتهای غیر فیبری Non Fiber Carbohydrates	15.56	
کربوهیدرات کل Total Carbohydrates	84.74	
عصاره عاری از نیتروژن Nitrogen Free Extract	40.91	
خاکستر Ash	2.04	
اندازه ذرات (میکرومتر) Particle size (μm)	درشت Coarse	ریز Fine
>2000	0.52	0.56
1000-2000	5.82	3.43
500-1000	84.24	72.56
250-500	7.5	18.06
75-250	1.87	5.16
<75	0.05	0.23
(GMD ¹ ± GSD ²)	675.447±1.477	574.363±1.735

¹ GMD: میانگین قطر هندسی

² GSD: انحراف معیار استاندارد میانگین قطر هندسی

¹ Geometric mean diameter (GMD)

² Geometric standard deviation (GSD)

در تحقیقات لین و آلوکسی (Lin and Olukosi, 2021)، پرنده‌گانی که با جیره فیبر بالا و پروتئین کافی تغذیه شدند، نسبت به پرنده‌گانی که جیره‌های فیبر بالا و کم‌پروتئین دریافت کردند، سنگین‌تر بودند، درحالی‌که پرنده‌گان تغذیه‌کننده جیره کم‌فیبر و پروتئین کافی در مقایسه با جیره‌های کم‌فیبر و کم‌پروتئین، وزن کمتری داشتند. همچنین اثر متقابل فیبر و پروتئین در این آزمایش نشان داد که محتوای پروتئین، بیشترین تأثیر را بر افزایش وزن دارد، و می‌توان گفت که فیبر بالا افزایش وزن را به‌طور نسبی احتمالاً از طریق مصرف خوراک بیشتر در آن پرنده‌گان افزایش می‌دهد. در آزمایش حاضر، افزودن پوسته درشت آفتابگردان به جیره سبب کاهش ضریب تبدیل خوراک در دوره آغازین و رشد و افزایش وزن پرنده‌گان در کل دوره گردید که نشان‌دهنده ضروری بودن وجود مقادیری فیبر در جیره جوجه‌های گوشتی است. این مزایا در افزایش وزن و ضریب تبدیل

در دوره آغازین، بیشترین افزایش وزن مربوط به تیمار چهار درصد پوسته درشت و جیره با پروتئین نرمال بود ($P < 0.05$)، درحالی‌که بین سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بالاترین افزایش وزن بدن پرنده‌گان در دوره رشد مربوط به تیمار حاوی چهار درصد ذرات درشت پوسته نسبت به تیمارهای با پوسته ریز و شاهد بود ($P < 0.05$). افزودن چهار درصد پوسته در دوره پایانی و کل دوره پرورش موجب افزایش وزن بدن نسبت به تیمار بدون پوسته شد ($P < 0.05$)، ولی بین تیمارهای حاوی ذرات پوسته درشت و ریز تفاوت معنی‌دار نبود ($P > 0.05$). به‌طور مشابه، گنجاندن پوسته جو دوسر یا تفاله چغندر قند موجب افزایش وزن بدن گردید (Jimenez-Moreno et al., 2009). همچنین، ذرات درشت پوسته آفتابگردان موجب بهبود ضریب تبدیل خوراک در دوره آغازین و رشد گردید ($P < 0.05$).

خوراک ممکن است به دلیل تجمع ذرات فیبر در سنگدان و کاهش سرعت عبور گوارشی در قسمت بالایی دستگاه گوارش باشد که منجر به قابلیت هضم بهتر مواد مغذی می‌گردد.

جدول ۲- مواد خوراکی تشکیل دهنده و ترکیب شیمیایی جیره جوجه‌های گوشتی (درصد)

Table 2- Ingredients and chemical composition of broiler diets (%)

	دوره آغازین (۱ تا ۱۰ روزگی)				دوره رشد (۱۱ تا ۲۴)				دوره پایانی (۲۵ تا ۴۲ روزگی)			
	Starter (1- 10 days)				Grower (11- 24 days)				Finisher (25- 42 days)			
مواد خوراکی (درصد) Ingredients (%)	۲۳ درصد پروتئین		۲۰٫۷ درصد پروتئین		۲۱٫۵ درصد پروتئین		۱۹٫۳۵ درصد پروتئین		۱۹٫۵ درصد پروتئین		۱۷٫۵ درصد پروتئین	
	خام		خام		خام		خام		خام		خام	
	23% CP ¹		20.7% CP		21.5% CP		19.35% CP		19.5% CP		17.5% CP	
	بدون	%۴	بدون	%۴	بدون	%۴	بدون	%۴	بدون	%۴	بدون	%۴
	پوسته	پوسته	پوسته	پوسته	پوسته	پوسته	پوسته	پوسته	پوسته	پوسته	پوسته	پوسته
	No SFH ²	4% SFH	No SFH	4% SFH	No SFH	4% SFH	No SFH	4% SFH	No SFH	4% SFH	No SFH	4% SFH
ذرت Maize	44.20	44.20	52.63	52.63	48.20	48.20	54.45	54.45	52.4	52.4	56.82	56.82
گلوتن ذرت (%۶۰) Corn gluten (%60)	5	5	3.5	3.5	5.22	5.22	2.3	2.3	4	4	0.40	0.40
کنجاله سویا (%۴۲) Soybean meal (% 42)	37.80	37.80	31	31	32.33	32.33	29.9	29.9	29.73	29.73	28.5	28.5
کربنات کلسیم Calcium carbonate	0.85	0.85	0.85	0.85	0.74	0.74	0.75	0.75	0.74	0.74	0.74	0.74
دی کلسیم فسفات Dicalcium phosphate	1.5	1.5	1.58	1.58	1.3	1.3	1.3	1.3	1.04	1.04	1.05	1.05
روغن سویا Soybean oil	4.73	4.73	3.53	3.53	5.5	5.5	5	5	6.5	6.5	6.5	6.5
نمک Salt	0.28	0.28	0.22	0.22	0.28	0.28	0.28	0.28	0.23	0.23	0.21	0.21
جوش شیرین Sodium bicarbonate	0.23	0.23	0.33	0.33	0.23	0.23	0.23	0.23	0.20	0.20	0.23	0.23
پتاسیم کربنات Potassium carbonate	0	0	0.2	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0
مکمل ویتامین ^۳ Vitamin premix ³	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
مکمل مواد معدنی ^۴ Mineral premix ⁴	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
دی ال متیونین DL- methionine	0.32	0.32	0.38	0.38	0.27	0.27	0.36	0.36	0.26	0.26	0.33	0.33
ال لیزین هیدروکلرید L- lysine HCl	0.32	0.32	0.5	0.5	0.3	0.3	0.41	0.41	0.27	0.27	0.32	0.32
ال ترئونین L- threonine	0.14	0.14	0.23	0.23	0.1	0.1	0.17	0.17	0.08	0.08	0.14	0.14
L-valine	0.05	0.05	0.16	0.16	0	0	0.10	0.10	0	0	0.08	0.08
ال ایزولوسین L-isoleucine	0.03	0.03	0.14	0.14	0	0	0.09	0.09	0.01	0.01	0.08	0.08
ال آرژنین L-arginine	0.06	0.06	0.24	0.24	0.04	0.04	0.15	0.15	0.03	0.03	0.09	0.09
فیتاز Phytase	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
ماسه بادی Sand	4	0	4	0	4	0	4	0	4	0	4	0
پوسته آفتابگردان Sunflower hulls	0	4	0	4	0	4	0	4	0	4	0	4

ترکیب مواد مغذی محاسبه شده (درصد)
Calculated nutrient composition (%)

انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری/کیلوگرم) Metabolisable energy (kcal/kg)	3004	3004	2998	2998	3104	3104	3104	3104	3204	3204	3203	3203
پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)	23	23	20.7	20.7	19.37	19.37	21.53	21.53	17.55	17.55	19.54	19.54
عصاره اتری (درصد) Ether extract (%)	7.20	7.20	6.15	6.15	7.57	7.57	8.04	8.04	9.01	9.01	9.05	9.05
لیزین قابل هضم (درصد) Digestible lysine (%)	1.25	1.25	1.24	1.24	1.14	1.14	1.14	1.14	1.03	1.03	1.03	1.03
متیونین قابل هضم (درصد) Digestible methionine (%)	0.63	0.63	0.62	0.62	0.5	0.5	0.5	0.5	0.43	0.43	0.43	0.43
متیونین + سیستین قابل هضم (درصد) Digestible methionine + cystine (%)	0.93	0.93	0.92	0.92	0.86	0.86	0.87	0.87	0.8	0.8	0.79	0.79

^۱ پروتئین خام، ^۲ پوسته آفتابگردان، ^۳ مکمل ویتامینی به ازای هر کیلوگرم جیره مقادیر زیر را تأمین می‌نمود: ویتامین A، ۱۰۰۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین D₃ ۳۰۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین E ۵۵ واحد بین‌المللی؛ ویتامین K₃ دو میلی‌گرم؛ ویتامین B₁ ۲/۲ میلی‌گرم؛ ویتامین B₂ ۴/۸ میلی‌گرم؛ نیاسین، ۴۵ میلی‌گرم؛ اسیدپنتوتنیک، ۱۵ میلی‌گرم؛ ویتامین B₆ ۲/۲ میلی‌گرم؛ بیوتین، ۱۵ میلی‌گرم؛ اسیدفولیک، ۱/۶۰ میلی‌گرم؛ ویتامین B₁₂ ۰/۰۱۱ میلی‌گرم.

^۴ مکمل معدنی به ازای هر کیلوگرم جیره مقادیر زیر را تأمین می‌نمود: آهن، ۶۰ میلی‌گرم؛ منگنز، ۱۲۰ میلی‌گرم؛ روی، ۱۰۰ میلی‌گرم؛ مس، ۱۶ میلی‌گرم؛ ید، ۱/۲۵ میلی‌گرم؛ سلنیوم، ۰/۳۰ میلی‌گرم.
^۱ Crude protein, ^۲ Sunflower hulls, ^۳ Vitamin premix provided per kilogram of diet: A, 10000 IU; D₃ 3000 IU; E 55 IU; K₃ 2 mg; B₁ 2.2 mg; B₂ 4.8 mg; Niacin 45 mg; Pantothenic Acid 15 mg; B₆ 2.2 mg; Biotin 0.15 mg; Folic Acid 1.60 mg; B₁₂ 0.011 mg. provided per kilogram of diet: Fe, 60 mg; Mn, 120 mg; Zn, 100 mg; Cu, 16 mg; I, 1.25 mg; Se, 0.30 mg. ^۴ Mineral premix

پروتئین خام را می‌توان به افزایش فعالیت پپسین و افزایش تولید اسید هیدروکلریک نسبت داد (Gabriel et al., 2003). گزارش شده است که گنجاندن حداکثر ۳۰۰ گرم بر کیلوگرم کنجاله آفتابگردان با فیبر بالا در جیره غذایی بر پایه ذرت پلت‌شده منجر به افزایش قابل توجهی در قابلیت هضم ظاهری ایلئومی چربی و پروتئین خام شد، اما قابلیت هضم ماده خشک و انرژی را کاهش داد (Kalmendal et al., 2011). در پژوهشی، محدود کردن مصرف پروتئین خام و افزودن اسیدهای آمینه مصنوعی توانست قابلیت هضم پروتئین جیره جوجه‌های گوشتی را بهبود بخشد (Awad et al., 2018). جیمز مورینو و همکاران (Jimenez-Moreno et al., 2013) گزارش کردند که گنجاندن پنج درصد پوسته یولاف در جیره کم‌فیبر باعث افزایش ابقاء مواد مغذی در جوجه‌های گوشتی شد. تغذیه با ذرات درشت، باعث ایجاد حرکات دودی بین سنگدان و پیش‌معدة و در نتیجه افزایش ترشح اسید کلریدریک و آنزیم پپسین، افزایش ماندگاری مواد هضمی و افزایش قابلیت پرنده در استفاده بهتر از مواد مغذی خوراک می‌گردد (Svihus, 2011). رشد فیزیکی و فیزیولوژیکی سنگدان با گنجاندن منابع فیبر، ممکن است منجر به بهبود قابلیت هضم مواد مغذی شود، همان‌طور که برای قابلیت هضم چربی در جوجه‌های گوشتی مشاهده شده است (González-Alvarado et al., 2007) که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد.

در آزمایشی، (Amerah et al., 2009) افزایش مصرف خوراک توسط جوجه‌های گوشتی تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی سلولز گزارش شد که ممکن است به دلیل سرعت عبور بیشتر شیرابه گوارشی باشد که با نتایج حاضر در مصرف خوراک دوره رشد، پایانی و کل دوره مطابقت دارد. جیمز-مورنو و همکاران (Jimenez-Moreno et al., 2008) هنگامی که جیره پایه را با ۵۰ گرم بر کیلوگرم پوسته جو، پوسته برنج یا پوسته آفتابگردان رقیق کردند، مصرف خوراک بالاتر و ضریب تبدیل خوراک بهتر در جوجه‌های گوشتی را گزارش نمودند که مطابق یافته‌های پژوهش حاضر می‌باشد. در آزمایش دیگری، کاربرد پوسته یولاف به میزان سه درصد در جیره جوجه‌های گوشتی سبب تحریک فعالیت سنگدان و کاهش اسیدیته آن شد (González-Alvarado et al., 2008). دلیل بعضی اختلاف‌ها در مطالعات مختلف ممکن است مربوط به نوع جیره پایه و نیز سطح فیبر نامحلول و یا نوع و اندازه ذرات آن باشد.

اثر تیمارهای آزمایشی بر قابلیت هضم ظاهری ایلئومی مواد مغذی در جدول ۴ نشان داده شده است. تیمار حاوی چهار درصد پوسته درشت و کم‌پروتئین، بیشترین قابلیت هضم پروتئین خام را نسبت به سایر تیمارها نشان دادند ($P < 0.05$). تیمارهای حاوی پوسته درشت موجب افزایش قابلیت هضم ماده خشک گردید ($P < 0.05$). افزودن چهار درصد پوسته (ریز و درشت) به جیره‌ها موجب افزایش قابلیت هضم چربی گردید ($P < 0.05$). اثر مثبت فیبر بر قابلیت هضم

جدول ۳- تأثیر پوسته آفتابگردان با اندازه ذرات متفاوت و سطح پروتئین بر مصرف خوراک (گرم/روز)، افزایش وزن بدن (گرم/روز)، و ضریب تبدیل خوراک پوجهای گوشتی

تیمارها Treatments	دوره رشد (۱-۲۴ روزگی) Grower (1-24 days)					دوره پایش (۲۵-۴۲ روزگی) Finisher (25-42 days)					کل دوره (۴۳-۶۰ روزگی) Whole period (1-60 days)				
	مصرف خوراک (گرم/روز) ADFI ¹ (g/d)	ضریب تبدیل FCR ²	افزایش وزن (گرم/روز) ADG ³ (g/d)	افزایش وزن (گرم/روز) ADG ³ (g/d)	ضریب تبدیل FCR ²	مصرف خوراک (گرم/روز) ADFI ¹ (g/d)	ضریب تبدیل FCR ²	افزایش وزن (گرم/روز) ADG ³ (g/d)	مصرف خوراک (گرم/روز) ADFI ¹ (g/d)	ضریب تبدیل FCR ²	افزایش وزن (گرم/روز) ADG ³ (g/d)	مصرف خوراک (گرم/روز) ADFI ¹ (g/d)	ضریب تبدیل FCR ²	افزایش وزن (گرم/روز) ADG ³ (g/d)	ضریب تبدیل FCR ²
پوسته آفتابگردان Sunflower hulls															
بدون پوسته No SFH ⁴	^a 25.05	1.20	^b 20.71	50.58	1.51	76.37	1.51	154.17	97.49	1.73	88.91	97.49	1.62	59.90	1.62
۴٪ پوسته ریز 4% fine SFH	^a 24.98	1.18	^b 21.05	49.97	1.56	78.31	1.56	163.00	101.91	1.76	93.71	101.91	1.65	61.83	1.65
۴٪ پوسته ریز 4% coarse SFH	^a 25.66	1.23	^b 20.76	54.50	1.56	84.89	1.56	186.56	114.37	1.74	107.13	114.37	1.62	71.30	1.62
لحرف استاندارد میگلین SEM	^a 25.15	1.25	^b 20.11	54.05	1.56	84.36	1.56	189.48	115.31	1.77	106.93	115.31	1.64	69.70	1.64
۴٪ پوسته درشت 4% coarse SFH	^a 25.97	1.12	^a 23.15	61.28	1.39	85.23	1.39	190.39	116.19	1.70	111.99	116.19	1.60	71.67	1.60
لحرف استاندارد میگلین SEM	^b 23.67	1.14	^b 20.65	57.27	1.48	84.59	1.48	191.51	115.91	1.73	110.63	115.91	1.64	70.35	1.64
۴٪ پوسته ریز 4% fine SFH	0.42	0.02	0.33	1.19	0.03	2.35	0.03	4.35	0.85	0.04	3.01	0.85	0.03	0.56	0.03
لحرف استاندارد میگلین SEM	0.03	0.59	0.008	0.26	0.52	0.82	0.52	0.65	0.51	0.99	0.56	0.51	0.90	0.38	0.90
پوسته آفتابگردان Sunflower hulls effect															
بدون پوسته No SFH	25.01	^a 1.19	^b 20.88	^a 50.27	^a 1.53	77.34 ^b	^a 1.53	^b 158.58	^b 99.70	1.74	^b 91.31	^b 99.70	1.64	^b 60.86	1.64
۴٪ پوسته ریز 4% fine SFH	25.00	^a 1.24	^a 20.48	^b 54.27	^a 1.56	84.63	^a 1.56	188.02	116.05 ^a	1.71	^a 107.03	116.05 ^a	1.63	^a 70.50	1.63
۴٪ پوسته درشت 4% coarse SFH	24.83	^b 1.13	^b 21.90	^a 59.28	^b 1.43	84.91	^a 1.43	190.95	114.84 ^a	1.75	^a 111.31	114.84 ^a	1.62	^a 71.01	1.62
لحرف استاندارد میگلین SEM	0.29	0.01	0.23	0.84	0.02	1.66	0.02	3.07	0.42	0.03	2.13	0.42	0.02	0.28	0.02
لحرف استاندارد میگلین SEM	0.38	0.09	0.007	0.001	0.003	0.004	0.003	0.0001	0.0001	0.63	0.0001	0.0001	0.89	0.0001	0.89
سطح پروتئین P-value				Levels of crude protein											
پروتئین نرمال Normal protein	^a 25.56	1.18	^a 21.57	55.45	1.48	82.17	1.48	177.04	103.35	1.72	102.68	103.35	1.61	67.62	1.61
پروتئین کاهش یافته Reduced protein	^b 24.60	1.19	^b 20.60	53.76	1.53	82.42	1.53	181.33	111.04	1.75	103.76	111.04	1.62	67.29	1.62
لحرف استاندارد میگلین SEM	0.24	0.01	0.19	0.69	0.02	1.35	0.02	2.51	0.28	0.02	1.74	0.28	0.01	0.18	0.01
لحرف استاندارد میگلین SEM	0.009	0.76	0.001	0.09	0.11	0.89	0.11	0.23	0.33	0.42	0.66	0.33	0.19	0.77	0.19
سطح پروتئین P-value															

^{a,b} Means within the same column with uncommon superscript differ significantly (P<0.05).
¹ Average daily feed intake, ² Feed conversion ratio, ³ Normal crude protein, ⁴ Low crude protein

جدول ۴- تأثیر پوسته آفتابگردان با اندازه ذرات متفاوت و سطح پروتئین خام بر قابلیت هضم ظاهری ایلئومی مواد مغذی (%) جوجه‌های گوشتی در سن ۲۵ روزگی
Table 4- The effect of sunflower hulls with different particle size and crude protein level on apparent ileal digestibility of nutrients (%) in broiler chickens on d 25

تیماها Treatments	ماده خشک (درصد) Dry matter (%)	پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)	چربی خام (درصد) Crude fat (%)
پوسته آفتابگردان Sunflower hulls			
بدون پوسته No SFH ¹	69.32	cd 74.84	73.24
کاهش LCP ³	68.60	d 72.64	64.14
نرمال NCP	69.90	bc 77.40	73.51
۴٪ پوسته ریز 4% fine SFH	71.39	cd 74.96	81.10
کاهش LCP	72.55	b 80.50	83.40
نرمال NCP	75.49	a 87.46	77.89
۴٪ پوسته درشت coarse SFH 4%			
کاهش LCP			
انحراف استاندارد میانگین SEM	1.140	1.128	2.728
سطح احتمال معنی‌داری P-value	0.43	0.007	0.056
اثر پوسته آفتابگردان Sunflower hulls effect			
بدون پوسته No SFH	b 68.96	c 73.74	b 68.69
۴٪ پوسته ریز 4% fine SFH	b 70.64	b 76.18	a 78.80
۴٪ پوسته درشت 4% coarse SFH	a 74.02	a 83.98	a 80.64
انحراف استاندارد میانگین SEM	0.993	0.797	1.929
سطح احتمال معنی‌داری P-value	0.006	0.0001	0.0007
سطح پروتئین خام Levels of crude protein			
پروتئین نرمال Normal protein	70.59	77.58	77.72
پروتئین کاهش یافته Reduced protein	71.83	78.35	74.38
انحراف استاندارد میانگین SEM	0.811	0.651	1.575
سطح احتمال معنی‌داری P-value	0.29	0.41	0.15

^{a-b-c} میانگین‌های هر عامل در هر ستون با حروف متفاوت، اختلاف معنی‌داری دارند ($P < 0.05$).

^۱ پوسته آفتابگردان، ^۲ پروتئین خام نرمال، ^۳ پروتئین خام کاهش یافته

^{a-b-c} Means within the same column with uncommon superscript differ significantly ($P < 0.05$).

¹ Sunflower hulls, ² Normal crude protein, ³ Low crude protein

نسبی لاشه، دستگاه گوارش، سنگدان و چربی حفره بطنی گردید
 ($P < 0.05$). وزن نسبی ران‌ها تحت تأثیر اثرات متقابل قرار گرفت،

جدول ۵، تأثیر تیمارهای آزمایشی را بر وزن نسبی اجزاء لاشه
 نشان می‌دهد. ذرات درشت پوسته آفتابگردان موجب افزایش وزن

جدول ۵- تأثیر پوسته آفتابگردان با اندازه ذرات متفاوت و سطح پروتئین خام بر اجزاء لاشه (درصدی از وزن زنده بدن) جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی
Table 5- The effect of sunflower hulls with different particle size and crude protein level on carcass components (percentage of live body weight) of broiler chickens at d 42

تیمارها Treatments		لاشه Carcass	سینه Breast	ران‌ها Thighs	دستگاه گوارش پر Gastrointestinal tract	سنگدان پر Gizzard	چربی بطنی Abdominal fat
پوسته آفتابگردان Sunflower hull	سطح پروتئین خام Levels of crude protein						
بدون پوسته No SFH ¹	نرمال NCP ²	73.82	25.97	^b 19.69	10.34	2.01	0.90
	کاهش LCP ³	74.24	24.91	^b 20.48	10.53	2.07	0.99
۴٪ پوسته ریز 4% fine SFH	نرمال NCP	76.88	26.05	^b 20.48	10.97	2.33	1.01
	کاهش LCP	76.73	29.11	^b 20.12	10.57	2.11	1.10
۴٪ پوسته درشت SFH coarse 4%	نرمال NCP	81.56	27.11	^a 23.05	11.64	2.72	1.24
	کاهش LCP	77.17	28.71	^b 20.89	11.13	2.34	1.13
انحراف استاندارد میانگین SEM		1.138	1.010	0.525	0.172	0.111	0.077
سطح احتمال معنی‌داری P-value		0.08	0.18	0.02	0.10	0.15	0.31
اثر پوسته آفتابگردان Sunflower hulls effect							
بدون پوسته No SFH		^c 74.03	25.44	^b 20.08	10.43 ^b	^b 2.04	^b 0.94
۴٪ پوسته ریز 4% fine SFH		^b 76.81	27.58	^b 20.30	^b 10.77	^b 2.22	^{ab} 1.06
۴٪ پوسته درشت 4% coarse SFH		^a 79.36	27.91	^a 21.97	^a 11.38	^a 2.53	^a 1.19
انحراف استاندارد میانگین SEM		0.804	0.782	0.371	0.121	0.078	0.054
سطح احتمال معنی‌داری P-value		0.0003	0.06	0.002	0.0001	0.0005	0.01
سطح پروتئین خام Levels of crude protein							
پروتئین نرمال Normal protein		77.42	26.38	21.07	10.98	2.35	1.05
پروتئین کاهش یافته Reduced protein		76.05	27.58	20.50	10.74	2.17	1.07
انحراف استاندارد میانگین SEM		0.657	0.638	0.303	0.099	0.064	0.044
سطح احتمال معنی‌داری P-value		0.15	0.19	0.19	0.10	0.05	0.69

^{a-b-c} میانگین‌های هر عامل در هر ستون با حروف متفاوت، اختلاف معنی‌داری دارند ($P < 0.05$).

^۱ پوسته آفتابگردان، ^۲ پروتئین خام نرمال، ^۳ پروتئین خام کاهش یافته

^c Means within the same column with uncommon superscript differ significantly ($P < 0.05$).^{-a-b}

¹ Sunflower hulls, ² Normal crude protein, ³ Low crude protein

جدول ۶- تأثیر پوسته آفتابگردان با اندازه ذرات متفاوت و سطح پروتئین خام بر جمعیت میکروبی روده کور (لگاریتم واحد تشکیل کلنی بر گرم) جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی

Table 6- The effect sunflower hulls with different particle size and crude protein level on the caecal microbial population (log cfu/g) of broiler chickens on d 42

تیمارها Treatments		لاکتوباسیل Lactobacilli spp.	اشرشیاکلاهی Escherichia coli	کلی فرم Coliforms
پوسته آفتابگردان Sunflower hull	سطح پروتئین خام protein Levels of crude			
بدون پوسته No SFH ¹	نرمال NCP ²	7.12	6.38	6.49
	کاهش LCP ³	7.04	6.59	6.46
۴٪ پوسته ریز 4% fine SFH	نرمال NCP	7.45	6.54	6.49
	کاهش LCP	7.38	6.52	6.66
۴٪ پوسته درشت SFH coarse 4%	نرمال NCP	7.25	6.70	6.57
	کاهش LCP	7.23	6.45	6.54
انحراف استاندارد میانگین SEM		0.084	0.111	0.129
سطح احتمال معنی داری P-value		0.92	0.15	0.66
اثر پوسته آفتابگردان Sunflower hulls effect				
بدون پوسته No SFH		7.08 ^b	6.48	6.48
۴٪ پوسته ریز 4% fine SFH		7.24 ^{ab}	6.53	6.57
۴٪ پوسته درشت 4% coarse SFH		7.41 ^a	6.58	6.56
انحراف استاندارد میانگین SEM		0.060	0.072	0.091
سطح احتمال معنی داری P-value		0.003	0.71	0.71
سطح پروتئین خام Levels of crude protein				
پروتئین نرمال Normal crude protein		7.27	6.54	6.51
پروتئین کاهش یافته Low crude protein		7.21	6.52	6.55
انحراف استاندارد میانگین SEM		0.048	0.064	0.074
سطح احتمال معنی داری P-value		0.40	0.80	0.72

^{a-b} میانگین‌های هر عامل در هر ستون با حروف متفاوت، اختلاف معنی‌داری دارند ($P < 0.05$).

^۱ پوسته آفتابگردان، ^۲ پروتئین خام نرمال، ^۳ پروتئین خام کاهش یافته

^{a-b} Means within the same column with uncommon superscript differ significantly ($P < 0.05$).

¹ Sunflower hulls, ² Normal crude protein, ³ Low crude protein

محیط مساعد برای رشد باکتری‌های مفید در روده کور ایجاد کند و به‌طور بالقوه سلامت روده و استفاده از مواد مغذی را بهبود بخشد. انگبرگ و همکاران (Engberg et al., 2002) بیان کردند که افزایش گونه‌های لاکتوباسیلوس معمولاً برای میزبان مفید در نظر گرفته می‌شود، زیرا آن‌ها از تکثیر عوامل بیماری‌زایی مانند *شرشیاکی* جلوگیری می‌کنند. به‌طور مشابه، محققان دیگری نیز گزارش دادند که مکمل غذایی جوجه‌های گوشتی با لیگنوسولوز غذایی منجر به افزایش حضور گونه‌های لاکتوباسیلوس می‌شود (Bogusławska-Tryk et al., 2015).

ذرات درشت فیبر نامحلول دارای یک کارکرد ساینده بوده، سبب خراش دادن موسین از مخاط در هنگام عبور از دستگاه گوارش شده و سبب افزایش اتلاف از منشا درونی نیز می‌گردد (Montagne et al., 2003). تأثیر فیبر غذایی بر جمعیت میکروبی دستگاه گوارش در طیور بسته به منبع، ترکیب شیمیایی و فیزیکی فیبر می‌تواند متفاوت باشد. اثر اصطکاک فیبر نامحلول جیره غذایی بر سطح روده، حذف باکتری‌های پاتوژن از لایه مخاطی را تسهیل می‌کند (Mateos et al., 2012). این اثر به نوبه خود می‌تواند رشد میکروفلور مفید را تقویت کند. به‌طور کلی، فیبر نامحلول به‌عنوان منبع سوخت اولیه برای تخمیر باکتریایی، رشد جمعیت باکتری‌ها را در روده افزایش می‌دهد و تولید متابولیت‌های مفید مانند اسیدهای چرب کوتاه زنجیر و اسیدهای فنولیک زیست‌فعال را تحریک می‌کند.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی، افزودن چهار درصد پوسته آفتابگردان با ذرات درشت به همراه کاهش سطح پروتئین خام منجر به بهبود قابلیت هضم پروتئین خام گردید. اگرچه استفاده از پوسته درشت آفتابگردان صرف نظر از سطح پروتئین جیره، سبب افزایش جمعیت باکتری‌های مفید روده نظیر لاکتوباسیل‌ها شد. بنابراین شاید بتوان استفاده از ذرات درشت پوسته آفتابگردان را در زمان کاهش پروتئین جیره در تغذیه جوجه‌های گوشتی با توجه به بهبود قابلیت هضم پروتئین خام توصیه نمود.

تشکر و قدردانی

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به‌خاطر حمایت‌های مالی از پژوهش قدردانی می‌شود.

به‌طوری‌که بالاترین وزن ران‌ها را تیمار با چهار درصد پوسته درشت و پروتئین نرمال نشان داد ($P < 0.05$) و سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری در وزن نسبی ران‌ها ایجاد نکردند. نواز و همکاران (Nawaz et al., 2006) گزارش کردند که کاهش سطح پروتئین در دوره ۲۴ تا ۴۵ روزگی، رشد عضلات بدن و درصد لاشه را کاهش می‌دهد. در آزمایشی، استفاده از فیبر نامحلول باعث افزایش درصد وزن قسمت‌هایی از لاشه مانند وزن عضلات سینه و ران شد (Sarikhani et al., 2010). وزن نسبی سینه تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت ($P > 0.05$). پورآزادی و همکاران (Pourazadi et al., 2020) در مطالعه خود نشان دادند که گنجاندن فیبر نامحلول در جیره حاوی جو باعث افزایش وزن نسبی سینه و ران گردید. استفاده از منبع غنی از فیبر نامحلول در جیره غذایی می‌تواند رشد دستگاه گوارش، به‌ویژه بخش فوقانی آن شامل پیش معده و سنگدان را تقویت کند (Jimenez-Moreno et al., 2013). افزودن سه درصد فیبر درشت مانند پوست یولاف به جیره غذایی می‌تواند موجب رشد سنگدان گردد (Svihus, 2011). در پژوهشی، به‌کاربردن پوسته آفتابگردان، پوسته برنج و پوسته کاملینا در جیره جوجه‌های گوشتی به‌میزان سه درصد بررسی شد و افزودن پوسته آفتابگردان به جیره وزن بدن و سنگدان را بهبود بخشید و همچنین افزودن فیبر به جیره غذایی سبب افزایش زمان ماندگاری مواد هضمی در قسمت فوقانی دستگاه گوارش شد که این امر منجر به تحریک بهبود عملکرد سنگدان، افزایش ترشح اسیدکلریدریک و اسیدهای صفراوی می‌شود. شواهدی وجود دارند که اندازه ذرات بزرگ فیبری با کمک برخی از اجزاء ساختاری برای عملکرد سنگدان و رشد روده مفید است (Hetland et al., 2002).

نتایج بررسی اثر تیمارهای آزمایشی بر جمعیت میکروبی روده کور جوجه‌های گوشتی در جدول ۶ نشان داده شده است. اثرات متقابل تیمارهای آزمایشی بر جمعیت میکروبی معنی‌دار نبود ($P > 0.05$). جمعیت لاکتوباسیل روده کور تحت تأثیر اندازه ذرات پوسته آفتابگردان قرار گرفت ($P < 0.05$). پرندگان تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی اندازه ذرات درشت پوسته، جمعیت لاکتوباسیلوس روده کور بیشتری در مقایسه با آن‌هایی که با پوسته ریز یا بدون پوسته تغذیه شده بودند، داشتند ($P < 0.05$). این نتایج مطابق با پژوهش پورآزادی و همکاران (Pourazadi et al., 2020) بود که دریافتند جوجه‌هایی که از جیره غذایی حاوی پوسته آفتابگردان تغذیه شدند، در مقایسه با جوجه‌هایی که از جیره‌های باگاس نیشکر یا سبوس گندم استفاده کردند، سطوح بالاتری از باکتری‌های مفید لاکتوباسیلوس در روده کور خود داشتند. این نشان می‌دهد که پوسته آفتابگردان ممکن است،

References

1. Amerah, A. M., Ravindran, V., & Lentle, R. G. (2009). Influence of insoluble fibre and whole wheat inclusion on the performance, digestive tract development and ileal microbiota profile of broiler chickens. *British Poultry Science*, 50(3), 366-375. <https://doi.org/10.1080/00071660902865901>
2. ASAE, S. (2003). Method of determining and expressing fineness of feed materials by sieving. *American Society of Agricultural Engineers*, 588-592.
3. AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis*. 17th Ed. Washington DC: Association of Official Analytical Chemist.
4. Awad, E. A., Idrus, Z., Soleimani Farjam, A., Bello, A. U., & Jahromi, M. F. (2018). Growth performance, duodenal morphology and the caecal microbial population in female broiler chickens fed glycine-fortified low protein diets under heat stress conditions. *British Poultry Science*, 59(3), 340-348. <https://doi.org/10.1080/00071668.2018.1440377>
5. Baker, S., & Herrman, T. (2002). Evaluating particle size. MF-2051 feed manufacturing. Dept. Grain Sci. Ind., Kansas State Univ., Manhattan. <https://doi.org/10.1080/00071668.2018.1440377>
6. Bogusławska-Tryk, M., Szymeczko, R., Piotrowska, A., Burlikowska, K., & Śliżewska, K. (2015). Ileal and cecal microbial population and short-chain fatty acid profile in broiler chickens fed diets supplemented with lignocellulose. *Pakistan Veterinary Journal*, 35(2), 212-216.
7. Chrystal, P. V., Greenhalgh, S., Selle, P. H., & Liu, S. Y. (2020). Facilitating the acceptance of tangibly reduced-crude protein diets for chicken-meat production. *Animal Nutrition*, 6(3), 247-257. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2020.06.001>
8. De Vries, S. (2015). Fiber in poultry nutrition: Bonus or burden. In *20th European Symposium on Poultry Nutrition*. Prague, France. p. 38.
9. Denbow, D. M. (2015). Gastrointestinal Anatomy and Physiology. In *Sturkie's avian physiology*. pp. 337-366. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407160-5.00014-2>
10. Donadelli, R. A., Stone, D. A., Aldrich, C. G., & Beyer, R. S. (2019). Effect of fiber source and particle size on chick performance and nutrient utilization. *Poultry Science*, 98(11), 5820-5830. <https://doi.org/10.3382/ps/pez382>
11. Engberg, R. M., Hedemann, M. S., & Jensen, B. B. (2002). The influence of grinding and pelleting of feed on the microbial composition and activity in the digestive tract of broiler chickens. *British Poultry Science*, 43(4), 569-579. <https://doi.org/10.1080/0007166022000004480>
12. Gabriel, I., Mallet, S., Leconte, M., Fort, G., & Naciri, M. (2003). Effects of whole wheat feeding on the development of coccidial infection in broiler chickens. *Poultry Science*, 82(11), 1668-1676. <https://doi.org/10.1093/ps/82.11.1668>
13. González-Alvarado, J. M., Jiménez-Moreno, E., González-Sánchez, D., Lázaro, R., & Mateos, G. G. (2010). Effect of inclusion of oat hulls and sugar beet pulp in the diet on productive performance and digestive traits of broilers from 1 to 42 days of age. *Animal Feed Science and Technology*, 162(1-2), 37-46. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2010.08.010>
14. González-Alvarado, J. M., Jiménez-Moreno, E., Lázaro, R., & Mateos, G. G. (2007). Effect of type of cereal, heat processing of the cereal, and inclusion of fiber in the diet on productive performance and digestive traits of broilers. *Poultry Science*, 86(8), 1705-1715. <https://doi.org/10.1093/ps/86.8.1705>
15. González-Alvarado, J. M., Jiménez-Moreno, E., Valencia, D. G., Lázaro, R., & Mateos, G. G. (2008). Effects of fiber source and heat processing of the cereal on the development and pH of the gastrointestinal tract of broilers fed diets based on corn or rice. *Poultry Science*, 87(9), 1779-1795. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00070>
16. Greenhalgh, S., McInerney, B. V., McQuade, L. R., Chrystal, P. V., Khoddami, A., Zhuang, M. A., & Selle, P. H. (2020). Capping dietary starch: Protein ratios in moderately reduced crude protein, wheat-based diets showed promise but further reductions generated inferior growth performance in broiler chickens. *Animal Nutrition*, 6(2), 168-178. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2020.01.002>
17. Guban, J., Korver, D. R., Allison, G. E., & Tannock, G. W. (2006). Relationship of dietary antimicrobial drug administration with broiler performance, decreased population levels of *Lactobacillus salivarius*, and reduced bile salt deconjugation in the ileum of broiler chickens. *Poultry Science*, 85(12), 2186-2194. <https://doi.org/10.1093/ps/85.12.2186>
18. 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>
19. Hetland, H., Svihus, B., & Olaisen, V. (2002). Effect of feeding whole cereals on performance, starch digestibility and duodenal particle size distribution in broiler chickens. *British Poultry Science*, 43(3), 416-423. <https://doi.org/10.1080/00071660120103693>
20. Jiménez-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>
21. Jiménez-Moreno, E., González-Alvarado, J. M., de Coca-Sinova, A., Pérez-Serrano, M., Lázaro, R., & Mateos, G. G. (2008). Influence of feed form and fiber inclusion in the diet on water and feed intake of chicks. *Poultry Science*, 87, 92-93. <https://doi.org/10.3382/ps/pev309>
22. Jiménez-Moreno, E., González-Alvarado, J. M., González-Sánchez, D., Lázaro, R., & Mateos, G. G. (2010). Effects of type and particle size of dietary fiber on growth performance and digestive traits of broilers from 1 to 21 days of age. *Poultry Science*, 89(10), 2197-2212. <https://doi.org/10.3382/ps.2010-00771>
23. Jiménez-Moreno, E., González-Alvarado, J. M., González-Serrano, A., Lázaro, R., & Mateos, G. G. (2009). Effect of dietary fiber and fat on performance and digestive traits of broilers from one to twenty-one days of age. *Poultry Science*, 88(12), 2562-2574. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00179>
24. Kalmendal, R., Elwinger, K., Holm, L., & Tauson, R. (2011). High-fibre sunflower cake affects small intestinal digestion and health in broiler chickens. *British Poultry Science*, 52(1), 86-96. <https://doi.org/10.1080/00071668.2010.547843>
25. Kimiaieitalab, M. V., Cámara, L., Goudarzi, S. M., Jiménez-Moreno, E., & Mateos, G. G. (2017). Effects of the inclusion of sunflower hulls in the diet on growth performance and digestive tract traits of broilers and pullets fed a broiler diet from zero to 21 d of age. A comparative study. *Poultry Science*, 96(3), 581-592. <https://doi.org/10.3382/ps/pew263>
26. Lin, Y., & Olukosi, O. A. (2021). Qualitative and quantitative profiles of jejunal oligosaccharides and cecal short-chain fatty acids in broiler chickens receiving different dietary levels of fiber, protein and exogenous enzymes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(12), 5190-5201. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11165>
27. Mateos, G. G., Jiménez-Moreno, E., Serrano, M. P., & Lázaro, R. P. (2012). Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. *Journal of Applied Poultry Research*, 21(1), 156-174. <https://doi.org/10.3382/japr.2011-00477>
28. Montagne, L., Pluske, J. R., & Hampson, D. J. (2003). A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. *Animal Feed Science and Technology*, 108, 95-117. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(03\)00163-9](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(03)00163-9)
29. Nawaz, H., Tariq, M., & Muhammad, Y. (2006). Effect of varying levels of energy and protein on live performance and carcass characteristics of broiler chicks. *Protein Science*, 43, 388-393.
30. Nursiam, I., Ridla, M., & Hermana, W. (2021). Effect of fiber source on growth performance and gastrointestinal tract in broiler chickens. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 788(1), 012058. IOP Publishing.
31. Pourazadi, Z., Salari, S., Tabandeh, M. R., & Abdollahi, M. R. (2020). Effect of particle size of insoluble fibre on growth performance, apparent ileal digestibility and caecal microbial population in broiler chickens fed barley-containing diets. *British Poultry Science*, 61(6), 734-745. <https://doi.org/10.1080/00071668.2020.1799329>
32. Sacranie, A., Svihus, B., Denstadli, V., Moen, B., Iji, P. A., & Choct, M. (2012). The effect of insoluble fiber and intermittent feeding on gizzard development, gut motility, and performance of broiler chickens. *Poultry Science*, 91(3), 693-700. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01790>
33. Sarikhan, M., Shahryar, H. A., Gholizadeh, B., Hosseinzadeh, M. H., Beheshti, B., & Mahmoodnejad, A. (2010). Effects of insoluble fiber on growth performance, carcass traits and ileum morphological parameters on broiler chick males. *International Journal of Agriculture and Biology*, 12, 531-536.
34. Svihus, B. (2011). The gizzard: function, influence of diet structure and effects on nutrient availability. *World's Poultry Science Journal*, 67(2), 207-224. <https://doi.org/10.1017/S0043933911000249>
35. Van Harn, J., Dijkslag, M. A., & Van Krimpen, M. M. (2019). Effect of low protein diets supplemented with free amino acids on growth performance, slaughter yield, litter quality, and footpad lesions of male broilers. *Poultry Science*, 98(10), 4868-4877. <https://doi.org/10.3382/ps/pez229>
36. Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
37. Zaefarian, F., Abdollahi, M. R., & Ravindran, V. (2016). Particle size and feed form in broiler diets: impact on gastrointestinal tract development and gut health. *World's Poultry Science Journal*, 72(2), 277-290. <https://doi.org/10.1017/S0043933916000222>



Improving Growth Performance, Biochemical Parameters and Reducing Mortality due to Ascites in Broilers by Propranolol Inclusion

Shahriar Saidian¹, Somaya Farahmand², Mokhtar fathi^{3*}, Salar Saifi⁴

1- Associate Professor, Department of Biology, Payame Noor University, Tehran, Iran.

2- Assistant Professor, Department of Biology, Payame Noor University, Tehran, Iran.

3- Associate Professor, Department of Animal Sciences, Payame Noor University, Tehran, Iran.

4- Former MSc Student, Department of Biology, Payam Noor University, Tehran, Iran.

*Corresponding Author's Email: Mokhtarfathi@pnu.ac.ir

Received: 05-06-2024

Revised: 12-08-2024

Accepted: 01-09-2024

Available Online: 29-01-2025

How to cite this article:

Saidian, S., Farahmand, S., Fathi, M., & Saifi, S (2025). Improving growth performance, biochemical parameters and reducing mortality due to ascites in broilers by propranolol inclusion. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 16(4), 517-528. (In Persian with English abstract).

<http://doi.org/10.22067/ijasr.2024.88379.1201>

Introduction: Pulmonary hypertension syndrome (ascites) is one of the most common metabolic syndromes in today's fast-growing broilers. It is associated with rapid growth and is characterized by the accumulation of fluid in the abdominal spaces. Effective factors in the occurrence of ascites syndrome included free radicals in the body such as superoxide, hydroxide, and hydrogen peroxide. By reducing the capacity of the body's antioxidant systems, free radicals make the bird susceptible to various diseases. Free radicals are produced in the body by damaging the cell membrane leading to cell death and ultimately tissue damage. Therefore, by increasing cell protection from such injuries, one of the common causes of ascites and heart failure abnormalities can be prevented. In addition, reactive oxygen species (ROS) reduce the half-life of nitric oxide (vasodilating agent), causing a decrease in the ability of vasodilation and providing the basis for the occurrence of ascites. B-blockers (or b-adrenergic antagonists) are a group of drugs widely used in the treatment of cardiovascular diseases, namely arterial hypertension, cardiac arrhythmias, and angina pectoris as well as other types of pathologies such as anxiety or glaucoma. Part of the beneficial cardiovascular effects shown by this group of compounds has already been associated with the antioxidant properties that some of them seem to possess. It demonstrated a concentration-dependent membrane anti-peroxidative activity for propranolol, pindolol, metoprolol, atenolol, and sotalol. Of the five b-blockers examined, propranolol was the most potent agent, and the activities seemed to correlate with the drugs' hydrophobicity. Further studies indicated that the antioxidant activity of propranolol was independent of its pharmacological activity and was related to its intrinsic chemical properties rather than to its quinidine-like membrane stabilization effect. The antioxidant properties of propranolol were later corroborated using membrane and cellular models. More recently, propranolol's antioxidant-related cardioprotective effects were studied in rats, showing that the chronic treatment with this b-blocker was found able to protect against ischemia-reperfusion injury. Thus, it is now accepted that propranolol is an important therapeutic tool against oxidative stress by stabilizing membranes, including lysosomes, inducing the activity of antioxidant and other beneficial enzymes, increasing endothelial nitric oxide production, and directly protecting isolated membranes, cardiovascular cells, and tissues against oxidative injury. So far, there have been few studies on the effects of propranolol in broilers. Therefore, the current research was designed to evaluate the propranolol on the growth performance, antioxidant status, and the status of some hematological and biochemical parameters of broiler chickens under induced ascites.



©2023 The author(s). 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/), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

<http://doi.org/10.22067/ijasr.2024.88379.1201>

Materials and Methods: The experiment was carried out in a completely randomized design with four treatments in four replicates and 10 chickens in each replicate. Experimental treatments included: 1- positive control group (no induce ascites, basal diet), 2- negative control group (inducing ascites and fed with basic diet), 3 and 4- propranolol groups (inducing ascites, supplemented with 50 and 100 ppm propranolol). To induce ascites, water containing 7 g per liter of salt was provided to the chickens from day 15 of age. Growth performance parameters including feed intake, weight gain, and feed conversion ratio were calculated for the total period. On the last day of the experiment (42 d), two birds were randomly selected from each cage and after sampling from the wing vein, they were killed and the ascites index was calculated as the ratio of the weight of the right ventricle to the weight of total ventricles (RV/TV). The mortalities were collected as soon as they were observed and after weighing to correct the feed conversion ratio, were necropsied to investigate the cause of death. Serum antioxidant parameters include the level of malondialdehyde and the activity of antioxidant enzymes including glutathione peroxidase, superoxide dismutase, and catalase were determined. In addition, the serum enzymes including alanine aminotransferase (ALT), aspartate aminotransferase (AST), and alkaline phosphatase (ALP) were measured.

Results and Discussion: The results showed that induction of ascites increased RV/TV, mortality due to ascites, and feed conversion ratio; while it decreased feed intake, and live weight ($P<0.05$). Additionally, ascites induction increased the number of white and red blood cells, hematocrit, hemoglobin, heterophile, and decreased lymphocytes ($P<0.05$). The levels of glutathione peroxidase, superoxide dismutase, and catalase enzymes were decreased in ascites-induced broiler chickens. At the same time, it decreased the level of serum malondialdehyde, aspartate aminotransferase, alanine aminotransferase, and alkaline phosphatase enzymes ($P<0.05$). Inclusion of propranolol had no significant effect on growth performance ($P>0.05$), but it significantly decreased the ratio of right ventricle to total ventricles and ascites related-mortalities ($P<0.05$). Moreover, inclusion of propranolol reduced the number of white and red blood cells, hematocrit, hemoglobin, heterophile and increased lymphocytes compared to the negative control birds ($P<0.05$). In addition, propranolol enhanced the levels of glutathione peroxidase, superoxide dismutase and catalase enzymes and reduced the levels of malondialdehyde, aspartate aminotransferase, alanine aminotransferase, and alkaline phosphatase in serum ($P<0.05$).

Conclusion: In conclusion, propranolol inclusion at 100 ppm may be used to alleviation the physiological responses of broilers exposed to ascites.

Keywords: Antioxidant, Ascites, Broiler chickens, Propranolol, Pulmonary hypertension syndrome, Salt

بهبود عملکرد رشد، فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم و کاهش تلفات آسیتی در جوجه‌های گوشتی با تجویز داروی پروپرانولول

شهریار سعیدیان^۱، سمیه فرهمند^۲، مختار فتحی^{۳*}، سالار سیفی^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۱۱

چکیده

به منظور ارزیابی داروی پروپرانولول بر عملکرد رشد، وضعیت آنتی‌اکسیدانی سرم، فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم و تلفات جوجه‌های گوشتی تحت آسیت القایی، آزمایشی با استفاده از تعداد ۱۶۰ قطعه جوجه یک روزه گوشتی نر (راس، ۳۰۸) در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار و چهار تکرار (۱۰ جوجه در هر تکرار) انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱- گروه شاهد مثبت (بدون القاء آسیت و تغذیه شده با جیره پایه)، ۲- گروه شاهد منفی (القاء آسیت و تغذیه شده با جیره پایه)، ۳ و ۴- گروه پروپرانولول (القاء آسیت همراه با ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام پروپرانولول) بود. برای القاء آسیت از روز ۱۵ آزمایش آب حاوی نمک (هفت گرم در لیتر نمک طعام) استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که القاء آسیت سبب افزایش نسبت بطن راست به کل بطن‌ها، تلفات ناشی از آسیت، کاهش خوراک مصرفی، کاهش وزن بدن و افزایش ضریب تبدیل خوراک شد ($P < 0.05$). همچنین القاء آسیت سبب افزایش شمار گلبول سفید و قرمز، هماتوکریت، هموگلوبین، هتروفیل و کاهش لنفوسیت شد ($P < 0.05$). علاوه بر این، القاء آسیت سطح سرمی آنزیم‌های گلوکاتیون پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز را کاهش و سبب افزایش مالون‌دی‌آلدئید، آسپارات آمینوترانسفراز، آلانین آمینوترانسفراز و آلکالین فسفاتاز سرم شد ($P < 0.05$). نتایج استفاده از پروپرانولول نشان داد که اگرچه تجویز پروپرانولول تأثیر معنی‌داری بر عملکرد رشد نداشت ($P > 0.05$)، اما به طور معنی‌داری سبب کاهش نسبت بطن راست به کل بطن‌ها و تلفات ناشی از آسیت شد ($P < 0.05$). علاوه بر این، تجویز پروپرانولول سبب کاهش تعداد سلول‌های خونی سفید، قرمز، هماتوکریت، هموگلوبین، هتروفیل و افزایش لنفوسیت شد ($P < 0.05$). علاوه بر این، استفاده از پروپرانولول سبب افزایش سطح سرمی آنزیم‌های گلوکاتیون پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز و کاهش مالون‌دی‌آلدئید، آسپارات آمینوترانسفراز، آلانین آمینوترانسفراز و آلکالین فسفاتاز سرم شد ($P < 0.05$). به طور کلی، نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که استفاده از سطح ۱۰۰ پی‌پی‌ام داروی پروپرانولول در جیره جوجه‌های گوشتی برای پیشگیری از تلفات ناشی از آسیت مفید باشد.

واژه‌های کلیدی: افزایش فشار خون ریوی، آسیت، آنتی‌اکسیدان، پروپرانولول، جوجه‌های گوشتی، نمک طعام

مقدمه

قلب، هاپیترتروفی بطن راست و ناکارآمدی قلب، منجر به مرگ پرنده می‌شود (Daneshyar et al., 2009). عوامل مهمی در وقوع سندرم آسیت نقش دارند که می‌توان به ارتفاع، سرما، شرایط جوجه‌کشی، کیفیت هوا، تهویه، نوردهی و تراکم فضای پرورشی اشاره نمود. علاوه بر این، اخیراً نقش تنش اکسیداتیو در بروز آسیت پذیرفته شده است (Fathi et al., 2022). تنش اکسیداتیو زمانی رخ می‌دهد که تولید رادیکال‌های آزاد بیش از ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بدن باشد. قرار گرفتن در معرض تنش اکسیداتیو، پرنده را در مقابل بیماری‌های مختلف مستعد می‌نماید. رادیکال‌های آزاد می‌توانند در بدن با آسیب به غشاء سلول منجر به آسیب‌های بافتی می‌شود، به طوری که یکی از دلایل عمده سندرم آسیت، وقوع آسیب به سلول‌های شش است (Fathi et al., 2022). علاوه بر این، رادیکال‌های آزاد می‌توانند از طریق کاهش ماندگاری نیتریک اکساید (عامل گشادکننده عروق)،

سندرم افزایش فشار خون ریوی (PHS^2) یا همان آسیت یکی از ناهنجاری‌های متابولیکی مهم در صنعت پرورش جوجه‌های گوشتی و به خصوص جنس نر می‌باشد که سالانه سبب ضرر و زیان زیادی به این صنعت می‌شود. آسیت اساساً سبب تجمع مایع در حفره شکمی و پری‌کاردیوم قلب شده و در نهایت، از طریق القاء افزایش عملکرد

۱- دانشیار، گروه زیست‌شناسی (بیوشیمی)، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

۲- استادیار، گروه زیست‌شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

۳- دانشیار، گروه علوم دامی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

۴- دانش آموخته کارشناسی، گروه زیست‌شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

* نویسنده مسئول: (Email: Mokhtarfathi@pnu.ac.ir)<http://doi.org/10.22067/ijasr.2024.88379.1201>

2- Pulmonary Hypertension Syndrome

وضعیت آنتی اکسیدانی و وضعیت برخی از فراسنجه‌های هماتولوژی و بیوشیمیایی جوجه‌های گوشتی در شرایط سندرم آسیب القایی طراحی شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی وابسته به گروه زنجیره‌ای بهشاد آفرین در شهر گرگان با موقعیت جغرافیایی در طول جغرافیایی ۲۶/۵۴ و عرض جغرافیایی ۳۶/۵۰ و ارتفاع شهر از سطح دریا ۱۶۰ متر در فاصله دی و بهمن ماه ۱۴۰۰ انجام شد. تعداد ۱۶۰ قطعه جوجه گوشتی یک روزه جنس نر ($45 \pm 1/2$ گرم) از سویه تجاری راس (۳۰۸) در چهار تیمار آزمایشی (چهار تکرار و ۱۰ جوجه در هر واحد آزمایشی) توزیع گردید. پرنده‌ها در قفس‌هایی با ابعاد 110×110 سانتی‌متر و ارتفاع ۸۰ سانتی‌متر تا سن ۴۲ روزگی روی بستر پرورش یافتند. جیره‌های آزمایشی در هر مرحله (آغازین، ۱۰-۰ روزگی، رشد، ۲۴-۱۱ روزگی و پایانی، ۲۵-۴۲ روزگی) براساس راهنمای پرورش جوجه گوشتی راس ۳۰۸ بر پایه ذرت-سویا و با استفاده از ترکیب شیمیایی اقلام خوراکی طبق جداول انجمن تحقیقات ملی آمریکا (۱۹۹۴) توسط نرم‌افزار جیره‌نویسی UFFDA تنظیم شدند. مواد خوراکی تشکیل‌دهنده و ترکیبات شیمیایی جیره‌های آزمایشی در جدول ۱ آورده شده است.

تیمارهای آزمایشی شامل: ۱- گروه شاهد مثبت (بدون القاء آسیب و تغذیه شده با جیره پایه)، ۲- گروه شاهد منفی (القاء آسیب و تغذیه شده با جیره پایه)، ۳ و ۴- گروه پروپرانولول (القاء آسیب همراه با ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام داروی پروپرانولول در خوراک) بود. پروپرانولول استفاده شده در این تحقیق به شکل قرص ۱۰ میلی‌گرمی تولیدی شرکت دارویی دکتر عبیدی بود که به‌صورت پودر به خوراک آردی اضافه شد. برنامه نوری به‌صورت یک ساعت تاریکی و ۲۳ ساعت روشنایی بود. در طول دوره آزمایش، پرندگان دارای دسترسی آزاد به آب و خوراک (آردی) بودند. برای القاء آسیب از روز ۱۵ آزمایش، پرندگان آب آشامیدنی حاوی هفت گرم در لیتر نمک طعام در لیتر (۲۸/۰ درصد سدیم) دریافت کردند (Mirsalimi et al., 1993; Julian, 1993; Nemati et al., 2022). برنامه دمایی، تهویه و رطوبت برای تمام تیمارهای آزمایشی یکسان و مطابق پیشنهادات سویه راس ۳۰۸ برای دوره‌های زمانی مختلف تنظیم گردید. برنامه واکسیناسیون بیماری نیوکاسل در روزهای ۷، ۱۷ و ۲۸ روزگی و واکسیناسیون بیماری گامبور در ۱۴ روزگی در آب آشامیدنی انجام شد.

سبب کاهش توانایی انبساط‌پذیری عروق شده و زمینه را برای بروز افزایش فشار خون ریوی فراهم نماید (Lorenzoni and Ruiz-Feria, 2006). گزارش‌های متعددی وجود دارد که نشان می‌دهد که استفاده از آنتی اکسیدان‌ها در جیره غذایی جوجه‌های گوشتی تحت سندرم آسیب القایی، به‌طور قابل ملاحظه‌ای می‌تواند سبب بهبود عملکرد رشد و کاهش تلفات در این پرندگان شود (Lorenzoni and Fathi et al., 2016b; Fathi et al., 2022; Ruiz-Feria, 2006; Fathi et al., 2023).

بتا بلاکرها گروهی از داروهایی هستند که به‌طور گسترده در درمان بیماری‌های قلبی-عروقی از جمله فشار خون شریانی استفاده می‌شود. بخشی از اثرات مفید این گروه از ترکیبات با خواص آنتی-اکسیدانی آن‌ها مرتبط است. فعالیت آنتی اکسیدانی پروپرانولول، پیندولول، متوپرولول، آنتولول و سوتالول در غشاهای سلولی گزارش شده است. از بین پنج داروی بتا بلاکرها، به نظر می‌رسد که بیشترین اثرات آنتی اکسیدانی مربوط به پروپرانولول باشد که ظاهراً خاصیت آنتی‌اکسیدانی این توانایی است (Mak et al., 2004).

پروپرانولول یک بتا بلاکرها غیر انتخابی است که عملکرد کاتکول آمین‌ها (آدرنالین و نورآدرنالین) را در گیرنده‌های بتا-۱ و بتا-۲ آدرنرژیک مسدود می‌کند. همچنین پروپرانولول با مسدود کردن گیرنده‌های بتا آدرنرژیک اثرات سمپاتیکی که از طریق این گیرنده‌ها نیز عمل می‌کنند را مهار می‌کند و به‌طور مؤثر در درمان بیماری عروق کرونر و فشار خون بالا استفاده می‌شود (Fischer and Ganellin, 2006). این دارو در انسان برای درمان فشار خون بالا، تعدادی از انواع ضربان قلب نامنظم، تیروتوکسیکوز، همانژیوم مویرگی و اضطراب عملکرد استفاده می‌شود (Davidson, 2006). پروپرانولول بعد از مصرف خوراکی، پس از ۳۰ دقیقه در خون ظاهر می‌شود و حداکثر اثر را بین ۶۰ تا ۹۰ دقیقه ظاهر می‌گردد (Bryson, 1997). گزارش شده است که پروپرانولول به‌طور مستقیم سبب افزایش سطح گلوکاتینون پراکسیداز و اسید آسکوربیک آندوژنی شده و سبب حذف رادیکال‌های آزاد داخل سلولی می‌شود. علاوه بر این، پروپرانولول به‌عنوان محافظت‌کننده قوی غشاهای سلولی از پراکسیداسیون لیپیدی عملکرد بالای دارد، لذا می‌تواند از این طریق سبب بهبود عملکرد سیستم قلبی-عروقی شود (Gomes et al., 2006).

همچنین قبلاً تأثیر مثبت استفاده از بتا بلاکرها آنتولول در بهبود وضعیت آنتی اکسیدانی و متعاقباً بهبود عملکرد قلب و کاهش تلفات آسیتی در جوجه‌های گوشتی گزارش شده است (Hassanzadeh et al., 2002). مطالعات بسیار کمی در مورد داروی پروپرانولول در جوجه‌های گوشتی درگیر با آسیب صورت گرفته است. بنابراین، تحقیق حاضر با هدف ارزیابی داروی پروپرانولول بر عملکرد رشد،

جدول ۱- اجزا و ترکیبات شیمیایی جیره‌های آزمایشی

Table 1- Ingredients and chemical compositions of experimental diets

پایانی روزگی (۲۵-۴۲)	رشد روزگی (۱۱-۲۴)	آغازین روزگی (۱-۱۰)	اجزای جیره (درصد) Ingredients (%)
Finisher (25-42 d)	Grower (11-24 d)	Starter (0-10 d)	
57.56	51.63	47.53	ذرت (۸ درصد پروتئین خام) Corn (8% CP)
32.35	37.99	42.35	کنجاله سویا (۴۴ درصد پروتئین) Soybean meal (44%CP)
6.29	6.24	5.54	روغن سویا Soybean oil
1.05	1.12	1.20	سنگ آهک (۳۸ درصد کلسیم) Limestone (38% Ca)
1.34	1.56	1.79	دی کلسیم فسفات (۲۱ درصد کلسیم) Di-calcium phosphate (21%Ca)
0.25	0.25	0.25	مکمل ویتامینه Vitamin premix ^a
0.25	0.25	0.25	مکمل معدنی Mineral premix ^b
0.40	0.40	0.40	کلراید سدیم NaCl
0.28	0.32	0.37	دی ال-متیونین (۹۹ درصد) DL-methionine (99%)
0.22	0.22	0.28	ال-لیزین هیدروکلراید(۷۸ درصد) L-lysine HCL (78%)
0.00	0.02	0.05	ترئونین (۹۸/۵ درصد) Threonine (98.5%)
ترکیب مواد مغذی محاسبه شده Nutrient composition (calculated)			
3218	3082	2990	انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری بر کیلوگرم) Metabolizable energy (kcal/kg)
19.3	21.3	23	پروتئین خام (درصد) Crude protein, %
0.79	0.87	0.96	کلسیم (درصد) Calcium (Ca), %
0.361	0.409	0.456	فسفر قابل دسترس (درصد) Available phosphorus, %
0.16	0.16	0.16	سدیم (درصد) Sodium (Na), %
0.58	0.64	0.71	متیونین (درصد) Methionine, %
0.89	0.89	1.07	متیونین+سیستین (درصد) Methionine+cysteine, %
1.17	1.30	1.46	لیزین (درصد) Lysine, %
1.30	1.45	1.56	آرژنین (درصد) Arginine, %
0.78	0.87	0.96	ترئونین (درصد) Threonine, %
0.29	0.32	0.35	تریپتوفان (درصد) Tryptophan, %

^۱ هر کیلوگرم مکمل ویتامینی حاوی: ویتامین A: ۳۶۰۰۰۰۰ IU، ویتامین D₃: ۸۰۰۰۰۰ IU، ویتامین E: ۷/۲ گرم، ویتامین K₃: ۰/۸ گرم، ویتامین B₁: ۱/۷ گرم، ویتامین B₂: ۲/۶۵ گرم، ویتامین B₃: ۱۱/۸۸ گرم، ویتامین B₆: ۱/۸۸ گرم، ویتامین B₉: ۰/۴ گرم، ویتامین B₁₂: شش میلی گرم.

^۲ هر کیلوگرم مکمل مواد معدنی حاوی: ۱۰۰ گرم کولین کلراید، ۳۹/۶۸ گرم منگنز (اکسید)، ۳۴/۸۸ گرم روی، ۲۰ گرم آهن، ۴ گرم مس، ۰/۳۹۶ گرم ید، ۰/۰۸ سلنیوم.

¹ Every kilogram vitamin supplement containing: vitamin A: 3600000 IU, vitamin D₃: 800000 IU, vitamin E: 7.2 g, vitamin K₃: 0.8g, vitamin B₁: 1.7 g, vitamin B₂: 2.65 g, vitamin B₃: 11.88 g, vitamin B₆: 1.88 mg, vitamin B₉: 0.4g, Vitamin B₁₂: 6 mg,

² Every kilogram mineral supplement containing: chloride chlorine: 100 g, manganese (oxide): 39.68 g, Zn: 34.88 g, Fe: 20 g, Cu: 4g, iodine: 0.396 mg and Se: 0.08 g.

کاتالاز (CAT^۶) نیز با استفاده از کیت‌های برند نوند سلامت به کمک دستگاه الیزا ریدر (BIOTEK ELx800, US) صورت پذیرفت (Fathi et al., 2022). برای تعیین میزان غلظت مالون‌دی‌آلدئید (MDA^۷) سرم، میزان جذب نوری در نمونه‌ها با روش رنگ‌سنجی و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (UV 1600 PC, Shimadzu, Japan) در طول موج ۴۸۵ نانومتر اندازه‌گیری و غلظت مالون‌دی‌آلدئید نمونه‌ها تعیین گردید (Fathi et al., 2016b). تلفات به‌محض مشاهده جمع‌آوری، ثبت و برای تشخیص دلیل مرگ کالبدگشایی شد. با مشاهده وجود آب در محوطه شکمی و پری‌کاردیوم قلب، تلفات در دسته تلفات ناشی از آسیب ثبت گردید (Fathi et al., 2022). در پایان آزمایش نیز از هر قفس دو قطعه جوجه کشتار و نسبت وزن بطن راست به کل بطن‌ها که به‌عنوان شاخص (RV/TV^۸) آسیب محسوب می‌شود، اندازه‌گیری شد (Fathi et al., 2022). تجزیه و تحلیل آماری به‌کار گرفته شده در این تحقیق به‌صورت طرح کاملاً تصادفی و براساس مدل آماری زیر بود: $Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$ که در آن، Y_{ij} : مشاهده مربوط به تکرار j از تیمار i ، μ : میانگین مشاهدات کل آزمایش، T_i : اثر تیمار i و e_{ij} : خطای آزمایش مربوط به تکرار j از تیمار i است. داده‌های جمع‌آوری شده بعد از آزمون نرمالیت به استفاده از رویه GLM نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ (SAS.2003) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. داده‌های مربوط به تلفات، قبل از تجزیه و تحلیل، با استفاده از تبدیل جذری $\sqrt{x+1}$ ، تبدیل شدند.

برای مقایسه میانگین‌ها هم از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری پنج درصد استفاده شد. همچنین از روش مقایسه‌های مستقل برای مقایسه (Orthogonal) بین گروه‌های تیماری استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد رشد، شاخص آسیبی و تلفات (کل و ناشی از آسیب)

نتایج تأثیر تیمارهای آزمایشی بر فراسنجه‌های عملکردی، تلفات کل و ناشی از آسیب و شاخص آسیبی (RV/TV) در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج نشان داد که تجویز نمک طعام (به‌میزان هفت گرم در لیتر آب آشامیدنی) به‌طور معنی‌داری سبب افزایش بروز سندرم آسیب (اندازه‌گیری شده به‌وسیله شاخص نسبت وزن بطن راست به کل بطن‌ها) شد. افزایش بیش از حد نمک مورد نیاز در جیره یا آب آشامیدنی جوجه‌های گوشتی، جذب یون سدیم در خون آن‌ها را

مقدار خوراک مصرفی و وزن بدن پرندگان هر واحد آزمایشی در سن ۴۲ روزگی اندازه‌گیری و شاخص‌های عملکرد (خوراک مصرفی، افزایش وزن و ضریب تبدیل) برای سن یک تا ۴۲ روزگی محاسبه گردید. در ۴۲ روزگی، از هر قفس دو جوجه به‌طور تصادفی انتخاب و از سیاهرگ بال توسط سرنگ‌های مخصوص خون‌گیری و برای دو نمونه (دو میلی‌لیتر) استفاده شد. یک نمونه برای شمارش سلول‌های خونی و نمونه دیگر برای تهیه سرم برای اندازه‌گیری شاخص‌های بیوشیمیایی خون استفاده شد. برای تعیین سلول‌های خونی، یکی از لوله‌ها حاوی ماده ضد انعقاد (اتیلن دی‌آمین تترا استیک اسید) بود. نمونه‌های خون برای شمارش افتراقی گلبول‌های سفید خون (هتروفیل و لنفوسیت) و محاسبه نسبت هتروفیل به لنفوسیت به‌روش رنگ‌آمیزی گیمسا آزمایش شدند (Nooreh et al., 2020). غلظت هموگلوبین با استفاده از کیت شرکت زیست‌شیمی به‌روش رنگ‌سنجی و سیانومت هموگلوبین اندازه‌گیری شد. جهت تعیین هماتوکریت، نمونه‌های خون موجود در لوله‌های موئین سانتریفیوژ (۱۵۱ جی) شدند و با استفاده از خط‌کش هماتوکریت، درصد هماتوکریت محاسبه شد. برای شمارش تعداد گلبول‌های قرمز از روش دستی و لام هموسایتومتر نتوبار استفاده شد (Nooreh et al., 2020). برای تهیه سرم، نمونه‌های خونی بعد از نگهداری ۱۲ ساعت در دمای اتاق، به سانتریفیوژ (۲۰۶ جی) و سرم به‌دست آمده در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد تا زمان تعیین فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم نگهداری شد. نمونه‌ها به‌مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق نگهداری شد، سپس به‌مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ (HERMLE-Z323K، آلمان) شد و سرم از خون جدا گردید. نمونه‌های سرم بلافاصله بعد از جداسازی و انتقال به میکروتیوب در فریزر تحت دمای درجه ۲۰- درجه سانتی‌گراد تا زمان اندازه‌گیری پارامترهای مربوطه نگهداری شدند. سنجش فراسنجه‌های بیوشیمیایی در این آزمایش براساس پروتکل‌های دامپزشکی توسط آزمایشگاه دامپزشکی رادین مهر گرگان انجام شد. اندازه‌گیری آنزیم‌های سرم شامل آسپارات آمینوترانسفراز (AST^۱)، آلانین آمینوترانسفراز (ALT^۲) و آلکالین فسفاتاز (ALP^۳) با استفاده از کیت‌های برند Padco و دستگاه اسپکتروفتومتر i3 UV-VIS (Spectrophotometer-Hanon) انجام شد (Fathi et al., 2016a). اندازه‌گیری فراسنجه‌های آنتی‌اکسیدانی سرم شامل آنزیم‌های گلوتاتیون پراکسیداز (GPx^۴)، سوپراکسید دیسموتاز (SOD^۵)،

- 1- Aspartate transaminase
- 2- Alanine transaminase
- 3- Alkaline phosphatase
- 4- Glutathione peroxidase
- 5- Superoxide dismutase

- 6- Catalase
- 7- Malondialdehyde
- 8- Right ventricle/total ventricle

افزایش فعالیت قلب در جهت تأمین اکسیژن مورد نیاز در شرایط دمای هوای سرد و افزایش فشارخون ریوی ناشی از مصرف سدیم بالا است (Fathi et al., 2016 a, b, Daneshyar et al., 2009). تحقیقات قلبی نشان می‌دهد که استفاده از آنتی‌اکسیدان‌ها می‌تواند با کاهش رادیکال‌های آزاد و متعاقباً کاهش اکسیداسیون لیپیدهای دیواره مویرگی و حفظ ساختار مویرگ و حفاظت از اکسیداسیون بافت قلب و بافت کبد، بروز آسیب را کاهش دهد. همچنین این محققان حدس زدند که آنتی‌اکسیدان‌ها می‌توانند با بهبود وضعیت عمومی دستگاه گوارش سبب بهبود هضم و جذب شوند (Rajani et Bautista-Ortega and Ruiz-Feria, 2010; Fathi et al., 2016a, 2022). از طرفی، اثرات آنتی-اکسیدانی داروی پروپرانولول نیز در گزارش‌های زیادی به اثبات رسیده است (Venkata and Ram, Mak and Weglicki, 2004; Venkata and Ram, Mak and Weglicki, 2004; Kramer et al., 2012; Ranasinghe et al., 2020; Serreau et al., 2024). بنابراین، حدس بر این است که پروپرانولول از طریق اعمال اثرات آنتی‌اکسیدانی سبب بهبود سلامت و عملکرد قلبی-عروقی شده و همچنین با بهبود وضعیت دستگاه گوارش سبب بازیابی عملکرد رشد شد.

علاوه بر این، کاهش فشار خون و مشکلات ناشی از آن در اثر تجویز داروی پروپرانولول در بیماران انسانی گزارش شده است (Mak Venkata and Ram, 2010; Kramer et al., 2012; Ranasinghe et al., 2020). علاوه بر این، گزارش شده است که پروپرانولول از طریق اثرات آنتی‌اکسیدانی، سبب افزایش پایداری نیتریک اکسید آندوتلیالی شده و از طریق کمک به انبساط-پذیری عروق، سبب کاهش فشار خون در بیماران شد (Ranasinghe et al., 2020).

فراسنجه‌های خونی

تأثیر تیمارهای آزمایشی مختلف بر شمار سلول‌های خونی در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج نشان داد که القاء آسیب به‌طور معنی‌داری سبب افزایش شمار گلبول قرمز و سفید خون، میزان هموگلوبین و هماتوکریت، درصد هتروفیل و نسبت هتروفیل به لنفوسیت و کاهش درصد لنفوسیت شد ($P < 0.05$). در همین حال، تجویز پروپرانولول در سطح ۵۰ پی‌پی‌ام، به‌طور معنی‌داری سبب کاهش اثرات آسیب القایی بر سلول‌های خونی در گروه‌های تحت آسیب القایی تا حد گروه شاهد مثبت شد ($P < 0.05$). اختلاف معنی‌داری بین سطوح ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام پروپرانولول بر سلول‌های خونی در جوجه‌های گوشتی گروه‌های تحت آسیب القایی مشاهده نشد ($P > 0.05$).

افزایش داده و موجب هیدروپریکاردیت، ادم ریوی، زیرجلدی، کلیوی، هیپرتروفی قلب و سپس آسیب می‌شود. (Mirzali Mirsalimi et al., 1993; Julian, 1993; Hassanzadeh, 2017; Nemat et al., 2022).

جوجه‌های جوان حساسیت بیشتری به مسمومیت به نمک دارند. اگرچه سازوکار افزایش فشار خون سرخرگ ریه، در پی استفاده از نمک که موجب بروز آسیب می‌شود به‌طور کامل مشخص نیست، اما به نظر می‌رسد که عوامل متعددی در این مورد نقش داشته باشند. افزایش سدیم داخل سلولی موجب انقباض عروق می‌شود. بنابراین، مصرف بیش از حد نمک در پرندگان موجب انقباض عروق محیطی و در نتیجه، افزایش فشار خون سیستمیک می‌شود. از سوی دیگر، افزایش سدیم در خون سبب جذب مایعات یا موجب هیپرولمی (افزایش حجم خون) می‌شود. افزایش حجم خون نیز افزون بر ایجاد افزایش فشار خون ریوی، سبب صدمه زدن به هر دو بطن چپ و راست قلب می‌شود. علاوه بر این، افزایش سدیم در پلاسما سبب افزایش ورود آن به داخل گلبول‌های قرمز خون و در نتیجه، سبب جذب آب و افزایش حجم آن، کاهش انعطاف‌پذیری، افزایش شکنندگی و تغییر شکل گلبول‌های قرمز می‌شود. افزایش نمک با افزایش تعداد گلبول قرمز خون نیز همراه است که این موضوع موجب افزایش هماتوکریت و ویسکوزیته خون می‌شود. در نهایت، مجموعه این عوامل موجب دشواری حرکت گلبول‌های قرمز در مویرگ‌های باریک ریه، افزایش فشار خون ریوی، نارسایی بطن راست و بروز آسیب می‌شود (Hassanzadeh, 2017).

در این تحقیق، القاء آسیب به‌طور معنی‌داری سبب افزایش نسبت بطن راست به کل بطن‌ها (۰/۳۰ در مقابل ۰/۲۲) و تلفات ناشی از آسیب (۱۵ درصد در مقابل ۰/۲۵ درصد) شد ($P < 0.05$). همچنین، القاء آسیب سبب کاهش وزن زنده در سن ۴۲ روزگی (۲۱۱۵ گرم در مقابل ۲۵۱۰ گرم) و افزایش ضریب تبدیل خوراک (۱/۵۴ در مقابل ۱/۷۴) در ۴۲ روزگی شد ($P < 0.05$). نتایج استفاده از داروی پروپرانولول نشان داد که اگرچه تجویز داروی پروپرانولول در هیچ‌کدام از سطوح استفاده شده در این تحقیق (۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام در کیلوگرم خوراک) تأثیر معنی‌داری بر فاکتورهای عملکردی در جوجه‌های گوشتی تحت آسیب القایی نداشت ($P > 0.05$)، اما پروپرانولول در هر دو سطح به‌طور معنی‌داری سبب کاهش شاخص آسیتی و تلفات ناشی از آسیب شد ($P < 0.05$). اختلاف معنی‌داری بین اثرات سطوح ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام پروپرانولول در گروه‌های تحت آسیب القایی بر فراسنجه‌های عملکرد رشد، تلفات و شاخص آسیتی (وزن بطن راست به کل بطن‌ها) مشاهده نشد ($P > 0.05$).

افزایش شاخص آسیتی به بالاتر از ۰/۲۹ نشان از بروز آسیب دارد. این افزایش نسبی وزن بطن راست نشان از هایپرتروفی قلب در اثر

جدول ۲- اثر تیمارهای آزمایشی مختلف بر عملکرد و شاخص آسیتی جوجه‌های گوشتی

Table 2- The effect of different experimental treatments on the performance and ascites index of broiler chickens

تیمارها Treatments	وزن بدن (گرم) BWG (g)	خوراک مصرفی (گرم) FI (g)	ضریب تبدیل خوراک FCR	نسبت بطن راست به کل بطن‌ها RV/TV	تلفات ناشی از آسیت (درصد) Mortality due to ascites (%)
شاهد مثبت PC	2510 ^a	3881 ^a	1.54 ^b	0.22 ^b	0.25 ^b
شاهد منفی NC	2115 ^b	3682 ^b	1.74 ^a	0.30 ^a	15.00 ^a
۵۰ میلی گرم پروپرانولول PP-1	2110 ^b	3600 ^b	1.70 ^a	0.21 ^b	0.25 ^b
۱۰۰ میلی گرم پروپرانولول PP-2	2120 ^b	3610 ^b	1.70 ^a	0.22 ^b	0.25 ^b
خطای استاندارد میانگین SEM	15.20	25.21	0.02	0.01	0.09
سطح احتمال P-value	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Orthogonal contrasts			P-value		
PP vs. NC	0.19	0.35	0.41	< 0.01	< 0.01

^{a,b,c} میانگین‌های با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی‌دار هستند. (P<0.05)

وزن بدن (BWG)، مصرف خوراک (FI)، ضریب تبدیل خوراک (FCR)، نسبت وزن بطن راست به کل بطن‌ها (RV/TV)، شاهد مثبت، بدون آسیت القایی و تغذیه با رژیم غذایی پایه (PC)، شاهد منفی، با آسیت القایی و رژیم غذایی پایه تغذیه شده (NC)، و سطوح ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام داروی پروپرانولول به ترتیب (PP-1 و PP-2)

^{a-d} Means with different superscripts in the same columns are significantly different (P < 0.05).

BW: body weight; FI: feed intake; FCR: feed conversion ratio; RV/TV: right ventricle/total ventricle; PC: positive control (without induction ascites and fed basal diet); NC: negative control (with induction ascites and fed basal diet); PP-1 and PP-2: indicate the supplementation propranolol at the rate of 50 and 100 ppm respectively

جدول ۳- اثر تیمارهای آزمایشی مختلف بر فراسنجه‌های هماتولوژی جوجه‌های گوشتی

Table 3- The effect of different experimental treatments on blood parameters of broiler chickens

تیمارها Treatments	گلبول سفید (میلیون در میکرولیتر) WBC (×10 ³ /μl)	گلبول قرمز (میلیون در میکرولیتر) RBC (×10 ⁶ /μl)	هموگلوبین (گرم در دسی لیتر) HGB (g/dl)	هماتوکریت (درصد) HCT (%)	لنفوسیت (درصد) Lymphocyte (%)	هتروفیل (درصد) Heterophil (%)	هتروفیل /لنفوسیت Heterophil / Lymphocyte (%)
شاهد مثبت PC	17.62 ^b	2.67 ^b	12.80 ^c	32.07 ^c	0.79 ^a	0.16 ^b	0.20 ^b
شاهد منفی NC	19.86 ^a	2.94 ^a	16.40 ^a	41.70 ^a	0.51 ^b	0.38 ^a	0.74 ^a
۵۰ میلی گرم پروپرانولول PP-1	18.78 ^b	2.61 ^b	14.00 ^b	36.72 ^b	0.81 ^a	0.15 ^b	0.18 ^b
۱۰۰ میلی گرم پروپرانولول PP-2	18.87 ^b	2.65 ^b	13.91 ^b	33.42 ^c	0.80 ^a	0.14 ^b	0.17 ^b
خطای استاندارد میانگین SEM	0.55	0.13	0.85	0.26	0.02	0.02	0.03
سطح احتمال P-value	0.01	< 0.01	0.01	0.02	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Orthogonal contrasts			P-value				
PP vs. NC	0.01	0.01	0.02	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.02

^{a,b,c} میانگین‌های با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی‌دار هستند. (P<0.05).

شاهد مثبت، بدون آسیت القایی و تغذیه با رژیم غذایی پایه (PC)، شاهد منفی، با آسیت القایی و رژیم غذایی پایه تغذیه شده (NC)، و سطوح ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام داروی پروپرانولول به ترتیب (PP-1 و PP-2)

^{a-d} Means with different superscripts in the same columns are significantly different (P<0.05).

PC: Positive control (without induction ascites and fed basal diet); NC: negative control (with induction ascites and fed basal diet); PP-1 and PP-2: indicate the supplementation of propranolol at the rate of 50 and 100 ppm respectively. WBC: white blood cell; RBC: red blood cell; HGB: hemoglobin; HCT: hematocrit.

انسانی متعددی به اثبات رسیده است. علاوه بر این، مشاهده کرده‌اند که پروپرانولول می‌تواند افزایش گلبول‌های سفید ناشی از تنش را سرکوب کند (Ranasinghe et al., 2020).

شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی سرم

نتایج مربوط به تأثیر تیمارهای آزمایشی بر شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی سرمی جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی در جدول ۴ آورده شده است. نتایج نشان داد که درحالی‌که القاء آسیت به‌طور معنی‌داری سبب کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی GPx، SOD، CAT و افزایش سطح پراکسیداسیون لیپید (MDA) در سرم جوجه‌های گوشتی شد ($P < 0.05$). در همین حال، تجویز داروی پروپرانولول در هر دو سطح استفاده شده در این تحقیق (۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام در خوراک) به‌طور معنی‌داری سبب بهبود شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی جوجه‌های گوشتی تحت تنش آسیت شد ($P < 0.05$).

مطابق با نتایج این تحقیق، افزایش شمار گلبول‌های سفید و قرمز، هماتوکریت، هموگلوبین، نسبت هتروفیل به لنفوسیت و کاهش لنفوسیت در جوجه‌های گوشتی تحت آسیت القایی به‌روش سرما گزارش شده است (Fathi et al., 2016a, Olfathi et al., 2018; 2016b, 2022). اعتقاد بر این است که افزایش تعداد گلبول‌های قرمز خون در جوجه‌های گوشتی درگیر با آسیت مربوط به اثرات جبرانی هیپوکسی و همچنین تخریب بسیار گلبول‌های قرمز توسط رادیکال‌های آزاد تولید شده در پرندگان تحت تنش بوده و به‌واسطه افزایش ترشح هورمون کورتیکوسترون و اریتروپویتین است و نتیجه نهایی آن، تولید تعداد بسیار بالای گلبول‌های قرمز نابالغ است که به دنبال آن سبب افزایش هماتوکریت و هموگلوبین هم می‌شود (Luger et al., 2001). آنتی‌اکسیدان‌ها از طریق اثرات حفاظتی از غشاء گلبول قرمز، مانع از تجزیه آن‌ها شده و متعاقباً مانع از افزایش تعداد گلبول‌های قرمز نابالغ، سطح هموگلوبین و هماتوکریت خواهند شد (Fathi et al., 2022). اثرات آنتی‌اکسیدانی داروی پروپرانولول در بهبود تنش اکسیداتیو در بیماران درگیر با فشار خون در گزارش‌های

جدول ۴- تأثیر تیمارهای مختلف آزمایشی بر عملکرد آنتی‌اکسیدانی سرم جوجه‌های گوشتی

Table 4- The effect of different experimental treatments on the serum antioxidant function of broiler chickens

تیمارها Treatments	گلوتاتیون پراکسیداز (واحد در میلی‌لیتر) GPx (U/ml)	سوپراکسید دیسموتاز (واحد در میلی‌لیتر) SOD (U/ml)	کاتالاز (نانومول در دقیقه در میلی‌لیتر) در میلی‌لیتر) CAT nmol/min/ml	مالون دی‌آلدئید (نانومول در میلی‌لیتر) MDA (n mol/ml)
شاهد مثبت PC	8328.0 ^a	364.7 ^b	81.80 ^b	11.87 ^d
شاهد منفی NC	646.9 ^d	322.5 ^c	75.60 ^c	18.21 ^a
۵۰ میلی‌گرم پروپرانولول PP-1	905.9 ^c	327.9 ^c	97.8 ^a	16.72 ^b
۱۰۰ میلی‌گرم پروپرانولول PP-2	2334.8 ^b	457.2 ^a	97.5 ^a	14.64 ^c
خطای استاندارد میانگین SEM	96.2	3.32	1.09	0.73
سطح احتمال P-value	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Orthogonal contrasts			P value	
PP vs. NC	0.01	0.02	0.01	0.01

^{a,b,c} میانگین‌های با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی‌دار هستند ($P < 0.05$).

شاهد مثبت، بدون آسیت القایی و تغذیه با رژیم غذایی پایه (PC)، شاهد منفی، با آسیت القایی و رژیم غذایی پایه تغذیه شده (NC)، و سطوح ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام داروی پروپرانولول به‌ترتیب (PP-1 و PP-2)

^{a-d} Means with different superscripts in the same columns are significantly different ($P < 0.05$).

PC: Positive control (without induction ascites and fed basal diet); NC: Negative control (with induction ascites and fed basal diet); PP-1 and PP-2: indicate the supplementation of Propranolol at the rate of 50 and 100 ppm respectively; GPx: glutathione peroxidase; SOD: superoxide dismutase; CAT: catalase; MDA: malondialdehyde

عروق و کاهش مشکلات قلبی-عروقی می‌شود (Khapar et al., 1997).

فعالیت آنزیم‌های کبدی

نتایج تأثیر تیمارهای آزمایشی بر فعالیت آنزیم‌های کبدی موجود در سرم در جدول ۵ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که القاء آسیب به طور معنی‌داری بر فعالیت آنزیم‌های آسپاراتات آمینوترانسفراز (AST)، آلانین آمینوترانسفراز (ALT)، و آلکالین فسفاتاز (ALP) شد ($P < 0.05$). پروپرانولول در هر دو سطح به طور معنی‌داری سبب کاهش سطوح سرمی آنزیم‌های ALT، AST، و ALP شد ($P < 0.05$).

اثرات آنتی‌اکسیدانی داروی پروپرانولول در انسان گزارش شده است (Venkata and Ram, 2010; Mak and Weglicki, 2004). پروپرانولول احتمالاً بدون تغییر در بیان ژنی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گلوکوتایون پراکسیداز، سوپراکسیددیسموتاز و کاتالاز، به طور مستقیم سبب کاهش پراکسیداسیون لیپیدی در بیماران درگیر با فشار خون بالا می‌شود. پروپرانولول یک ترکیب لیپوفیلک بوده و به راحتی به غشاهای سلولی وارد می‌شود و می‌تواند مستقیماً با رادیکال‌های آزاد مقابله نماید، بنابراین به طور مستقیم می‌تواند آنتی‌اکسیدانی سلولی را تقویت نماید و از این طریق سبب کمک به افزایش انبساط‌پذیری

جدول ۵- تأثیر تیمارهای آزمایشی مختلف بر فعالیت آنزیم‌های کبدی موجود در سرم جوجه‌های گوشتی

Table 5- The effect of different experimental treatments on the activity of liver enzymes in the serum of broiler chickens

تیمارها Treatments	آلانین آمینوترانسفراز (واحد در لیتر) ALT (U/L)	آسپاراتات آمینوترانسفراز (واحد در لیتر) AST (U/L)	آلکالین فسفاتاز (واحد در لیتر) ALP (U/L)
شاهد مثبت PC	14.88 ^c	10.36 ^b	359.7 ^c
شاهد منفی NC	22.66 ^a	55.04 ^a	394.6 ^a
۵۰ میلی گرم پروپرانولول PP-1	20.49 ^a	14.83 ^b	324.8 ^b
۱۰۰ میلی گرم پروپرانولول PP-2	18.18 ^b	22.49 ^c	328.1 ^b
خطای استاندارد میانگین SEM	0.24	3.53	8.39
سطح احتمال P-value	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Orthogonal contrasts	P value		
PP vs. NC	0.02	0.01	0.01

^{a,b,c} میانگین‌های با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی‌دار هستند ($P < 0.05$).

شاهد مثبت، بدون آسیب القایی و تغذیه با رژیم غذایی پایه (PC)، شاهد منفی، با آسیب القایی و رژیم غذایی پایه تغذیه شده (NC)، و سطوح ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام داروی پروپرانولول به ترتیب (PP-1 و PP-2).

^{a-d} Means with different superscripts in the same columns are significantly different ($P < 0.05$).

PC: Positive control (without induction ascites and fed basal diet); NC: negative control (with induction ascites and fed basal diet); PP-1 and PP-2: indicate the supplementation Propranolol at the rate of 50 and 100 ppm respectively; ALT: alanine transaminase; AST: aspartate transaminase; GGT: GAMMA-GLUTAMYL TRANSFERASE; ALP: alkaline phosphatase.

روی کبد اثر محافظتی داشته و سبب کاهش سطح سرمی آنزیم‌های ALT و AST می‌شود (Walldorf et al., 2010).

نتیجه‌گیری کلی

به طور کلی، نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که استفاده از داروی پروپرانولول در جوجه‌های گوشتی درگیر با آسیب سبب کاهش تلفات (از ۱۵ درصد به ۰/۲۵ درصد) شد. احتمالاً اثرات آنتی‌اکسیدانی و محافظ از کبد و کاهش فشار خون ناشی از پروپرانولول دلیل اصلی

در جوجه‌های تحت تنش سرما، سطح سرمی آنزیم‌های ALT و AST افزایش می‌یابد (Fathi et al., Arab et al., 2006). علاوه‌براین، افزایش سطح سرمی آنزیم‌های کبدی ناشی از آسیب سلول‌های کبدی در جوجه‌های گوشتی تحت آسیب القایی به روش افزایش نمک در خوراک گزارش شده است (Fathi et al., 2023). پروپرانولول دارای اثرات محافظتی در برابر آسیب اکسیداتیو ناشی از فشارخون بالا است. اثرات آنتی‌اکسیدانی آن قبلاً در مدل‌های مختلف آزمایشی *in vivo* و *in vitro* در حیوانات و انسان‌ها نشان داده شده است (Ramos et al., 2005). پروپرانولول

اثرات مثبت آن باشد. به‌طور کلی، نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که احتمالاً استفاده از سطح ۱۰۰ پی‌پی‌ام داروی پروپرانولول در جیره جوجه‌های گوشتی برای پیشگیری از مشکلات ناشی از آسیت مفید باشد.

References

1. Arab, H., Jamshidi, A., Rassuli, R., Shams, G., & Hassanzadeh, M. H. (2006). Generation of hydroxyl radicals during ascites experimentally induced in broilers. *British Poultry Science*, 47, 216-222. <http://dx.doi.org/10.1080/00071660600611102>.
2. Bautista-Ortega, J., & Ruiz-Feria, C. A. (2010). L-arginine and antioxidant vitamins E and C improve the cardiovascular performance of broiler chickens grown under chronic hypobaric hypoxia. *Poultry Science*, 89, 2141-2146. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2010-00764>.
3. Bryson, P. D. (1997). Comprehensive review in toxicology for emergency clinicians (3 Ed.). Washington, DC: Taylor & Francis. p. 167. ISBN 9781560326120. Archived from the original on 24 March 2017
4. Davidson, J. R. (2006). Pharmacotherapy of social anxiety disorder: What does the evidence tell us? *The Journal of Clinical Psychiatry*, 67 (12), 6-20. <http://dx.doi.org/10.1016/j.genhosppsych.2005.07.002>. PMID 17092192.
5. Daneshyar, M., Kermanshahi, H., & Golian, A. (2009). Changes of biochemical parameters and enzyme activities in broiler chickens with cold-induced ascites. *Poultry Science*, 88, 108-110. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2008-00170>.
6. Fathi, M., Tanha, T., Taherkhani, R., & Razaee Komasi, V. (2023). Comparative study of the effects of ethanolic extract of sage (*Salvia officinalis*) and vitamin C on antioxidant status, blood and biochemical parameters, mortality, and performance in broilers under induced ascites. *Animal Production Research*, 12 (3), 15-27. <http://dx.doi.org/10.22124/AR.2023.23780.1751> (In Persian).
7. Fathi, M., Tanha, T., & Saeedyan, S. (2022). Influence of dietary lycopene on growth performance, antioxidant status, blood parameters and mortality in broiler chicken with cold-induced ascites. *Archive Animal Nutrition*, 8, 1-11. <http://dx.doi.org/10.1080/1745039X.2022.2046451>.
8. Fathi, M., Haydari, M., & Tanah, T. (2016a). Influence of dietary aspirin on growth performance, antioxidant status, and mortality due to ascites in broiler chickens. *Poultry Science Journal*, 4(2), 139-146. <http://dx.doi.org/10.22069/PSJ.2016.10701.1178>.
9. Fathi, M., & Haydari, T. (2016b). Effects of atenolol on growth performance, mortality due to ascites, antioxidant status and some blood parameters in broilers under induced ascites. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 8 (2), 329-339. <http://dx.doi.org/10.22067/IJASR.V8I2.47188>. (In Persian).
10. Fischer, J., & Ganellin, C. R. (2006). Analogue-based Drug Discovery. John Wiley & Sons. p. 463. ISBN 9783527607495.
11. Frautschy, S. A., Hu, W., Kim, P., Miller, S. A., Chu, T., Harris-White, M. E., & Cole, G. M. (2001). Phenolic anti-inflammatory antioxidant reversal of Ab-induced cognitive deficits and neuropathology. *Neurobiology of Aging*, 22(6), 993-1005.
12. Gomes, A., David Costa, Jose L. F. C. Lima & Fernandes, E. (2006). Antioxidant activity of b-blockers: An effect mediated by scavenging reactive oxygen and nitrogen species? *Bioorganic and Medicinal Chemistry*, 14(13), 4568-4577. <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2006.02.023>.
13. Hassanzadeh, M. (2017). Metabolic disorder of poultry. 3th rev. Tehran University Press, Tehran, Iran.
14. Hassanzadeh, M., J. Buyse & E. Decuyper. (2002). Further evidence for the involvement of cardiac beta-adrenergic receptors in right ventricle hypertrophy and ascites in broiler chickens. *Avian Pathology*, 31(2), 177-81. <http://dx.doi.org/10.1080/03079450120118676>.
15. Julian, R. J. (1993). Ascites in poultry. *Avian Pathology*, 22 (3), 419-454, <http://dx.doi.org/10.1080/03079459308418934>.
16. Khaper, N., Claudio, R., Charita, S., Timao, L., & Pawan K. S. (1997). Chronic treatment with propranolol induces antioxidant changes and protects against ischemia-reperfusion injury. *Journal of Molecular and Cellular Cardiology*, 29(12), 3335-3344. <http://dx.doi.org/10.1006/jmcc.1997.0558>
17. Kramer, J.H., Spurney, C. F., & Iantorno, M. (2012). D-Propranolol protects against oxidative stress and progressive cardiac dysfunction in iron overloaded rats. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 90 (9), 1257-68. <https://doi.org/10.1139/y2012-091>.
18. Lorenzoni, A. G., & Ruiz-Feria, C. A. (2006). Effects of vitamin E and l-arginine on cardiopulmonary function and ascites parameters in broilers chickens reared under sub-normal temperatures. *Poultry Science*, 85, 2241-2250. <http://dx.doi.org/10.1093/ps/85.12.2241>.
19. Luger, D., Shinder, D., Rzepakovsky, V., Rusal, M., & Yahav, S. (2001). Association between weight gain, blood parameters, and thyroid hormones and the development of ascites syndrome in broiler chickens. *Poultry*

- Science*, 80, 965-971.
20. Mak, T., & William, B. W. (2004). Potent antioxidant properties of 4-hydroxyl-propranolol. *the Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, 308 (1), 58032/1116386. <http://dx.doi.org/10.1124/jpet.103.058032>.
21. Mirsalimi, S. M., O'Brien, P. J., & Julian, R. J. (1992) Blood volume increase in salt-induced pulmonary hypertension, heart failure and ascites in broiler and white leghorn chickens. *Canadian Journal of Veterinary Research*, 57(2), 110-113.
22. Nemati, M. H., Amanlou, F., & Shahir, M. A. (2022). Effect of adding *Mentha piperita* powder on performance, immune system, and blood parameters of broilers under ascites induction conditions. *Animal Production Research*, 11(1), 27-38. <http://dx.doi.org/10.22124/AR.2022.19209.1603>. (In Persian).
23. Nooreh, Z., Taherpour, K., Akbari Gharaei, M., Shiraz, H., & Ghasemi, H. A. (2020). Comparing effects of *Ferulago angulate* extract with antibiotic, probiotic, and vitamin-mineral complex on growth performance and immune response of broiler chickens exposed to heat stress. *Journal of Animal Production*, 22(4), 645-657. <http://dx.doi.org/10.22059/jap.2020.304657.623540>. (In Persian).
24. Olfati, A., Mojtahedin, A., Sadeghi, T., Akbari, M., & Martínez-Pastor, F. (2018). Comparison of growth performance and immune responses of broiler chicks reared under heat stress, cold stress and thermoneutral conditions. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 16 (2), e0505-e0505. <https://doi.org/10.5424/sjar/2018162-12753>.
25. Ranasinghe, H. N., N. Fernando, S., Handunnetti, P. N. Weeratunga, P. Katulanda, S. Rajapakse, P. Galappatthy & Constantine, G. R. (2020). The impact of propranolol on nitric oxide and total antioxidant capacity in patients with resistant hypertension—Evidence from the APPROPRIATE trial. *BMC Research Notes*, 13, 228. <https://doi.org/10.1186/s13104-020-05067-5>.
26. Ramos, B. P., Colgan, L., Eric N. S., Ovadia, S., Wilson, R., Amy, F T., & Arnsten, F.T. (2005). The beta-1 adrenergic antagonist, betaxolol, improves working memory performance in rats and monkeys. *Biological Psychiatry*, 58(11), 894-900.
27. Rajani, J., Karimi Torshizi, M. A., & Rahimi, S. H. (2011). Control of ascites mortality and improved performance and meat shelf-life in broilers using feed adjuncts with presumed antioxidant activity. *Animal Feed Science and Technology*, 170, 239- 245. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.09.001>.
28. Serreau, P., Amirouche, A., Benyamina, A., & Berteina-Raboin, S. (2024). Propranolol hydrochloride psychiatric effectiveness and oxidative stress: An update. *Oxygen*, 4, 139-149. <https://doi.org/10.3390/oxygen4020009>.
29. Venkata, S., & Ram, M.D. (2010). Beta-blockers in hypertension. *The American Journal of Cardiology*, 106, 1819-1825.
30. Walldorf, J., Hillebrand, C., Aurich, H., Stock, P., Hempel, M., Ebensing, S., Wolfgang, E Fleig, T. S., Matthias, M. D., & Bruno C. (2010). Propranolol impairs liver regeneration after partial hepatectomy in C57Bl/6-mice by transient attenuation of hepatic lipid accumulation and increased apoptosis. *Scandinavian Journal of Gastroenterology*, 45(4), 468-476. <http://dx.doi.org/10.3109/00365520903583848>



Predicting Insemination Outcome in Holstein Dairy Cattle using Deep Learning

Mohammad Alishahi^{1*}, Mahdi Ravakhah²

1 and 2- Assistant Professor, Department of Computer Engineering, Research Center of Smart Distribution Networks, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran.

*Corresponding Author's Email: alishahi@ieee.org

Received: 07-08-2024

Revised: 31-08-2024

Accepted: 01-09-2024

Available Online: 29-01-2025

How to cite this article:

Alishahi, M., & Ravakhah, M. (2025). Predicting insemination outcome in Holstein dairy cattle using deep learning. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 16(4), 529-541. (in Persian with English abstract)

<http://doi.org/10.22067/ijasr.2024.89072.1212>

Introduction: Development of a predictive model using machine learning can help livestock farmers to increase their understanding of the performance potential of their livestock. It can assist in decision-making processes related to livestock management, elimination and replacement selection, nutrition, reproduction and other matters of livestock management. Predicting insemination outcomes provides valuable insights to improve reproductive performance, breeding processes, milk production and overall livestock efficiency. The integration of predicting models in the existing systems in animal husbandry increases its practical application as a decision support tool for animal farmers. By developing a tool that can determine the reproductive success of livestock, ranchers can optimize their production and breeding strategies and improve overall livestock management practices to increase reproductive efficiency and profitability. In this study

Material and Methods: This study utilized data from the Helal Agro-Industry Co., a commercial dairy farm associated with the Iranian Red Crescent Investment Company. The commercial dairy herds in this region primarily consist of Holstein-Friesian cattle. In terms of record-keeping and efficient data management, the agricultural enterprise utilizes the Modiran Farmer software. This software leverages the Microsoft SQL Server database infrastructure to facilitate the storage of pertinent information. The dataset encompasses a diverse array of tables containing entries spanning various aspects such as reproduction, milking, health profiles, genetic insights, and broader characteristic attributes. The temporal scope of the database spans from January 1994 through May 2023, encapsulating a substantial historical period. We executed a SQL query against the database to generate a dataset of insemination records and their corresponding features. For each insemination record, we retrieved 25 features encompassing covariates related to milking, reproduction, management factors, health, and insemination result. The data underwent further pre-processing after the extraction process to make it suitable for the proposed models. We proposed three different models of Long Short-Term Memory, Multi-Layer perceptron, and XGBoost. A distinct set of cow IDs was acquired, and then, it was partitioned into three subsets: 70% for training, 10% for validation, and 20% for testing. In order to work with LSTM model, by identifying the temporal dependencies relations between a cow's insemination cycles, we stacked these cycles to form sequences that can then be processed by LSTM model. So, the sets of unique cow IDs were then used to generate the sequences for each cow. A data augmentation method was used to generate all possible sub-sequences of cows' insemination. Then, the sequences were aligned and stacked to achieve a constant length of 20. In total, about 168,000 training sequences, 23,000 validation sequences, and about 46,000 test sequences were generated. We tuned the parameters and hyperparameters of each model and upon finalizing the optimal architectures for our models, we initiated training experiments by fitting the models to the prepared datasets.

Results and Discussion: Our experimental findings reveal that the proposed LSTM model significantly



©2023 The author(s). 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/), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

<http://doi.org/10.22067/ijasr.2024.89072.1212>

improved prediction accuracy compared to the MLP and XGBoost models. The LSTM model, with its architecture of three consecutive LSTM layers, was able to demonstrate the best performance across all evaluation metrics on average over the 10 training runs. LSTM networks are designed to handle long time dependencies well. These networks use memory cells to hold important information over time, which makes them suitable for ordinal data such as time series. In contrast, XGBoost and MLP are not specifically designed to handle temporal dependencies and their performance is more limited on this type of data. Also, LSTM network can learn complex dependencies between ordinal data well. This ability is attributed to the unique structure of LSTM and its gate mechanisms, which enable the network to filter out irrelevant information while retaining essential information. In contrast, models based on XGBoost and MLP are less effective in this area, as they primarily focus on direct interactions between features and struggle to capture temporal dependencies. LSTM-based models excel in extracting higher-level features from data due to their deep learning capabilities. These features provide richer information for classification tasks, ultimately improving classification accuracy. Although XGBoost-based models are known for their precision, they are less adept at extracting high-level features. Additionally, the memory structure of LSTM allows it to handle fluctuations and unexpected variations in sequential data, effectively distinguishing critical information from noise. This feature helps LSTM perform better in situations where the data contains a lot of noise and fluctuations.

Conclusion: Overall, we presented and tested the performance of different models for predicting the results of artificial insemination of livestock. This prediction can help livestock farmers improve performance, increase fertility, and reduce livestock costs. In the problem of predicting the results of artificial insemination of livestock, the presented LSTM neural network model shows the best performance based on the stated evaluation criteria, and then the XGBoost-based classifier has better performance than MLP.

Keywords: Artificial insemination, Deep learning, Livestock production, Machine learning, Prediction

پیش‌بینی نتیجه لقاح در گاوهای شیری هلشتاین با استفاده از یادگیری عمیق

محمد علیشاهی^{۱*}، مهدی رواخواه^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۱۱

چکیده

توسعه مدل‌های پیش‌بینی با کمک یادگیری ماشین می‌تواند به دامپروران در افزایش درک آن‌ها از پتانسیل عملکرد دام‌های خود و کمک به فرآیندهای تصمیم‌گیری مربوط به مدیریت دام، حذف و انتخاب جایگزین، تغذیه، تولیدمثل و سایر امور مرتبط با حوزه مدیریت دامپروری کمک کند و بینش‌های ارزشمندی را برای بهبود عملکرد تولیدمثل، فرآیندهای اصلاح نژاد، تولید شیر و کارایی کلی دامداری ارائه دهد. ادغام این مدل‌ها در سامانه‌های موجود در دامداری، کاربرد عملی آن را به‌عنوان یک ابزار پشتیبان تصمیم، برای دامداران افزایش می‌دهد. با توسعه ابزاری که بتواند موفقیت باروری دام را تعیین کند، دامداران می‌توانند استراتژی‌های تولید و اصلاح نژاد خود را بهینه کنند و شیوه‌های کلی مدیریت دامداری را برای افزایش کارایی تولیدمثل و سودآوری بهبود بخشند. در این پژوهش، به ارائه و ارزیابی مدل‌های مختلف برای پیش‌بینی نتیجه لقاح مصنوعی دام پرداخته می‌شود که این مدل‌های هوش مصنوعی مبتنی بر یادگیری ماشین و یادگیری عمیق می‌باشند. طبق نتایج به‌دست آمده در آزمایش‌های انجام شده روی اطلاعات دام‌های دامداری مجموعه کشت و صنعت هلال، مدل پیشنهادی مبتنی بر شبکه‌های عمیق بازگشتی LSTM از نظر صحت و دقت پیش‌بینی نتیجه لقاح مصنوعی، عملکرد بهتری را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: پیش‌بینی، تولید دام، لقاح مصنوعی، یادگیری عمیق، یادگیری ماشین

مقدمه

با توجه به اهمیت فوق‌العاده‌ای که تولیدات کشاورزی و دامپروری در تمامی کشورها دارند، یکی از حوزه‌هایی که پژوهشگران هوش مصنوعی به آن ورود کرده‌اند، حوزه کشاورزی و دامپروری است و تلاش نموده‌اند که از قابلیت‌های این دانش در بهبود عملکرد و کیفیت و فرآیند تولید این محصولات استفاده نمایند. تجزیه و تحلیل و تصمیم‌گیری، امری حساس و سرنوشت‌ساز در موفقیت و یا شکست فرآیندهای تولیدی است و دقیقاً نقطه‌ای است که هوش مصنوعی می‌تواند با ارائه بینشی جدید کارگشا باشد و انسان را در اتخاذ تصمیمات درست و منطقی که منجر به افزایش بهره‌وری گردد، یاری نماید. در اکثر مواقع، یکی از ملزومات به‌کارگیری هوش مصنوعی در هر زمینه‌ای، وجود داده‌های متنوع و فراوان است. داده‌های کیفی و کمیتی به محققان کمک می‌کنند تا مدل‌های هوش مصنوعی خود را به دقت بالا و کارآمدی برسانند. داده‌های بیشتر به مدل‌های هوش

مصنوعی، این امکان را می‌دهند تا در مواجهه با وضعیت‌های جدید یا ناشناخته عملکرد بهتری داشته باشند و از طریق یادگیری خودکار با این وضعیت‌ها سازگار شوند. با توجه به حجم مناسب داده‌های ذخیره شده، طی این سال‌ها پژوهش‌های متنوع و گوناگونی با موضوعات مرتبط با حوزه دامپروری صورت پذیرفته است. به‌عنوان مثال، هیدالگو و همکاران (Hidalgo et al., 2018) با استفاده از جنگل تصادفی که یک الگوریتم یادگیری ماشین است، بیماری پس از زایمان را پیش‌بینی نمودند یا مامادووا و کسکین (Mammadova and Keskin, 2013) با استفاده از ماشین بردار پشتیبان، مدلی برای پیش‌بینی ورم پستان دام ارائه کردند. در بررسی اهرت و همکاران (Ehret et al., 2015) با شبکه‌های عصبی مصنوعی مدل‌های پیش‌بینی قابل اعتمادی برای تشخیص کتوز در اوایل شیردهی ایجاد گردید. در مقاله گونزالزکیو و همکاران (González-Recio et al., 2013) با استفاده از ژنوم، مدل پیش‌بینی صفات تولیدی دام طراحی گردید. در پژوهش لانگ و همکاران (Long et al., 2007) به پیش‌بینی نرخ مرگ‌ومیر دام پرداخته شده است و در بررسی یالو و همکاران (Yao et al., 2016) پیش‌بینی خوراک مصرفی صورت پذیرفته است. در مقاله لی و همکاران (Li et al.,

۱-استادیار گروه مهندسی کامپیوتر، مرکز تحقیقات هوشمندسازی شبکه توزیع برق، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران.

(Email: alishahi@ieee.org)

*- نویسنده مسئول:

<http://doi.org/10.22067/ijasr.2024.89072.1212>

مرحله لقاح مصنوعی برای پیش‌بینی نتایج لقاح مصنوعی می‌باشد. هدف این مطالعه، ارزیابی دقت مدل‌سازی و تعیین تأثیر متغیرهای مستقل بر متغیرهای وابسته می‌باشد و نتایج تجزیه و تحلیل نشان می‌دهد که رویکرد مدل‌سازی به دقت بیش از ۸۰ درصد دست می‌یابد. در مقاله همپستاک و همکاران (Hempstalk et al., 2015)، یک مدل برای پیش‌بینی نتیجه تلقیح در گاوهای شیری ایرلندی ارائه شده است. محققان از الگوریتم‌های مختلف یادگیری ماشین و مدل‌های آماری برای تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر بر لقاح در گاوهای شیری استفاده کردند. رویکرد اتخاذ شده شامل آموزش الگوریتم‌های یادگیری ماشین مانند Naïve Bayes، درخت تصمیم و جنگل تصادفی با استفاده از داده‌های گله‌های تحقیقاتی بود. سپس، مدل‌ها با استفاده از یک مجموعه داده خارجی برای ارزیابی عملکرد آن‌ها در پیش‌بینی نتایج لقاح آزمایش شدند. مدل رگرسیون لجستیک به‌عنوان مناسب‌ترین مدل برای این منظور ظاهر شد. هدف از پژوهش هو و پرایس (Ho and Pryce, 2020)، توسعه ابزاری با استفاده از طیف‌سنجی مادون قرمز شیر و سایر داده‌های موجود در دامداری برای پیش‌بینی احتمال لقاح تا اولین تلقیح در گاوهای شیری بود و در آن، محققان از مجموعه داده‌ای استفاده کردند که شامل طیف وسیعی از پارامترها مانند میزان تولید شیر، ترکیب، تعداد سلول‌های بدنی، سن زایش، تعداد روزهای شیردهی در زمان آزمایش و تعداد روزهای از زایمان تا تلقیح بود. دام‌ها براساس نتایج تولیدمثلی به گروه‌های باروری «خوب»، «متوسط» و «ضعیف» طبقه‌بندی شدند. این مطالعه نشان داد که مدل پیش‌بینی توسعه‌یافته براساس طیف‌سنجی و داده‌های درون دامداری، قادر به شناسایی گاوهایی با احتمال بالای لقاح تا اولین تلقیح است. هدف مقاله راتن و همکاران (Rutten et al., 2016) ایجاد یک مدل پیش‌آگهی برای اولین تلقیح موفق در گاوهای شیری است. در این مقاله، عواملی مانند باروری، روزهای شیر، تولید شیر، نژاد گاو، امتیاز وضعیت بدن، رنگ مو، فصل زایش و فصل لقاح در آنالیز در نظر گرفته شد. نتایج این مطالعه نشان داد که عواملی مانند باروری، روز شیر، تولید شیر، نژاد گاو و امتیاز وضعیت بدن به‌طور معنی‌داری بر موفقیت اولین تلقیح در گاوهای شیری تأثیرگذار است. در بررسی شاهین‌فر و همکاران (Shahinfar et al., 2014) استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین، به‌ویژه جنگل تصادفی (RF)، برای پیش‌بینی نتایج تلقیح در گاوهای شیری براساس داده‌های فنوتیپی و ژنوتیپی در یک دوره ۱۰ ساله از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ مورد بررسی قرار گرفت. هدف مطالعه اولیوک و همکاران (Oluoch et al., 2021) استفاده از مدل‌های رگرسیون جنگل تصادفی برای پیش‌بینی شیردهی و تلقیح موفق در گاوهای هلشتاین فریزین بود. نتایج نشان داد که برای تلقیح موفق، تعداد تلقیح ناموفق در زایمان قبلی، مهم‌ترین پیش‌بینی‌کننده بود و پس از آن، فاصله بین زایمان تا اولین تلقیح قرار داشت.

(2018) با متدهای مختلف یادگیری ماشین مانند جنگل تصادفی و XGBoost شناسایی ژن‌های کاندید بالقوه برای پیش‌بینی رشد انجام شده است. هدف از پژوهش لی و همکاران (Li et al., 2018) بررسی اثر عوامل غیر افزایشی ناشناخته در ژنتیک با استفاده از روش‌های یادگیری ماشین بود و در بررسی میکشوووسکی و همکاران (Mikshowsky et al., 2017) محققان اقدام به پیش‌بینی توانایی انتقال ژنومی نمودند. اما پیش‌بینی نتیجه لقاح مصنوعی در گاو برای دستیابی به پیشرفت ژنتیکی، افزایش کارایی، کاهش هزینه‌ها، بهبود سلامت و رفاه حیوانات، و تصمیم‌گیری آگاهانه مبتنی بر داده‌ها در برنامه‌های اصلاحی حیاتی است. پیش‌بینی نتیجه لقاح مصنوعی می‌تواند مزایای متعددی داشته باشد که به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود. پیش‌بینی نتیجه لقاح مصنوعی می‌تواند با به حداقل رساندن تعداد تلاش‌های ناموفق برای اصلاح و اطمینان از تخصیص کارآمد منابع، به کاهش هزینه‌های مرتبط با پرورش کمک کند. این موضوع به بهینه‌سازی منابع و به حداکثر رساندن بازده سرمایه کمک می‌کند. همچنین با پیش‌بینی نتیجه تلقیح، پرورش‌دهندگان می‌توانند تصمیمات آگاهانه‌ای در مورد اینکه کدام دام‌ها را تلقیح کنند، اتخاذ کنند تا معیارهای تولیدی مانند تولید شیر، کیفیت گوشت یا مقاومت در برابر بیماری در فرزندان را بهینه کنند. دامداران با پرورش دام با صفات مطلوب می‌توانند در بازار رقابتی باقی بمانند و خواسته‌های مصرف‌کنندگان را برآورده کنند. علاوه‌براین پیش‌بینی نتیجه لقاح می‌تواند به دامداران کمک کند تا مناسب‌ترین گاو نر و گاو را برای اصلاح نژاد انتخاب کنند که منجر به بهبود راندمان اصلاح نژاد و ویژگی‌های ژنتیکی بهتر در فرزندان می‌شود. با پیش‌بینی‌های دقیق‌تر، می‌توان بهترین تطابقات ژنتیکی را برای بهبود صفات مطلوب در جمعیت گاوها در طول زمان انتخاب کرد و به پیشرفت ژنتیکی و کیفیت کلی گله کمک کرد. لذا، پیش‌بینی نتیجه لقاح مصنوعی در دامداری برای موفقیت بلندمدت و پایداری تولیدات دامی بسیار کمک‌کننده خواهد بود. اکنون به مرور برخی از پژوهش‌ها در این زمینه می‌پردازیم. هدف اولیه مطالعه فنلون و همکاران (Fenlon et al., 2016) ایجاد یک مدل پیش‌بینی برای تعیین نتایج تلقیح در گاوهای شیری ایرلندی بود. این مطالعه از تکنیک‌های یادگیری ماشین برای تجزیه و تحلیل مجموعه داده با تمرکز بر عواملی مانند باروری، روزهای شیردهی، صفت ژنتیکی، فاصله زایمان، ویژگی شیر و امتیاز وضعیت بدن استفاده کرد. چهار روش یادگیری ماشین برای پیش‌بینی نتایج تلقیح به‌کار رفت که رگرسیون لجستیک به‌عنوان مؤثرترین مدل شناسایی شد. هدف از مطالعه رومادوننی و همکاران (Romadhonny et al., 2019)، تجزیه و تحلیل چرخه‌های فعلی دام برای لقاح مصنوعی برنامه ریزی شده با استفاده از رگرسیون لجستیک چندگانه است. این رویکرد شامل استفاده از داده‌های سری زمانی و چندین متغیر مستقل مانند فاصله قبلی لقاح مصنوعی و

است، محاسبه شد. به‌منظور در نظر گرفتن تعادل انرژی و ساده کردن مجموعه ویژگی‌های مدل، ویژگی شیر تصحیح شده با انرژی (ECM) استفاده شد که با استفاده از معادله پیشنهاد شده در مطالعه تایرل و رید (Tyrrell and Reid, 1965) به‌دست می‌آید:

$$ECM = 0.327 \times \text{milk (kg)} + 12.95 \times \text{fat (kg)} + 7.65 \times \text{protein (kg)} \quad (1)$$

از آنجایی که مدل‌های مبتنی بر شبکه‌های عصبی بازگشتی با توالی از داده‌ها کار می‌کنند، با در نظر گرفتن داده‌های قبلی تلقیح و سایر داده‌هایی که در **جدول ۱** بیان گردید، توالی‌های زمانی ایجاد گردید تا این امکان برای مدل شبکه عصبی بازگشتی فراهم گردد که عمل یادگیری برای انجام کلاس‌بندی دو کلاس (موفقیت یا عدم موفقیت تلقیح مصنوعی) را روی داده‌های آموزشی انجام داده و سپس، برای پیش‌بینی نتیجه تلقیح روی داده‌های تست مورد استفاده قرار گیرد. در ابتدا، مجموعه‌ای متمایز از شناسه‌های گاو به‌دست آمد و سپس، به سه زیر مجموعه تقسیم شدند: ۷۰ درصد برای آموزش، ۱۰ درصد برای اعتبارسنجی، و ۲۰ درصد برای آزمایش. سپس این مجموعه از شناسه‌های منحصربه‌فرد گاو برای ایجاد توالی برای هر گاو استفاده شد. همچنین یک روش افزایش داده‌ها برای تولید تمام زیر توالی‌های احتمالی گاوها استفاده شد. برای برآورده کردن نیاز مدل‌های بازگشتی، بر روی ورودی‌هایی با اندازه یکنواخت کار می‌کنند، توالی‌ها برای دستیابی به طول ثابت ۲۰ قرار گرفتند و روی هم چیده شدند. در مجموع، حدود ۱۶۸۰۰۰ توالی آموزشی، ۲۳۰۰۰ توالی اعتبارسنجی و حدود ۴۶۰۰۰ توالی آزمایش استخراج گردید که از آن برای ارزیابی مدل‌های شبکه‌های عصبی بازگشتی استفاده شده است. **جدول ۱**، لیست ویژگی‌های استخراج شده از پایگاه داده مورد مطالعه که جهت آموزش مدل‌ها مورد استفاده قرار خواهند گرفت را نشان می‌دهد.

مدل‌های ارائه شده

در آزمایش‌ها، از شبکه عصبی پرسپترون چندلایه که به اختصار با MLP نشان داده می‌شود استفاده می‌گردد که به‌طور مستقل روی رکوردهای تلقیح مصنوعی قبلی ذخیره شده آموزش داده می‌شود. علاوه‌براین، از مدلی مبتنی بر شبکه عصبی حافظه کوتاه‌مدت بلند یا Long Short Term Memory که به اختصار با LSTM نشان داده می‌شود، استفاده می‌گردد که در آن داده‌ها به‌عنوان توالی‌هایی که با انباشتن چرخه‌های تلقیح یک گاو به‌طور جداگانه، تشکیل می‌شوند می‌باشند. پرسپترون چندلایه نوعی شبکه عصبی پیش‌خور است که از نوروهای کاملاً متصل به همراه یک نوع تابع فعال‌سازی غیرخطی تشکیل شده است.

مواد و روش‌ها

جهت بررسی روش ارائه شده، ابتدا به بررسی ساختار داده موجود که مدل پیشنهادی براساس آن ارائه گردیده است، پرداخته می‌شود. داده‌های استفاده شده در این پژوهش، داده‌های مربوط به دامپروری کشت و صنعت هلال است که متعلق به شرکت سرمایه‌گذاری هلال احمر می‌باشد و در نزدیکی شهر نیشابور واقع شده است. دام‌های نگهداری شده در این دامداری از نژاد هلشتاین هستند و در تمام طول سال، تلقیح مصنوعی می‌شوند و به‌طور معمول سه بار در روز دوشیده می‌شوند و رژیم غذایی آن‌ها سیلاژ ذرت، یونجه و کنسنتره می‌باشد. برای ذخیره داده‌ها در این مرکز از نرم‌افزار مدیران استفاده می‌شود که پایگاه داده آن Microsoft SQL Server است و داده‌های مختلفی مانند داده‌های شیردهی، تولید مثل، بیماری‌ها و ... در آن ذخیره گردیده‌اند. بازه زمانی داده‌های استفاده شده در این پژوهش سال ۱۳۷۴ لغایت ۱۴۰۲ می‌باشد.

استخراج داده‌ها

برای اینکه بتوان یک دیتاست با ویژگی‌های مناسب برای آموزش و ارزیابی مدل ایجاد کرد، بر روی پایگاه داده مدیران دامداری یک پرس‌وجو SQL اجرا شد که منجر به ایجاد جدولی با ۳۸۷۶۵ رکورد تلقیح مربوط به ۵۵۵۷ گاو شد. برای پالایش داده‌ها و مدیریت داده‌های پرت و ناقص، تعدادی شرط برای اطمینان از ارتباط و یکپارچگی داده‌های جمع‌آوری شده تعریف شد. برای نمرات بدنی فقط بازه یک تا نه و برای نمرات حرکت که نشان‌دهنده تحرک گاو است، بازه یک تا پنج در نظر گرفته شد. این نمرات به‌صورت ماهانه برای هر گاو ارزیابی شد. باین‌حال، میزان قابل توجهی از مقادیر از دست رفته، اغلب به‌دلیل غیبت گاو در طول جلسات اندازه‌گیری، وجود داشت. برای تقویت دقت، میانگین نمرات بدن و حرکت ماهیانه هر گاو در فاصله بین دو رویداد متوالی زایمان انتخاب شد. این رویکرد به کاهش اختلافات احتمالی ناشی از داده‌های گم‌شده یا ناقص کمک می‌کند. علاوه‌براین، داده‌ها در مورد بیماری‌ها و مشکلات جسمانی هر دام در طول دوره بین زایش یا در زمان زایمان مانند لنگش، ورم پستان، کتوز، جفت باقی‌مانده و افتادگی پستان که در پایگاه داده قرار داشتند نیز به دیتاست اضافه گردید. همچنین فصل زایمان قبلی از طریق قراردادن عدد یک در یکی از چهار ستون spring، summer، fall یا winter ذخیره گردید و مقدار صفر در بقیه ستون‌های فصل قرار داده شد. همچنین داده‌های مربوط به تولید شیر و ترکیب شیر نیز استخراج گردید. متوسط تولید شیر به‌عنوان تولید شیر ۳۰۵ روزه (کیلوگرم) تقسیم بر تعداد روزهایی که گاو در این دوره دوشیده شده

جدول ۱- ویژگی‌های استخراج شده جهت آموزش مدل‌ها

Table 1- Extracted features used to train models

نام ویژگی Feature name	میانگین Mean	انحراف معیار Std	کمینه Min	بیشینه Max
نتیجه لقاح Pregnant	0.0	0.0	0.0	1.0
امتیاز بدنی MostRecentBodyScore	3.0	0.0	2.0	4.0
امتیاز تحرک MostRecentMotionScore	2.0	1.0	1.0	5.0
ضریب همخوانی InbreedingCoefficient	3.0	5.0	0.0	28.0
سن زایمان (ماه) AgeAtCalvingInMonths(month)	44.0	22.0	24.0	113.0
میزان شیر (کیلوگرم) Milk (kilogram)	11658	2060	1122	23969
روزهای شیردهی (روز) MilkDays (day)	327.0	36.0	150.0	556.0
چربی شیر (کیلوگرم) MilkFat(kilogram)	117.0	89.0	0.0	650.0
پروتئین شیر (کیلوگرم) MilkProtein (kilogram)	117.0	85.0	0.0	623.0
روزهای باز قبلی (روز) PreviousDaysOpen (day)	129.0	71.0	60.0	559.0
مرده زایی StillBirth	0.0	0.0	0.0	1.0
سقط جنین Abortion	0.0	0.0	0.0	1.0
چندزایی MultiBirth	0.0	0.0	0.0	1.0
لنگش Lameness	0.0	0.0	0.0	1.0
ورم پستان Mastities	0.0	0.0	0.0	1.0
کتوز Ketosis	0.0	0.0	0.0	1.0
جفت باقیمانده RetainedPlacenta	0.0	0.0	0.0	1.0
افتادگی پستان DisplacedAbomasum	0.0	0.0	0.0	1.0
زایمان در زمستان Winter	0.0	0.0	0.0	1.0
زایمان در بهار Spring	0.0	0.0	0.0	1.0
زایمان در تابستان Summer	0.0	0.0	0.0	1.0
زایمان در پاییز Fall	0.0	0.0	0.0	1.0
میانگین شیر AverageMilk	36.0	5.0	6.0	65.0
شیر تصحیح شده با انرژی (کیلوگرم) ECM (kilogram)	9578	1446	589	22442
نرخ چربی به پروتئین FatProteinRatio	1.0	0.0	0.0	2.0

چالش‌های این شبکه‌ها، مشکل ناپدید شدن یا انفجار گرادیان است که در مطالعه پاسکانو و همکاران (Pascanu et al., 2013) به آن اشاره شد. این مشکل زمانی اتفاق می‌افتد که گرادیان‌های تابع خطا با توجه به پارامترهای شبکه با انتشار در زمان، بسیار کوچک یا بسیار بزرگ می‌شوند. این موضوع می‌تواند آموزش مؤثر شبکه را دشوار کند، زیرا به‌روزرسانی پارامترها بسیار کوچک یا بسیار بزرگ خواهد بود و شبکه به‌طور مؤثر یاد نمی‌گیرد، لذا یادگیری وابستگی‌های طولانی مدت برای شبکه‌های عصبی بازگشتی ساده دشوار است. برای رفع این مشکلات و محدودیت‌های این نوع شبکه، تکنیک‌هایی توسعه یافته است. یکی از این تکنیک‌ها، استفاده از واحدهای بازگشتی دروازه‌ای (GRU) یا سلول‌های حافظه کوتاه‌مدت بلند (LSTM) است. این سلول‌ها برای رفع مشکل ناپدید شدن یا انفجار گرادیان طراحی شده‌اند و نشان داده شده است که در آموزش شبکه عصبی بازگشتی در توالی‌های طولانی مؤثرتر هستند، لذا از مدل LSTM در این مطالعه استفاده می‌شود. در واقع، LSTM یک نوع پیشرفته از شبکه عصبی بازگشتی است که جهت حل مشکل ناپدید شدن گرادیان طراحی شده است و ثابت کرده است که برای در نظر گرفتن وابستگی‌های بلند در داده‌های متوالی مؤثرتر است و توسط هوکرایتر و اشمیدیهوبر (Hochreiter and Schmidhuber, 1997) مورد بررسی قرار گرفت. معماری یک شبکه LSTM شامل یک‌سری سلول‌های حافظه است که هر کدام دارای سه جزء اصلی هستند: یک دروازه ورودی، یک دروازه فراموشی و یک دروازه خروجی. این گیت‌ها به LSTM اجازه می‌دهند تا جریان اطلاعات را به داخل، خارج و درون هر سلول حافظه کنترل کند. سلول حافظه مسئول ذخیره و به‌روزرسانی اطلاعات در طول زمان است. این ساختار به LSTM‌ها کمک می‌کند تا با جلوگیری از مشکل ناپدید شدن یا انفجار گرادیان، به‌طور مؤثر توالی‌های طولانی را مدیریت کنند. دروازه ورودی تعیین می‌کند که چه مقدار اطلاعات جدید اجازه ورود به سلول حافظه را دارد و از یک تابع فعال‌سازی سیگموئید برای تولید مقادیر بین صفر و یک استفاده می‌کند که نشان‌دهنده اهمیت ورودی جدید است. دروازه فراموشی تعیین می‌کند که چه مقدار از حافظه موجود باید فراموش یا دور ریخته شود و تصمیم می‌گیرد که کدام اطلاعات نامربوط است یا دیگر مورد نیاز نیست. این دروازه نیز مانند دروازه ورودی، از یک تابع فعال‌سازی سیگموئید برای به‌روزرسانی مقادیر در سلول حافظه استفاده می‌کند. دروازه خروجی، میزان اطلاعات خروجی از سلول حافظه را کنترل می‌کند و یک تابع فعال‌سازی سیگموئید را در وضعیت سلول فعلی اعمال می‌کند تا تصمیم بگیرد که چه چیزی را به لایه بعدی یا خروجی نهایی بدهد. معادله‌های مربوط به هر بخش از شبکه LSTM به‌صورت زیر است:

دروازه ورودی:

این شبکه به‌طور گسترده‌ای برای تشخیص داده‌هایی که به‌صورت خطی قابل تفکیک نیستند و در زمینه‌های مختلف از جمله تشخیص تصویر، پردازش زبان طبیعی، و تشخیص گفتار و غیره استفاده می‌شود. این شبکه حداقل از سه لایه تشکیل شده است. لایه ورودی شامل گره‌ها یا نورون‌هایی است که داده‌های ورودی اولیه را دریافت می‌کنند و هر نورون یک ویژگی یا بعد از داده‌های ورودی را نشان می‌دهد. بین لایه‌های ورودی و خروجی، یک یا چند لایه نورون می‌تواند وجود داشته باشد که لایه پنهان نامیده می‌شود. هر نورون در یک لایه پنهان، ورودی‌هایی را از تمام نورون‌های لایه قبلی (اعم از لایه ورودی یا لایه پنهان دیگری) دریافت می‌کند و خروجی تولید می‌کند که به لایه بعدی ارسال می‌شود. تعداد لایه‌های پنهان و تعداد نورون‌ها در هر لایه پنهان، فرآیندهایی هستند که باید در مرحله طراحی مدل تعیین شوند. لایه خروجی از نورون‌هایی تشکیل شده است که خروجی نهایی شبکه را تولید می‌کنند. تعداد نورون‌ها در لایه خروجی به ماهیت کار بستگی دارد. در طبقه‌بندی باینری، بسته به احتمال تعلق به یک کلاس، ممکن است یک یا دو نورون وجود داشته باشد، درحالی‌که در وظایف طبقه‌بندی چند کلاسه، می‌تواند چندین نورون در لایه خروجی وجود داشته باشد. این شبکه با استفاده از الگوریتم پس انتشار آموزش داده می‌شود، که گرادیان‌های یک تابع خطا را با توجه به پارامترهای مدل محاسبه می‌کند و پارامترها را به‌طور مکرر به‌روز می‌کند تا خطا را به حداقل برساند. شبکه‌های عصبی بازگشتی نوعی از شبکه‌های عصبی قدرتمند هستند که دارای حافظه داخلی می‌باشند. این شبکه‌ها با کمک حافظه داخلی خود، این امکان را دارند که چیزهای مهمی را در مورد ورودی دریافتی خود به خاطر بسپارند، که به آن‌ها امکان می‌دهد در پیش‌بینی اتفاقات بعدی بسیار خوب و دقیق عمل کنند. به دلیل داشتن همین ویژگی، از شبکه‌های عصبی بازگشتی در مسایلی که در آن‌ها، داده‌های متوالی مانند سری‌های زمانی، گفتار، متن، داده‌های مالی، صدا، ویدئو، آب‌وهوا و ... وجود دارند، استفاده می‌شود. این نوع شبکه‌ها در مقایسه با سایر مدل‌ها، درک بسیار بهتر و عمیق تری از یک دنباله داده و زمینه آن دارند. در این مطالعه، رکوردهای تلقیح مصنوعی موجود در مورد هر گاو به‌عنوان یک دنباله در نظر گرفته می‌شود. فرضیه شده است که مدل‌های مبتنی بر شبکه‌های عصبی بازگشتی، این پتانسیل را دارند که الگوها را به‌طور مؤثرتری در داده‌ها کشف کنند و نتیجه تلقیح مصنوعی را به‌طور دقیق‌تری پیش‌بینی کنند. شبکه عصبی بازگشتی ساده که در فوق به آن اشاره شد، یکی از اولین معماری‌های شبکه عصبی بازگشتی بود که توسط راملهارت و همکاران (Rumelhart et al., 1986) بررسی شد. علی‌رغم اینکه شبکه عصبی بازگشتی طراحی نوآورانه‌ای داشت، اما با چالش‌هایی روبه‌رو است که قابل توجه هستند. یکی از بزرگ‌ترین

سلول حافظه:

$$C_t = f_t * C_{t-1} + i_t * \tau C_t \quad \text{معادله (۶)}$$

حالت پنهان:

$$h_t = o_t * \tanh(C_t) \quad \text{معادله (۷)}$$

که در آن، σ : تابع فعال سازی سیگموئید، $\tanh$: تابع فعال سازی تانژانت هیپربولیک و W و b : ماتریس های وزن و بایاس برای هر دروازه می باشند. شکل ۱، ساختار یک سلول شبکه LSTM را نمایش می دهد.

$$i_t = \sigma(W_{\{xi\}} * x_t + W_{\{hi\}} * h_{t-1} + b_i) \quad \text{معادله (۲)}$$

دروازه فراموشی:

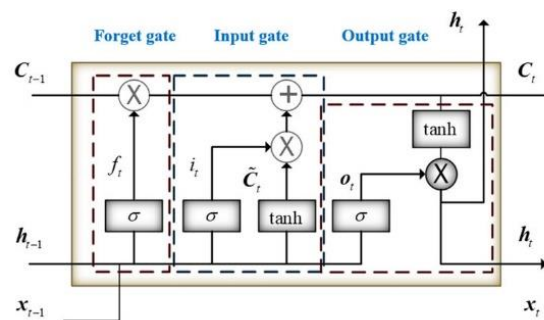
$$f_t = \sigma(W_{\{xf\}} * x_t + W_{\{hf\}} * h_{t-1} + b_f) \quad \text{معادله (۳)}$$

دروازه خروجی:

$$o_t = \sigma(W_{\{xo\}} * x_t + W_{\{ho\}} * h_{t-1} + b_o) \quad \text{معادله (۴)}$$

سلول حافظه کاندید:

$$\tau C_t = \tanh(W_{\{xc\}} * x_t + W_{\{hc\}} * h_{t-1} + b_c) \quad \text{معادله (۵)}$$



شکل ۱- یک سلول شبکه LSTM (Jiang et al., 2019)

Figure 1- A LSTM cell (Jiang et al., 2019)

طراحی تجربی

تعداد و اندازه لایه های متصل، و همچنین ابعاد لایه های بازگشتی برای هر مدل، الگوریتم جستجوی شبکه ای به طور کامل در میان تمام ترکیبات ممکن از فرآپارامترها جستجو می کند و عملکرد مدل را با استفاده از اعتبارسنجی متقاطع یا مجموعه اعتبارسنجی ارزیابی می کند. ترکیبی از فرآپارامترها که بهترین عملکرد را براساس یک متریک خاص (مانند دقت اعتبارسنجی) ارائه می دهد، به عنوان مجموعه بهینه ابرپارامترها انتخاب می شود. پس از نهایی سازی معماری های مدل های پیشنهادی از طریق فرآیند تنظیم، آزمایش های آموزشی با برازش مدل ها در مجموعه داده های آماده شده آغاز گردید. برای افزایش قابلیت اطمینان نتایج، آموزش مدل را برای هر نوع مدل، ۱۰ بار تکرار کردیم و در هر تکرار آزمایش خود، مخلوط کردن تصادفی، تقسیم داده ها، تولید توالی و آموزش را مجدد انجام دادیم و برای هر کدام مقدار اولیه وزن های مدل را جداگانه در نظر گرفتیم. برای هر تکرار آموزشی، معیارهای ارزیابی مشخص شده را محاسبه کرده و نتایج را ثبت کردیم.

معیارهای ارزیابی

برای ارزیابی و مقایسه کارایی مدل های مطرح شده، نیازمند استفاده از معیارهای ارزیابی هستیم. یک معیار عملکردی، معیاری

برای ایجاد مدل MLP، از تعدادی لایه پیش خور به هم متصل استفاده می کنیم. تعداد دقیق این لایه ها به عنوان یک فرآپارامتر در نظر گرفته شد که با استفاده از یک روش سیستماتیک تنظیم شده است که در پاراگراف های بعدی به تفصیل توضیح داده خواهد شد. به طور مشابه، برای مدل های LSTM، معماری شامل چند لایه متوالی و به دنبال آن، تعدادی لایه متراکم متصل است. این دنباله با یک لایه نهایی با یک واحد خروجی که وظیفه پیش بینی نتیجه لقاح را داشت، به پایان می رسد. تعداد دقیق لایه های متراکم نیز به عنوان فرآپارامتر به خوبی تنظیم شدند. برای رسیدن به معماری بهینه برای مدل های شبکه عصبی، از یک روش سیستماتیک تنظیم فرآپارامتر به نام جستجوی شبکه ای یا grid search استفاده شده است. جستجوی شبکه ای در تنظیم هایپرپارامتر، تکنیکی است که برای یافتن بهترین ترکیب ابرپارامترها برای یک مدل یادگیری ماشین استفاده می شود. در زمینه یادگیری عمیق، هایپرپارامترها تنظیماتی هستند که خارج از مدل هستند و در طول آموزش قابل یادگیری نیستند، مانند نرخ یادگیری، الگوریتم های بهینه سازی از بین SGD و Adam (Zaheer and Shaziya, 2019) و RMSprop (Shrestha and Mahmood, 2019)، توابع فعال سازی در لایه ها،

نتایج و بحث

در این مطالعه به بررسی استفاده از مدل‌های یادگیری عمیق LSTM و MLP، برای پیش‌بینی نتیجه لقاح مصنوعی دام پرداخته شد. برای رسیدن به یک ساختار کارآمد برای هر مدل، یک فرآیند تنظیم فرآپارامتر سیستماتیک همان‌طور که قبلاً توضیح داده شد، انجام گرفت. **شکل ۲**، معماری نهایی را برای هر مدل پس از فرآیند تنظیم نشان می‌دهد. مدل شبکه‌های عصبی بازگشتی که LSTM است، با یک لایه ورودی شروع می‌شود که دنباله‌هایی به طول ۲۰ را می‌پذیرد که هر کدام دارای ۲۴ ویژگی است. به دنبال آن، سه لایه بازگشتی با ۶۴ و ۳۲ و ۱۶ گره به‌ترتیب قرار می‌گیرد. هر لایه بازگشتی شامل نرخ خروج ۰/۲ و نرمال‌سازی دسته‌ای است. پس از لایه‌های بازگشتی، یک لایه متراکم با ۱۶ گره به همراه نرخ خروج ۰/۲ و نرمال‌سازی دسته‌ای وجود دارد و در آن از تابع فعال‌سازی ReLU استفاده شده است. در لایه خروجی نیز از تابع فعال‌سازی sigmoid استفاده گردیده است. برای بهینه‌سازی وزن الگوریتم sgd به کار رفته است و برای loss نیز با توجه به مسئله مورد مطالعه که کلاسه‌بندی دو کلاسه است، از binary_crossentropy استفاده شد. مدل MLP با یک لایه ورودی شروع می‌شود که ۲۴ ویژگی را می‌پذیرد. پس از آن، چهار لایه متراکم با ۱۲۸ و ۶۴ و ۳۲ و ۱۶ گره قرار داده شده است. مشابه مدل شبکه عصبی بازگشتی پیشنهادی، هر لایه شامل نرخ خروج ۰/۲ و نرمال‌سازی دسته‌ای است. برای لایه‌های متراکم، از تابع فعال‌سازی ReLU استفاده کردیم. برای بهینه‌سازی وزن از الگوریتم adam با نرخ یادگیری ۰/۰۰۱ استفاده شد. مشابه به شبکه بازگشتی پیشنهادی، در انتهای شبکه مربوط به مدل MLP که همان لایه خروجی است نیز از تابع فعال‌سازی sigmoid و از binary_crossentropy نیز به‌عنوان loss استفاده شده است.

پس از نهایی‌سازی معماری‌های بهینه برای مدل‌های پیشنهادی، آزمایش‌های آموزشی با برازش مدل‌ها در مجموعه داده‌های آماده‌شده آغاز گردید. برای تقویت استحکام و قابلیت اطمینان نتایج، ۱۰ تکرار شامل به هم زدن تصادفی، تقسیم داده‌ها، تولید توالی و آموزش اجرا شده که هر کدام دارای یک مقدار اولیه منحصر بفرد وزن‌ها می‌باشند. برای هر تکرار آموزشی، معیارهای ارزیابی مشخص شده محاسبه و نتایج ثبت گردید. نتایج تلفیقی این فرآیند در **جدول ۲** گنجانده شده و از مقادیر میانگین در تمام تکرارها حاصل شده است. یافته‌های تجربی پژوهش نشان می‌دهد که مدل‌های مبتنی بر LSTM، دقت پیش‌بینی بهتری در مقایسه با مدل MLP ارائه می‌دهد. همچنین برای مقایسه مدل‌های مبتنی بر شبکه عصبی بازگشتی با سایر انواع دسته‌بندی‌ها، عملکرد XGBoost روی داده‌های جمع‌آوری شده بررسی گردید. XGBoost یک الگوریتم یادگیری ماشین کارآمد است که اولین بار

کمی برای ارزیابی عملکرد یک مدل طبقه‌بندی ارائه می‌کند که به درک نقاط قوت و ضعف مدل کمک می‌کند. همچنین با استفاده از معیارهای عملکرد، می‌توان پارامترهای مدل را تنظیم نمود و عملکرد آن را براساس معیار انتخابی بهبود بخشید. هر معیار بینش خاصی را در مورد عملکرد مدل از زوایای مختلف ارائه می‌دهد. عبارات استفاده شده در معادله‌های ارزیابی عملکرد مدل‌ها عبارتند از:

- مثبت صحیح (TP, True Positive): وقتی نمونه عضو دسته مثبت باشد و به‌عنوان عضو همین دسته تشخیص داده شود.
 - منفی کاذب (FN, False Negative): وقتی نمونه عضو دسته مثبت باشد و به‌عنوان عضو دسته منفی تشخیص داده شود.
 - منفی صحیح (TN, True Negative): وقتی نمونه عضو دسته منفی باشد و به‌عنوان عضو همین دسته تشخیص داده شود.
 - مثبت کاذب (FP, False Positive): وقتی نمونه عضو دسته منفی باشد و به‌عنوان عضو دسته مثبت تشخیص داده شود.
- حال به بررسی معادله هر یک از معیارهای ارزیابی کارایی مدل‌ها پرداخته می‌شود.

صحت: این معیار نسبت نمونه‌های طبقه‌بندی‌شده درست را از کل نمونه‌ها اندازه‌گیری می‌کند و یک معیار ساده و شهودی از عملکرد کلی مدل است. از معادله زیر برای محاسبه میزان صحت مدل پیش‌بینی شده استفاده می‌شود:

$$\text{Accuracy} = \frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN} \quad \text{معادله (۸)}$$

دقت: نسبت پیش‌بینی‌های مثبت واقعی را از کل پیش‌بینی‌های مثبت انجام شده توسط مدل اندازه‌گیری می‌کند و مشخص می‌کند از میان تمامی نمونه‌ها که مثبت تشخیص داده شده‌اند، چه نسبتی در واقع مثبت هستند:

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP + FP} \quad \text{معادله (۹)}$$

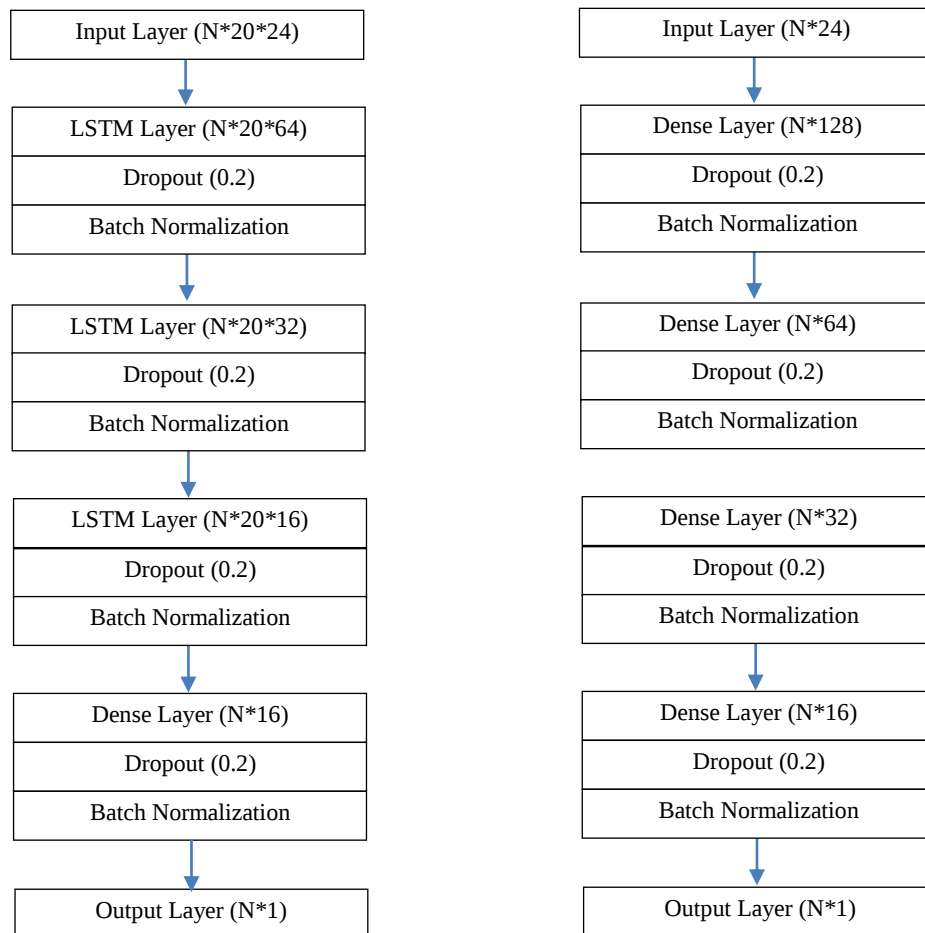
یادآوری: نسبت پیش‌بینی‌های مثبت واقعی را از موارد مثبت واقعی در داده‌ها اندازه‌گیری می‌کند. به بیان دیگر، از میان تمامی نمونه‌های مثبت، چه نسبتی به‌درستی پیش‌بینی شده است که از معادله زیر به‌دست می‌آید:

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP + FN} \quad \text{معادله (۱۰)}$$

امتیاز F1: این معیار میانگین هارمونیک دقت و یادآوری است و امتیاز واحدی را فراهم می‌کند که معیارهای دقت و یادآوری را متعادل می‌کند. معیار F1 در بهترین حالت، یک و در بدترین حالت صفر است:

$$F1_score = 2 \times \frac{\text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} \quad \text{معادله (۱۱)}$$

توسط چن و همکاران (Chen et al., 2016) ارائه گردید.



شکل ۲- معماری نهایی مدل‌های LSTM و MLP

Figure 2- Final architecture of LSTM and MLP models

شود. نهایتاً با استفاده از مدل آموزش دیده، پیش‌بینی‌های جدید برای نمونه‌های تست انجام دادیم. جدول ۲، میانگین نتایج پیش‌بینی و جدول ۳، میانگین معیارهای ارزیابی برای ۱۰ اجرا برای هر یک از مدل‌ها را نمایش می‌دهد.

طبق آزمایش‌های انجام گرفته، و براساس معیارهای ارزیابی عملکرد که نحوه محاسبه آن‌ها نیز بیان شد، مدل ارائه شده مبتنی بر شبکه عصبی LSTM، عملکرد بهتری نسبت به سایر مدل‌ها از خود به نمایش گذاشت. شبکه‌های LSTM به گونه‌ای طراحی شده‌اند تا وابستگی‌های زمانی طولانی‌مدت را به خوبی مدیریت کنند. این شبکه‌ها از سلول‌های حافظه برای نگهداری اطلاعات مهم در طول زمان استفاده می‌کنند که باعث می‌شود برای داده‌های ترتیبی مانند سری‌های زمانی مناسب باشند. در مقابل، XGBoost و MLP به طور خاص برای مدیریت وابستگی‌های زمانی طراحی نشده و عملکردشان در این نوع داده‌ها محدودتر است. همچنین شبکه LSTM می‌تواند

XGBoost به دلیل قابلیت‌هایی مانند برش خودکار درخت، بهینه‌سازی توزیع‌ها و قدرت مقاومت در برابر داده‌های ورودی تصادفی، یکی از محبوب‌ترین روش‌ها برای مسائل کلاس‌بندی می‌باشد و در آن مدل‌ها به صورت ترتیبی ساخته می‌شوند و هر مدل جدید، خطاهای مدل‌های قبلی را تصحیح می‌کند. در این فرآیند، مدل‌های ضعیف‌تر (مثلاً درخت‌های تصمیم با عمق کم) به تدریج ترکیب می‌شوند تا یک مدل قوی‌تر ایجاد کنند. برای تنظیم پارامترهای XGBoost نیز از جستجوی شبکه‌ای استفاده شد و در نهایت، از binary_logistic برای تابع هدف و مقدار ۰/۱ برای نرخ یادگیری و تعداد ۱۰۰ درخت با عمق حداکثر سه استفاده گردید. با استفاده از داده‌های آموزشی، مدل XGBoost آموزش داده شد تا بتواند الگوهای مناسبی را برای تفکیک دو کلاس از یکدیگر فراگیرد. پس از آموزش، مدل روی داده‌های اعتبارسنجی مورد ارزیابی قرار گرفت تا میزان دقت، بازدهی و دیگر معیارهای عملکرد اندازه‌گیری

وابستگی‌های پیچیده بین داده‌های ترتیبی را به‌خوبی یاد بگیرد. این توانایی به‌دلیل ساختار ویژه LSTM و سازوکارهای دروازه‌ای آن است که به شبکه اجازه می‌دهد، اطلاعات غیرضروری را فیلتر کرده و

جدول ۲- میانگین نتایج پیش‌بینی برای ۱۰ اجرا

Table 2- Average of prediction results for 10 training runs

نتایج پیش‌بینی	مدل LSTM	مدل MLP	مدل XGBoost
Predictions Results	LSTM Model	MLP model	XGBoost model
مثبت صحیح True Positive	%28	%18	%22
مثبت کاذب False Positive	%7	%17	%13
منفی صحیح True Negative	%55	%40	%38
منفی کاذب False Negative	%10	%25	%27

جدول ۳- میانگین معیارهای ارزیابی برای ۱۰ اجرا

Table 3- Average of evaluation metrics for 10 training runs

معیار ارزیابی	مدل LSTM	مدل MLP	مدل XGBoost
Evaluation metric	LSTM model	MLP model	XGBoost model
صحت Accuracy	0.83	0.58	0.6
دقت Precision	0.73	0.42	0.45
یادآوری Recall	0.80	0.51	0.63
امتیاز F1 F1_score	0.76	0.46	0.53

نتیجه‌گیری کلی

در این مقاله به ارائه و بررسی عملکرد مدل‌های مختلف برای پیش‌بینی نتیجه لقاح مصنوعی دام پرداخته شد. همان‌طور که قبلاً بیان کردیم، پیش‌بینی نتیجه لقاح مصنوعی دام می‌تواند به دامداران در بهبود عملکرد و افزایش زادوولد و کاهش هزینه‌های دامداری کمک نماید. در مسئله پیش‌بینی نتیجه لقاح مصنوعی دام، مدل ارائه شده شبکه عصبی LSTM، بهترین عملکرد را براساس معیارهای ارزیابی بیان شده از خود نشان می‌دهد و پس از آن، کلاسه بندی مبتنی بر XGBoost از عملکرد بهتری نسبت به MLP برخوردار است. به‌عنوان کارهای آینده به پژوهشگران علاقه‌مند پیشنهاد می‌گردد که از هوش مصنوعی و به‌خصوص یادگیری ماشین و یادگیری عمیق در مسائل مختلف مرتبط به پرورش دام مانند نظارت و تشخیص سلامت دام‌ها، بهینه‌سازی تغذیه، پیش‌بینی تولید و مدیریت تولیدمثل، مدیریت مصرف انرژی، تحلیل داده‌ها و پشتیبانی تصمیم‌گیری و ... استفاده نمایند.

اما مدل‌های مبتنی بر XGBoost و MLP در این زمینه کارایی کمتری دارند، زیرا بیشتر روی تعاملات مستقیم بین ویژگی‌ها تمرکز دارند و نمی‌توانند به‌خوبی وابستگی‌های زمانی را مدل‌سازی کنند. مدل‌های مبتنی بر LSTM به‌دلیل توانایی‌شان در یادگیری عمیق، می‌توانند ویژگی‌های سطح بالاتری را از داده‌ها استخراج کنند. این ویژگی‌ها می‌توانند اطلاعات غنی‌تری را برای کلاسه‌بندی فراهم کنند که در نتیجه، دقت کلاسه‌بندی را افزایش می‌دهد. اما مدل‌های مبتنی بر XGBoost، هرچند که مدل‌های بسیار دقیقی تولید می‌کنند، اما در استخراج ویژگی‌های سطح بالا به همان اندازه قدرتمند نیستند. همچنین، LSTM به‌دلیل ساختار حافظه‌دار خود، می‌تواند در برابر نوسانات و تغییرات غیرمنتظره در داده‌های ترتیبی مقاومت کند و اطلاعات مهم را از نویز تشخیص دهد و در شرایطی که داده‌ها شامل نویز و نوسانات زیادی هستند، عملکرد بهتری داشته باشد.

References

- Chen, T., & Guestrin, C. (2016). Xgboost: A scalable tree boosting system. In Proceedings of the 22nd acm sigkdd international conference on knowledge discovery and data mining (pp. 785-794).
- Ehret, A., Hochstuhl, D., Krattenmacher, N., Tetens, J., Klein, M. S., Gronwald, W., & Thaller, G. (2015). Use of genomic and metabolic information as well as milk performance records for prediction of subclinical ketosis risk via artificial neural networks. *Journal of Dairy Science*, 98(1), 322-329. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8602>.
- Fenlon, C., O'Grady, L., Dunnion, J., Shalloo, L., Butler, S., & Doherty, M. (2016). A Comparison of Machine Learning Techniques for Predicting Insemination Outcome in Irish Dairy Cows. *Irish Conference on Artificial Intelligence and Cognitive Science*. http://ceur-ws.org/Vol-1751/AICS_2016_paper_30.pdf.
- González-Recio, O., Jiménez-Montero, J. A., & Alenda, R. (2013). The gradient boosting algorithm and random boosting for genome-assisted evaluation in large data sets. *Journal of Dairy Science*, 96(1), 614-624. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5630>.
- Hempstalk, K., McParland, S., & Berry, D. P. (2015). Machine learning algorithms for the prediction of conception success to a given insemination in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 98(8), 5262-5273. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8984>.
- Hidalgo, A., Zouari, F., Knijn, H., & Van Der Beek, S. (2018). Prediction of postpartum diseases of dairy cattle using machine learning. In Proceedings of the World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. World Congress on Genetics Applied to Livestock Production (p. 104).
- Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long short-term memory. *Neural Computation*, 9(8), 1735-1780. <https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.8.1735>.
- Ho, P. N., & Pryce, J. E. (2020). Predicting the likelihood of conception to first insemination of dairy cows using milk mid-infrared spectroscopy. *Journal of Dairy Science*, 103(12), 11535-11544. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18589>.
- Jiang, C., Chen, Y., Chen, S., Bo, Y., Li, W., Tian, W., & Guo, J. (2019). A mixed deep recurrent neural network for MEMS gyroscope noise suppressing. *Electronics*, 8(2), 181. <https://doi.org/10.3390/electronics8020181>.
- Li, B., Zhang, N., Wang, Y. G., George, A. W., Reverter, A., & Li, Y. (2018). Genomic prediction of breeding values using a subset of SNPs identified by three machine learning methods. *Frontiers in Genetics*, 9, 237. <https://doi.org/10.3389/fgene.2018.00237>.
- Li, Y., Raidan, F. S. S., Vitezica, Z., & Reverter, A. (2018). Using random forests as a prescreening tool for genomic prediction: Impact of subsets of SNPs on prediction accuracy of total genetic values. In 11. World Congress on Genetics Applied to Livestock Production (WCGALP), February, (pp. 1130-p). Massey University.
- Long, N., Gianola, D., Rosa, G. J., Weigel, K. A., & Avendano, S. (2007). Machine learning classification procedure for selecting SNPs in genomic selection: application to early mortality in broilers. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 124(6), 377-389. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.2007.00694.x>.
- Mammadova, N., & Keskin, İ. (2013). Application of the support vector machine to predict subclinical mastitis in dairy cattle. *The Scientific World Journal*, 2013(1), 603897. <https://doi.org/10.1155/2013/603897>.
- Mikshowsky, A. A., Gianola, D., & Weigel, K. A. (2017). Assessing genomic prediction accuracy for Holstein sires using bootstrap aggregation sampling and leave-one-out cross validation. *Journal of Dairy Science*, 100(1), 453-464. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11496>.
- Oluoch, L., Stachó, L., Viharos, L., Viharos, A., & Mikó, E. (2021). Random forest regression models for lactation and successful insemination in Holstein friesian cows. 1. Mathematical aspects. *Gradus*, 8(2), 1-8. <https://doi.org/10.47833/2021.2.agr.001>.
- Pascanu, R., Mikolov, T., & Bengio, Y. (2013, May). On the difficulty of training recurrent neural networks. In *International conference on machine learning* (pp. 1310-1318). Pmlr.
- Romadhonny, R. A., Gumelar, A. B., Fahrudin, T. M., Setiawan, W. P. A., Putra, F. D. C., Nugroho, R. D., & Budiani, J. R. (2019, September). Estrous cycle prediction of dairy cows for planned artificial insemination (AI) using multiple logistic regression. In 2019 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication (Iseantic) (pp. 157-162). IEEE. <https://doi.org/10.1109/iseantic.2019.8884272>.
- Rumelhart, D. E., Hinton, G. E., & Williams, R. J. (1986). Learning representations by back-propagating errors. *Nature*, 323(6088), 533-536. <https://doi.org/10.1038/323533a0>.

19. Rutten, C. J., Steeneveld, W., Vernooij, J. C. M., Huijps, K., Nielen, M., & Hogeveen, H. (2016). A prognostic model to predict the success of artificial insemination in dairy cows based on readily available data. *Journal of Dairy Science*, 99(8), 6764-6779. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-10935>.
20. Shahinfar, S., Page, D., Guenther, J., Cabrera, V., Fricke, P., & Weigel, K. (2014). Prediction of insemination outcomes in Holstein dairy cattle using alternative machine learning algorithms. *Journal of Dairy Science*, 97(2), 731-742. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6693>.
21. Shrestha, A., & Mahmood, A. (2019). Review of deep learning algorithms and architectures. *IEEE Access*, 7, 53040-53065. <https://doi.org/10.1109/access.2019.2912200>.
22. Tyrrell, H. F., & Reid, J. T. (1965). Prediction of the energy value of cow's milk. *Journal of Dairy Science*, 48(9), 1215-1223. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(65\)88430-2](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(65)88430-2).
23. Yao, C., Zhu, X., & Weigel, K. A. (2016). Semi-supervised learning for genomic prediction of novel traits with small reference populations: an application to residual feed intake in dairy cattle. *Genetics Selection Evolution*, 48, 1-9. <https://doi.org/10.1186/s12711-016-0262-5>.
24. Zaheer, R., & Shaziya, H. (2019). A study of the optimization algorithms in deep learning. In 2019 Third International Conference On Inventive Systems And Control (ICISC), January, (pp. 536-539). IEEE. <https://doi.org/10.1109/icisc44355.2019.9036442>.



Identification of Positive Selection Signatures Associated and Bioinformatic Analysis with Milk and Composition Traits in Murciano-Granadina and Barki

Hossein Mohammadi^{1*}, Amir Hossein Khaltabadi Farahani², Mohammad Hossein Moradi²

1 –Assistant professor, Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Arak University, Arak, Iran.

2 –Associate professor, Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Arak University, Arak, Iran.

*Corresponding Author's Email: H-mohammadi64@araku.ac.ir

How to cite this article:

Received: 03-04-2024
Revised: 06-06-2024
Accepted: 24-06-2024
Available Online: 29-01-2025

Mohammadi, H., Khaltabadi Farahani, A.M. & Moradi, M.H. (2025). Identification of positive selection signatures associated and bioinformatic analysis with milk and composition traits in Murciano-Granadina and Barki. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 16(4),543-554. (in Persian with English abstract)
<http://doi.org/10.22067/ijasr.2024.87463.1196>

Introduction: Understanding the genomic features of livestock is essential for successful breeding programs and conservation. Artificial selection is one of the major forces modifying the genetic composition of livestock populations. The identification of selection targeted genomic regions is one of the main aims of biological research. Domestication and selection have significantly changed the behavioral and phenotypic traits in modern domestic animals. The selection of animals by humans left detectable signatures on the genome of modern goat. Understanding the genomic features of livestock is essential for successful breeding programs and conservation. Artificial selection is one of the major forces modifying the genetic composition of livestock populations. Identifying genes under selection could be useful to elucidate their impact on phenotypic variation. Over the last decade, interest in the detection of genes or genomic regions that are targeted by selection has been growing. Identifying signatures of selection can provide valuable insights about the genes or genomic regions that are or have been under selection pressure, which in turn leads to a better understanding of genotype-phenotype relationships. This study aimed to identify effective genes and genomic regions on positive signature of selection in Murciano-Granadina and Barki goats using selection signature method.

Materials and Methods: In this study, data from 923 Murciano-Granadina and 68 Barki goats genotyped using Caprine 50 K Bead Chip were used to identify genomic regions under selection associated with important traits. Quality control measures were performed in Plink by setting an animal call rate of 0.90, SNP call rate of 0.95, and SNPs with minor allele frequencies (MAF) lower than 0.05 or that do not conform to the Hardy–Weinberg expectation (P value ≤ 0.000001) and unknown position. After quality control of the initial data using Plink software (v1.90; <http://pngu.mgh.harvard.edu/purcell/plink>), 43,170 SNP markers were finally entered for further analysis. To identify the signatures of selection, the statistical method F_{ST} was used under R software packages. Candidate genes were identified by SNPs located at 1% upper range of F_{ST} using Plink v1.9 software and the gene list of Illumina in R. Additionally, the latest published version of animal genome database was used for defining QTLs associated with economically important traits in identified locations. GeneCards (<http://www.genecards.org>) and UniProtKB (<http://www.uniprot.org>) databases were also used to interpret the function of the obtained genes.



©2023 The author(s). 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/), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

 <http://doi.org/10.22067/ijasr.2024.87463.1196>

Results and Discussion: Using F_{ST} approach, we identified seven genomic regions on chromosomes 4, 6, 14, 15 (two regions per chromosome), 17, and 23 chromosomes. Candidate genes were detected. Some of the genes located in identified regions under selection were associated with milk yield, fat yield and fat metabolism, milk protein percentage and cholesterol milk content. Some of the genes under selection were found to be consistent with some previous studies. Results of gene ontology analysis identified two biological pathways namely skeletal system development and calcium channel complex with two important KEGG pathways including glucagon signaling pathway and AMPK signaling pathway which play an important role in glucose metabolism and homeostasis and skeletal system development.

Conclusion: Various genes identified within these regions can be considered potential candidates under selection based on their functions. Many of these genes were found to align with previous studies and are involved in processes such as milk yield and metabolic pathways. Additionally, an analysis of the extracted QTLs revealed their association with economically important traits in goats, including milk yield and composition traits. However, further association and functional studies are necessary to confirm the roles of these genes and to investigate QTLs related to the selected regions. These studies will be crucial to fully understand the implications of the genes identified through association analyses. Using these findings can accelerate the genetic progress in the breeding programs and can be used to understand the genetic mechanism controlling this trait. The results of our research can be used to understand the genetic mechanism controlling milk and composition traits and considering, this study supported previous results from genome scan of production traits, also revealed additional regions, using these findings could potentially be useful for genetic selection in goat for better milk yield.

Keywords: Candidate gene, F_{ST} statistics, Goat, Milk performance, Selection footprint

شناسایی نشانه‌های انتخاب مثبت و مطالعه بیوانفورماتیکی مرتبط با تولید و ترکیبات شیر در بزهای نژاد مورسیانو-گرانادینا و بارکی

حسین محمدی^{۱*}، امیرحسین فراهانی خلت آبادی^۲، محمد حسین مرادی^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۰۴

چکیده

انتخاب‌های طبیعی و مصنوعی تغییرات مهمی را در ژنوم بزهای امروزی به‌جا گذاشته‌اند که شناسایی این نشانه‌ها می‌تواند به‌عنوان ابزاری در اصلاح و بهبود ژنتیکی این حیوانات استفاده شود. هدف از این مطالعه، شناسایی ژن‌های کاندیدا و مناطق ژنومی تحت انتخاب مثبت در بزهای نژاد مورسیانو-گرانادینا و بارکی از طریق روش‌های شناسایی ردپای انتخاب می‌باشد. در این پژوهش، اطلاعات ژنوتیپی مربوط به ۹۲۳ رأس بزهای نژاد مورسیانو-گرانادینا و ۶۸ رأس بزهای بارکی تعیین ژنوتیپ شده توسط آرایه‌های Caprine 50K به‌ترتیب از پایگاه‌های برخط Figshare و Dryad استفاده گردید. پس از اجرای مراحل مختلف کنترل کیفیت داده‌ها، برای شناسایی نشانه‌های انتخاب از روش آماری FST به‌وسیله برنامه R استفاده شد. ژن‌های کاندیدا با استفاده از SNP‌هایی که در بازه ۰/۱ درصد بالای ارزش FST، واقع شده بودند با استفاده از برنامه BioMart شناسایی شدند. برای بررسی وجود QTL‌های مربوط به صفات مهم اقتصادی در مناطق شناسایی شده معنی‌دار، از آخرین نسخه منتشر شده پایگاه Animal genome استفاده شد. در نهایت، برای تفسیر بهتر عملکرد ژن‌های به‌دست آمده از پایگاه‌های اطلاعاتی آنالین GeneCards و UniProtKB استفاده شد. نتایج این پژوهش منجر به شناسایی هفت ناحیه ژنومی بر روی کروموزوم‌های ۴، ۶، ۱۴، ۱۵ (دو نقطه)، ۱۷ و ۲۳ با بالاترین ارزش آماره FST شد. ژن‌های شناسایی شده در مناطق مورد انتخاب شامل IGF1BP3، ADCY1، ABCG2، ZNF16، NR1H3، POLD3، BAG2 و MGST2 بودند که نقش عملکردی در تولید شیر، سنتز و تولید چربی شیر، سنتز و تولید پروتئین شیر و حجم کلسترول شیر داشتند. بررسی QTL‌های گزارش شده در مناطق ژنومی کاندیدا نشان داد که این مناطق در ارتباط با تولید و ترکیبات شیر قرار دارند. نیاز به مطالعات پویای کل ژنومی و عملکردی بیشتری جهت تأیید ژن‌های کاندیدی شناسایی شده می‌باشد. نتایج این تحقیق می‌تواند در درک سازوکار ژنتیکی کنترل‌کننده صفات تولید و ترکیبات شیر با هدف افزایش تولید شیر روزانه و بهبود ترکیبات آن مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: آماره FST، بز، ردپای انتخاب، ژن کاندیدا، عملکرد شیر

مقدمه

مورسیانو-گرانادینا که براساس آماره‌های iHS و ROH انجام شده بود، ژن‌های کاندیدی *SYK*، *IL27*، *CCL19*، *CCL21*، *CSN3*، *CSN1S2*، *GLI3*، *MC1R* و *MITF* مرتبط با سیستم ایمنی، تولید و ترکیبات شیر گزارش شده است (Luigi-Guan et al., 2021; Sierra et al., 2022).

در حالی که نژاد بارکی مورد استفاده در تحقیق حاضر، از نژادهای بز متوسط وزن و ممتاز کشور مصر از نظر صفات تولید گوشت در منطقه بیابانی غرب این کشور است. از ویژگی‌های این نژاد می‌توان به مقاومت در برابر گرما و سرما، شرایط سخت تغذیه‌ای و مراتع ضعیف نام برد (Galal et al., 2005). در مطالعه‌ای با هدف شناسایی مناطق ژنومی تحت انتخاب در نژادهای مختلف بزهای مصری انجام شده است، ژن‌های کاندیدی *SPATA2L*، *TCF25*، *SOX15*، *KDR*، *MC1R* و *KIT* در ارتباط با صفات تولیدمثلی، سازگاری و

بزهای نژاد مورسیانو-گرانادینا مربوط به جنوب کشور اسپانیا بوده و با رنگ پوشش بدنی سیاه یا قهوه‌ای کامل می‌باشند و به‌طور کلی برای تولید و ترکیبات شیر اصلاح نژاد شده‌اند. به‌طوری‌که تولید شیر در این نژاد به‌ازای هر دوره شیردهی برابر با ۵۳۰ کیلوگرم به‌ترتیب با مقدار چربی و پروتئین ۵/۶ و ۳/۶ درصد می‌باشد (Delgado et al., 2017). در مطالعات قبلی پویای ژنومی مرتبط با بزهای نژاد

۱- استادیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و محیط زیست، دانشگاه اراک، اراک، ایران.

۲- دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و محیط زیست، دانشگاه اراک، اراک، ایران.

(*- نویسنده مسئول: Email: H-mohammadi64@araku.ac.i

<http://doi.org/10.22067/ijasr.2024.87463.1196>

در مطالعه پویش ژنومی با هدف شناسایی نشانه‌های انتخاب مثبت مرتبط با بیماری ورم پستان با استفاده از آماره F_{ST} در نژادهای مختلف گاو شیری انجام شده بود، ژن‌های کاندیدای *DEFB4*، *DEFB7* و *DEFB10* مرتبط با بیماری ورم پستان گزارش شد (Saravanan et al., 2021).

از روش شناسایی نشانه‌های انتخاب جهت شناسایی مناطق ژنومی مرتبط با صفات تولیدی و تولیدمثلی در نژادهای مختلف بز استفاده شده است. در یک بررسی که با هدف شناسایی مناطق ژنومی مرتبط با صفات مهم اقتصادی در بزهای نژاد Begait ایتوپی با استفاده از آماره F_{ST} انجام شده بود، ژن‌های کاندیدای *GLYCAM1* و *MAPK13* مرتبط با تولید شیر و ژن‌های کاندیدای *MAPK14*، *SCN7A*، *IL12A*، *EST1* و *DEFB119* مرتبط با سیستم ایمنی گزارش شد (Gebreselase et al., 2024). همچنین در مطالعه پویش ژنومی در بزهای نژاد بومی چینی با هدف شناسایی نشانه‌های انتخاب مثبت، ژن کاندیدای *EPA6* مرتبط با صفت تعداد نتاج متولد شده و ژن‌های کاندیدای *CDKAL1* و *POMC* مرتبط با سازگاری گزارش شد (Huang et al., 2024).

انتخاب برای صفات مهم اقتصادی مرتبط با تولید شیر در بز طی نسل‌های گذشته می‌تواند منجر به ایجاد نشانه‌های انتخاب در سطح ژنوم شده باشد که بررسی و ردیابی این نشانه‌ها می‌تواند در شناسایی این مناطق و ژن‌های کاندیدای مؤثر بر تولید و ترکیبات شیر مفید باشد. بنابراین، هدف از پژوهش حاضر، شناسایی مناطق ژنومی و ژن‌های کاندیدای مرتبط با صفات تولید و ترکیبات شیر در بزهای نژاد مورسیانو-گرانادینا و بارکی با استفاده از آماره F_{ST} برای پویش نشانه‌های انتخاب مثبت بود.

مواد و روش

در پژوهش حاضر از اطلاعات ژنوتیپی مجموع ۹۲۳ رأس بزهای غیر خویشاوند اسپانیایی مربوط به نژاد مورسیانو-گرانادینا استفاده گردید. لازم به ذکر است که تعیین ژنوتیپ نمونه‌ها در دانشگاه بارسلونای کشور اسپانیا انجام شده بود. ژنوتیپ نمونه‌ها در شرکت Neogen GeneSeek در کشور آمریکا با استفاده از آرایه‌های Illumina OvineSNP50K BeadChip با به کارگیری روش استاندارد شرکت ایلومینا انجام شده بودند. داده‌های مورد استفاده در این پژوهش در پایگاه Figshare (https://doi.org/10.6084/m9.figshare) به شماره دسترسی (۷۱.۲۱۳۸۹۰۱۳) در دسترس می‌باشد.

همچنین در پژوهش حاضر از اطلاعات ژنوتیپی مجموع ۶۸ رأس بزهای غیر خویشاوند مربوط به نژاد بارکی مصر استفاده گردید. لازم به ذکر است تعیین ژنوتیپ نمونه‌ها در مرکز بین‌المللی تحقیقات

تولید در بزهای نژاد بارکی گزارش شد (Sallam et al., 2023). انتخاب می‌تواند منجر به تغییر فراوانی یک آلل در جمعیت شود، درحالی‌که فراوانی آن در جمعیت‌هایی که تحت انتخاب نبوده‌اند بدون تغییر باقی می‌ماند. نتیجه این حالت، ایجاد تفرق در بین جمعیت‌ها در این مناطق ژنومی است. بنابراین، تفاوت به نسبت زیاد در فراوانی آللی بین جمعیت‌ها نیز می‌تواند به عنوان نشانه‌ای از انتخاب مثبت در جایگاه‌های ژنی مربوط به شمار آید (Chen et al., 2019). از طرف دیگر، اگر جهش به وجود آمده در سطح ژنوم باعث افزایش شایستگی افراد در جامعه شود، انتخاب باعث می‌شود تا افراد با شایستگی بالاتر هدف انتخاب مثبت قرار گرفته و سهم بالاتری در تشکیل نسل بعد داشته باشند. انتخاب‌های مثبت انجام شده روی یک آلل سودمند در طول ژنوم، باعث ایجاد نشانه‌هایی در سطح ژنوم می‌گردد. این نشانه‌ها عبارتند از ایجاد ساختارهای هاپلوتایپی، افزایش عدم تعادل پیوستگی ژنی، کاهش مکانی تنوع ژنتیکی و انحراف از توزیع فراوانی آللی (Qanbari et al., 2014). متناسب با انواع نشانه‌های انتخاب به‌جا مانده روی ژنوم، ابزارها و روش‌های مختلفی برای شناسایی این نشانه‌ها ارائه شده است. البته با توجه به انتخاب‌های مصنوعی صورت گرفته روی ژنوم دام‌های اهلی در کنار انتخاب طبیعی و نیز عوامل مؤثری از قبیل اندازه مؤثر کوچک‌تر دام‌های اهلی و عدم تعادل پیوستگی ژنی بالاتر این گونه‌ها در مقایسه با انسان، این گونه‌ها نمونه مناسب‌تری برای شناسایی نشانه‌های انتخاب در سطح ژنوم هستند (Rahimadad et al., 2021). اهلی کردن و به دنبال آن شکل‌گیری نژادها و انتخاب طبیعی یا مصنوعی باعث ایجاد نشانه‌های انتخاب مثبت در مناطق ژنومی شده است (Cheruiyot et al., 2018).

شناسایی نشانه‌های انتخاب از دو دیدگاه مهم می‌باشند، اول اینکه این نشانه‌ها حاوی اطلاعات ارزشمندی در خصوص تکامل و سازوکارهای مؤثر بر تکامل را فراهم می‌کنند. دوم اینکه جایگاه‌های ژنی شناخته شده و تنوع ژنتیکی صفات کمی آشکار می‌شود. از طرف دیگر، اهلی‌سازی و انتخاب به‌شدت در ویژگی‌های ظاهری و رفتاری حیوانات اهلی امروزی تغییر ایجاد کرده است. در این مسیر، انتخاب‌های انجام شده توسط انسان نشانه‌های قابل شناسایی را در ژنوم دام‌های امروزی به‌جا گذاشته است که آشکار نمودن این نشانه‌ها می‌تواند به اصلاح و بهبود ژنتیکی صفات مهم اقتصادی در این دام‌ها کمک کند (Fleming et al., 2019).

یکی از مهم‌ترین آزمون‌های آماری شناسایی نشانه‌های انتخاب، آماره تمایز جمعیتی یا شاخص تثبیت^۱ (F_{ST}) می‌باشد. یکی از مشکلات اصلی این روش لحاظ نکردن خطای نمونه‌گیری است که این مورد با استفاده از روش ناریب تا (Theta, θ) تصحیح شده است.

1- Fixation index

F_{ST} به دو روش رایت (Wright, 1965) و روش برآوردگر ناریب تتا (θ) (Weir and Cockerham, 1984) محاسبه می‌شود. یکی از مشکلات اصلی روش رایت، عدم در نظر گرفتن خطای نمونه‌گیری است که این مشکل توسط ویر و کوکرهام با ارائه روش تتا تصحیح شد که مستقل از شمار گروه‌های نمونه‌گیری شده و شمار افراد داخل هر گروه است. ارزش‌های به‌دست آمده از این روش‌ها بین صفر تا یک متغیر است. محاسبه‌های مربوط به دو روش رایت و تتا در محیط برنامه‌نویسی شد. با توجه به اینکه انتخاب، علاوه بر جهش سودمند جایگاه‌های مجاور آن را هم تحت تأثیر قرار می‌دهد (Akey et al., 2002) بنابراین، جهت شناسایی بهتر نشانه‌های انتخاب در سطح ژنوم، به‌جای در نظر گرفتن ارزش عددی هر SNP، از میانگین‌گیری ارزش‌های عددی SNP‌های مجاور به‌روش Creeping Window (CW) با طول ۵۰۰ کیلو جفت باز استفاده شد (Kim et al., 2015) و فقط ۰/۱ درصد مناطقی از ژنوم که در آن، تمام نشانگرهای مجاور ارزش بالایی بودند، به‌عنوان نشانه‌های انتخاب شناسایی و تعیین شدند (Saravanan et al., 2021; Kijas et al., 2012). آستانه تعیین شده سختگیرانه بوده و فقط مناطقی از ژنوم که بیشترین تمایز جمعیتی را در بین نژادها را نشان دادند، انتخاب شدند، این حد آستانه در مطالعات مختلف از ۰/۱ درصد (Zhao et al., 2020) تا ۲/۵ درصد (Qanbari et al., 2012) متغیر بوده است. در این تحقیق برای ترسیم گراف ارزش‌های Win10 در مقابل موقعیت ژنومی از بسته نرم‌افزاری ggplot در برنامه R استفاده شد.

بررسی ژن‌های گزارش شده در مناطق ژنومی حاوی نشانه‌های انتخاب

پس از مرتب کردن نشانگرها برپایه ارزش محاسبه شده با استفاده از نرم‌افزار Excel، صدک ۹۹/۹ محاسبه و مناطقی که برای همه نشانگرهای مجاور ارزش بالایی داشتند، به‌عنوان نشانه انتخاب در نظر گرفته شدند. مناطق دارای ارزش بالای تتا می‌توانند نشان‌دهنده مناطقی از ژنوم باشند که در گروه‌های موردی و شاهد به‌صورت متمایز هدف انتخاب قرار گرفته باشند. برای بررسی ژن‌های گزارش شده در این مناطق و ۵۰۰ کیلو جفت‌باز اطراف آن‌ها از پایگاه اطلاعاتی برخط Database Ensembl Genes 111 به‌وسیله BioMart (www.ensembl.org/biomart) مورد بررسی قرار گرفت. برای تفسیر بهتر عملکرد ژن‌های به‌دست آمده از پایگاه-ه ای اطلاعاتی آنالایز GeneCards (http://www.genecards.org) و UniProtKB (http://www.uniprot.org) استفاده شد.

با توجه به اینکه پایگاه داده QTL ژنوم بز هنوز تکمیل نشده است، لذا از ژنوم گاو جهت بررسی اینکه مناطق ژنومی شناسایی شده

کشاورزی مناطق خشک کشور مصر انجام شده بود. پس از اطمینان از کمیت و کیفیت بالای DNA استخراج شده، نمونه‌ها با استفاده از آرایه‌های شرکت ایلومینا Caprine 50 K SNP Bead Chip برای ۵۳۳۴۷ جایگاه نشانگری تعیین ژنوتیپ شده بودند. داده‌های مورد استفاده در این پژوهش در پایگاه برخط Dryad (https://dryad.com/articles/dataset) به شماره دسترسی (8m1v1) در دسترس می‌باشد.

با توجه به اینکه منبع انتشار دو سری داده متفاوت از هم بودند، قبل از ادغام داده‌ها، ابتدا شناسه‌های منحصر به فرد و موقعیت کروموزومی یکسان برای دو سری داده مورد استفاده با استفاده از نرم‌افزار SNPchip v.3 تعیین شدند (Nicolazzi et al., 2015). سپس داده‌ها با اطلاعات ژنومی مشترک و با کمک دستور merge-نرم‌افزار PLINK1.9 با هم ادغام شدند.

برای فیلتراسیون داده‌های ژنومی از معیارهای فراوانی نمونه‌های تعیین ژنوتیپ شده، نرخ تعیین ژنوتیپ نشانگرها در هر نمونه و فراوانی آلل نادر (MAF^1) استفاده شد. در ابتدا نمونه‌هایی که فراوانی تعیین ژنوتیپ در آن‌ها کمتر از ۹۰ درصد بود، شناسایی و حذف شدند. در مرحله بعد، نشانگرهایی که فراوانی آلل نادر در آن‌ها کمتر از پنج درصد بود، حذف شدند. سپس نشانگرهایی که نرخ تعیین ژنوتیپ آن‌ها در نمونه‌ها کمتر از ۹۵ درصد بود، شناسایی و حذف شدند. در نهایت، برای SNP‌های باقی‌مانده آن‌هایی که در تعادل هاردی-واینبرگ قرار نداشتند، به‌عنوان معیاری از خطای تعیین ژنوتیپ کنار گذاشته شدند. بدین منظور، سطح احتمال 10^{-6} در نظر گرفته شد. مراحل مختلف فیلتراسیون با استفاده از نرم‌افزار PLINK (نسخه ۱/۹۰) انجام شد (Chang et al., 2015). از مجموع ۵۳۳۴۷ نشانگر SNP به‌کار رفته در این تحقیق، ۴۳۱۷۰ نشانگر مشترک توانستند مراحل مختلف کنترل کیفیت را بگذرانند.

آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA^2) پس از گذراندن مراحل کنترل کیفیت داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار PLINK V1.9 محاسبه و گراف مربوطه توسط برنامه R نسخه (۴/۲/۲) ترسیم شد تا علاوه بر تفکیک نژادها، دام‌هایی که خارج از توده نژادی خود قرار دارند، برای حذف شناسایی شوند.

آنالیز آماری شناسایی نشانه‌های انتخاب

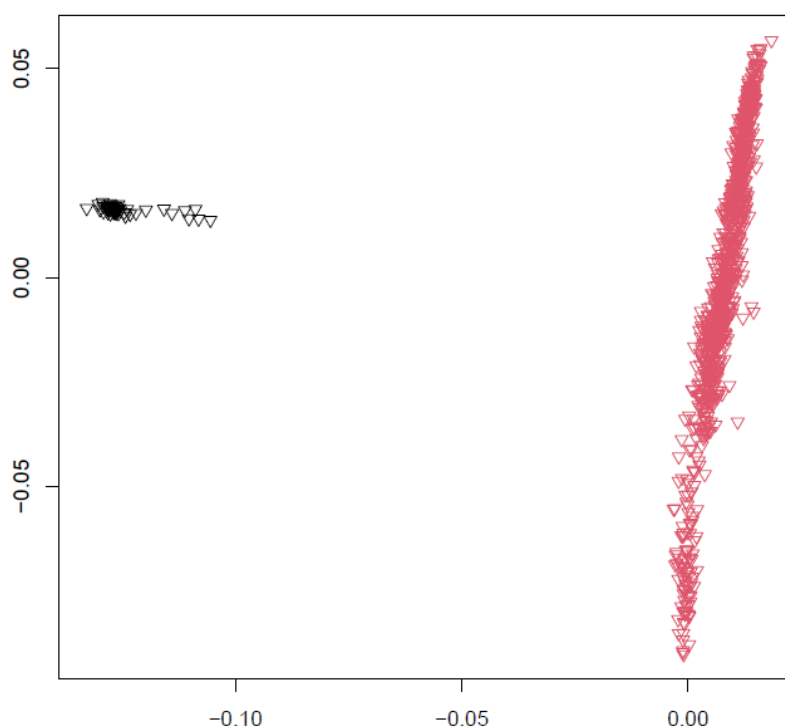
در این پژوهش برای شناسایی نشانه‌های انتخاب مرتبط با تولید و ترکیبات شیر، بزها به دو گروه موردی (مورسیا-گرانادینا) و شاهد (بارکی مصر) دسته‌بندی شدند. سپس برای شناسایی نواحی تحت انتخاب از آزمون تمایز جمعیتی F_{ST} استفاده شد. آزمون تمایز جمعیتی

این PCA در مجموع حدود ۴/۶٪ واریانس (۲/۷ درصد برای ویژه بردار ۱ و ۱/۹ درصد برای ویژه بردار ۲ را توجیه می‌کنند). در مطالعات مختلف دیگر، حیوانات فقط برپایه ویژه بردارهای یک و دو براساس نژاد و منطقه جغرافیایی دسته‌بندی شده‌اند (*Kijas et al., 2012*) نژاد و جمعیت‌های گوسفند دنیا انجام شده بود، (*Waineina et al., 2022*). در مطالعه‌ای که توسط کیجاز و همکاران (*Kijas et al. 2012*) روی جمعیت‌های گوسفند دنیا انجام شده بود، PC1 و PC2 به ترتیب ۲/۹۸ درصد و ۱/۴۴ درصد واریانس را توجیه می‌کردند. در مطالعه پویش ژنومی با هدف شناسایی نشانه‌های انتخاب مرتبط با صفات ذخیره بدن در سه نژاد گوسفندان بومی چینی (Tibetan و Altay، Han)، حیوانات برپایه PC1 و PC2 کاملاً از یکدیگر تفکیک شده و هرکدام از ویژه بردارهای ۱ و ۲ به ترتیب ۳/۳ درصد و ۲/۷ درصد از واریانس را توجیه می‌کردند (*Zhao et al., 2020*).

حاوی QTL خاصی هستند، در مناطق ارتولوگوس ژنوم گاو به وسیله برنامه BioMart مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت، برای بررسی اینکه آیا مناطق مورد نظر با QTLهای شناسایی شده هم‌پوشانی دارد یا خیر، از مرکز اطلاعاتی آنالیز QTL (<http://i.animalgenome.org/jbrowse/>) براساس آخرین نسخه به‌روز شده (Release 52, Dec 27, 2023) استفاده شد.

نتایج و بحث

به‌منظور بررسی نحوه قرار گرفتن حیوانات در گروه‌های نژادی، تجزیه و تحلیل PCA با به‌کارگیری اطلاعات تعیین ژنوتیپی بین نژادهای مورسیانو- گرانادینا و بارکی مصری استفاده شد. نتایج آنالیز PCA براساس PC1 و PC2 نشان داد که این دو نژاد در گروه‌های کاملاً مجزا قرار دارند و در هیچ نقطه‌ای هم‌پوشانی ندارند (شکل ۱).



شکل ۱- خوشه‌بندی حیوانات براساس آنالیز PCA با استفاده از اطلاعات ژنوتیپی تمام حیوانات

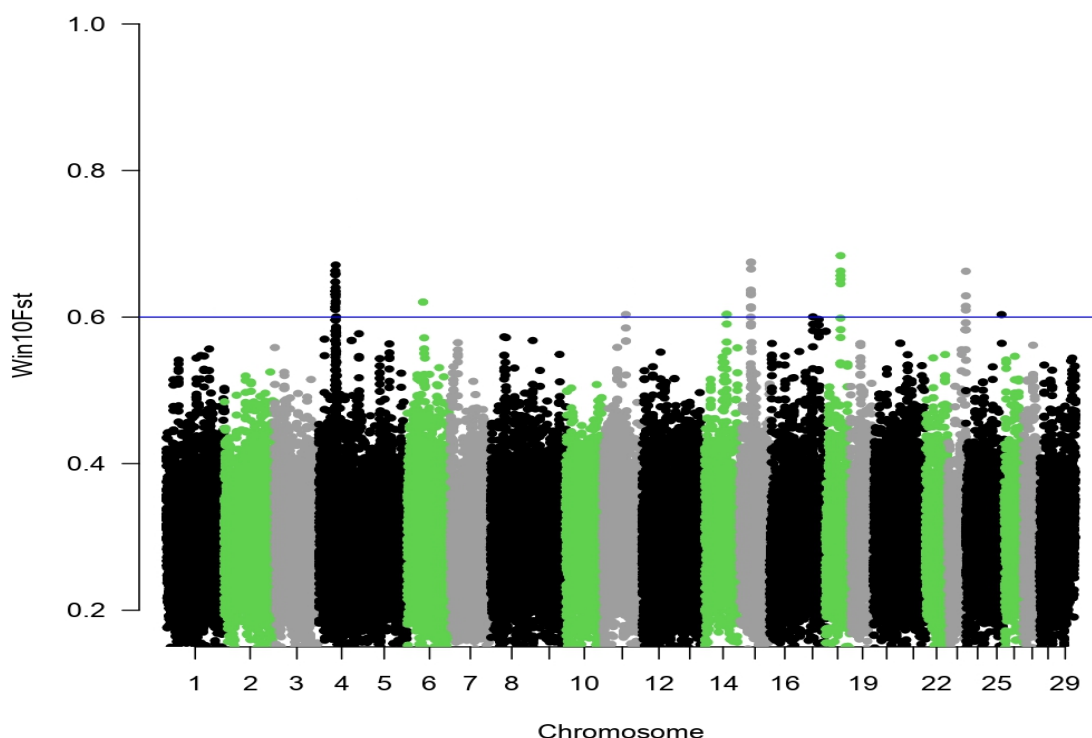
Figure 1- Animals clustered on the basis of principal components analysis (PCA) using genotyping information animals

کروموزوم‌های ۴، ۶، ۱۴، ۱۵ (دو نقطه)، ۱۷ و ۲۳ بودند و در صدک ۹۹/۹ کل ارزش‌های تتا قرار داشتند و معنی‌دار بودند (شکل ۲). از روش نشانه‌های انتخاب و آماره تتا تاکنون جهت شناسایی مناطق ژنومی مرتبط با صفات مهم اقتصادی مختلف در دام‌های اهلی استفاده شده است. پژوهشی با هدف شناسایی نشانه‌های انتخاب با ذخیره چربی بدن در گوسفندان بومی چینی انجام شده است. نتایج

بخش‌هایی از ژنوم که ارزش F_{ST} بالایی دارند، نشان‌دهنده تمایز بین دو نژاد مورد بررسی در آن مناطق ژنومی در اثر انتخاب مثبت هستند که به دنبال انتخاب‌های طبیعی و مصنوعی در طی نسل‌های مختلف برای جایگاه‌های مورد نظر به‌وجود آمده است. نتایج به‌دست آمده نشان داد که در چندین منطقه ژنومی SNPهای مجاور، تفرق جمعیتی بالایی داشتند که شامل هفت ناحیه ژنومی بر روی

نواحی ژنومی روی کروموزوم‌های ۳، ۴، ۱۰، ۱۵، ۲۲ و ۲۶ دارای نشانه‌های انتخاب هستند. این مناطق ژنومی شامل ژن‌های کاندیدای *PCK* و *MST1*، *PDE4B*، *HYAL1* سازگاری، سیستم ایمنی و تولید شیر داشتند (Weineina et al., 2022).

تحقیق نشان داد که ۲۵ ناحیه ژنومی حاوی نشانه‌های انتخاب هستند و ژن‌های کاندیدای *BMP2*، *WARS2*، *TBX12*، *WDR92*، *ETAA1* و *ALX4* گزارش شدند (Zhao et al., 2020). همچنین در پژوهشی که با هدف شناسایی نشانه‌های انتخاب مرتبط با سازگاری و پاسخ سیستم ایمنی، تولید و تولیدمثل در نژادهای مختلف بز انجام شده بود، نتایج نشان داد که



شکل ۲- توزیع ارزش‌های win10 تا در سطح ژنوم حیوانات نژادهای بز مورسیانو- گرانادینا و بارکی. موقعیت ژنومی SNPها روی محور X و ارزش‌های تنای آن‌ها روی محور Y نشان داده شده است. خط ترسیم شده نشان‌دهنده ۹۹/۹ صدک کروموزوم‌ها است

Figure 2- Distribution of 10 windowed theta values in Murcia-Grenadian and Barki breed: the SNP position on different chromosomes shown on the X-axis, and theta values are plotted on the Y-axis. The values above the line are in the 99.9 percentile of all Theta values

داشت. از بین ژن‌های موجود در این ناحیه، ژن‌های کاندیدای *ADCY1* و *IGFBP3* بیشترین ارتباط را با تولید و ترکیبات شیر داشتند. ژن *IGFBP3* نقش کلیدی در رشد و توسعه غدد پستانی و همچنین در سوخت‌وساز لیپیدها داشته است (Kim et al., 2013). پروتئین باند شونده تیپ ۳ به‌عنوان حامل IGF عمل کرده و نیمه عمر آن نسبت به سایر پروتئین‌های حامل طولانی‌تر می‌باشد، در سطح سلولی *IGFBP* می‌تواند سبب فعال یا غیر فعال شدن فعالیت بیولوژیکی هورمون IGF شوند (Varma Shrivastav et al., 2020). در مطالعه قبلی پویش ژنومی با هدف شناسایی نشانه‌های

پس از شناسایی نواحی ژنومی تحت انتخاب، ژن‌های موجود در این مناطق شناسایی و عملکرد بیوشیمیایی آن‌ها بررسی شدند، در مجموع ۹۹ ژن که در ارتباط با منطقه انتخابی بودند از این طریق تعیین شدند (جدول ۱). ژن‌های مشخص شده در جدول ۱ عملکردهای متفاوتی در تولید شیر، چربی، پروتئین شیر و حجم کلسترول شیر داشتند که می‌توانند به‌طور مستقیم و غیر مستقیم با صفات تولید و ترکیبات شیر مرتبط باشند.

اولین منطقه ژنومی شناسایی شده مرتبط با تولید و ترکیبات شیر روی کروموزوم شماره ۴ در ناحیه ۴۱/۴۳-۴۴/۴۱ مگابازی قرار

کاندیدای *NR1H3* گزارش شده است (Do et al., 2018). میزان سطح بیان ژن *NR1H3* در اوایل دوره شیردهی ارتباط معنی‌داری با حجم میزان کلاسترول شیر دارد (Kessler et al., 2014). این ژن نقش واسطه‌ای در تنظیم بیان ژن‌های مرتبط با سوخت‌وساز اسیدهای چرب و کلاسترول دارد و نقش آن در تولید پروفایل اسیدهای چرب شیر اثبات شده است (Yao et al., 2016). همچنین در مطالعه ژنومی با هدف شناسایی ژن‌های کاندیدای مرتبط با تولید شیر در گاو میش‌های رودخانه‌ای، ژن *POLD3* گزارش شده است (Du et al., 2018). ژن کاندیدای *POLD3* نقش کلیدی در تولید و سنتز کازئین شیر مربوط به بخش α_{s1} دارد (Ollier et al., 2008).

منطقه ژنومی دیگر مرتبط با تولید و سنتز ترکیبات شیر در ناحیه ۵۳/۰۶-۵۲/۰۶ مگابازی از کروموزوم شماره ۱۷ شناسایی شد. ژن کاندیدای *MGST2* در این ناحیه قرار داشت. در مطالعه قبلی پویش ژنومی در گاوهای شیری ارتباط معنی‌داری بین سوخت‌وساز اسیدهای چرب شیر با ژن کاندیدای *MGST2* گزارش شده است (Gebreyesus et al., 2019).

آخرین منطقه ژنومی مهم دیگری که در پژوهش حاضر مرتبط با تولید و ترکیبات شیر شناسایی شد، ژن کاندیدای *BAG2* در ناحیه ۴۶/۱۵-۴۵/۱۵ مگابازی از کروموزوم شماره ۲۳ بود. در مطالعه پویش ژنومی با هدف شناسایی مناطق ژنومی مرتبط با ترکیبات شیر در بزهای نژاد Karachai، ژن کاندیدای *BAG2* گزارش شده است (Selionova et al., 2024). ژن *BAG2* نقش کلیدی در فرآیندهای سوخت‌وساز پروتئین شیر، انتقال لیپید و هموستازی یون کلسیم دارد (Genecards).

بررسی QTL‌های شناسایی شده در مناطق ژنومی مورد نظر نشان داد که روی کروموزوم‌های ۴، ۶، ۱۴، ۱۵، ۱۷ و ۲۳ QTL‌های گزارش شده مرتبط با صفات مهم اقتصادی تولید شیر، تولید چربی، درصد چربی شیر و درصد بتا و کاپا کازئین پروتئین شیر بود (جدول ۱).

با توجه به عملکرد بیولوژیکی ژن‌های کاندیدا شناسایی شده مرتبط با صفات تولید و ترکیبات شیر در این پژوهش، به نظر می‌رسد که این ژن‌ها در بروز فنوتیپی صفت تولید شیر نقش ایفاء می‌کنند، در نتیجه می‌توان کارایی آزمون آماری F_{ST} برای شناسایی مناطق ژنومی تحت انتخاب مثبت صفات مهم اقتصادی را نیز مورد تأیید قرار داد. همچنین با بررسی چند شکلی موجود در ژن‌های کاندیدای شناسایی شده مرتبط با صفات تولید و ترکیبات شیر از طریق مطالعات آزمایشگاهی مانند PCR-RFLP و PCR-SSCP در نژادهای بز بومی و در صورت تأیید، نتایج به‌دست آمده را برای مطالعات اصلاحی به‌کار برد.

انتخاب در بزهای نژاد موریانو-گرانادینا با استفاده از آماره ΔH_S یک ناحیه ژنومی روی کروموزوم ۴ در منطقه ۴۹/۹۵-۴۱/۸۰ مگابازی شناسایی شده بود که ژن کاندیدای *IGFBP3* در این ناحیه قرار داشت (Guan et al., 2021). در مطالعه پویش ژنومی با هدف شناسایی بیان ژن‌های کاندیدای اصلی مرتبط با تولید شیر در نژادهای مختلف بز، ژن کاندیدای *ADCY1* گزارش شده است (Salgado Pardo et al., 2022). ژن *ADCY1* نقش اساسی در تنظیم آزادسازی هورمون رشد در بدن و تنظیم پاسخ سلولی به یون کلسیم دارد. همچنین در مطالعه پویش ژنومی با هدف شناسایی مناطق ژنومی مرتبط با سلامت پستان، ژن *ADCY1* گزارش شده است (Pegolo et al., 2020).

دومین منطقه ژنومی شناسایی شده در پژوهش حاضر در ناحیه ۳۶/۴۸-۳۷/۴۸ مگابازی کروموزوم شماره ۶ قرار داشت. از بین ژن‌های موجود در این ناحیه، ژن کاندیدای *ABCG2* بیشترین ارتباط را با تولید و ترکیبات شیر داشت. ژن *ABCG2* یک انتقال‌دهنده پروتئینی در سطح غشاء سلولی می‌باشد که نقش عمده آن، انتقال مواد به‌ویژه چربی‌ها به داخل و خارج سلول‌ها است. با توجه به نقش *ABCG2* در انتقال چربی‌ها از خون به داخل شیر و همچنین مطالعات QTL صفات تولید شیر، *ABCG2* می‌تواند به‌عنوان یک ژن کاندیدا مرتبط با صفات تولید شیر در بزهای نژاد شیری در نظر گرفته شود. در مطالعه‌ای با بررسی چندشکلی موجود در ژن *ABCG2* با تولید شیر در گاوهای هلشتاین چینی، ارتباط معنی‌داری بین چند شکلی (A/C) در اگزون ۷ با مقدار و درصد پروتئین شیر گزارش شده است (Alim et al., 2013). در مطالعه پویش ژنومی با هدف شناسایی مناطق ژنومی تحت انتخاب در نژادهای مختلف بز ژن کاندیدای *ABCG2* گزارش شده است (Bertolini et al., 2018).

سومین ناحیه ژنومی شناسایی شده روی کروموزوم شماره ۱۴ در ناحیه ۸۲/۱۶-۸۱/۱۶ مگابازی قرار داشت. از بین ژن‌های موجود در این منطقه، ژن کاندیدای *ZNF16* بیشترین ارتباط با تولید شیر داشت. در مطالعه پویش ژنومی با هدف شناسایی ژن‌های کاندیدای مرتبط با تولید شیر در بزهای نژاد شیری سائن و آلاین، ژن کاندیدای *ZNF16* گزارش شده است (Massender et al., 2022). ژن *ZNF16* روی کروموزوم شماره ۱۴ در ناحیه ۸۱/۶۵ مگابازی قرار داشته و در تفرق سلولی نقش دارد (Li et al., 2011). همچنین ارتباط معنی‌داری بین ژن *ZNF16* با مقدار چربی شیر گزارش شده است (Scholtens et al., 2020).

چهارمین منطقه ژنومی روی دو ناحیه مختلف کروموزوم شماره ۱۵ در نواحی ۵/۳۴-۶/۳۴ و ۲۸/۵۸-۲۹/۵۸ مگابازی شناسایی شد. از بین ژن‌های موجود در این نواحی، ژن‌های کاندیدای *NR1H3* و *POLD3* بیشترین ارتباط را داشتند. در مطالعه پویش ژنومی با هدف شناسایی مناطق ژنومی مرتبط با حجم کلاسترول شیر گاو، ژن

جدول ۱- نواحی ژنومی تحت انتخاب و ژن‌های شناسایی شده در این مناطق ژنومی مرتبط با تولید و ترکیبات شیر

Table 1- Genomic regions containing selection signatures related to milk and composition traits, and genes (QTL) reported in these genomic regions

شماره دسترسی در پایگاه ID PubMed	شماره کروموزوم Number of chromosome	موقعیت ژنومی (جفت باز) Genomic position (bp)	ژن‌های موجود در ناحیه ژنومی Reported genes in the region	QTL‌های موجود در ناحیه ژنومی Reported QTLs in the region
28923017	4	43410051: 44410051	OGDH, ZMIZ2, H2AZ2, MIR4657, PURB, MYO1G, SNORA9, TBGR4, SNORA5A, SNORA5C, RAMP3, ADCY1, IGFBP1, IGFBP3, FAM13A, HERC3, NAP1L5, PYURF, HERC5, HERC6, PPM1K, ABCG2, PKD2, SPP1, MEPE, IBSP	Milk beta-casein percentage
27760518	6	36487612:37487612	HERC6, PPM1K, ABCG2, PKD2, SPP1, MEPE, IBSP	Milk fat percentage
26193888	14	81163134: 82163134	MFSD3, RECQL4, LRRC14, LRRC24 C8orf82, ARHGAP39, COMMD5, ZNF7, RPL8, ZNF34, C8orf33, ZNF16, ZNF250, PHF3	305-day milk yield
-	15	28585579: 29585579	SLCO2B1, OR2AT4, NEU3, SPCS2, XRR1, RNF169, CHRDL2, LIPT2, KCNE3, PGM2L1, P4HA3, PPME1 C2CD3, UCP3, POLD3, NUP160, FNBP4, AGL2, MTCH2, C1QTNF4, FAM180B, NDUFS3, KBTBD4, PTPMT1, CELF1, RAPSIN, PSMC3, SLC39A13, SPI1, MYBPC3, MADD, NR1H3, ACP2, DDB2, PACSIN3, ARFGAP2, CSTPP1, U6, LRP4, CKAP5, SNORD67, ZNF408, ARHGAP1	-
22449276	15	5347864:6347864	U6, NOCT, ELF2, MGARP, NDUFC1 NAA15, RAB33B, SETD7, MGST2, MAML3	Milk yield, Milk fat yield
21831322	17	52068411:53068411	DST, BEND6, ZNF451, BAG2, RAB23, U6	Milk yield, Milk fat percentage
27485317	23	45158314: 46158314		Milk kappa-casein percentage

در تحقیقات مرتبط با انتخاب ژنومی، طراحی سیستم‌های آمیزشی و مطالعات تکمیلی استفاده نمود.

نتیجه‌گیری کلی

در این مطالعه برای شناسایی نشانه‌های انتخاب مثبت از آماره F_{ST} استفاده شد و نشانه‌های انتخاب در بخش‌هایی از ژنوم شناسایی شد که برخی از این مناطق در بررسی‌های پیشین در بز و دام‌های اهلی دیگر نیز تأیید شده بودند. بررسی ژن‌ها در نواحی تحت انتخاب نشان داد که ژن‌های موجود در این مناطق با تولید شیر، چربی و پروتئین شیر مرتبط هستند. در مجموع، نتایج این تحقیق می‌تواند منبع اطلاعاتی با ارزشی در جهت شناسایی ژن‌های مرتبط با تولید و ترکیبات شیر ارائه دهد و آغازی برای بررسی‌های بیشتر در این زمینه

البتة به دلیل اطلاعات ناقص مربوط به عملکرد ژن‌ها در گونه بز و همچنین کوچک بودن جمعیت مورد استفاده در این مطالعه، مطالعات گسترده‌تر با تعداد نمونه‌های بیشتر و تجزیه و تحلیل چند جمعیت جداگانه، ادغام داده‌های تحقیقات مشابه جدید و استفاده از آنالیزهای آماری جامع‌تر درک بهتری از ژن‌های کاندید برای صفات تولید و ترکیبات شیر در جمعیت بز ایجاد خواهد کرد. با توجه به اهمیت پرورش بز در ایران و جهان، افزایش اطلاعات در این زمینه تأثیر مناسبی بر طراحی برنامه‌های اصلاح نژادی و افزایش بهره‌وری جمعیت بزهای کشور خواهد داشت. در مجموع، نتایج این تحقیق می‌تواند منابع اطلاعاتی با ارزشی در جهت شناسایی ژن‌های متمایزکننده و شناسایی نواحی ژنومی کاندید برای بسیاری از صفات مهم اقتصادی فراهم آورد. همچنین از اطلاعات این تحقیق می‌توان

و استفاده از اطلاعات به‌دست آمده در شناسایی ویژگی‌های ژنتیکی این صفت مهم اقتصادی در صنعت پرورش بز باشد.

References

1. Akey, J. M., Zhang, G., Zhang, K., Jin, L., & Shriver, M. D. (2002). Interrogating a high-density SNP map for signatures of natural selection. *Genome Research*, 12(12), 1805-1814. <http://doi.org/10.1101/gr.631202>.
2. Alim, M. A., Xie, Y., Fan, Y., Wu, X., Sun, D., Zhang, Y., Zhang, S., Zhang, Y., Zhang Q., & Liu, L. (2013). Genetic effects of ABCG2 polymorphism on milk production traits in the Chinese Holstein cattle. *Journal of Applied Animal Research*, 41(3), 333-338. <http://dx.doi.org/10.1080/09712119.2013.782873>
3. Bertolini, F., Servin, B., Talenti, A., Rochat, E., Kim, E., Oget, C., Palhiere, I., Crisa, A., Catillo, G., & Steri, R. (2018). Signatures of selection and environmental adaptation across the goat genome post-domestication. *Genetic Selection Evolution*, 50, 57. <http://doi.org/10.1186/s12711-018-0421-y>.
4. Chang, C. C., Chow, C. C., Tellier, L. C., Vattikuti, S., Purcell, S. M., & Lee J. J. (2015). Second-generation PLINK: Rising to the challenge of larger and richer datasets. *Gigascience*, 4, 7. <http://dx.doi.org/10.1186/s13742-015-0047-8>.
5. Cheruiyot, E. K., Bett, R. C., Amimo, J. O., Zhang Y., Mrode, R., & Mujibi, F. D. N. (2018). Signatures of selection in admixed dairy cattle in Tanzania. *Frontiers in Genetics*, 9, 607. <http://doi.org/10.3389/fgene.2018.00607>.
6. Chen, L., Wang, X., Cheng, D., Chen, K., Fan, Y., Wu, G., You, J., Liu, S., & Ren, J. (2019). Population genetic analyses of seven Chinese indigenous chicken breeds in a context of global breeds. *Animal Genetics*, 50, 82–86. <http://doi.org/10.1111/age.12732>.
7. Delgado, J. V., Landi, V., Barba, C. J., Fern´andez, J., G´omez, M. M., Camacho, M. E., Mart´inez, M. A., Navas, F. J., & Le´on, J. M. (2017). Murciano-Granadina Goat: A Spanish local breed ready for the challenges of the twenty-first century. In: Sustainable Goat Production in Adverse Environments: Volume II: Local Goat Breeds (J. Sim˜oes and C. Guti´errez eds), pp. 205–19. Springer International Publishing, Cham, Switzerland.
8. Do, D. N., Schenkel, F. S., Miglior, F., Zhao, X., & Ibeagha-Awemu, E. M. (2018). Genome wide association study identifies novel potential candidate genes for bovine milk cholesterol content. *Scientific Reports*, 8(1), 13239. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-018-31427-0>.
9. Du, C., Deng, T., Zhou, Y., Ye, T., Zhou, Z., Zhang, S., Shao, B., Wei, P., Sun, H., Khan, F. A., Yang, L., & Hua G. (2019). Systematic analyses for candidate genes of milk production traits in water buffalo (*Bubalus Bubalis*). *Animal Genetics*, 50(3), 207-216. <http://dx.doi.org/10.1111/age.12739>.
10. Fleming, D. S., Weigend, H., Simianer, A., Weigend, M., Rothschild, C., Schmidt, C., Ashwell, M., Persia, J., & Lamont, S. (2017). Genomic comparison of indigenous African and Northern European chickens reveals putative mechanisms of stress tolerance related to environmental selection pressure. *G3: Genes, Genomes, Genetics*, 7(5), 1525-1537. <http://doi.org/10.1534/g3.117.041228>.
11. Galal, S., Abdel-Rasoul, F., Shaat, I., & Anous M. (2005). On-station characterization of small ruminant breeds in Egypt. Characterization of Small Ruminant Breeds in West Asia and North Africa. Luis Iniguez, editor. Aleppo.
12. Gebreselase, H. B., Nigussie, H., Wang, C., & Luo, C. (2024). Genetic diversity, population structure and selection signature in begait goats revealed by whole-genome sequencing. *Animals*, 14, 307. <https://doi.org/10.3390/ani14020307>.
13. Gebreyesus, G., Buitenhuis, A. J., Poulsen, N. A., Visker, M., Zhang, Q., & Van Valenberg, H. J. F. (2019). Multi-population GWAS and enrichment analyses reveal novel genomic regions and promising candidate genes underlying bovine milk fatty acid composition. *BMC Genomics*, 20, 178. <http://dx.doi.org/10.1186/s12864-019-5573-9>.
14. Guan, D., Mart´inez, A., Luigi-Sierra, M. G., Delgado, J. V., Landi, V., Castell´o, A., Fern´andez ´Alvarez, J., Such, X., Jordana, J., & Amills, M. (2021). Detecting the footprint of selection on the genomes of Murciano-Granadina goats. *Animal Genetics*, 52(5), 683-693. <http://dx.doi.org/10.1111/age.13113>. Epub 2021 Jul 1.
15. Huang, C., Zhao, Q., Chen, Q., Su, Y., Ma, Y., Ye, S., & Zhao, Q. (2024). Runs of homozygosity detection and selection signature analysis for local goat breeds in Yunnan, China. *Genes*, 15, 313 <https://doi.org/10.3390/genes1503031>
16. Kessler, E., Gross, J., Bruckmaier, R., & Albrecht, C. (2014). Cholesterol metabolism, transport, and hepatic regulation in dairy cows during transition and early lactation. *Journal of Dairy Science*, 97, 5481–5490, <https://doi.org/10.3168/jds.2014-7926>.
17. Kim, H., Song, K. D., Kim, H. J., Park, W., Kim, J., & Lee, T. (2015). Exploring the genetic signature of body size in Yucatan miniature Pig. *PLoS One*, 10, 4e0121732. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0121732>.
18. Kim, H. S. (2013) Role of insulin-like growth factor binding protein-3 in glucose and lipid metabolism. *Annals of Pediatric Endocrinology and Metabolism*, 18, 9–12. <http://doi.org/10.6065/apem.2013.18.1.9>. Epub 2013 Mar 31.

19. Kijas, J. W., Lenstra, J. A., Hayes, B., Boitard, S., Porto Neto, L. R., San Cristobal, M., Servin, B., McCulloch, R., Whan, V., McEwan, J., & Dalrymple, B. (2012). International sheep genomics consortium members. Genome-wide analysis of the world's sheep breeds reveals high levels of historic mixture and strong recent selection. *PLoS Biological*, 10(2), e1001258. <http://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001258>. Epub 2012 Feb 7.
20. Li, X. B., Chen, J., Deng, M. J., Wang, F., Du, Z. W., & Zhang, J. W. (2011). Zinc finger protein HZF1 promotes K562 cell proliferation by interacting with and inhibiting INCA1. *Molecular Medicine Reports*, 4, 1131–1137. <https://doi.org/10.3892/mmr.2011.564>.
21. Luigi-Sierra, M. G., Fernández, A., Martínez, A., Guan, D., Delgado, J. V., Álvarez, J. F., Landi, V., Such, F. X., Jordana, J., Saura, M. & Amills, M. (2022). Genomic patterns of homozygosity and inbreeding depression in Murciano-Granadina goats. *Journal of Animal Science Biotechnology*, 13(1), 35. <http://doi.org/10.1186/s40104-022-00684-5>.
22. Massender, E., Oliveira, H. R., Brito, L. F., Maignel, L., Jafarikia, M., Baes, C. F., Sullivan, B., & Schenkel, F. S. (2023). Genome-wide association study for milk production and conformation traits in Canadian Alpine and Saanen dairy goats. *Journal of Dairy Science*, 106(2), 1168-1189. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2022-22223>.
23. Nicolazzi, E. L., Caprera, A., Nazzicari, N., Cozzi, P., Strozzi, F., & Lawley, C. (2015). SNPchiMp v. 3: integrating and standardizing single nucleotide polymorphism data for livestock species. *BMC Genomics*, 16, 283. <http://doi.org/10.1186/s12864-015-1497-1>.
24. Ollier, S., Chauvet, S., Martin, P., Chilliard, Y., & Leroux, C. (2008). Goat's α S1-casein polymorphism affects gene expression profile of lactating mammary gland. *Animal*, 2(4), 566-73. <http://dx.doi.org/10.1017/S1751731108001584>.
25. Pegolo, S., Momen, M., Morota, G., Rosa, G. J. M., Gianola, D., Bittante, G., & Cecchinato, A. (2020). Structural equation modeling for investigating multi-trait genetic architecture of udder health in dairy cattle. *Scientific Reports*, 10(1), 7751. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-020-64575-3>.
26. Qanbari, S., Strom, T. M., Haberer, G., Weigend, S., Gheyas, A. A., Turner, F., Burt, D. W., Preisinger, R., Gianola, D., & Simianer, H. (2012). A high-resolution genome-wide scan for significant selective sweeps: An application to pooled sequence data in laying chickens. *PLoS One*, 7(11), e49525. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0049525>.
27. Qanbari, S., Pausch, H., Jansen, S., Somel, M., Strom, T.M., Fries, R., Nielsen, R. & Simianer, H. (2014). Classic selective sweeps revealed by massive sequencing in cattle. *PLoS Genetics*, 10(2), e1004148. <http://doi.org/10.1371/journal.pgen.1004148>.
28. Rahimadar, S., Ghaffari, M., Mokhber, M., & Williams J. L. (2021). Linkage disequilibrium and effective population size of buffalo populations of Iran, Turkey, Pakistan, and Egypt using a medium density SNP array. *Frontiers in Genetics*, 12, 608186. <http://doi.org/10.3389/fgene.2021.608186>.
29. Saravanan, K. A., Panigrahi, M., Kumar, H., Parida, S., Bhushan, B., Gaur, G. K., Dutt, T., Mishra, B. P., & Singh, R. K. (2021). Genomic scans for selection signatures revealed candidate genes for adaptation and production traits in a variety of cattle breeds. *Genomics*, 113(3), 955-963. <http://doi.org/10.1016/j.ygeno.2021.02.009>. Epub 2021 Feb 19.
30. Salgado Pardo, J. I., Delgado Bermejo, J. V., González Ariza, A., León Jurado, J. M., Marín Navas, C., Iglesias Pastrana, C., Martínez Martínez, M. D. A., & Navas González, F. J. (2022). Candidate genes and their expressions involved in the regulation of milk and meat production and quality in goats (*Capra hircus*). *Animals*, 12, 988. <https://doi.org/10.3390/ani12080988>.
31. Sallam, A. M., Reyer, H., Wimmers, K., Bertolini, F., Aboul-Naga, A., Braz, C. U. & Rabee, A. E. (2023). Genome-wide landscape of runs of homozygosity and differentiation across Egyptian goat breeds. *BMC Genomics*, 24(1), 573. <http://doi.org/10.1186/s12864-023-09679-6>.
32. Selionova, M., Trukhachev, V., Aibazov, M., Sermyagin, A., Belous, A., Gladkikh, M., & Zinovieva, N. (2024). Genome-wide association study of milk composition in Karachai goats. *Animals*, 14, 327. <https://doi.org/10.3390/ani14020327>
33. Scholtens, M., Jiang, A. Smith, A., Littlejohn, M., Lehnert, K., Snell, R., Lopez-Villalobos, N., Garrick, D., & Blair, H. (2020). Genome-wide association studies of lactation yields of milk, fat, protein and somatic cell score in New Zealand dairy goats. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 11, 55. <https://doi.org/10.1186/s4010402000453-2>.
34. Varma Shrivastav, S., Bhardwaj, A., Pathak, K. A., & Shrivastav, A. (2020). Insulin-like growth factor binding protein-3 (IGFBP-3): Unraveling the role in mediating IGF-independent effects within the cell. *Frontiers in Cell Development Biology*, 8, 286. <http://dx.doi.org/10.3389/fcell.2020.00286>.
35. Weir, B. S., & Cockerham, C. C. (1984). Estimating F-statistics for the analysis of population structure. *Evolution*, 38(6), 1358-1370. <http://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1984.tb05657.x>.
36. Waineina, R. W., Okeno, T. O., Ilatsia, E. D., & Ngeno, K. (2022). Selection signature analyses revealed genes associated with adaptation, production, and reproduction in selected goat breeds in Kenya. *Frontiers in Genetics*, 13, 858923. <http://dx.doi.org/10.3389/fgene.2022.858923>

37. Wright, S. (1965). The interpretation of population structure by F-statistics with special regard to systems of mating. *Evolution*, 1, 395-420.
38. Yao, D., Luo, J., He, Q., Xu, H., Li, J., Shi, H., Wang, H., Chen, Z., & Loo, J. (2016). Liver X receptor _ promotes the synthesis of monounsaturated fatty acids in goat mammary epithelial cells via the control of stearyl-coenzyme A desaturase 1 in an SREBP-1-dependent manner. *Journal of Dairy Science*, 99, 6391–6402. <http://doi.org/10.3168/jds.2016-10990>. Epub 2016 May 18.
39. Zhao, F., Deng, T., Shi, L., Wang, W., Zhang, Q., Du, L., & Wang, L. (2020). Genomic scan for selection signature reveals fat deposition in Chinese indigenous sheep with extreme tail types. *Animals (Basel)*, 10(5), 773. <http://dx.doi.org/10.3390/ani10050773>.



The Combined Effect of Garlic (*Allium sativum*) and Turmeric (*Curcuma longa*) Extracts to Reduce the Adverse Effects of Aflatoxin B₁ in Rats

Hadi Sarir^{1*}, Saeedeh Zakerian², Masood Didarkhah³

1- and 2- Associate Professor and - M.Sc. Graduate Student, Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran, respectively.

3- Assistant Professor, Faculty of Agriculture Sarayan, University of Birjand, Birjand, Iran

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

Received: 29-06-2023

Revised: 16-10-2024

Accepted: 22-10-2024

Available Online: 22-10-2024

How to cite this article:

Sarir, H., Zakerian, S., & Didarkhah, M. (2025). The combined effect of garlic (*Allium sativum*) and turmeric (*Curcuma longa*) extracts to reduce the adverse effects of aflatoxin B₁ in rats. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 16(4), 555-570. (in Persian with English abstract).

<http://doi.org/10.22067/IJASR.2024.83186.1157>

Introduction: Fungal toxins are also of considerable importance and are always placed next to plant pesticides and heavy metals. Mycotoxins are small molecules that are produced as secondary metabolites by filamentous fungi and yeasts. Aflatoxins, secondary metabolites of various *Aspergillus* spp, commonly contaminate a wide variety of tropical and subtropical food/feedstuffs. Chemically, aflatoxins are difuranocoumarin compounds and include B₁, B₂, G₁, G₂, M₁, and M₂. The removal of aflatoxins from contaminated food is a major problem in livestock and poultry nutrition and the pollution removal methods are based on the decomposition, destruction, inactivation, or removal of aflatoxins through biological, chemical, or physical methods. In recent years, the study of the effect of plants and their extracts and compounds on things such as reducing microbial growth and the effect on microorganisms has increased dramatically. The aim of this research is to investigate the effect of the combination of garlic and turmeric extract on the amount of plasma aspartate aminotransferase, alanine aminotransferase, alkaline phosphatase, the amount of triiodothyronine, thyroxine, total antioxidant capacity, and malondialdehyde in rats intoxicated with aflatoxin B₁.

Materials and Methods: In this research, 64 male Wistar rats with an average body weight of 250-300 g were used to evaluate the synergistic effect of garlic and turmeric extract against the damage caused by aflatoxin B₁ in the form of a completely randomized design as a factorial experiment (2×2×2). Eight groups were tested for 28 days in the animal dissection laboratory of the Faculty of Agriculture of Birjand University, observing all ethical considerations. This study aimed to determine the synergistic effect of garlic and turmeric extracts for possible protection against injury induced by aflatoxin B₁ (AFB₁). Rats were divided into eight groups and treated for 28 days including control (0.2 ml sterile distilled water orally), AFB₁ (100 µg/kg BW orally), garlic extract (GE) (50 mg/kg BW orally), Turmeric extract (TE) (100 mg/kg BW orally), GE plus TE, AFB₁ plus GE, AFB₁ plus TE, AFB₁ plus GE and TE. At the end of the treatment period, blood samples were collected for biochemical study.

Results and Discussion: Daily administration of aflatoxin B₁ at a dose of 100 mg/kg body weight for 28 days resulted in increased levels of AST, ALT, ALP, total bilirubin, and malondialdehyde, along with decreased total antioxidant capacity, T₃ (triiodothyronine), and T₄ (thyroxine). The use of garlic extract (GE), turmeric extract (TE), and their combination showed a positive effect in mitigating aflatoxin B₁-induced toxicity. These



©2023 The author(s). 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/), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

<http://doi.org/10.22067/IJASR.2024.83186.1157>

treatments significantly reduced AST, ALP, total bilirubin, and malondialdehyde levels while significantly increasing total antioxidant capacity and T3 levels. Although GE and TE individually did not show significant effects on the measured parameters, their combination was more effective. Notably, the combination of GE and TE led to a significant increase in T4 levels and a significant decrease in ALT levels compared to the aflatoxin B1 control group. These findings suggest that the combination of garlic and turmeric extracts may have a synergistic protective effect against aflatoxin B1 toxicity. In examining the ALP factor, there was a statistically significant difference between the treatments of garlic or turmeric extract and the combination of these two extracts. One of the possible protective mechanisms of these plants is their antioxidant property, which prevents the activity of free radicals produced by aflatoxin B1.

Conclusion: The results of the present study indicate that the use of garlic extract at the rate of 50 mg/kg of body weight, turmeric extract at the rate of 100 mg/kg of body weight, and their combination reduces the level of toxicity caused by aflatoxin B1. The use of garlic, turmeric extract, and their combination improves liver function indicators and reduces liver enzymes such as AST, ALT, ALP, and total bilirubin. These results show that the extract of garlic, turmeric, and their combination have a protective effect on the liver. The use of turmeric extract, garlic, and the combination of garlic and turmeric extract in the absence of aflatoxin B1 intoxication did not affect the measured variables. In general, the combination of GE and TE may have a synergistic effect in reducing the adverse effects of AFB1.

Key words: Aflatoxin B₁, Garlic, Malondialdehyde, Thyroid hormones, Turmeric

اثر ترکیبی عصاره سیر (*Allium sativum*) و زردچوبه (*Curcuma longa*) بر کاهش اثرات سوء ناشی از آفاتوکسین B₁ در موش‌های صحرایی

هادی سریر^{۱*}، سعیده ذاکریان^۲، مسعود دیدارخواه^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۰۱

چکیده

این مطالعه به منظور ارزیابی اثر هم‌افزایی عصاره سیر و زردچوبه در برابر آسیب ناشی از آفاتوکسین B₁ روی ۶۴ سر موش صحرایی نر ۱۰-۱۲ هفته، با میانگین وزنی ۲۵۰-۳۰۰ گرم در قالب یک طرح کاملاً تصادفی به صورت آزمایش فاکتوریل (۲ × ۲) در هشت گروه و به مدت ۲۸ روز انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱- شاهد (۰/۲ میلی‌لیتر آب مقطر استریل به صورت خوراکی)، ۲- آفاتوکسین B₁ (۱۰۰ میکروگرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن)، ۳- عصاره سیر (۵۰ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن)، ۴- عصاره زردچوبه (۱۰۰ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن)، ۵- عصاره سیر همراه با عصاره زردچوبه، ۶- آفاتوکسین B₁ همراه با عصاره زردچوبه، ۷- آفاتوکسین B₁ همراه با عصاره سیر، ۸- آفاتوکسین B₁ همراه با عصاره سیر و زردچوبه بودند. در تمام گروه‌ها، آفاتوکسین و عصاره‌ها به صورت خوراکی داده شد. نتایج نشان داد که استفاده از عصاره زردچوبه، سیر و ترکیب آن‌ها بدون آفاتوکسین اثر معنی‌داری بر فراسنجه‌های اندازه‌گیری شده نداشت. آفاتوکسین B₁ موجب افزایش معنی‌دار آنزیم‌های کبدی (AST (Aspartate aminotransferase)، ALT (Alanine transaminase)، ALP (Alkaline phosphatase))، بیلی‌روبین تام، مالون‌دی‌آلدهید و کاهش معنی‌دار ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام، T₃ (تری‌یدوتیرونین) و T₄ (تیروکسین) نسبت به گروه شاهد دارای آفاتوکسین شد. نتایج این تحقیق نشان داد که عصاره سیر و زردچوبه اثر بالقوه‌ای بر کاهش سطوح ALT، ALP و افزایش سطح T₄ در مقایسه با گروه‌های مسموم شده دریافت‌کننده عصاره سیر یا زردچوبه به تنهایی دارد.

واژه‌های کلیدی: آفاتوکسین B₁، زردچوبه، سیر، مالون‌دی‌آلدهید، هورمون‌های تیروئیدی

مقدمه

بسیاری از مواد جاذب تجاری به‌طور گسترده در خوراک برای اتصال به آفاتوکسین و جلوگیری از جذب آن در دستگاه گوارش حیوان مورد استفاده قرار می‌گیرند (Denli et al., 2009). مزیت عمده مواد جاذب، هزینه کم، ایمنی و سهولت در افزودن آن‌ها به خوراک دام می‌باشد (Manafi et al., 2011). از آن‌جاکه پراکسیداسیون لیپیدی نقش عمده‌ای در سمیت آفاتوکسین دارد، اثر محافظتی آنتی‌اکسیدان‌ها در برابر آفاتوکسیکوزیس امکان‌پذیر است (Yarru et al., 2009).

در سال‌های اخیر، مطالعه روی اثر گیاهان و عصاره‌ها و ترکیبات آن‌ها بر مواردی چون کاهش رشد میکروبی و تأثیر بر ریزجانداران به‌نحو چشمگیری افزایش یافته است. علت این رویکرد را می‌توان برخورداری از منشأ طبیعی و نبود تقریبی عوارض جانبی نامطلوب در انسان و نیز در محیط زیست عنوان نمود. در میان گیاهان دارویی، سیر (*Allium sativum*) یکی از قدیمی‌ترین گیاهان شناخته شده است که خاصیت ضدباکتریایی آن در سال ۱۸۵۸ توسط پاستور

آفاتوکسین یک سم قارچی با سمیت بالا است که اغلب توسط آسپرژیلوس فلاووس و آسپرژیلوس پارازیتیکوس تولید می‌شود و به‌عنوان یکی از مهم‌ترین آلوده‌کنندگان محصولات کشاورزی، مسمومیت و آفاتوکسیکوزیس مطرح است. آفاتوکسیکوزیس، ناشی از خوردن مواد غذایی حاوی سم آفاتوکسین است و این سم در گونه‌های مختلف حیوانات و انسان می‌تواند سبب آثار زیان‌بار شود. آثار سم‌زایی، جهش‌زایی، سرطان‌زایی، ناقص‌زایی و سرکوب‌گر ایمنی از جمله مهم‌ترین این عوارض است (Yarru et al., 2009).

۱ و ۲- به ترتیب دانشیار و دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

۳- استادیار، آموزشکده کشاورزی سراپان، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

(*) نویسنده مسئول: Email: hsarir@birjand.ac.ir

<http://doi.org/10.22067/IJASR.2024.83186.1157>

قالب یک طرح کاملاً تصادفی به صورت آزمایش فاکتوریل (2×2) در هشت گروه به مدت ۲۸ روز با رعایت کلیه ملاحظات اخلاقی در آزمایشگاه تشریح دام دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند مورد آزمایش قرار گرفتند.

تیمارهای آزمایشی به ترتیب شامل:

گروه ۱- شاهد (0.2 میلی لیتر آب مقطر استریل به صورت خوراکی)، گروه ۲- آفاتوکسین B_1 (100 میکروگرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن به صورت خوراکی)، گروه ۳- عصاره سیر (50 میلی گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن به صورت خوراکی)، گروه ۴- عصاره زردچوبه (100 میلی گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن به صورت خوراکی)، گروه ۵- عصاره سیر همراه با عصاره زردچوبه (خوراکی)، گروه ۶- آفاتوکسین B_1 همراه با عصاره زردچوبه (خوراکی)، گروه ۷- آفاتوکسین B_1 همراه با عصاره سیر (خوراکی)، گروه ۸- آفاتوکسین B_1 همراه با عصاره سیر و زردچوبه (خوراکی). در تمامی مراحل آزمایش با حیوانات براساس قوانین بین المللی مراقبت و استفاده از حیوانات آزمایشگاهی رفتار شد (National Institutes of Health, 1985).

ابتدا قارچ اسپیریلیوس فلاووس سویه (IR111)، تهیه شده از مرکز کلکسیون قارچ و باکتری، سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران) در محیط کشت سیب زمینی- دکستروز- آگار تکثیر شد (Shotwell et al., 1966; West et al., 1973). سپس قارچ تولید شده به منظور تولید سم به ظرف های حاوی برنج منتقل و پس از رشد قارچ، برنج ها جهت خالص سازی سم آفاتوکسین به روش افزلی (Afzali, 1998) مورد استفاده قرار گرفت و توسط کروماتوگرافی لایه نازک میزان سم تولیدی اندازه گیری شد. غلظت سم B_1 تولیدی در دانه برنج، 65552 نانوگرم بر گرم بود.

موش های صحرایی براساس میانگین وزنی و به طور تصادفی در جایگاه های مخصوص، تحت شرایط کنترل شده، 12 ساعت روشنایی، 12 ساعت تاریکی و در دمای 22 ± 3 درجه سلسیوس نگهداری شدند. بعد از یک هفته سازگاری با شرایط محیط، موش های صحرایی توزین، نشانه گذاری و به صورت تصادفی بین تیمارها تقسیم شدند. حیوانات به طور آزادانه به آب آشامیدنی شهر بیرجند و غذای مخصوص (به فرم پلت، تهیه شده از شرکت خوراک جوانه خراسان) در طول مدت بررسی دسترسی داشتند. ترکیب شیمیایی جیره پایه آزمایشی در جدول ۱ آورده شده است. جهت القاء آسیب های کبدی در موش ها از سم آفاتوکسین B_1 به میزان 100 میکروگرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن روزانه و به مدت ۲۸ روز استفاده شد. برای درمان از عصاره سیر تهیه شده و به میزان 50 میلی گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن و عصاره زردچوبه تهیه شده به میزان 100 میلی گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن استفاده شد که تمامی مواد روزانه و به صورت گاواژ

گزارش شد. همچنین اثرات آنتی اکسیدانی (Glick et al., 1956) و مهارکننده رشد سلول های سرطانی (Gross et al., 1988) گزارش شده است.

گزارش ها نشان داده است که ترکیبات ارگانوسولفور سیر (آجوئن و دی آلیل سولفید) آنتی موتاژنیک هستند و به طور بالقوه ضدسرطانی می باشند (Tadi et al., 1991). مصرف جیره های حاوی پودر سیر، بروز و اندازه کانون های GST-P کبدی را در موش های صحرایی آلوده شده با آفاتوکسین B_1 به خصوص در زمان استفاده از بالاترین سطوح آلپسین، کاهش می دهد (Berges et al., 2004). افزایش محتوای آلپسین پودر سیر با کاهش متناسب در تعداد و مساحت کانون های پری نئوپلاستیک ایجاد شده به وسیله آفاتوکسین B_1 همراه است (Berges et al., 2004).

زردچوبه (*Curcuma longa*) گیاهی علفی و پایا از خانواده زنجبیل است که در نواحی شرقی آسیا (هندوستان و چین) می روید. ریزوم زردچوبه حاوی $3-5$ درصد پیگمان های زرد رنگ (کورکومینوئید شامل کورکومین و مشتقات آن) است (Gaby et al., 1999). کورکومین یا دی فرولیل متان که عامل ایجاد رنگ زرد در پودر زردچوبه است، بخش فعال بیولوژیکی آن بوده و یک آنتی اکسیدان و ضدالتهاب بسیار قوی می باشد (Babu and Srinivasan, 1978). از مهم ترین خواص درمانی ذکر شده برای زردچوبه می توان به اثرات آنتی اکسیدانی (Ramsewak, 2000) و حفاظت کبدی (Luper, 1999) آن اشاره نمود. گزارش ها نشان داده اند که کورکومینوئیدها یا رنگدانه های زرد موجود در پودر ریشه و ریزوم خشک شده زردچوبه دارای اثر محافظتی در برابر آفاتوکسین B_1 است (Yarru et al., 2009).

بنا به دانش ما تاکنون پژوهشی در رابطه با تأثیر مصرف همزمان عصاره سیر و زردچوبه بر میزان آنزیم های کبدی از جمله AST، ALT و ALP و بیلی روبین تام، هورمون های تیروئیدی از جمله T3 و T4، ظرفیت تام آنتی اکسیدانی و مالون دی آلدئید ناشی از آفاتوکسین B_1 انجام نشده است. لذا هدف از انجام این تحقیق، بررسی اثر ترکیب عصاره سیر و زردچوبه بر میزان آسپارات آمینوترانسفراز، آلانین آمینوترانسفراز، آلکالین فسفاتاز، میزان تری یودوتیرونین، تیروکسین، ظرفیت تام آنتی اکسیدانی و مالون دی آلدئید در موش های صحرایی آلوده شده با آفاتوکسین B_1 بود.

مواد و روش ها

در این پژوهش، 64 سر موش صحرایی نر نژاد ویستار $10-12$ هفتگی با میانگین وزنی $250-300$ گرم به منظور ارزیابی اثر هم افزایی عصاره سیر و زردچوبه در برابر آسیب ناشی از آفاتوکسین B_1 در

ظرفیت آنتی اکسیدانی تام پلاسما با استفاده از آزمون FRAP و دستگاه اسپکتروفتومتر مدل CECIL در دانشگاه علوم پزشکی بیرجند اندازه گیری شد. این روش براساس توانایی پلاسما در احیای یون ها Fe^{+3} (فریک) به Fe^{+2} (فرو) در حضور ماده ای به نام TPTZ استوار است و کمپلکس Fe^{+2} -TPTZ، کمپلکس آبی رنگ با ماکزیمم جذب ۵۹۳ نانومتر است که میزان قدرت احیا کنندگی پلاسما با افزایش غلظت کمپلکس فوق توسط دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه گیری شد. برای اندازه گیری پتانسیل آنتی اکسیدانی تام پلاسمای موش ها از روش بنزی و استرین (Benzie and Strain, 1996) استفاده شد. اصل این روش مبتنی بر کاهش کمپلکس فریک تری پیریدیل تری ازین به فرم فروس آن است که شکل رنگی در حضور آنتی اکسیدان ها است. فعالیت احیا کنندگی نمونه های پلاسما با استفاده از منحنی استاندارد بر حسب میکرومول آهن در لیتر پلاسما محاسبه شد. اندازه گیری مالون دی آلدید در دانشگاه علوم پزشکی بیرجند انجام شد (Satoh, 1978) تحت شرایط اسیدی و دمای بالا یک مولکول MDA با دو مولکول تیوباربتوریک اسید (TBA) واکنش داده و مجموعه ای (MDA-TBA 2) با رنگ صورتی تشکیل می دهد که شدت رنگ در طول موج ۵۳۲ نانومتر قابل اندازه گیری است. میزان مالون دی آلدید با استفاده از منحنی استاندارد بر حسب میکرومول تیوباربتوریک اسید در لیتر پلاسما محاسبه شد.

معدی به گروه های مربوطه داده شد. انتخاب دوزهای مصرفی با بررسی پژوهش های قبلی صورت گرفت (Rezaei-Nasr, 2014; Moghadam et al., 2012; Yener et al., 2009; El-Agamy, 2010; Pozzi et al., 2001).

حیوانات پس از پایان آزمایش در روز بیست و هشتم به مدت ۱۲ ساعت ناشتا نگهداری شدند. سپس توسط دی اتیل-اثر بی هوش شدند و کالبدگشایی روی آن ها انجام شد و از قلب آن ها توسط سرنگ های هپارینه خون گیری به عمل آمد. سپس نمونه ها با دستگاه سانتریفیوژ در ۳۰۰۰ دور به مدت پنج دقیقه سانتریفیوژ شده و پلاسما به منظور تعیین میزان آنزیم های کبدی از جمله آسپارات آمینوترنسفرآز، آلانین آمینوترنسفرآز، آلکالین فسفاتاز و بیلی روبین تام، هورمون های تیروئیدی از جمله تری یدوتیرونین و تیروکسین، ظرفیت آنتی اکسیدانی تام و مالون دی آلدید جدا شد. برای ارزیابی فعالیت آنزیم های کبدی و بیلی روبین تام از کیت های تشخیصی شرکت پارس آزمون استفاده گردید. آزمایش های مربوطه در محل آزمایشگاه تغذیه دام دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند با استفاده از دستگاه اتوآنالایزر (Gesam chem, 200) انجام شد.

هورمون های تری یدوتیرونین و تیروکسین به روش کمی لومینسانس و توسط دستگاه لیاژون (Italy Liaison) تحت لیسانس شرکت دیاسورین در آزمایشگاه بیمارستان امام رضا (ع) بیرجند اندازه گیری شدند.

جدول ۱- ترکیب شیمیایی جیره پایه آزمایشی

Table 1- The chemical composition of the basal diet

نسبت کلسیم به فسفر (درصد)	لیزین (درصد)	متیونین (درصد)	نمک (درصد)	خاکستر (درصد)	فیبر خام (درصد)	چربی خام (درصد)	انرژی قابل متابولیسم (مگا کالری در کیلوگرم)	پروتئین خام (درصد)	ترکیبات شیمیایی مواد مغذی محاسبه شده
Ca/p (%)	Lysine (%)	Methionine (%)	Salt (%)	Ash (%)	Crude fiber (%)	Crude fat (%)	ME (Mcal/kg)	Crude protein (%)	Chemical composition (calculated)
1.2-5.5	0.05	0.05	0.05	4	6-5	3-2	2.75	20-21	مقدار Amount

تجزیه آماری

این پژوهش در قالب یک طرح کاملاً تصادفی به صورت آزمایش فاکتوریل ($2 \times 2 \times 2$) با آفلاتوکسین در دو سطح (دارای ۱۰۰ میکروگرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن روزانه و بدون آن)، عصاره زردچوبه در دو سطح (دارای ۱۰۰ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن به صورت خوراکی و بدون آن) و عصاره سیر در دو سطح (دارای ۵۰ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن به صورت خوراکی و بدون آن) با هشت تیمار و هشت تکرار در هر تکرار اجرا شد. مدل آماری طرح به صورت زیر بود:

مدل (۱)

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + G_j + T_k + A_i \times G_j + A_i \times T_k + G_j \times T_k + A_i \times G_j \times T_k + E_{ijkl}$$
 که در آن، Y_{ijkl} : اثر عصاره زردچوبه و سیر بر اثرات سوء ناشی از آفلاتوکسین، μ : میانگین، A_i : آفلاتوکسین، G_j : عصاره سیر، T_k : عصاره زردچوبه، $A_i \times G_j$: اثر متقابل بین آفلاتوکسین و عصاره سیر، $A_i \times T_k$: اثر متقابل بین آفلاتوکسین و عصاره زردچوبه، $G_j \times T_k$: اثر متقابل بین عصاره سیر و زردچوبه، $A_i \times G_j \times T_k$: اثر متقابل بین آفلاتوکسین، عصاره سیر و زردچوبه و E_{ijkl} : باقی مانده بودند. تجزیه آماری داده ها توسط نرم افزار SAS (۲۰۰۵، نسخه ۹/۱) و مقایسه میانگین ها توسط آزمون توکی در سطح پنج درصد

انجام شد.

درمانی می‌باشد (Drotman and Lawhorn, 1978)

نتایج و بحث

نتایج مربوط به عملکرد آنزیم‌های کبدی و بیلی‌روبین تام

نتایج مربوط به اثرات آنزیم‌های کبدی شامل آلانین آمینوترانسفراز، آسپارات آمینوترانسفراز، آلکالین فسفاتاز و بیلی‌روبین تام در جدول ۲ نشان داده شده است.

آلانین آمینوترانسفراز

در بررسی اثرات متقابل سه طرفه، در گروه موش‌های مسموم شده با آفلاتوکسین B₁ سطح پلاسمای آنزیم آلانین آمینوترانسفراز در مقایسه با گروه شاهد سالم به صورت معنی‌دار افزایش یافت ($P < 0.05$). درمان موش‌های مسموم شده با آفلاتوکسین B₁ با عصاره آبی-الکی زردچوبه و عصاره آبی سیر، مقدار آنزیم ALT پلاسما را کاهش داد که از نظر آماری معنی‌دار نبود، جالب اینکه درمان با ترکیب عصاره سیر و زردچوبه موجب کاهش معنی‌دار ALT در مقایسه با گروه شاهد آفلاتوکسین B₁ شد ($P < 0.05$). در واقع، استفاده از ترکیب عصاره سیر و زردچوبه به همراه هم باعث هم‌افزایی اثر درمانی در مقایسه با عصاره سیر یا زردچوبه به تنهایی گردید. اثر کاهش سطح ALT در گروه‌های درمانی عصاره سیر و عصاره زردچوبه تقریباً مشابه بود.

در بررسی اثرات متقابل دوطرفه، آفلاتوکسین B₁ موجب افزایش معنی‌دار ALT در مقایسه با گروه شاهد سالم شد و درمان با عصاره سیر موجب کاهش معنی‌دار ALT در مقایسه با گروه شاهد آفلاتوکسین B₁ شد ($P < 0.05$).

آنزیم ALT که واسطه تبدیل آلانین به پیرووات و گلوتامات است، مختص کبد و یک شاخص مناسب آسیب کبدی است. افزایش سطح پلاسمای ALT به آسیب یکپارچگی ساختاری کبد نسبت داده شده است، چراکه این آنزیم سیتوپلاسمی بوده و در نتیجه تجزیه خودبه‌خودی یا نکروز سلولی به پلاسما و پس از آسیب سلولی به گردش خون آزاد می‌شود (Recknagel et al., 1989).

علاوه‌براین افزایش این آنزیم نشان‌دهنده اختلال فیلتراسیون و عملکرد سلولی غشاء سلولی کبد می‌باشد (Drotman and Lawhorn, 1978). افزایش ALT می‌تواند ناشی از نکروز سلولی، تغییرات در نفوذپذیری غشاء سلولی و یا اختلال در دفع صفرا (انسداد مجاری صفراوی) باشد (Pozzi et al., 2001). اثرات محافظتی عصاره سیر و زردچوبه در برابر سمیت کبدی آفلاتوکسین B₁ ممکن است به دلیل محافظت غشاء سلول و ممانعت از نشت آنزیم‌های داخل آن باشد (Thabrew et al., 1987). کاهش قابل توجهی در میزان ALT نشان‌دهنده تعدیل کردن ایمنی سلول‌های کبدی در گروه‌های

نتایج حاصل از این مطالعه با نتایج پوزی و همکاران (Pozzi et al., 2001)، متوریا و ورما (Mathuria and Verma, 2008)، ال-اگامی (El-Agamy, 2010)، قدسی و بغشانی (Ghodsi and Baghshani, 2011)، نصر (Nasr, 2014)، شارما و همکاران (Elsaid and Elkomy, 2011)، الشید و الکامی (Sharma et al., 2011) و رضایی مقدم و همکاران (Rezaei-Moghadam et al., 2006) مطابقت داشت. پوزی و همکاران (Pozzi et al., 2001) نشان دادند که استفاده از ۷۲ میکروگرم آفلاتوکسین به‌ازای هر ۱۰۰ گرم وزن بدن در موش صحرایی مقادیر پلاسمای ALT را به‌طور معنی‌دار ($P < 0.05$) افزایش می‌دهد.

آسپارات آمینوترانسفراز

نتایج این تحقیق نشان داد که در گروه موش‌های مسموم شده با آفلاتوکسین B₁، سطح پلاسمای آنزیم آسپارات آمینوترانسفراز در مقایسه با گروه شاهد سالم به صورت معنی‌دار افزایش یافت ($P < 0.05$). درمان موش‌های مسموم شده توسط آفلاتوکسین B₁ با عصاره آبی-الکی زردچوبه و عصاره آبی سیر، میزان آنزیم AST پلاسما را به‌طور معنی‌داری کاهش داد ($P < 0.05$). علاوه‌براین ترکیب این دو عصاره نیز موجب کاهش AST گردید که نسبت به موش‌های مسموم شده با آفلاتوکسین B₁ کاهش معنی‌داری داشت ($P < 0.05$). اثر کاهش سطح AST در گروه‌های درمانی با عصاره سیر و عصاره زردچوبه تقریباً مشابه بود. در بررسی اثرات متقابل دوطرفه، استفاده از ترکیب عصاره سیر و زردچوبه موجب کاهش معنی‌دار AST در مقایسه با گروه شاهد سالم شد ($P < 0.05$).

افزایش سطح پلاسمای AST صدمات کبدی شبیه به هپاتیت ویروسی، انفارکتوس و صدمات عضلانی را نشان می‌دهد (Drotman and Lawhorn, 1978). در این تحقیق، آفلاتوکسین B₁ باعث افزایش معنی‌دار مقادیر پلاسمای آنزیم آسپارات آمینوترانسفراز در مقایسه با گروه شاهد سالم شد. تغییرات معنی‌دار در مقادیر پلاسمای پارامتر مذکور متعاقب تیمار با آفلاتوکسین B₁ نشان‌دهنده آسیب کبد می‌باشند (Pozzi et al., 2001). گروهی از پژوهشگران گزارش کردند که استفاده از ۷۲ میکروگرم آفلاتوکسین به‌ازای هر ۱۰۰ گرم وزن بدن در موش صحرایی، مقادیر پلاسمای AST را افزایش می‌دهد. افزایش AST می‌تواند ناشی از نکروز سلولی، تغییرات در نفوذپذیری غشاء سلولی و یا اختلال در دفع صفرا (انسداد مجاری صفراوی) باشد (Pozzi et al., 2001).

نتایج حاصل از این مطالعه با نتایج متوریا و ورما (Mathuria and Verma, 2008)، ال-اگامی (El-Agamy, 2010)، نصر (Nasr, 2014)، شارما و همکاران (Sharma et al., 2011)، الشید و

از ۷۲ میکروگرم آفلاتوکسین به‌ازای هر ۱۰۰ گرم وزن بدن در موش صحرایی، مقادیر پلاسمای ALP را افزایش می‌دهد.

قدسی و بغشانی (Ghods and Baghshani, 2011) نشان دادند که ALP افزایش یافته در اثر سیانید، در گروه پودر سیر + سیانید به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد ($P < 0.05$) و نزدیک به حالت طبیعی می‌شود. شارما و همکاران (Sharma et al., 2011) نشان دادند که میزان آنزیم ALP با گنجاندن ۲ میکروگرم آفلاتوکسین B₁ به‌ازای هر ۳۰ گرم وزن بدن در جیره موش‌های سوری به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد و با مصرف عصاره گودوچی آنزیم مذکور به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد و تقریباً به حالت عادی برمی‌گردد.

بیلی‌روبین تام

در بررسی اثرات متقابل سه طرفه، در گروه موش‌های مسموم شده با آفلاتوکسین B₁، سطح پلاسمای بیلی‌روبین تام در مقایسه با گروه شاهد سالم به‌صورت معنی‌دار افزایش یافت ($P < 0.05$). درمان موش‌های مسموم شده با آفلاتوکسین B₁ توسط عصاره آبی-الکی زردچوبه، عصاره آبی سیر و ترکیب آن‌ها، مقدار بیلی‌روبین تام پلاسمای را به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد ($P < 0.05$).

یکی از محصولات تجزیه هموگلوبین، بیلی‌روبین است. میزان بیلی‌روبین با عملکرد سلول‌های کبدی مرتبط است (Muriel et al., 1992). در این تحقیق، آفلاتوکسین B₁ باعث افزایش معنی‌دار مقادیر پلاسمای بیلی‌روبین تام در مقایسه با گروه شاهد سالم شد. اثرات محافظتی عصاره سیر و زردچوبه در برابر سمیت کبدی آفلاتوکسین B₁ ممکن است ناشی از تعدیل کردن ایمنی سلول‌های کبدی در گروه‌های درمانی باشد (Drotman and Lawhorn, 1978). علاوه‌براین ممکن است به‌دلیل محافظت غشاء سلول و ممانعت از نشت آنزیم‌های داخل آن، کاهش قابل توجهی در میزان بیلی‌روبین تام مشاهده شود (Thabrew et al., 1987).

نتایج حاصل از این مطالعه با نتایج نصر (Nasr, 2014)، السید و الکامی (Elsaid and Elkomy, 2006) و رضایی مقدم و همکاران (Rezaei-Moghadam et al., 2012) مطابقت داشت.

السید و الکامی (Elsaid and Elkomy, 2006) گزارش کردند که مقادیر پلاسمای بیلی‌روبین تام افزایش یافته در اثر سیانید در تیمار سیر + سیانید کاهش می‌یابد. تیمار سیر + سیانید + تیوسولفات در مقایسه با تیمار سیر + سیانید، مقادیر پلاسمای بیلی‌روبین تام را به‌میزان بیشتری بهبود می‌بخشد.

الکامی (Elsaid and Elkomy, 2006) و رضایی مقدم و همکاران (Rezaei-Moghadam et al., 2012) مطابقت داشت.

شارما و همکاران (Sharma et al., 2011) نشان دادند که میزان آنزیم AST با گنجاندن ۲ میکروگرم آفلاتوکسین B₁ به‌ازای هر ۳۰ گرم وزن بدن در جیره موش‌های سوری به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد و با مصرف عصاره گودوچی، آنزیم مذکور به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد و تقریباً به حالت عادی برمی‌گردد.

آلکالین فسفاتاز

در بررسی اثرات متقابل سه طرفه، در گروه موش‌های مسموم شده با آفلاتوکسین B₁، سطح پلاسمای آنزیم آلکالین فسفاتاز در مقایسه با گروه شاهد سالم به‌صورت معنی‌دار افزایش یافت ($P < 0.05$). درمان موش‌های مسموم شده با آفلاتوکسین B₁ با عصاره آبی-الکی زردچوبه و عصاره آبی سیر، میزان آنزیم ALP پلاسمای را به‌طور معنی‌داری کاهش داد ($P < 0.05$). علاوه‌براین ترکیب این دو عصاره نیز موجب کاهش ALP گردید که نسبت به موش‌های مسموم شده با آفلاتوکسین B₁ کاهش معنی‌داری داشت ($P < 0.05$). جالب اینکه میان تیمارهای درمانی عصاره سیر یا زردچوبه با ترکیب این دو عصاره اختلاف معنی‌دار می‌باشد ($P < 0.05$). در واقع، استفاده از ترکیب عصاره سیر و زردچوبه به همراه هم باعث هم‌افزایی اثر درمانی در مقایسه با عصاره سیر یا زردچوبه به‌تنهایی گردید.

ترکیب عصاره سیر و زردچوبه سطح پلاسمای آنزیم ALP را نسبت به عصاره سیر یا زردچوبه به‌تنهایی از نظر عددی به‌میزان بیشتری کاهش داد، ولی این کاهش معنی‌دار نبود ($P < 0.05$). در بررسی اثرات متقابل دوطرفه در جدول ۲، استفاده از ترکیب عصاره سیر و زردچوبه موجب کاهش معنی‌دار ALP در مقایسه با گروه شاهد سالم شد ($P < 0.05$).

افزایش آنزیم ALP می‌تواند ناشی از نکروز سلولی، تغییرات در نفوذپذیری غشاء سلولی و یا اختلال در دفع صفرا (انسداد مجاری صفراوی) و اختلال فیلتراسیون و عملکرد سلولی غشاء سلولی کبد باشد (Drotman and Lawhorn, 1978). اثرات محافظتی عصاره سیر و زردچوبه در برابر سمیت کبدی آفلاتوکسین B₁ ممکن است به‌دلیل محافظت غشاء سلول و ممانعت از نشت آنزیم‌های داخل آن و تعدیل کردن ایمنی در گروه‌های درمانی باشد (Thabrew et al., 1978; Drotman and Lawhorn, 1978).

نتایج حاصل از این مطالعه با نتایج پوزی و همکاران (Pozzi et al., 2001)، قدسی و بغشانی (Ghods and Baghshani, 2011)، شارما و همکاران (Sharma et al., 2011) و رضایی مقدم و همکاران (Rezaei-Moghadam et al., 2012) مطابقت داشت. پوزی و همکاران (Pozzi et al., 2001) نشان دادند که استفاده

جدول ۲- مقایسه آماری میانگین سطوح ترکیبی آفلاتوکسین B₁، زردچوبه و سیر بر میزان آنزیمهای کبدی و بیلیروبین تامTable 2- Statistical comparison of average combined levels of aflatoxin B₁, turmeric extract and garlic extract on liver enzymes and total bilirubin

تیمارهای آزمایشی Experimental treatments		فراسنج‌ها Parameters				
میلی گرم بر کیلوگرم وزن بدن mg/kg body weight		آل‌آنین آمینوترانسفراز ALT ^d (U/l)	آسپاراتات آمینوترانسفراز AST ⁵ (U/l)	آل‌کالین فسفاتاز ALP ⁶ (U/l)	بیلی‌روبین تام Total Bilirubin (mg/dl)	
اثرات متقابل دو طرفه Two-way interactions						
آفلاتوکسین B ₁ Aflatoxin B ₁	× عصاره زردچوبه Turmeric extract					
0	0	84.57	142.67 ^b	502.93 ^c	0.34	
0	100	82.00	135.96 ^b	421.25 ^c	0.33	
100	0	107.31	183.61 ^a	958.56 ^a	0.38	
100	100	92.33	145.05 ^b	592.37 ^b	0.33	
	SEM ¹	3.61	6.50	22.15	0.01	
	P-value ²	0.0917	0.0174	0.0001	0.0865	
B ₁ آفلاتوکسین Aflatoxin B ₁	× عصاره سیر Turmeric extract					
0	0	83.16 ^b	138.45 ^b	440.06 ^c	0.34	
0	50	83.41 ^b	140.19 ^b	484.12 ^c	0.33	
100	0	107.50 ^a	181.58 ^a	981.56 ^a	0.38	
100	50	92.14 ^b	147.08 ^b	569.36 ^b	0.33	
	SEM	3.61	6.50	22.15	0.01	
	P-value	0.0352	0.0072	0.0001	0.2233	
عصاره سیر Garlic extract	× عصاره زردچوبه Turmeric extract					
0	0	100.16	179.02 ^a	860.56 ^a	0.38	
0	100	90.50	141.01 ^b	561.06 ^c	0.33	
50	0	91.72	147.27 ^b	600.93 ^b	0.33	
50	100	83.83	140.00 ^b	452.56 ^d	0.32	
	SEM	3.61	6.50	22.15	0.01	
	P-value	0.8076	0.0216	0.0012	0.1293	
اثرات متقابل سه طرفه Three -way interactions						
B ₁ آفلاتوکسین Aflatoxin B ₁	× عصاره سیر Garlic extract	× عصاره زردچوبه Turmeric extract				
0	0	0	84.32 ^b	140.07 ^b	456.62 ^d	0.34 ^b
0	0	100	82.00 ^b	134.82 ^b	423.50 ^d	0.34 ^b
0	50	0	84.82 ^b	143.28 ^b	549.25 ^{cd}	0.33 ^b
0	50	100	82.00 ^b	137.11 ^b	419.00 ^d	0.32 ^b
100	0	0	116.00 ^a	215.97 ^a	1264.5 ^a	0.42 ^a
100	0	100	99.00 ^{ab}	147.20 ^b	698.62 ^b	0.33 ^b
100	50	0	98.62 ^{ab}	151.26 ^b	652.62 ^{bc}	0.34 ^b
100	50	100	85.66 ^b	142.90 ^b	486.12 ^d	0.33 ^b
	SEM		5.11	9.19	31.33	0.01
	P-value		0.0001	0.0001	0.0001	0.0040

¹ اعداد با حروف متفاوت در هر ستون با هم تفاوت معنی دار دارند (P<0.05).² میانگین خطای استاندارد³ سطح احتمال معنی دار شدن¹. Means within same column with different superscripts differ significantly (P<0.05) .⁴. Alanine aminotransferase⁵. Aspartate aminotransferase⁶. Alkaline phosphatase

همچنین تولید آلدیدها از محصولات ثانویه حاصل از تجزیه‌ی هیدروپراکسیدها است (Gomes et al., 2003).

مطالعه حاضر، کاهش معنی‌دار در محتوای MDA را در گروه تغذیه شده با عصاره زردچوبه نشان داد. این نشان می‌دهد که وضعیت آنتی‌اکسیدانی میزبان می‌تواند با مصرف عصاره زردچوبه از طریق جیره افزایش یابد. کاهش میزان تیوباربیتوریک اسید ممکن است به دلیل کاهش هیدروپراکسیدها و واکنش بین مالون‌دی‌آلدید و پروتئین‌ها، اسیدهای آمینه یا گلیکوژن باشد (Gomes et al., 2003). توجه به این نکته مهم است که طبق گزارش ابورگ و همکاران (Auburg et al., 1993)، ممکن است مقدار تیوباربیتوریک اسید نشان دهنده درجه واقعی اکسید شدن چربی‌ها نباشد، به‌ویژه زمانی که مالون آلدیدها بتوانند با سایر ترکیبات بدن واکنش انجام دهند. چنین ترکیباتی می‌توانند شامل آمین‌ها، نوکلئوتیدها و اسید نوکلئیک، پروتئین‌ها، فسفولیپیدها و دیگر آلدیدهای تولیدی در پایان اکسیداسیون چربی باشند (Chytiri et al., 2004).

نتایج بررسی حاضر، افزایش سطح TBARS را در تیمار آفاتوکسین B₁ نشان داد که با نتایج مکی و همکاران (Meki et al., 2004) در موش صحرایی، و با نتایج ناز و همکاران (Naaz et al., 2007) و اوزن و همکاران (Ozen et al., 2009) در موش سوری مطابقت داشت. نتایج بررسی مالون دی آلدید با یافته‌های راستوچی و همکاران (Rastogi et al., 2001)، کواک و همکاران (Kwak et al., 1994)، نصر (Nasr, 2014)، السید و الکامی (Elsaid and Elkomy, 2006) و رضایی مقدم و همکاران (Rezaei-Moghadam et al., 2012) نیز مطابقت داشت.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام

در بررسی اثرات متقابل سه طرفه، در موش‌های گروه مسموم شده با آفاتوکسین B₁، میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام پلاسما در مقایسه با گروه شاهد سالم به‌صورت معنی‌دار کاهش یافت ($P < 0.05$). درمان موش‌های مسموم شده با آفاتوکسین B₁ توسط عصاره آبی-الکلی زردچوبه و عصاره آبی سیر، میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام پلاسما را به‌طور معنی‌دار افزایش داد ($P < 0.05$). همچنین ترکیب این دو عصاره نیز موجب کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام پلاسما گردید که نسبت به موش‌های مسموم شده با آفاتوکسین B₁ کاهش معنی‌دار داشت ($P < 0.05$).

اثر افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام پلاسما در گروه‌های درمانی عصاره سیر و عصاره زردچوبه تقریباً مشابه بود. اثر افزایشی ترکیب عصاره سیر و زردچوبه بر میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام پلاسما در مقایسه با عصاره سیر یا زردچوبه به‌تنهایی به لحاظ عددی بیشتر بود، ولی این افزایش معنی‌دار نبود.

قدسی و بغشانی (Ghods and Baghshani, 2011) نشان دادند که بیلی‌روبین تام افزایش یافته در اثر سیانید، در گروه پودر سیر + سیانید به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد ($P < 0.05$) و نزدیک به حالت طبیعی می‌شود. در تحقیقی که رضایی مقدم و همکاران (Rezaei-Moghadam et al., 2012) روی اثر عصاره زردچوبه به‌میزان ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم به‌ازای هر کیلوگرم وزن بدن در موش صحرایی بر میزان بیلی‌روبین تام به‌مدت یک ماه انجام دادند، نشان داده شد که میزان بیلی‌روبین تام در گروه تحت درمان با زردچوبه در دوز ۲۰۰ میلی‌گرم به‌ازای هر کیلوگرم وزن بدن به‌طور معنی‌داری در سطح ($P < 0.05$) کاهش پیدا کرد.

نتایج مربوط به ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام و مالون‌دی‌آلدید

نتایج مربوط به اثرات متقابل و اصلی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام پلاسما و مالون‌دی‌آلدید در جدول ۳ نشان داده شده است.

مالون‌دی‌آلدید

در بررسی اثرات متقابل سه طرفه، در موش‌های گروه مسموم شده با آفاتوکسین B₁ میزان مالون‌دی‌آلدید پلاسما در مقایسه با گروه شاهد سالم به‌صورت معنی‌دار افزایش یافت ($P < 0.05$). درمان موش‌های مسموم شده با آفاتوکسین B₁ با عصاره آبی-الکلی زردچوبه و عصاره آبی سیر میزان مالون‌دی‌آلدید را به‌طور معنی‌داری کاهش داد ($P < 0.05$). علاوه‌براین ترکیب این دو عصاره نیز موجب کاهش مالون‌دی‌آلدید گردید که نسبت به موش‌های مسموم شده با آفاتوکسین B₁ کاهش معنی‌دار داشت ($P < 0.05$).

اثر کاهش میزان مالون‌دی‌آلدید در گروه‌های درمانی عصاره سیر و عصاره زردچوبه تقریباً مشابه بود. اثر کاهش‌ی ترکیب عصاره سیر و زردچوبه بر میزان مالون‌دی‌آلدید در مقایسه با عصاره سیر یا زردچوبه به‌تنهایی به لحاظ عددی بیشتر بود، ولی این کاهش معنی‌دار نبود ($P < 0.05$). در بررسی اثرات متقابل دوطرفه، استفاده از ترکیب عصاره سیر و زردچوبه موجب کاهش معنی‌دار میزان مالون‌دی‌آلدید در مقایسه با گروه شاهد سالم شد ($P < 0.05$).

در موش‌های مسموم شده توسط آفاتوکسین B₁، رادیکال‌های آزاد از طریق اثر بر لیپیدهای غشایی و اسیدهای چرب غیر اشباع شبکه داخل سیتوپلاسمی و پراکسیده کردن آن‌ها سبب تشکیل پراکسیدهای لیپیدی مانند مالون‌دی‌آلدید می‌شوند و این حالت سبب می‌شود که غشاء یکپارچگی خود را از دست داده و در نتیجه، منجر به آسیب کبدی شود. افزایش میزان مالون‌دی‌آلدید منجر به ضعف سازوکارهای تدافعی آنتی‌اکسیدانی شده و در نتیجه، از تولید بیش از حد رادیکال‌های آزاد جلوگیری نخواهد شد (Naik, 2003). روند افزایشی این شاخص به‌دلیل افزایش آهن آزاد و دیگر پراکسیدان‌ها و

عصاره سیر، میزان T3 در مقایسه با گروه شاهد مسموم، به صورت معنی داری افزایش یافت ($P < 0.05$). ترکیب این دو عصاره نیز موجب افزایش میزان T3 گردید که نسبت به موش های مسموم شده با آفلاتوکسین B₁ افزایش معنی داری داشت ($P < 0.05$).

هورمون های تیروئیدی در میان هورمون های اصلی، نقش مهمی در حفظ تعادل فیزیولوژیکی بدن دارند (Nakamura and Nakao *et al.*, 1993). اختلال در عملکرد این هورمون ها به طور مستقیم بر وضعیت عمومی موجود زنده تأثیر می گذارد (Rose, 2000).

کاهش سطوح هورمون های تیروئیدی نشان دهنده گسترش اختلالات متابولیکی می باشد. ارتباط بین کیفیت غذا و غلظت هورمون های تیروئیدی خون به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته است. عملکرد اساسی این هورمون ها در تنظیم رشد، استفاده از انرژی و تعدادی از کارهای حیاتی گزارش شده است (Carew *et al.*, 1998). علاوه بر این تغییر غلظت هورمون T3 را می توان به اختلال مورفولوژی غده نسبت داد. ایجاد مسمومیت با پاتولین در موش های صحرایی منجر به اختلال مورفولوژی غده تیروئید می شود (Selmanoglu and Kockaya, 2004).

آسیب ناشی از آفلاتوکسین B₁ می تواند موجب کاهش جذب ید خوراک از ایتیلیوم دستگاه گوارش شود (Johri *et al.*, 1990). بنابراین، سطح ید پلاسما خون کاهش می یابد که این کاهش به طور غیرمستقیم می تواند ساخت T3 در تیروئید را تحت تأثیر قرار دهد. کاهش پروتئین های پلاسمایی که در انتقال T3 شرکت دارند، نیز دلیلی برای پایین بودن سطوح خونی هورمون مورد مطالعه می باشد (Graczyk *et al.*, 2002).

السید و الکامی (Elsaid and Elkomy, 2006) گزارش کردند که سیانید، مقادیر پلاسمای T3 را کاهش می دهد و عصاره آبی سیر به میزان ۵۰۰ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن همراه با سیانید در مدت ۳۰ روز، مقادیر پلاسمای T3 را به طور معنی داری افزایش می دهد ($P < 0.001$). تیمار سیر + سیانید در مقایسه با تیمار سیر + سیانید + تیوسولفات، مقادیر پلاسمای T3 را به میزان بیشتری افزایش می دهد.

هورمون تیروکسین

در بررسی اثرات متقابل سه طرفه، کاهش معنی داری در میزان T4 در گروه هایی که آفلاتوکسین به تنهایی دریافت کرده بودند نسبت به گروه شاهد مشاهده شد ($P < 0.05$). نتایج نشان داد که T4 ممکن است تا حد زیادی توسط آفلاتوکسین تحت تأثیر قرار گیرد.

در بررسی حاضر، کاهش ظرفیت آنتی اکسیدانی تام پلاسما متعاقب مواجهه با آفلاتوکسین B₁ نشان داد که تنش اکسیداتیو ناشی از رادیکال های آزاد، یکی از سازوکارهای احتمالی در پاتوفیزیولوژی سمیت کبدی آفلاتوکسین B₁ می باشد. اندازه گیری پاسخ آنتی اکسیدانی تام منعکس کننده وضعیت تعادل پلاسما است که نشان دهنده اجزاء آنتی اکسیدان پلاسما می باشد (Erel, 2004). با توجه به مطالعات انجام شده، سطح وضعیت آنتی اکسیدانی تام پلاسما در برخی از بیماری ها از جمله سرطان و آرتریت روماتوئید کم است (Altindag *et al.*, 2007). دلیل کاهش آنزیم های آنتی اکسیدانی به هم خوردن توازن بین تولید و برداشت رادیکال های آزاد که در شرایط طبیعی در بدن وجود دارد، می باشد و انتشار واکنش های رادیکالی باعث غیر فعال شدن یا تخریب آنزیم های آنتی اکسیدانی می شود (Zhou *et al.*, 2000).

سازوکار پیشنهاد شده در رابطه با اثرات مکمل سازی سیر و فرآورده های آن در افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی تام به این صورت است که سیر با افزایش ضداکساینده های درون سلولی مانند گلوتاتیون، اسید اوریک و بیلی روبین و بیان بیشتر آنزیم های آنتی اکسیدانی درون سلولی مانند سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و گلوتاتیون پراکسیداز می تواند ظرفیت و توان آنتی اکسیدانی تام پلاسمای را بالا ببرد (Duda *et al.*, 2007; Durak *et al.*, 2004; Morihara *et al.*, 2006; Bork *et al.*, 2001). در تحقیق رضایی مقدم و همکاران (Rezaei-Moghadam *et al.*, 2012)، روی اثر عصاره زردچوبه به میزان ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در موش صحرایی بر میزان وضعیت آنتی اکسیدانی تام پلاسما به مدت یک ماه، نشان داده شد که تجویز عصاره زردچوبه به طور معنی داری میزان وضعیت آنتی اکسیدانی تام را در هر دو دوز در مقایسه با دیگر گروه های تحت درمان (عصاره زردچوبه به میزان ۱۰۰ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن، عصاره دانه هویج به میزان ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن) کاهش داد ($P < 0.05$).

نتایج مربوط به هورمون های تیروئیدی

نتایج مربوط به اثرات متقابل و اصلی هورمون های تیروئیدی شامل تیروکسین و تری یدوتیرونین در جدول ۴ نشان داده شده است.

هورمون تری یدوتیرونین

در بررسی اثرات متقابل سه طرفه، میزان هورمون تری یدوتیرونین در موش های گروه مسموم شده توسط آفلاتوکسین B₁ در مقایسه با گروه شاهد سالم به صورت معنی دار کاهش یافت ($P < 0.05$). در گروه موش های مسموم شده با آفلاتوکسین B₁ همراه با عصاره زردچوبه و

جدول ۳- مقایسه آماری میانگین سطوح ترکیبی آفلاتوکسین B₁، زردچوبه و سیر بر میزان مالون دی آلدئید و ظرفیت آنتی اکسیدانی تام پلاسما

Table 3- Statistical comparison of the average combined levels of aflatoxin B₁, turmeric extract and garlic extract on the amount of malondialdehyde and total plasma antioxidant capacity

تیمارهای آزمایشی Experimental treatments			فراسنجه‌ها Parameters	
میلی گرم بر کیلوگرم وزن بدن mg/kg body weight			مالون دی آلدئید Malondialdehyde (μmol/l)	ظرفیت آنتی اکسیدانی تام Total plasma antioxidant capacity (μmol/l)
اثرات متقابل دو طرفه Two-way interactions				
آفلاتوکسین B ₁ × عصاره زردچوبه Aflatoxin B ₁ × Turmeric extract				
0	0		6.88 ^b	409.37
0	100		6.28 ^b	429.75
100	0		9.99 ^a	339.57
100	100		7.28 ^b	396.19
SEM ¹			0.48	11.65
P-value ²			0.0324	0.1255
آفلاتوکسین B ₁ × عصاره سیر Aflatoxin B ₁ × Garlic extract				
0	0		6.90 ^b	414.15 ^a
0	50		6.26 ^b	424.97 ^a
100	0		9.96 ^a	336.26 ^b
100	50		7.31 ^b	399.50 ^a
SEM			0.48	11.65
P-value			0.0412	0.0285
عصاره سیر × عصاره زردچوبه Garlic extract × Turmeric extract				
0	0		9.85 ^a	344.38
0	100		7.01 ^b	406.06
50	0		7.03 ^b	404.56
50	100		6.55 ^b	419.90
SEM			0.48	11.65
P-value			0.0172	0.0517
اثرات متقابل سه طرفه Three -way interactions				
آفلاتوکسین B ₁ × عصاره سیر × عصاره زردچوبه Aflatoxin B ₁ × Garlic extract × Turmeric extract				
0	0	0	7.27 ^a	400.55 ^a
0	0	100	6.53 ^a	427.25 ^a
0	50	0	6.50 ^a	418.20 ^a
0	50	100	6.03 ^a	431.75 ^a
100	0	0	12.42 ^b	288.21 ^b
100	0	100	7.50 ^a	384.32 ^a
100	50	0	7.56 ^a	390.93 ^a
100	50	100	7.07 ^a	408.06 ^a
SEM			0.67	16.47
P-value			0.0001	0.0001

¹ اعداد با حروف متفاوت در هر ستون با هم تفاوت معنی دار دارند (P<0/05).

² میانگین خطای استاندارد

³ سطح احتمال معنی دار شدن

¹.Means within same column with different superscripts differ significantly (P<0.05).

جدول ۴- مقایسه آماری میانگین سطوح ترکیبی آفلاتوکسین B₁، زردچوبه و سیر بر میزان هورمون‌های تیروئیدیTable 4- Statistical comparison of the average combined levels of aflatoxin B₁, turmeric extract and garlic extract on the amount of thyroid hormones

تیمارهای آزمایشی Experimental treatments		فراسنجه‌ها Parameters	
میلی گرم بر کیلوگرم وزن بدن mg/kg body weight		T3 (ng/dl)	Thyroxine (µg/dl)
اثرات متقابل دو طرفه Two-way interactions			
آفلاتوکسین B ₁ Aflatoxin B ₁	عصاره زردچوبه Turmeric extract		
0	0	112.66 ^b	10.52 ^a
0	100	111.13 ^a	10.49 ^a
100	0	100.17 ^b	7.90 ^b
100	100	114.10 ^a	10.09 ^a
	SEM ¹	2.79	0.36
	P-value ²	0.0076	0.0034
آفلاتوکسین B ₁ Aflatoxin B ₁	عصاره سیر Garlic extract		
0	0	115.01 ^a	10.85 ^a
0	50	108.78 ^{ab}	10.17 ^a
100	0	99.01 ^b	8.10 ^b
100	50	115.26 ^a	9.89 ^a
	SEM	2.79	0.36
	P-value	0.0002	0.0012
عصاره سیر Garlic extract	عصاره زردچوبه Turmeric extract		
0	0	103.52	9.12
0	100	110.50	9.83
50	0	109.31	9.30
50	100	114.72	10.75
	SEM	2.79	0.36
	P-value	0.7794	0.3158
اثرات متقابل سه طرفه Three -way interactions			
آفلاتوکسین B ₁ Aflatoxin B ₁	عصاره سیر Garlic extract	عصاره زردچوبه Turmeric extract	
0	0	0	118.02 ^a
0	0	100	112.01 ^a
0	50	0	107.31 ^a
0	50	100	110.25 ^a
100	0	0	89.03 ^b
100	0	100	109.00 ^a
100	50	0	111.32 ^a
100	50	100	119.20 ^a
	SEM		3.94
	P-value		0.0001

¹ اعداد با حروف متفاوت در هر ستون با هم تفاوت معنی‌دار دارند (P<0.05).² میانگین خطای استاندارد³ سطح احتمال معنی‌دار شدن

. Means within same column with different superscripts differ significantly (P<0.05).

زردچوبه موجب افزایش معنی‌دار T4 در مقایسه با گروه شاهد آفلاتوکسین B₁ شد (P<0.05). در واقع، استفاده از ترکیب عصاره سیر و زردچوبه به همراه هم باعث هم‌افزایی اثر درمانی در مقایسه با

درمان موش‌های مسموم شده با آفلاتوکسین B₁ با عصاره آبی-الکلی زردچوبه و عصاره آبی سیر میزان T4 پلاسما را افزایش داد که از نظر آماری معنی‌دار نبود، جالب اینکه درمان با ترکیب عصاره سیر و

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر بیانگر آن است که استفاده از عصاره سیر به میزان ۵۰ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن، عصاره زردچوبه به میزان ۱۰۰ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن و ترکیب آن‌ها، از میزان سمیت ناشی از آفاتوکسین B₁ می‌کاهد. استفاده از عصاره سیر، زردچوبه و ترکیب آن‌ها موجب بهبود شاخص‌های عملکرد کبدی و کاهش آنزیم‌های کبدی نظیر AST، ALT، ALP و بیلی-روبین تام می‌شود. این نتایج نشان می‌دهد که عصاره سیر، زردچوبه و ترکیب آن‌ها اثر محافظتی بر کبد دارد. استفاده از عصاره زردچوبه، سیر و ترکیب عصاره سیر و زردچوبه به‌تنهایی بر متغیرهای اندازه‌گیری شده اثری نداشت ($P < 0.05$). استفاده از آفاتوکسین B₁ به میزان ۱۰۰ میکروگرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن روزانه و به مدت ۲۸ روز موجب افزایش AST، ALT، ALP، بیلی‌روبین تام، مالون‌دی‌آلدهید و کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام، T₃ و T₄ شد. عصاره سیر، زردچوبه و ترکیب آن‌ها بر مسمومیت ناشی از آفاتوکسین B₁ تأثیر مثبت داشت و موجب کاهش معنی‌دار میزان AST، ALP، بیلی‌روبین تام، مالون‌دی‌آلدهید و افزایش معنی‌دار ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام و T₃ شد. تنها در گروه درمانی ترکیب عصاره سیر و زردچوبه، افزایش معنی‌دار T₄ و کاهش معنی‌دار ALT در مقایسه با شاهد آفاتوکسین B₁ مشاهده شد. در بررسی فاکتور ALP، میان تیمارهای درمانی عصاره سیر یا زردچوبه با ترکیب این دو عصاره اختلاف وجود داشت که از نظر آماری معنی‌دار بود ($P < 0.05$). یکی از سازوکارهای حفاظتی احتمالی این گیاهان، ویژگی آنتی‌اکسیدانی آن‌ها بوده که از فعالیت رادیکال‌های آزاد تولید شده به وسیله آفاتوکسین B₁ ممانعت می‌کند.

عصاره سیر یا زردچوبه به‌تنهایی گردید. افزایش T₄ نشان داد که عصاره‌ها در دستگاه گوارش به آفاتوکسین متصل شده‌اند. آفاتوکسین B₁ در سیتوکروم P-450 (CYP) در میتوکندری سلول کبدی توسط آنزیم اکسیداز متابولیزه شده و به فرم اپوکسید که شکل فعال آن است، تبدیل می‌شود. فرم اپوکسید آفاتوکسین قابلیت بسیار زیادی جهت اتصال به DNA و پروتئین را دارد (Deshpande, 2002; Montville and Matthews, 2005; James, 2000). گزارش شده است که زردچوبه موجب کاهش متابولیسم موادی می‌شود که از طریق سیتوکروم P450 متابولیزه می‌شوند (Sharma et al., 2007). لذا ممکن است زردچوبه با اثر بر سیتوکروم P-450 از تشکیل شکل فعال آفاتوکسین B₁ ممانعت کند یا موجب خنثی سازی شکل اپوکسید آن شود.

در بررسی اثرات متقابل دوطرفه، آفاتوکسین B₁ موجب کاهش معنی‌داری در میزان T₄ در مقایسه با گروه شاهد سالم شد و درمان با عصاره سیر موجب افزایش معنی‌دار میزان T₄ شد ($P < 0.05$). درمان با عصاره زردچوبه نیز موجب افزایش معنی‌دار میزان T₄ در مقایسه با گروه شاهد آفاتوکسین B₁ شد ($P < 0.05$).

نتایج بررسی هورمون تیروکسین با یافته‌های السید و الکامی (Elsaid and Elkomy, 2006) و والچو و همکاران (Valchev et al., 2014) مطابقت دارد. نتایج والچو و همکاران (Valchev et al., 2014) حاکی از آن است که با گنجاندن آفاتوکسین B₁ به میزان ۰/۵ و ۰/۸ میلی گرم در هر کیلوگرم خوراک در اردک در مدت ۲۱ روز، میزان هورمون T₄ به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد.

References

- Altindag, O., Karakoc, M., Kocyigit, A., Celik, H., and Soran, N. (2007). Increased DNA damage and oxidative stress in patients with rheumatoid arthritis. *Clinical Biochemistry*, 40(3), 167-171. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2006.10.006>
- Aubourg, S. P. (1993). Interaction of malondialdehyde with biological molecules—new trends about reactivity and significance. *International Journal of Food Science and Technology*, 28: 323-335. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1993.tb01278.x>
- Babu, P. S., & Srinivasan, K. (1997). Hypolipidemic action of curcumin, the active principle of turmeric (*Curcuma longa*) in streptozotocin induced diabetic rats. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 166, 169-175. <https://doi.org/10.1023/A:1006819605211>
- Benzie, I. F. F., & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239, 70-76. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- Berges, R., Siess, M. H., Arnault, I., Auger, J., Kahane, R., Pinnert, M. F., Verneva, M.-F. & Le Bon, A. M. (2004). Comparison of the chemopreventive efficacies of garlic powders with different alliin contents against aflatoxin B₁ carcinogenicity in rats. *Carcinogenesis*, 25, 1953-1959. <https://doi.org/10.1093/carcin/bgh200>
- Carew, L., Evarts, K. and Alster, F. (1998). Growth, feed intake, and plasma thyroid hormone levels in chicks fed dietary excesses of essential amino acids. *Poultry Science*, 77: 295-298. <https://doi.org/10.1093/ps/77.2.295>
- Chytiri, S., Chouliara, I., Savvaidis, I. and Kontominas, M. (2004). Microbiological, chemical and sensory assessment of iced whole and filleted aquacultured rainbow trout. *Food Microbiology*, 21: 157-165. [https://doi.org/10.1016/S0740-0020\(03\)00059-5](https://doi.org/10.1016/S0740-0020(03)00059-5)

8. Denli, M., Blandon, J., Guynot, M., Salado, S., & Perez, J. (2008). Efficacy of a new ochratoxin-binding agent (Ocratox) to counteract the deleterious effects of ochratoxin A in laying hens. *Poultry Science*, 87, 2266-2272. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00024>
9. Deshpande, S. (2002). Handbook of Food Toxicology. CRC Press, pp, 387-457. <https://doi.org/10.1201/9780203908969>
10. Devegowda, G., Raju, M., Afzali, NA., Swamy, H., (1998). Mycotoxin picture worldwide: novel solutions for their counteraction. 241-255.
11. Drotman, R. B., and Lawhorn, G. T. (1978). Serum enzymes as indicators of chemically induced liver damage. *Drug and Chemical Toxicology*, 1: 163-171. <https://doi.org/10.3109/01480547809034433>
12. Duda, G., Suliburska, J. and Pupek-Musialik, D. (2007). Effects of short-term garlic supplementation on lipid metabolism and antioxidant status in hypertensive adults. *Pharmacological Reports: PR*, 60: 163-170.
13. Durak, I., Kavutcu, M., Aytac, B., Avcı, A., Devrim, E., Ozbek, H. and Öztürk, H. S. (2004). Effects of garlic extract consumption on blood lipid and oxidant/antioxidant parameters in humans with high blood cholesterol. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 15: 373-377. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2004.01.005>
14. El-Agamy, D. S. (2010). Comparative effects of curcumin and resveratrol on aflatoxin B1-induced liver injury in rats. *Archives of Toxicology*, 84, 389-396. <https://doi.org/10.1007/s00204-010-0511-2>
15. Elsaid, F. G., and Elkomy, M. M. (2006). Aqueous garlic extract and sodium thiosulphate as antidotes for cyanide intoxication in albino rats. *Research Journal Medicine and Medicine, Science*, 1: 50-56.
16. Erel, O. (2004). A novel automated method to measure total antioxidant response against potent free radical reactions. *Clinical Biochemistry*, 37: 112-119.
17. Gaby, A. R. (1999). Q10-Textbook of Natural Medicine. NY: Churchill Livingstone, 663-671.
18. Ghodsi, V. and Baghshani, H. (2011). Evaluation of sublethal cyanide exposure on plasma biochemical profile in rats and possible protective effect of garlic. *Human and Veterinary Medicine*, 5. 66-67.
19. Glick, B., Chang, T. S., & Jaap, R. G. (1956). The bursa of Fabricius and antibody production. *Poultry Science*, 35, 224-225. <https://doi.org/10.3382/ps.035022>
20. Gomes, H. d. A., Silva, E. N. d., Nascimento, M. R. L. d. and Fukuma, H. T. (2003). Evaluation of the 2-thiobarbituric acid method for the measurement of lipid oxidation in mechanically deboned gamma irradiated chicken meat. *Food Chemistry*. 80: 433-437.
21. Graczyk, S., Zawadzki, W., Malicki, A., and Orda, J. (2002). The thyroxine level and blood serum profiles in ducklings, after chronic aflatoxin B1 administration. *Acta Scientiarum Polonorum-Medicina Veterinaria*, 1: 21-29.
22. Gross, W. B., Jones, D., & Cherry, J. (1988). Effect of ascorbic acid on the disease caused by Escherichia coli challenge infection. *Avian Diseases*, 3, 407-409. <https://doi.org/10.2307/1590904>
23. James, M. J. (2000). Modern food microbiology. An Aspen Publication. Gaithersburg., Maryland., 635.
24. Johri, T. S., Sadagopan, V. R., Shrivastava, H. P., and Majumdar, S. (1990). Effect of dietary aflatoxin on the performance of purebred broiler chicks. *Indian Journal of Animal Sciences*, 60: 1246-1248.
25. Kwak, M. K., Kim, S. G., Kwak, J. Y., Novak, R. F. and Kim, N. D. (1994). Inhibition of cytochrome P4502E1 expression by organosulfur compounds allylsulfide, allylmercaptan and allylmethylsulfide in rats. *Biochemical Pharmacology*, 47: 531-539. [https://doi.org/10.1016/0006-2952\(94\)90185-6](https://doi.org/10.1016/0006-2952(94)90185-6)
26. Luper, S. (1999). A review of plants used in the treatment of liver disease: Part two. *Alternative Medicine Review: A Journal of Clinical Therapeutic*, 4, 178-188.
27. Manafi, M. (2011). Counteractive effects of mycotoxin adsorbent and Aspergillus parasiticus on broilers performance traits. *Research Journal of Fisheries and Hydrobiology*, 6, 567-571.
28. Mathuria, N. and Verma, R. J. (2008). Ameliorative effect of curcumin on aflatoxin-induced toxicity in serum of mice. *Acta Pol. Pharmaceut. Drug Research*, 65: 339-343.
29. Meki, A.-R., Esmail, E. E.-D. F., Hussein, A. A., and Hassanein, H. M. (2004). Caspase-3 and heat shock protein-70 in rat liver treated with aflatoxin B1: effect of melatonin. *Toxicon*, 43: 93-100. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2003.10.026>
30. Montville, T. J. & Matthews, K. R., (2005). Food Microbiology: An Introduction. ASM Press. Washington, DC., USA., 528.
31. Morihara, N., Ushijima, M., Kashimoto, N., Sumioka, I., Nishihama, T., Hayama, M. and Takeda, H. (2006). Aged garlic extract ameliorates physical fatigue. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 29: 962-966. <https://doi.org/10.1248/bpb.29.962>
32. Muriel, P., Garcapiña, T., Perez-Alvarez, V., and Mourelle, M. (1992). Silymarin protects against paracetamol-induced lipid peroxidation and liver damage. *Journal of Applied Toxicology*, 12: 439-442. <https://doi.org/10.1002/jat.2550120613>
33. Naaz, F., Javed, S., and Abdin, M. Z. (2007). Hepatoprotective effect of ethanolic extract of Phyllanthus amarus Schum. et Thonn. on aflatoxin B1-induced liver damage in mice. *Journal of Ethnopharmacology*, 113: 503-509.

- <https://doi.org/10.1016/j.jep.2007.07.017>
34. Naik, S. R. (2003). Antioxidants and their role in biological functions: An overview. *Indian drugs*, 40: 501-516.
 35. Nakamura, H., and Nakao, K. 1993. [Mechanism of regulation of TSH--biosynthesis and secretion]. *Nihon rinsho. Japanese Journal of Clinical Medicine*, 51: 2611-2617.
 36. Nasr, A. Y. (2014). Protective effect of aged garlic extract against the oxidative stress induced by cisplatin on blood cells parameters and hepatic antioxidant enzymes in rats. *Toxicology Reports*, 1, 682-692. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2014.09.003>
 37. Nasr, A. Y. (2014). Protective Effect of Aged Garlic Extract Against the Oxidative Stress Induced by Cisplatin on Blood Cells Parameters and Hepatic Antioxidant Enzymes In Rats. *Toxicology Reports*. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2014.09.003>
 38. National Institutes of Health. (1985). Guide for the care and use of laboratory animals: *National Academies. Washington, DC., USA.*, 220.
 39. Ozen, H., Karaman, M., Cigremis, Y., Tuzcu, M., Ozcan, K., and Erdag, D. (2009). Effectiveness of melatonin on aflatoxicosis in chicks. *Research in Veterinary Science*, 86: 485-489. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2008.09.011>
 40. Pozzi, C. R., Correa, B., Xavier, J. G., Direito, G. M., Orsi, R. B., & Matarazzo, S. V. (2001). Effects of prolonged oral administration of fumonisin B1 and aflatoxin B1 in rats. *Mycopathologia*, 151, 21-27. <https://doi.org/10.1023/A:1010954119980>
 41. Ramsewak, R. S., DeWitt, D. L., & Nair, M. G. (2000). Cytotoxicity, antioxidant and anti-inflammatory activities of Curcumins III from *Curcuma longa*. *Phytomedicine*, 7, 303-308. [https://doi.org/10.1016/S0944-7113\(00\)80048-3](https://doi.org/10.1016/S0944-7113(00)80048-3).
 42. Rastogi, R., Srivastava, A. K., and Rastogi, A. K. (2001). Long term effect of aflatoxin B1 on lipid peroxidation in rat liver and kidney: effect of picroliv and silymarin. *Phytotherapy Research*, 15: 307-310. <https://doi.org/10.1002/ptr.722>
 43. Recknagel, R. O., Glende Jr, E. A., Dolak, J. A. and Waller, R. L. (1989). Mechanisms of carbon tetrachloride toxicity. *Pharmacology and therapeutics*, 43: 139-154. [https://doi.org/10.1016/0163-7258\(89\)90050-8](https://doi.org/10.1016/0163-7258(89)90050-8)
 44. Rezaei-Moghadam, A., Mohajeri, D., Rafiei, B., Dizaji, R., Azhdari, A., Yeganehzad, M., Shahidi, M., & Mazani, M. (2012). Effect of turmeric and carrot seed extracts on serum liver biomarkers and hepatic lipid peroxidation, antioxidant enzymes and total antioxidant status in rats. *BioImpacts: BI*, 2, 151. <https://doi.org/10.5681/bi.2012.020>
 45. Ricky, A. S., Steward, W. P., & Gescher, A. J., (2007). Pharmacokinetics and pharmacodynamics of curcumin. *The molecular Targets and Therapeutic Uses of Curcumin in Health and Disease*, 595, 453-470. https://doi.org/10.1007/978-0-387-46401-5_20
 46. Rose, S. R. (2000). Disorders of thyrotropin synthesis, secretion, and function. *Current Opinion in Pediatrics*, 12: 375-381. <https://doi.org/10.1097/00008480-200008000-00017>
 47. SAS Institute Inc. (2005). User's Guide: Statistics, Version 9.1 Edition. SAS Inst. Inc., Cary, NC.
 48. Satoh, K. (1978). Serum lipid peroxide in cerebrovascular disorders determined by a new colorimetric method. *Clinica Chimica Acta*, 90, 37-43. [https://doi.org/10.1016/0009-8981\(78\)90081-5](https://doi.org/10.1016/0009-8981(78)90081-5).
 49. Satoh, K. (1978). Serum lipid peroxide in cerebrovascular disorders determined by a new colorimetric method. *Clinica Chimica Acta*, 90: 37-43. [https://doi.org/10.1016/0009-8981\(78\)90081-5](https://doi.org/10.1016/0009-8981(78)90081-5)
 50. Selmanoglu, G., and Kockaya, E. A. (2004). Investigation of the effects of patulin on thyroid and testis, and hormone levels in growing male rats. *Food and Chemical Toxicology*, 42: 721-727. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2003.12.007>
 51. Sharma, Ricky A., William P. Steward, and Andreas J. Gescher. (2007). Pharmacokinetics and pharmacodynamics of curcumin. *The molecular Targets and Therapeutic Uses of Curcumin in Health and Disease*, 453-470. https://doi.org/10.1007/978-0-387-46401-5_20
 52. Sharma, V., Gupta, R. and Sharma, S. (2011). Preventive effects of tinospora cordifolia extract against aflatoxin-b1 induced oxidative stress in swiss albino mice. *Asian Journal Pharmaceutical Clinical Research*, 4: 149-155. <https://doi.org/10.4103/0971-6580.84259>
 53. Shotwell, O. L., Hesselstine, C., Stubblefield, R. and Sorenson, W. (1966). Production of aflatoxin on rice. *Applied Microbiology*, 14: 425-428. <https://doi.org/10.1128/am.14.3.425-428.1966>
 54. Tadi, P. P., Teel, R. W., & Lau, B. H. (1991). Organosulfur compounds of garlic modulate mutagenesis, metabolism, and DNA binding of aflatoxin B1. *Nutrition and Cancer*, 15, 87-95. <https://doi.org/10.1080/01635589109514116>
 55. Thabrew, M. I., Joice, P. D. and Rajatissa, W. (1987). A comparative study of the efficacy of Pavetta indica and Osbeckia octandra in the treatment of liver dysfunction. *Planta Med*, 53: 239-241. <https://doi.org/10.1055/s-2006-962691>
 56. Valchev, I., Lazarov, L., Hristov, T., and Kanakov, D. (2014). Blood Triiodothyronine, Thyroxine And Thyroid-Stimulating Hormone Concentrations In MULARD Ducks With Experimental Aflatoxicosis. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*, 13-20.

57. West, S., Wyatt, R., & Hamilton, P. (1973). Improved yield of aflatoxin by incremental increases of temperature. *Applied Microbiology*, 25, 1018-1019. <https://doi.org/10.1128/am.25.6.1018-1019.1973>
58. Yarru, L. P., Settivari, R. S., Gowda, N. K. S., Antoniou, E., Ledoux, D. R., & Rottinghaus, G. E. (2009). Effects of turmeric (*Curcuma longa*) on the expression of hepatic genes associated with biotransformation, antioxidant, and immune systems in broiler chicks fed aflatoxin. *Poultry Science*, 88, 2620-2627. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00204>
59. Yener, Z., Celik, I., Ilhan, F., & Bal, R. (2009). Effects of *Urtica dioica* L. seed on lipid peroxidation, antioxidants and liver pathology in aflatoxin-induced tissue injury in rats. *Food and Chemical Toxicology*, 47, 418-424. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2008.11.031>
60. Zhou, J., Yan, X., Guo, F., Sun, N., Qian, Z. and Ding, D. (2000). Effects of cigarette smoking and smoking cessation on plasma constituents and enzyme activities related to oxidative stress. *Biomedical and Environmental Sciences*, 13: 44-55.

Contents

Ruminant Nutrition

- The Effect of Feeding Different Levels of Mineral Biochar on Performance, Blood Parameters, Production and Milk Composition of Holstein Dairy Cows** 461
Ali Khatibi Bardsiri, Reza Valizadeh, Seyed Hadi Ebrahimi, Pirouz Shakeri, Abbas Ali Naserian

Poultry Nutrition

- Effects of Conditioning Temperature on Pellet Quality, Nutrients Digestibility, and Metabolizable Energy of Broilers Diet** 475
Seyedeh Vajihesh Shakhs Emampour, Abolghasem Golian, Heydar Zarghi, Ali Reza Hesabi Nameghi
- Investigating the Effect of Solanum lycopersicum L. (Tomato) Pomace on Growth Performance and some Blood Indices of Broiler Chickens by Meta-Analysis Method** 487
Zahra Sahragard, Seyyed Javad Hosseini-Vashan, Hossein Naimipour-Younesi, Seyyed Homayon Farhangfar
- Effect of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Hulls with Different Particle Sizes on Growth Performance and Physiological Responses of Broiler Chickens Fed Different Levels of Protein** 501
N. Beigzadeh, S. Salari, F. Zaefarian, S. Hosseinifar
- Improving Growth Performance, Biochemical Parameters and Reducing Mortality due to Ascites in Broilers by Propranolol Inclusion** 517
Shahriar Saidian, Somaya Farahmand, Mokhtar fathi, Salar Saifi
- Predicting Insemination Outcome in Holstein Dairy Cattle using Deep Learning** 529
Mohammad Alishahi, Mahdi Ravakah

Genetic

- Identification of Positive Selection Signatures Associated and Bioinformatic Analysis with Milk and Composition Traits in Murciano-Granadina and Barki** 543
Hossein Mohammadi, Amir Hossein Khaltabadi Farahani, Mohammad Hossein Moradi

Physiology

- The Combined Effect of Garlic (*Allium sativum*) and Turmeric (*Curcuma longa*) Extracts to Reduce the Adverse Effects of Aflatoxin B₁ in Rats** 555
Hadi Sarir, Saeedeh Zakerian, Masood Didarkhah

« Scientific Journal»
Iranian Journal of Animal Science Research

Vol. 16

No. 4

2025

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.)	Shahre kord 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.)
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: +98-51-38804656

Fax: +98-51-38787430

E-Mail: ijasr@ferdowsi.um.ac.ir

Web Site: <https://ijasr.um.ac.ir>

Contents

Ruminant Nutrition

- The Effect of Feeding Different Levels of Mineral Biochar on Performance, Blood Parameters, Production and Milk Composition of Holstein Dairy Cows 461
Ali Khatibi Bardsiri, Reza Valizadeh, Seyed Hadi Ebrahimi, Pirouz Shakeri, Abbas Ali Naserian

Poultry Nutrition

- Effects of Conditioning Temperature on Pellet Quality, Nutrients Digestibility, and Metabolizable Energy of Broilers Diet 475
Seyedeh Vajihesh Shakhs Emampour, Abolghasem Golian, Heydar Zarghi, Ali Reza Hesabi Nameghi

- Investigating the Effect of *Solanum lycopersicum* L. (Tomato) Pomace on Growth Performance and some Blood Indices of Broiler Chickens by Meta-Analysis Method 487
Zahra Sahragard, Seyyed Javad Hosseini-Vashan, Hossein Naimipour-Younesi, Seyyed Homayon Farhangfar

- Effect of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Hulls with Different Particle Sizes on Growth Performance and Physiological Responses of Broiler Chickens Fed Different Levels of Protein 501
N. Beigzadeh, S. Salari, F. Zaefarian, S. Hosseinifar

- Improving Growth Performance, Biochemical Parameters and Reducing Mortality due to Ascites in Broilers by Propranolol Inclusion 517
Shahriar Saidian, Somaya Farahmand, Mokhtar fathi, Salar Saifi

- Predicting Insemination Outcome in Holstein Dairy Cattle using Deep Learning 529
Mohammad Alishahi, Mahdi Ravakah

Genetic

- Identification of Positive Selection Signatures Associated and Bioinformatic Analysis with Milk and Composition Traits in Murciano-Granadina and Barki 543
Hossein Mohammadi, Amir Hossein Khaltabadi Farahani, Mohammad Hossein Moradi

Physiology

- The Combined Effect of Garlic (*Allium sativum*) and Turmeric (*Curcuma longa*) Extracts to Reduce the Adverse Effects of Aflatoxin B1 in Rats 555
Hadi Sarir, Saeedeh Zakerian, Masood Didarkhah