



نشریه علمی پژوهشهای علوم دامی ایران

جلد ۱۷ شماره ۳
سال ۱۴۰۴

۳۱۰۶-۲۰۰۸:شاپا

(شماره پیاپی: ۶۳)

عنوان مقالات

تغذیه نشخوار کنندگان

اثرات سطوح مختلف بیورت به جای اوره بر ترکیب شیمیایی، پروفیل اسیدهای آمینه و خصوصیات کیفی گوشت بردهای نر افشاری..... ۲۲۹
سمیرا نظری، ابوبکر عزیزی، علی کیانی، مریم الشیخری

اثر افزودن تقاله گوجه فرنگی (*solanum lycopersicum*) بر فراسنجه های تخمیر در شکمبه، سلامت و رشد گوساله های شیر ی هلشتاین..... ۲۴۷
رضا اکبری (اهوتی)، مسعود علیخانی، رحمان جهانیان، مجید سوازی

تخمیر پروتئین چیره های دارای باکس نیشکر فرآوری شده با آمونیاک و سدیم هیدروکسید در زمان های مختلف..... ۲۶۱
احسان رشتو، فرشید فتاح پنا، سید رضا موسوی، یحیی محمدی، محمد شمس الهی، پریسا دارات

تأثیر مکمل های کیلانه و معدنی عناصر کم نیاز بر عملکرد، فراسنجه های خونی و شاخص های رشد اسکلتی گوساله های شیرخوار هلشتاین..... ۲۷۵
قاسم خادم، تقی توریجی، عبدالحکیم توغدری، کتایون مهرانی، کامل محمودزاده آرائی

تأثیر مکمل کنسانتره ای بر عملکرد رشدی بردهای ماده شیرگیری شده نژاد مغالی و آمیخته های رومانی-مغالی در شرایط چرا ... ۲۸۹
میلاد زمانی، حسین عیدی بنمار، جمال سیف دواتی، رضا سیدشریفی، مجتبی علیپور عین الدین

تأثیر سطوح متفاوت سدیم بوتیرات محافظت شده بر مصرف خوراک، عملکرد رشد و برخی از فراسنجه های خونی در گوساله های شیرخوار هلشتاین..... ۳۰۹
حمیدرضا خواججوی، سعید سبحانی راد، محمد تقوی، هادی قربانی فارمد، مسعود آینه چیان

تغذیه طیور

مقایسه عملکرد رشد، ریخت شناسی و جمعیت میکروبی روده و فراسنجه های بیوشیمیایی خون جوجه های گوشتی آرین و راس به پروبیوتیک های تجاری..... ۳۳۵
سیدجواد حسینی واشان، کامران بهرامپور، یاسر فیض داز برآبادی، سید مرتضی وقار سیدین، سهیلا ابراهیمی

بررسی تأثیر نوع سوبه تجاری و روش های خوراک دهی بر عملکرد، فراسنجه های ریخت شناسی روده و سیستم ایمنی جوجه های گوشتی..... ۳۴۳
حسام الدین ذهبی، حسن روحانی پور، کاظم یوسفی کلاریکلانی، سید داود شریفی، سید عبدالله حسینی، علی صلیبی

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 ۱۷ شماره ۳ پاییز ۱۴۰۴

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 خواجعلی	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

نشرانی: 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

- تغذیه نشخوارکنندگان
- ۲۲۹ اثرات سطوح مختلف بیورت به جای اوره بر ترکیب شیمیایی، پروفیل اسیدهای آمینه و خصوصیات کیفی گوشت بره‌های نر افشاری
- سمیرا نظری، ایوب عزیزی، علی کیانی، مریم اثنی‌عشری
- ۲۴۷ اثر افزودن تفاله گوجه‌فرنگی (*solanum lycopersicum*) بر فراسنجه‌های تخمیر در شکمبه، سلامت و رشد گوساله‌های شیری هلستاین
- رضا اکبری داهوتی، مسعود علیخانی، رحمان جهانیان، مجید سواری
- ۲۶۱ تخمیر برون‌تنی جیره‌های دارای باگاس نیشکر فرآوری‌شده با آمونیاک و سدیم هیدروکسید در زمان‌های مختلف احسان رشنو، فرشید فتاح‌نیا، سید رضا موسوی، یحیی محمدی، محمد شمس الهی، پرپسا دارات
- ۲۷۵ تأثیر مکمل‌های کیلاته و معدنی عناصر کم‌نیاز بر عملکرد، فراسنجه‌های خونی و شاخص‌های رشد اسکلتی گوساله‌های شیرخوار هلستاین
- قاسم خادم، تقی قورچی، عبدالحکیم توغدری، کتایون مهرانی، کامل عموزاده آرائی
- ۲۸۹ تأثیر مکمل کنسانتره‌ای بر عملکرد رشدی بره‌های ماده شیرگیری‌شده نژاد مغانی و آمیخته‌های رومانف-مغانی در شرایط چرا میلاد زمانی، حسین عبدی بنمار، جمال سیف دواتی، رضا سیدشریفی، مجتبی علیپور عین‌الدین
- ۳۰۹ تأثیر سطوح متفاوت سدیم بوتیرات محافظت‌شده بر مصرف خوراک، عملکرد رشد و برخی از فراسنجه‌های خونی در گوساله‌های شیرخوار هلستاین
- حمیدرضا خواجوی، سعید سبحانی راد، محمد تقوی، هادی قربانی فارمد، مسعود آئینه چیان
- تغذیه طیور
- ۳۲۵ مقایسه عملکرد رشد، ریخت‌شناسی و جمعیت میکروبی روده و فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون جوجه‌های گوشتی آرین و راس به پروبیوتیک‌های تجاری
- سیدجواد حسینی واشان، کامران بهرامپور، یاسر فیض دار برآبادی، سید مرتضی وقار سیدین، سهیلا ابراهیمی
- ۳۴۳ بررسی تأثیر نوع سویه تجاری و روش‌های خوراک‌دهی بر عملکرد، فراسنجه‌های ریخت‌شناسی روده و سیستم ایمنی جوجه‌های گوشتی
- حسام‌الدین ذهبی، حسن روحانی‌پور، کاظم یوسفی کلاریکلانی، سید داود شریفی، سید عبدالله حسینی، علی صلبی



Research Article

Vol. 17, No.3, 2025, p. 227-244

Effects of Different Levels of Biuret Instead of Urea on the Chemical Composition, Amino Acid Profile and Meat Quality Characteristics of Afshari Male Lambs

Samira Nazari¹, Ayoub Azizi^{1*}, Ali Kiani¹, Maryam Asnaashari²

1- Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran

2- Department of Animal Processing, Animal Science Research Institute of Iran (ASRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

*Corresponding Author's Email: azizi.ay@lu.ac.ir

How to cite this article:

Received: 23-02-2025

Revised: 12-04-2025

Accepted: 13-04-2025

Available Online: 05-10-2025

Nazari, S., Azizi, A., Kiani, A., & Asnaashari, M. (2025). Effects of different levels of biuret instead of urea on the chemical composition, amino acid profile and meat quality characteristics of Afshari male lambs. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 17(3), 227-244 .(in Persian with English abstract)
<http://doi.org/10.22067/ijasr.2025.92313.1240>

Introduction: In ruminants, protein sources that provide amino acids and nitrogen requirements of ruminants, are among the most expensive parts of the diet (Hashem & Tayeb, 2023). Plant protein sources (such as soybean meal, rapeseed meal, etc.), animal protein sources (such as meat meal and seafood), and non-protein nitrogen are used to provide the protein requirements of ruminants. However, the shortage of protein sources has become a global challenge, and the price of soybean meal—one of the primary standard protein sources—remains high, driving up production costs. Therefore, identifying alternative protein sources to replace soybean meal in diets is essential. NPN sources are a group of compounds that are not proteins but contain nitrogen in their structure and include urea, ammonium salts, nitrates, alkaloids, asparagine, purine, choline, uric acid, amines, amides, amino acids and nucleic acids. Urea is considered a practical NPN source due to its lower cost and contains 46% nitrogen, which is equivalent to 287.5% crude protein. However, rapid breakdown of urea in the rumen and high release of ammonia will increase the amount of nitrogen excreted in the urine and reduce livestock performance. One of the less studied sources of slow-release urea is biuret. Biuret (carbamyl urea or alphanamides) with the chemical formula $\text{NH}_2\text{CONHCONH}_2$ is produced by the condensation of two urea molecules at high temperatures in the Bosh-Meiser process, and can be used as a slow-release NPN source in ruminant nutrition. Biuret contains about 41% nitrogen (256% crude protein) and is degraded by ruminal microorganisms at a slower rate than urea. Most studies conducted on the use of NPN sources in ruminant nutrition has focused on animal health and performance, and very few studies have been conducted on the effects of these sources on the carcass quality of fattening lambs. Therefore, the aim of the present study was to investigate the effects of replacing different levels of biuret at the expense of urea on growth performance, rumen microbial protein synthesis and meat quality characteristics in Afshari fattening male lambs.

Materials and Methods: The experiment was conducted in a completely randomized design with 4 experimental treatments and 7 lambs in each experimental group (total 28 Afshari male lambs). The average age of the animals was 135 ± 15 days and their average live weight was 34 ± 1.13 kg. The lambs were kept and raised in individual pens from the first day of experiment. The animals were fed with experimental diets for 84 days, the first 14 days considered as adaptation period to the experimental diets and individual pens, and the remaining 70 days as



©2025 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.

[doi http://doi.org/10.22067/ijasr.2025.92313.1240](http://doi.org/10.22067/ijasr.2025.92313.1240)

the main period of the experiment. The experimental diets contained biuret at levels 0 (control treatment), 0.54, 1.08 and 1.61% on dry matter (DM) basis. Biuret production from urea was carried out by converting one urea molecule into equimolar amounts of ammonia and cyanic acid at a temperature above the melting point of urea (145°C). The cyanic acid produced from urea then reacts with other urea to form biuret. In general, two urea molecules are converted into one biuret molecule and one ammonia molecule. In this study, the process of producing biuret from urea was carried out at a temperature of 145°C for 3 hours without using catalyst.

Results and Discussion: The results showed that with increasing biuret level in the diet total weight gain, average daily weight gain and micro protein production linearly increased ($P<0.05$), although the average final weight and DM intake were not affected by the experimental diets ($P>0.05$). Blood urea nitrogen (BUN) increased linearly as the level of biuret elevated in the diet ($P<0.05$). With increasing biuret level in the diet, meat crude protein percentage tended to increase linearly ($P=0.07$), although the moisture, crude fat, and crude ash contents of meat were not affected ($P>0.05$). With increasing dietary biuret level, meat pH tended to increase ($P=0.08$). Water holding capacity, tendency to redness (a^*) and brightness (L^*) of meat increased linearly with increasing dietary biuret levels ($P<0.05$), but meat shear force decreased linearly ($P<0.05$). Cooking weight loss was not affected by the experimental diets ($P>0.05$). With increasing level of biuret color score and overall acceptance of raw and cooked meat increased linearly ($P<0.05$). Concentrations of major essential amino acids in meat increased linearly with increasing the level of biuret in the diet ($P<0.05$), while glutamine concentration decreased linearly ($P<0.05$).

Conclusion: The current study indicated that using biuret instead of urea up to 1.61% of the dietary DM improved growth performance, microbial protein production and meat quality and sensory properties in fattening lambs.

Keywords: Biuret, Fattening lamb, Meat amino acid profile, Meat quality, Organoleptic properties

اثرات سطوح مختلف بیورت به جای اوره بر ترکیب شیمیایی، پروفیل اسیدهای آمینه و خصوصیات کیفی گوشت بره‌های نر افشاری

سمیرا نظری^۱، ایوب عزیزی^{۱*}، علی کیانی^۱، مریم اثنی‌عشری^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۲۴

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی اثرات جایگزینی سطوح بیورت به جای اوره بر عملکرد رشد، ترکیب شیمیایی و خصوصیات فیزیکی‌شیمیایی و حسی گوشت عضله راسته بره‌های پرواری انجام شد. تعداد ۲۸ رأس بره نر نژاد افشاری (سن 15 ± 13 روز و وزن زنده 34 ± 13 کیلوگرم) در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار و هفت تکرار استفاده شد. جیره‌های آزمایشی شامل صفر (شاهد)، ۰/۵۴، ۱/۰۸ و ۱/۶۱ درصد ماده خشک جایگزینی بیورت به جای اوره در یک دوره پروار ۷۰ روزه تغذیه شدند. نتایج نشان داد که با افزایش سطح بیورت در جیره، افزایش وزن کل دوره، میانگین افزایش وزن روزانه و تولید پروتئین میکروبی به‌طور خطی افزایش یافت ($P < 0/05$)، هرچند میانگین وزن نهایی و مصرف ماده خشک تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت ($P > 0/05$). غلظت نیتروژن اوره‌ای خون با افزایش میزان بیورت در جیره به‌طور خطی در مقایسه با شاهد کاهش یافت ($P < 0/05$). با افزایش سطح بیورت در جیره، درصد پروتئین خام گوشت به‌طور خطی تمایل به افزایش نشان داد ($P = 0/07$)، هرچند محتوای رطوبت، چربی خام و خاکستر خام گوشت تحت تأثیر قرار نگرفت ($P > 0/05$). با افزایش سطح بیورت جیره، pH گوشت تمایل به افزایش نشان داد ($P = 0/08$). ظرفیت نگهداری آب، گرایش به قرمزی (a^*) و روشنائی (L^*) در گوشت بره‌ها با افزایش سطح بیورت در جیره افزایش یافت ($P < 0/05$)، اما نیروی برشی گوشت به‌طور خطی کاهش نشان داد ($P < 0/05$). کاهش وزن در اثر پخت و ضایعات شیرابه‌ای تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت ($P > 0/05$). با افزایش سطح بیورت در جیره، امتیاز رنگ و پذیرش کلی در گوشت خام و پخته به‌طور خطی افزایش یافت ($P < 0/05$). با افزایش سطح بیورت در جیره، غلظت اسیدهای آمینه‌های سرین، گلوتامیک و آلانین در گوشت افزایش یافت ($P < 0/05$). در مقابل، غلظت گلوتامین گوشت کاهش یافت ($P < 0/05$). در کل، جایگزینی بیورت به جای اوره تا سطح ۱/۶۱ درصد ماده خشک جیره پرواری سبب بهبود عملکرد رشد و تولید پروتئین میکروبی و خواص کیفی و حسی گوشت شد.

واژه‌های کلیدی: بره پرواری، بیورت، پروفیل اسید آمینه گوشت، خواص حسی گوشت، کیفیت گوشت

مقدمه

در نشخوارکنندگان، منابع پروتئینی که تأمین‌کننده اسیدهای آمینه و نیتروژن برای نشخوارکنندگان هستند، جزء گران‌ترین بخش جیره غذایی می‌باشند (Hashem & Tayeb, 2023). امروزه منابع پروتئینی گیاهی (مانند کنجاله سویا، کنجاله کلزا و غیره)، حیوانی (مانند پودر گوشت و فرآورده‌های دریایی) و مواد نیتروژن‌دار غیرپروتئینی برای تأمین پروتئین مورد نیاز نشخوارکنندگان مورد

استفاده قرار می‌گیرد (NRC, 2001). با این حال، کمبود منابع پروتئینی به یک مشکل جهانی تبدیل شده و قیمت جهانی کنجاله سویا به‌عنوان یک منبع مهم پروتئینی استاندارد همچنان زیاد بوده، که افزایش هزینه‌های تولید را به دنبال داشته است (Poscic, 2017; Jiang et al., 2023). بنابراین، یافتن منابع جایگزین کنجاله سویا جهت تأمین پروتئین خام جیره‌های غذایی امری ضروری به نظر می‌رسد. منابع نیتروژن‌دار غیرپروتئینی می‌توانند یکی از ترکیبات جایگزین مذکور باشند که در مطالعاتی، جایگزینی بخشی از کنجاله سویای جیره با منابع نیتروژن‌دار غیرپروتئینی به سبب کاهش هزینه‌های خوراک، بهبود بهره‌وری تولید در نشخوارکنندگان را به دنبال داشته است (Jiang et al., 2023; Zahmatkesh & Jahani-Moghadam, 2018). مواد نیتروژن‌دار غیرپروتئینی گروهی از ترکیباتی هستند که در ساختمان خود حاوی نیتروژن هستند و

۱- گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

۲- گروه فرآوری تولیدات دامی، مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

(Email: azizi.ay@lu.ac.ir)

(*)- نویسنده مسئول:

<http://doi.org/10.22067/ijasr.2025.92313.1240>

شامل اوره، نمک‌های آمونیوم، نیتрат‌ها، آلکالوئیدها، آسپاراژین، پورین، کولین، اسید اوریک، آمین‌ها، آمیدها، اسیدهای آمینه و اسیدهای نوکلئیک هستند (Zurak et al., 2023). در ایران، ظرفیت نسبتاً زیادی جهت تولید اوره و امکان ساخت ترکیبات نیتروژن‌دار آهسته‌رهش از آن وجود دارد، این در حالی است که متأسفانه استفاده از منابع مذکور در تغذیه دام به شایستگی مورد توجه قرار نگرفته است، و واردات انواع منابع اوره آهسته‌رهش عمدتاً از خارج از کشور انجام می‌شود (Varezardi et al., 2023). اوره به دلیل هزینه کمتر به عنوان یک منبع نیتروژن‌دار غیرپروتئینی کاربردی در نظر گرفته می‌شود و دارای ۴۶ درصد نیتروژن است که معادل ۲۸۷/۵ درصد پروتئین خام می‌باشد. با این وجود، تجزیه سریع اوره در شکمبه و آزادسازی زیاد آمونیاک، باعث افزایش مقدار نیتروژن دفع‌شده در ادرار و کاهش عملکرد دام خواهد شد. از طرفی، انرژی صرف‌شده توسط بدن دام برای دفع سمیت آمونیاک مازاد بیش از نیاز ریزجانداران است، که در نهایت باعث مسمومیت آمونیاکی و مرگ دام خواهد شد. این امر منجر به استفاده از ترکیبات اوره آهسته‌رهش مانند بیورت، فسفات اوره، اوره باندشده با سوپستراهایی مانند کلسیم کلراید شده است (Huntington et al., 2006). یکی از منابع اوره آهسته‌رهش که کمتر مورد توجه قرار گرفته، بیورت است. بیورت (کاربامیل اوره یا آلفانامیدها) با فرمول شیمیایی $(\text{NH}_2\text{CONHCONH})_2$ از چگالش دو مولکول اوره در دمای زیاد طی فرآیند Bosh-Meiser تولید می‌شود (Robinson et al., 2018) و به عنوان یک منبع NPN آهسته‌رهش در تغذیه نشخوارکنندگان قابل استفاده است (Varezardi et al., 2023). بیورت حاوی حدود ۴۱ درصد نیتروژن (معادل ۲۵۶ درصد پروتئین خام) است و در مقایسه با اوره با سرعت کندتری توسط ریزجانداران شکمبه تجزیه می‌شود (Robinson et al., 2018). نشان داده شده است که برای تغذیه بیورت به نشخوارکنندگان به یک دوره سازگاری دو هفته تا دو ماه نیاز است، زیرا اگر میکروب‌های شکمبه به بیورت سازگار نشوند، آنزیم‌های بیورتاز به سرعت از بین می‌روند (Yilkal & Negassie, 2015). آنزیم‌های بیورتاز همزمان در سیستم‌های حیوانی ساخته نمی‌شوند و گاهی در نشخوارکنندگان جوان، برای سنتز تا شش ماه نیاز به دوره سازگاری دارند (Yilkal & Negassie, 2015). از آنجایی که بیورت به آرامی در شکمبه تجزیه می‌شود، می‌تواند منبعی آهسته اما پیوسته از آمونیاک را در شکمبه بسته به سرعت تجزیه میکروبی فراهم کند. خوش‌خوراکی و پذیرش بهتر توسط دام‌ها از دیگر مزایای تغذیه بیورت نسبت به اوره است (Varezardi et al., 2023). مصرف بیش از حد مواد نیتروژن‌دار غیرپروتئینی یا عدم وجود کربوهیدرات سهل‌الهضم به میزان کافی در جیره ممکن است که سبب تولید آمونیاک مازاد در محیط شکمبه گردد. این امر سبب افزایش سطح نیتروژن اوره‌ای خون (BUN) شده که در سطوح بسیار بالا ممکن

است نیتروژن مازاد فراتر از دفع آن از طریق سیکل اوره در کلیه شده و وارد بافت‌های بدن گردد. مسمومیت آمونیاکی با علائم کلینیکی شامل ترشح بیش از حد بزاق، آتاکسی، دندان قروچه، لرزش ماهیچه‌ای، اتونی شکمبه‌ای، نفخ، تنفس سخت، دهیدراته شدن، تنانی، خمیدگی جناغ، تشنج و آیتمی قلبی اتفاق می‌افتد (Patra, 2015) و به دلیل کمبود اکسیژن‌رسانی به بافت‌های بدن (هیپوکسی)، رنگ گوشت تیره شده و بازارپسندی آن به طور قابل توجهی کاهش خواهد یافت. در دام‌های مسموم چنانچه غلظت آمونیاک خون از چهار میلی گرم در دسی لیتر فراتر رود، پس از ۱۰ تا ۱۸۰ دقیقه، مرگ حیوان را به دنبال خواهد داشت (Patra, 2015). عمده مطالعات صورت گرفته در ایران و جهان درباره کاربرد مواد نیتروژن‌دار غیرپروتئینی در تغذیه نشخوارکنندگان، بیشتر روی سلامت و عملکرد دام تمرکز نموده است و راجع به اثرات منابع مذکور روی کیفیت گوشت لاشه بره‌های پرواری مطالعات بسیار کمی صورت گرفته است. اخیراً مشخص شده است که مکمل کردن جیره غذایی نشخوارکنندگان با اوره، اثرات قابل توجهی روی شاخص‌های کیفی گوشت شامل تردی، رنگ و قرمزی آن دارد و درجه تأثیرپذیری فاکتورهای مذکور بسته به میزان اوره استفاده‌شده، محتوای پروتئین خام جیره‌ای و مرحله رشد دام دارد (Wang et al., 2016; Rozanski et al., 2017). بنابراین، هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی اثرات جایگزینی سطوح مختلف بیورت به جای اوره بر عملکرد رشد، سنتز پروتئین میکروبی شکمبه، پروفیل اسید آمینه و خصوصیات کیفی گوشت (شامل pH، ترکیب شیمیایی، ظرفیت نگهداری آب، کاهش وزن در اثر طبخ، ضایعات شیرابه‌ای، نیروی برشی و خواص حسی گوشت) در بره‌های پرواری نژاد افشاری بود.

مواد و روش‌ها

دام‌ها، تیمارهای آزمایشی و مدیریت پرورش

تعداد ۲۸ رأس بره نر نژاد افشاری با میانگین سنی 15 ± 135 روز و میانگین وزن زنده 13 ± 34 کیلوگرم در یک طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار آزمایشی و هفت بره (تکرار) در هر گروه آزمایشی استفاده شد. بره‌ها از روز اول در جایگاه انفرادی با ابعاد طول، عرض و ارتفاع به ترتیب $150 \times 100 \times 100$ سانتی متر نگهداری و پرورش داده شدند. دو هفته قبل از شروع آزمایش، بره‌ها علیه بیماری آنروتوکسمی واکسینه شدند و یک میلی لیتر شربت ضدانگل کلوزانتل پنج درصد (شرکت داروسازی رویان دارو، تهران، ایران) به ازای هر کیلوگرم وزن زنده و مقدار یک میلی لیتر شربت ضدانگل نیکلوزوماید ۲۰ درصد (شرکت داروسازی رویان دارو، تهران، ایران) به ازای هر چهار کیلوگرم وزن بدن به بره‌ها خوراندند. دام‌ها به مدت ۸۴ روز با جیره‌های آزمایشی تغذیه شدند که ۱۴ روز اول به عنوان دوره عادت‌پذیری دام‌ها به جیره‌های آزمایشی و جایگاه انفرادی و ۷۰ روز

۲۰- درجه سانتی گراد منجمد شد. تعیین غلظت BUN براساس دستورالعمل کیت‌های شیمیایی شرکت پارس آزمون انجام گرفت.

تولید پروتئین میکروبی

به‌منظور بررسی اثر جیره‌های آزمایشی بر تولید پروتئین میکروبی شکمبه، در روز ۴۸ آزمایش از هر تیمار چهار بره وارد قفس‌های متابولیکی شد و کل ادرار روزانه آن‌ها به‌مدت پنج روز جمع‌آوری و توزین شد. سپس یک نمونه ۵۰ میلی‌لیتری از هر دام به فریزر منتقل شد. در پایان نمونه‌گیری، با مخلوط کردن نمونه‌های جمع‌آوری‌شده هر دام، یک نمونه نهایی تهیه شد و به فریزر با دمای ۲۱- درجه سانتی‌گراد برای آنالیز منتقل شد. تخمین سنتز پروتئین میکروبی شکمبه براساس تعیین کل مشتقات پورینی دفع‌شده در ادرار شامل مجموع آلانتوئین، اسید اوریک و گزانتین + هیپوگزانتین صورت گرفت (Chen & Gomez, 1995). سپس براساس معادله‌های مربوطه، کل مشتقات پورینی جذب‌شده تعیین شد و در نهایت پروتئین میکروبی سنتز شده تخمین زده شد.

خصوصیات کمی و کیفی گوشت

ترکیب شیمیایی

در پایان دوره آزمایش، تعداد پنج رأس بره از هر تیمار آزمایشی به‌صورت تصادفی انتخاب شد و بعد از ۱۶ ساعت گرسنگی، توزین شدند. پس از کشتار، نمونه عضله راسته بین دنده ۱۲ و ۱۳ به اندازه نیاز به‌منظور بررسی ترکیبات شیمیایی تهیه شد. برای تعیین میزان رطوبت گوشت از روش خشک کردن براساس استاندارد ملی ایران شماره ۷۴۵ در دمای ۱۱۵ درجه سانتی‌گراد تا ثابت شدن وزن استفاده شد (AOAC, 2005). برای اندازه‌گیری میزان پروتئین خام گوشت از روش استاندارد ملی ایران شماره ۹۲۴ و با استفاده از روش ماکروکلدال استفاده شد (AOAC, 2005). میزان پروتئین خام براساس هضم، تقطیر و تیتراسیون کلدال اندازه‌گیری شد و به‌صورت درصد محاسبه گردید. جهت اندازه‌گیری محتوای چربی خام نمونه‌ها مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۷۴۲ از روش سوکسله به‌مدت یک ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد و از حلال دی‌اتیل‌اتر استفاده شد (AOAC, 2005). عمل تقطیر تا استخراج کامل چربی ادامه پیدا کرد، سپس حلال موجود در بالن توسط دستگاه روتاری اوپراتور تبخیر گردید و میزان چربی خام تعیین شد (AOAC, 2005). جهت تعیین میزان خاکستر خام مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۷۴۴ از کوره الکتریکی با دمای ۵۱۱-۵۵۱ درجه سانتی‌گراد استفاده شد (AOAC, 2005).

باقی‌مانده به‌عنوان دوره اصلی آزمایش در نظر گرفته شد. جیره‌های آزمایشی که از نظر انرژی و پروتئین مشابه بودند، برای ۲/۶۷ مگا کالری انرژی قابل متابولیسم در کیلوگرم ماده خشک و ۱۴ درصد پروتئین خام جیره متعادل شدند. نسبت علوفه به کنسانتره جیره‌ها ۱۵ به ۸۵ در نظر گرفته شد. جیره‌ها به‌صورت کاملاً مخلوط (TMR) و در دو نوبت ساعت ۰۸:۰۰ و ۱۶:۰۰ در اختیار بره‌ها قرار گرفت. هر روز قبل از خوراک‌دهی وعده صبح، پسماند خوراک هر بره از آخور جمع‌آوری شد و سپس خوراک تازه در آخور قرار می‌گرفت. همه حیوانات همواره به آب تمیز دسترسی داشتند. جیره‌های آزمایشی که براساس جداول احتیاجات غذایی نشخوارکنندگان کوچک (NRC, 2007) تنظیم شده بودند، به‌ترتیب شامل سطوح صفر (شاهد، ۱/۲۰ درصد اوره)، ۰/۵۴، ۱/۰۸ و ۱/۶۱ درصد بیورت براساس ماده خشک بودند. معادل‌سازی سطوح مختلف جایگزینی بیورت به‌جای اوره براساس محتوای نیتروژن آن‌ها صورت گرفت. تولید بیورت از اوره در دمای بیش از نقطه ذوب اوره (۱۴۵ درجه سانتی‌گراد) انجام می‌شود. بیورت مورد استفاده در این آزمایش با حرارت دادن اوره در دمای ۱۴۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت سه ساعت و بدون استفاده از کاتالیزور در دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان تولید شد (Park et al., 2009). اقلام خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی در جدول ۱ ارائه شده است.

عملکرد رشد و غلظت نیتروژن اوره‌ای خون

طی دوره اصلی آزمایش، خوراک مصرفی روزانه بره‌ها کنترل شد و به‌نحوی تغذیه شدند که قبل از توزیع خوراک در وعده صبح، حداقل پنج درصد پسماند در آخور آن‌ها باقی بماند. خوراک روزانه در دو وعده خوراکی یکسان در اختیار دام‌ها قرار گرفت. در پایان دوره آزمایش، قبل از خوراک‌دهی وعده صبح و پس از ۱۶ ساعت گرسنگی، دام‌ها توزین شدند و وزن نهایی هر دام ثبت گردید. از اختلاف وزن نهایی و وزن شروع پروار، کل افزایش وزن هر بره طی دوره پروار تعیین شد. میانگین افزایش وزن روزانه هر دام با تقسیم کردن کل افزایش وزن (براساس کیلوگرم) به تعداد روز آزمایش (۷۰ روز) تعیین شد. ضریب تبدیل غذایی هر دام از تقسیم کردن کل خوراک مصرفی (کیلوگرم) به کل افزایش وزن (کیلوگرم) طی دوره پرورشی به دست آمد. جهت تعیین غلظت نیتروژن اوره‌ای خون (BUN)، در روز ۵۲ آزمایش و در زمان صفر (قبل از خوراک‌دهی)، سه و شش ساعت پس از خوراک‌دهی وعده صبح، نمونه خون از همه دام‌ها گرفته شد. نمونه‌های خون در لوله‌های هپارینه قرار داده شد و تا رسیدن به آزمایشگاه در داخل یخ نگهداری گردید. جهت جداسازی پلاسما، نمونه‌ها در آزمایشگاه به‌مدت ۱۵ دقیقه با دور ۱۵۰۰ در دمای چهار درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شدند. پلاسما جداسازی شده تا آنالیز در دمای

جدول ۱- اقلام خوراکی و ترکیب شیمیایی (برحسب درصد ماده خشک یا واحد بیان شده) جیره‌های آزمایشی

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

اقلام خوراکی Feed ingredients	سطح بیورت در جیره (درصد ماده خشک) Level of biuret in the diet (% DM)			
	0	0.54	1.08	1.61
کاه گندم Wheat straw	15.0	15.0	15.0	15.0
جو بلغور شده Barley grain, ground	32.0	32.0	32.0	32.0
ذرت آسیاب شده Corn grain, ground	32.0	32.0	32.0	32.0
کنجاله سویا Soybean meal	8.0	8.00	8.00	8.00
سیوس گندم Wheat bran	7.55	7.50	7.45	7.39
پیش مخلوط Premix	4.25	4.25	4.25	4.25
اوره Urea	1.20	0.80	0.40	-
بیورت Biuret	-	0.54	1.08	1.61
ترکیب شیمیایی Chemical composition				
ماده خشک Dry matter	90.0	90.0	90.0	90.0
ماده آلی Organic matter	93.3	93.31	93.3	93.3
پروتئین خام Crude protein	14.4	14.4	14.4	14.4
پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه Rumen undegradable protein (%CP)	37.5	37.4	37.4	37.4
فیبر نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber (NDF)	28.9	28.8	28.8	28.7
فیبر نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber (ADF)	19.2	19.1	19.1	19.0
عصاره اتری Ether extract	2.61	2.60	2.60	2.29
کلسیم Ca	0.74	0.73	0.73	0.73
فسفر P	0.38	0.38	0.38	0.37
نیتروژن N	2.30	2.30	2.30	2.30
گوگرد S	0.23	0.23	0.23	0.23
نیتروژن به گوگرد N/S	10	10	10	10
انرژی قابل متابولیسم (مگاکالری در کیلوگرم ماده خشک) Metabolisable energy	2.67	2.66	2.66	2.66

^۱ هر کیلوگرم پیش مخلوط حاوی: ۲۵۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۵۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D₃، ۱۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین E، ۱۲۵۰ میلی‌گرم منگنز، ۲۵۰۰ میلی‌گرم روی، ۳۷۵ میلی‌گرم مس، ۲۵ میلی‌گرم سلنیوم، ۱۴۰۰۰۰ میلی‌گرم کلسیم، ۲۵۰۰ میلی‌گرم فسفر، ۲۰ میلی‌گرم کبالت، ۲۵ میلی‌گرم ید، ۲۵۰۰۰ میلی‌گرم منیزیم، ۲۵۰۰ میلی‌گرم سدیم به‌صورت نمک، ۲۵۰۰۰ میلی‌گرم سدیم به‌صورت سدیم بیکربنات و ۱۰۰۰ میلی‌گرم آنتی‌اکسیدان می‌باشد.

¹ The mineral and vitamin premix contained (1 kg premix): 25000 IU vitamin A, 5000 IU vitamin D₃, 1000 IU vitamin E, 1250 mg Mn, 375 mg Cu, 25 mg Se, 140000 mg Ca, 2500 mg P, 20 mg Co, 25 mg Iodine, 25000 mg Mg, 25000 mg Na (NaCl), 25000 mg Na (NaHCO₃), 1000 mg Antioxidant.

تعیین پروفیل اسیدهای آمینه

این آزمون جهت تعیین پروفیل اسیدهای آمینه ضروری و غیرضروری گوشت انجام شد. نمونه‌های گوشت به مدت ۲۰ ساعت در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد با شش مول اسید هیدروکلریک هضم شد. سپس مقدار کمی با ۰/۵ میلی‌لیتر آلفا آمینو بوتیریک اسید مخلوط گردید و بعد از آن ۱۰۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه به مخلوط اضافه شد. محلول حاصل از طریق فیلتر عبور داده و نمونه‌ها مجدداً به صورت یخ خشک شده و پس از آن در بافر حل شدند و در نهایت توسط دستگاه تجزیه اسید آمینه (Hewlett-Packard ساخت امریکا) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند (Pérez-Palacios et al., 2015).

تعیین خواص فیزیکوشیمیایی گوشت

میزان pH نمونه‌ها با استفاده از دستگاه pH متر (Testo 230)، آلمان) مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۲۸ انجام گرفت، به طوری که پنج گرم نمونه گوشت چرخ شده در ۴۵ میلی‌لیتر آب مقطر به مدت یک دقیقه هموژن شد و سپس از کاغذ واتمن عبور داده شد. میزان pH هر نمونه در دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد (Kim et al., 2013). جهت اندازه‌گیری ظرفیت نگهداری آب در نمونه عضلات تازه، مقدار تقریبی پنج گرم به قطعات کوچکی با اشکال نامنظم برش داده شد. این قطعات بین دو لایه کاغذ صافی با ابعاد یکسان و در ادامه کاغذها در بین دو قطعه شیشه‌ای تخت با ابعاد یکسان قرار داده شدند. سپس، وزنه‌ای ۲۲۵۰ گرمی به مدت پنج دقیقه روی نمونه‌ها قرار داده شد و ظرفیت نگهداری آب تعیین شد (Sabzi et al., 2024). به منظور اندازه‌گیری میزان ضایعات شیرابه‌ای، مقدار مشخصی از گوشت به مدت ۴۸ ساعت در دمای یخچال نگهداری شد و ضایعات شیرابه‌ای مطابق روش مربوطه تعیین گردید (Lanza et al., 2003). نمونه‌ها به مدت ۶۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد طبخ شدند و پس از خنک شدن توزین گردید. میزان کاهش وزن در اثر طبخ به عنوان درصدی از وزن اولیه نمونه تعیین شد (Hayes et al., 2011).

اندازه‌گیری رنگ گوشت

شاخص‌های مربوط به رنگ گوشت شامل L^* (روشنایی)، a^* (قرمزی) و b^* (زردی) به وسیله دستگاه رنگ‌سنج (Konica Minolta مدل CR 400 ساخت ژاپن) با سه بار اندازه‌گیری برای هر نمونه انجام شد. لازم به ذکر است که سطح نمونه‌های مورد استفاده برای این آزمایش باید حداقل دارای قطری در حدود دو سانتی‌متر باشند (Holman et al., 2015).

تعیین نیروی برشی وارنر-براتزلر^۱

با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (Stable Micro Systems ساخت انگلستان)، آزمون‌های مکانیکی شامل بیشترین نیروی برش انجام شد (Sabzi et al., 2024). حداکثر نیروی لازم برای برش دادن نمونه‌ها در جهت عمود بر محور طولی فیبرهای عضلانی از طریق سنجش نیروی برشی وارنر-براتزلر با فشار ۵۰ کیلوگرم، سرعت ۱۰ سانتی‌متر در دقیقه در زاویه ۶۰ درجه اندازه‌گیری شد.

ارزیابی خواص حسی گوشت خام و پخته

برای ارزیابی حسی گوشت خام از نظر رنگ، بو، بافت توسط پنلیست‌های آموزش‌دیده (۱۵ نفر) مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس قطعات گوشت به ابعاد ۱۰×۱۰×۲/۵ سانتی‌متر در فویل آلومینیومی در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد در آون پخته شد و ارزیابی حسی با روش هدونیک پنج نقطه‌ای از نظر طعم، بو، رنگ، بافت و پذیرش کلی به صورت (۵: عالی، ۴: بسیار خوب، ۳: خوب، ۲: قابل قبول و ۱: ضعیف) آنالیز شد. بطری آب برای تمیز کردن دهان، بین آنالیز نمونه‌ها در اختیار پنلیست‌ها قرار گرفت و به منظور حذف اثر زمان، ارزیابی حسی در یک زمان انجام شد (Solgi et al., 2024).

تجزیه شیمیایی نمونه‌ها

میزان ماده خشک نمونه‌های جیره و پسماند خوراک در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۴۸ ساعت تعیین شد (AOAC, 2005). میزان خاکستر خام در کوره الکتریکی با دمای ۵۱۱-۵۵۱ درجه سانتی‌گراد و به مدت هفت ساعت تعیین شد و میزان ماده آلی از اختلاف بین وزن ماده خشک نمونه اولیه با وزن خاکستر خام محاسبه شد (AOAC, 2005). میزان پروتئین خام نمونه‌ها با تعیین میزان نیتروژن توسط دستگاه کلدال صورت گرفت (AOAC, 2005). میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) نمونه‌های خوراک و مدفوع و پسماند خوراک به ترتیب براساس روش‌های AOAC (2005) و ون‌سوست و همکاران (Van Soest et al., 1991) محاسبه شد.

تجزیه آماری

داده‌های مصرف خوراک، BUN، سنتز پروتئین میکروبی و خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی گوشت در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با رویه MIXED نرم‌افزار SAS (2005) تجزیه آماری شدند. میانگین صفات در تیمارهای مختلف توسط آزمون توکی در سطح معنی‌داری پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

برای بررسی اثرات خطی و غیرخطی بیورت در جیره بر صفات مختلف از مقایسات ارتوگونال (متعامد) استفاده شد. مدل آماری طرح مورد استفاده به صورت معادله ۱ بود:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + A_j + e_{ijk} \quad (۱)$$

که در آن، Y_{ijk} : صفت مورد نظر، μ : میانگین کل، T_i : اثر ثابت تیمار آزمایشی، A_j : اثر تصادفی حیوان و e_{ijk} : اثر باقی مانده می باشد. برای آنالیز داده های مربوط به عملکرد رشد شامل وزن نهایی، افزایش وزن کل دوره و میانگین افزایش وزن روزانه، وزن اولیه دام ها به عنوان کوواریت در نظر گرفته شده و از مدل آماری زیر (معادله ۲) استفاده شد.

$$Y_{ij} = T_i + b_1(X_{ij} - \bar{X}) + e_{ij} \quad (۲)$$

که در آن، Y_{ij} : صفت مورد نظر، μ : میانگین کل، T_i : اثر تیمار آزمایشی، b : ضریب رگرسیون، X_{ij} : وزن اولیه با میانگین $\bar{X}$ و e_{ik} : خطای آزمایش می باشد.

نتایج و بحث

عملکرد رشد، BUN و تولید پروتئین میکروبی

اثر جیره های آزمایشی حاوی منابع مختلف NPN بر عملکرد رشد، BUN و سنتز پروتئین میکروبی در شکمبه در جدول ۲ نشان داده شده است. شاخص های عملکردی بره ها شامل کل افزایش وزن در دوره و میانگین افزایش وزن روزانه در مقایسه با شاهد افزایش یافت ($P < 0.05$)، هرچند ضریب تبدیل غذایی به طور خطی کاهش نشان داد ($P < 0.05$). میانگین وزن نهایی و مصرف ماده خشک تحت تأثیر جیره های آزمایشی قرار نگرفت ($P > 0.05$). با افزایش سطح بیورت در جیره، غلظت BUN در مقایسه با تیمار حاوی اوره به طور خطی کاهش یافت ($P < 0.05$). میزان گرم نیتروژن میکروبی و پروتئین میکروبی تولید شده روزانه با افزایش سطح بیورت در جیره در مقایسه با تیمار اوره افزایش یافت ($P < 0.05$). عملکرد رشد و مصرف خوراک در نشخوارکنندگان تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله خوش خوراکی جیره، محتوای مواد ضد تغذیه ای خوراک ها، سن، وضعیت توسعه شکمبه ای، کیفیت جیره، نسبت علوفه به کنسانتره، اتساع شکمبه، دوره سازگاری حیوان به جیره، دفعات تغذیه ای روزانه، محتوای پروتئین خام جیره و سلامت دام قرار می گیرد. در مطالعه حاضر، با اینکه مصرف خوراک در جیره های آزمایشی مشابه بود، اما با افزایش سطح بیورت در جیره، عملکرد رشد دام بهبود پیدا کرد که دلیل آن احتمالاً بازدهی و ابقاء بهتر نیتروژن بیورت به خاطر نرخ تجزیه پذیری شکمبه ای کمتر در مقایسه با اوره بوده است. آزاد شدن آهسته تر آمونیاک از بیورت به عنوان یک منبع مواد نیتروژن دار غیرپروتئینی در مقایسه با اوره احتمالاً سبب شده است که بیورت به طور کارآمدتری توسط ریزجانداران شکمبه مورد استفاده قرار گیرد

(Varezardi et al., 2023). با اینکه بیورت خوش خوراکی مطلوب تری نسبت به اوره دارد، اما این امر نتوانست اثر قابل توجهی روی مصرف ماده خشک بگذارد. درباره اثر مواد نیتروژن دار غیرپروتئینی مختلف روی عملکرد نشخوارکنندگان مطالعات زیادی صورت گرفته است، اما تحقیقات راجع به اثرات بیورت به عنوان یک منبع نیتروژن دار غیرپروتئینی اندک می باشد. مطابق با نتایج تحقیق حاضر، اخیراً در پژوهشی اثر اوره (یک درصد ماده خشک جیره) و بیورت (۱/۱۵ درصد ماده خشک جیره) بر عملکرد رشد بره های پرواری بررسی شد و نتایج آن نشان داد که مکمل کردن جیره بره ها با بیورت سبب بهبود میانگین افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک شد، هرچند که مصرف خوراک بین هر دو گروه آزمایشی یکسان بود (Varezardi et al., 2023). کاهش غلظت BUN با افزایش سطح بیورت در جیره احتمالاً به دلیل نرخ تجزیه پذیری شکمبه ای کمتر آن بوده است. مطابق با این نتایج، در مطالعه ای که جیره بره های پرواری با منابع مختلف نیتروژن غیرپروتئینی مکمل شده بود، غلظت BUN با بیورت در مقایسه با گروه تغذیه شده با اوره کاهش قابل توجهی نشان داد (Varezardi et al., 2023). این در حالی است که در مطالعه ای با افزایش سطح اوره آهسته رهش در جیره میش های آواسی (شامل سطوح ۰، ۰/۶، ۱/۲ و ۱/۸ درصد ماده خشک)، غلظت BUN افزایش یافت (Hashem & Tayeb, 2023).

گزارش شده است که میزان تولید روزانه پروتئین میکروبی در شکمبه نشخوارکنندگان در دامنه ۴۷-۱۸ گرم (میانگین ۳۲ گرم) به ازای کیلوگرم ماده آلی هضم شده در شکمبه یا ۱۱-۹ گرم به ازای هر مگاژول انرژی قابل تخمیر است (Rashmi et al., 2024)، که این مطابق با نتایج حاصل شده در پژوهش حاضر است. مهم ترین عامل مؤثر بر سنتز پروتئین میکروبی، میزان ماده خشک مصرفی است که در پژوهش حاضر، تفاوت در سنتز پروتئین میکروبی توسط جیره ها را نمی توان با مصرف خوراک توجیه کرد، زیرا همه گروه های آزمایشی، مصرف خوراک یکسانی داشتند. افزایش تولید پروتئین میکروبی با افزایش سطح بیورت در مقایسه با تیمار حاوی اوره احتمالاً به دلیل همزمانی مطلوب بین آزادسازی آمونیاک از بیورت و کربوهیدرات های سهل الهضم بوده است که ریزجانداران شکمبه فرصت کافی برای استفاده بهینه از آمونیاک و رشد و توسعه مناسب را داشته اند. مطابق با این نتایج، در پژوهشی با جایگزینی سطوح مختلف اوره آهسته رهش نیتروژن با اوره معمولی، افزایش تولید نیتروژن میکروبی و سنتز پروتئین میکروبی شکمبه در گوسفند گزارش شده است (Ghanbari et al., 2021). در آزمایش دیگری (Guo et al., 2022)، بهره وری نیتروژن میکروبی در جیره مکمل شده با اوره آهسته رهش در مقایسه با تیمار حاوی اوره افزایش یافت (۱۱/۷ در مقابل ۹/۵). همچنین، در یک آزمایش برون تنی، انکوباسیون

آهسته‌رهش در جیره استفاده کرده‌اند، احتمالاً به دلیل تفاوت در مصرف ماده خشک، سرعت عبور خوراک، شرایط محیط شکمبه، نوع جیره غذایی، سطح تغذیه، ترکیب شیمیایی جیره، نسبت نیتروژن به کربن جیره، ویتامین‌ها، مواد معدنی، دفعات تغذیه‌ای و میزان گوگرد جیره‌ای بوده است (Wei & Mo, 2012; Lima *et al.*, 2023; Fan *et al.*, 2024) که اثرات قابل توجهی بر سنتز پروتئین میکروبی می‌گذارد.

جیره‌های حاوی منابع مختلف اوره آهسته‌رهش سبب تولید پروتئین میکروبی بیشتری در مقایسه با تیمار حاوی اوره شد (Azizi *et al.*, 2019). در مطالعات دیگری نیز تفاوت قابل توجهی در سنتز پروتئین میکروبی با مکمل کردن جیره با اوره آهسته‌رهش در مقایسه با اوره در شرایط برون تنی (Guo *et al.*, 2022) و درون تنی (Alipour *et al.*, 2020) گزارش نشده است. وجود اختلافات در سنتز پروتئین میکروبی در مطالعه حاضر و سایر مطالعاتی که از اوره یا انواعی از اوره

جدول ۲- اثر جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح مختلف بیورت به جای اوره بر عملکرد رشد، BUN و سنتز پروتئین میکروبی شکمبه در بره‌های پرواری
Table 2- The effect of experimental diets containing different levels of biuret instead of urea on growth performance, BUN and rumen microbial protein synthesis in fattening lambs

	سطح بیورت به جای اوره در جیره (درصد ماده خشک) Level of dietary biuret instead of urea (%DM)				خطای استاندارد میانگین‌ها SEM	نوع رابطه Contrast	
	0	0.54	1.08	1.61		خطی Linear	غیرخطی Quadratic
وزن اولیه (کیلوگرم) Initial body weight	34.5	34.5	34.5	34.5	1.07	0.79	0.89
وزن نهایی (کیلوگرم) Final body weight	49.01	49.5	50.5	51.8	1.15	0.12	0.78
کل افزایش وزن (کیلوگرم) Total weight gain	14.5 ^b	15 ^{ab}	16.2 ^{ab}	17.8 ^a	0.955	0.02	0.58
افزایش وزن روزانه (گرم) Average daily gain	207 ^b	214 ^b	231 ^{ab}	254 ^a	11.7	0.01	0.6
ضریب تبدیل غذایی Feed conversion ratio	7.80 ^a	7.62 ^{ab}	7.20 ^{ab}	6.64 ^b	0.433	0.02	0.52
ماده خشک مصرفی (گرم در روز) Dry matter intake	1614	1630	1663	1686	30.5	0.12	0.91
نیتروژن اورهای خون (میلی گرم در دسی لیتر) Blood urea nitrogen	8.81 ^a	8.65 ^{ab}	8.47 ^{bc}	8.37 ^c	0.080	0.01	0.69
نیتروژن میکروبی (گرم در روز) Microbial nitrogen	9.40 ^c	9.67 ^{bc}	9.92 ^{ab}	10.2 ^a	0.111	0.01	0.92
پروتئین میکروبی (گرم در روز) Microbial protein	58.6 ^c	60.4 ^{bc}	62.1 ^{ab}	63.8 ^a	0.691	0.01	0.91

- میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشد ($P < 0.05$).

- Different letters in each row indicate significant difference between groups ($P < 0.05$).

شامل سرین، گلوتامیک و آلانین با افزایش سطح بیورت جیره افزایش یافت ($P < 0.05$). در مقابل، غلظت اسید آمینه غیرضروری گلوتامین با افزایش سطح بیورت جیره کاهش یافت ($P < 0.05$). غلظت سایر اسیدهای آمینه غیرضروری شامل ترئونین، فنیل آلانین، آسید آسپارتیک، پرولین، گلايسین، تیروزین، آرژنین و سیستئین و مجموع کل اسیدهای آمینه غیرضروری تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت ($P > 0.05$).

ترکیب شیمیایی و پروفیل اسیدهای آمینه گوشت

اثر جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح مختلف بیورت به جای اوره بر ترکیب شیمیایی و پروفیل اسیدهای آمینه گوشت عضله راسته بره‌ها در جدول ۳ آمده است. با افزایش سطح بیورت جیره محتوای رطوبت، چربی خام و خاکستر خام گوشت در بین تیمارهای آزمایشی تفاوت قابل توجهی نشان نداد ($P > 0.05$)، هرچند میزان پروتئین خام با افزایش سطح بیورت در جیره تمایل به افزایش نشان داد ($P = 0.07$). محتوای اسیدهای آمینه ضروری گوشت شامل لوسین، ایزولوسین، لایزین، والین، متیونین، هیستیدین، مجموع اسیدهای آمینه شاخه‌دار ضروری، کل اسیدهای آمینه ضروری و اسیدهای آمینه غیرضروری

جدول ۳- اثر جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح مختلف بیورت به جای اوره بر ترکیب شیمیایی و پروفیل اسید آمینه‌ای عضله راسته بره‌های پرواری
Table 3- Effect of experimental diets containing different levels of biuret instead of urea on chemical composition and amino acid profile of the Longissimus muscle of fattening lambs

صفت Parameter	سطح بیورت به جای اوره در جیره (درصد ماده خشک) Level of dietary biuret instead of urea (%DM))				خطای استاندارد میانگین ها SEM	نوع رابطه Contras	
	0	0.54	1.08	1.61		خطی Linear	غیر خطی Quadratic
ترکیب شیمیایی (درصد ماده تر) Chemical composition (% As fed)							
رطوبت Moisture	74.6	74.7	74.3	74.7	0.278	0.82	0.56
پروتئین خام Crude protein	19.5	20.03	19.98	20.3	0.221	0.07	0.62
چربی خام Ether extract	3.47	3.04	3.31	3.07	0.229	0.39	0.69
خاکستر خام Crude ash	0.776	0.837	0.877	0.857	0.052	0.26	0.46
اسیدهای آمینه ضروری (درصد ماده خشک) Essential amino acids (%DM)							
ایزولوسین Isoleucine	2.47 ^b	2.57 ^a	2.59 ^a	2.60 ^a	0.031	0.01	0.66
لوسین Leucine	3.84 ^b	3.81 ^b	4.01 ^a	4.02 ^a	0.032	0.01	0.39
لایزین Lysine	3.47 ^b	3.45 ^b	3.47 ^b	3.65 ^a	0.023	0.01	0.56
ترئونین Threonine	2.61	2.66	2.67	2.70	0.032	0.12	0.65
والین Valine	1.83 ^b	1.78 ^c	1.83 ^b	2.01 ^a	0.035	0.01	0.45
متیونین Methionine	1.65 ^c	1.81 ^b	1.84 ^b	1.90 ^a	0.029	0.01	0.45
فنیل آلانین Phenylalanine	2.42	2.39	2.42	2.51	0.043	0.13	0.56
هیستیدین Histidine	1.87 ^b	2.05 ^a	2.10 ^a	2.07 ^a	0.035	0.01	0.54
کل اسیدهای آمینه شاخه دار Total branch chain amino acids	8.14 ^b	8.16 ^b	8.43 ^{ab}	8.64 ^a	0.152	0.02	0.43
کل اسیدهای آمینه ضروری Total essential amino acid	22.2 ^c	22.5 ^{bc}	22.9 ^{ab}	23.3 ^a	0.21	0.01	0.64
اسیدهای آمینه غیر ضروری (درصد ماده خشک) Non essntail amino acids (%DM)							
اسید آسپارتیک Aspartic acid	6.50	6.62	6.55	6.30	0.123	0.19	0.56
سرین Serine	3.18 ^c	3.45 ^b	3.34 ^{bc}	3.77 ^a	0.053	0.01	0.34
اسید گلوتامیک Glutamic acid	8.36 ^c	8.70 ^{bc}	9.76 ^a	9.76 ^a	0.255	0.01	0.25
گلوتامین Glutamine	5.77 ^a	5.56 ^{ab}	5.34 ^{bc}	5.21 ^c	0.112	0.01	0.45
پرولین Proline	2.44	2.55	2.35	2.58	0.082	0.19	0.34

گلیسین	3.50	3.46	3.51	3.63	0.068	0.13	0.18
Glycine							
آلانین	3.10 ^a	2.83 ^b	2.43 ^c	2.16 ^d	0.057	0.01	0.34
Alanine							
تیروزین	2.41	2.34	2.37	2.38	0.056	0.26	0.67
Tyrosine							
آرژنین	3.63	3.59	3.69	3.65	0.062	0.19	0.40
Arginine							
سیستئین	0.83	0.77	0.76	0.82	0.026	0.21	0.18
Cysteine							
کل اسیدهای آمینه غیرضروری	39.8	39.9	40.1	40.3	0.361	0.25	0.73
Total non essential amino acids							

- میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشد ($P < 0.05$).

- Different letters in each row indicate significant difference between groups ($P < 0.05$).

پروتئین عمل می‌کنند و در بین آن‌ها لوسین به‌عنوان یک مولکول سیگنال‌دهنده مهم برای سنتز پروتئین در ماهیچه اسکلتی عمل می‌کند (Kahraman et al., 2022). غلظت لوسین در سلول‌های عضلانی ممکن است یک اثر کلیدی در حفظ پروتئین در عضلات اسکلتی داشته باشد (Buse & Reid, 1975). همچنین، مشخص شده است که در بین اسیدهای آمینه شاخه‌دار، لوسین قوی‌ترین تنظیم‌کننده شروع ترجمه mRNA است (Anthony et al., 2000). گلوتامین حدود ۶۰ درصد از اسیدهای آمینه آزاد در ماهیچه‌ها را تشکیل می‌دهد و فراوان‌ترین اسید آمینه در بدن است (Bergstrom et al., 1974). گلوتامین یک اسید آمینه غیرضروری است، زیرا به‌طور دونوو از گلوتامات و آمونیاک توسط آنزیم سیتوپلاسمی گلوتامین سنتتاز سنتز می‌شود (Lacey et al., 1990). کاهش غلظت گلوتامین در عضله راسته با افزایش سطح بیورت در جیره نشان‌دهنده اثرات مثبت بیورت بر متابولیسم نیتروژن در بدن است، زیرا سنتز گلوتامین نقش مهمی در حذف یون آمونیوم تشکیل‌شده در بافت‌های محیطی داشته و به کبد منتقل شده و برای سنتز اوره استفاده می‌شود (Wu et al., 2024). به عبارت دیگر، افزایش غلظت گلوتامین بافتی با تغذیه جیره حاوی اوره، نشان‌دهنده تولید زیاد آمونیوم در بدن بوده است که برای دفع باید تبدیل به گلوتامین جهت ورود به سیکل اوره گردد. در مطالعه حاضر، افزایش غلظت بافتی آلانین با تغذیه جیره حاوی اوره احتمالاً جهت سم‌زدایی نیتروژن آمونیاکی مازاد در بدن بوده است، زیرا مطالعات نشان داده است که با افزایش غلظت نیتروژن آمونیاکی در دستگاه گوارش نشخوارکنندگان، سنتز آلانین ممکن است یک مسیر متابولیکی مهم در بافت‌های روده نشخوارکنندگان جهت سم‌زدایی نیتروژن آمونیاکی در مقایسه با چرخه اورنیتین-اوره باشد (Oba et al., 2005). در پروتئین‌های با کیفیت مطلوب (ایده‌آل) بایستی نسبت اسیدهای آمینه ضروری و غیرضروری به کل اسیدهای آمینه به‌ترتیب ۴۰ و ۶۰ درصد باشد (Zhang et al., 2024). در مطالعه حاضر، با افزایش سطح بیورت در جیره، نسبت

محتوی پروتئین و چربی گوشت اهمیت زیادی بر ارزش تغذیه‌ای و خواص حسی آن دارد (Ding et al., 2024). تمایل به افزایش درصد پروتئین خام گوشت با افزایش سطح بیورت در جیره احتمالاً به‌خاطر افزایش سنتز پروتئین میکروبی در شکمبه بوده است، زیرا پروتئین میکروبی تولیدشده در شکمبه مهم‌ترین منبع اسیدهای آمینه برای جذب در روده باریک است که حدود ۷۰ تا ۱۰۰ درصد احتیاجات اسید آمینه‌ای نشخوارکنندگان را فراهم می‌کند (Rashmi et al., 2024)، زیرا ترکیب اسیدهای آمینه پروتئین میکروبی شباهت زیادی به اسیدهای آمینه مورد نیاز برای تولید شیر و گوشت دارد. موافق با نتایج تحقیق حاضر، در مطالعه‌ای جایگزینی اوره با اوره آهسته‌رهش در جیره بره‌های پروراری تأثیری بر ترکیب شیمیایی گوشت شامل میزان رطوبت، پروتئین خام، خاکستر خام و چربی خام نداشت (Saro et al., 2023). همچنین در پژوهش دیگری، استفاده از اوره آهسته‌رهش در جیره گوساله‌های پروراری تأثیری بر ترکیب شیمیایی گوشت نداشت (Bourg et al., 2012). مطالعات صورت‌گرفته درباره اثر منابع اوره آهسته‌رهش روی پروفیل اسیدهای آمینه گوشت نشخوارکنندگان بسیار اندک است. در مطالعه حاضر، افزایش غلظت عمده اسیدهای آمینه ضروری با افزایش سطح بیورت تا ۱/۶۱ درصد ماده خشک جیره احتمالاً به‌خاطر جریان پروتئین میکروبی بیشتر به روده باریک بوده است که دسترسی به اسیدهای آمینه میکروبی برای جذب و ورود به بافت‌های بدن را افزایش داده است. نتایج مربوط به سنتز پروتئین میکروبی (جدول ۲) می‌تواند تأییدکننده این موضع باشد. افزایش غلظت اسیدهای آمینه شاخه‌دار با افزایش سطح بیورت در جیره احتمالاً به‌خاطر تولید بیشتر گلوتامات بوده است، زیرا مشخص شده است که در مخاط روده‌ای، گلوتامات به اسیدهای آمینه شاخه‌دار تبدیل می‌شود (Wu, 1998) که احتمالاً با جذب روده‌ای بیشتر و ورود به بافت‌های هدف، سبب افزایش غلظت آن‌ها در ماهیچه‌های اسکلتی شده است. اسیدهای آمینه شاخه‌دار شامل ایزولوسین، لوسین و والین هستند که به‌عنوان سوبسترای سنتز

اثر پخت، ضایعات شیرابه‌ای، ظرفیت نگهداری آب و نیروی برشی گوشت در جدول ۴ ارائه شده است. با افزایش سطح بیورت جیره‌ای، pH گوشت تمایل به افزایش نشان داد ($P=0/08$)، هرچند کاهش وزن در اثر پخت و ضایعات شیرابه‌ای تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت ($P>0/05$). ظرفیت نگهداری آب در گوشت با افزایش سطح بیورت در جیره افزایش یافت ($P<0/05$)، اما نیروی برشی گوشت به‌طور خطی کاهش نشان داد ($P<0/05$).

اسیدهای آمینه ضروری به کل اسید آمینه‌های گوشت بره‌ها از ۳۵/۸ به ۳۶/۸ درصد افزایش یافت و نسبت اسیدهای آمینه ضروری به اسیدهای آمینه غیرضروری از ۵۵/۸ به ۵۷/۸ افزایش یافت که می‌توان چنین استنباط کرد که تغذیه بیورت در جیره در مقایسه با اوره سبب افزایش کیفیت گوشت تولیدی شده است.

خواص فیزیکی و شیمیایی و حسی گوشت

نتایج مربوط به اثر جیره‌های آزمایشی pH، درصد کاهش وزن در

جدول ۴- اثر جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح مختلف بیورت به‌جای اوره بر pH، کاهش وزن پس از پختن، ظرفیت نگهداری آب و ضایعات شیرابه‌ای گوشت عضله راسته بره‌های پرواری

Table 4- Effect of experimental diets containing different levels of biuret instead of urea on Ph, cooking loss, Water holding capacity and chilling loss of the Longissimus muscle of fattening lambs

صفت Parameter	سطح بیورت به‌جای اوره در جیره (درصد ماده خشک) Level of dietary biuret instead of urea (%DM)				خطای استاندارد میانگین‌ها SEM	نوع رابطه Contrast	
	0	0.54	1.08	1.61		خطی Linear	غیرخطی Quadratic
pH	6.10	6.20	6.30	6.38	0.101	0.08	0.67
کاهش وزن پس از پختن (درصد) Cooking loss (%)	21.2	22.5	21.9	22.3	0.68	0.57	0.52
ضایعات شیرابه‌ای (درصد) Drip loss (%)	1.55	1.62	1.61	1.53	0.039	0.25	0.48
ظرفیت نگهداری آب (درصد) Water holding capacity (%)	62.2 ^b	64.5 ^{ab}	66.5 ^{ab}	69.7 ^a	2.22	0.03	0.34
نیروی برشی گوشت (نیوتن) Shear force (N)	79.4 ^a	71.9 ^{ab}	65.2 ^{bc}	56.8 ^c	2.65	0.02	0.85

- میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشد ($P<0/05$).

- Different letters in each row indicate significant difference between groups ($P<0.05$).

سطح بیورت در جیره ممکن است یکی دیگر از دلایل افزایش ظرفیت نگهداری آب باشد (Ponnampalam et al., 2024). ظرفیت نگهداری آب تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند pH، املاح، میزان آنزیم‌های پروتئولیتیک گوشت، نوع دام، موقعیت تشریحی عضله، سن، جنس، وضعیت دام قبل از کشتار، مدیریت تغذیه، ژنتیک، روش تغذیه (مراغه، کنسانتره آزاد) و استرس پیش از کشتار قرار می‌گیرد (Cheng & Sun, 2008). نرمی گوشت یک شاخص محوری برای ارزیابی بافت گوشت است که به‌وسیله نیروی‌های برشی اندازه‌گیری می‌شود (Zhang et al., 2024). نیروی برشی کمتر بیانگر فیبرهای عضلانی ظریف‌تر، نرمی بیشتر و بافت بهتر گوشت است (Zhang et al., 2024). در گوشت نرم‌تر، جویدن راحت‌تر و مطابق سلیقه مردم است. کاهش نیروی برشی گوشت با افزایش سطح بیورت در جیره نشان‌دهنده نرمی بیشتر گوشت است که احتمالاً مرتبط با افزایش ظرفیت نگهداری آب و کاهش فیبرهای عضلانی و افزایش کلاژن محلول باشد. در آزمایش حاضر، تفاوت قابل توجهی بین ضایعات شیرابه‌ای و کاهش وزن در اثر پخت گوشت در تیمارهای آزمایشی

میزان pH گوشت یکی از شاخص‌های مهم کیفی گوشت است. استرس‌های فیزیکی و فیزیولوژیکی حیوانات قبل از کشتار روی pH گوشت تأثیرگذار است. در مطالعات صورت‌گرفته، pH گوشت اکثر حیوانات اهلی بعد از کشتار حدود ۶/۲ گزارش شده است که مشابه نتایج تحقیق حاضر است. تمایل به افزایش pH گوشت در بره‌های تغذیه‌شده با بیورت در مقایسه با اوره در مطالعه حاضر، احتمالاً به‌دلیل کاهش اسیدیته بافت گوشت در اثر حضور بیشتر یون آمونیوم در آن باشد. افزایش ظرفیت نگهداری آب گوشت با افزایش سطح بیورت در جیره در آزمایش حاضر احتمالاً به‌دلیل افزایش غلظت اسید آمینه‌ها به‌خصوص لیزین گوشت باشد (جدول ۳). مشخص شده است که لیزین منجر به افزایش میزان هیدروکسی‌لیزین و تشکیل بافت همبند بیشتر شده، و به‌تبع سبب افزایش ظرفیت نگهداری آب می‌شود. هیدروکسی‌لیزین یک هیدروکسیل مشتق‌شده از اسید آمینه لیزین و جزئی از کلاژن است که به اتصالات عرضی در فیبرهای عضلانی کمک می‌کند (Kahraman et al., 2022). افزایش غلظت اسیدهای آمینه شاخه‌دار گوشت مانند والین، لوسین و ایزولوسین با افزایش

گرایش به زردی (b^*) گوشت تحت تأثیر نوع منبع نیتروژن غیرپروتئینی جیره قرار نگرفت ($P>0.05$). رنگ گوشت وابسته به غلظت میوگلوبین، کارتنوئیدها و محتوای اسیدهای چرب غیراشباع آن می باشد (Battacone et al., 2024). عواملی مانند گونه، نژاد، جنس، استرس، فعالیت فیزیکی، ترکیب شیمیایی جیره، چربی درون ماهیچه‌ای، pH، سیستم تغذیه‌ای (علوفه یا کنسانتره)، رقابت آنزیم‌های تنفسی و میتوکندری با میوگلوبین در مصرف اکسیژن، دمای لاشه، نوع ماهیچه، اکسیداسیون لیپیدی و نوع فیبر ماهیچه‌ای (فیبرهای اکسیداتیو تیره‌تر در مقابل فیبرهای گلیکولیتیک روشن‌تر) بر رنگ گوشت تأثیرگذار هستند (Neethling et al., 2017). در مطالعه حاضر، افزایش گرایش به قرمزی (a^*) گوشت با مکمل کردن جیره با بیورت احتمالاً به دلیل وزن پایان دوره بیشتر در آن‌ها بوده است (جدول ۲)، زیرا وزن زمان کشتار سنگین‌تر سبب افزایش غلظت میوگلوبین در گوشت می‌شود (Saro et al., 2020). میزان روشنایی (L^*) گوشت شاخصی از انعکاس نور است که تحت تأثیر ترکیب اسیدهای چرب لاشه قرار دارد (Asadollahi et al., 2019).

مشاهده نشد که نشان‌دهنده عدم تأثیر جیره‌های آزمایشی روی کیفیت طبخ گوشت است. در پژوهشی، تغذیه منابع مختلف اوره آهسته‌رهش به بره‌های پرواری تأثیری بر کاهش وزن گوشت در اثر پخت نداشته است (Saro et al., 2023) که مشابه نتایج تحقیق حاضر است. کاهش وزن در اثر پخت رابطه معکوسی با محتوای چربی دارد که در مطالعه حاضر ترکیب شیمیایی گوشت به‌ویژه محتوای چربی خام بین تیمارهای آزمایشی مشابه بود (جدول ۳). برخلاف نتایج تحقیق حاضر، در مطالعاتی با تغذیه جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح مختلف نیتروژن غیرپروتئینی (Einkamerer et al., 2024)، یا مقایسه اوره با اوره آهسته‌رهش در جیره بره‌های پرواری (Saro et al., 2023)، تفاوت قابل توجهی در نیروی برشی گوشت بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد.

نتایج مربوط به اثر جایگزینی سطوح مختلف بیورت به‌جای اوره در جیره روی شاخص‌های رنگ گوشت در جدول ۵ نشان داده شده است. با افزایش سطح بیورت در جیره، میزان گرایش به قرمزی (a^*) و روشنایی (L^*) رنگ گوشت افزایش یافت ($P<0.05$). هرچند،

جدول ۵- اثر جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح مختلف بیورت به جای اوره بر رنگ گوشت عضله راسته بره‌های پرواری

Table 5- Effect of experimental diets containing different levels of biuret instead of urea on the Longissimus muscle color of fattening lambs

Color of lactating lambs						نوع رابطه	
صفت	سطح بیورت به جای اوره در جیره (درصد ماده خشک)				خطای استاندارد میانگین ها	Contrast	
Parameter	Level of dietary biuret instead of urea (%DM)					خطی	غیر خطی
	0	0.54	1.08	1.61	SEM	Linear	Quadratic
گرایش به قرمزی a*	15.4 ^c	16.4 ^{bc}	16.9 ^{ab}	18.3 ^a	0.527	0.01	0.48
گرایش به زردی b*	8.31	8.53	8.87	9.05	0.307	0.17	0.52
گرایش به روشنایی L*	36.9 ^b	38.1 ^{ab}	38.5 ^{ab}	40.1 ^a	0.715	0.01	0.80

- میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشد ($P<0.05$).

- Different letters in each row indicate significant difference between groups ($P<0.05$).

گوشت عنوان شده است (Saro et al., 2023; Einkamerer et al., 2024).

در جدول ۶، داده‌های مربوط به خواص حسی در گوشت خام و پخته بره‌های پرواری نشان داده شده است. با افزایش سطح بیورت در جیره، صفات رنگ و پذیرش کلی گوشت خام توسط پنلیست‌ها افزایش یافت ($P<0.05$). هرچند، سایر صفات شامل بافت و بو در گوشت خام تحت تأثیر نوع جیره غذایی قرار نگرفت ($P>0.05$). در گوشت پخته، همه صفات مورد بررسی شامل بافت، بو، رنگ، طعم و پذیرش کلی با افزایش سطح بیورت در جیره به‌صورت خطی افزایش یافت ($P<0.05$). خصوصیات حسی گوشت تحت تأثیر عواملی مانند ژنتیک حیوان، جنس حیوان، سطح و نوع پروتئین خوراک، ماهیت

افزایش گرایش به روشنایی (L^*) گوشت بره‌ها با افزایش سطح بیورت جیره‌ای احتمالاً به دلیل افزایش ظرفیت نگهداری آب بوده است که باعث بازتابش کمتر و عبور بیشتر نور و در نتیجه افزایش روشنایی (L^*) گوشت شده است. نشان داده شده است که در گوشتی که ظرفیت نگهداری آب بیشتر دارد با کاهش جابجایی آب داخل عضلانی، ساختار بافت فشرده بیشتری ایجاد می‌شود، که نتیجه آن انعکاس نور کمتر است (Lawrie & Ledward, 2006; Neethling et al., 2017). برخلاف نتایج تحقیق حاضر، در مطالعاتی با مکمل کردن جیره بره‌های پرواری با منابع مختلف نیتروژن غیرپروتئینی، تفاوتی در رنگ نمونه‌های گوشت مشاهده نشد، که دلیل آن عدم تأثیر جیره‌های آزمایشی بر pH و ترکیب شیمیایی

مصرف کنندگان با استفاده از حواس بینایی، لامسه و چشایی بررسی می شود. عواملی مانند جمود نعشی، خاصیت نگهداری آب، چربی داخل عضله ای و بافت پیوندی در این خصوصیت تأثیر دارند (Yarmand, 2005). طعم گوشت نتیجه واکنش و ترکیب مزه و بو می باشد (Yarmand, 2005).

فیبر جیره (حجم)، رفتار تغذیه ای حیوان برای انتخاب خوراک، شیوه های مدیریتی، طول دوره تغذیه و روش پختن قرار می گیرد (Ponnampalam et al., 2024). خصوصیات حسی گوشت عمدتاً مرتبط با محتوای چربی و ترکیب اسیدهای چرب آن است (Ponnampalam et al., 2024). سفتی و بافت گوشت به وسیله

جدول ۶- اثر جیره های آزمایشی حاوی سطوح مختلف بیورت به جای اوره بر خواص حسی گوشت عضله راسته بره های پرواری

Table 6- Effect of experimental diets containing different levels of biuret instead of urea on sensory properties of the Longissimus muscle of fattening lambs

Longissimus muscle of lactating lambs						نوع رابطه	
صفت	سطح بیورت به جای اوره در جیره (درصد ماده خشک)				خطای استاندارد میانگین ها	Contrast	
Parameter	Level of dietary biuret instead of urea (%DM)					خطی	غیر خطی
	0	0.54	1.08	1.61	SEM	Linear	Quadratic
گوشت خام							
Raw meat							
بافت	4.23	4.52	4.60	4.67	0.163	0.32	0.29
Texture							
بو	4.73	4.37	4.67	4.46	0.220	0.62	0.71
Smell							
رنگ	3.90 ^c	4.07 ^{bc}	4.50 ^{ab}	4.90 ^a	0.159	0.01	0.48
Color							
پذیرش کلی	4.01 ^c	4.17 ^{bc}	4.47 ^b	4.93 ^a	0.119	0.01	0.24
General acceptance							
گوشت پخته							
Cooked meat							
بافت	3.41 ^b	3.70 ^b	3.50 ^a	4.77 ^a	0.192	0.01	0.93
Texture							
بو	4.07 ^b	4.37 ^{ab}	4.67 ^a	4.70 ^a	0.141	0.01	0.54
Smell							
رنگ	3.03 ^c	3.73 ^b	4.30 ^a	4.47 ^a	0.161	0.01	0.17
Color							
طعم	3.97 ^b	3.87 ^b	4.33 ^a	4.57 ^a	0.105	0.01	0.16
Taste							
پذیرش کلی	3.87 ^b	4.03 ^{ab}	4.07 ^{ab}	4.37 ^a	0.101	0.01	0.52
General acceptance							

- میانگین های دارای حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح پنج درصد می باشد ($P < 0.05$).

- Different letters in each row indicate significant difference between groups ($P < 0.05$).

بر تشکیل طعم، بو و مزه گوشت در ذخیره سازی تأثیر دارند (Piao et al., 2015). گزارش شده است که اسیدهای آمینه ایزولوسین، لوسین، لیزین، متیونین، والین و تیروزین مرتبط با طعم هستند (Piao et al., 2015) که افزایش غلظت عمده آن ها با افزایش بیورت در جیره (جدول ۳) ممکن است دیگر دلیل بهبود خصوصیات حسی گوشت باشد.

نتیجه گیری کلی

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که جایگزینی سطوح مختلف

در آزمایش حاضر، تخصیص بیشترین امتیاز پذیرش کلی در گوشت خام و پخته مربوط به بره های تغذیه شده با بیورت بیشتر ممکن است به دلیل افزایش غلظت اسید گلوتامیک در گوشت باشد، زیرا اسید گلوتامیک و پرولین به طور قابل توجهی مرتبط با ویژگی های حسی از جمله نرمی، آبدار بودن و پذیرش کلی گوشت هستند (Piao et al., 2015). همچنین، گزارش شده است که اسید گلوتامیک ممکن است به عنوان یک افزایش دهنده طعم گوشت عمل نماید (Piao et al., 2015). اسیدهای آمینه و برخی اسیدهای چرب آروماتیک حاصل از تجزیه پروتئین و چربی گوشت نیز در ایجاد طعم و بوی مناسب گوشت مؤثر هستند (Rokni, 1998). اسیدهای آمینه

بیورت به عنوان یک منبع نیتروژن غیرپروتئینی به جای اوره در جیره بره‌های پرواری، سبب افزایش عملکرد رشد، تولید پروتئین میکروبی در شکمبه و افزایش عمده اسیدهای آمینه ضروری و خواص فیزیوشیمیایی و حسی گوشت شد. در کل، استفاده از بیورت در جیره بره‌های پرواری تا سطح ۱/۶۱ درصد ماده خشک قابل توصیه است.

سپاسگزاری

از معاونت پژوهشی دانشگاه لرستان، به خاطر فراهم نمودن امکانات لازم برای انجام پژوهش حاضر تشکر و قدردانی به عمل آید.

References

1. Alipour, D., Saleem, A. M., Sanderson, H., Brand, T., Santos, L. V., Mahmoudi-Abyane, M., & McAllister, T. A. (2020). Effect of combinations of feed-grade urea and slow-release urea in a finishing beef diet on fermentation in an artificial rumen system. *Translational Animal Science*, 4(2), 839-847. <https://doi.org/10.1093/tas/txaa013>
2. Anthony, J. C., Anthony, T. G., Kimball, S. R., Vary, T. C., & Jefferson, L. S. (2000). Orally administered leucine stimulates protein synthesis in skeletal muscle of postabsorptive rats in association with increased eIF4F formation. *The Journal of Nutrition*, 130(2), 139-145. <https://doi.org/10.1093/jn/130.2.139>
3. AOAC. (2005). Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC. USA.
4. Asadollahi, S., Sari, M., Erfanimajed, N., Chaji, M., & Mamouei, M. (2019). Effect of carbohydrate source and roasted of canola seed rich of oleic acid on performance, meat fatty acid profile and quality characteristics in fattening lambs. *Journal of Animal Science Researches*, 28(4), 1-19. (in Persian).
5. Azizi, A., Sharifi, A., & Fazaeli, H. (2019). Effect of one produced slow-release urea component on gas production, fermentation, nutrient disappearance and activity of microbial enzymes using rumen liquor of sheep. *Research Journal of Livestock Science*, 32(122), 279-290. (in Persian with with English abstract). <https://doi.org/10.22092/asj.2018.121403.1675>
6. Battacone, G., Lunesu, M. F., Manso, T., Vieira, C., Pulina, G., & Nudda, A. (2024). The quality of meat in milk fed lambs is affected by the ewe diet: A review. *Meat Science*, 207, 109374. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109374>
7. Bergstrom, J., Furst, P., Noree, L. O., & Vinnars, E. (1974). Intracellular free amino acid concentration in human muscle tissue. *Journal Applied Physiology*, 36(6), 693-697. <https://doi.org/10.1152/jappl.1974.36.6.693>
8. Bourg, B. M., Tedeschi, L. O., Wickersham, T. A., & Tricarico, J. M. (2012). Effects of a slow-release urea product on performance, carcass characteristics, and nitrogen balance of steers fed steam-flaked corn. *Journal of Animal Science*, 90(11), 3914-3923. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4832>
9. Buse, M. G., & Reid, S. S. (1975). Leucine. A possible regulator of protein turnover in muscle. *The Journal of Clinical Investigation*, 56(5), 1250-1261. <https://doi.org/10.1172/JCI108201>
10. Chen, X. B., & Gomes, M. J. (1995). Estimation of Microbial Protein Supply to Sheep and Cattle Based on Urinary Excretion of Purine Derivatives—An Overview of Technical Details. Available online.
11. Cheng, Q., & Sun, D. W. (2008). Factors affecting the water holding capacity of red meat products: A review of recent research advances. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(2), 137-159. <http://dx.doi.org/10.1080/10408390601177647>
12. Ding, H., Gesangjiacuo, D., Zhang, J., & Zhang, X. (2024). Effects of different rearing systems on carcass traits, physicochemical properties, basic chemical composition, fatty acid profiles and amino acid profiles of Gangba lamb. *Italian Journal of Animal Science*, 23(1), 362-372. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2024.2314156>
13. Einkamerer, O. B., Ferreira, A. V., Fair, M. D., & Hugo, A. (2024). The effect of dietary non-protein nitrogen content on the meat quality of finishing lambs. *South African Journal of Animal Science*, 54(3), 340-357. <http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v54i3.05>
14. Fan, C., Li, H., Li, S., Zhong, G., Jia, W., Zhuo, Z., & Cheng, J. (2024). Effect of different slow-release urea on the production performance, rumen fermentation, and blood parameters of Angus Heifer. *Animals*, 14(16), 2296. <https://doi.org/10.3390/ani14162296>

15. Ghanbari, E., Seifdavati, J., Yalchi, T., Abdi Benemar, H., & Seyed Sharifi, R. (2021). The effect of replacement of slow releasing non protein nitrogen source by urea in diets containing almond hulls on microbial protein production and nitrogen balance in sheep. *Research on Animal Production*, 12(34), 89-99. (in Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.52547/rap.12.34.89>
16. Guo, Y., Xiao, L., Jin, L., Yan, S., Niu, D., & Yang, W. (2022). Effect of commercial slow-release urea product on *in vitro* rumen fermentation and ruminal microbial community using RUSITEC technique. *Journal Animal Science Biotechnology*, 13(1), 56. <https://doi.org/10.1186/s40104-022-00700-8>
17. Hashem, W. A., & Tayeb, M. A. M. (2023). Effect of using slow-release urea on food compound digestion coefficient and some rumen and blood fluid traits in Awassi lambs. In IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science*, 1213(1), 012086. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1213/1/012086>
18. Hayes, J. E., Stepanyan, V., Allen, P., O'grady, M. N., & Kerry, J. P. (2011). Evaluation of the effects of selected plant-derived nutraceuticals on the quality and shelf-life stability of raw and cooked pork sausages. *LWT-Food Science and Technology*, 44(1), 164-172. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.05.020>
19. Holman, B. W., Ponnampalam, E. N., Van de Ven, R. J., Kerr, M. G., & Hopkins, D. L. (2015). Lamb meat colour values (HunterLab CIE and reflectance) are influenced by aperture size (5 mm v. 25 mm). *Meat Science*, 100, 202-208. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.10.006>
20. Huntington, G. B., Harmon, D. L., Kristensen, N. B., Hanson, K. C., & Spears, J. W. (2006). Effects of a slow-release urea source on absorption of ammonia and endogenous production of urea by cattle. *Animal Feed Science and Technology*, 130(3-4), 225-241. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2006.01.012>
21. Jiang, M., Zhang, X., Wang, K., Datsomor, O., Li, X., Lin, M., Feng, C., Zhao, G., & Zhan, K. (2023). Effect of slow-release urea partial replacement of soybean meal on lactation performance, heat shock signal molecules, and rumen fermentation in heat-stressed mid-lactation dairy cows. *Animal*, 13(17), 2771. <https://doi.org/10.3390/ani13172771>
22. Kahraman, M., Daş, A., Güngören, G., Daş, B. D., Yalçın, H., Koyuncu, I., & Akmeşe, Ş. (2022). The use of metabolomics tools in the evaluation of the fattening performance of lambs. *Medycyna Weterynaryjna*, 78, 1-4. <https://doi.org/10.21521/mw.6697>
23. Kim, H. W., Choi, Y. S., Choi, J. H., Kim, H. Y., Lee, M. A., Hwang, K. E., & Kim, C. J. (2013). Tenderization effect of soy sauce on beef M. biceps femoris. *Food Chemistry*, 139(1-4), 597-603. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.01.050>
24. Lacey, J. M., & Wilmore, D.W. (1990). Is glutamine a conditionally essential amino acid? *Nutrition Review*, 48(8), 297-309. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.1990.tb02967.x>
25. Lanza, M., Bella, M., Barbagallo, D., Fasone, V., Finocchiaro, L., & Priolo, A. (2003). Effect of partially or totally replacing soybean meal and maize by chickpeas (*Cicer arietinum* L.) in lamb diets: Growth performances, carcass and meat quality. *Animal Research*, 52(3), 263-270. <https://doi.org/10.1051/animres:2003019>
26. Lawrie, R. A., & Ledward, D. A. (2006). *Lawrie's Meat Science*. 7th Ed. Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, UK. <https://doi.org/10.1533/9781845691615>
27. Lima, J., Ingabire, W., Roehe, R., & Dewhurst, R. J. (2023). Estimating microbial protein synthesis in the rumen—can 'Omics' methods provide new insights into a long-standing question? *Veterinary Sciences*, 10(12), 679. <https://doi.org/10.3390/vetsci10120679>
28. Neethling, N. E., Suman, S. P., Sigge, G. O., Hoffman, L. C., & Hunt, M. C. (2017). Exogenous and endogenous factors influencing color of fresh meat from ungulates. *Meat and Muscle Biology*, 1(1). <https://doi.org/10.22175/mmb2017.06.0032>
29. NRC. (2001). *Nutrient Requirement of Dairy Cattle*, 7th revised Ed. National Research Council National Academy Press, Washington, DC.
30. NRC. (2007). *Nutrient Requirements of Small Ruminants*. Washington, DC, USA: National Research Council, National Academic Press.
31. Oba, M., VI, R. B., Owens, S. L., & Bequette, B. J. (2005). Metabolic fates of ammonia-N in ruminal epithelial and duodenal mucosal cells isolated from growing sheep. *Journal of Dairy Science*, 88(11), 3963-3970. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)73082-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73082-4)

32. Park, D. R., Kim, H., Jung, J. C., Shin, M. S., Han, S. J., & Song, I. K. (2009). Catalytic conversion of urea to biuret: A catalyst screening study. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 26, 990-993. <https://doi.org/10.1007/s11814-009-0164-0>
33. Patra, A. K. (2015). Rumen microbiology: From evolution to revolution (Ed.), Urea/ammonia metabolism in the rumen and toxicity in ruminants. *Springer*, pp. 329-341. https://doi.org/10.1007/978-81-322-2401-3_22
34. Pérez-Palacios, T., Barroso, M. A., Ruiz, J., & Antequera, T. (2015). A rapid and accurate extraction procedure for analysing free amino acids in meat samples by GC-MS. *International Journal of Analytical Chemistry*, 2015(1), 209214. <https://doi.org/10.1155/2015/209214>
35. Piao, M. Y., Jo, C., Kim, H. J., Lee, H. J., Kim, H. J., Ko, J. Y., & Baik, M. (2015). Comparison of carcass and sensory traits and free amino acid contents among quality grades in loin and rump of Korean cattle steer. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 28(11), 1629. <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0128>
36. Ponnampalam, E. N., Priyashantha, H., Vidanarachchi, J. K., Kiani, A., & Holman, B. W. (2024). Effects of nutritional factors on fat content, fatty acid composition, and sensorial properties of meat and milk from domesticated ruminants: An overview. *Animals*, 14(6), 840. <https://doi.org/10.3390/ani14060840>
37. Poscic, N., Montanari, T., D'Andrea, M., Licastro, D., Pilla, F., Ajmone-Marsan, P., Minuti, A., & Sgorlon, S. (2017). Breed and adaptive response modulate bovine peripheral blood cells' transcriptome. *Journal Animal Science Biotechnol*, 8, 1-16. <https://doi.org/10.1186/s40104-017-0143-y>
38. Rashmi, K. M., Prabhu, T. M., & Mahesh, M. S. (2024). Potential of Slow-Release Nitrogen in Ruminant Feeding. In *Feed Additives and Supplements for Ruminants*, pp. 281-300. https://doi.org/10.1007/978-981-97-0794-2_13
39. Robinson, S. L., Badalamenti, J. P., Dodge, A. G., Tassoulas, L. J., & Wackett, L. P. (2018). Microbial biodegradation of biuret: Defining biuret hydrolases within the isochorismatase superfamily. *Environmental Microbiology*, 20(6), 2099-2111. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.14094>
40. Rokni, N. (1998). *Meat Science and Technology*. Tehran, Institute of Publication and Printing, University of Tehran, Tehran, Iran. (in Persian).
41. Rozanski, S., Vivian, D. R., Kowalski, L. H., Prado, O. R., Fernandes, S. R., de Souza, J. C., & de Freitas, J. A. (2017). Carcass and meat traits, and non-carcass components of lambs fed ration containing increasing levels of urea. *Ciências Agrárias*, 38(3), 1577-1593. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n3p1587>
42. Sabzi, F., Varidi, M. J., Varidi, M., & Asnaashari, M. (2024). Effect of verjuice (*Vitis vinifera* L.) on physicochemical and textural properties of beef M. biceps femoris. *Food Science and Nutrition*, 12(8), 5498-5517. <https://doi.org/10.1002/fsn3.4192>
43. Saro, C., Degeneffe, M. A., Andrés, S., Mateo, J., Caro, I., López-Ferreras, L., & Giráldez, F. J. (2023). Conventional feed-grade or slow-release coated urea as sources of dietary nitrogen for fattening lambs. *Animals*, 13(22), 3465. <https://doi.org/10.3390/ani13223465>
44. Saro, C., Mateo, J., Caro, I., Carballo, D. E., Fernández, M., Valdés, C., & Giráldez, F. J. (2020). Effect of dietary crude protein on animal performance, blood biochemistry profile, ruminal fermentation parameters and carcass and meat quality of heavy fattening Assaf lambs. *Animals*, 10(11), 2177. <https://doi.org/10.3390/ani10112177>
45. SAS Institute Inc. (2005). *User's Guide: Statistics*, Version 9.0 Edition. SAS Inst. Inc., Cary, NC.
46. Solgi, M., Asnaashari, M., & Farahmandfara, R. (2024). Application of microliposome of ferula leaves extract on shelf life of beef burger during refrigerated storage. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 21(146), 195-210. (in Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22034/FSCT.21.146.195>
47. 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(10), 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551)
48. Varezardi, S., Aizi, A., Kiani, A., Fadayifar, A., & Sharifi, A. (2023). Effect of non-protein nitrogen source in high-protein diet and feeding frequency on growth performance, rumen fermentation

- parameters, and the activity of microbial enzymes in fattening lambs. *Animal Production Research*, 12(4), 63-78. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22124/ar.2023.24395.1764>
49. Wang, B., Ma, T., Deng, K. D., Jiang, C. G., & Diao, Q. Y. (2016). Effect of urea supplementation on performance and safety in diets of Dorper crossbred sheep. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 100(5), 902–910. <https://doi.org/10.1111/jpn.12417>
50. Wei, H. Z., & Mo, Y. (2012). Advances in the mechanism and influencing factors of rumen microbial protein synthesis in ruminants. *Journal of Beijing University of Agriculture*, 518, 122.
51. Wu, G. (1998). Intestinal mucosal amino acid catabolism. *The Journal of Nutrition*, 128(8), 1249-1252. <https://doi.org/10.1093/jn/128.8.1249>
52. Wu, G., Bazer, F. W., Johnson, G. A., Satterfield, M. C., & Washburn, S. E. (2024). Metabolism and nutrition of L-glutamate and L-glutamine in ruminants. *Animals*, 14(12), 1788. <https://doi.org/10.3390/ani14121788>
53. Yarmand, M. N. (2005). Science and technology of meat and meat products. Tehran, Scientific-Applied Education Institute Publications, Tehran, Iran. (in Persian).
54. Yilkal, T., & Negassie, A. (2015). Use of different non protein nitrogen sources in ruminant nutrition: A review. *Scholarly Journal of Agricultural Sciences*, 5(3), 84-89. <https://doi.org/10.5555/20153288699>
55. Zahmatkesh, D., & Jahani-Moghadam, M. (2018). Partial replacement of soybean meal with slow releasing non protein nitrogen source in dairy cow: Performance and economic implication. *Research Journal of Livestock Science*, 30(117), 203-214. (in Persian). <https://doi.org/10.22092/asj.2017.109965.1426>
56. Zhang, Y., Ma, R., Chen, B., Zhou, W., Zhang, N., Tu, Y., & Bi, Y. (2024). Effects of protein grass hay as alternative feed resource on lamb's fattening performance and meat quality. *Meat Science*, 218, 109644. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2024.109644>
57. Zurak, D., Kljak, K., & Aladrovic, J. (2023). Metabolism and utilisation of non-protein nitrogen compounds in ruminants: A review. *Journal of Central European Agriculture*, 24(1), 1-14. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/24.1.3645>



Research Article

Vol. 17, No.3, 2025, p. 245-257

The Effect of Adding Tomato (*solanum lycopersicum*) Pomace on Rumen Fermentation Parameters, Health and Growth of Holstein Dairy Calves

Reza Akbari Dahoui¹, Masoud Alikhani¹, Rahman Jahanian¹, Majid Savari^{2*}

1-Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Isfahan, Iran

2-Department of Animal Sciences, Faculty of Agricultural Engineering, Semnan University, Semnan, Iran

*Corresponding Author's Email: majid.savari@semnan.ac.ir

How to cite this article:

Received: 04-01-2025

Revised: 23-04-2025

Accepted: 19-05-2025

Available Online: 05-10-2025

Akbari Dahoui, R., Alikhani, M., Jahanian, R., & Savari, M. (2025). The effect of adding tomato (*solanum lycopersicum*) pomace on rumen fermentation parameters, health and growth of Holstein dairy calves. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 17(3), 245-257. (in Persian with English abstract)
<https://doi.org/10.22067/IJASR.2025.91127.1225>

Introduction: Many agricultural by-products are relatively high in fiber and are particularly suitable for feeding ruminants. Fibrous by-products have a smaller particle size than most forages, but can have a higher energy value than most forages, due to their high fermentable fiber content. The use of non-forage fiber sources can have a significant effect on the protein components of the diet. Tomato pulp is a by-product of the paste industry, which, depending on the processing method and characteristics of raw tomatoes, contains varying proportions of skin, seeds, and small amounts of tomato flesh. In Iran, about 81,000 tons of wet tomato pulp are produced annually, which can cause environmental pollution. The present study was conducted to investigate the effect of different levels of tomato pomace powder (TPP) on ruminal fermentation parameters and growth performance of Holstein calves.

Materials and Methods: This experiment was carried out using 30 Holstein calves (average weight: 39.7 ± 0.2 kg) based on a completely-randomized design with 3 treatment groups including 10 individual pens per each dietary treatment. Dietary treatments consisted of 1) pelleted starter (control group), 2) pelleted starter + 7.5% TPP, 3) pelleted starter + 15% TPP. Calves were fed 4 liters of colostrum in the first three days of life, 5 liters of milk twice daily from 4 to 50 days of age, and 2.5 liters of milk once daily from 50 to 55 days of age. Milk replacer consumption was stopped at 56 days of age in all calves. Calves had free access to water and starter feed from 3 days of age. Calves were kept in individual stalls on straw bedding, and bedding was changed and cleaned daily. The health of the calves in the present study was continuously assessed daily for the occurrence of diarrhea, pneumonia, and bloat. The possible effect of treatments on the health of calves was assessed daily for all calves in terms of fecal scores. Rumen fluid was sampled using an esophageal tube and a vacuum pump about 3 hours after morning feeding. Blood sampling was done with the help of vacuum tubes, at the ages of 35 and 70 days, from 6 calves in each treatment, 3 hours after morning feed. The obtained data were analyzed by SAS software and Mixed procedure. A significant level of $P < 0.05$ was considered.

Results and Discussion: The highest rumen pH after weaning was in the treatment containing 15% TPP, and this treatment showed a significant difference compared to the control treatment ($P = 0.009$). The treatment containing 15% tomato pomace had the highest and the control treatment the lowest rumen ammonia nitrogen concentration ($P = 0.04$). According to the results, the concentration of ammonia nitrogen at 70 days of age was



©2025 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.

<https://doi.org/10.22067/IJASR.2025.91127.1225>

affected by the treatments ($P=0.05$). It seems that the simultaneous consumption of tomato pulp and pellet diet increases the flow of saliva to the rumen through more initial chewing and then earlier rumination, resulting in more urea released through saliva, which caused an increase in rumen ammonia nitrogen. The treatment containing 15% tomato pomace had the highest and the control treatment had the lowest number of lymphocytes among the treatments ($P < 0.05$). In this study, the stool score of calves fed tomato pulp in the starter diet (higher fiber content) was lower than that of the control group (low fiber content). It is likely that diets containing tomato pulp, due to their high fiber content, influenced chewing activity, rumination, and salivation, thereby contributing to an increase in rumen pH. In contrast, the reduction in pH observed with the pellet treatment may be attributed to the heat generated during the pelleting process, which accelerates starch degradation in the rumen. This, in turn, leads to faster and greater production of volatile fatty acids, accompanied by a reduced absorption rate of these acids.

Conclusion: The presence of tomato pulp in the pellet diet reduced non-nutritive behaviors and increased the time spent on feeding actions such as rumination and eating. Regarding health indicators, tomato pulp consumption led to an improvement in fecal score compared to the control treatment. Blood analyses performed in this study showed that the 15% tomato pulp treatment had the lowest serum cholesterol and LDL levels. Given the high lymphocyte count in the blood of calves consuming tomato pulp, lycopene and vitamin C in tomato pulp can have a positive effect on the immune system of Holstein calves.

Keywords: Blood metabolites, Dairy calf, Rumen parameters, Tomato pomace

اثر افزودن تفاله گوجه‌فرنگی (*solanum lycopersicum*) بر فراسنجه‌های تخمیر در شکمبه، سلامت و رشد گوساله‌های شیری هلشتاین

رضا اکبری داهوئی^۱، مسعود علیخانی^۱، رحمان جهانیان^۱، مجید سواری^{۲*}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۲۹

چکیده

جایگزینی منابع الیافی غیرعلوفه‌ای به جای غلات جیره می‌تواند راهکار مناسبی در جهت بهبود شرایط شکمبه‌ای باشد. پژوهش حاضر به منظور بررسی تأثیر تفاله گوجه‌فرنگی (*solanum lycopersicum*) خشک‌شده بر فراسنجه‌های شکمبه‌ای و خونی گوساله‌های شیری هلشتاین انجام شد. مطالعه حاضر با استفاده از ۳۰ رأس گوساله هلشتاین تازه متولدشده (میانگین وزن: 39.7 ± 0.2 کیلوگرم) در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار و ۱۰ تکرار انجام گردید. تیمارهای غذایی شامل ۱- استارتر پلت به عنوان شاهد، ۲- خوراک آغازین پلت جایگزین‌شده با ۷/۵ درصد تفاله گوجه‌فرنگی خشک و ۳- استارتر پلت جایگزین‌شده با ۱۵ درصد تفاله گوجه‌فرنگی خشک به صورت مخلوط. در ۷۰ روزگی، با استفاده از لوله مری و پمپ خلأ نمونه‌گیری مایع شکمبه حدود سه ساعت پس از تغذیه صبح انجام شد. خون‌گیری در سنین ۳۵ و ۷۰ روزگی از تعداد شش گوساله در هر تیمار از سیاهرگ و داج سه ساعت پس از خوراک صبح انجام شد. داده‌های به‌دست‌آمده توسط نرم‌افزار SAS ویرایش ۲۱ و رویه مختلط مورد آنالیز قرار گرفت. سطح معنی‌داری پنج درصد در نظر گرفته شد. ماده خشک مصرفی و افزایش وزن روزانه در کل دوره به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت ($P < 0.01$). تیمار شامل ۱۵ درصد تفاله گوجه‌فرنگی خشک‌شده بالاترین و شاهد کمترین مقدار ماده خشک مصرفی و افزایش وزن روزانه را در کل دوره داشتند. بالاترین pH شکمبه در بعد از شیرگیری در تیمار شامل ۱۵ درصد تفاله گوجه‌فرنگی خشک بود و این تیمار تفاوت معنی‌داری نسبت به شاهد نشان داد ($P < 0.01$). تیمار شامل ۱۵ درصد تفاله گوجه‌فرنگی بالاترین و شاهد کمترین غلظت ازت آمونیاکی شکمبه را در ۷۰ روزگی داشتند. تیمار شامل ۱۵ درصد تفاله گوجه‌فرنگی خشک‌شده بالاترین و شاهد پایین‌ترین تعداد لنفوسیت را در بین تیمارها داشتند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، استفاده از تفاله گوجه‌فرنگی خشک منجر به بهبود شرایط تخمیر شکمبه‌ای و کاهش رفتارهای غیر تغذیه‌ای (لیس زدن به دیوار و ...) شد.

واژه‌های کلیدی: تفاله گوجه‌فرنگی، عملکرد، فراسنجه‌های شکمبه‌ای، متابولیت‌های خونی

مقدمه

بیشتر علوفه‌ها داشته باشند که این امر به دلیل مقدار بالای الیاف قابل تخمیر آن‌ها می‌باشد (Heuer et al., 1999). استفاده از منابع الیافی غیرعلوفه‌ای می‌تواند اثر معنی‌داری بر بخش‌های پروتئینی جیره داشته باشد. برخی از منابع الیافی غیرعلوفه‌ای مثل خوراک گلوتن ذرت، منبع پروتئینی بسیار هضم‌پذیری را فراهم می‌کنند، درحالی‌که منابع دیگر مثل پس‌مانده تقطیر الکلی با مواد محلول منابع پروتئینی عبوری بیشتری را فراهم می‌کنند، به‌خصوص هنگامی‌که به‌صورت خشک تغذیه شوند (Kononoff et al., 2007). براساس مطالعات گذشته، الیاف نامحلول در شوینده خنثی حاصل از منابع الیاف غیر علوفه‌ای فقط ۰/۳۵ برابر الیاف نامحلول در شوینده خنثی حاصل از علوفه، در حفظ pH شکمبه مؤثر است. فیرکینز (Firkins, 1997) نتیجه گرفت که الیاف نامحلول در شوینده خنثی حاصل از منابع الیاف غیرعلوفه‌ای حدود ۰/۶ برابر الیاف نامحلول در شوینده خنثی حاصل از علوفه در حفظ قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی در

با توجه به کمبود منابع خوراک دام در کشور و از طرفی افزایش روزافزون جمعیت و در نتیجه افزایش تقاضا برای تولیدات دامی، استفاده از فرآورده‌های فرعی و پسماندهای کارخانجات کشت و صنعت می‌تواند یکی از راهکارهای عملی برای حل مشکلات کمبود خوراک دام باشد (Persia et al., 2003). بسیاری از محصولات جانبی تولیدشده در کارخانجات، الیاف نسبتاً بالایی دارند و به‌طور خاص برای خوراک نشخوارکنندگان مناسب می‌باشند (Mowrey & Spain, 1999). محصولات جانبی الیافی، اندازه ذرات کوچک‌تری نسبت به بیشتر علوفه‌ها دارند، اما می‌توانند مقدار انرژی بالاتری نسبت به

۱- گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

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

(*) نویسنده مسئول: Email: majid.savari@semnan.ac.ir

<https://doi.org/10.22067/IJASR.2025.91127.1225>

گوجه‌فرنگی است. قسمت عمده این الیاف در بخش پوسته قرار داشته و منجر به کاهش دسترسی انرژی تفاله گوجه‌فرنگی می‌گردد (Kiaei & Mansoori, 2008).

در مطالعه عبدالله‌زاده و همکاران (Abdollahzadeh et al., 2010) با جایگزینی تفاله گوجه و تفاله سیب (pumila) (Malus) (نسبت ۵۰:۵۰) به جای علوفه یونجه در جیره گاوهای اواسط شیر-دهی، مصرف خوراک در تیمارهای حاوی تفاله نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری داشت، همچنین این جایگزینی باعث افزایش قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی شد. تولید شیر تیمارهای حاوی تفاله افزایش یافت، اما ترکیبات شیر تغییری نکرد. طبق آزمایش چرخ و همکاران (Church et al., 2004)، تفاله گوجه‌فرنگی با هفت درصد پکتین و تفاله سیب با ۱۵ درصد پکتین می‌توانند به باکتری‌های شکمبه در تولید اسید استیک جهت فرآیند تخمیر و تولید چربی شیر کمک کنند. (Yuangklang et al., 2007) نشان دادند که تفاله خشک گوجه تأثیر معنی‌داری بر غلظت اسیدهای چرب فرار شکمبه نداشت، اما pH شکمبه افزایش پیدا کرد. هرب و همکاران (Harb et al., 1986) گزارش دادند که تفاله خشک گوجه‌فرنگی را می‌توان تا بیش از ۲۵ درصد جیره بره‌ها اضافه نمود، بدون آنکه اثر منفی بر عملکرد آن‌ها داشته باشد. با توجه به اهمیت موضوع، مطالعه حاضر به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف پودر تفاله گوجه‌فرنگی بر فراسنج‌های شکمبه‌ای و متابولیت‌های خونی گوساله‌های هلشتاین انجام شد.

مواد و روش‌ها

تیمارهای آزمایشی

مطالعه حاضر با استفاده از ۳۰ رأس گوساله هلشتاین (میانگین وزن: $39/7 \pm 0/2$ کیلوگرم) در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار و ۱۰ تکرار (پنج گوساله نر و پنج گوساله ماده) تا سن ۷۰ روزگی، در شرکت کشت و دام نامفر واقع در استان اصفهان انجام گردید. تیمارهای آزمایشی شامل ۱- استارتر پلت به‌عنوان شاهد، ۲- استارتر پلت جایگزین شده با ۷/۵ درصد تفاله گوجه و ۳- استارتر پلت جایگزین شده با ۱۵ درصد تفاله گوجه به‌صورت مخلوط، ترکیبات غذایی و شیمیایی جیره شاهد (پلت) و همچنین ترکیب شیمیایی تفاله خشک گوجه‌فرنگی به‌ترتیب در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است.

دستگاه گوارش مؤثر است (Firkins, 1997). میزان عمل نشخوار، با مصرف الیاف نامحلول در شوینده خنثی همبستگی بالایی دارد. جیره‌های با میزان علوفه پایین که حاوی مقادیر بالایی از منابع الیاف غیرعلوفه‌ای باشند، میزان نشخوار کردن به‌ازای هر واحد الیاف نامحلول در شوینده خنثی علوفه‌ای را افزایش می‌دهند (Grant, 1997). گران (Grant, 1997) نتیجه‌گیری کرد که گاوها ممکن است یک سازوکار سازش‌پذیری داشته باشند که آن‌ها را قادر می‌سازد در زمانی که از جیره‌های با مقادیر پایین تا متوسط الیاف مؤثر مصرف می‌کنند، آن‌ها را به‌طور مؤثرتری بچوند (Jeffrey & Firkins, 1997; Grant, 1997).

بسیاری از منابع الیافی غیرعلوفه‌ای، مواد مغذی ارزشمند دیگری را نیز علاوه بر الیاف قابل هضم فراهم می‌کنند که در اغلب موارد، این ماده مغذی پروتئین می‌باشد، بنابراین معمولاً منابع الیافی غیرعلوفه‌ای جایگزین ترکیبی از دانه غلات و کنجاله دانه‌های روغنی در جیره گاوهای شیری می‌شوند (Dentine, 1988; Armentano & Younker et al., 1998). تفاله گوجه‌فرنگی (solanum lycopersicum) یکی از فرآورده‌های جانبی صنایع رب‌سازی است که بسته به روش فرآوری و خصوصیات گوجه‌فرنگی خام نسبت‌های متفاوت پوست، دانه و مقادیر اندکی گوشت گوجه‌فرنگی است. در ایران، سالانه حدود ۸۱۰۰ تن تفاله گوجه‌فرنگی مرطوب تولید می‌شود که می‌تواند آلودگی زیست‌محیطی را به دنبال آورد (2008 Mohebedini et al., متیونین و لایزین، اسیدهای آمینه محدودکننده تفاله گوجه‌فرنگی می‌باشند (Porter et al., 2007). تفاله گوجه‌فرنگی از لحاظ ترکیبات شیمیایی دارای میزای بالایی پروتئین خام (حدود ۲۲ تا ۲۵ درصد) است، بنابراین می‌تواند به‌عنوان یک منبع پروتئین ارزان‌قیمت در تغذیه دام‌های اهلی مورد استفاده قرار گیرد (Mohebedini et al., 2008). بررسی‌ها نشان داده است که تفاله گوجه‌فرنگی با دارا بودن حدود ۲۲ درصد پروتئین، ۱۰ درصد چربی و ۵۵ درصد فیبر نامحلول در شوینده خنثی^۱ به‌عنوان یک غذای با ارزش در تغذیه دام‌های پرواری و شیری مورد استفاده قرار گیرد (Mohebedini et al., 2008). گاسا و همکاران (Gasa et al., 1988)، گزارش کردند که تفاله گوجه‌فرنگی می‌تواند به‌عنوان یک منبع خوب برای پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه، در تغذیه نشخوارکنندگان مورد استفاده قرار گیرد. همچنین بررسی‌ها نشان می‌دهد که با جایگزین کردن ۱۵ درصد تفاله گوجه‌فرنگی در جیره گاوهای شیری تولید شیر افزایش یافته است (Gasa et al., 1988). تفاله گوجه‌فرنگی منبع خوب پروتئین ویتامین‌ها و مواد معدنی است (Mohebedini et al., 2008). محدودیت عمده در استفاده از این ضایعات در جیره دام و طیور و میزان فیبر نسبتاً بالای تفاله

1 -Neutral detergent fiber (NDF)

جدول ۱- اجزاء و ترکیب شیمیایی جیره شاهد (پلت)

Table 1- Ingredient and nutrient composition of the control diet (pellet)

اقلام خوراکی Ingredient of diet	درصد از ماده خشک % of DM
ذرت Corn grain	42.10
جو Barley grain	19.00
سویا Soybean meal	27.50
تفاله چغندر Beet pulp	3.00
ملاس Molasses	2.80
کلسیم کربنات Calcium carbonate	1.40
جوش شیرین Sodium bicarbonate	2.00
مکمل معدنی ^۱ Mineral supplement	1.00
مکمل ویتامینه ^۲ Vitamin supplement	1.00
خمیر Yeast	0.20
ترکیب مواد مغذی Nutrients composition	
ماده خشک Dry matter	89.00
پروتئین خام Crude protein	20.50
انرژی قابل متابولیسم Metabolizable Energy	2.73
الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral Detergent Fiber	12.80
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid Detergent Fiber	6.59
خاکستر Ash	5.80
فسفر P	0.40
کلسیم Ca	0.72
چربی Ether extract	2.98

^۱ براساس ماده خشک هر کیلوگرم حاوی به‌ترتیب ۱۶، ۴۰، ۱۵، ۸، ۱۰، ۰/۸ و ۲۰ گرم روی، کبالت، مس، ید، آهن، منگنز، سلنیم و منسین ۱۰ درصد می‌باشد.

^۲ به‌ترتیب حاوی ۱۳۰۰، ۳۶۰ و ۱۲ هزار واحد بین المللی بر کیلوگرم ویتامین A، D و E است.

^۱ Composition: 16.0 g/kg of Zn, 0.12 g/kg of Co, 4.0 g/kg of Cu, 0.15 g/kg of I, 0.8 g/kg of Fe, 10.0 g/kg of Mn, 0.08 g/kg of Se, and 20 g/kg monensin 10%.

^۲ 1,300,000 IU/kg of vitamin A, 360,000 IU/kg of vitamin D, and 12,000 IU/kg of vitamin E,

جدول ۲- ترکیب شیمیایی تفاله گوجه‌فرنگی

ترکیب شیمیایی	درصد ماده خشک
Chemical composition	% of DM
ماده خشک	96.00
Dry matter	
پروتئین	23.36
Crude protein	
چربی	16.80
Ether extract	
خاکستر	4.20
Ash	
فیبر نامحلول در شوینده خنثی	51.64
Neutral Detergent Fiber	

مدیریت تغذیه و سلامت گوساله‌ها

گوساله‌ها در سه روز اول زندگی با چهار لیتر آغوز و از روز ۴ تا ۵۰ روزانه دو بار (هشت صبح و چهار عصر)، با پنج لیتر شیر خشک و از ۵۰ تا ۵۵ روزگی، یک مرتبه در روز (تنها وعده عصر) با ۲/۵ لیتر شیر خشک تغذیه شدند. در تمامی گوساله‌ها مصرف جایگزین شیر در ۵۶ روزگی متوقف گردید. گوساله‌ها از سن سه روزگی دسترسی آزاد به آب و خوراک آغازین داشتند. گوساله‌ها در جایگاه‌های انفرادی و روی بستر کاه نگهداری می‌شدند و بستر روزانه تعویض و تمیز می‌شد. برای سلامت گوساله‌های مورد مطالعه در پژوهش حاضر به‌طور پیوسته هر روز از نظر بروز اسهال، پنومونی و نفخ مورد ارزیابی قرار می‌گرفتند. تأثیر احتمالی تیمارها بر سلامت گوساله‌ها از نظر اسکور مدفوع به‌صورت روزانه برای تمامی گوساله‌ها بررسی شد (Khan et al., 2007).

جمع‌آوری نمونه‌ها

مصرف ماده خشک

مصرف خوراک به‌صورت هفتگی اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری مصرف ماده خشک کل در دوره قبل از شیرگیری، مقدار شیر خشک و خوراک آغازین مصرفی در ماده خشک آن‌ها ضرب شده و جمع شد. نمونه‌گیری از خوراک به‌صورت هفتگی برای هر تیمار انجام و نمونه‌ها تا انجام تجزیه آزمایشگاهی در ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگه داری شدند.

نمونه‌گیری مایع شکمبه

به‌منظور بررسی تأثیر جیره‌های آزمایشی بر تخمیر شکمبه‌ای، از هر تیمار از شش گوساله، (سه گوساله نر و سه گوساله ماده) در ۷۰ روزگی با استفاده از لوله مری و پمپ خلأ نمونه‌گیری انجام شد. نمونه‌گیری مایع شکمبه حدود سه ساعت پس از تغذیه صبح انجام

شد. ابتدا محتوای مایع شکمبه از پارچه متقال چهار لایه عبور داده شد و سپس pH محتویات شکمبه توسط دستگاه pH متر اندازه‌گیری شد. سپس به‌ازای هر ۱/۲ سی سی مایع شکمبه مقدار ۰/۳ میلی‌لیتر متا فسفریک ۲۵ درصد به آن افزوده شد (Savari et al., 2018). نمونه‌ها جهت آنالیز اسیدهای چرب فرار با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگرافی (Chrompack cp 9002) به فریزر با دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. همچنین مقدار یک سی سی از مایع شکمبه برای بررسی نیتروژن آمونیاکی شکمبه سریعاً به فریزر با دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد منتقل شد.

تعیین نیتروژن آمونیاکی شکمبه

جهت اندازه‌گیری نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه، مایع شکمبه جمع‌آوری شده در ۷۰ روزگی را در سانتریفیوژ با $3000 \times g$ به‌مدت ۱۰ دقیقه قرار داده و پس از جداسازی سرم نمونه‌ها به‌میزان ۵۰ میکرولیتر، آن را با پنج میکرولیتر آب مقطر، ۲/۵ میکرولیتر فنول و دو میکرولیتر هیدروکلریک اسید مخلوط و به‌مدت پنج دقیقه در بن‌ماری در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده و پس از سرد شدن میزان نیتروژن آمونیاکی توسط دستگاه اسپکتوفتومتری (Milton roy) با طول موج ۶۳۰ نانومتر اندازه‌گیری و توسط استانداردهای موجود تصحیح شد (Savari et al., 2018).

آماده‌سازی مایع شکمبه جهت تعیین غلظت اسیدهای چرب فرار

برای این منظور، نمونه مایع شکمبه پس از یخ‌گشایی در میکروتیوب‌های ۱/۵ میلی‌لیتری ریخته شده و ۱۲ دقیقه با دور ۱۰۰۰۰ در دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس به‌وسیله سمپلر ۱۲۰۰ میکرولیتر از مایع رویی برداشته و به میکروتیوب‌های حاوی ۲۰۰ میکرولیتر اسید کروتونیک منتقل کرده و دوباره به‌مدت پنج دقیقه با دور ۲۰۰۰ در دقیقه سانتریفیوژ شدند. پس از آن، یک میکرولیتر از نمونه‌های آماده

دوره، IBW: وزن اولیه گوساله، β_1 : ضریب رگرسیون مشاهدات از وزن اولیه، β_2 : ضریب رگرسیون مشاهدات از دوره‌ها، β_{3i} : ضریب رگرسیون مشاهدات از اثر متقابل تیمار $\times$ دوره و e_{ijkl} : اشتباه تصادفی با میانگین صفر و واریانس σ^2 است.

نتایج و بحث

ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی

میانگین پروتئین، ADF، NDF، جیره شاهد همراه با ۷/۵ درصد و ۱۵ درصد تفاله گوجه در **جدول ۳** نشان داده شده است.

مصرف خوراک و افزایش وزن روزانه

میانگین کل ماده خشک مصرفی گوساله‌های تغذیه‌شده با جیره‌های آزمایشی در **جدول ۴** نشان داده شده است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، ماده خشک مصرفی و خوراک آغازین مصرفی در کل دوره به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرارگرفت ($P < 0.0001$). تیمار شامل ۱۵ درصد تفاله گوجه‌فرنگی بالاترین و شاهد کمترین میزان ماده خشک مصرفی را در کل دوره داشتند. تیمار شامل ۱۵ درصد تفاله گوجه تفاوت معنی‌داری نسبت به شاهد ($P = 0.0001$) و ۷/۵ درصد تفاله ($P = 0.049$) نشان داد. همچنین بین تیمار ۷/۵ درصد تفاله گوجه و شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($P = 0.020$). در مطالعات قبلی نشان داده شد که افزایش منابع فیبری مانند پوسته پنبه‌دانه (Hill et al., 2009) یا کاه خردشده (Thomas and Hinks, 1982) به خوراک آغازین موجب افزایش مصرف خوراک در قبل و بعد از شیرگیری شده است. شاید افزایش pH شکمبه بر اثر تغذیه تفاله گوجه به‌دلیل افزایش رفتار نشخوار و ترشح بزاق بیشتر، موجب مصرف خوراک بیشتر در تیمارهای حاوی تفاله گوجه در قبل از شیرگیری و کل دوره آزمایش شده است، چرا که لارمن و همکاران (Laarman et al., 2012)، همبستگی مثبتی بین pH شکمبه و مصرف خوراک در گوساله‌ها مشاهده نمودند.

میانگین افزایش وزن روزانه در **جدول ۴** ارائه شده است. نتایج نشان داد که افزایش وزن روزانه در کل دوره تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرارگرفت، به‌طوری‌که در تیمار شامل ۱۵ درصد تفاله گوجه‌فرنگی بالاترین و در شاهد پایین‌ترین بود ($P = 0.02$)، تیمار دارای ۷/۵ درصد تفاله گوجه‌فرنگی نسبت به شاهد و همچنین تیمار ۱۵ درصد تفاله گوجه‌فرنگی اختلاف معنی‌داری نداشت. بررسی‌ها نشان داد که هضم منابع فیبری و علوفه‌ای نسبت به کنسانتره حرارت افزایشی بیشتری تولید می‌کند (Heinrichs & Ross, 1991). با توجه به اینکه این طرح در زمستان انجام شد و گوساله‌ها تحت تنش سرمایی شدید بودند، مصرف خوراک بالاتر در گروه‌های دریافت‌کننده تفاله گوجه‌فرنگی و بهبود محیط و شرایط تخمیری شکمبه و حرارت

شده به‌وسیله سرنگ ۱۰ میکرولیتری برداشت شده و در دستگاه گازکروماتوگرافی (Chrompack cp 9002) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند (Savari et al., 2018).

نمونه‌گیری از خون

خون‌گیری با کمک لوله‌های خلاءدار (ونوجکت نه سی سی هپارین‌دار)، در سنین ۳۵ و ۷۰ روزگی از تعداد شش گوساله در هر تیمار (سه گوساله نر و سه گوساله ماده) از سیاهرگ وداچ، سه ساعت پس از تغذیه شیر در دوره شیرخوارگی یا ارائه خوراک آغازین تازه در دوره پس از شیرگیری (قبل از وزن‌کشی یا هر فعالیت تنش‌زای دیگر) به‌منظور اندازه‌گیری فاکتورهای خونی کلسترول، تری‌گلیسرید، لیپو پروتئین‌های با چگالی بالا^۱ و لیپو پروتئین‌های با چگالی کم^۲ انجام شد. سرم نمونه‌های خونی بلافاصله پس از خون‌گیری با قرار دادن لوله‌ها به‌مدت ۲۰ دقیقه در سانتریفیوژ در ۳۰۰۰ دور در دقیقه جداسازی و به میکروتیوپ‌های ۱/۵ سی سی منتقل و تا زمان انجام آنالیزهای آزمایشگاهی در فریزر -۲۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. در ۷۰ روزگی از تعداد شش گوساله در هر تیمار (سه گوساله نر و سه گوساله ماده) با استفاده از لوله‌های خلاء هپارین‌دار از سیاهرگ وداچ نمونه خون برای اندازه‌گیری شمارش تفکیکی گلبول‌های سفید (CBC) گرفته و کنار یخ نگهداری و بلافاصله به آزمایشگاه انتقال داده شد.

آنالیز آماری

فراسنجه‌های مورد اندازه‌گیری در این آزمایش از سه دوره نمونه‌گیری حاصل شدند (صفر تا ۵۶ روزگی، ۵۶ تا ۷۰ روزگی و صفر تا ۷۰ روزگی) که توسط نرم‌افزار SAS و رویه Mixed مورد آنالیز قرار گرفت. اثر استارتر به‌عنوان اثر تیمار یا اثر اصلی، اثر گوساله به‌عنوان اثر تصادفی، اثر هفته‌ها به‌عنوان دوره و وزن اولیه و جنس گوساله‌ها به‌عنوان کوواریت (متغیر کمکی) در نظر گرفته شد. سطح معنی‌داری در رابطه با کلیه فراسنجه‌ها ($P < 0.05$) در نظر گرفته شد. با توجه به اینکه اثر جنس در هیچ یک از فاکتورها معنی‌دار نشد از مدل حذف گردید.

مدل آماری مورد استفاده در این آزمایش به‌صورت معادله ۱ می‌باشد:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + ANIM + P_j + \beta_1(IBW_{ijk} - \bar{IBW}) + \beta_2(P_k) + \beta_3(T \times P) + e_{ijkl} \quad (1)$$

که در آن، Y_{ijkl} : j امین مشاهده از i امین تیمار، μ : میانگین کل، T_i : اثر i امین تیمار، ANIM: اثر تصادفی حیوان، P_k : اثر k امین

1- High-Density Lipoprotein (HDL)
2- Low-density lipoprotein (LDL)

تیمار استارتر بافت‌دار شده، مصرف استارتر و افزایش وزن بالاتری نسبت به استارتر پلت داشت.

افزایشی بالاتر در این تیمارها، شاید بتواند افزایش وزن بهتر این گروه‌ها نسبت به گروه شاهد را توضیح دهد. فرانکلین و همکاران (Franklin et al., 2003) نشان دادند که گوساله‌های مصرف‌کننده

جدول ۳- میانگین پروتئین، NDF، ADF، جیره‌های آزمایشی

Table 3- Protein, ADF and NDF concentration in experimental diets

ماده - تشکیل‌دهنده (درصد ماده خشک)	شاهد	۷/۵ درصد تفاله گوجه	۱۵ درصد تفاله گوجه
Composition (% of DM)	Control	Tomato pomace: 7.5%)	Tomato pomace: 15%
پروتئین Crude protein	20.50	20.80	21.10
فیبر نامحلول در شوینده خنثی Neutral Detergent Fiber	12.80	14.20	17.90
فیبر نامحلول در شوینده اسیدی Acid Detergent Fiber	6.50	7.80	9.00

جدول ۴- تأثیر تفاله گوجه‌فرنگی بر عملکرد گوساله‌های شیری هلشتاین

Table 4- The effect of tomato pomace on the performance of Holstein dairy calves

پارامترها Parameters		تیمارها ^۱ Treatments ¹			خطای معیار SEM	سطح معنی‌داری ^۲ P-value ²
		شاهد Control	۷/۵٪ 7.5%	۱۵٪ 15%		
وزن بدن (کیلوگرم) Body weight (kg)	اولیه Initial	39.56	39.84	39.90	1.60	0.97
	شیرگیری Weaning	70.97	72.48	75.09	2.12	0.16
	نهایی Final	82.57 ^b	86.11 ^{ab}	89.22 ^a	2.23	0.02
افزایش وزن روزانه (گرم در روز) Average daily gain (g/day)	قبل از شیرگیری Before weaning	0.551	0.564	0.606	0.03	0.06
	بعد از شیرگیری After weaning	0.824 ^b	0.921 ^{ab}	1.038 ^a	0.07	0.02
	کل دوره Total	0.607 ^b	0.636 ^b	0.701 ^a	0.02	0.005
مصرف خوراک آغازین (کیلوگرم در روز) Starter intake (kg/day)	قبل از شیرگیری Before weaning	0.519 ^b	0.572 ^b	0.654 ^a	0.03	<0.0001
	بعد از شیرگیری After weaning	1.79	1.98	2.02	0.15	0.29
	کل دوره Total	0.774 ^c	0.854 ^b	0.922 ^a	0.03	<0.0001
ماده خشک مصرفی (کیلوگرم در روز) Dry matter intake (kg/day)	قبل از شیرگیری Before weaning	1.08 ^b	1.14 ^b	1.23 ^a	0.03	<0.0001
	بعد از شیرگیری After weaning	1.79	1.98	2.02	0.15	0.29
	کل دوره Total	1.22 ^c	1.30 ^b	1.37 ^a	0.03	<0.0001
بازده خوراک Feed efficiency	کل دوره Total	0.476	0.453	0.471	0.02	0.64

^۱ تیمارها به ترتیب شامل: گروه شاهد (پلت)، شاهد جایگزین شده با ۷/۵ درصد تفاله گوجه، شاهد جایگزین شده با ۱۵ درصد تفاله گوجه

^۲ حروف a, b, c در هر ردیف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی در سطح معنی‌داری پنج درصد می‌باشد.

¹ The treatments include: control group (pellet), control replaced with 7.5% tomato pulp, control replaced with 15% tomato pulp

² Different superscripts in each row indicate a significant different between treatments (P<0.05).

pH مایع شکمبه‌ای

نتایج مربوط به میانگین pH شکمبه گوساله‌های تغذیه‌شده با جیره‌های آزمایشی در ۷۰ روزگی در **جدول ۵** نشان داده شده است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده مشخص گردید که pH شکمبه در بعد از شیرگیری (۷۰ روزگی) تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرارگرفت ($P=0/008$). بالاترین pH شکمبه در بعد از شیرگیری در تیمار شامل ۱۵ درصد تفاله بود و این تیمار تفاوت معنی‌داری را نسبت به شاهد نشان داد ($P=0/009$). همچنین در این دوره تفاوت معنی‌داری بین شاهد و تیمار شامل ۷/۵ درصد تفاله وجود داشت ($P=0/02$). pH شکمبه حاصل از تولید، جذب و برداشت اسیدهای چرب فرار شکمبه و لاکتات، غلظت نیتروژن آمونیاکی، بافرینگ ذاتی (بزاق) و اکزوژنوس شکمبه‌ای است. به احتمال زیاد تیمارهای حاوی تفاله گوجه‌فرنگی به‌دلیل محتوای بالای الیاف توانسته‌اند که بر فعالیت جویدن، نشخوار و به‌دنبال آن ترشح بزاق تأثیرگذار باشند و منجر به افزایش pH شکمبه شوند. همچنین کاهش pH در تیمار پلت ناشی از حرارتی است که پلت در زمان فرآیند پلت‌سازی دریافت کرده است و باعث تجزیه سریع‌تر و بیشتر نشاسته در شکمبه و تولید سریع‌تر اسیدهای چرب فرار به‌دنبال آن کاهش جذب اسیدهای چرب فرار تولیدی می‌باشد (Suárez et al., 2007). همسو با نتایج ما، در مطالعه طهماسبی و همکاران (Tahmasebi et al., 2001) جایگزینی سطوح مختلف تفاله گوجه به‌جای سیلاژ ذرت، باعث افزایش pH شکمبه شد.

غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه

با توجه به نتایج موجود در **جدول ۵**، غلظت نیتروژن آمونیاکی در ۷۰ روزگی تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت ($P=0/05$). به نظر می‌رسد که مصرف هم‌زمان تفاله گوجه و جیره پلت، جریان بزاق به شکمبه را از طریق جویدن اولیه بیشتر و پس از آن نشخوار زودتر، افزایش می‌دهد، در نتیجه اوره بیشتری از طریق بزاق آزاد شده که باعث افزایش در نیتروژن آمونیاکی شکمبه شد (Gasa et al., 1988). موافق با نتایج ما یانگ‌کلانگ و همکاران (Yuangklang et al., 2007) در بررسی اثر جایگزینی تفاله خشک گوجه‌فرنگی به‌جای کنجاله سویا مشاهده کردند که ازت آمونیاکی شکمبه، درصد نیتروژن اوره‌ای خون، نیتروژن ادرار و مدفوع با افزایش سطوح تفاله گوجه‌فرنگی در جیره افزایش پیدا کرد.

غلظت اسیدهای چرب فرار

غلظت استات در ۷۰ روزگی تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت ($P=0/04$) و مقدار آن در تیمار شامل ۱۵ درصد تفاله بالاتر بود که به احتمال زیاد حضور تفاله گوجه و ماهیت فیبری آن در این تیمارها

علتی برای افزایش میزان استات در آن‌ها می‌باشد. تیمارهای آزمایشی اثر معنی‌داری بر غلظت پروپیونات، ایزوبوتیرات و والرات نداشتند ($P>0/05$). نسبت استات به پروپیونات تمایل به معنی‌داری را در طی این دوره نشان داد ($P=0/08$). غلظت بوتیرات در ۷۰ روزگی تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرارگرفت ($P=0/001$) و بیشترین مقدار آن مربوط به جیره شاهد و کمترین مقدار مربوط به ۱۵ درصد تفاله بود. شاهد بیشترین غلظت کل اسیدهای چرب فرار و تیمار ۱۵ درصد تفاله گوجه کمترین مقدار را داشت، اما اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد ($P=0/52$). کستلر و همکاران (Castells et al., 2013) گزارش کردند که افزایش سطح الیاف جیره موجب افزایش نسبت استات به پروپیونات و بوتیرات شد، اما غلظت کل اسیدهای چرب فرار در شکمبه کاهش یافت. در همین رابطه مطابق با مطالعات قبلی، میزان بوتیرات و والرات بر اثر افزودن ۱۵ درصد تفاله گوجه در کنار پلت کاهش یافتند. در مطالعه یانگ‌کلانگ و همکاران (Yuangklang et al., 2007)، جایگزینی تفاله خشک گوجه‌فرنگی به‌جای کنجاله سویا تأثیر معنی‌داری بر غلظت اسیدهای چرب فرار شکمبه نداشت.

نمره مدفوع

نتایج به‌دست‌آمده (جدول ۶) نشان داد که اسکور مدفوع در قبل از شیرگیری تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت ($P=0/004$) و تیمارهای شامل تفاله گوجه‌فرنگی نمره مدفوع کمتری نسبت به شاهد داشتند. در دوره بعد از شیرگیری اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد ($P=0/28$). هرچند از نظر عددی تیمارهای شامل تفاله گوجه‌فرنگی نمره مدفوع کمتری داشتند. مطابق با نتایج ما پورتر و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که نمره مدفوع در گوساله‌های تغذیه شده با خوراک آغازین پرالیاف نسبت به کم‌الیاف، کمتر بوده است (Porter et al., 2007). در این مطالعه نیز نمره مدفوع گوساله‌های تغذیه‌شده با تفاله گوجه در خوراک آغازین (محتوای فیبر بالاتر) نسبت به گروه شاهد (محتوای فیبر پایین) کمتر بوده است. در مطالعه پورتر و همکاران (Porter et al., 2007) استفاده از پوسته پنبه‌دانه به‌عنوان منبع فیبر غیرعلوفه‌ای در استارتر گوساله موجب بهبود نمره مدفوع گوساله‌ها شد.

متابولیت‌های خونی

نتایج به‌دست‌آمده در مورد غلظت متابولیت‌های خونی گوساله‌ها در دو دوره مربوط به تیمارهای مختلف در **جدول ۷** نشان داده شده است. با توجه به نتایج مشخص شده است که غلظت کلسترول سرم خون گوساله‌ها تحت تأثیر دوره‌های آزمایشی قرار گرفته است ($P=0/01$).

جدول ۵- تأثیر تفاله گوجه‌فرنگی بر فراسنجه‌های تخمیر شکمبه‌ای در گوساله‌های شیری هلشتاین (میلی‌مول بر لیتر)

Table 5- The effect of tomato pomace on ruminal fermentation parameters of Holstein dairy calves (mmol/L)

فراسنجه‌ها Parameters	تیمارها ^۱ Treatments			خطای معیار SEM	سطح معنی‌داری ^۲ P-value ²
	شاهد Control	% ۷/۵ 7.5%	% ۱۵ 15%		
pH شکمبه Rumen pH	5.21 ^b	5.54 ^a	5.61 ^a	0.11	0.008
ازت آمونیاکی شکمبه Ruminal ammonia nitrogen	7.04 ^b	8.37 ^{ab}	9.48 ^a	0.89	0.05
استات Acetate	38.05 ^b	42.46 ^{ab}	45.18 ^a	2.49	0.04
پروپیونات Propionate	41.75	40.19	39.23	2.50	0.62
نسبت استات به پروپیونات Acetate: propionate	0.96	1.05	1.15	0.09	0.08
بوتیرات Butyrate	18.67 ^a	11.36 ^b	9.69 ^b	1.94	0.001
ایزوبوتیرات Isobutyrate	0.41	0.36	0.34	0.05	0.36
والرات Valerate	4.20	3.92	3.80	1.14	0.96
غلظت کل اسیدهای چرب فرار Total Volatile Fatty Acids	180.87	172.75	162.18	15.96	0.52

^۱ تیمارها به ترتیب شامل: گروه شاهد (پلت)، شاهد جایگزین شده با ۷/۵ درصد تفاله گوجه‌فرنگی، شاهد جایگزین شده با ۱۵ درصد تفاله گوجه‌فرنگی

^۲ حروف a, b, c در هر ردیف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی در سطح معنی‌داری پنج درصد می‌باشد.

¹ The treatments include: control group (pellet), control replaced with 7.5% tomato pulp, control replaced with 15% tomato pulp

² Different superscripts in each row indicate a significant different between treatments (P<0.05).

جدول ۶- تأثیر تفاله گوجه‌فرنگی بر اسکور مدفوع^۱ گوساله‌های شیری هلشتاین

Table 6- The effect of tomato pomace on fecal score of Holstein dairy calves

مرحله Stage	تیمارها ^۲ Treatment ²			خطای معیار SEM	سطح معنی‌داری ^۳ P-value ³
	شاهد Control	% ۷/۵ 7.5%	% ۱۵ 15%		
قبل از شیرگیری Before weaning	1.42 ^a	1.28 ^b	1.26 ^b	0.03	0.004
بعد از شیرگیری After weaning	1.13	1.12	1.07	0.03	0.28

^۱ ۱: نرمال، ۲: صاف تا شل، ۳: شل تا آبکی، ۴: آبکی، موکوس، اندکی خونی، ۵: آبکی، موکوسی و خونی.

^۲ تیمارها به ترتیب شامل: گروه شاهد (پلت)، شاهد جایگزین شده با ۷/۵ درصد تفاله گوجه، شاهد جایگزین شده با ۱۵ درصد تفاله گوجه‌فرنگی

^۳ حروف a, b, c در هر ردیف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی در سطح معنی‌داری پنج درصد می‌باشد.

¹ 1: normal, 2: smooth to loose, 3: loose to watery, 4: watery, mucous, slightly bloody, 5: watery, mucous and bloody.

¹ The treatments include: control group (pellet), control replaced with 7.5% tomato pulp, control replaced with 15% tomato pulp

² Different superscripts in each row indicate a significant different between treatments (P<0.05).

با زیاد شدن سن گوساله‌ها، غلظت کلسترول سرم خون آن‌ها (et al., 2007) می‌باشد که نشان دادند، سطح کلسترول سرم با افزایش سن پایین‌تر می‌آید. این کاهش در کلسترول سرم را می‌توان

کاهش یافته است. این نتایج موافق با نتایج خان و همکاران (Khan

خون تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت ($P=0/14$). خان و همکاران (Khan et al., 2007) گزارش دادند که با افزایش سن گوساله‌ها، میزان تری‌گلیسیرید خون آن‌ها کاهش می‌یابد. معینی (Moini, 2014) نشان داد که با افزایش سن گوساله میزان تری-گلیسیرید سرم خون افزایش می‌یابد.

به میزان فعالیت کبد نسبت داد. در ابتدای تولد، کبد گوساله فعالیت پایینی دارد و بنابراین کلسترول کمتری را از خون حذف می‌کند و سطح کلسترول سرم بالا است. با افزایش سن گوساله، فعالیت کبد افزایش می‌یابد و بنابراین سرعت حذف کلسترول از خون افزایش یافته و سطح کلسترول سرم پایین می‌آید. غلظت تری‌گلیسیرید سرم

جدول ۷- تأثیر تفاله گوجه‌فرنگی بر متابولیت‌های خونی در گوساله‌های شیری هلشتاین

Table 7- The effect of tomato pomace on blood metabolites of Holstein dairy calves

مشخصه (میلی گرم بر دسی لیتر) Parameter (mg/dl)	تیمارها ^۱ Treatment ¹						خطای معیار SEM	سطح معنی داری ^۲ P-value ²
	شاهد		% ۷/۵		% ۱۵			
	Control		7.5%		15%			
	35	70	70	35	70			
کلسترول سرم Cholesterol	98.72	75.16	85.47	70.83	80.72	56.33	9.30	0.01
تری گلیسیرید Triglyceride	25.00	19.00	19.83	17.90	16.20	15.30	1.90	0.14
لیوپروتئین با دانسیته بالا HDL ³	55.16	49.66	56.83	52.83	59.66	55.83	2.60	0.07
لیوپروتئین با دانسیته پایین LDL ³	37.20	22.56	34.20	18.57	33.81	15.41	2.10	0.01

^۱ تیمارها به ترتیب شامل: گروه شاهد (پلت)، شاهد جایگزین شده با ۷/۵ درصد تفاله گوجه، شاهد جایگزین شده با ۱۵ درصد تفاله گوجه‌فرنگی

^۲ حروف a, b, c در هر ردیف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی در سطح معنی‌داری پنج درصد می‌باشد.

^۱ The treatments include: control group (pellet), control replaced with 7.5% tomato pulp, control replaced with 15% tomato pulp

^۲ Different superscripts in each row indicate a significant different between treatments ($P<0.05$)

^۳ High Density Lipoprotein, Low Density Lipoprotein

تفاله گوجه‌فرنگی بالاترین و شاهد پایین‌ترین تعداد لنفوسیت را در بین تیمارها داشتند. گزارشات وجود دارد که لیکوپن دو برابر بیشتر از بتاکاروتن می‌تواند لنفوسیت‌ها را از دی‌اکسید نیترژن که باعث آسیب غشایی و مرگ سلولی می‌شود، حمایت کند (Shi & Maguer, 2000). به نظر می‌رسد که لیکوپن و ویتامین C موجود در تفاله گوجه‌فرنگی می‌تواند تأثیر مثبتی بر سیستم ایمنی گوساله‌های هلشتاین داشته باشد.

نتیجه‌گیری کلی

حضور تفاله گوجه‌فرنگی خشک در جیره پلت سبب کاهش رفتار-های غیر تغذیه‌ای و افزایش مدت زمان مصرفی برای اعمال تغذیه‌ای همچون نشخوار کردن و خوردن شد. در رابطه با شاخص‌های سلامت، مصرف تفاله گوجه‌فرنگی خشک منجر به بهبود نمره مدفوع نسبت به شاهد شد. آنالیزهای خونی انجام‌شده در این طرح نشان داد که تیمار ۱۵ درصد تفاله گوجه، کمترین میزان کلسترول و LDL سرم را دارا بود. با توجه به بالا بودن تعداد لنفوسیت در خون گوساله‌های مصرف‌کننده تفاله گوجه‌فرنگی خشک، لیکوپن و ویتامین C موجود در تفاله گوجه‌فرنگی خشک می‌تواند تأثیر مثبتی بر سیستم

با توجه به نتایج مشخص شده است که سطح HDL سرم خون گوساله‌ها تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت ($P=0/07$)، اما تمایل به معنی‌داری داشت و با افزایش سن گوساله‌ها، میزان HDL سرم خون آن‌ها کاهش یافت. با توجه به نتایج مشخص شده است که غلظت LDL سرم خون گوساله‌ها تحت تأثیر دوره‌های آزمایشی قرار گرفته است ($P=0/01$)، و با زیاد شدن سن گوساله‌ها غلظت LDL سرم خون آن‌ها کاهش یافته است. این نتایج موافق با نتایج معینی (Moini, 2014) بود که گزارش دادند با افزایش سن گوساله‌ها سطح LDL سرم خون آن‌ها کاهش می‌یابد. روند کاهشی LDL سرم از ۳۵ تا ۷۰ روزگی را می‌توان این‌طور توجیه کرد که عدم غلظت بالای کلسترول به‌وسیله ایجاد توازن بین منابع کلسترول داخل و خارج سلولی به دست می‌آید. این توازن از طریق تنظیم فیدبک روی راه-های بیوستنز و هم‌چنین روی سنتز گیرنده‌های LDL حاصل می‌شود. بنابراین کاهش کلسترول سرم سبب افزایش گیرنده‌های سطح سلول برای LDL و بنابراین کنار رفتن LDL از مسیر گردش خون می‌شود و در نتیجه میزان LDL سرم کاهش می‌یابد (Friedman et al., 2000). در این آزمایش، تعداد لنفوسیت‌ها تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار گرفت ($P<0/05$)، به‌طوری‌که تیمار شامل ۱۵ درصد

References

1. Abdollahzadeh, F., Pirmohammadi, R., Fatehi, F., & Bernousi, I. (2010). Effect of feeding ensiled mixed tomato and apple pomace on performance of Holstein dairy cows. *Slovak Journal of Animal Science*, 43(1), 31-35.
2. Armentano, L. E., & Dentine, M. R. (1988). Wet corn gluten feed as a supplement for lactating dairy cattle and growing heifers. *Journal of Dairy Science*, 71, 990-995. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(88\)79645-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(88)79645-9).
3. Castells, L., Bach, A., Aris, A., & Terré, M. (2013). Effects of forage provision to young calves on rumen fermentation and development of the gastrointestinal tract. *Journal of Dairy Science*, 96(8), 5226-5236. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6419>.
4. Firkins, J. L. (1997). Effects of feeding nonforage fiber sources on site of fiber digestion. *Journal of Dairy Science*, 80(7), 1426-1437. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76072-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76072-7).
5. Franklin, S., Amaral-Phillips, D., Jackson, J., & Campbell, A. (2003). Health and performance of Holstein calves that suckled or were hand-fed colostrum and were fed one of three physical forms of starter. *Journal of Dairy Science*, 86(6), 2145-2153. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(03\)73804-1](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(03)73804-1).
6. Friedman, M., Fitch, T., & Yokoyama, W. (2000). Lowering of plasma LDL cholesterol in hamsters by the tomato glycoalkaloid tomatine. *Food and Chemical Toxicology*, 38(7), 549-553. [https://doi.org/10.1016/S0278-6915\(00\)00050-8](https://doi.org/10.1016/S0278-6915(00)00050-8).
7. Gasa, J., Castrillo, C., & Guada, J. (1988). Nutritive value for ruminants of the canning industry by-products: 1. Tomato pomace and pepper residues. *Investigación Agraria, Producción y Sanidad Animales* 1988, 3, 57-73.
8. Grant, R. J. (1997). Interactions among forages and nonforage fiber sources. *Journal of Dairy Science*, 80, 1438-1446. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76073-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76073-9).
9. Harb, M. (1986). Fattening of Awassi male lambs using tomato pomace. *Dirasat (Jordan)*, 13(5), 51-71.
10. Heinrichs, J., & Ross, D. (1991). Environment influences nutritional requirements of calves. *Feedstuffs*, 63, 12 - 14.
11. Heuer, C., Schukken, Y., & Dobbelaar, P. (1999). Postpartum body condition score and results from the first test day milk as predictors of disease, fertility, yield, and culling in commercial dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 82(2), 295-304. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75236-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75236-7).
12. Hill, S., Hopkins, B., Davidson, S., Bolt, S., Diaz, D., Brownie, C., Brown, T., Huntington, G. B., Whitlow, L. W. (2009). The addition of cottonseed hulls to the starter and supplementation of live yeast or mannanoligosaccharide in the milk for young calves. *Journal of Dairy Science*, 92(2), 790-798. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1320>.
13. Khan, M. A., Lee, H. J., Lee, W. S., Kim, H. S., Kim, S. B., Ki, K. S., Ha, J. K., Lee, H. G., & Choi, Y. J. (2007). Pre-and postweaning performance of Holstein female calves fed milk through step-down and conventional methods. *Journal of Dairy Science*, 90(2), 876-885. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(07\)71571-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(07)71571-0).
14. K Khan, M. A., Lee, H. J., Lee, W. S., Kim, H. S., Kim, S. B., Ki, K. S., Park, S. J., Ha, J. K., & Choi, Y. J. (2007). Starch source evaluation in calf starter: I. Feed consumption, body weight gain, structural growth, and blood metabolites in Holstein calves. *Journal of Dairy Science*, 90(11), 5259-5268. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0338>.
15. Kononoff, P. J., Ivan, S. K., & Klopfenstein, T. J. (2007). Estimation of the proportion of feed protein digested in the small intestine of cattle consuming wet corn gluten feed. *Journal of Dairy Science*, 90, 2377-2385. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-552>.
16. Laarman, A., Sugino, T., & Oba, M. (2012). Effects of starch content of calf starter on growth and rumen pH in Holstein calves during the weaning transition. *Journal of Dairy Science*, 95(8), 4478-4487. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4822>.
17. Mansoori, B., Modirsanei, M., & Kiaei, M. M. (2008). Influence of dried tomato pomace as an alternative to wheat bran in maize or wheat based diets, on the performance of laying hens and traits of produced eggs. *Iranian Journal of Veterinary Research*, 9: 341-346. <https://doi.org/10.22099/IJVR.2008.2616>.
18. Mohebedini, H., Bedbadek, S., & Qarakhani, M. (2008). Use of tomato pomace in feeding livestock and poultry. Proceedings of the first national congress of tomato production and processing. Mashhad. (In Persian).
19. Moini, H. (2014). The effect of the physical form of calf starter feed on liver and small intestine histology, blood metabolic indices and the population of some pathogenic bacteria in the small intestine, Master's Thesis, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology. (In Persian).
20. Mowrey, A., & Spain, J. N. (1999). Results of a nationwide survey to determine feedstuffs fed to lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 82(2), 445-451. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75251-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75251-3).
21. Persia, M., Parsons, C., Schang, M., & Azcona, J. (2003). Nutritional evaluation of dried tomato seeds. *Poultry Science*, 82(1), 141-146. <https://doi.org/10.1093/ps/82.1.141>.
22. Pond, W. G., Church, D. B., Pond, K. R., & Schoknecht, P. A. (2004). *Basic Animal Nutrition and Feeding*: John

- Wiley & Sons.
23. Porter, J. C., Warner, R. G., & Kertz, A. F. (2007). Effect of fiber level and physical form of starter on growth and development of dairy calves fed no forage. *The Professional Animal Scientist*, 23, 395-400. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30994-3](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30994-3)
24. Savari, M., Khorvash, M., Amanlou, H., Ghorbani, G.R., Ghasemi, E., Mirzaei, M. (2018). Effects of rumendegradable protein: rumen-undegradable protein ratio and corn processing on production performance, nitrogen efficiency, and feeding behavior of Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 101: 1–12 . <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12776>
25. Shi, J., & Maguer, M. L. (2000). Lycopene in tomatoes: chemical and physical properties affected by food processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 40(1), 1-42. <https://doi.org/10.1080/10408690091189275>
26. Suárez, B., Van Reenen, C., Stockhofe, N., Dijkstra, J., & Gerrits, W. (2007). Effect of roughage source and roughage to concentrate ratio on animal performance and rumen development in veal calves. *Journal of Dairy Science*, 90(5), 2390-2403. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-524>.
27. Tahmasebi, R. (2001). Investigating the chemical characteristics of corn and tomato pomace silage and its effect on the productive performance of Holstein dairy cows, Master's thesis in animal science, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian).
28. Thomas, D. B., & Hinks, C. E. (1982). The effect of changing the physical form of roughage on the performance of the early-weaned calf. *Animal Production*., 35, 375–384. <https://doi.org/10.1017/S0003356100001069>
29. Younker, R. S., Winland, S. D., Firkins, J. L., & Hull, B. L. (1998). Effects of replacing forage fiber or nonfiber carbohydrates with dried brewers grains. *Journal of Dairy Science*, 81, 2645–2656. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75822-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75822-9)
30. Yuangklang, C., Vasupen, K., Srenanul, P., Wongsuthavas, S., Mitchaothai, J., & Kongwaha, K. (2007). Effect of substitution of soybean meal by dried tomato pomace on feed intake, rumen fermentation and nitrogen utilisation in goats. *Proceedings of the British Society of Animal Science*, 2007, 134-134. <https://doi.org/10.1017/S1752756200020378>



Research Article

Vol. 17, No.3, 2025, p. 259-272

***In vitro* Ruminal Fermentation of Diets Containing Sugarcane Bagasse Treated with Ammonia and Sodium Hydroxide at Different Times**

Ehsan Rashnoo¹, Farshid Fatahnia¹, Seyyed Reza Mousavi¹, Yahya Mohammadi¹, Mohammad Shamsollahi^{1*}, Parisa Darat¹

1- Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran

*Corresponding Author's Email: m.shamsollahi@ilam.ac.ir

How to cite this article:

Received: 06-02-2025
Revised: 21-05-2025
Accepted: 25-05-2025
Available Online: 05-10-2025

Rashnoo, E., Fatahnia, F., Mousavi, S. R., Mohammadi, Y., shamsollahi, M., & Darat, P. (2025). *In vitro* ruminal fermentation of diets containing sugarcane bagasse treated with ammonia and sodium hydroxide at different times. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 17(3), 259-272. (in Persian with English abstract)

<https://doi.org/10.22067/IJASR.2025.91986.1236>

Introduction: Due to reduced rainfall and degradation of rangelands, some portion of ruminant feed is provided by agricultural by-products such as cereal straws and sugarcane bagasse (SB). A key strategy for achieving environmentally sustainable added value and providing animal feed is to convert agricultural by-products into animal feed. Sugarcane is one of the most important economic crops worldwide and is mostly used as a raw material in the sugar industry and it is produced in more than 100 countries around the world. Its biomass can be used as animal feed in many countries more than any other forage. The SB is one of the fibrous residues that remain after water extraction from the sugarcane stalk and can be used as a source of fodder for ruminants. However, it has been reported that these by-products have low protein (less than 3% on DM basis), high cellulose (more than 40% on DM basis), high hemicellulose (more than 35% on DM basis), high lignin (15% on DM basis), and low DM digestibility (20-30%). Some livestock producers use unprocessed SB in ruminant nutrition, which is not accompanied by desirable results on animal performance. Various methods including physical, chemical, and biological processing are used to change the physical and chemical nature of SB to improve its digestibility and nutritive value. Therefore, the current study aimed to investigate the effect of diets containing sugarcane bagasse (SB) treated with ammonia (NH₃) and sodium hydroxide (NaOH) for different times on chemical composition, ruminal fermentation parameters and dry matter (DM) and organic matter (OM) digestibility by gas production method.

Materials and Methods: The SB samples were obtained from a sugarcane factory located in Khuzestan province and treated with NH₃ and NaOH for 30 or 45 days under anaerobic condition. Experimental diets were 1- diet containing untreated SB stored for 30 days (Control-30), 2- diet containing treated SB with 5% NH₃ and stored for 30 days (NH₃ 5%-30), 3- diet containing treated SB with 4% NH₃ and 1% NaOH and stored for 30 days (NH₃ 4% + NaOH 1%-30), 4- diet containing treated SB with 3% NH₃ and 2% NaOH and stored for 30 days (NH₃ 3% + NaOH 2%-30), 5- diet containing untreated SB stored for 45 days (Control-45), 6- diet containing treated SB with 5% NH₃ and stored for 45 days (NH₃ 5%-45), 7- diet containing treated SB with 4% NH₃ and 1% NaOH solution stored for 45 days (NH₃ 4% + NaOH 1%-45) and 8- diet containing treated SB with 3% NH₃ and 2% NaOH solution stored for 45 days (NH₃ 3% + NaOH 2%-45). Experiment conducted by gas production (GP) technique based on completely randomized design based on 2×4 factorial. The chemical composition of soybean (DM, OM, crude



©2025 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.

<https://doi.org/10.22067/IJASR.2025.91986.1236>

protein [CP], and neutral detergent fiber) treated with different methods was analyzed after processing. Subsequently, in vitro ruminal fermentation parameters—including 24- and 96-hour gas production (GP), partitioning factor, efficiency of microbial mass production, methane production, and DM and OM digestibility were evaluated.

Results and Discussion: The results showed that treatment of SB with 5% NH₃ or 4% NH₃ and 1% NaOH and stored for 45 days had higher OM content than others ($P<0.05$). The greatest crude protein (CP) content was observed in SB treated with 5% NH₃ and stored for 30 or 45 days ($P<0.05$). The lowest neutral detergent fiber (NDF) content was observed in SB treated with 4% NH₃ and 1% NaOH or 3% NH₃ and 2% NaOH for 30 days ($P<0.05$). The lowest 24 h gas production (GP) was observed for Control-30 and Control-45 ($P<0.05$). The 24 h GP production of diets was increased with increasing NaOH for treating SB ($P<0.05$). Methane production, partitioning factor and efficiency of microbial mass production did not influence by processing method, storage time and their interaction ($P>0.05$). The greatest OM digestibility was observed for NH₃ 3%+ NaOH 2%-30 diet ($P<0.05$). The greatest GP potential was observed for NH₃ 3% + NaOH 2%-30 and NH₃ 3% + NaOH 2%-45 diets ($P<0.05$). The lowest lag time was observed for NH₃ 3% + NaOH 2%-30 and NH₃ 3% + NaOH 2%-45 diets ($P<0.05$).

Conclusion: In general, according to these results, it seems that processing of SB with 3% NH₃ and 2% NaOH solution and storage for 30 days had better effect on its nutritive value.

Keywords: Ammonia, Ruminal fermentation parameters, Sodium hydroxide, Sugarcane bagasse

تخمیر برون تنی جیره‌های دارای باگاس نیشکر فراوری شده با آمونیاک و سدیم هیدروکسید در زمان‌های مختلف

احسان رشنو^۱، فرشید فتاح‌نیا^۱، سید رضا موسوی^۱، یحیی محمدی^۱، محمد شمس الهی^{۱*}، پریسا دارات^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۰۴

چکیده

هدف از مطالعه حاضر، بررسی فرآیندهای تخمیر برون تنی و گوارش‌پذیری ماده خشک و ماده آلی جیره‌های دارای باگاس نیشکر فراوری شده با آمونیاک و سدیم هیدروکسید و ذخیره شده برای ۳۰ یا ۴۵ روز بود. نمونه‌های باگاس استفاده شده در جیره‌های آزمایشی شامل باگاس فراوری نشده، باگاس فراوری شده با محلول آمونیاک پنج درصد، باگاس فراوری شده با محلول آمونیاک چهار درصد و سدیم هیدروکسید یک درصد و باگاس فراوری شده با محلول آمونیاک سه درصد و سدیم هیدروکسید دو درصد بودند. بیشترین محتوای ماده آلی در باگاس فراوری شده با محلول آمونیاک پنج درصد یا آمونیاک چهار درصد و سدیم هیدروکسید یک درصد و ذخیره شده برای ۴۵ روز مشاهده شد. باگاس فراوری شده با آمونیاک پنج درصد و ذخیره شده برای ۳۰ یا ۴۵ روز محتوای پروتئین بیشتری داشت. کمترین محتوای الیاف شوینده خنثی در باگاس فراوری شده با آمونیاک پنج درصد یا آمونیاک اوره چهار درصد و سدیم هیدروکسید یک درصد و ذخیره شده برای ۳۰ روز مشاهده شد. بیشترین میزان گاز تجمعی ۲۴ ساعت، قابلیت هضم ماده آلی و ماده خشک و پتانسیل تولید گاز و همچنین کمترین زمان تأخیر به جیره دارای باگاس فراوری شده با آمونیاک سه درصد و سدیم هیدروکسید دو درصد و ذخیره شده برای ۳۰ یا ۴۵ روز ارتباط داشت. با توجه به این نتایج به نظر می‌رسد که فراوری با محلول آمونیاک سه درصد و محلول سدیم هیدروکسید دو درصد و ذخیره به مدت ۳۰ روز، روش مناسب‌تری برای فراوری باگاس نیشکر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پروتئین خام، توده میکروبی، فراسنجه‌های تخمیر برون تنی، قابلیت هضم

مقدمه

کنند، اما در حال حاضر به دلیل کمبود مواد مغذی، قابلیت هضم پایین، حجیم بودن و هزینه‌های حمل و نقل بالا، کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. هر چند که برخی دامداری‌های کوچک بدون انجام هیچ گونه فراوری از آن‌ها استفاده می‌کنند که بر عملکرد دام تأثیر منفی دارد (Madadi et al., 2023). یکی از این محصولات فرعی که اخیراً مورد توجه قرار گرفته است و به دلیل ارزان بودن به طور گسترده به عنوان جایگزین کاه گندم در واحدهای صنعتی و نیمه صنعتی پرورش دام استفاده می‌شود، باگاس یا تفاله نیشکر است. باگاس یا تفاله نیشکر به بقایای الیافی ساقه نیشکر پس از خرد کردن و عصاره‌گیری گفته می‌شود (Brendt et al., 2002). در ایران، سالیانه حجم انبوهی از باگاس نیشکر به خصوص در استان خوزستان تولید می‌شود. هر چند که مصرف باگاس به عنوان بخشی از مواد الیافی جیره غذایی دام مرسوم شده است، اما قابلیت هضم و تجزیه پذیری آن به دلیل ماهیت فیزیکی-شیمیایی و بالا بودن محتوای لیگنین بسیار پایین است و استفاده زیاد از آن در جیره باعث کاهش مصرف خوراک، اختلالات گوارشی و کاهش عملکرد حیوان خواهد شد (Shahbazi et al., 2009). یکی از راهکارهای افزایش

ایران جزء مناطق خشک و نیمه خشک بیابانی محسوب می‌شود و با کمبود محصولات زراعی و علوفه‌ای مواجه است که باعث می‌شود دامپروران همواره با کمبود منابع خوراک دام روبه‌رو شوند. گاهی اوقات دسترسی به علوفه‌های با کیفیت بالا به دلیل بالا بودن هزینه تهیه آن‌ها، شرایط نامساعد جوی یا کمبود زمین و آب به ویژه در مناطق خشک جهان، محدود است. بنابراین، یافتن و شناسایی مواد خوراکی جدید برای پرورش حیوانات مزرعه‌ای و تعیین ارزش غذایی آن‌ها و همچنین تعیین احتیاجات غذایی حیوانات همیشه مورد توجه متخصصان و پژوهشگران علوم دامی بوده است. یکی از راهکارهای برطرف کردن مشکلات مربوط به تهیه خوراک، استفاده از پسماندها یا محصولات فرعی زراعی یا صنعتی می‌باشد. پسماندهای محصولات کشاورزی می‌توانند بخش مهمی از خوراک نشخوارکنندگان را تأمین

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

(*)- نویسنده مسئول: Email: m.shamsolahi@ilam.ac.ir

<https://doi.org/10.22067/IJASR.2025.91986.1236>

دمای اتاق و در دورن نایلون سیلو شدند. پس از زمان مورد نظر، نمونه‌ها از درون نایلون خارج و به مدت پنج روز در معرض هوا قرار گرفتند و پس از خشک شدن کامل برای آنالیز شیمیایی ذخیره شدند. جیره‌های آزمایشی برای بره‌های پرواری (NRC, 2007) تهیه و آماده شدند. جیره‌های آزمایشی شامل ۱- جیره دارای باگاس فرآوری نشده و ذخیره شده به مدت ۳۰ روز، ۲- جیره دارای باگاس فرآوری شده با محلول آمونیاک پنج درصد و ذخیره شده به مدت ۳۰ روز، ۳- جیره دارای باگاس فرآوری شده با محلول آمونیاک چهار درصد و سدیم هیدروکسید یک درصد و ذخیره شده به مدت ۳۰ روز، ۴- جیره دارای باگاس فرآوری شده با محلول آمونیاک سه درصد و سدیم هیدروکسید دو درصد و ذخیره شده به مدت ۳۰ روز، ۵- جیره دارای باگاس فرآوری نشده و ذخیره شده به مدت ۴۵ روز، ۶- جیره دارای باگاس فرآوری شده با محلول آمونیاک پنج درصد و ذخیره شده به مدت ۴۵ روز، ۷- جیره دارای باگاس فرآوری شده با محلول آمونیاک چهار درصد و سدیم هیدروکسید یک درصد و ذخیره شده به مدت ۴۵ روز و ۸- جیره دارای باگاس فرآوری شده با محلول آمونیاک سه درصد و سدیم هیدروکسید دو درصد و ذخیره شده به مدت ۴۵ روز بودند. مواد خوراکی تشکیل دهنده جیره در جدول ۱ آمده است.

اندازه‌گیری ترکیب شیمیایی

محتوای ماده خشک، ماده آلی و پروتئین خام نمونه‌های باگاس براساس روش‌های استاندارد (AOAC, 2007) و الیاف شوینده خنثی نمونه‌ها براساس روش پیشنهادی ون سوست (Van Soest et al., 1991) اندازه‌گیری شد.

آزمون تولید گاز ۲۴ و ۹۶ ساعت

برای تعیین فراسنجه‌های تولید گاز، مایع شکمبه با استفاده از لوله مری از دو رأس گاو هلشتاین بالغ جمع‌آوری شد. برای اندازه‌گیری فراسنجه‌های تولید گاز از روش بلومل و همکاران (Blummel et al., 1997) و منک و همکاران (Menke et al., 1979) استفاده شد. برای آزمون تولید گاز ۲۴ ساعت، ۵۰۰ میلی گرم و برای آزمون تولید گاز ۹۶ ساعت، ۲۰۰ میلی گرم وزن خشک از هر کدام از جیره‌های آزمایشی به درون بطری‌های ۱۲۰ میلی لیتری مخصوص تولید گاز ریخته و تا زمان انجام آزمایش در آن با دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. لازم به ذکر است که آزمون تولید گاز ۲۴ و ۹۶ ساعت دو بار با فاصله یک هفته (Run) انجام گردید، به گونه‌ای که در نهایت برای هر جیره آزمایشی در مجموع شش تکرار در نظر گرفته شد.

قابلیت استفاده از خوراک‌های با قابلیت هضم پایین مانند باگاس در جیره نشخوارکنندگان، فرآوری آن است. روش‌های مختلف فرآوری شامل فیزیکی، شیمیایی، فیزیکی-شیمیایی، بیولوژیکی و غیره برای بهبود ارزش تغذیه‌ای پسماندهای کشاورزی استفاده می‌شود که هر کدام دارای معایب و مزایایی هستند (Chaudbry, 2000). فرآوری باعث تغییر ماهیت فیزیکی-شیمیایی این منابع خوراکی به منظور شکستن اجزاء دیواره سلولی می‌شود. بنابراین سبب بهبود قابلیت هضم آن‌ها می‌شود. از روش‌های فرآوری شیمیایی می‌توان به فرآوری با آمونیاک، سدیم هیدروکسید، کلسیم اکسید و اوره اشاره کرد (Dehghani et al., 2011). آمونیاک و سدیم هیدروکسید از جمله ترکیبات قلیایی می‌باشند که سبب شکستن پیوند لیگنین-سلولز شده و در نتیجه سبب افزایش قابلیت هضم آن می‌شوند. علاوه بر این، فرآوری با آمونیاک سبب افزایش محتوای نیتروژن باگاس نیز می‌شود. مانند سایر مواد خشبی، در مورد بهبود ارزش تغذیه‌ای باگاس نیشکر پژوهش‌هایی انجام شده است، اما اثرگذاری هر روش بستگی به عوامل مختلف مانند ترکیب شیمیایی باگاس، نوع واریته، نوع خاک و ... متفاوت خواهد بود، زیرا ترکیبات شیمیایی باگاس بسته به نوع خاک، شرایط اقلیمی، سال زراعی، نحوه برداشت و واریته آن متفاوت است (Givens et al., 1989). یکی از عواملی که ممکن است فرآوری شیمیایی باگاس را تحت تأثیر قرار دهد، مدت زمان فرآوری می‌باشد که در مورد باگاس تاکنون کار مشابهی انجام نشده است. در این پژوهش فرض شد که فرآوری باگاس نیشکر با مخلوط سدیم هیدروکسید و آمونیاک در زمان طولانی‌تر ممکن است که تأثیر بیشتری بر ارزش غذایی آن داشته باشد. بنابراین در این مطالعه، تخمیر برون تنی جیره‌های دارای باگاس فرآوری شده با محلول دارای سطوح مختلف آمونیاک و سدیم هیدروکسید به مدت ۳۰ یا ۴۵ روز بررسی خواهد شد.

مواد و روش‌ها

باگاس نیشکر از مجتمع کشت و صنعت هفت تپه واقع در استان خوزستان تهیه شد. نمونه‌های باگاس پس از خشک شدن در آن، توسط آسیاب دارای الک یک میلی متری خرد گردید. برای هر روش فرآوری، شش نمونه یک کیلو گرمی باگاس نیشکر در نظر گرفته شد. به هر کیلو گرم باگاس نیشکر یک لیتر محلول اضافه و کاملاً مخلوط گردید (Gunun et al., 2016). در این آزمایش، نمونه‌های باگاس با محلول آمونیاک پنج درصد، محلول آمونیاک چهار درصد و سدیم هیدروکسید یک درصد یا محلول آمونیاک سه درصد و سدیم هیدروکسید دو درصد فرآوری شدند. نمونه‌های باگاس مخلوط شده با محلول مواد شیمیایی و سه نمونه شاهد برای مدت ۳۰ یا ۴۵ روز در

جدول ۱- مواد خوراکی تشکیل‌دهنده جیره پایه آزمایشی دارای باگاس فرآوری شده با روش‌های مختلف در زمان‌های متفاوت (درصد ماده خشک)

Table 1- Feed ingredients of experimental diets containing bagasse processed by different methods at different times (% DM)

ترکیب خوراکی Feed composition	روش Methods							
	زمان فرآوری ۳۰ روزه 30 days processing time				زمان فرآوری ۴۵ روزه 45 days processing time			
	روش ۴ Method 4	روش ۳ Method 3	روش ۲ Method 2	روش ۱ Method 1	روش ۴ Method 4	روش ۳ Method 3	روش ۲ Method 2	روش ۱ Method 1
باگاس (تفاله نیشکر) Bagasse (sugarcane bagasse)	15	15	15	15	15	15	15	15
علوفه خشک یونجه Alfalfa hay	10	10	10	10	10	10	10	10
کاه گندم Wheat straw	5	5	5	5	5	5	5	5
میوه بلوط Oak acorn	22	22	22	22	22	22	22	22
پودر هسته خرما Date kernel powder	8	8	8	8	8	8	8	8
دانه ذرت Corn grain	5	5	5	5	5	5	5	5
دانه جو Barley grain	5	5	5	5	5	5	5	5
ملاس Molasses	3.8	3.9	3.8	3.8	3.8	3.9	3.8	3.8
کنجاله سویا Soybean meal	3	3	3	3	3	3	3	3
پودر جوجه Chicken powder	7	7	7	7	7	7	7	7
اوره Urea	1.1	1	1.1	1.1	1.1	1	1.1	1.1
کنجاله گلوتن ذرت Corn gluten meal	1	1	1	1	1	1	1	1
پودر ماهی Fish meal	1	1	1	1	1	1	1	1
تفاله زیتون Olive pomace	8	8	8	8	8	8	8	8
سبوس گندم Wheat bran	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
سدیم بیکربنات Sodium bicarbonate	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
مکمل مواد معدنی و ویتامینی ^۱ Mineral and vitamin supplement ¹	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
نمک Salt	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

۱- در هر کیلوگرم از مکمل مواد معدنی و ویتامین، ۵۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۱۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D₃، ۱۰۰ میلی‌گرم ویتامین E، ۱۹۶ گرم کلسیم، ۹۶ گرم فسفر، ۱۹ گرم منیزیم، ۴۶ گرم سدیم، دو گرم منگنز، سه گرم آهن، سه گرم مس، سه گرم روی، ۱۰۰ میلی‌گرم کبالت، ۱۰۰ میلی‌گرمید، یک میلی‌گرم سلیوم و ۴۰۰ میلی‌گرم آنتی‌اکسیدان بود.

1- Each kilogram of mineral and vitamin supplement contains 500,000 IU vitamin A, 100,000 IU vitamin D₃, 100 mg of vitamin E, 196 g of calcium, 96 g of phosphorus, 19 g of magnesium, 46 g of sodium, 2 g of manganese, 3 g of iron, 3 g of copper, 3 g of zinc, 100 mg of cobalt, 100 mg of iodine, 1 mg of selenium, and 400 mg of antioxidants.

^۱ روش ۱- باگاس فرآوری نشده، ۲- باگاس فرآوری شده با محلول آمونیاک پنج درصد، ۳- باگاس فرآوری شده با محلول آمونیاک چهار درصد و محلول سدیم هیدروکسید یک درصد و ۴- باگاس فرآوری شده با محلول آمونیاک سه درصد و محلول سدیم هیدروکسید دو درصد.

¹ Method 1- unprocessed bagasse, 2- bagasse processed with 5% ammonia solution, 3- bagasse processed with 4% ammonia solution and 1% sodium hydroxide solution, and 4- bagasse processed with 3% ammonia solution and 2% sodium hydroxide solution.

برای اندازه‌گیری تجزیه‌پذیری ماده آلی، پس از پایان مرحله آون‌گذاری و توزین کروسبیل‌ها، کروسبیل‌ها در داخل کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت سه ساعت خاکسترگیری شدند. پس از انتقال به درون دسیکاتور، وزن آن‌ها ثبت و از وزن کروسبیل خالی کم شد تا مقدار خاکستر (b) به دست آید. سپس مقدار خاکستر (b) از مقدار ماده خشک تجزیه‌نشده (a) کم شد تا ماده آلی تجزیه‌نشده (a-b) به دست آید. برای به دست آوردن مقدار و درصد ماده آلی تجزیه‌شده در طی ۲۴ ساعت باید مقدار ماده آلی ریخته‌شده در بطری (c) محاسبه شود.

معادله (۲)

ماده خشک ریخته‌شده در بطری (میلی گرم) $\times (100 \div \text{درصد ماده آلی نمونه خوراک}) = \text{ماده آلی ریخته‌شده در بطری (c)}$
(میلی گرم)

$$(a - b) = c = \text{ماده آلی تجزیه‌شده (میلی گرم)}$$

$$(a - b) = \text{ماده آلی تجزیه‌نشده}$$

اندازه‌گیری فاکتور تفکیک‌شوندگی

برای تعیین فاکتور تفکیک‌شوندگی، مقدار ماده آلی تجزیه‌شده (میلی گرم) و حجم گاز خالص ۲۴ ساعت (میلی لیتر) مورد نیاز است. فاکتور تفکیک به شکل زیر محاسبه شد.

معادله (۳)

$$\text{فاکتور تفکیک} = \frac{\text{ماده آلی تجزیه‌شده (میلی گرم)}}{\text{حجم گاز خالص (میلی لیتر)}}$$

$$(a - b) = c = \text{ماده آلی تجزیه‌شده (میلی گرم)}$$

تخمین تولید و بهره‌وری تولید توده میکروبی

تولید و بهره‌وری تولید توده میکروبی بعد از پایان زمان انکوباسیون ۲۴ ساعت (۵۰۰ میلی گرم نمونه خشک در ۴۰ میلی لیتر محیط کشت) با استفاده از معادله ۴ محاسبه شد.

معادله (۴)

میلی گرم ماده خوراکی که به طور حقیقی تجزیه‌شده - (میلی لیتر حجم گاز $\times$ فاکتور استوکیومتری) = تولید توده میکروبی (میلی گرم) یا:

$$[c - (a - b)] \times \frac{24}{234} = \text{تولید توده میکروبی (میلی گرم)}$$

تولید توده میکروبی (میلی گرم)

که در آن‌ها، c: ماده آلی ریخته‌شده در بطری (میلی گرم)، (a-b): ماده آلی تجزیه‌نشده (میلی گرم) و (c - (a-b)): ماده آلی تجزیه‌شده (میلی گرم) است

اندازه‌گیری متان

در این روش، بعد از پایان انکوباسیون ۲۴ ساعت نمونه در مایع

برای تهیه بزاق مصنوعی از بافر سدیم بی‌کربنات، مکمل مواد معدنی پرمصرف، مکمل مواد معدنی کم‌مصرف، رزازورین، محلول احیاکننده و آب مقطر استفاده گردید. با استفاده از پیپت اتوماتیک، ۴۰ میلی لیتر از محیط کشت (مخلوط مایع شکمبه و بزاق مصنوعی) به داخل هر بطری حاوی نمونه خوراک و بطری‌های خالی (بلانک) از قبل آماده‌شده (نگهداری‌شده در دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد) ریخته شد. درب هر بطری توسط درپوش لاستیکی و فلزی و با استفاده از ابزار پرس درب ویال، محکم بسته شد و برای انکوباسیون به داخل انکوباتور با دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد منتقل گردید. بلافاصله بعد از انتقال تمام بطری‌ها به داخل انکوباتور، گاز تمام بطری‌ها توسط فرو کردن سرسوزن فلزی در قسمت لاستیکی درب ویال، خارج شد تا تولید گاز در ابتدای انکوباسیون، صفر شود. سپس برای آزمون تولید گاز ۲۴ ساعت، فشار گاز درون بطری‌ها در فواصل زمانی ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۲۰ و ۲۴ ساعت و برای آزمون تولید گاز ۹۶ ساعت در فواصل زمانی ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۲۰، ۲۴، ۳۰، ۳۶، ۴۸، ۵۴، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از انکوباسیون توسط دستگاه فشارسنج (مدل TESTO 512) ثبت شد.

پس از ثبت گاز در هر زمان، فشار گاز توسط سرسوزن خارج شد و فشار گاز بر حسب پاسکال توسط محاسبات ریاضی تبدیل به میلی لیتر شد (Blummel et al., 1999). بعد از اینکه حجم گاز تولیدشده بطری‌ها در فواصل زمانی مختلف انکوباسیون تا پایان ۲۴ ساعت یا ۹۶ ساعت ثبت شد، تولید گاز خالص با کسر مجموع حجم گاز تولیدشده توسط نمونه خوراک در زمان‌های مختلف انکوباسیون از میانگین حجم گاز بلانک به دست آمد.

میانگین حجم گاز بلانک (ml) - مجموع حجم تولید گاز خوراک در زمان‌های مختلف انکوباسیون (ml) = حجم تولید گاز خالص (ml)

اندازه‌گیری تجزیه‌پذیری ماده خشک و ماده آلی

با پایان زمان آزمایش اندازه‌گیری تولید گاز (۲۴ ساعت) و ثبت میزان گاز و خالی کردن گاز، بطری‌های شیشه‌ای برای خنک شدن به یخچال با دمای سه تا پنج درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. اندازه‌گیری تجزیه‌پذیری ماده خشک و ماده آلی با استفاده از معادله ۱ محاسبه گردید.

معادله (۱)

$$100 \times \frac{\text{ماده خشک تجزیه‌شده (میلی گرم)} - \text{ماده خشک ریخته‌شده در بطری (میلی گرم)}}{\text{ماده خشک ریخته‌شده در بطری (میلی گرم)}} = \text{تجزیه‌پذیری ماده خشک (\%)}$$

۱۰۰۰ $\times$ [وزن کروسبیل خالی (گرم) - وزن کروسبیل حاوی باقی‌مانده (گرم)] = ماده خشک تجزیه‌نشده (میلی گرم)
۵۰۰ میلی گرم $\times (100 \div \text{درصد ماده خشک نمونه خوراک}) =$
ماده خشک ریخته‌شده در بطری (میلی گرم)

شکمه و بافر فسفات، تولید گاز نهایی (پایان ۲۴ ساعت) ثبت شد. سپس چهار میلی‌لیتر سدیم هیدروکسید ۱۰ مولار به محتویات بطری شیشه‌ای اضافه شد تا گاز دی‌اکسید کربن را جذب کند. بعد از جذب گاز دی‌اکسید کربن (بعد از حدود ۱۰ دقیقه)، گاز باقی‌مانده در سرنگ یا بطری شیشه‌ای معادل گاز متان بود (Fievez et al., 2005).

معادله (۵)

حجم گاز باقی‌مانده در سرنگ یا بطری شیشه‌ای ۱۰ دقیقه بعد از تزریق سدیم هیدروکسید ۱۰ مولار = تولید گاز متان (میلی‌لیتر)
تولید گاز متان بلانک - تولید گاز متان نمونه = تولید گاز متان خالص (میلی‌لیتر)

اندازه‌گیری فراسنجه‌های تولید گاز ۹۶ ساعت

مشخصه‌های پتانسیل تولید گاز (A)، نرخ تولید گاز (C) و زمان تأخیر (Lag time) مربوط به تولید گاز ۹۶ ساعت با استفاده از نرم‌افزار (SAS ۲۰۰۰) به دست آمد.

آنالیز آماری داده‌ها

آنالیز آماری داده‌ها به صورت فاکتوریل ۲×۴ در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از رویه GLM نرم‌افزار آماری SAS انجام شد. عامل اول شامل انواع روش‌های فرآوری و عامل دوم شامل مدت زمان فرآوری بود. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از روش توکی و در سطح آماری پنج درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

ترکیب شیمیایی باگاس

اثر روش‌های مختلف فرآوری و مدت زمان فرآوری بر ترکیب شیمیایی باگاس در جدول ۲ آمده است. باگاس فرآوری شده با محلول آمونیاک چهار درصد و محلول سدیم هیدروکسید یک درصد و ذخیره‌شده به مدت ۳۰ روز (روش ۳) و باگاس فرآوری نشده و ذخیره‌شده به مدت ۴۵ روز (روش ۱) دارای بالاترین و باگاس فرآوری شده با محلول آمونیاک پنج درصد و ذخیره‌شده به مدت ۳۰ روز (روش ۲) و باگاس فرآوری شده با محلول آمونیاک چهار درصد و محلول سدیم هیدروکسید یک درصد و ذخیره‌شده به مدت ۴۵ روز (روش ۳) پایین‌ترین میزان ماده خشک را داشتند ($P < 0.05$). ماده آلی باگاس تحت تأثیر زمان فرآوری، نوع فرآوری و برهم‌کنش آن‌ها قرار گرفت، به طوری که باگاس فرآوری شده با محلول آمونیاک پنج درصد و ذخیره‌شده به مدت ۴۵ روز (روش ۲) و باگاس فرآوری شده با محلول آمونیاک چهار درصد و محلول سدیم هیدروکسید یک درصد و

ذخیره‌شده به مدت ۴۵ روز (روش ۳) دارای بیشترین میزان ماده آلی بودند. محتوای الیاف شوینده خنثی باگاس تحت تأثیر زمان فرآوری قرار نگرفت ($P > 0.05$)، اما نوع فرآوری و برهم‌کنش نوع و زمان فرآوری به طور معنی‌داری محتوای الیاف شوینده خنثی باگاس را تحت تأثیر قرار دادند، به طوری که باگاس فرآوری شده با محلول آمونیاک چهار درصد و محلول سدیم هیدروکسید یک درصد و ذخیره‌شده به مدت ۳۰ روز (روش ۳) و باگاس فرآوری شده با محلول آمونیاک سه درصد و محلول سدیم هیدروکسید دو درصد و ذخیره‌شده به مدت ۳۰ روز (روش ۴) کمترین میزان الیاف شوینده خنثی را داشتند ($P < 0.05$).

دهقانی و همکاران (Dehghani et al., 2021) گزارش کردند که فرآوری باگاس نیشکر با محلول اوره باعث کاهش درصد الیاف شوینده خنثی آن شد. دیواره سلولی گیاه در اثر فرآوری با مواد شیمیایی قلیایی مانند سدیم هیدروکسید یا آمونیاک تخریب می‌شود برگر و همکاران، هیرا سالدانا و همکاران (Berger et al., 2019; Herrera Saldana et al., 1983)، هر چند میزان تخریب ممکن است که بستگی به شرایط فرآوری و نوع علوفه فرآوری شده، متفاوت باشد (Herrera Saldana et al., 1983). بنابراین کاهش میزان الیاف شوینده خنثی پس از فرآوری با آمونیاک و سدیم هیدروکسید را می‌توان به تجزیه اجزاء ساختاری دیواره سلولی و به طور ویژه همی سلولز نسبت داد. این کاهش الیاف شوینده خنثی احتمالاً می‌تواند دلیل کاهش میزان ماده خشک و ماده آلی در باگاس فرآوری شده در مقایسه با باگاس فرآوری نشده باشد. ون سوست (Van Soest, 1994) گزارش کرد که فرآوری شیمیایی مواد خوراکی با محلول سدیم هیدروکسید به خاطر فعالیت شیمیایی قوی آن باعث اتلاف و خروج بخشی از ترکیبات گیاه و بنابراین کاهش ماده خشک و ماده آلی خوراک می‌شود. در آزمایش دهقانی و همکاران (Dehghani et al., 2021)، درصد پروتئین خام باگاس نیشکر فرآوری شده با اوره و در آزمایش ریبریو و همکاران (Ribeiro et al., 2020) درصد پروتئین خام کاه گندم و کاه برنج فرآوری شده با اوره افزایش یافت. در آزمایش حاضر، افزایش محتوای پروتئین خام باگاس فرآوری شده با آمونیاک را می‌توان به وجود عنصر نیتروژن در ساختمان آمونیاک ارتباط داد.

جدول ۲- اثر روش‌های مختلف فرآوری و مدت زمان فرآوری بر ترکیب شیمیایی پالکس
Table 2- Effect of different processing methods and processing time on the chemical composition of bagasse

صفات Parameters	روش Method								SEM	زمان Time	فرآوری Processing	P-value
	۳۰ روز فرآوری 30 days processing				۴۵ روز فرآوری 45 days processing							
	روش ۱ Method 1	روش ۲ Method 2	روش ۳ Method 3	روش ۴ Method 4	روش ۱ Method 1	روش ۲ Method 2	روش ۳ Method 3	روش ۴ Method 4				
ماده خشک (درصد) Dry matter (%)	95.35 ^c	94.25 ^d	97.18 ^c	95.25 ^c	97.20 ^a	96.25 ^b	94.50 ^d	95.22 ^c	0.16	0.02	0.01	
ماده آلی (درصد) Organic matter (%)	93.75 ^c	91.74 ^c	87.55 ^g	88.08 ^f	92.72 ^d	95.66 ^a	95.61 ^a	94.95 ^b	0.13	0.01	0.01	
پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)	2.65 ^{d,e}	4.40 ^a	3.96 ^{ab}	3.56 ^{bc}	2.53 ^c	4.34 ^a	3.09 ^{ac}	3.26 ^c	0.15	0.01	0.01	0.05
الیاف شوینده خنثی (درصد) Neutral detergent fiber (%)	91.33 ^a	89.19 ^b	87.72 ^c	87.73 ^c	90.69 ^a	88.57 ^{bc}	88.50 ^{bc}	89.00 ^b	0.34	0.42	0.01	0.02

روش ۱- پالکس فرآوری نشده، ۲- پالکس فرآوری شده با محلول آمونیاک ۵٪ در مدت ۳۰ روز، ۳- پالکس فرآوری شده با محلول آمونیاک ۳٪ در مدت ۴۵ روز، ۴- پالکس فرآوری شده با محلول آمونیاک ۴٪ در مدت ۴۵ روز.
 Method 1- unprocessed bagasse, 2- bagasse processed with 5% ammonia solution, 3- bagasse processed with 3% ammonia solution and 4- bagasse processed with 4% ammonia solution and 1% sodium hydroxide solution.

^{a,b} Means in the same rows with different superscripts are significantly different with ($P < 0.05$).

^{a,b} در هر ردیف بین اعداد با حروف متفاوت اختلاف معنی دار وجود دارد ($P < 0.05$).

جدول ۳- فرآیندهای تخمیر برون تنی جیره‌های دارای باگاس فرآوری شده با روش‌های مختلف^۱ در زمان‌های متفاوت
Table 3- Ruminal fermentation parameters of diets containing bagasse processed by different methods*¹ at different times

پارامترها Parameters	روش Method								SEM	زمان Time	فرآوری R	P-value
	۳۰ روز فرآوری				۴۵ روز فرآوری							
	Method 1 روشی ۱	Method 2 روشی ۲	Method 3 روشی ۳	Method 4 روشی ۴	Method 1 روشی ۱	Method 2 روشی ۲	Method 3 روشی ۳	Method 4 روشی ۴				
تولید گاز تخمیری ۲۴ ساعت (میلی‌لیتر در ۵۰۰ میلی‌گرم ماده خشک) 24-hour cumulative gas production (ml/500 mg DM)	50.47 ^c	58.22 ^b	61.19 ^{ab}	65.83 ^a	52.63 ^c	60.13 ^b	61.30 ^{ab}	63.06 ^{ab}	1.72	0.77	0.01	0.03
تولید گاز متان (میلی‌لیتر در ۵۰۰ میلی‌گرم ماده خشک) Methane gas production (ml/500 mg DM)	8.34	8.91	8.59	8.79	8.85	9.07	8.73	8.20	1.60	0.95	0.99	0.98
فاکتور تفکیک‌پذیری Partitioning factor	4.68	4.61	4.60	4.51	4.45	4.38	4.73	4.33	0.16	0.27	0.49	0.63
بازده تولید بوم‌میکروبی (از صدم) Microbial mass production efficiency (%)	55.46	53.46	54.35	53.31	52.28	52.66	54.85	52.31	1.46	0.34	0.68	0.72
قابلیت هضم ماده خشک (از صدم) Dry matter digestibility (%)	50.61 ^b	59.85 ^a	51.38 ^b	60.82 ^a	54.87 ^b	64.39 ^a	53.89 ^b	62.41 ^a	1.5	0.07	0.01	0.02
قابلیت هضم خفشی ماده آلی (از صدم) True organic matter digestibility (%)	51.04 ^d	55.74 ^{cd}	60.16 ^{abc}	65.40 ^b	51.91 ^d	56.67 ^{bcd}	62.64 ^{abc}	63.09 ^{ab}	2.21	0.75	0.01	0.04

^۱ روش ۱- باگاس فرآوری نشده، ۲- باگاس فرآوری شده با محلول آمونیاک ۳ درصد، ۳- باگاس فرآوری شده با محلول آمونیاک ۴ درصد، ۴- باگاس فرآوری شده با محلول آمونیاک ۵ درصد و ۵- باگاس فرآوری شده با محلول آمونیاک ۶ درصد.

^{a-b} در هر ردیف بین اعداد با حروف متفاوت اختلاف معنی دار وجود دارد ($P < 0.05$).

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

فراسنجه‌های تخمیر برون‌تنی جیره‌های آزمایشی

جدول ۳ فراسنجه‌های تخمیر شکمبه‌ای جیره‌های دارای باگاس

فرآوری شده با روش‌های مختلف در زمان‌های متفاوت را نشان می‌دهد. تولید گاز تجمعی ۲۴ ساعت تحت تأثیر زمان فرآوری و برهم‌کنش زمان و نوع فرآوری قرار نگرفت ($P > 0.05$)، اما نوع فرآوری، تولید گاز تجمعی ۲۴ ساعت را تحت تأثیر قرار داد، به‌طوری‌که جیره دارای باگاس فرآوری شده با محلول آمونیاک سه درصد و محلول سدیم هیدروکسید دو درصد و ذخیره شده به مدت ۳۰ روز (روش ۴) بیشترین و جیره‌های شاهد (جیره دارای باگاس فرآوری نشده و ذخیره شده به مدت ۳۰ یا ۴۵ روز) دارای کمترین مقدار تولید گاز تجمعی ۲۴ ساعت بودند ($P < 0.05$). اثر نوع فرآوری، زمان فرآوری و برهم‌کنش آن‌ها بر تولید گاز متان، فاکتور تفکیک‌شوندگی و بازده تولید توده میکروبی معنی‌دار نبود ($P > 0.05$).

قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی تحت تأثیر زمان فرآوری و برهم‌کنش زمان و نوع فرآوری قرار نگرفت ($P > 0.05$)، اما نوع فرآوری، قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی را تحت تأثیر قرار داد، به‌طوری‌که جیره دارای باگاس فرآوری شده با محلول آمونیاک پنج درصد و ذخیره شده به مدت ۳۰ یا ۴۵ روز (روش ۲) و جیره دارای باگاس فرآوری شده با محلول آمونیاک سه درصد و محلول سدیم هیدروکسید دو درصد و ذخیره شده به مدت ۳۰ یا ۴۵ روز (روش ۴) دارای بیشترین مقدار قابلیت هضم ماده خشک و جیره شاهد (دارای باگاس فرآوری نشده و ذخیره شده به مدت ۳۰ یا ۴۵ روز) و جیره دارای باگاس فرآوری شده با محلول آمونیاک چهار درصد و محلول سدیم هیدروکسید یک درصد و ذخیره شده به مدت ۳۰ یا ۴۵ روز (روش ۳) کمترین میزان قابلیت هضم ماده آلی را داشتند. به علاوه، جیره دارای باگاس فرآوری شده با محلول آمونیاک سه درصد و محلول سدیم هیدروکسید دو درصد ذخیره شده به مدت ۳۰ روز (روش ۴) بیشترین میزان قابلیت هضم ماده آلی و جیره‌های شاهد (جیره دارای باگاس فرآوری نشده و ذخیره شده به مدت ۳۰ یا ۴۵ روز) کمترین مقدار قابلیت هضم ماده آلی را داشتند ($P < 0.05$).

افزودن مواد شیمیایی مانند آمونیاک و سدیم هیدروکسید به خوراک‌ها معمولاً با هدف افزایش قابلیت هضم مواد غذایی الیافی مانند باگاس نیشکر استفاده می‌شود. در واقع، هدف از فرآوری شیمیایی، شکستن ساختار پیچیده الیاف و کاهش محتوای لیگنین خوراک است که باعث افزایش دسترسی ریزجانداران شکمبه به لایه‌های زیرین لیگنین و بنابراین افزایش تجزیه‌پذیری می‌شود. این فرآوری‌ها ماتریکس لیگنین-کربوهیدرات را شکسته و اجزای سلولز و همی سلولز گیاه را برای تخریب میکروبی در دسترس ریزجانداران قرار می‌دهند (Owens & Basalan, 2016). مطابق با نتایج آزمایش حاضر، سدیم هیدروکسید به‌طور معنی‌داری باعث افزایش تولید گاز

کاه برنج لیو و همکاران (Liu et al., 1999) و کاه کنجد ملک‌خاهی و همکاران (Malekikhahi et al., 2012) شد. دونگیان و همکاران (Dongyan et al., 2014) گزارش کردند که فرآوری کاه گندم با آمونیاک به‌طور قابل‌توجهی تولید گاز را افزایش داد و باعث بهبود تجزیه‌پذیری ماده خشک کاه گندم شد. فرآوری با آمونیاک، نیتروژن را برای هضم بی‌هوازی میکروبی فراهم می‌کند و بنابراین با افزایش تولید کل اسیدهای چرب فرار و بهبود نسبت مولی پروپیونات، فرایند تخمیر و تولید گاز را بهبود می‌بخشد. فرآوری مواد خوراکی الیافی با آمونیاک و سدیم هیدروکسید می‌تواند تجزیه ساختارهای پیچیده الیاف و دسترسی به مواد آلی را برای تخمیر میکروبی در شکمبه افزایش داده و بنابراین باعث بهبود قابلیت هضم شوند (Wong et al., 2018). مطالعات مختلف بهبود قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی خوراک‌های الیافی در اثر فرآوری با محلول‌های شیمیایی مختلف را گزارش کردند. برای مثال، افزایش قابلیت هضم ماده آلی باگاس نیشکر فرآوری شده با محلول آمونیاک اوکانو و همکاران (Okano et al., 2005) یا سدیم هیدروکسید سینگ و جکسون، پلاین (Singh, 1971; & Jackson, 1984; Playne, 1984)، افزایش قابلیت هضم ماده خشک کاه گندم هیراسالدانا و همکاران، دونگیان و همکاران (Herrera-Saldana et al., 1983; Dongyan et al., 2014) یا کاه برنج لیو و همکاران (Liu et al., 1999) فرآوری شده با سدیم هیدروکسید یا اوره گزارش شده است. این نتایج اثرات مثبت آمونیاک و سدیم هیدروکسید را بر توانایی هضم ماده آلی در منابع الیافی نشان می‌دهند. این ترکیبات به شکستن ساختارهای پیچیده فیبر کمک می‌کنند، ماده آلی را برای تخمیر میکروبی قابل‌دسترس‌تر می‌کنند و قابلیت هضم آن را بهبود می‌بخشند. افزایش قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی در مواد خوراکی فرآوری شده نسبت به شاهد نشان‌دهنده اثر آمونیاک و سدیم هیدروکسید بر افزایش میزان قابلیت هضم خوراک نسبت به مواد خوراکی فرآوری نشده است. قابلیت هضم یک خوراک همبستگی بالایی با ترکیبات تشکیل‌دهنده آن خوراک دارد، به‌طوری‌که با افزایش محتوای الیاف شوینده خنثی و اسیدی یا لیگنین در خوراک، قابلیت هضم کاهش می‌یابد (Van Soest, 1991). در مطالعه حاضر، فرآوری‌ها به‌طور معنی‌داری باعث کاهش محتوای الیاف شوینده خنثی در باگاس شدند که احتمالاً می‌تواند دلیل افزایش قابلیت هضم باگاس در اثر فرآوری باشد. به‌طور کلی، محلول‌های آمونیاک و سدیم هیدروکسید با تخریب دیواره سلولی گیاه و سست کردن پیوندهای بین لیگنین، سلولز و همی سلولز، باعث افزایش دسترسی ریزجانداران شکمبه به لایه‌های زیرین لیگنین یعنی سلولز و همی سلولز شده، و از این طریق باعث افزایش تخمیر و تولید گاز و در نتیجه افزایش تجزیه‌پذیری و قابلیت هضم ماده خشک یا ماده آلی باگاس شد.

جدول ۴- مشخصه‌های تولید گاز جیره‌های دارای باگاس فرآوری شده با روش‌های مختلف^۱ در زمان‌های متفاوت
Table 4- Gas production parameters of diets containing bagasse processed by different methods¹ at different times

پارامترها Parameters	روش Method								P-value			
	۳۰ روز فرآوری 30 days processing				۴۵ روز فرآوری 45 days processing							
	Method 1 روش ۱	Method 2 روش ۲	Method 3 روش ۳	Method 4 روش ۴	Method 1 روش ۱	Method 2 روش ۲	Method 3 روش ۳	Method 4 روش ۴				
تولید گاز تجمعی ۹۶ ساعت (میلی لیتر در ۲۰۰ میلی گرم ماده خشک) 96-hour cumulative gas production (ml/200 mg DM)	54.37	51.83	54.82	57.37	55.90	52.88	55.60	57.78	1.47	0.22	0.01	0.95
	3.89 ^d	4.76 ^c	5.03 ^c	6.01 ^a	4.13 ^d	4.96 ^c	5.61 ^b	6.06 ^d	0.12	0.09	0.01	0.02
	0.22	0.22	0.21	0.15	0.18	0.17	0.15	0.18	0.02	0.07	0.40	0.19
	0.89 ^a	0.30 ^{bc}	0.43 ^{abc}	0.00 ^c	0.65 ^{ab}	0.19 ^{bc}	0.11 ^c	0.00 ^c	0.15	0.15	0.01	0.05
زمان تأخیر (ساعت) Lag time (hours)												

روش ۱- باگاس فرآوری نشده، ۲- باگاس فرآوری شده با محلول آمونیاک ۴٪، ۳- باگاس فرآوری شده با محلول آمونیاک ۵٪، ۴- باگاس فرآوری شده با محلول سدیم هیدروکسید ۲٪ درسد.
Method 1- Unprocessed bagasse, 2- Bagasse processed with 4% ammonia solution, 3- Bagasse processed with 5% ammonia solution, 4- Bagasse processed with 2% sodium hydroxide solution.

^{a-b} در هر ردیف بین اعداد با حروف متفاوت اختلاف معنی دار وجود دارد (P<0.05).

^{ab} Means in the same rows with different superscripts are significantly different with (P<0.05).

مشخصه‌های تولید گاز جیره‌های آزمایشی

جدول ۴ مشخصه‌های تولید گاز جیره‌های دارای باگاس فرآوری‌شده با روش‌های مختلف در زمان‌های متفاوت را نشان می‌دهد. تولید گاز تجمعی ۹۶ ساعت و پتانسیل تولید گاز تحت تأثیر زمان فرآوری و برهم‌کنش زمان و نوع فرآوری قرار نگرفت ($P > 0.05$)، اما نوع فرآوری تولید گاز تجمعی ۹۶ ساعت و پتانسیل تولید گاز را تحت تأثیر قرار داد، به‌طوری‌که جیره دارای باگاس فرآوری‌شده با محلول آمونیاک سه درصد و محلول سدیم هیدروکسید دو درصد ذخیره‌شده به مدت ۳۰ یا ۴۵ روز (روش ۴) بیشترین تولید گاز تجمعی ۹۶ و پتانسیل تولید گاز را داشتند ($P < 0.05$). نرخ تولید گاز تحت تأثیر زمان فرآوری، نوع فرآوری و برهم‌کنش آن‌ها قرار نگرفت ($P > 0.05$). زمان فرآوری و برهم‌کنش زمان و نوع فرآوری، زمان تأخیر را تحت تأثیر قرار نداد ($P > 0.05$)، اما نوع فرآوری، زمان تأخیر را تحت تأثیر قرار داد، به‌طوری‌که بین جیره‌های آزمایشی، جیره شاهد (جیره دارای باگاس فرآوری‌نشده و ذخیره‌شده به مدت ۳۰ روز) بیشترین و جیره‌های دارای باگاس فرآوری‌شده با محلول آمونیاک سه درصد و محلول سدیم هیدروکسید دو درصد و ذخیره‌شده به مدت ۳۰ یا ۴۵ روز (روش ۴) و جیره دارای باگاس فرآوری‌شده با محلول آمونیاک چهار درصد و محلول سدیم هیدروکسید یک درصد و ذخیره‌شده به مدت ۴۵ روز (روش ۳)، کمترین زمان تأخیر را داشتند ($P > 0.05$). تولید گاز تجمعی ۹۶ ساعت و پتانسیل تولید گاز تحت تأثیر ترکیب خوراک شامل محتوای کربوهیدرات، ترکیب الیاف و سایر اجزای قابل تخمیر می‌باشد. ترکیبات مختلف خوراک به دلیل تفاوت در ترکیب مواد مغذی و قابلیت تخمیر، پتانسیل تولید گاز متفاوتی دارند. پتانسیل تولید گاز یک مشخصه مهم در ارزیابی ارزش غذایی خوراک است، زیرا نشانه‌هایی از تخمیرپذیری و در دسترس بودن انرژی آن‌ها در شکمبه را ارائه می‌دهد. علاوه بر آن می‌توان از آن برای مقایسه خوراک‌های مختلف و ارزیابی مناسب بودن آن‌ها در جیره نشخوارکنندگان استفاده کرد (Sallam et al., 2007). همسو با نتایج مطالعه حاضر، مانیوچی و همکاران (Manyuchi et al., 1992) گزارش کردند که فرآوری کاه جو با آمونیاک به‌طور معنی‌داری تولید گاز تجمعی ۹۶ ساعت را افزایش داد. فرآوری باگاس با محلول آمونیاک و سدیم هیدروکسید از طریق شکستن دیواره سلولی و سست کردن پیوند لیگنین با سلولز و همی‌سلولز باعث افزایش دسترسی آنزیم‌های میکروبی به کربوهیدرات‌های ساختمانی موجود در لایه‌های زیرین لیگنین و در نتیجه افزایش تخمیر و تولید گاز تجمعی ۹۶ ساعت و افزایش پتانسیل تولید گاز باگاس فرآوری‌شده در مقایسه با جیره‌های شاهد شد. از سوی دیگر، پتانسیل تولید گاز با محتوای الیاف

شوینده خنثی رابطه عکس دارد ون سوست (Van Soest, 1994)، بنابراین کاهش محتوای الیاف شوینده خنثی در باگاس فرآوری‌شده با آمونیاک یا سدیم هیدروکسید در مقایسه با باگاس فرآوری‌نشده احتمالاً می‌تواند دلیل افزایش تولید گاز تجمعی ۹۶ ساعت و پتانسیل تولید گاز جیره‌های دارای باگاس فرآوری‌شده باشد.

زمان تأخیر تولید گاز نشان‌دهنده زمان مورد نیاز برای جمعیت میکروبی در شکمبه است تا شروع به تولید مقادیر قابل توجهی گاز به‌عنوان محصول جانبی فعالیت‌های متابولیکی خود کنند (Van Soest, 1991). هر چه این زمان کمتر باشد نشان‌دهنده فرآوری بهتر منابع علوفه‌ای است (Van Kuijk et al., 2016). زمان تأخیر تولید گاز تحت تأثیر ترکیب و ساختار خوراک و همچنین جمعیت میکروبی و توانایی آن‌ها در تجزیه اجزای خوراک است. مواد الیافی خوراک، معمولاً به دلیل ساختار الیافی پیچیده و مقاوم، زمان تأخیر بیشتری دارند. از آنجاکه قابلیت هضم چنین مواد خوراکی نیز پایین است، بنابراین طولانی‌تر بودن زمان تأخیر به‌ویژه زمانی که سطح مصرف خوراک بالا باشد، موجب می‌شود که بخش بیشتری از خوراک بدون هضم از شکمبه عبور می‌کند (Sahnoun et al., 1991). در مطالعه حاضر، فرآوری باگاس با آمونیاک و سدیم هیدروکسید باعث کاهش زمان تأخیر شد که می‌تواند بیانگر مطلوب بودن فرآوری‌ها باشد و احتمالاً دلیل آن تخریب ساختمان دیواره سلولی باگاس و افزایش دسترسی سریع‌تر آنزیم‌های باکتریایی به سلولز و همی‌سلولز و در نتیجه شروع سریع‌تر تخمیر باشد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج آزمایش حاضر نشان داد که فرآوری باگاس در مقایسه با عدم فرآوری آن باعث بهبود قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی و افزایش تولید گاز ناشی از تخمیر خوراک در مایع شکمبه شد. از بین روش‌های مختلف فرآوری، بیشترین میزان تولید گاز تجمعی ۲۴ ساعت و قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی و کمترین زمان تأخیر در جیره دارای باگاس فرآوری‌شده با آمونیاک سه درصد و سدیم هیدروکسید دو درصد مشاهده شد. از آنجایی‌که زمان فرآوری تأثیر معنی‌داری بر بهبود فراسنجه‌های تخمیر برون‌تنی باگاس فرآوری‌شده با آمونیاک و سدیم هیدروکسید نداشت، بنابراین استفاده از محلول آمونیاک سه درصد و سدیم هیدروکسید دو درصد و ذخیره‌شده به مدت ۳۰ روز برای فرآوری باگاس پیشنهاد می‌شود.

References

1. AOAC. (2007). Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlin, VA, USA, 1230.
2. Berger, L. L., Klopfenstein, T. J., & Britton, R. A. (2019). Factors causing greater *in-vitro* than *in-vivo* digestibility of sodium hydroxide-treated roughages. In Proceedings of the XIV International Grassland Congress, Boca Raton, p. 617-619.
3. Brendt, A., Lanna, W. H., & Duarte, D. P. (2002). High ureacorn, sugarcane bagasse and corn silage in high concentrate diets: 2. Empty body chemical composition and tissues deposition rates. *Brasilian Zootechnology*, 31(5), 2105-2112.
4. Chaudbry, A. S. (2000). Rumen degradation in sacco in sheep of wheat straw treated with calcium oxide, sodium hydroxide and sodium hydroxide plus hydrogen peroxide. *Animal Feed Science and Technology*, 83, 313-323. [http://dx.doi.org/10.1016/S0377-8401\(99\)00134-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0377-8401(99)00134-0).
5. Dehghani, M., Afzalzadeh, A., & Norouzian, M. (2011). Investigation of the chemical composition and rumen degradability parameters of wheat straw and sugarcane bagasse treated with urea. *Animal Production*, 23(2), 191-200. (In Persian).
6. Dongyan, Y. A. N. G., Yunzhi, P. A. N. G., Hairong, Y. U. A. N., Shulin, C. H. E. N., Jingwei, M. A., Liang, Y. U., & Xiujin, L. I. (2014). Enhancing biogas production from anaerobically digested wheat straw through ammonia pretreatment. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 22(5), 576-582.
7. Givens, D. I., Everington, J. M., & Adamson, A. H. (1989). The digestibility and metabolisable energy content of grass silage and their prediction from laboratory measurements. *Animal Feed Science and Technology*, 24, 27-43. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(89\)90018-7](https://doi.org/10.1016/0377-8401(89)90018-7)
8. Gunun, N., Wanapat, M., Gunun, P., Cherdthong, A., Khejornsart, P., & Kang, S. (2016). Effect of treating sugarcane bagasse with urea and calcium hydroxide on feed intake, digestibility, and rumen fermentation in beef cattle. *Tropical Animal Health and Production*, 48, 1123-1128. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11250-016-1061-2>.
9. Fievez, V., Babayemi, O. J., & Demeyer, D. (2005). Estimation of direct and indirect gas production in syringes: A tool to estimate short chain fatty acid production that requires minimal laboratory facilities. *Animal Feed Science and Technology*, 123, 197-210. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.05.001>.
10. Herrera-Saldana, R. D., Church, C., & Kellemsa, R. O. (1982). The effect of ammoniation treatment on intake and nutritive value of wheat straw. *Animal Feed Science Technology*, 54, 1-6. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(79\)90010-5](https://doi.org/10.1016/0377-8401(79)90010-5)
11. Herrera-Saldana, R., Church, D. C., & Kellems, R. O. (1983). Effect of ammoniation treatment of wheat straw on *in vitro* and *in vivo* digestibility. *Journal of Animal Science*, 56(4), 938-942.
12. Liu, J. X., Orskov, E. R., & Chen, X. B. (1999). Optimization of steam treatment as a method for upgrading rice straw as feeds. *Animal feed science and technology*, 76(3-4), 345-357. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(98\)00196-5](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(98)00196-5)
13. Madadi, M., Nazar, M., Shah, S. W. A., Li, N., Imtiaz, M., Zhong, Z., & Zhu, D. (2023). Green alkaline fractionation of sugarcane bagasse at cold temperature improves digestibility and delignification without the washing processes and release of hazardous waste. *Industrial Crops and Products*, 200, 116815. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116815>.
14. Malekkhahi, M., Danesh Mesgaran, M., & Tahmasbi, A. M. (2012). The effect of chemical treatment with NaOH and urea on chemical composition, *in vitro* gas production and *in situ* dry matter degradability of sesame residues. *Livestock Research for Rural Development*, 24(12), 1-4.
15. Manyuchi, B., Ørskov, E. R., & Kay, R. N. B. (1992). Effects of feeding small amounts of ammonia treated straw on degradation rate and intake of untreated straw. *Animal Feed Science and Technology*, 38(4), 293-304. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(92\)90020-7](https://doi.org/10.1016/0377-8401(92)90020-7)
16. Menke, K. H., & Steingass, H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and gas production using rumen fluid. *Animal Research Development*, 28, 7-55.
17. Menke, K. H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D., & Schneider, W. (1979). The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. *The Journal of Agricultural Science*, 93(1), 217-222.
18. National Research Council (NRC). (2007). Nutrient Requirements of Small Ruminants. 7th Revised Edition of the National Academy of Sciences (NAS) publication, 85, 900-908. <https://doi.org/10.17226/11654>.
19. Okano, K., Boonlue, S., & Suzuki, Y. (2005). Effects of ammonium hydroxide treatment on the *in vitro* dry matter digestibility and gas production of wheat straw, sugarcane bagasse medium and konara oak rotted by edible basidiomycetes. *Animal Science Journal*, 76(2), 147-152. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1740-0929.2005.00250.x>.
20. Owens, F. N., & Basalan, M. (2016). Ruminant fermentation. *Rumenology*, 63-102. https://doi.org/10.1007/978-3-319-30533-2_3.

21. Playne, M. J. (1984). Increased digestibility of bagasses by pretreatment with alkalis and steam explosion. *Biotechnology and Bioengineering*, 26(5), 426-433. <https://doi.org/10.1002/bit.260260505>
22. Ribeiro, G. O., Gruninger, R. J., Jones, D. R., Beauchemin, K. A., Yang, W. Z., Wang, Y., & McAllister, T. A. (2020). Effect of ammonia fiber expansion-treated wheat straw and a recombinant fibrolytic enzyme on rumen microbiota and fermentation parameters, total tract digestibility, and performance of lambs. *Journal of Animal Science*, 98(5), skaa116. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa116>.
23. Sahnounne, S., Besle, J. M., Chenost, M., Jouany, J. P., & Combes, D. (1991). Treatment of straw with urea. 1. Ureolysis in a low water medium. *Animal Feed Science and Technology*, 34(1-2), 75-93. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(94\)90193-7](https://doi.org/10.1016/0377-8401(94)90193-7)
24. Sallam, S. M. A., Nasser, M. E. A., & El-Waziry, A. M. (2007). Use of an *in vitro* rumen gas production technique to evaluate some ruminant feedstuffs. *Journal of Applied Science Research*, 3, 34-41. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.04.034>
25. Shahbazi, H., Sadeghi, A., Fazaeli, H., Reis Ali, G., & Chamani, M. (2009). Effects of Electron-Beam irradiation on the dry matter, neutral and acid detergent fiber degradation parameters of sugarcane bagasse. *Journal of Water and Soil Science*, 13(47), 485-493.
26. Singh, M., & Jackson, M. G. (1971). The effect of different levels of sodium hydroxide spray treatment of wheat straw on consumption and digestibility by cattle. *The Journal of Agricultural Science*, 77(1), 5-10. <https://doi.org/10.1017/S0021859600023388>
27. Shahbazi, H. R., Sadeghi, A. A., Fazeli, H., Raeesali, G. R., & Chamani, M. (2009). Effect of beam electron irradiation on degradability parameters of dry matter, neutral detergent fiber and acid detergent fiber of sugarcane bagasse. *Agricultural and Natural Resources Science and Technology*, 47, 485-493.
28. Van Kuijk, S. J. A., Sonnenberg, A. S. M., Baars, J. J. P., Hendriks, W. H., & Cone, J. W. (2016). The effect of adding urea, manganese and linoleic acid to wheat straw and wood chips on lignin degradation by fungi and subsequent *in vitro* rumen degradation. *Animal Feed Science and Technology*, 213, 22-28. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.12.007>
29. Van Soest P.J. (1994). *Nutritional Ecology of the Ruminant*, 2nd ed. Cornell University Press, Ithaca, NY, USA, 476.
30. Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583-3597.
31. Wang, R., Wang, M., Ungerfeld, E. M., Zhang, X. M., Long, D. L., Mao, H. X., Deng, J. P., Bannink, A., & Tan, Z. L. (2018). Nitrate improves ammonia incorporation into rumen microbial protein in lactating dairy cows fed a low-protein diet. *Journal of Dairy Science*. 101(11), 9789-9799. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14904>.



Research Article

Vol. 17, No.3, 2025, p. 273-285

The Effect of Chelated and Inorganic Trace Mineral Supplements on Performance, Blood Parameters, and Skeletal Growth Indices in Holstein Suckling Calves

Ghasem Khadem¹, Taghi Ghoorchi^{1*}, Abdolhakim Toghdory,¹ Katayoun Mehrani¹, Kamel Amozadeh Araee¹

1- Department of Animal and Poultry Nutrition, Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran

*Corresponding Author's Email: ghoorchi@gau.ac.ir

How to cite this article:

Received: 18-05-2025
Revised: 01-07-2025
Accepted: 08-07-2025
Available Online: 05-10-2025

Khadem, G., Ghoorchi, T., Toghdory, A., Mehrani, K., & Amozadeh Araee, K. (2025). The effect of chelated and inorganic trace mineral supplements on performance, blood parameters, and skeletal growth indices in Holstein suckling calves. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 17(3), 273-285. (in Persian with English abstract)
<https://doi.org/10.22067/IJASR.2025.93574.1248>

Introduction: The first three months of a calf's life play a crucial role in determining its future health and productivity. During this critical period, the physiological state of the animal includes the ability to absorb large molecules, especially immunoglobulins, from the intestine, as well as a high susceptibility to gastrointestinal infections and diarrhea. Moreover, the economic success of industrial dairy farms depends to a significant extent on the proper rearing of replacement calves. In modern dairy farming systems, calves are usually separated from their mothers immediately after birth and artificially fed whole milk or milk replacers. This separation deprives the calves of the natural microflora of the mother's saliva and other cows, slowing down the formation of beneficial microbial communities and even creating an imbalance in the microbial flora of their digestive tract. On the other hand, if appropriate nutritional and management strategies are not adopted at this critical stage of life, the growth, health and production performance of calves will be negatively affected. Calves are at higher risk of mortality compared to other livestock due to specific physiological characteristics such as a weak immune system and the gradual transition of the digestive tract from processing milk to solids.

Materials and Methods: This study was conducted to compare the effect of feeding chelated and inorganic forms of trace elements (cobalt, iodine, selenium, zinc, manganese, iron and copper) on performance, blood parameters and skeletal growth indices of suckling Holstein calves. A total of 36 calves, aged 7 ± 3 days with an initial body weight of 36.2 ± 3.8 kg, were randomly exposed to three treatments with 12 replicates per treatment in a completely randomized design. Treatments included: 1- Control (without mineral supplementation), 2- Feeding with two grams of chelated supplement per calf per day. 3- Feeding with two grams of mineral supplement per calf per day. Calves were fed colostrum (10% of body weight) in the first three days of life and then from the fourth day to 60 days of age with four liters of milk twice a day (7 am and 7 pm). Water and starter feed were provided ad libitum. In order to investigate performance factors, calves were weighed on days 0, 30, and 60 to assess changes in body weight. Daily feed intake and refusals were recorded throughout the experiment. On day 60, fasting blood samples were collected from the jugular vein of calves using heparinized venoject tubes prior to the morning feeding to



©2025 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.

<https://doi.org/10.22067/IJASR.2025.93574.1248>

analyze blood parameters. In addition, skeletal growth indices including interocular distance, wither height, and body length were measured on the final day of the trial.

Results and Discussion: According to the results of the present study, supplementation with chelated minerals significantly improved 30-day and 60-day body weight, overall weight gain, and average daily gain (ADG) during both the first 30 days and the full pre-weaning period ($P < 0.05$). No significant differences were observed between calves receiving chelated and inorganic mineral supplements regarding 30-day body weight and ADG during the first 30 days. Supplementing calves' milk with chelate minerals increased total and daily dry matter intake, starter intake, and feed conversion ratio ($P < 0.05$). Calves receiving chelate supplements had greater interocular distance compared to the other two groups ($P < 0.05$). Also, the interocular distance, height at withers, and body length of calves receiving chelate supplements were greater than those in the control group ($P < 0.05$); however, this difference was not significant with calves receiving inorganic supplements. No significant differences were observed in serum iron and copper concentrations among the treatment groups. However, supplementation with trace minerals increased serum concentrations of thyroid hormones triiodothyronine (T3) and thyroxine (T4) ($P < 0.05$). There was no significant difference in T3 concentration between the control and mineral supplement groups, nor between the mineral and chelated supplement groups. Similarly, T4 concentrations were comparable between calves receiving inorganic and chelated supplements.

Conclusion: The results of this study demonstrated that supplementing the milk of suckling calves with chelated minerals significantly improved their growth performance. Moreover, chelated mineral supplementation had a significant positive effect on skeletal growth parameters and starter feed intake. It also led to increased serum concentrations of zinc and thyroid hormones, including triiodothyronine (T3) and thyroxine (T4). Overall, the findings suggest that incorporating chelated mineral supplements into the milk diet enhances performance traits, skeletal growth, and measured parameters in suckling calves.

Keywords: Blood parameters, Calves, Minerals, Performance, Skeletal growth indices

تأثیر مکمل‌های کیلاته و معدنی عناصر کم‌نیاز بر عملکرد، فراسنجه‌های خونی و شاخص‌های رشد اسکلتی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین

قاسم خادم^۱، تقی قورچی^{۲*}، عبدالحکیم توغدری^۱، کتایون مهرانی^۱، کامل عموزاده آرائی^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۱۷

چکیده

این پژوهش با هدف مقایسه اثرات تغذیه‌ای اشکال کیلاته و معدنی ترکیبی از عناصر کم‌نیاز شامل کبالت، ید، سلنیوم، روی، منگنز، آهن و مس بر عملکرد، فراسنجه‌های خونی و شاخص‌های رشد اسکلتی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین انجام شد. در این مطالعه از گوساله‌هایی با سن 7 ± 3 روزگی و وزن بدن اولیه $36/2 \pm 3/8$ کیلوگرم، در سه تیمار و هر تیمار با ۱۲ تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده گردید. تیمارها شامل ۱- شاهد (بدون مکمل مواد معدنی) ۲- تغذیه با دو گرم مکمل کیلاته به‌ازای هر رأس گوساله در روز ۳- تغذیه با دو گرم مکمل معدنی به‌ازای هر رأس گوساله در روز بودند. مکمل‌ها در وعده صبح با شیر مصرفی گوساله مخلوط و در اختیار گوساله‌ها قرار داده شد. با توجه به نتایج پژوهش حاضر، افزودن مکمل کیلاته سبب بهبود وزن سی روزگی، شصت روزگی، تغییرات وزنی، افزایش وزن روزانه یک تا سی روزگی و کل دوره گوساله‌های شیرخوار شد ($P < 0/05$). بین گوساله‌های دریافت‌کننده مکمل کیلاته و معدنی از نظر وزن سی روزگی، افزایش وزن روزانه یک تا سی روزگی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. مکمل کردن شیر گوساله‌ها با مواد معدنی کیلاته سبب افزایش ماده خشک مصرفی کل و روزانه، استارت مصرفی و ضریب تبدیل خوراک شد ($P < 0/05$). گوساله‌های دریافت‌کننده مکمل کیلاته از فاصله بین دو چشم بیشتری نسبت به دو گروه دیگر برخوردار بودند ($P < 0/05$). همچنین فاصله دو شاخ، ارتفاع از جدوگاه و طول بدن گوساله‌های دریافت‌کننده مکمل کیلاته بیشتر از گوساله‌های گروه شاهد بود ($P < 0/05$). هرچند نسبت به گوساله‌های دریافت‌کننده مکمل معدنی این اختلاف معنی‌دار نبود. همچنین اختلاف آماری معنی‌داری برای غلظت‌های آهن و مس در سرم گوساله‌های مورد آزمایش مشاهده نشد. افزودن عناصر معدنی کم‌مصرف به شیر گوساله‌ها سبب افزایش هورمون‌های تریپتوئین و تترایدوتیرونین گردید ($P < 0/05$). از نظر غلظت تریپتوئین بین گروه شاهد با مکمل معدنی و مکمل معدنی و کیلاته اختلاف معنی‌داری به دست نیامد. همچنین غلظت تترایدوتیرونین بین گوساله‌های دریافت‌کننده مکمل معدنی نسبت به گوساله‌های دریافت‌کننده کیلاته تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. به‌طور کلی، مکمل کردن شیر گوساله‌های شیرخوار با مواد معدنی کیلاته سبب بهبود صفات عملکردی، شاخص اسکلتی و همچنین مشخصه‌های اندازه‌گرفته‌شده مانند روی سرم و هورمون‌های تیروئیدی شد.

واژه‌های کلیدی: گوساله، مواد معدنی کم مصرف، مصرف خوراک، هورمون‌های تیروئیدی

مقدمه

سه ماه ابتدایی زندگی گوساله‌ها، نقشی اساسی در تضمین سلامت و بهره‌وری آینده آن‌ها ایفا می‌کند. در این دوره حساس، وضعیت فیزیولوژیکی دام شامل توانایی جذب مولکول‌های درشت، به‌ویژه ایمونوگلوبولین‌ها از روده و همچنین حساسیت بالا به عفونت‌های گوارشی و اسهال است (Alijani et al, 2020). علاوه بر این، موفقیت اقتصادی گاوداری‌های صنعتی به‌میزان قابل توجهی به

پرورش مناسب گوساله‌های جایگزین وابسته است (Dobson et al, 2007). در پرورش مدرن گاوهای شیری، معمولاً گوساله‌ها بلافاصله پس از تولد از مادر جدا شده و با شیر کامل یا جایگزین‌های آن به‌صورت مصنوعی تغذیه می‌شوند. این جداسازی، گوساله‌ها را از دریافت میکروفلور طبیعی بزاق مادر و سایر گاوها محروم کرده و سبب کند شدن تشکیل جوامع میکروبی مفید و حتی ایجاد عدم تعادل در فلور میکروبی دستگاه گوارش آن‌ها می‌شود (Lopes et al, 2021). از سوی دیگر، چنانچه در این مرحله حیاتی از زندگی، راهکارهای مناسب تغذیه‌ای و مدیریتی اتخاذ نشود، رشد، سلامت و عملکرد تولیدی گوساله‌ها به‌طور منفی تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Krpálková et al, 2014). گوساله‌ها به‌دلیل ویژگی‌های فیزیولوژیکی خاص مانند

۱- گروه تغذیه دام و طیور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

(*)- نویسنده مسئول: (Email: ghoorchi@gau.ac.ir)

در شرایط تنش اثبات کرده‌اند (Underwood & Suttle, 1999) ;
 (Spears & Kegley, 2002). این عناصر تأثیر مثبتی بر ضریب
 تبدیل خوراک، بهبود پاسخ ایمنی و کاهش هزینه‌های درمانی
 گوساله‌ها دارند. تزریق مکمل‌های حاوی مس، روی و منگنز در زمان
 شیرگیری منجر به افزایش غلظت پلاسمایی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی،
 پلاکت‌های خون و اجزای سیستم ایمنی گوساله‌ها شده است
 (Vedovatto et al, 2019). علاوه بر این، تحقیقات نشان داده‌اند که
 تزریق مواد معدنی حاوی عناصر روی، منگنز، مس و سلنیوم پس از
 تولد باعث تقویت عملکرد نوتروفیل‌ها و کاهش نرخ بیماری در
 گوساله‌ها می‌شود (Teixeira et al, 2014).

مطالعات نشان داده‌اند که افزودن مکمل‌های معدنی به جیره
 غذایی دام می‌تواند غلظت عناصر کلیدی مانند کبالت، مس و روی در
 کبد را افزایش دهد و در نتیجه بر سلامت و عملکرد دام تأثیر مثبت
 بگذارد (Marques et al, 2016). همچنین نیاز بدن به این عناصر
 تحت تأثیر عواملی چون سن، وضعیت فیزیولوژیکی (مانند آبستنی و
 شیردهی)، رفتار، گونه حیوان و ژنتیک قرار دارد (Ahola et al,
 2004). با این حال، برخی مطالعات نشان داده‌اند که افزایش غلظت
 مواد معدنی کم‌مصرف در کبد، همیشه بهبود قابل توجهی در وضعیت
 سلامت ایجاد نمی‌کند (Stanton et al, 2000).

بنابراین، این مطالعه با هدف ارزیابی تأثیر تغذیه مکمل‌های
 کیلاته و معدنی عناصر کم‌نیازی مانند کبالت، ید، سلنیوم، روی،
 منگنز، آهن و مس بر عملکرد، فراسنجه‌های خونی و شاخص‌های
 رشد اسکلتی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین انجام شد.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در واحد ۱۷۰۰ راسی پرورش گاو شیری مهرماندگار
 متعلق به جناب آقای احمد قلندری واقع در شهرستان گرگان انجام
 شد. در این پژوهش از ۳۶ رأس گوساله ماده شیرخوار نژاد هلشتاین با
 سن 7 ± 3 روزگی و وزن بدن اولیه $36/8 \pm 3/2$ کیلوگرم در سه تیمار و
 ۱۲ تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی در مدت ۶۰ روز استفاده شد.
 تیمارهای آزمایشی شامل: تیمار ۱- شاهد (بدون مکمل مواد معدنی)،
 تیمار ۲- تغذیه با دو گرم مکمل کیلاته به‌ازای هر رأس گوساله در
 روز و تیمار ۳- تغذیه با دو گرم مکمل معدنی به‌ازای هر رأس گوساله
 در روز. در این پژوهش، گوساله‌ها در جایگاه انفرادی با کف بتنی و
 دارای بستری از کلس که قبلاً شعله‌افکنی و ضد عفونی شده، نگهداری
 شدند. گوساله‌ها در طول زمان شیرخوارگی، روزانه با دو وعده شیر
 کامل (چهار لیتر) به‌میزان ۱۰ درصد وزن بدن تغذیه شدند. تمام
 گوساله‌ها در شرایط یکسان مدیریتی و تغذیه‌ای قرار گرفته و خوراک
 آغازین به اضافه یونجه (نسبت ۹۰ به ۱۰ کنسانتره به علوفه) در

سیستم ایمنی ضعیف و تغییر تدریجی دستگاه گوارش از هضم مواد
 شیری به مواد جامد، نسبت به سایر دام‌ها بیشتر در معرض خطر
 مرگ‌ومیر قرار دارند (Heinriches et al, 2003).

عناصر کم‌نیاز اصلی شامل هفت عنصر ید، منگنز، کبالت، سلنیوم،
 مس، آهن و روی هستند (Rahbar et al, 2020). این عناصر، برای
 رشد نشخوارکنندگان حیاتی بوده و در فرآیندهای فیزیولوژیکی
 متعددی مشارکت دارند. این مواد معدنی بخش مهمی از ساختار
 پروتئین‌های دخیل در سیستم ایمنی، ترشح هورمون‌ها و متابولیسم را
 تشکیل می‌دهند (Tiffany & Spears, 2005). اگرچه این عناصر در
 مقادیر بسیار کم مورد نیاز هستند، نقش حیاتی آن‌ها در ایمنی و
 سلامت بدن غیرقابل انکار است (Tom Dieck et al, 2003).
 عناصر کم‌نیاز از طریق پشتیبانی از فرآیندهای بیوشیمیایی نظیر سنتز
 هورمون‌ها، پروتئین‌ها و آنزیم‌ها به سلامت و رفاه حیوان کمک
 می‌کنند (Predieri et al, 2003). این مواد، به‌عنوان اجزای ضروری
 کوآنزیم‌ها، در سوخت‌وساز چربی‌ها و کربوهیدرات‌ها، تشکیل کلاژن،
 فعالیت آنتی‌اکسیدانی و فرآیندهای متابولیک حیاتی نقش ایفا می‌کنند
 (Tom Dieck et al, 2003). همچنین مواد معدنی به تنظیم تعادل
 اسید و باز در مایعات بدن از طریق کنترل نفوذپذیری غشاء کمک
 کرده و در شکل‌گیری و حفظ ساختار اسکلتی بدن نیز ضروری هستند
 (McDowell, 2012). وجود سطح بهینه مواد معدنی در جیره غذایی
 نه تنها عملکرد سیستم ایمنی در برابر بیمارگرها و تنش‌های محیطی
 را تقویت می‌کند، بلکه موجب بهبود رشد و تولید نیز می‌شود
 (Tomlinson et al, 2004; Maggini et al, 2007; Hess et al,
 2008). نشانه‌های کمبود مواد معدنی شامل کاهش تولید، اشتها،
 رشد، اختلالات تولیدمثلی، ضعف پاسخ‌های ایمنی و مشکلات
 متابولیکی است که می‌تواند سلامت و عملکرد دام را مختل کند
 (McDowell, 2012).

عناصر معدنی کم‌مصرف به دو شکل اصلی یعنی نمک‌های
 غیرآلی و ترکیبات آلی، در دسترس هستند (Spears et al, 2004).
 گزارش شده است که منابع آلی این عناصر نسبت به منابع غیرآلی،
 زیست‌فراهمی بالاتری دارند و استفاده از آن‌ها در جیره غذایی
 گاوهای شیری می‌تواند عملکرد تولید و وضعیت سلامت را، به‌ویژه در
 دوره‌های تنش مانند زایش بهبود بخشد (Nocek et al, 2006) ;
 (Siciliano Jones et al, 2008). علاوه بر این، استفاده از منابع آلی
 عناصر معدنی کم‌مصرف در خوراک آغازین گوساله‌های شیرخوار
 منجر به بهبود رشد نسبت به منابع غیرآلی شده است (Osorio et al,
 2012). مطالعات مختلف نقش عناصر کمیاب مانند روی، مس، منگنز
 و سلنیوم را در بهبود سیستم ایمنی، سلامت و رشد گوساله‌ها، به‌ویژه

اختیار گوساله‌ها قرار داده شد و میزان مصرف روزانه آن‌ها ثبت شد. هر روز صبح ساعت ۷، خوراک پس از توزین در اختیار گوساله‌ها قرار گرفت. همچنین در طی آزمایش، آب تمیز به‌صورت آزادانه در اختیار

جدول ۱- اقلام خوراک و ترکیب شیمیایی جیره گوساله‌های شیرخوار

Table 1- Constituent feed ingredients and chemical composition of the ration of suckling calves

درصد	ترکیبات شیمیایی	درصد	اجزای خوراک (درصد ماده خشک)
Percentage	Chemical compounds	Percentage	Feed components (%DM)
0.89	ماده خشک Dry matter (%)	10.00	یونجه Alfalfa
21.75	پروتئین خام Crude protein (%)	10.00	دانه جو Barley seed
2.24	چربی خام Crude fat (%)	40.00	دانه ذرت Corn seed
7.48	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber (%)	5.00	سبوس گندم Wheat bran
21.35	الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber (%)	32.00	کنجاله سویا Soybean meal
3.89	خاکستر Ash (%)	1.00	مکمل ویتامینی-معدنی Vitamin-mineral supplement
2.86	انرژی قابل متابولیسم Metabolizable energy (Mcal/kg DM)	1.00	توکسین بایندر Toxin Binder
		1.00	جوش شیرین Sodium bicarbonate

^۱پیش‌مخلوط ویتامین و مواد معدنی ارائه‌شده به‌ازای هر کیلوگرم جیره غذایی: ویتامین A: ۱۰۰۰۰۰ IU، ویتامین D₃: ۲۵۰۰۰۰ IU، ویتامین E: ۳۰۰۰ IU، منیزیم ۳۲۰۰۰ میلی‌گرم، منگنز: ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم، روی: ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم، مس: ۳۰۰ میلی‌گرم، سلنیوم ۱۰۰ میلی‌گرم؛ کلسیم: ۱۰۰ میلی‌گرم؛ آهن: ۳۰۰۰ میلی‌گرم؛ کبالت ۱۰۰ میلی‌گرم؛ فسفر ۳۰۰۰۰ میلی‌گرم؛ موننسن: ۱۵۰۰ میلی‌گرم؛ آنتی‌اکسیدان ۱۰۰ میلی‌گرم.

^۱ Vitamin and mineral premix provided per kilogram of ration: Vitamin: A IU 1000000, Vitamin IU: D₃ 250000, Vitamin IU: E 3000, Magnesium 32000 mg, Manganese: 10,000 mg; Zinc: 10,000 mg; Copper: 300 mg; Selenium 100 mg; Calcium: 100 mg; Iron: 3000 mg; Cobalt 100 mg; Phosphorus 30000 mg; Monensin: 1500 mg; Antioxidant 100 mg.

تهیه مکمل زیست

مکمل‌های موردنیاز این پژوهش از شرکت آسا تهیه گردید و سپس به انبار خوراک منتقل شد و پس از ترکیب با شیر به گوساله‌ها خوراند. دوره آزمایش انجام می‌شد. وزن کشتی گوساله‌ها در روز صفر، ۳۰ و ۶۰ روز، منگنز، آهن و مس بود. مکمل کیلاته برپایه اسید سیتریک و همچنین نوع معدنی آن‌ها برپایه سولفات بوده است.

اندازه‌گیری عملکرد رشد

جیره‌های مورد استفاده در این آزمایش هر روز ساعت ۷ صبح و ۱۶ عصر در اختیار گوساله‌ها قرار می‌گرفت. خوراک داده‌شده و باقی‌مانده خوراک برای هر دام در هر روز توزین و ثبت می‌شد. خوراک مصرفی روزانه از میانگین اختلاف خوراک داده‌شده برای هر دام و باقی‌مانده آخور روز بعد همان دام محاسبه می‌شد. میانگین هر تیمار نیز از میانگین خوراک مصرفی هر دام در طول دوره محاسبه گردید. همچنین افزایش مقدار خوراک داده‌شده به دام‌ها براساس

پس‌مانده خوراک هر دام در روز بعد مشخص می‌شد، به‌طوری‌که اگر دام در سه روز متوالی، پس‌مانده خوراک کمتر از ۲۰۰ گرم از خود باقی می‌گذاشت، خوراک دام افزایش می‌یافت. همین روال تا انتهای دوره آزمایش انجام می‌شد. وزن کشتی گوساله‌ها در روز صفر، ۳۰ و ۶۰ دوره به‌صورت ناشتا، پس از ۱۶ ساعت گرسنگی با استفاده از باسکول دیجیتال صورت گرفت. برای محاسبه افزایش وزن روزانه از تقسیم نمودن تفاوت وزن در یک بازه زمانی بر تعداد روزهای همان بازه زمانی محاسبه شد. میزان ماده خشک مصرفی، افزایش وزن روزانه، وزن انتهای دوره اندازه‌گیری و ضریب تبدیل خوراک محاسبه شد. میزان ضریب تبدیل خوراک نیز از تقسیم نمودن میانگین مقدار ماده خشک مصرفی هر گوساله در آخر دوره بر افزایش وزن روزانه همان دام در کل دوره و به‌صورت میانگینی از ضریب تبدیل هر تیمار محاسبه شد.

اندازه‌گیری فراسنجه‌های خونی

نمونه‌گیری از خون برای اندازه‌گیری فراسنجه‌های خونی در روز آخر دوره آزمایشی به‌میزان ۱۰ میلی‌لیتر از ورید گردن و بدون استفاده از ماده ضدانعقاد (EDTA) گرفته شده و در فلاسک حاوی یخ به‌سرعت به آزمایشگاه ارسال شد. لوله‌ها در دور $3000 \times g$ به‌مدت ۱۰ دقیقه برای جداسازی سرم، سانتریفیوژ شد. مقادیر روی، آهن و مس سرم توسط کیت‌های تجاری دلتادرمان فارس با استفاده از بکمن (مدل Beckmen Au480) ساخت کشور آمریکا و هورمون‌های تری‌یدوتیرونین و تترا‌یدوتیرونین به‌روش الایزا و کیت‌های پیش‌تاز اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری شاخص‌های اسکلتی گوساله‌ها

اندازه‌گیری برخی کمیت‌های بدنی از قبیل عرض پوزه، فاصله دو چشم، فاصله دو شاخ، ارتفاع جدوگاه و فاصله طولی از شاخ تا دم در روز آخر دوره اندازه‌گیری شد. برای این منظور، گوساله‌ها در یک سطح کاملاً صاف و تمیز نگه داشته شده، سپس توسط متر ابعاد بدن اندازه‌گیری و ثبت گردید (Hossein Abadi et al, 2021).

مدل آماری

داده‌های به‌دست‌آمده در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار (۱۲ تکرار برای هر تیمار) با استفاده از نرم‌افزار SAS, 2004 (نسخه ۹/۱) تجزیه آماری شد. داده‌های مربوط به عملکرد رشد دام‌ها، شاخص سلامتی و فراسنجه‌های خونی (با استفاده از رویه GLM) تجزیه و تحلیل گردید. همچنین میانگین تیمارها از طریق آزمون دانکن در سطح معنی‌داری پنج درصد مقایسه شدند. مدل استفاده‌شده برای این طرح به‌شرح زیر می‌باشد.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij} \quad (1)$$

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

نتایج و بحث

اطلاعات مربوط به عملکرد گوساله‌های شیرخوار دریافت‌کننده مکمل عناصر کم‌نیاز در جدول ۲ نشان داده شده است. با توجه به نتایج، افزودن مکمل کیلاته سبب بهبود وزن سی روزگی، شصت روزگی، تغییرات وزنی، افزایش وزن روزانه در دوره‌های یک تا سی روزگی و کل دوره گوساله‌های شیرخوار شد ($P < 0.05$). با این حال، بین گوساله‌های دریافت‌کننده مکمل کیلاته و معدنی، از نظر وزن

سی روزگی، افزایش وزن روزانه در دوره یک تا سی روزگی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. همچنین نتایج پژوهش حاضر نشان داد که مکمل کردن شیر گوساله‌ها با مواد معدنی کیلاته منجر به بهبود میزان مصرف ماده خشک کل و روزانه، مصرف استارتر و بهبود ضریب تبدیل خوراک شد ($P < 0.05$).

نشان داد که استفاده از شکل غیرمعدنی عناصر کم‌نیاز در جیره دام‌های در حال رشد، به‌علت زیست‌فراهمی بالا منجر به بهبود عملکرد رشد آن‌ها می‌شود (Spears, 1996). همسو با یافته‌های پژوهش حاضر، بیان کردند که مکمل کردن جیره با عناصر معدنی کیلاته کم‌نیاز سبب افزایش نرخ رشد در گوساله‌های شیرخوار گردید (Mousavi-Haghshenas et al, 2022). در پژوهش حاضر نیز مشاهده شد که افزودن مکمل زیستا به شیر گوساله‌ها تأثیر مثبتی بر نرخ رشد دارد که این اثر در مکمل کیلاته مشهودتر بود. در پژوهشی گوساله‌های تازه به‌دنیا آمده را به‌مدت دو هفته با دو منبع مختلف عنصر روی به‌صورت غنی‌سازی در شیر مصرفی مورد بررسی قرار دادند و بیان کردند که مکمل کردن شیر با ۸۰ میلی‌گرم عنصر روی به‌صورت سولفات روی یا روی-متیونین منجر به بهبود افزایش وزن در گوساله‌ها شد (Feldmann et al, 2019). افزایش ماده خشک مصرفی در دوره پیش از شیرگیری در گوساله‌های شیرخوار از اهمیت زیادی برخوردار است. در همین راستا، همستگی بالایی ($r^2 = 0.732$) بین میزان ماده خشک مصرفی در دوره قبل از شیرگیری و افزایش وزن پس از شیرگیری گزارش کردند (Stamey et al, 2012). همسو با پژوهش حاضر، بیان کردند که گوساله‌های دریافت‌کننده مکمل روی آلی نسبت به گروه دریافت‌کننده مکمل روی معدنی، خوراک آغازین بیشتری مصرف کردند (Spears, 1996). پژوهشگران گزارش کردند که تغذیه بلوس‌های آهسته رهش سلنیوم و ید سبب افزایش وزن روزانه بره‌ها شد که همسو با این پژوهش بود (Zarbalizadeh-Saed et al, 2020).

در این بین، تعدادی از پژوهشگران گزارش کردند که مصرف خوراک آغازین بین گوساله‌های دریافت‌کننده مواد معدنی آلی یا غیرآلی، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (Ma Chang et al, 2020; Osorio et al., 2012; Gelsinger et al, 2016; et al, 2020). محققان گزارش کردند که استفاده از شکل‌های مختلف عنصر روی (آلی، معدنی و نانوآکسید روی) تأثیری بر افزایش وزن روزانه و تغییرات وزنی بره‌ها ندارد (Mallaki et al, Alijani et al, 2020). 2015; در تضاد با نتایج پژوهش حاضر، گزارش کردند که مکمل معدنی حاوی عناصر منگنز، مس و روی تأثیر معنی‌داری بر میانگین افزایش وزن روزانه، خوراک آغازین مصرفی و وزن بدن گوساله‌ها نداشت (Mandal et al, 2007; Ryan et al, 2015). همچنین، اختلاف معنی‌داری را بین شاهد و تیمار دریافت‌کننده روی-متیونین

احتمالاً این امر سبب مصرف کمتر آن‌ها توسط دام می‌شود. مواد معدنی با از بین بردن و تشکیل پراکسیدها در نتیجه بهبود زیست‌فراهمی مواد معدنی کیلاته سبب بهبود افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل خوراک می‌شود (Osorio et al., 2012; Sperrs et al., 2014). همچنین عملکرد دام وابسته به مقدار خوراک مصرفی، گوارش‌پذیری جیره، تولید فراآورده‌های تخمیری در شکمبه و توانایی سوخت‌وساز مواد مغذی در داخل بدن است (Underwood & Suttle, 1999). در مجموع، ترکیبات کیلاته به‌دلیل ساختار خاص خود می‌توانند عناصر معدنی را در فرم‌هایی قرار دهند که برای جذب در روده‌ها مناسب‌تر هستند. این امر باعث افزایش دسترسی زیستی این عناصر می‌شود و در نتیجه جذب آن‌ها توسط بدن دام افزایش می‌یابد. در محیط روده، عناصر معدنی ممکن است با سایر مواد مغذی یا ترکیبات موجود در خوراک تداخل کنند و از جذب آن‌ها جلوگیری کنند. کیلاته کردن می‌تواند به کاهش این تداخلات کمک کند و موجب جذب بهینه‌تر عناصر معدنی شود (Underwood & Suttle, 1999).

یا اکسید روی در میزان خوراک آغازین مصرفی در دو هفته اول زندگی مشاهده نکردند (Chang et al, 2020). در پژوهشی دیگر، با مقایسه دو منبع آلی و غیرآلی مواد معدنی کم‌نیاز (شامل منگنز، مس و روی) در گوساله‌های شیرخوار از سن کمتر از هفت روز، اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی از نظر مصرف خوراک آغازین در ۱۴ روز اول و هفته نهم زندگی گزارش نکردند (Osorio et al, 2012). باین‌حال، مصرف خوراک آغازین در هفته‌های سوم تا هشتم زندگی اختلاف معنی‌داری را بین تیمارهای آزمایشی نشان داد. افزایش مصرف خوراک در پژوهش حاضر می‌تواند نتیجه مکمل کردن مواد معدنی آلی کم‌مصرف باشد که به‌علت زیست‌فراهمی بالا و مؤثرتر این شکل از مواد معدنی، رشد بهتر دستگاه گوارش و در نتیجه افزایش سلامت گوساله‌ها مشاهده شده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که مصرف منابع متفاوت عنصر روی (اکسید روی، روی کیلات‌شده با اسیدآمینه و روی لاکتات) سبب رشد بافت اپیتلیوم شکمبه بزغاله‌ها شد (Spears & Weiss, 2014). از طرف دیگر، شکل‌های غیرآلی مواد معدنی، اغلب به‌صورت سولفات‌ها و اگزالات‌ها مصرف می‌شوند و خوش‌خوراکی کمتری دارند (Ma et al, 2020).

جدول ۲- اثر مکمل کردن جیره‌ای با عناصر کم‌نیاز بر عملکرد گوساله‌های شیرخوار هلستاین

Table 2- Effect of micronutrient supplementation on the performance of Holstein suckling calves

مورد Case	جیره‌های آزمایشی Experimental diets			خطای استاندارد میانگین‌ها SEM	سطح معنی‌داری P-value
	شاهد Control	مکمل معدنی Mineral supplement	مکمل کیلاته Chelate supplement		
وزن ابتدای دوره (کیلوگرم) Initial body weight (kg)	35.99	36.61	37.74	0.641	0.164
وزن ۳۰ روزگی (کیلوگرم) Weight on day 30 (kg)	44.02 ^b	47.30 ^{ab}	49.97 ^a	1.138	0.003
وزن ۶۰ روزگی (کیلوگرم) Weight on day 60 (kg)	66.59 ^c	75.05 ^b	81.09 ^a	0.754	<0.0001
تغییرات وزنی (کیلوگرم) Body weight changes (kg)	30.60 ^c	38.44 ^b	43.35 ^a	0.390	<0.0001
افزایش وزن ۱ تا ۳۰ روزگی (گرم) 1-30-day weight gain (kg)	0.267 ^b	0.356 ^{ab}	0.407 ^a	0.026	0.005
افزایش وزن کل دوره (کیلوگرم در روز) Total daily weight gain (kg)	0.510 ^c	0.640 ^b	0.722 ^a	0.005	<0.0001
ماده خشک مصرفی کل (کیلوگرم) Total dry matter intake (kg)	41.15 ^c	46.85 ^b	54.16 ^a	0.459	<0.0001
مصرف استارتر روزانه (کیلوگرم) Daily starter intake (kg)	0.686 ^c	0.780 ^b	0.903 ^a	0.005	<0.0001
ماده خشک مصرفی Dry matter intake (kg)	1.161 ^c	1.255 ^b	1.378 ^a	0.007	<0.0001
ضریب تبدیل خوراک Feed conversion ratio	1.34 ^a	1.25 ^b	1.21 ^b	0.011	<0.0001

حروف غیرمشترک در هر ردیف تفاوت معنی‌دار بین تیمارها را نشان می‌دهد ($P < 0.05$).

ماده خشک مصرفی = جیره آغازین + شیر

Different letters in each row indicate significant difference between groups ($P < 0.05$).

Dry matter intake = starter + milk

سطوح بسیار کم یا بسیار زیاد مورد استفاده قرار گیرد. همسو با نتایج پژوهش حاضر گزارش کردند که مکمل مواد معدنی کم‌نیاز سبب افزایش معنی‌دار غلظت عنصر روی پلاسما در گوساله‌ها شد، هرچند که غلظت مس پلاسما تغییر معنی‌داری نداشت (Ahola et al, 2005). پژوهشگران نیز بیان کردند که افزودن مواد معدنی مس، منگنز، روی و کبالت به جیره سبب بهبود غلظت مس سرم نشد (Olson et al, 1999). همچنین گزارش کردند مکمل مواد معدنی حاوی مس، منگنز، روی و سلنیوم سبب تغییر در سطح سرمی عناصر مس نشد، درحالی‌که سطح عنصر روی را در گوساله‌های شیرخوار افزایش داد (Teixeira et al, 2014).

نتایج مربوط به غلظت عناصر معدنی سرم گوساله‌ها در جدول ۳ ارائه شده است. آنالیز داده‌ها نشان می‌دهد که غلظت روی سرم گوساله‌های دریافت‌کننده مکمل معدنی بیشتر از دو گروه دیگر است ($P < 0.05$)، درحالی‌که این اختلاف با گوساله‌های دریافت‌کننده مکمل کیلاته معنی‌دار نبود. همچنین تفاوت معنی‌داری بین غلظت آهن و مس سرم گوساله‌های مورد آزمایش مشاهده نشد. گزارش شده است که با افزودن مکمل مواد معدنی، سطح عنصر روی پلاسما در گوساله‌های دریافت‌کننده مکمل مواد معدنی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت که همسو با پژوهش حاضر بود (Zaboli & Elyasi, 2021) همچنین بیان شده است که غلظت عنصر روی پلاسما نسبت به مصرف تغذیه‌ای آن حساس بوده، به‌خصوص اگر در

جدول ۳- اثر افزودن مکمل عناصر کم‌نیاز بر غلظت عناصر معدنی سرم گوساله‌های شیرخوار هلشتاین (گرم/ میلی‌لیتر)
Table 3- Effect of adding micronutrient supplements on the concentration of mineral elements in suckling Holstein calves (g/ml)

مورد Case	جیره‌های آزمایشی Experimental diets			خطای استاندارد میانگین‌ها SEM	سطح معنی‌داری P-value
	شاهد Control	مکمل معدنی Mineral supplement	مکمل کیلاته Chelate supplement		
روی Zinc	79.33 ^b	92.25 ^a	84.83 ^{ab}	3.638	0.044
آهن Iron	211.25	235.91	257.66	13.783	0.072
مس Copper	75.83	89.60	89.60	4.277	0.065

حروف غیرمشترک در هر ردیف تفاوت معنی‌دار بین تیمارها را نشان می‌دهد ($P < 0.05$).

Different letters in each row indicate significant difference between groups ($P < 0.05$).

تایروژین جهت تولید هورمون‌های تیروئیدی مورد نیاز است (Hess & Zimmermann, 2004). کمبود مس سبب اختلال ترشح آنزیم‌های تایروژین هیدروکسیلاز و دوپامین هیدروکسیلاز حاوی عنصر مس در نورون‌های هیپوتالاموسی می‌شود که این امر سبب مهار ساخت فاکتور آزادکننده هورمون تیروئیدی می‌شود (Hess & Zimmermann, 2004). علاوه‌بر این مشخص شده است که سوخت‌وساز تیروئید در اثر کم‌خونی ناشی از کمبود آهن مختل می‌شود. کم‌خونی ناشی از کمبود آهن می‌تواند سبب اختلال سیستم عصبی مرکزی تنظیم‌کننده سوخت‌وساز تیروئید و اتصال هسته‌ای ترییدوتیرونین شود و فعالیت آنزیم دی‌دیناز ۵ کبیدی را تغییر دهد که تبدیل تیروکسین به ترییدوتیرونین را تسریع می‌کند، همچنین یکی دیگر از سازوکارهای بالقوه، اختلال در فعالیت آنزیم تیروئید پروکسیداز می‌باشد (Zimmermann, 2006). تیروئید پروکسیداز یک آنزیم حاوی هم است که دو مرحله ابتدایی ساخت هورمون‌های

اطلاعات حاصل از نتایج اثر عناصر معدنی کم‌نیاز بر هورمون‌های تیروئیدی در جدول ۴ ارائه شده است. با توجه به نتایج پژوهش حاضر، افزودن عناصر معدنی کم‌نیاز به شیر گوساله‌ها سبب افزایش هورمون‌های ترییدوتیرونین و تترایدوتیرونین شد ($P < 0.05$). از نظر غلظت ترییدوتیرونین بین گروه شاهد با مکمل معدنی و مکمل معدنی و کیلاته اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. همچنین غلظت تترایدوتیرونین گوساله‌های دریافت‌کننده مکمل معدنی با کیلاته تفاوت معنی‌داری نداشت.

مطالعات متعدد نشان می‌دهد که استفاده از مکمل مواد معدنی سبب افزایش معنی‌دار غلظت هورمون ترییدوتیرونین گوساله‌های شیرخوار می‌شود (Eisa & Elgebaly, Ceppi et al, 1994; 2010). ترییدوتیرونین فعال‌ترین هورمون تیروئیدی می‌باشد. تولید و متابولیسم هورمون‌های تیروئیدی به مواد معدنی کم‌مصرفی نظیر آهن، مس و روی بستگی دارد و کمبود این عناصر سبب اختلال در عملکرد طبیعی تیروئید می‌شود. عنصر مس در سوخت‌وساز اسیدآمین

تیروئیدی را تسریع می‌کند. به‌طور کلی عناصر معدنی می‌توانند بر روی غده هیپوفیز تأثیر بگذارند که مسئول ترشح هورمون‌های محرک تیروئید (TSH) است. هورمون‌های محرک تیروئید به‌نوبه خود باعث تحریک غده تیروئید برای تولید هورمون‌های تیروئیدی می‌شود. برای مثال، روی و مس ممکن است به تنظیم هورمون‌های تیروئیدی کمک کنند که این امر

می‌تواند تأثیرات مثبتی بر متابولیسم و رشد داشته باشد. روی و مس به‌عنوان کوفاکتورهای آنزیم‌ها در فرآیندهای بیوشیمیایی مختلف عمل می‌کنند. روی در سنتز هورمون‌های تیروئیدی و تبدیل T4 به T3 نقش دارد. کمبود روی می‌تواند منجر به کاهش تولید هورمون‌های تیروئیدی شود (Underwood & Suttle, 1999).

جدول ۴- اثر افزودن مکمل عناصر کم‌نیاز بر هورمون‌های تیروئیدی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین (گرم/دسی‌لیتر)

Table 4- Effect of micronutrient supplementation on thyroid hormones of suckling Holstein calves (g/dL)

مورد Case	جیره‌های آزمایشی Experimental diets			خطای استاندارد میانگین‌ها SEM	سطح معنی‌داری P-value
	شاهد Control	مکمل معدنی Mineral supplement	مکمل کیلاته Chelate supplement		
تری‌دوتیرونین Triiodothyronine	141.91 ^b	153.84 ^{ab}	174.91 ^a	8.283	0.026
تترا‌دوتیرونین Tetraiodothyronine	4.81 ^b	6.06 ^a	6.49 ^a	0.271	0.0004

حروف غیرمشترک در هر ردیف تفاوت معنی‌دار بین تیمارها را نشان می‌دهد ($P < 0.05$).

Different letters in each row indicate significant difference between groups ($P < 0.05$).

جدول ۵- اثر افزودن مکمل عناصر کم‌نیاز بر شاخص اسکلتی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین (سانتی‌متر)

Table 5- Effect of micronutrient supplementation on skeletal index of suckling Holstein calves (cm)

صفت Trait	جیره‌های آزمایشی Experimental diets			اشتباه استاندارد میانگین‌ها SEM	سطح معنی‌داری P-value
	شاهد Control	مکمل معدنی Mineral supplement	مکمل کیلاته Chelate supplement		
عرض پوزه Muzzle width	6.50	6.83	6.75	0.228	0.571
فاصله دو چشم Eyes interval	15.08 ^b	15.33 ^b	16.83 ^a	0.421	0.012
فاصله دو شاخ Horns interval	12.16 ^b	14.25 ^{ab}	14.41 ^a	0.624	0.027
ارتفاع از جدوگاه Height of the seat	92.66 ^b	96.91 ^a	99.91 ^a	0.933	<0.0001
طول بدن Body length	112.66 ^b	118.91 ^{ab}	122.41 ^a	2.176	0.011

حروف غیرمشترک در هر ردیف تفاوت معنی‌دار بین تیمارها را نشان می‌دهد ($P < 0.05$).

Different letters in each row indicate significant difference between groups ($P < 0.05$).

دریافت‌کننده مکمل کیلاته بیشتر از گوساله‌های گروه شاهد بود ($P < 0.05$)، هرچند نسبت به با گوساله‌های دریافت‌کننده مکمل معدنی این اختلاف معنی‌دار نبود.

همان‌طور که برای وزن بدن و ماده خشک مصرفی، پاسخ مشهودتری به افزودن شکل آلی مکمل مواد معدنی به شیر مصرفی

اطلاعات حاصل از نتایج اثر عناصر معدنی کم‌نیاز بر شاخص‌های اسکلتی گوساله‌ها در جدول ۵ ارائه شده است. براساس نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق، گوساله‌های دریافت‌کننده مکمل کیلاته فاصله دو چشم بیشتری نسبت به دو گروه دیگر داشتند ($P < 0.05$). همچنین فاصله دو شاخ، ارتفاع از جدوگاه و طول بدن گوساله‌های

پروتئین‌ها، DNA و تولید هورمون‌های رشد (مانند IGF-1) نقش دارد که برای رشد سلول‌های استخوانی ضروری است (Spears, 1996).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که افزودن مکمل کیلاته عناصر کم‌نیاز به شیر مصرفی گوساله‌های شیرخوار سبب بهبود نرخ رشد، شاخص‌های اسکلتی و میزان مصرف خوراک آغازین (استارتر) در گوساله‌ها می‌شود. اضافه کردن این مکمل به شیر مصرفی منجر به افزایش غلظت روی و هورمون‌های تیروئیدی (تری‌دوتیرونین و تترا‌دوتیرونین) در گوساله‌ها شد. در مجموع، می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از مکمل‌های معدنی با منبع کیلاته در شیر مصرفی، به بهبود صفات عملکردی، شاخص‌های اسکلتی و مشخصه‌های اندازه‌گیری شده در گوساله‌های شیرخوار می‌انجامد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از مدیریت محترم واحد پرورش گاو شیری مهر ماندگار استان گلستان، به‌پاس در اختیار گذاشتن امکانات مزرعه‌ای و همکاری ارزشمندشان، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد.

دریافت شد، شاخص اسکلتی و به‌طور ویژه ارتفاع بدن و محیط دور شکم به‌صورت معنی‌داری تحت تأثیر مکمل کیلاته قرار گرفت. در پژوهشی گزارش کردند که افزودن مکمل کیلاته مواد معدنی در جیره گوساله‌های شیرخوار سبب بهبود شاخص‌های اسکلتی شد که این یافته‌ها با نتایج به‌دست‌آمده در پژوهش حاضر همسو بود (Mousavi-Haghshenas et al, 2022). استفاده از منابع معدنی غیرآلی و آلی، اندازه بدن را تغییر نداد (Pino et al, 2018)؛ اما مواد معدنی آلی سبب افزایش ارتفاع استخوان جدوگاه و هیپ در گوساله‌های شیرخوار شد (Bilici et al, 2001; Osorio et al, 2012). پژوهشگران نتیجه گرفتند که میانگین افزایش وزن روزانه کاملاً متناسب با اندازه توده بدن در حال رشد بوده است (Bailey & Mears, 1990). در مجموع، مواد معدنی کم‌مصرف در بیشتر واکنش‌های سلولی به‌عنوان کوآنزیم فعالیت کرده و نقش آنتی‌اکسیدانی نیز دارند. همچنین فراهمی زیستی بیشتر این دسته از مواد معدنی می‌تواند سبب بهبود عملکرد و رشد دام شود (Spears, 1996).

هورمون‌های تیروئیدی به تنظیم متابولیسم، رشد و توسعه بافت‌ها کمک می‌کنند. این هورمون‌ها به‌ویژه در رشد استخوان‌ها و بافت‌های نرم مؤثرند. افزایش سطح این هورمون‌ها می‌تواند به تسریع فرآیند استخوان‌سازی و افزایش رشد اسکلتی کمک کند (Underwood & Suttle, 1999). عناصر معدنی مانند روی و مس به‌عنوان کوفاکتورهای آنزیم‌ها در فرآیندهای بیوشیمیایی مختلف عمل نموده که به رشد استخوان‌ها کمک می‌کند. به‌عنوان مثال، روی در سنتز

References

- Ahola, J. K., Baker, D. S., Burns, P. D., Mortimer, R. G., Enns, R. M., Whittier, J. C., & Engle, T. E. (2004). Effect of copper, zinc, and manganese supplementation and source on reproduction, mineral status, and performance in grazing beef cattle over a two-year period. *Journal of Animal Science*, 82(8), 2375-2383. <https://doi.org/10.2527/2004.8282375x>
- Hossein Abadi, M., Ghoorchi, T., & Toghdory, A. (2021). Effect of *Saccharomyces cerevisiae* on growth performance, nutrient digestibility, serum metabolites and feeding behavior of Simmental dairy calves. *Journal of Animal Production*, 24(1), 35-41. <https://doi.org/10.22059/jap.2022.331033.623640>
- Alijani, K., Rezaei, J., & Rouzbehan, Y. (2020). Effect of nano-ZnO, compared to ZnO and Zn-methionine, on performance, nutrient status, rumen fermentation, blood enzymes, ferric reducing antioxidant power and immunoglobulin G in sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 267, 114532. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114532>
- Bailey, C. B., & Mears, G. J. (1990). Birth weight in calves and its relation to growth rates from birth to weaning and weaning to slaughter. *Canadian Journal of Animal Science*, 70(1), 167-173. <https://doi.org/10.4141/cjas90-019>
- Bilici, M., Efe, H., Köroğlu, M. A., Uydu, H. A., Bekaroğlu, M., & Değer, O. (2001). Antioxidative enzyme activities and lipid peroxidation in major depression: Alterations by antidepressant treatments. *Journal of Affective Disorders*, 64(1), 43-51. [https://doi.org/10.1016/S0165-0327\(00\)00199-3](https://doi.org/10.1016/S0165-0327(00)00199-3)
- Ceppi, A., & Blum, J. W. (1994). Effects of growth hormone on growth performance, haematology, metabolites and hormones in iron-deficient veal calves. *Journal of Veterinary Medicine Series*

- A, 41(1-10), 443-458. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0442.1994.tb00111.x>
7. Chang, M. N., Wei, J. Y., Hao, L. Y., Ma, F. T., Li, H. Y., Zhao, S. G., & Sun P. (2020). Effects of different types of zinc supplement on the growth, incidence of diarrhea, immune function, and rectal microbiota of newborn dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 103, 6100-6113. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17610>
8. Dobson, H., Smith, R. F., Royal, M. D., Knight, C. H., & Sheldon, I. M. (2007). The high-producing dairy cow and its reproductive performance. *Reproduction in Domestic Animals*, 42, 17-23. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2007.00906.x>
9. Eisa, A. M., & Elgebaly, L. S. (2010). Effect of ferrous sulphate on haematological, biochemical and immunological parameters in neonatal calves. *Veterinaria Italiana*, 46(3), 329-335. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0219>
10. Feldmann, H. R., Williams, D. R., Champagne, J. D., Lehenbauer, T. W., & Aly, S. S. (2019). Effectiveness of zinc supplementation on diarrhea and average daily gain in pre-weaned dairy calves: A double-blind, block-randomized, placebo-controlled clinical trial. *PLoS One*, 14(7), e0219321. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219321>
11. Gelsinger, S. L., Pino, F., Jones, C. M., Gehman, A. M., & Heinrichs, A. J. (2016). Effects of a dietary organic mineral program including mannan oligosaccharides for pregnant cattle and their calves on calf health and performance. *The Professional Animal Scientist*, 32(2), 205-213. <https://doi.org/10.15232/pas.2015-01475>
12. Heinrichs, A. J., Jones, C. M., VanRoekel, L. R., & Fowler, M. A. (2003). Calf Track: A system of dairy calf workforce management, training, and evaluation and health evaluation. *Journal of Dairy Science*, 86(1), 115.
13. Hess, J. B., Downs, K. M., Macklin, K. S., Norton, R. A., & Bilgili, S. F. (2008). Organic Trace Minerals for Broilers and Breeders. *Poultry Science Department, Auburn University, AL, School of Agribusiness and Agrisciences, Middle Tennessee State University, Murfreesboro, TN*.
14. Hess, J. B., & Zimmermann, M. B. (2004). The effect of micronutrient deficiencies on iodine nutrition and thyroid metabolism. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 74(2), 103-115. <https://doi.org/10.1024/0300-9831.74.2.103>
15. Krpáľková, L., Cabrera, V. E., Kvapilík, J., Burdych, J., & Crump, P. (2014). Associations between age at first calving, rearing average daily weight gain, herd milk yield and dairy herd production, reproduction, and profitability. *Journal of Dairy Science*, 97(10), 6573-6582. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7497>
16. Lopes, R. B., Bernal-Córdoba, C., Fausak, E. D., & Silva-del-Río, N. J. P. O. (2021). Effect of prebiotics on growth and health of dairy calves: A protocol for a systematic review and meta-analysis. *PLoS One*, 16(6), e0253379. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253379>
17. Ma, T., & Suzuki, Y. (2018). Dissect the mode of action of probiotics in affecting host-microbial interactions and immunity in food producing animals. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 205, 35-48. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2018.10.004>
18. Maggini, S., Wintergerst, E. S., Beveridge, S., & Hornig, D. H. (2007). Selected vitamins and trace elements support immune function by strengthening epithelial barriers and cellular and humoral immune responses. *British Journal of Nutrition*, 98(S1), S29-S35. <https://doi.org/10.1017/S0007114507832971>
19. Mallaki, M., Norouzian, M. A., & Khadem, A. A. (2015). Effect of organic zinc supplementation on growth, nutrient utilization, and plasma zinc status in lambs. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 39(1), 75-80. <https://doi.org/10.3906/vet-1405-79>
20. Mandal, G. P., Dass, R. S., Isore, D. P., Garg, A. K., & Ram, G. C. (2007). Effect of zinc supplementation from two sources on growth, nutrient utilization and immune response in male crossbred cattle (*Bos indicus* × *Bos taurus*) bulls. *Animal Feed Science and Technology*, 138(1), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.09.014>
21. Marques, R. S., Cooke, R. F., Rodrigues, M. C., Cappelozza, B. I., Mills, R. R., Larson, C. K., Moriel, P., & Bohnert, D. W. (2016). Effects of organic or inorganic cobalt, copper, manganese, and zinc supplementation to late-gestating beef cows on productive and physiological responses of the offspring. *Journal of Animal Science*, 94(3), 1215-1226. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-0036>
22. McDowell, L. R. (2012). *Vitamins in Animal Nutrition: Comparative Aspects to Human Nutrition*.

Elsevier, San Diego, United States.

23. Mousavi-Haghshenas, M. A., Hashemzadeh, F., Ghorbani, G. R., Ghasemi, E., Rafiee, H., & Ghaffari, M. H. (2022). Trace minerals source in calf starters interacts with birth weights to affect growth performance. *Scientific Reports*, 12(1), 18763. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-23459-4>.
24. Nocek, J. E., Socha, M. T., & Tomlinson, D. J. (2006). The effect of trace mineral fortification level and source on performance of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 89(7), 2679-2693. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72344-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72344-X)
25. Olson, P. A., Brink, D. R., Hickok, D. T., Carlson, M. P., Schneider, N. R., Deutscher, G. H., Adams, D. C., Colburn, D. J., & Johnson, A. B. (1999). Effects of supplementation of organic and inorganic combinations of copper, cobalt, manganese, and zinc above nutrient requirement levels on postpartum two-year-old cows. *Journal of Animal Science*, 77(3), 522-532. <https://doi.org/10.2527/1999.773522x>
26. Osorio, J. S., Wallace, R. L., Tomlinson, D. J., Earleywine, T. J., Socha, M. T., & Drackley, J. K. (2012). Effects of source of trace minerals and plane of nutrition on growth and health of transported neonatal dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 95(10), 5831-5844. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-5042>
27. Pino, F., & Heinrichs, A. J. (2016). Effect of trace minerals and starch on digestibility and rumen fermentation in diets for dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, 99(4), 2797-2810. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10034>
28. Predieri, G., Tegoni, M., Cinti, E., Leonardi, G., & Ferruzza, S. (2003). Metal chelates of 2-hydroxy-4-methylthiobutanoic acid in animal feeding: preliminary investigations on stability and bioavailability. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 95(2-3), 221-224. [https://doi.org/10.1016/S0162-0134\(03\)00067-9](https://doi.org/10.1016/S0162-0134(03)00067-9)
29. Rahbar, R., Abdollahpour, R., & Sadeghi-Sefidmazgi, A. (2020). Effect of calf birth weight on milk production of Holstein dairy cattle in desert climate. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 4(3), 65-70. <http://dx.doi.org/10.14269/2318-1265/jabb.v4n3p65-70>
30. Ryan, A. W., Kegley, E. B., Hawley, J., Powell, J. G., Hornsby, J. A., Reynolds, J. L., & Laudert, S. B. (2015). Supplemental trace minerals (zinc, copper, and manganese) as sulfates, organic amino acid complexes, or hydroxy trace-mineral sources for shipping-stressed calves. *The Professional Animal Scientist*, 31(4), 333-341. <https://doi.org/10.15232/pas.2014-01383>
31. SAS Institute. (2004). User's Guide. Version 9.1: Statistics. SAS Institute, Cary, NC.
32. Siciliano Jones, J. L., Socha, M. T., Tomlinson, D. J., & DeFrain, J. M. (2008). Effect of trace mineral source on lactation performance, claw integrity, and fertility of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 91(5), 1985-1995. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0779>
33. Spears, J. W. (1996). Organic trace minerals in ruminant nutrition. *Animal Feed Science and Technology*, 58(1-2), 151-163. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)00881-0](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00881-0)
34. Spears, J. W., & Kegley, E. B. (2002). Effect of zinc source (zinc oxide vs zinc proteinate) and level on performance, carcass characteristics, and immune response of growing and finishing steers. *Journal of Animal Science*, 80(10), 2747-2752. <https://doi.org/10.1093/ansci/80.10.2747>
35. Spears, J. W., & Weiss, W. P. (2014). Invited review: Mineral and vitamin nutrition in ruminants. *The Professional Animal Scientist*, 30(2), 180-191. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30103-0](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30103-0)
36. Spears, J. W., Schlegel, P., Seal, M. C., & Lloyd, K. E. (2004). Bioavailability of zinc from zinc sulfate and different organic zinc sources and their effects on ruminal volatile fatty acid proportions. *Livestock Production Science*, 90(2-3), 211-217. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.05.001>
37. Stamey, J. A., Janovick, N. A., Kertz, A. F., & Drackley, J. K. (2012). Influence of starter protein content on growth of dairy calves in an enhanced early nutrition program. *Journal of Dairy Science*, 95(6), 3327-3336. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-5107>
38. Stanton, T. L., Whittier, J. C., Geary, T. W., Kimberling, C. V., & Johnson, A. B. (2000). Effects of trace mineral supplementation on cow-calf performance, reproduction, and immune function. *The Professional Animal Scientist*, 16(2), 121-127. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)31674-0](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)31674-0)
39. Teixeira, A. G. V., Lima, F. S., Bicalho, M. L. S., Kussler, A., Lima, S. F., Felipe, M. J., & Bicalho, R. C. (2014). Effect of an injectable trace mineral supplement containing selenium, copper, zinc, and manganese on immunity, health, and growth of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 97(7), 4216-4226. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7625>

40. Tiffany, M. E., & Spears, J. W. (2005). Differential responses to dietary cobalt in finishing steers fed corn-versus barley-based diets. *Journal of Animal Science*, 83(11), 2580-2589. <https://doi.org/10.2527/2005.83112580x>
41. Tom Dieck, H., Döring, F., Roth, H. P., & Daniel, H. (2003). Changes in rat hepatic gene expression in response to zinc deficiency as assessed by DNA arrays. *The Journal of Nutrition*, 133(4), 1004-1010. <https://doi.org/10.1093/jn/133.4.1004>
42. Tomlinson, D. J., Mülling, C. H., & Fakler, T. M. (2004). Invited review: formation of keratins in the bovine claw: Roles of hormones, minerals, and vitamins in functional claw integrity. *Journal of Dairy Science*, 87(4), 797-809. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73223-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73223-3)
43. Underwood, E. J., & Suttle, N. F. (1999). *The Mineral Nutrition of Livestock*. 3rd edition. CABI Publishing, CAB International, Wallingford, 614. <https://doi.org/10.1017/s0007114500001689>
44. Vedovatto, M., Moriel, P., Cooke, R. F., Costa, D. S., Faria, F. J. C., Neto, I. M. C., Bento, A. L. L., Rocha, R. F. A. T., Ferreira, L. C. L., Almeida, R. G., Santos, S. A., & Franco, G. L. (2019). Effects of a single trace mineral injection on body parameters, ovarian structures, pregnancy rate and components of the innate immune system of grazing Nellore cows synchronized to a fixed-time AI protocol. *Livestock Science*, 225, 123-128. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.05.011>
45. Zaboli, K., & Elyasi, M. (2021). Effects of different amounts of zinc on performance and some blood and ruminal parameters in Holstein suckling calves. *Journal of Ruminant Research*, 9(3), 93-106. (In Persian).
46. Zarbalizadeh-Saed, A., Seifdavati, J., Abdi-Benemar, H., Salem, A. Z., Barbabosa-Pliego, A., Camacho-Diaz, L. M., Fadayifar, A., & Seyed-Sharifi, R. (2020). Effect of slow-release pellets of selenium and iodine on performance and some blood metabolites of pregnant Moghani ewes and their lambs. *Biological Trace Element Research*, 195, 461-471. <https://doi.org/10.1007/s12011-019-01853-w>
47. Zimmermann, M. B. (2006). The influence of iron status on iodine utilization and thyroid function. *Annual Review of Nutrition*, 26(1), 367-389. <https://doi.org/10.1146/annurev.nutr.26.061505.111236>



Research Article

Vol. 17, No.3, 2025, p. 287-305

The Effect of Concentrate Supplementation on Growth Performance of Weaned Female of Moghani and Romanov-Moghani Cross-Bred Lambs under Grazing Conditions

Milad Zamani¹, Hossein Abdi-Benemar^{1*}, Jamal Seifdavati¹, Reza Seyedsharifi¹, Mojtaba Alipour Einaldin¹

1- Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

*Corresponding Author's Email: abdibenemar@uma.ac.ir

How to cite this article:

Received: 16-03-2025
Revised: 13-05-2025
Accepted: 26-05-2025
Available Online: 05-10-2025

Zamani, M., Abdi-Benemar, H., Seifdavati, J., Seyedsharifi, R., & Alipour Einaldin, M. (2025). The effect of concentrate supplementation on growth performance of weaned female of Moghani and Romanov-Moghani cross-bred lambs under grazing conditions. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 17(3), 287-305. (in Persian with English abstract)
<https://doi.org/10.22067/ijasr.2025.92674.1243>

Introduction: When forage amount and height decrease in the pastures, forage grazing becomes difficult for sheep. Moreover, sheep do not like to graze dead forages and avoid grazing them unless they be forced for supplying their required nutrients. In this conditions, the amount of dietary metabolizable energy decreases and it will be a limiting factor for sheep growth and production. Conventional sheep grazing programs does not provide enough and sustainable nutrients to achieve optimal growth and most of grazing animals experience malnutrition periods and lack of supplying the required nutrients and thereafter they will start to reduce production and growth rate. A pasture-based lamb rearing system can provide better growth rates when the animals were supplemented with concentrate feeds to compensate the pasture deficiencies. Supplementation of concentrate feeds in addition to free grazing in pastures has significantly improved sheep production and increased growth performance in lambs. Identifying the genetic potential of Iranian sheep ecotypes and creating appropriate mixtures in integrated rearing systems (combining pasture grazing and concentrate feeds) can lead to higher efficiency. Therefore, the aim of the present study was to investigate the effect of different levels of concentrate on the growth performance of weaned Moghani and Romanov-Moghani crossbreed lambs under grazing conditions.

Material and Methods: This study was conducted using 32 weaned Moghani and Romanov-Moghani cross-bred lambs with an average weight of 24 ± 7 kg in a completely randomized design with 4 treatments based on a 2×2 factorial experiment. The experiment was conducted in two stages over 8 months. The first stage was carried out for 3 months (feeding period) and the experimental treatments included 1) Moghani lambs without concentrate supplement feeding, 2) Moghani lambs fed with 250 grams per day of concentrate supplement per lamb, 3) Romanov-Moghani cross-bred lambs without concentrate supplement feeding and 4) Romanov-Moghani cross-bred lambs fed with 250 grams per day of concentrate supplement per lamb. The second stage was carried out for 5 months and all experimental groups were deprived of receiving concentrate supplement (non-feeding period). Lambs were weighed every two weeks and monthly for up to 3 months after the end of the feeding period to determine weight gain and biometric parameters. A 25×25 cm wooden plots were used to measure pasture phytomass production. Plants in the plots were cut from about one centimeter above the ground and collected in a



©2025 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.

<https://doi.org/10.22067/ijasr.2025.92674.1243>

bag. After air drying in the shadow, they were used to analyze and identify the type of plant species. To determine diet digestibility, a fecal collection bag was used that was tied to the animal's rump for 2 consecutive days and done for two occasions (days 45 and 90 of rearing). Blood samples were taken from the jugular vein after the lambs returned from the pasture and 3 hours after hand-feeding the concentrate supplement, and analyzed for blood metabolites including glucose, urea, total protein, albumin, cholesterol, and triglycerides by using commercial kits.

Results and Discussion: The results of the present study showed that feeding concentrate supplement improved the growth status of lambs compared to the group without concentrate supplement, which had a significant effect in the first month, the third month and the entire of feeding period, but genotype had no effect on growth performance. The effect of adding concentrate supplement to the diet of lambs grazing on pasture was also effective during the period without feeding, so that the effect of feeding had a significant effect on the growth of lambs in all months without feeding. In addition, the effect of genotype had a significant effect in the fourth, fifth, seventh months and for the entire of the without feeding period. Concentrate supplement feeding increased significantly the concentration of blood urea and glucose. However, it had no significant effect on the concentrations of blood total protein, triglyceride and cholesterol. The genotype factor had a significant effect on urea concentration. Among the different biometric traits, the animal height showed a significant increase by the effect of feeding concentrate supplement and the interaction effect of genotype by feeding. Chest circumference was affected by the interaction effect of genotype on feeding. Supplemental feeding of concentrate had a significant effect on body length, chest circumference, height and pin width during the period without feeding.

Conclusion: Based on the results obtained, daily feeding of 250 grams of concentrate supplement is recommended when raising lambs in pasture grazing conditions. In addition, based on the results obtained, lambs of Moghani breed performed better than Moghani-Romanov cross-bred lambs under pasture rearing systems.

Keywords: Blood parameters, Growth performance, Moghani lambs, Pasture grazing, Romanov-Moghani crosses

تأثیر مکمل کنسائتره‌ای بر عملکرد رشدی بره‌های ماده شیرگیری شده نژاد مغانی و آمیخته‌های رومانف-مغانی در شرایط چرا

میلاذ زمانی^۱، حسین عبدی بنمار^{۱*}، جمال سیف دواتی^۱، رضا سیدشریفی^۱، مجتبی علیپور عین‌الدین^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۰۵

چکیده

هدف از پژوهش حاضر، بررسی سطوح مختلف کنسائتره بر عملکرد رشد بره‌های ماده شیرگیری شده مغانی و آمیخته‌های رومانف-مغانی در شرایط چرا بود. این پژوهش با استفاده از ۳۲ رأس بره ماده شیرگیری شده نژاد مغانی و بره‌های آمیخته رومانف-مغانی با میانگین وزنی 24 ± 7 کیلوگرم در قالب طرح فاکتوریل 2×2 با چهار گروه به صورت کاملاً تصادفی انجام شد. گروه‌ها شامل ۱- بره مغانی بدون تغذیه مکمل کنسائتره‌ای ۲- بره مغانی تغذیه شده با ۲۵۰ گرم در روز مکمل کنسائتره‌ای ۳- بره آمیخته رومانف-مغانی بدون تغذیه مکمل کنسائتره‌ای و ۴- بره آمیخته رومانف-مغانی تغذیه شده با ۲۵۰ گرم در روز مکمل کنسائتره‌ای به هر بره، بودند. آزمایش طی هشت ماه در سه ماه (دوره تغذیه‌ای) و پنج ماه (دوره بدون تغذیه کنسائتره) انجام گرفت. نتایج نشان داد که تغذیه کنسائتره موجب بهبود عملکرد بره‌ها نسبت به گروه بدون کنسائتره گردید. افزودن کنسائتره بر جیره بره‌های چراکننده در مرتع طی دوران بدون تغذیه نیز اثرگذار بود. تغذیه کنسائتره بر پروتئین کل، تری‌گلیسیرید و کلسترول خون بی‌اثر بود، ولی موجب افزایش معنی‌دار غلظت اوره و گلوکز خون شد. غلظت اوره خون تحت تأثیر ژنوتیپ به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. تغذیه کنسائتره در دوران فقر غذایی در چراگاه در دوره بدون تغذیه اثر معنی‌داری بر طول بدن، دور سینه، قد و عرض بین داشت و ژنوتیپ قد را افزایش داد. به‌طور کلی، طبق نتایج به‌دست‌آمده در خصوص عملکرد رشد در دوره تغذیه مکمل کنسائتره‌ای و همچنین پس از قطع آن در دوره بدون تغذیه مکمل و همچنین بهبود فراسنجه‌های خونی، تغذیه روزانه ۲۵۰ گرم کنسائتره به بره‌های مغانی چراکننده در مرتع توصیه می‌شود. بره‌های نژاد بومی مغانی نسبت به بره‌های آمیخته مغانی-رومانف عملکرد بهتری داشتند. بنابراین برای پیشبرد سیاست‌های اصلاح نژادی استفاده از نژادهای سازگارتر با اقلیم، پروار بره مغانی توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آمیخته گوسفند، بره مغانی، چرای مرتعی، فراسنجه‌های خونی، نرخ رشد

مقدمه

است. گوسفند معمولاً به‌دنبال منابع غذایی با کیفیت بالاتر هستند. بنابراین، هنگامی که به چرا می‌روند، در راستای نواحی‌هایی حرکت می‌کنند که برگ‌های سبز پهن و آبدار بیشتری دارد. در شرایطی که میزان و ارتفاع علوفه کاهش می‌یابد، این دو عامل می‌توانند تأثیرات منفی بر رفتار و تغذیه گوسفند داشته باشند. بنابراین گوسفند از چرای علوفه مرده اجتناب می‌کند، در صورتی که مجبور به استفاده از علوفه مرده شود، میزان مصرف انرژی متابولیسمی کاهش می‌یابد (Ephthekhari et al., 2009). همچنین کاهش تدریجی مناطق تحت چرا به‌علت احیای زمین برای کاشت محصول و هم‌زمان با آن افزایش تراکم در زمین‌های قرق منجر به تخریب بیشتر مراتع می‌شود (Santra & Karim, 2000).

گوشت تولیدشده در سیستم‌های مبتنی بر مرتع به‌عنوان یک محصول با کیفیت بالا شناخته می‌شود که سهم تغذیه‌ای مثبتی در سلامت انسان دارد (Fernandez-Turren et al., 2020). علاوه‌بر

گوسفند و بز نقش قابل توجهی در اقتصاد معیشتی و امرار معاش در بسیاری از نقاط دنیا دارند. این حیوانات عمدتاً در روستاها و تحت سیستم سنتی پرورش داده می‌شوند (CSIRO, 1990). چرای متعارف گوسفند، مواد مغذی کافی را برای به دست آوردن رشد مطلوب عرضه نمی‌کند، ضمناً در این اراضی، ظرفیت چرا برای بخشی از سال فراهم است و کمبود تأمین مواد مغذی، کاهش تولید را برای دامدار به ارمغان می‌آورد (Chaturvedi et al., 2002). چرای علوفه و ارتباط آن با کیفیت و کمیت علوفه از مباحث مهم در دامداری و تغذیه دام‌ها

۱- گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

(*)- نویسنده مسئول: (Email: abdibenemar@uma.ac.ir)

<https://doi.org/10.22067/ijasr.2025.92674.1243>

عملکرد بره‌های ماده مغانی و آمیخته رومانف-مغانی در حال چرای مرتعی و استفاده از مکمل کنسانتره‌ای وجود ندارد، لذا هدف از این پژوهش، بررسی عملکرد رشدی و فراسنجه‌های خونی بره‌های ماده شیرگیری شده مغانی و آمیخته رومانف-مغانی در شرایط چرا به همراه مکمل کنسانتره‌ای می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر در واحد پرورش گوسفند آقای علیزاده شهر کلور از توابع شهرستان خلخال به مدت ۹۰ روز (از اوایل مرداد ماه تا اواخر مهرماه ۱۳۹۶) انجام شد. برای انجام تحقیق از ۳۲ رأس بره ماده شیرگیری شده با میانگین سنی 5 ± 0.5 ماه (۱۶ رأس بره نژاد مغانی و ۱۶ رأس بره آمیخته رومانف - مغانی) و با میانگین وزنی 24 ± 7 کیلوگرم در قالب طرح فاکتوریل 2×2 با چهار گروه به صورت کاملاً تصادفی و هشت تکرار (بره) استفاده شد. عامل‌های اصلی آزمایش شامل ژنوتیپ و تغذیه بودند که ژنوتیپ با دو عامل نژاد مغانی و آمیخته رومانف-مغانی و تغذیه با دو عامل یا دو سطح صفر و ۲۵۰ گرم مکمل کنسانتره‌ای در روز به ازای هر بره بودند. گروه‌های آزمایشی شامل ۱- بره مغانی بدون تغذیه مکمل کنسانتره‌ای ۲- بره مغانی تغذیه شده با ۲۵۰ گرم در روز مکمل کنسانتره‌ای به ازای هر بره ۳- بره آمیخته رومانف-مغانی بدون تغذیه مکمل کنسانتره‌ای و ۴- بره آمیخته رومانف-مغانی تغذیه شده با ۲۵۰ گرم در روز مکمل کنسانتره‌ای به ازای هر بره بودند. آزمایش در طی هشت ماه در دو مرحله انجام شد. مرحله اول در طی سه ماه (دوره ارائه مکمل کنسانتره) انجام پذیرفت و در مرحله دوم که پنج ماه به طول انجامید، کلیه گروه‌های آزمایشی از دریافت مکمل کنسانتره‌ای محروم شدند (دوره عدم ارائه مکمل کنسانتره). مکمل کنسانتره‌ای یکبار در روز پس از بازگشت بره‌ها از مرتع در طی دوره ارائه مکمل کنسانتره در اختیار دام‌ها قرار می‌گرفت. اقلام خوراکی و ترکیب شیمیایی مکمل کنسانتره‌ای در **جدول ۱** و **جدول ۲** نشان داده شده است. قبل از شروع دوره، داروهای ضدانگل (آلبندازول و نیکلوزام) به بره‌ها ارائه شد.

جمع‌آوری داده‌ها

در طی دوره تغذیه، بره‌ها هر دو هفته یکبار (در وعده صبح) وزن‌کشی می‌شدند و میزان افزایش وزن از تفاضل وزن بره‌ها در ابتدا و انتهای هر دو هفته محاسبه شد. پس از پایان دوره تغذیه، وزن‌کشی به صورت ماهانه تا سه ماه ادامه یافت. برای اندازه‌گیری رشد بدنی بره‌ها در طول دوره آزمایش، در ابتدا و انتهای دوره، عرض پنین، عرض هیپ، قد تا جدوگاه و طول بدن با استفاده از خط‌کش مخصوص و دور سینه با استفاده از متر پارچه‌ای اندازه‌گیری گردید.

این، سیستم‌هایی که به حیوانات اجازه چرا می‌دهند، درک اجتماعی بهتری دارند، زیرا با ویژگی‌های طبیعی، مراقبت از محیط زیست و رفاه حیوانات مرتبط هستند که فرصت‌های جدیدی را برای سیستم‌های مبتنی بر مرتع نیز ارائه می‌دهند (Fernandez-Turren *et al.*, 2020). استفاده از مراتع تازه و باکیفیت در سیستم‌های پرورش متراکم بره در سراسر جهان به عنوان یک مزیت اقتصادی، سازگار با محیط زیست و عامل بهبود رفاه حیوانات در نظر گرفته می‌شود. سیستم پرواربندی بره در مرتع، زمانی می‌تواند نرخ رشد بهتری ارائه دهد که علاوه بر مکمل‌سازی جیره با مکمل‌های کنسانتره‌ای بره، از پتانسیل ژنتیکی مناسبی نیز برخوردار باشد (Dawson & Carson, 2002). مصرف مکمل کنسانتره‌ای علاوه بر چرای آزاد در مراتع به طور قابل ملاحظه‌ای باعث بهبود پتانسیل تولید گوشت گوسفندان و افزایش عملکرد رشد در بره‌های نژاد راجستان هندوستان شد (Shinde *et al.*, 1995; Santra *et al.*, 2002). شناسایی پتانسیل ژنتیکی اکوتیپ‌های گوسفندان ایرانی و ایجاد آمیخته‌های مناسب در پرواربندی تلفیقی (استفاده توأم از مرتع و کنسانتره) می‌تواند منجر به افزایش بازدهی و سودآوری تولید بره و گوشت گوسفند گردد (Izadi Far & Dadpasand, 2009).

گوسفند مغانی با تعداد حدود ۵/۵ میلیون رأس یکی از نژادهای گوشتی غالب در میان گوسفندان ایران می‌باشد که از لحاظ اندازه بدن، مقاومت در مقابل تغییرات شرایط آب‌وهوایی و ظرفیت تولید بره‌های سنگین وزن شناخته شده است (Hosseini-Zadeh & Ardalan, 2010). این نژاد دنبه‌دار، دارای پشت صاف و مسطح و عضلانی است. دست و پای ظریف و مقاوم و هر دو جنس فاقد شاخ هستند. بره‌ها دارای رشد مناسب بوده و برای پرواربندی بسیار مناسب می‌باشند (Khaldari, 2007). نژاد رومانف یک نژاد خالص شناخته شده و برتر جهان و در اصل مربوط به کشور روسیه بوده و از تلاقی نژادها به وجود نیامده است. این نژاد بدون دنبه، زودرس بوده و بره‌های آن نیز خصوصیات بلوغ را در سن چهار ماهگی از خود نشان می‌دهند. باروری بسیار خوب، فصل تولیدمثل بسیار طولانی، خصایص مادری منحصربه‌فرد، توان بالای حمایتی مادر از بره‌های تازه متولد شده و نیروی جسمانی بسیار بالای بره‌های تازه متولد شده از ویژگی‌های بسیار بارز نژاد رومانف است (Talebi & Gholamhosani, 2017).

مکمل کنسانتره‌ای در حیوانات در حالت چرا برای حفظ عملکرد حیوان وقتی که علوفه کم باشد و یا در جهت بهبود سطح عملکرد در حیوانات چراکننده در مراتع با کیفیت می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد (Dawson *et al.*, 2011). سیستم پرواربندی بره در مرتع زمانی می‌تواند نرخ رشد بهتری ارائه دهد که جیره با مکمل‌های کنسانتره‌ای همراه باشد و بره نیز پتانسیل ژنتیکی مناسبی داشته باشد (Dawson & Carson, 2002). با توجه به اینکه اطلاعاتی در خصوص

جدول ۱- اقلام خوراکی مکمل کنسانتره‌ای (درصد از ماده خشک)

Table 1- Feed ingredients of concentrated supplements (% DM)

جو	61.00
Barley	
کنجاله سویا	12.00
Soybean meal	
ذرت	5.00
Corn	
سبوس گندم	19.00
Wheat bran	
نمک	0.50
Salt	
مکمل معدنی	0.50
Mineral supplement	
مکمل ویتامینه	0.50
Vitamin supplement	
دی کلسیم فسفات	1.50
Dicalcium phosphate	

جدول ۲- مواد مغذی و انرژی مکمل کنسانتره‌ای و علوفه مرتع

Table 2- The gross energy and chemical composition of concentrate supplement and pasture forage

پارامتر	مکمل کنسانتره‌ای	ترکیب علوفه مرتع ۱	ترکیب علوفه مرتع ۲
Parameter	Concentrate supplement	Composition of pasture forage 1	Composition of pasture forage 2
انرژی خام (مگا کالری در کیلوگرم)	2.31	-	-
Gross energy (Mcal/kg)			
ماده خشک (درصد)	97.00	93.10	97.90
Dry matter (%DM)			
پروتئین خام (درصد)	15.90	4.83	4.01
Crude protein (%DM)			
چربی خام (درصد)	2.60	1.90	1.95
Ether extract (%DM)			
فیبر نامحلول در شوینده خنثی (درصد)	24.20	63.12	62.6
NDF (%DM)			
فیبر نامحلول در شوینده اسیدی (درصد)	9.10	34.98	38.32
ADF (%DM)			
خاکستر خام (درصد)	7.20	8.25	8.15
Ash (%DM)			
کلسیم (درصد)	0.80	0.41	0.45
Calcium (% DM)			
فسفر (درصد)	0.60	0.22	0.26
Phosphorus (% DM)			

اسپکتروفتومتر (مدل دستگاه Vis ۲۱۰۰ کمپانی USA, Unico) انجام گردید. مساحت مرتع شماره ۱ حدود ۴۲۴۰۰ متر مربع (۴۲/۴ هکتار) و شماره ۲ نیز حدود ۵۰۴۳۰۰ متر مربع (۵۰/۴۳ هکتار) بودند. برای اندازه‌گیری فیتوماس مرتع از پلات‌های چوبی ۲۵×۲۵ سانتی‌متر استفاده شد. پرتاب پلات‌ها پنج بار در چهار گوشه و مرکز هر مرتع انجام گردید. گیاهان داخل پلات از حدود یک سانتی‌متر بالاتر از

لوله‌ها جهت انجام آزمایش‌های لازم به فریزر با دمای ۲۰- درجه سلسیوس انتقال یافت. مقادیر گلوکز (شماره کیت ۱۱۷۵۰۰)، اوره (شماره کیت ۱۲۹۴۰۰)، پروتئین کل (شماره کیت ۱۵۰۰۲۸)، آلبومین (شماره کیت ۱۰۱۵۰۰)، کلسترول (شماره کیت ۱۱۰۵۰۰) و تری‌گیلسیرید (شماره کیت ۱۵۰۰۳۲) به‌وسیله کیت‌های شرکت پارس آزمون با استفاده از روش نورسنجی و به‌وسیله دستگاه

شناسایی قرار گرفتند. نمونه جیره و مرتع جهت تعیین ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، چربی خام، خاکستر (AOAC, 2000)، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (Van Soest et al., 1991) مورد آنالیز قرار گرفتند (جدول ۲ و جدول ۳).

سطح زمین جمع‌آوری شدند. نمونه‌های جمع‌آوری شده به داخل کیسه ها انتقال داده شد، سپس در فضای آزاد خشک شدند و برای تجزیه و تحلیل شیمیایی و محاسبات نوع و میزان علوفه مرتع استفاده گردید. گونه‌های گیاهی موجود در دو مرتع به صورت مذکور جمع‌آوری و مورد

جدول ۳- ترکیب گونه‌های گیاهی در مرتع ۱ و ۲

Table 3- The composition of plant species in the pasture 1 and 2

گونه‌های گیاهی Plant species	%
مرتع شماره ۱ Pasture number 1	
بروموس تکتوروم <i>Bromus tectorum</i>	33.00
تینیانتروم کاپوت مدوسا زیرگونه کرینیتوم <i>Taeniantherum caput-medusa subsp. crinitum</i>	20.00
آگروپیرون لانگاتوم <i>Agropyron elongatum</i>	16.00
سانگیوسوربا مینور <i>Sanguisorba minor</i>	7.00
ماروبیوم پروی فلوروم <i>Marrubium parviflorum</i>	4.00
سایر Others	20.00
مرتع شماره ۲ Pasture number 2	
سانگیوسوربا مینور <i>Sanguisorba minor</i>	32.00
پاسپالوم گونه پوآسه آ <i>Paspalum sp. poacea</i>	19.00
تینیانتروم کاپوت مدوسا زیرگونه کرینیتوم <i>Taeniantherum caput-medusa subsp. crinitum</i>	16.00
دیانتوس اورینتالیس <i>Dianthus orientalis</i>	7.00
سایر Others	26.00

مدفوعی و معادله‌های ۱ (Wang et al., 2009) و ۲ (Peripolli et al., 2011) به دست آمد.

نیتروژن مدفوع و خوراک با استفاده از دستگاه کلدال مدل (Kjeltec Auto 1030 Analyzer) ساخت کشور سوئیس تعیین گردید. میزان قابلیت هضم ماده آلی از طریق دو روش تعیین نیتروژن

$$\text{معادله (۱)} \quad \text{OMD} = 0.889 - 0.644 \times \exp((-0.5774 \times \text{fecal CP (g/kgOM)}) \div 100)$$

$$\text{معادله (۲)} \quad \text{OMD} = 0.7236 - 0.3598 \times \exp((-0.9052 \times \text{fecal CP (g/kgOM)}) \div 100)$$

از مرتع و سه ساعت بعد از تغذیه کنسانتره انجام شد. نمونه‌های خون به داخل لوله‌های آزمایش حاوی ماده ضدانعقاد جمع‌آوری شدند. سپس لوله‌ها در ۳۵۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ شده و پلاسما آن‌ها جدا گردید.

کیسه‌های مخصوص قابل الصاق به کیل برای جمع‌آوری مدفوع دام استفاده شدند. کار جمع‌آوری مدفوع دفعی مستقیم از داخل کیسه در دو نوبت (روزهای ۴۵ و ۹۰ از شروع آزمایش) به مدت دو روز متوالی انجام گردید. سپس نمونه‌ها آسیاب شده و جهت تجزیه و تحلیل شیمیایی بعدی بسته‌بندی و نگهداری شدند. در روز ۹۰ ام از شروع آزمایش، خون‌گیری از سیاهرگ گردنی پس از بازگشت بره‌ها

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آزمایش حاضر در قالب طرح فاکتوریل 2×2 با چهار گروه به صورت کاملاً تصادفی و هشت تکرار (بره) انجام شد. عامل‌های اصلی آزمایش شامل ژنوتیپ و تغذیه بودند که ژنوتیپ با دو عامل نژاد مغانی و آمیخته رومانف-مغانی و تغذیه با دو عامل یا دو سطح صفر و ۲۵۰ گرم مکمل کنسانتره‌ای در روز به ازای هر بره بودند. پس از انجام محاسبات اولیه و جمع‌آوری کلیه داده‌ها، داده‌ها به وسیله نرم‌افزار آماری (SAS, 2003) با در نظر گرفتن وزن اولیه بره‌ها به عنوان عامل کوواریت، با رویه GLM طبق معادله ۳ و مدل آماری زیر مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند.

معادله (۳)

$$Y_{ijkl} = \mu + b_i(w_i - \bar{w}) + B_j + F_k + BF_{jk} + e_{ijkl}$$

که در آن، Y_{ijkl} : متغیر وابسته، μ : مقدار هر مشاهده، b_i : ضریب تابعیت از وزن اولیه بره‌ها، w_i : وزن اولیه، $\bar{w}$: میانگین وزن اولیه، B_j : اثر ژنوتیپ ($j=1, 2$): اثر تغذیه ($k=1, 2$): اثر متقابل ژنوتیپ و تغذیه و e_{ijkl} : خطای آزمایشی بود. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. در مورد هر یک از صفات مورد مطالعه که عامل کوواریت در سطح کمتر از ۰/۲ معنی‌دار نمی‌شد، عامل مذکور از مدل حذف شده و مدل بدون لحاظ وزن اولیه به عنوان کوواریت تجزیه واریانس گردید.

نتایج و بحث

عملکرد رشد

تغییرات وزن بدن به طور معنی‌داری با ارائه مکمل کنسانتره‌ای در ماه‌های اول ($P < 0/01$) و سوم ($P < 0/05$) و کل دوره ($P < 0/01$) افزایش بود، درحالی‌که تغییرات وزن بدن تحت تأثیر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ در تغذیه مکمل کنسانتره‌ای در ماه‌های اول تا سوم قرار نگرفت (جدول ۴). مجموع تغییرات وزن بدن، روندی افزایشی را به وضوح نشان داد ($P = 0/07$). میانگین تغییرات وزن بدن در دوره بدون ارائه مکمل کنسانتره‌ای در گروه‌های مختلف آزمایشی در جدول ۵ نشان داده شده است. با بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در تغذیه مشاهده می‌شود که تغییر وزن در ماه پنجم تحت تأثیر اثر ژنوتیپ در ارائه مکمل کنسانتره‌ای قرار گرفت و گروه مغانی تغذیه‌شده با ۲۵۰ گرم مکمل کنسانتره در روز در دوران ارائه مکمل کنسانتره‌ای نسبت به سایر گروه‌ها عملکرد رشدی بهتری را داشت ($P < 0/05$). با بررسی اثر ژنوتیپ مشاهده شد که تغییر وزن در ماه چهارم،

پنجم، هفتم ($P < 0/05$) و کل دوره ($P < 0/01$) به طور معنی‌داری تحت تأثیر ژنوتیپ قرار گرفت ($P < 0/01$) و بره‌های مغانی عملکرد بهتری نسبت به آمیخته‌ها داشتند.

با بررسی اثر تغذیه مشاهده شد که بره‌های دریافت‌کننده مکمل کنسانتره‌ای در دوره تغذیه‌ای در دوره محرومیت از مکمل کنسانتره‌ای نسبت به بره‌های بدون تغذیه مکمل به طور معنی‌داری افزایش وزن بالاتری داشتند ($P < 0/01$). براساس گزارش جی و همکاران (Ji et al., 2016)، بره‌های شیرگیری‌شده با تغذیه مکمل کنسانتره‌ای، رشد بیشتری نسبت به بره‌های بدون مکمل و صرفاً چراکننده در مرتع داشتند که با یافته‌های پژوهش حاضر مطابقت دارد. این وضعیت نشان می‌دهد که چرای مرتعی به تنهایی نتوانست تمام احتیاجات بره‌ها جهت دستیابی به پتانسیل رشد آن‌ها را تأمین کند و افزایش سطح تغذیه از طریق تغذیه مقدار اندکی مواد کنسانتره‌ای غنی از انرژی و پروتئین و مواد ریز مغذی موجب بهبود عملکرد رشدی دام شد. این مطلب به‌ویژه در اواخر فصل چرا که مرتع در وضعیت خوبی نیز قرار ندارد، بیشتر تأثیرگذار خواهد بود، به‌طوری‌که دام‌های موجود در پژوهش حاضر، بدون دریافت مکمل کنسانتره‌ای، کاهش وزن داشته و اختلاف وزنی آن‌ها با بره‌های دریافت‌کننده مکمل کاملاً مشهود و معنی‌دار بود. بره‌های مغانی نسبت به گروه آمیخته مغانی-رومانف عملکرد رشدی بهتری داشت که نشان‌دهنده سازگاری بهتر نژاد بومی است. برخلاف نتایج حاضر، موسوی‌نیا و همکاران (Mousavinia et al., 2015) گزارش کردند که آمیخته‌گری تأثیری بر وزن اولیه، افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل خوراک آمیخته‌های رومانف-لری بختیاری با بره‌های خالص لری بختیاری نداشت. همچنین خبازان و همکاران (Khabazan et al., 2022) گزارش کردند که بره‌های بلوچی و آمیخته بلوچی-رومانف پس از ۱۰ ماه پرورش در شرایط یکسان، وزن مشابهی داشتند. نتایج متفاوت بین یافته‌های پژوهش حاضر و این گزارش‌ها ممکن است به تفاوت در شرایط پرورش مربوط باشد، چون که نتایج این گزارش‌ها در شرایط پرورش بسته و متراکم به دست آمده است، درحالی‌که در پژوهش حاضر دام‌ها در مرتع نگهداری شدند که نژاد مغانی به علت انباشتن انرژی به شکل دانه به عنوان ذخایر بدنی و همچنین سازگاری بیشتر با محیط چراگاه، عملکرد بهتری نشان داد. بنابراین به نظر می‌رسد که در هنگام پرورش آمیخته‌های رومانف-مغانی در شرایط چرای مرتعی با توجه به ذخایر دانه کمتر، تغذیه مکمل کنسانتره‌ای باید بخشی از برنامه پرورش باشد.

جدول ۴- اثر تیمارهای آزمایشی بر صفات عملکردی در دوره ارائه مکمل کنسنتره
Table 4- Effect of experimental treatments on performance traits during the concentrate supplement offering period

صفات عملکردی Performance traits	مغانی Moghani		آمیخته Crossbreed		انحراف از استاندارد میانگین SEM		سطح معنی داری P-value	
	بدون مکمل کنسانتره Without Concentrate supplement	با مکمل کنسانتره With Concentrate supplement	بدون مکمل کنسانتره Without Concentrate supplement	با مکمل کنسانتره With Concentrate supplement	ژنوتیپ Genotype	اثر مکمل کنسانتره Concentrate supplement effect	اثر ژنوتیپ × مکمل کنسانتره Genotype effect × Concentrate supplement	
کنسانتره مصرفی (گرم در روز) Concentrate intake (gram per day)	0	250	0	250	-	-	-	
تغییرات وزن در اولین ماه (کیلوگرم) Weight change in the first month (kg)	-2.1	1.42	-0.74	0.67	0.42	0.001	0.064	
تغییرات وزن در دومین ماه (کیلوگرم) Weight change in the second month (kg)	-1.2	-0.16	0.07	0.04	0.66	0.396	0.368	
تغییرات وزن در سومین ماه (کیلوگرم) Weight change in the third month (kg)	-1.2	-0.28	-1.22	1.37	0.76	0.012	0.215	
کل تغییرات وزن (کیلوگرم) Total weight change (kg)	-4.5	0.97	-1.81	1.9	0.71	0.001	0.374	

جدول ۵- اثر تیمارهای آزمایشی بر صفات عملکردی در دوره پس از ارائه مکمل کنسانتره‌ای
Table 5- The effect of experimental treatments on performance traits after the concentrate supplement offering period

صفات عملکردی Performance traits	مغانی Moghani	آمیخته Crossbreed	انحراف از استاندارد میانگین SEM	سطح معنی‌داری P-value	اثر ژنوتیپ × مکمل کنسانتره Genotype effect × Concentrate supplement
کنسانتره مصرفی (گرم در روز) Concentrate intake (gram per day)	بدون مکمل کنسانتره Without Concentrate supplement	با مکمل کنسانتره With Concentrate supplement	بدون مکمل کنسانتره Without Concentrate supplement	با مکمل کنسانتره With Concentrate supplement	ژنوتیپ Genotype
	0	250	0	250	-
تغییرات وزن در چهارمین ماه (کیلوگرم) Weight change in the fourth month (kg)	2.4	0.7	0.39	0.06	0.001
تغییرات وزن در پنجمین ماه (کیلوگرم) Weight in the fifth month (kg)	-0.26 ^b	0.57 ^a	-1.06 ^c	0.60 ^a	0.024
تغییرات وزن در ششمین ماه (کیلوگرم) Weight change in the sixth month (kg)	-0.24	0.8	-0.41	0.38	0.063
تغییرات وزن در هفتمین ماه (کیلوگرم) Weight change in the seventh month (kg)	-0.5	0.92	-0.65	-0.23	0.013
تغییرات وزن در هشتمین ماه (کیلوگرم) Weight change in the eighth month (kg)	0.8	0.72	-0.37	0.11	0.733
کل تغییرات وزن (کیلوگرم) Total weight change (kg)	0.6	3.7	-2.13	0.91	0.001
					0.001
					0.052
					0.068
					0.41
					0.015
					0.058
					-

The numbers in each row, which are shown with different Latin letters, are significantly different at the probability level ($P < 0.05$).
اعداد موجود در هر ردیف که با حروف متفاوت لاتین نشان داده شدند، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ($P < 0.05$) دارند.

جدول ۶- اثر تیمارهای آزمایشی بر قابلیت هضم ماده آلی (درصد)
Table 6- The effect of experimental treatments on the organic matter digestibility (%)

صفات عملکردی Performance traits	مغانی Moghani		آمیخته Crossbreed		انحراف از استاندارد میانگین SEM		سطح معنی داری P-value	
	بدون مکمل کنسانتره Without Concentrate supplement	با مکمل کنسانتره With Concentrate supplement	بدون مکمل کنسانتره Without Concentrate supplement	با مکمل کنسانتره With Concentrate supplement	ژنوتیپ Genotype	اثر مکمل کنسانتره Concentrate supplement effect	اثر ژنوتیپ × مکمل کنسانتره Genotype effect × Concentrate supplement	
کنسانتره مصرفی (گرم در روز) Concentrate intake (gram per day)	0	250	0	250	-	-	-	
معادله ۱ Equation 1	59.1	57.8	58.7	60.7	0.60	0.723	0.085	
معادله ۲ Equation 2	55.2	54.4	54.9	56.1	0.30	0.723	0.085	

1- According to the method by Wang *et al.* (2009); 2- According to the method by Pripoli *et al.* (2011)
 ۱- طبق روش پیشنهادی وانگ و همکاران (۲۰۰۹)؛ ۲- طبق روش پیشنهادی پریپولی و همکاران (۲۰۱۱)

برآورد قابلیت هضم ماده آلی

نتایج قابلیت هضم ماده آلی در جدول ۶ ارائه شده است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از روش معادله ۱ و (Wang et al., 2009) و معادله ۲ (Peripolli et al., 2011)، هیچ اختلاف معنی‌داری در بین تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد ($P > 0.05$). برخلاف نتایج مطالعه حاضر، سانترا و همکاران (Santra et al., 2002) در پژوهشی روی بره‌های تحت پرورش در مرتع مالپورا و آمیخته‌های آوایی × مالپورا که ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ گرم به‌ازای هر کیلوگرم وزن بدن، مکمل کنسانتره‌ای دریافت کردند، گزارش کردند که افزایش سطح مکمل کنسانتره‌ای قابلیت هضم ماده آلی را بهبود داد.

فراسنجه‌های خونی

همان‌طور که در جدول ۷ ارائه شده است، غلظت تری‌گلیسیرید، پروتئین کل و کلسترول در بین تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری نداشت ($P > 0.05$). گلوکز خون تحت تأثیر ژنوتیپ قرار نگرفت، با این حال ارائه مکمل کنسانتره‌ای و اثر متقابل ژنوتیپ در ارائه مکمل کنسانتره‌ای بر آن اثرگذار بود ($P < 0.05$) و براساس اثر متقابل ژنوتیپ در ارائه مکمل کنسانتره‌ای گروه مغانی تغذیه‌شده با ۲۵۰ گرم مکمل کنسانتره‌ای، بیشترین غلظت گلوکز خون را نسبت به سایر گروه‌ها داشت. با بررسی اثر ارائه مکمل کنسانتره‌ای، گروه‌های تغذیه‌شده با مکمل کنسانتره‌ای با غلظت گلوکز ۶۴/۶۲ میلی‌گرم در دسی‌لیتر، بیشترین غلظت خون را داشتند.

گلوکز یک سوخت عمومی برای متابولیسم انرژی و مسیرهای سنتز بیولوژیکی انواع سلول‌های حیوانی است. سلول‌های حیوانی برای تولید اکسیداتیو و غیراکسیداتیو آدنوزین تری فسفات (ATP) و واکنش‌های آنابولیک که قندهای حیاتی مختلف را تولید می‌کنند به گلوکز نیاز دارند (Abbas et al., 2020). تخمیر کربوهیدرات‌های غلات موجود در مکمل کنسانتره‌ای باعث تولید مقادیر بالاتری اسید پروپیونیک در شکمبه می‌شود که مهم‌ترین پیش‌ساز گلوکز در تغذیه نشخوارکنندگان محسوب می‌شود و به‌خوبی می‌تواند باعث افزایش گلوکز خون شود.

با توجه به پژوهش گنزالس-گارسیا و همکاران (Gonzalez-Garcia et al., 2014)، در بره‌های در حال چرا، استفاده از مکمل کنسانتره‌ای باعث افزایش غلظت گلوکز خون گردید که یافته‌های پژوهش حاضر با گزارش‌های این محققان هم‌خوانی دارد. در

پژوهشی با تغذیه سطوح مختلف مکمل کنسانتره‌ای به بره‌های نژاد قزل در شرایط چرا، افزایش در غلظت گلوکز خون مشاهده شد (Shahi et al., 2023). ژنوتیپ و اثر تغذیه هیچ‌کدام در افزایش غلظت آلبومین خون اثر معنی‌داری نداشتند ($P > 0.05$)، اما اثر متقابل ژنوتیپ در تغذیه، تأثیر معنی‌داری بر غلظت آلبومین خون بره‌ها داشت ($P < 0.05$) و بره‌های مغانی تغذیه‌شده با مکمل کنسانتره‌ای در مقایسه با گروه‌های دیگر، کمترین غلظت آلبومین را دارا بودند.

آلبومین در کبد سنتز می‌شود و به‌عنوان فراوان‌ترین پروتئین گردش خون، با چندین عملکرد فیزیولوژیکی حیاتی مانند حفظ فشار اسمزی و انسجام عروق کوچک، تنظیم عملکردهای متابولیکی و عروقی، تأمین لیگاندهای اتصال برای مواد، فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی و اثرات ضدانعقادی مرتبط است (Montaseri & Bahramnezhad, 2023). لذا با توجه به مصرف خوراک مشابه و درصد مشابه پروتئین مکمل کنسانتره‌ای، بالا بودن آلبومین خون بره‌های ممکن است نشان از متابولیسم کارآمدتر پروتئین و در نتیجه پروتئین‌سازی بهتر و بیشتر در عضلات آن‌ها باشد (Caldeira et al., 2007). ژنوتیپ بر غلظت اوره خون مؤثر بود و بره‌های آمیخته مغانی-رومانف به‌طور معنی‌داری میزان اوره خون بیشتری داشتند ($P < 0.05$). همچنین تغذیه مکمل کنسانتره‌ای نیز به‌طور معنی‌داری غلظت اوره خون را افزایش داد ($P < 0.01$). غلظت اوره پلاسما را می‌توان به‌عنوان معیاری برای تعیین میزان مصرف و دفع نیترژن در گونه‌های مختلف نشخوارکنندگان و تک‌معدای استفاده کرد (Kohn et al., 2005). در گوسفند، غلظت اوره پلاسما، رابطه خطی با سطح پروتئین خام جیره غذایی دارد (Xu et al., 2019). جوی و همکاران (Joy et al., 2008) با تغذیه کنسانتره در داخل آغل و سپس با چراندن بره‌ها در مرتع، شاهد افزایش در غلظت اوره خون بره‌ها بودند که با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد.

بیومتری دوره تغذیه

نتایج حاصل از اندازه‌گیری صفات بیومتری دوره تغذیه‌ای در جدول ۸ و جدول ۹ نشان داده شده است.

جدول ۷- اثر تیمارهای آزمایشی بر فراستجهای خونی
Table 7- The effect of experimental treatments on blood parameters

صفات عملکردی Performance traits	مغانی Moghani	آمیخته Crossbreed	انحراف از استاندارد میانگین SEM	سطح معنی داری P-value	اثر ژنوتیپ × مکمل کنسانتره Genotype effect × Concentrate supplement
	بدون مکمل کنسانتره Without Concentrate supplement	با مکمل کنسانتره With Concentrate supplement	با مکمل کنسانتره With Concentrate supplement	ژنوتیپ Genotype	اثر مکمل کنسانتره Concentrate supplement effect
کسانتره مصرفی (گرم در روز) Concentrate intake (gram per day)	0	250	250	-	-
گلوکز (میلی گرم در دسی لیتر) Glucose (mg/dL)	52.40 ^c	69.07 ^a	60.17 ^b	0.139	0.001
کل پروتئین (گرم در دسی لیتر) Total protein (g/dL)	11.91	12.41	11.69	0.621	0.876
آلبومین (گرم در دسی لیتر) Albumin (g/dL)	3.91 ^b	4.16 ^a	4.08 ^a	0.228	0.571
اوره (میلی گرم در دسی لیتر) Urea (mg/dL)	6.49	10.29	16.29	0.044	0.001
تری گلیسرید (میلی گرم در دسی لیتر) Triglycerides (mg/dL)	15.9	14.2	16.3	0.841	0.712
کلسترول (گرم در دسی لیتر) Cholesterol (g/dL)	25.38	29.48	27.87	0.233	0.944

اعداد موجود در هر ردیف که با حروف متفاوت لاتین نشان داده شدند، اختلاف معنی داری در سطح احتمال (P<0.05) دارند.
The numbers in each row, which are shown with different Latin letters, are significantly different at the probability level (P<0.05).

جدول ۸- اثر تیمارهای آزمایشی بر صفات بیومتری در دوره ارائه مکمل کنسانتره‌ای
Table 8- The effect of experimental treatments on biometric traits during the concentrate supplement offering period

صفات عملکردی Performance traits	مغانی Moghani	آمیخته Crossbreed	انحراف از استاندارد میانگین SEM	سطح معنی داری P-value	اثر ژنوتیپ × مکمل کنسانتره Genotype effect × Concentrate supplement
کنسانتره مصرفی (گرم در روز) Concentrate intake (gram per day)	0	250	250	-	-
تغییر در طول بدن (سانتی‌متر) Change in body length (cm)	2.2	2.5	5.83	0.06	0.425
تغییر در دور سینه (سانتی‌متر) Change around the chest (cm)	-1.20 ^b	2.67 ^a	1.15 ^a	0.482	0.073
تغییر در ارتفاع (سانتی‌متر) Change in height (cm)	0.20 ^b	3.92 ^a	0.75 ^b	0.103	0.022
تغییر در عرض بین (سانتی‌متر) Change in pin width (cm)	3.6	2.5	2.54	0.496	0.089
تغییر در عرض هیپ (سانتی‌متر) Change in hip width (cm)	1.3	1.75	1.34	0.096	0.079

The numbers in each row, which are shown with different Latin letters, are significantly different at the probability level ($P < 0.05$).
اعداد موجود در هر ردیف که با حروف متفاوت لاتین نشان داده شدند، اختلاف معنی داری در سطح احتمال ($P < 0.05$) دارند.

طول بدن گردید که همسو با نتایج دوره بدون تغذیه مطالعه حاضر می‌باشد. فیلیپس و همکاران (Phillips et al., 2002) با بررسی ۵۳ بره نر و ماده شیرگیری شده که با جیره غذایی حاوی کنف (به‌عنوان جایگزین یونجه) و کنسانتره تغذیه شدند، گزارش کردند که بره‌های تغذیه شده با کنسانتره و کنف، قد بلندتر و دور سینه بیشتری داشتند که با یافته‌های این تحقیق همسو است.

تجزیه و تحلیل اقتصادی و هزینه انجام شده

بر مبنای شرایط اقتصادی اجرای تحقیق، قیمت تمام شده هر کیلوگرم کنسانتره ۱۲۰۰ تومان بود (جدول ۱۰) و طول دوره ارائه مکمل کنسانتره‌ای با احتساب ۹۰ روز، برای هر بره به‌ازای ۲۵۰ گرم در روز تغذیه مکمل کنسانتره‌ای هزینه خوراک ۲۷۰۰۰ تومان محاسبه گردید. قیمت روز فروش بره در انتهای دوره نیز به قیمت ۱۷۰۰۰ تومان برآورد شد. هزینه تولید هر کیلوگرم وزن زنده در هر گروه اختلاف معنی‌داری را نشان نداد ($P > 0.05$)، ولی اثر مکمل کنسانتره‌ای دارای اختلاف معنی‌داری بود ($P < 0.001$)، به‌طوری‌که گروه آمیخته تغذیه شده و مغانی تغذیه شده با مکمل کنسانتره‌ای، هزینه تولید مثبتی را داشتند و این به‌خاطر افزایش وزن در گروه‌های تغذیه شده بود. سود ناخالص به‌ازای هر بره نیز در اثر تغذیه با مکمل کنسانتره‌ای افزایش یافت و تحت تأثیر جیره آزمایشی قرار گرفت ($P < 0.001$) که در این میان، گروه آمیخته تغذیه شده با مکمل کنسانتره‌ای بیشترین سود را داشت و کمترین میزان سود مربوط به گروه شاهد مغانی بود. گروه آمیخته تغذیه شده با مکمل کنسانتره‌ای از نظر هزینه تولید و سود ناخالص نسبت به گروه‌های دیگر مقرون به‌صرفه بود.

هارت ول همکاران (Hartwell et al., 2010) گزارش کردند که استفاده از منابع غذایی در دسترس، پتانسیل کاهش هزینه‌ها و ثبات نوسانات قیمت در طول دوره پروار را فراهم می‌نماید. همچنین با توجه به نوسانات زیاد قیمت خوراک در بازار و نوسانات تولید خوراک در طول فصل‌ها پیشنهاد کردند که مصرف حد مناسبی از مخلوط‌های کنسانتره‌ای همراه با استفاده بهینه خوراک‌های محلی، می‌تواند سودمند باشد.

مالیسیتی و یرادودی (Malisetty & Yerradoddi, 2013) در یک مطالعه، گزارش شد که اعمال مکمل‌دهی با کنسانتره به میزان یک درصد وزن بدن برای بره‌هایی که در مراتع سنتی چرا می‌کنند، از دیدگاه اقتصادی نیز می‌تواند سیستم پرورش را مقرون به‌صرفه نماید.

قد بره تحت تأثیر تغذیه و اثر متقابل ژنوتیپ در تغذیه (بره‌های مغانی دریافت‌کننده مکمل کنسانتره‌ای با رشد $3/92$ سانتی‌متری) قرار گرفت ($P < 0.05$). همچنین تغییر در دور سینه تحت تأثیر اثر متقابل ژنوتیپ در تغذیه قرار گرفت ($P < 0.05$). سایر فراسنجه‌های تحت آزمون (شامل طول بدن، عرض پین و عرض هیپ) در بین تیمارها تحت تأثیر اثر تغذیه، اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ در تغذیه قرار نگرفت ($P > 0.05$). نتایج حاصل از بیومتری دوره بدون تغذیه گروه‌های مختلف در جدول ۹ نشان داده شده است. گروه بره‌های تغذیه شده با مکمل کنسانتره‌ای با افزایش طول بدن متوسط $3/46$ سانتی‌متر بیشترین رشد را داشتند ($P < 0.01$). در میان گروه‌های مورد بررسی، بره‌هایی که مکمل غذایی دریافت کرده بودند، بالاترین میزان رشد در محیط قفسه سینه را به خود اختصاص دادند که با میانگین افزایش $6,08$ سانتی‌متر همراه بود. این یافته تأثیر مثبت تغذیه تکمیلی بر رشد بره‌ها را برجسته می‌سازد ($P < 0.01$). در بررسی اثر ژنوتیپ بره‌های مغانی بیشترین رشد قد را ($2/42$ سانتی‌متر) به دست آوردند و همچنین در بررسی اثر تغذیه نیز بره‌های دریافت‌کننده مکمل بیشترین رشد قد را ($2/78$ سانتی‌متر) نشان دادند ($P < 0.01$).

در بررسی اثر تغذیه بره‌های تغذیه شده با مکمل کنسانتره‌ای به‌طور معنی‌داری افزایش عرض پین بیشتری ($3/04$ سانتی‌متر) داشتند ($P < 0.01$). این مطلب نشان می‌دهد که تغذیه مکمل کنسانتره‌ای دارای اثرات بلندمدتی بود و حتی پس از قطع آن بر عملکرد رشدی دام‌ها تأثیر گذاشت. در واقع، تقویت دام‌ها در طی تغذیه مکمل کنسانتره موجب شد که دام‌ها در ماه‌های بعد نیز قدرت چرای بالاتری داشته و بتوانند نیازهای خود را تأمین کنند. اندازه‌گیری‌های بیومتریک، برای شناسایی ویژگی‌های حیوانات از نظر ظاهری مورد استفاده قرار می‌گیرد که این ویژگی‌های ظاهری بسته به نژاد، محیط و تغذیه می‌توانند متغیر باشد. علاوه بر موارد ذکر شده، اندازه‌گیری‌های مورفومتریک بدن حیوانات می‌تواند اطلاعات کلیدی را در خصوص قابلیت‌گزینش دام برای اهداف اصلاح نژادی و پیش‌بینی سودآوری حاصل از پیشرفت‌های ژنتیکی ارائه نماید (Bani Saadat et al., 2018). اثر تغذیه و اثر متقابل ژنوتیپ در تغذیه در دوره تغذیه باعث بهبود رشد قد بره‌ها گردید و اثر متقابل ژنوتیپ در تغذیه بر رشد دور سینه بره‌ها تأثیر معنی‌داری داشت.

همچنین نتایج اندازه‌گیری‌های بیومتریک نشان داد که بره‌های دریافت‌کننده مکمل کنسانتره‌ای در سه ماه اول مطالعه در دوره بدون تغذیه کنسانتره از رشد بهتری برخوردار بودند. شاهی و همکاران (Shahi et al., 2023) بیان داشتند که ارائه سطوح مختلف مکمل کنسانتره‌ای به بره‌های شیرگیری شده در شرایط چرا باعث افزایش

جدول ۹- اثر تیمارهای آزمایشی بر صفات بیومتریک در دوره پس از ارائه مکمل کنسانتره‌ای
Table 9- The effect of experimental treatments on biometric traits after the concentrate supplement offering period

صفات عملکردی Performance traits	مغانی Moghani	آمیخته Crossbreed	انحراف از استاندارد میگلین SEM	سطح معنی‌داری P-value	اثر ژنوتیپ × مکمل کنسانتره Genotype effect × Concentrate supplement
	بدون مکمل کنسانتره Without Concentrate supplement	با مکمل کنسانتره With Concentrate supplement	مکمل کنسانتره With Concentrate supplement	اثر مکمل کنسانتره Concentrate supplement effect	
کنسانتره مصرفی (گرم در روز) Concentrate intake (gram per day)	0	250	250	-	-
تغییر در طول بدن (سانتی‌متر) Change in body length (cm)	1.6	3.83	3.08	0.192	0.786
تغییر در دور سینه (سانتی‌متر) Change around the chest (cm)	-1	6	6.17	0.622	0.874
تغییر در ارتفاع (سانتی‌متر) Change in height (cm)	1	3.83	1.72	0.001	0.059
تغییر در عرض پهن (سانتی‌متر) Change in pin width (cm)	1	3.67	2.42	0.378	0.061
تغییر در عرض هپ (سانتی‌متر) Change in hip width (cm)	1.8	2.5	1.92	0.829	0.159

The numbers in each row, which are shown with different Latin letters, are significantly different at the probability level ($P < 0.05$).
اعداد موجود در هر ردیف که با حروف متفاوت لاتین نشان داده شدند، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ($P < 0.05$) دارند.

جدول ۱۰- ارزیابی اقتصادی تیمارهای آزمایشی طبق قیمت‌های زمان اجرای تحقیق
Table 10- The economic evaluation of experimental treatments according to prices at the time of the research

صفات عملکردی Performance traits	منانی Moghani	آمیخته Crossbreed	انحراف از استاندارد میانگین SEM	سطح معنی‌داری P-value	اثر ژنوتیپ × مکمل کنسانتره Genotype effect × Concentrate supplement
کنسانتره مصرفی (گرم در روز) Concentrate intake (gram per day)	بدون مکمل کنسانتره Without Concentrate supplement	با مکمل کنسانتره Without Concentrate supplement	بدون مکمل کنسانتره Without Concentrate supplement	با مکمل کنسانتره With Concentrate supplement	ژنوتیپ Genotype
قیمت هر کیلوگرم جیره (تومان) Price per kg of diet (Toman)	0	250	0	250	-
هزینه تولید هر کیلوگرم وزن زنده (تومان) Production cost per kg of live weight (Toman)	-76500	16433	-30861	32300	0.074
قیمت فروش هر کیلوگرم وزن زنده (تومان) Selling price per kg of live weight (Toman)	17000	17000	17000	17000	-
سود ناخالص به ازای هر بره (تومان) Gross profit per lamb (Toman)	-76500	10566	30861	5300	0.001
					0.379

نتیجه‌گیری کلی

تغذیه مکمل کنسانتره‌ای در دوره ارائه مکمل کنسانتره باعث بهبود عملکرد رشد بره‌ها گردید، درحالی‌که اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ در تغذیه بر رشد بره‌ها معنی‌دار نبود. در دوره بدون ارائه مکمل کنسانتره نیز گروه‌های تغذیه‌شده در دوره ارائه مکمل کنسانتره، عملکرد رشدی بهتری داشتند و در این دوره گروه مغانی تغذیه‌شده با مکمل کنسانتره به دلیل داشتن ذخایر انرژی و دلبه و همچنین عادت داشتن به شرایط بومی منطقه عملکرد رشدی بهتری را داشتند. قابلیت هضم ماده آلی در هیچ‌کدام از گروه‌ها اختلاف معنی‌داری نداشتند. در فراسنجه‌های خونی اثر ارائه مکمل کنسانتره بر گلوکز و اوره، اثر ژنوتیپ بر اوره و اثر ژنوتیپ در ارائه مکمل کنسانتره بر فراسنجه‌های گلوکز و آلبومین تأثیرگذار بودند.

صفات بیومتری نظیر ارتفاع بدن یا قد بره در پاسخ به ارائه مکمل کنسانتره افزایش نشان داد. همچنین صفات بیومتری نظیر ارتفاع بدن یا قد و دور سینه بره در پاسخ به اثر متقابل ژنوتیپ در ارائه مکمل کنسانتره افزایش یافت. در صفات بیومتری در دوره بدون ارائه مکمل

کنسانتره، تغذیه مکمل کنسانتره‌ای در دوره ارائه مکمل کنسانتره باعث افزایش طول بدن، دور سینه، قد و عرض پین و اثر ژنوتیپ بر پارامتر قد بیشتر شد. براساس نتایج به‌دست‌آمده، ارائه روزانه ۲۵۰ گرم مکمل کنسانتره‌ای در هنگام پرورش بره‌های در شرایط چرای مرتعی توصیه می‌شود. همچنین براساس نتایج حاصل از این پژوهش، بره‌های نژاد بومی مغانی نسبت به بره‌های آمیخته مغانی-رومانف عملکرد بهتری داشتند و بره‌های رومانف-مغانی حساسیت بیشتری به دوره‌های کمبود مواد مغذی در مرتع از خود نشان دادند. بنابراین تغذیه مکمل کنسانتره‌ای برای دام‌های آمیخته می‌تواند از اهمیت بالاتری برخوردار باشد. براساس نتایج به‌دست‌آمده، تغذیه مکمل کنسانتره‌ای در یک دوره کوتاه سه ماهه به دام‌های تحت چرای مرتعی، علاوه بر داشتن اثرات لحظه‌ای و کوتاه‌مدت بر عملکرد رشد و متابولیتهای مهم خونی دام، دارای اثرات بلندمدت حتی پس از قطع آن در دام‌ها به‌ویژه در اواخر فصل چرا که مرتع به‌شدت از نظر پوشش گیاهی فقیر شده است، دارد.

References

1. Abbas, Z., Sammad, A., Hu, L., Fang, H., Xu, Q., & Wang, Y. (2020). Glucose metabolism and dynamics of facilitative glucose transporters (GLUTs) under the influence of heat stress in dairy cattle. *Metabolites*, 10(8), 312. <https://doi.org/10.3390/metabo10080312>
2. AOAC. (2000). Official Methods of Analysis. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, MD.
3. Bani Saadat, H., Varkoohi, S., & Razagh Zadeh, S. (2018). Investigation of genetic, phenotypic and environmental trends for biometric traits in Makuie sheep. *Research on Animal Production*, 8(18), 139-146. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.29252/rap.8.18.139>
4. Caldeira, R., Belo, A., Santos, C., Vazques, M., & Portugal, A. (2007). The effect of body condition score on blood metabolites and hormonal profiles in ewes. *Small Ruminant Research*, 68(3), 233-241. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.08.027>
5. Chaturvedi, O., Tripathi, M., Mishra, A., Verma, D., Rawat, P., & Jakhmola, R. (2002). Land as well as livestock holding pattern and feeding practices of livestock in Malpura taluk of semiarid eastern Rajasthan. *The Indian Journal of Small Ruminants*, 8(2), 143-146.
6. CSIRO. (1994). Feeding Standards for Australian Livestock. Ruminants, CSIRO Publications, ISBN 0643043144, 9780643043145. pp. 266.
7. Dawson, L. E. R., & Carson, A. F. (2002). Effects of crossbred ewe genotype and ram genotype on lamb carcass characteristics from the lowland sheep flock. *The Journal of Agricultural Science*, 139(2), 183-194. <https://doi.org/10.1017/S0021859602002368>
8. Dawson, L. E. R., McCoy, M. A., Edgar, H. W. J., & Carson A.F. (2011). Effect of concentrate supplementation at pasture and inclusion of condensed tannins (Quebracho) in concentrates on lamb performance and faecal egg and worm counts. *Livestock Science*, 135, 205-214. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.07.006>
9. Eghtekhari, A., Farahpour, M., Arzani, H., & Abdolahi J. (2009). Assessing the species grazed by wildlife (Gazelle) and livestock (Sheep & Goat) in steppe rangelands of Poshtkoh region of Yazd province, Iran. *Journal of Crop Production and Processing* 2009, 13(47), 367-379. (in Persian with English abstract). <http://jc.pp.iut.ac.ir/article-1-1061-fa.html>

10. Fernandez-Turren, G., Repetto, J. L., Arroyo, J. M., Pérez-Ruchel, A., & Cajarville, C. (2020). Lamb fattening under intensive pasture-based systems: A review. *Animals*, 10(3), 382. <https://doi.org/10.3390/ani10030382>
11. González-García, E., Gozzo de Figueredo, V., Foulquie, D., Jousserand, E., Autran, P., Camous, S., Tesniere, A., Bocquier, F., & Jouven, M. (2014). Circannual body reserve dynamics and metabolic profile changes in Romane ewes grazing on rangelands. *Domestic Animal Endocrinology*, 46, 37-48. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2013.10.002>
12. Izadi far, J., & dadpasand, D. (2009). Feedlot performance and carcass compositions of Ghezel and Mehraban lambs and their reciprocal crosses. *Iranian Journal of Animal Science*, 40(1), 59-66. (in Persian with English abstract).
13. Ji, S. K., Jiang, C. G., Rui, L., Diao, Q. Y., Yan, T., Zhang, N. F., & Si, B. W. (2016). Growth performance and rumen microorganism differ between segregated weaning lambs and grazing lambs. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(4), 872-878. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(15\)61267-9](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(15)61267-9)
14. Joy, M., Alvarez-Rodriguez, J., Revilla, R., Delfa, R., & Ripoll, G. (2008). Ewe metabolic performance and lamb carcass traits in pasture and concentrate-based production systems in Churra Tensina breed. *Small Ruminant Research*, 75(1), 24-35. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2007.07.005>
15. Hartwell, B. W., Iñiguez, L. Knaus, W. F., & Madsen J. (2010). Awassi lamb growth responses and carcass traits, and economic benefits associated with reduced-cost diets made from locally available feed resources. *Small Ruminant Research*, 93, 48-52. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2010.03.006>
16. Hossein-Zadeh, N. G., & Ardalan, M. E. (2010). Comparison of different models for the estimation of genetic parameters of body weight traits in Moghani sheep. *Agricultural and Food Science*, 19, 207-213. <https://doi.org/10.2137/145960610792912639>
17. Khaldari, M. (2007). The Principles of Sheep and Goat Breeding. Third edition. Tehran: Academic Jihad Publications, Tehran, Iran. 560 p. (In Persian).
18. Khabazan, M. H., Rezagholivand Lahrud, A., Mokhtarzadeh, S., & Moosapour, H. (2022). Effects of crossbreeding of Romanov and Balouchi sheep on growth traits and carcass characteristics lambs. *Animal Production*, 24(4), 395-401. (in Persian with English abstract).
19. Kohn, R., Dinneen, M., & Russek-Cohen, E. (2005). Using blood urea nitrogen to predict nitrogen excretion and efficiency of nitrogen utilization in cattle, sheep, goats, horses, pigs, and rats. *Journal of Animal Science*, 83(4), 879-889. <https://doi.org/10.2527/2005.834879x>
20. Malisetty, V., & Yerradoddi, R. R. (2013). Effect of concentrate supplementation on growth and carcass characteristics in grazing ram lamb. *International Journal of Food, Agriculture and Veterinary Sciences*, 3, 43-48
21. Montaseri, M., & Bahramnezhad, F. (2023). The role of human serum albumin in heart failure: a narrative review. *Iranian Journal of Cardiovascular Nursing*, 12(1), 10-25. (in Persian with English abstract). <http://journal.icns.org.ir/article-1-789-fa.html>
22. Mousavinia, S. M., Shadnough, G., Zamani, F., Babaiee, M., & Faghani, M. (2015). Comparative performance and digestibility of nutrients in pure and cross bred lambs. *Research Opinions in Animal and Veterinary Sciences*, 5(1), 47-52.
23. Peripolli, V., Prates, Ê. R., Barcellos, J. O. J., & Neto, J. B. (2011). Fecal nitrogen to estimate intake and digestibility in grazing ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 163(2-4), 170-176. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.11.008>
24. Phillips, W., Reuter, R., Brown, M., Fitch, J., Rao, S., & Mayeux, H. (2002). Growth and performance of lambs fed a finishing diet containing either Alfalfa or Kenaf as the roughage source. *Small Ruminant Research*, 46(1), 75-79. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(02\)00176-1](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(02)00176-1)
25. Santra, A., & Karim, S. (1999). Effect of protein levels in creep mixture on nutrient utilization and growth performance of pre-weaner lambs. *Small Ruminant Research*, 33(2), 131-136. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(99\)00005-X](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(99)00005-X)
26. Santra, A., Karim, S., & Chaturvedi, O. (2002). Effect of concentrate supplementation on nutrient intake and performance of lambs of two genotypes grazing a semiarid rangeland. *Small Ruminant Research*, 44(1), 37-45. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(02\)00033-0](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(02)00033-0)
27. SAS Institute. (2003). SAS Users Guide: Statistics, release, 9.1. SAS Inc., Cary, NC.
28. Shahi, M., Abdi Benemar, H., Mirzaei Aghje Qeshlagh, F., Seifdavati, J., & Fathi-Achachlouei B.

- (2023). The effect of different levels of concentrate supplement on weight gain, growth performance and blood parameters of weaned Ghezel lambs under grazing conditions. *Research on Animal Production*, 14(4), 42-50. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.61186/rap.14.42.42>
29. Shinde, A., Karim, S., Singh, N., & Patnayak, B. (1995). Growth performance of weaner lambs and kids under intensive and semi-intensive feeding managements. *Indian Journal of Animal Sciences*, 65, 830-33.
30. Talebi, M. A., & Gholamhosani, K. (2017). Growth and feedlot performance of Lori-Bakhtiari, Romanov×Lori-Bakhtiari and Pakistani×Lori-Bakhtiari crossbred lambs. *Research on Animal Production*, 8, 201-208. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.29252/rap.8.17.201>
31. Van Soest, P. V., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
32. Wang, C., Tas, B., Glindemann, T., Rave, G., Schmidt, L., Weißbach, F., & Susenbeth, A. (2009). Fecal crude protein content as an estimate for the digestibility of forage in grazing sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 149(3-4), 199-208. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2008.06.005>
33. Xu, Y., Li, Z., Moraes, L. E., Shen, J., Yu, Z., & Zhu, W. (2019). Effects of incremental urea supplementation on rumen fermentation, nutrient digestion, plasma metabolites, and growth performance in fattening lambs. *Animals*, 9(9), 652. <https://doi.org/10.3390/ani9090652>



Research Article

Vol. 17, No.3, 2025, p. 307-322

The effect of different levels of protected sodium butyrate on feed intake, growth performance and some blood parameters in Holstein dairy calves

Hamidreza Khajavi^{1,3*}, Saeid Sobhani Rad^{2,3}, Mohammad Taghavi³, Hadi Ghorbani PharmD³, Masoud Ainechian³

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

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

3- Razavi Industrial Animal Husbandry and Dairy Company, Mashhad, Iran

*Corresponding Author's Email: khajavihamidreza@gmail.com

How to cite this article:

Received: 14-04-2025

Revised: 21-07-2025

Accepted: 21-07-2025

Available Online: 05-10-2025

Khajavi, H., Sobhani Rad, S., Taghavi, M., Ghorbani PharmD, H., & Ainechian, M. (2025). The effect of different levels of protected sodium butyrate on feed intake, growth performance and some blood parameters in Holstein dairy calves. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 17(3), 307-322.(in Persian with English abstract)

<https://doi.org/10.22067/IJASR.2025.92885.1245>

Introduction: Whole milk is a highly digestible food for calves. Calves receive 10 to 12 percent of their body weight in milk daily. Therefore, the lactation period is the foundation for the health and proper growth of calves. Adequate growth in proportion to the genetic potential of the animal can reduce the age of puberty of calves and the slaughter age of male calves. The high price of milk, long-term feeding of calves with milk or milk replacer is not economically viable for the farmer, and the cost of a growing replacement heifer is still high. Advanced management allows for earlier weaning, as it reduces the cost of raising replacement animals. Strong heifers with proper growth after weaning can be introduced into the herd earlier (Naserian, 2005). Therefore, the rumen should be activated as soon as possible and with appropriate feeding programs to allow for early weaning of calves. The development of the digestive tract of suckling calves affects feed intake, digestion efficiency and resistance to digestive disorders and consequently their growth and health, any method that enhances these processes is highly desirable. In newborn calves in the first weeks of life, it is expected that most of the supplemented butyrate in a protected form will pass through the rumen and abomasum and be delivered to the small intestine, where it has a local effect on the intestinal epithelium. In general, the recommended level of butyrate supplementation in calf feed is low or very low. The use of protected butyrate in starter at a level of 0.3% of dry matter is recommended because it is sufficient to have a stimulating effect on the growth of the digestive tract and improve growth performance. Therefore, the present study was conducted to investigate the effect of different levels of preserved sodium butyrate on feed intake, growth performance, blood parameters, oxidative stress parameters, and skeletal traits in suckling Holstein calves.

Materials and Methods: This experiment was conducted using 42 male calves with an average weight of 44 kg in a completely randomized design with three treatments (including levels of 0, 0.25, and 0.5% preserved sodium butyrate) and 14 replications in each treatment. Health and breeding management were applied according to common standards. The duration of the experimental period was 70 days and was considered until weaning. The performance of the calves was measured by weighing their body weight at the beginning of the period and weekly. Feed and water were provided to the animals ad libitum, and the amount of feed and the remaining feed were collected and weighed the next day. Finally, the dry matter intake was measured based on the amount of feed consumed and the body weight gain obtained in different treatments. The measured traits included dry matter intake,



©2025 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.

<https://doi.org/10.22067/IJASR.2025.92885.1245>

average body weight gain, feed conversion ratio, blood parameters, oxidative stress parameters, and skeletal traits.

Result and Discussion: The effects of experimental treatments on dry matter intake, average body weight gain, and average feed conversion ratio on body weight of suckling calves as performance indicators were not significant. At 25 days of rearing, different levels of protected sodium butyrate supplementation had no significant effect on total protein and cholesterol. However, significant effects were observed on albumin, glucose, triglycerides, urea, and beta-hydroxybutyrate. The effect of different levels of protected sodium butyrate supplementation on serum alanine aminotransferase enzyme was not significant on day 25 of the rearing period. The effect of different levels of protected sodium butyrate supplementation on liver enzymes including aspartate aminotransferase, antioxidant capacity and malondialdehyde was significant on day 25 of the rearing period. The effect of different levels of protected sodium butyrate supplementation on aspartate aminotransferase, alanine aminotransferase and serum antioxidant capacity was not significant on day 50 of the rearing period. The effect of different levels of protected sodium butyrate supplementation on malondialdehyde, total protein, triglyceride and urea was significant on day 50 of the rearing period. The effect of different levels of protected sodium butyrate supplementation on body length and hip height in suckling calves was significant at the end of the weaning period. Also, the effect of different levels of protected sodium butyrate supplementation on chest circumference, withers height, pin width, and hip width in suckling calves at the end of the weaning period was not significant.

Conclusion: In general, these findings indicate that protected sodium butyrate not only affects energy metabolism (through increased beta-hydroxybutyrate), but also plays a protective role in liver health by improving blood parameters such as total protein and reducing oxidative stress (decreased MDA and increased TAC). The use of protected sodium butyrate supplementation, particularly at the 0.5% level, can be recommended as an effective strategy to enhance metabolic health and reduce oxidative damage in suckling calves.

Keywords: Beta-hydroxybutyrate, Calves, Oxidative stress, Total antioxidant capacity

تأثیر سطوح متفاوت سدیم بوتیرات محافظت شده بر مصرف خوراک، عملکرد رشد و برخی از فراسنجه‌های خونی در گوساله‌های شیرخوار هلشتاین

حمیدرضا خواجه‌جوی^{۱*}، سعید سبحانی راد^۲، محمد تقوی^۳، هادی قربانی فارمد^۳، مسعود آئینه چیان^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۳۰

چکیده

مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر سطوح متفاوت سدیم بوتیرات محافظت شده بر مصرف خوراک، عملکرد رشد و برخی از فراسنجه‌های خونی در گوساله‌های شیرخوار هلشتاین انجام شد. تعداد ۴۲ راس گوساله شیرخوار به سه تیمار (شامل سطوح صفر، ۰/۲۵، و ۰/۵ درصد سدیم بوتیرات محافظت شده) و ۱۴ تکرار در در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. صفات اندازه‌گیری شده شامل ماده خشک مصرفی، میانگین افزایش وزن بدن، ضریب تبدیل غذایی و برخی از فراسنجه‌های خونی و صفات اسکلتی بود. اثر تیمارهای آزمایشی بر میزان ماده خشک مصرفی، میانگین افزایش وزن بدن و میانگین ضریب تبدیل خوراک مصرفی بر وزن بدن گوساله‌های شیرخوار به‌عنوان شاخص‌های عملکرد معنی‌دار نبود. اثر سطوح متفاوت سدیم بوتیرات محافظت شده بر مالون دی‌آلدئید، پروتئین تام، تری‌گلیسیرید و اوره در ۵۰ روزگی دوره پرورش معنی‌دار شد. اثر سطوح متفاوت سدیم بوتیرات محافظت شده بر طول بدن و ارتفاع هیپ در گوساله‌های شیرخوار در انتهای دوره از شیرگیری معنی‌دار شد. به‌طور کلی، این یافته‌ها حاکی از آن است که سدیم بوتیرات محافظت شده نه تنها بر متابولیسم انرژی (از طریق افزایش بتا-هیدروکسی بوتیرات) تأثیرگذار است، بلکه با بهبود شاخص‌های خونی مانند پروتئین تام و کاهش تنش اکسیداتیو (کاهش مالون دی‌آلدئید و افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام) نقش محافظتی در سلامت کبد ایفا می‌کند. استفاده از سدیم بوتیرات محافظت شده به‌ویژه در سطح ۰/۵۰ درصد، به‌عنوان راهکاری مؤثر برای ارتقاء سلامت متابولیک و کاهش آسیب‌های اکسیداتیو در گوساله‌های شیرخوار قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: استرس اکسیداتیو، بتا‌هیدروکسی بوتیرات، ظرفیت آنتی اکسیدانی کل، گوساله

مقدمه

شیر کامل، غذایی با قابلیت هضم بالا برای گوساله‌ها است و آن‌ها روزانه به‌میزان ۱۰ تا ۱۲ درصد وزن بدن خود، شیر دریافت می‌کنند. با این حال، تغذیه طولانی مدت گوساله‌ها با شیر یا جایگزین شیر، به دلیل قیمت بالای آن از نظر اقتصادی مقرون به‌صرفه نیست. دوره شیرخوارگی پایه و اساس سلامتی و رشد مناسب گوساله است و رشد کافی و متناسب با توان ژنتیکی حیوان می‌تواند سن بلوغ و سن کشتار گوساله‌ها را کاهش دهد. مدیریت پیشرفته در تغذیه گوساله‌ها امکان از شیرگیری زودتر را فراهم می‌کند که این امر به کاهش هزینه پرورش حیوانات جایگزین کمک می‌کند و تلیسه‌های قوی و با رشد مناسب بعد از شیرگیری را می‌توان زودتر در گله جایگزین کرد

(Naserian et al., 2005). بنابراین فعال کردن شکمبه با برنامه‌های

غذایی مناسب برای از شیرگیری زودتر گوساله‌ها ضروری است. توسعه مناسب شکمبه که برای عمل از شیرگیری ضروری است، به آغاز مصرف کنسانتره وابسته می‌باشد؛ بنابراین شروع تغذیه با کنسانتره در سنین پایین‌تر، امکان از شیرگیری زود هنگام را فراهم می‌کند، اما گوساله باید از نظر فیزیولوژیکی به‌قدر کافی رشد کرده باشد تا قادر به استفاده از غذای جامد باشد (Naserian et al., 2005). پژوهش‌ها نشان می‌دهند که اسیدهای چرب کوتاه‌زنجیر، به‌ویژه اسید بوتیریک و اسید پروپیونیک، نقش کلیدی در تحریک توسعه و بلوغ شکمبه دارند. ترکیب متفاوت کنسانتره و علوفه می‌تواند نسبت‌های مختلفی از این اسیدهای چرب را تولید کند و به این ترتیب، تأثیرات متفاوتی بر رشد و تکامل شکمبه در حیوانات شیرخوار بگذارد (Van Soest, 1994). بیشترین تغییرات فیزیکی و افزایش تولید اسیدهای چرب فرار در شکمبه از زمانی آغاز می‌شود که خوراک جامد مورد استفاده قرار می‌گیرد. برخی از مواد افزودنی نیز الگوی تخمیر شکمبه‌ای را تغییر می‌دهند که منجر به تغییر بازدهی مصرف

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

۲- گروه علوم کشاورزی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

۳- شرکت دامپروری صنعتی و لبنی رضوی، مشهد، ایران

*- نویسنده مسئول: (Email: khajavihamidreza@ymail.com).

<https://doi.org/10.22067/IJASR.2025.92885.1245>

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در واحد دامپروری کنه بیست شرکت صنایع دامپروری و لبنی آستان قدس رضوی در شهرستان مشهد استان خراسان رضوی انجام شد. در این آزمایش، ۴۲ راس گوساله تازه متولدشده نر با میانگین وزن $1/2 \pm 44$ کیلوگرم و سن ۱۴ روزگی انتخاب شدند. پس از آماده‌سازی بستر و جایگاه، گوساله‌ها به‌طور تصادفی به سه گروه آزمایشی تقسیم شدند، هر گروه شامل ۱۴ رأس گوساله بود. جیره‌های مورد آزمایش شامل شاهد (جیره آغازین بدون افزودنی)، جیره پایه حاوی ۰/۲۵ درصد سدیم بوتیرات محافظت‌شده (Innovad Company, Belgium)، و جیره پایه حاوی ۰/۵۰ درصد سدیم بوتیرات محافظت‌شده بودند (Górka et al., 2018). دوره آزمایش به مدت ۷۰ روز تا زمان از شیرگیری ادامه داشت. اجزاء و ترکیب مواد مغذی و انرژی جیره پایه تغذیه‌شده در جدول ۱ آورده شده است (Górka et al., 2018).

عملکرد گوساله‌ها از طریق اندازه‌گیری وزن بدن در آغاز دوره و به‌صورت هفتگی مورد ارزیابی قرار گرفت. خوراک مصرفی به‌صورت دسترسی آزاد در اختیار حیوانات قرار گرفت و مقدار آن هنگام تخصیص خوراک وزن شد. همچنین باقی‌مانده خوراک در روز بعد جمع‌آوری و توزین شد. در نهایت، بازده ماده خشک مصرفی براساس میزان خوراک مصرفی و افزایش وزن به‌دست‌آمده در تیمارهای مختلف محاسبه شد. مشخصه‌های رشد اسکلتی در تمام گوساله‌ها شامل محیط شکم، محیط قفسه سینه، عرض بین استخوان هیپ، طول بدن، ارتفاع کیل و ارتفاع جدوگاه در ابتدای آزمایش اندازه‌گیری و ثبت شد و سپس این اندازه‌گیری‌ها در انتهای دوره آزمایشی نیز تکرار گردید.

خون‌گیری از سیاهرگ وداج با استفاده از لوله‌های خلأ هفت میلی‌لیتری، صبح روز ۲۵ و ۵۰ دوره آزمایش قبل از تغذیه شیر وعده صبح انجام شد. بلافاصله نمونه‌های خون به آزمایشگاه شرکت صنایع لبنی و دامپروری رضوی منتقل و به مدت ۱۵ دقیقه با دور ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند تا سرم از آن جدا گردد. سپس سرم‌ها در میکروتیوب‌های دو میلی‌لیتری ریخته شده و تا زمان آنالیز فراستجه‌های خونی در دمای ۲۰- درجه سلسیوس نگهداری گردید. آنالیز فراستجه‌های خونی شامل گلوکز، پروتئین تام، آلومین، گلوبولین، کلسترول، تری‌گلیسرید، نیتروژن اوره‌ای خون، آسپارات آمینو ترانسفراز، آلانین آمینو ترانسفراز با استفاده از کیت‌های آزمایشی شرکت پارس آزمون ایران و بتا‌هیدروکسی بوتیرات و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام (TAC^۱) با کیت Randax انگلستان و مالون‌دی‌آلدئید به‌روش شیمیایی TBRS^۲ با استفاده از دستگاه اتوآنالایزر مدل Alcyon در آزمایشگاه مرکز تحقیقات کاربردی

خوراک و در نهایت رشد و افزایش وزن می‌شود.

اسید بوتیریک و نمک‌های آن (مانند سدیم بوتیرات و کلسیم) از طریق چندین سازوکار کلیدی به بهبود سلامت و عملکرد گوساله‌ها کمک می‌کنند. این ترکیبات به‌عنوان منبع انرژی برای سلول‌های پوششی روده (انتروسیت‌ها) عمل کرده و با حفظ یکپارچگی سد روده‌ای، از نفوذ بیمارگرها و مواد مضر جلوگیری می‌کنند. از سوی دیگر، با کاهش pH محیط روده، شرایط را برای رشد باکتری‌های مفید مطلوب‌تر کرده و همزمان از تکثیر باکتری‌های بیماری‌زا جلوگیری می‌کنند. این اثر ضد میکروبی به پیشگیری از اسهال و التهاب‌های گوارشی در گوساله‌های جوان منجر می‌شود. علاوه بر این، اسید بوتیریک با تحریک رشد پرزهای روده، سطح جذب را افزایش داده و بهینه‌سازی استفاده از مواد مغذی را در پی دارد. این امر نه تنها بهبود افزایش وزن روزانه و رشد هماهنگ گوساله‌ها را به دنبال دارد، بلکه در بلندمدت منجر به کاهش تلفات دوره شیرخوارگی، ارتقاء سلامت دستگاه گوارش و در نهایت بهبود شاخص‌های تولیدی می‌شود. بنابراین، استفاده از این ترکیبات در جیره آغازین گوساله‌ها می‌تواند نقش مهمی در مدیریت تغذیه‌ای و بهره‌وری گله ایفا کند (Guilloteau et al., 2010) برای پایداری و خوش‌خوراکی بیشتر، بوتیرات به‌صورت نمک (سدیم بوتیرات یا کلسیم بوتیرات) استفاده می‌شود. این نمک‌ها اثرات مستقیمی بر دستگاه گوارش و قسمت‌های خلفی آن دارند و اثرات غیرمستقیمی بر لوزالمعده و روده کوچک دارند (Mentschel et al., 2001). مطالعات بر روی گوساله (Kotunia et al., 2004) و بره‌های از شیر گرفته‌شده (Le Gall et al., 2009) نشان داده‌اند که مصرف سدیم بوتیرات منجر به بهبود عملکرد تغذیه‌ای و شیرگیری زودتر پس از تولد می‌شود. در گوساله‌های تازه متولدشده، انتظار می‌رود که در هفته‌های اول زندگی، بیشتر بوتیرات مکمل شده به‌شکل محافظت‌شده، از شکمبه و شیردان عبور کرده و به روده کوچک تحویل داده شود، جایی که اثر موضعی بر اپیتلیوم روده دارد. مزیت بالقوه استفاده از این شکل بوتیرات در خوراک جامد، انتشار کندتر و پایدارتر بوتیرات در شکمبه و در نتیجه تسریع رشد شکمبه می‌باشد (Górka et al., 2011a; Kowalski et al., 2015). با توجه به اینکه تاکنون از سدیم بوتیرات محافظت‌شده در تغذیه گوساله‌های تازه متولدشده کمتر استفاده شده است و تأثیر آن بر افزایش وزن بدن، سرعت رشد، سن و وزن در زمان شیرگیری در دوره شیرخوارگی به‌عنوان یک عامل مهم در افزایش عملکرد گوساله‌های شیرخوار مورد بررسی قرار نگرفته است، این تحقیق با هدف بررسی تأثیر سطوح متفاوت سدیم بوتیرات محافظت‌شده بر مصرف خوراک، عملکرد رشد و برخی از فراسنجه‌های خونی در گوساله‌های شیرخوار هلشتاین انجام شد.

1- Total Antioxidant Capacity

2- Thiobarbituric acid reactive substances

دارویی تبریز اندازه گیری شدند. کلیه داده های به دست آمده از آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار و ۱۴ تکرار توسط نرم افزار آماری SAS (نسخه ۹،۱) به شرح زیر مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

معادله (۱)

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

که در آن، Y_{ij} : مقدار هر مشاهده، μ : اثر میانگین جامعه، T_i : اثر ثابت تیمار و ε_{ij} : اثر خطای آزمایش می باشد. مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون توکی در سطح پنج درصد خطا انجام شد.

جدول ۱- مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره پایه آزمایشی تغذیه شده به گوساله های شیرخوار هلشتاین

Table 1- Feed ingredients and chemical composition of the basal experimental diet fed to Holstein suckling calves

مواد تشکیل دهنده Feed ingredients	درصد ماده خشک % DM
یونجه خشک Legume hay, mature	7.30
دانه ذرت Corn grain dry, medium grind	24.90
ذرت فلیک شده Corn grain, steam-flaked	23.65
دانه جو Barley grain, dry, ground	2.12
کنجاله سویا Soybean meal, expellers	20.42
کنجاله کلزا Canola meal	2.78
فول فت سویا Soybeans, whole roasted	4.93
کنجاله گلوتن ذرت Corn gluten meal	2.83
سبوس گندم Wheat bran	4.22
تقاله خشک چغندر Beet pulp, dry	2.88
پرمیکس ویتامین E Vit E premix	0.31
سدیم بی کربنات Sodium bicarbonate	0.52
مکمل ویتامینه ^۱ Vitamin supplement	1.91
سدیم بنتونیت Sodium bentonite	0.41
دی کلسیم فسفات DCP	0.20
کلسیم کربنات Calcium carbonate	0.72
سدیم کلرید Sodium chloride (salt)	0.62
اکسید منیزیم Magnesium oxide	0.20
مکمل معدنی ^۲ Mineral supplement	0.64
مخمر Yeast	0.20

مواد مغذی و انرژی

Nutrients and energy

ماده خشک (درصد)	88.80
Dry matter (%)	
انرژی قابل متابولیسم (مگا کالری در کیلوگرم ماده خشک)	3.26
Metabolizable energy (Mcal/kg DM)	
فیبر نامحلول در شوینده خنثی	16.10
Neutral detergent fiber (%)	
فیبر نامحلول در شوینده اسیدی	8.70
Acid detergent fiber (%)	
پروتئین خام (درصد)	20.30
Crude protein (%)	
نشاسته (درصد)	37.30
Starch (%)	
خاکستر خام (درصد)	9.00
Ash (%)	
کلسیم (درصد)	0.68
Calcium (%)	
فسفر (درصد)	0.51
Phosphorus (%)	

^۱ ترکیب مکمل ویتامینه در هر کیلوگرم شامل: ۵۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A و ۱۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D₃

^۱ Complementary composition of vitamins: Premix composition per kg: vitamin A, 500000 IU; vitamin D₃, 100000 IU

^۲ ترکیب مکمل معدنی در هر کیلوگرم شامل: ۱۹۶۰۰۰ میلی‌گرم کلسیم، ۹۶۰۰۰ میلی‌گرم فسفر، ۱۹۰۰۰ میلی‌گرم منیزیم، ۷۱۰۰۰ میلی‌گرم سدیم، ۳۰۰ میلی‌گرم مس، ۳۰۰۰ میلی‌گرم آهن، ۲۰۰ میلی‌گرم منگنز، ۳۰۰ میلی‌گرم روی، ۱۰۰ میلی‌گرم ید، ۱۰۰ میلی‌گرم کبالت، ۱۰۰ میلی‌گرم سلنیوم

^۲ Complementary compositions of minerals: Ca, 196000 mg; P, 96000 mg; Mg, 19000 mg; Na, 71000 mg; Cu, 300 mg; Fe, 3000 mg; Mn, 200 mg; Zn, 300 mg; I, 100 mg; Co, 100 mg; Se, 100 mg
DCP: Dicalcium Phosphate

نتایج و بحث

مصرف خوراک و عملکرد رشد

نتایج موجود در جدول ۲ نشان می‌دهد که اثر سطوح مختلف مکمل سدیم بوتیرات محافظت‌شده بر میانگین ماده خشک مصرفی روزانه، میانگین افزایش وزن هفتگی و میانگین ضریب تبدیل خوراک مصرفی گوساله‌های شیرخوار معنی‌دار نشد. نتایج حاصل از مطالعه انجام‌شده بر روی گوساله و گوسفند از شیر گرفته‌شده نشان داده است که مصرف سدیم بوتیرات باعث بهبود عملکرد تغذیه‌ای شده است و در نتیجه زمان از شیرگیری پس از تولد را بهبود می‌بخشد (Hill et al., 2009). سدیم بوتیرات از طریق چند سازوکار کلیدی، قابلیت هضم جیره را بهبود می‌بخشد. این ترکیب با تحریک رشد پره‌های روده و افزایش سطح جذب، توسعه دستگاه گوارش را تسریع می‌کند. همزمان با تنظیم میکروفلور روده و افزایش جمعیت باکتری‌های مفید تولیدکننده آنزیم، تجزیه مواد مغذی را بهبود می‌بخشد. بوتیرات همچنین با کاهش التهاب روده و افزایش ترشح آنزیم‌های گوارشی، بازده استفاده از خوراک را افزایش داده و در نهایت منجر به بهبود قابل توجه در هضم پروتئین‌ها، فیبر و کاهش ضریب تبدیل غذایی می‌شود که همگی در مجموع به افزایش عملکرد رشد گوساله‌ها منجر می‌گردد (Hill et al., 2009).

نتایج مطالعات مختلف نشان می‌دهد که استفاده از سدیم بوتیرات محافظت‌شده در جیره آغازین گوساله‌ها، تأثیرات متفاوتی بر عملکرد و توسعه دستگاه گوارش داشته است. براساس گزارش گورکا و همکاران (Górka et al., 2011a, 2014)، افزودن سدیم بوتیرات محافظت‌شده با دوز شش گرم بر کیلوگرم پلت استارتر (معادل سه گرم بر کیلوگرم کل جیره) در جیره حاوی مخلوط استارتر پلت‌شده با دانه کامل ذرت منجر به بهبود توسعه پیش‌معد و روده کوچک و همچنین افزایش مصرف خوراک جامد شد. این یافته‌ها حاکی از تأثیر مثبت این ترکیب در دوزهای مناسب بر توسعه دستگاه گوارش و عملکرد تغذیه‌ای گوساله‌ها می‌باشد.

با این حال، مطالعات دیگر نشان داده‌اند که دوزهای بالاتر این مکمل ممکن است اثرات منفی به همراه داشته باشد. وانات و همکاران (Wanat et al., 2015) گزارش کردند که استفاده از سدیم بوتیرات محافظت‌شده با دوزهای سه، شش یا نه گرم بر کیلوگرم ماده خشک در جیره استارتر پلت‌شده، در دوزهای بالاتر از سه گرم بر کیلوگرم ماده خشک اثر منفی بر مصرف خوراک جامد و افزایش وزن روزانه (ADG)^۱ داشته است. این نتایج نشان می‌دهد که دوز بهینه این مکمل باید به دقت مورد توجه قرار گیرد.

1- Average Daily Gain

آن تقریباً شش تا هفت می باشد و محیطی خنثی تا قلیایی است)، پوشش به دلیل حساسیت به این تغییر pH یا به خاطر فعالیت آنزیم های خاص روده، تجزیه می شود و بوتیرات آزاد می گردد (He et al., 2025). بنابراین، این طراحی هوشمندانه باعث می شود که بوتیرات بدون تجزیه شدن از محیط اسیدی شیردان عبور کند و به صورت هدفمند در روده باریک آزاد شود، جایی که بیشترین اثر را بر سلامت و رشد گوساله دارد. این فناوری در بسیاری از مکمل های دام و طیور برای عبور از بخش های اسیدی دستگاه گوارش و آزادسازی هدفمند مواد مغذی یا افزودنی ها به کار می رود و این ویژگی باعث می شود که بیش از ۷۰ درصد بوتیرات مصرفی به محل مورد نظر در دستگاه گوارش برسد.

استفاده از بوتیرات محافظت شده سبب بهبود سلول های اپیتلیال روده و سایر بافت ها، افزایش رشد پایلای شکمبه، مهار بیمارگرها و بهبود ضریب تبدیل غذایی می شود (Wanat et al., 2015). اگرچه بوتیرات پوشش دار عمدتاً برای رهایش در روده طراحی شده، اما به صورت غیرمستقیم رشد پایلای شکمبه را نیز تحریک می کند. بخشی از بوتیرات جذب شده از روده وارد گردش خون شده و به شکمبه می رسد، که به عنوان منبع انرژی برای سلول های پوششی شکمبه عمل می کند. همچنین بوتیرات با تحریک ترشح فاکتورهای رشد مانند IGF-1 و بهبود سلامت کلی دستگاه گوارش، توسعه پایلای شکمبه را تسهیل می نماید. این سازوکارها باعث می شوند که بوتیرات محافظت شده، علی رغم هدف گیری اصلی در روده، تأثیر مثبتی بر رشد و تکامل شکمبه نیز داشته باشد.

فراسنجه های خونی گوساله های شیرخوار (۲۵ و ۵۰ روزگی)

نتایج جدول ۳ نشان داد که در ۲۵ روزگی دوره پرورش، سطوح مختلف مکمل سدیم بوتیرات محافظت شده تأثیر معنی داری بر پروتئین تام و کلسترول نداشت ($P > 0.05$)، اما اثرات معنی داری بر آلبومین، گلوکز، تری گلیسیرید، اوره و بتا هیدروکسی بوتیرات مشاهده شد ($P < 0.05$) به طوری که بیشترین میزان آلبومین در شاهد و سطح ۵۰ درصد سدیم بوتیرات محافظت شده (۳/۴۴)، و کمترین آن در سطح ۲۵ درصد (۳/۳۴) ثبت شد. گلوکز نیز بالاترین سطح را در شاهد و سطح ۲۵ درصد (به ترتیب ۱۲۲/۴ و ۱۵۱/۱) و کمترین را در سطح ۵۰ درصد (۱۰۶/۲) نشان داد. بیشترین مقدار تری گلیسیرید در سطح ۵۰ درصد (۲۳.۲۹) و کمترین مقدار در شاهد و سطح ۲۵ درصد (به ترتیب ۱۸/۲۱ و ۱۷/۹۳) مشاهده شد. بیشترین مقدار اوره نیز در شاهد و سطح ۲۵ درصد (به ترتیب ۲۹/۰۰ و ۲۶/۵۷) و کمترین مقدار آن در سطح ۵۰ درصد (۲۰/۷۹) به دست آمد، در حالی که بتا هیدروکسی بوتیرات کمترین سطح را در سطح ۲۵ درصد و بیشترین سطح را در شاهد نشان داد.

همچنین در مورد تأثیر دوز سه گرم بر کیلوگرم ماده خشک سدیم بوتیرات محافظت شده در جیره استارتر پلت شده، نتایج متناقضی گزارش شده است. در حالی که در یک مطالعه، این دوز منجر به افزایش مصرف خوراک جامد در دوره پیش از شیرگیری شده بود، در مطالعه دیگر اثر معنی داری مشاهده نشد. این تفاوت ها ممکن است که ناشی از عوامل مختلفی از جمله تفاوت در شرایط مدیریتی، ترکیب جیره پایه یا تفاوت در ژنتیک گوساله ها باشد (Burakowska et al., 2017).

مکمل سدیم بوتیرات با سازوکارهای متعددی موجب افزایش مصرف کنسانتره و بهبود دسترسی به مواد مغذی می شود. این ترکیب از طریق تحریک رشد پایلای شکمبه و توسعه زودرس سیستم گوارشی، ظرفیت تخمیر و هضم خوراک را افزایش می دهد. همزمان با تنظیم میکروفلور شکمبه و روده، جمعیت باکتری های مفید تولیدکننده آنزیم های هضمی را تقویت کرده و جذب مواد مغذی را بهبود می بخشد. از طرفی، بوتیرات با تأثیر بر مراکز اشتها در مغز و تنظیم هورمون های گرسنگی، تمایل حیوان به مصرف خوراک را افزایش داده و در نهایت منجر به افزایش مصرف کنسانتره و بهبود قابلیت هضم مواد مغذی می گردد (Hill et al., 2009).

در دستگاه گوارش نشخوارکنندگان، قسمت های بالایی شامل دهان، مری، شکمبه، نگاری و هزارا و شیردان است که محیطی اسیدی (pH 2-3) دارد و در این ناحیه بوتیرات آزاد به سرعت تجزیه می شود. در مقابل، قسمت های پایینی شامل روده باریک (محل اصلی جذب مواد مغذی) و روده بزرگ است که محیطی خنثی تا قلیایی (pH 6-7) دارد. بوتیرات پوشش دار با مقاومت در برابر اسید شیردان، به صورت هدفمند در روده باریک آزاد می شود و به این ترتیب اثرات مطلوب خود را بر رشد پرزهای روده، جذب مواد مغذی و مهار بیمارگرها اعمال می کند. لازم به ذکر است که علت اینکه بوتیرات پوشش دار در برابر اسیدیت شیردان مقاوم است ولی در روده باریک آزاد می شود به دلیل عواملی می باشد از جمله: ۱) فناوری پوشش دهی (Encapsulation Technology): بوتیرات پوشش دار با استفاده از لایه هایی از مواد مقاوم به اسید (مانند چربی های خاص، پلیمرهای زیست سازگار یا رزین ها) پوشش داده می شود، این مواد به گونه ای انتخاب می شوند که در محیط اسیدی (pH 2-3) شیردان پایدار باقی بمانند و تجزیه نشوند (Yang et al., 2023)، ۲) مقاومت در برابر اسید شیردان: مواد پوشش دهنده دارای ویژگی هایی هستند که در pH پایین (محیط اسیدی شیردان) حل نمی شوند یا تغییر ساختار نمی دهند. به همین دلیل، بوتیرات داخل این پوشش ها باقی می ماند و آزاد نمی شود (Bajpai et al., 2008)، ۳) آزادسازی هدفمند در روده باریک: زمانی که بوتیرات پوشش دار به روده باریک می رسد (که pH

جدول ۲- اثر سطوح متفاوت مکمل سدیم بوتیرات محافظت شده بر عملکرد رشد گوساله‌های شیرخوار

Table 2- Effect of different levels of protected sodium butyrate supplementation on growth performance of suckling calves

گروه‌های آزمایشی Treatment	شاهد ^۱ Control	۰/۲۵ درصد سدیم بوتیرات ^۲ 0.25 % sodium butyrate	۰/۵۰ درصد سدیم بوتیرات ^۳ 0.50 % sodium butyrate	خطای استاندارد میانگین SEM*	سطح معنی‌داری P-value**
میانگین افزایش وزن روزانه (گرم/روز) Average daily weight gain (g/d)	38.43	39.21	40.46	1.54	0.642
ماده خشک مصرفی روزانه (گرم/روز) Daily dry matter intake (g/d)	50.04	49.15	50.79	1.86	0.826
میانگین ضریب تبدیل غذایی روزانه (گرم/گرم) Average daily feed conversion ratio (g/g/d)	0.77	0.80	0.81	0.02	0.561

^۱ شاهد (جیره پایه): جیره استارتر بدون افزودنی، ^۲ جیره پایه حاوی ۰/۲۵ درصد سدیم بوتیرات محافظت شده، ^۳ جیره پایه حاوی ۰/۵۰ درصد سدیم بوتیرات محافظت شده، *:

خطای معیار میانگین، **: سطح معنی‌داری

¹. Control treatment (basal diet): Starter diet without additives, ² Basal diets containing 0.25% of protected sodium butyrate, ³ Basal diets containing 0.5% of feed protected sodium butyrate, *: Standard error of the mean, **: Significance level

می‌دهد. بتاهییدروکسی بوتیرات نشان‌دهنده توسعه شکمبه و آغاز متابولیسم محصولات نهایی تخمیر است و با رشد شکمبه افزایش می‌یابد. کوئیگلی و همکاران (Quigley et al., 1992) نیز بتاهییدروکسی بوتیرات را نماد توسعه شکمبه دانسته و ارتباط معنی‌داری بین آن و توسعه شکمبه یافتند. آن‌ها تأکید داشتند که گوساله‌ها قبل از توسعه شکمبه از گلوکز به‌عنوان منبع انرژی استفاده می‌کنند، اما با توسعه شکمبه و نقش بتاهییدروکسی بوتیرات، با تغذیه جدید سازگار می‌شوند؛ در غیر این صورت، رشد کاهش می‌یابد. باین‌حال، برگمن (Bergman, 1990) افزایش بتاهییدروکسی بوتیرات خون را با افزودن سدیم بوتیرات محافظت شده گزارش کرد، درحالی‌که فریرا و بیتار (Ferreira & Bittar, 2011) تأثیری مشاهده نکردند.

از طرفی، به نظر می‌رسد که در نشخوارکنندگان، با رشد شکمبه، غلظت گلوکز کاهش و غلظت بتاهییدروکسی بوتیرات افزایش می‌یابد. تحقیقات نشان داده‌اند که در گوساله‌های تغذیه شده با مکمل بوتیرات، بتاهییدروکسی بوتیرات بلافاصله پس از مصرف غذا در پلاسما یافت نشده، که نشان‌دهنده متابولیسم سریع آن در شکمبه است (Quigley, 1996). اگرچه مطالعات دیگر افزایش بتاهییدروکسی بوتیرات با افزایش سن را نشان داده‌اند (Greenwood et al., 1992; Quigley et al., 1997)، اما این نتیجه در تحقیق حاضر مشاهده نشد. احتمالاً دلیل عدم افزایش بتاهییدروکسی بوتیرات در سنین بالاتر این است که بوتیرات باعث توسعه شکمبه شده و عمدتاً در قسمت‌های فوقانی دستگاه گوارش متابولیزه می‌شود (Manzanilla et al., 2006)، در نتیجه در خون کمتر یافت می‌شود. همچنین در سنین پایین‌تر، تأمین گلوکز وابسته به مسیر گلوکونئوز، لاکتوز موجود در شیر به‌عنوان پیش‌ساز تولید گلوکز و جذب مستقیم گلوکز از روده و استفاده به‌عنوان منبع تأمین انرژی بدن است، اما با توسعه شکمبه و پایدارتر شدن ریزجانداران، تولید گلوکز از گلوکونئوز

در ۵۰ روزگی، تأثیر مکمل بر آلومین، گلوکز، کلسترول و بتاهییدروکسی بوتیرات معنی‌دار نبود ($P < 0.05$)، اما پروتئین تام، تری‌گلیسیرید و اوره به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار گرفتند ($P < 0.05$) پروتئین تام در سطوح ۰/۲۵ درصد و ۰/۵۰ درصد بالاترین (به‌ترتیب ۷/۴۰ و ۷/۳۴) و در شاهد کمترین مقدار (۷/۱۴) را داشت. تری‌گلیسیرید نیز در سطوح ۰/۲۵ درصد و ۰/۵۰ درصد بیشترین مقدار (به‌ترتیب ۳۵/۰۰ و ۳۰/۹۳) و در شاهد کمترین مقدار (۲۵/۸۶) را نشان داد. از نظر اوره نیز بیشترین مقدار در شاهد و سطح ۰/۲۵ درصد (به‌ترتیب ۳۳/۲۹ و ۲۳/۹۳) و کمترین مقدار در سطح ۰/۵۰ درصد (۲۰/۷۹) مشاهده شد، درحالی‌که بتاهییدروکسی بوتیرات (با وجود عدم معنی‌داری آماری) کمترین مقدار را در سطح ۰/۵۰ درصد به خود اختصاص داد. این نتایج حاکی از آن است که اثرات سدیم بوتیرات محافظت شده به دوز مصرفی و مدت زمان استفاده وابسته است و سطوح بالاتر (۰/۰۵ درصد) در بهبود شاخص‌های متابولیک مانند پروتئین تام در تحقیق حاضر مؤثرتر عمل کرده است.

تغذیه گوساله‌ها با سدیم بوتیرات باعث افزایش بوتیریک اسید در شکمبه و فعال شدن مسیر کتوژنز می‌شود. رایس و همکاران (Rice et al., 2019) گزارش کردند که این امر منجر به افزایش بتاهییدروکسی بوتیرات خون و کاهش غلظت گلوکز خون می‌گردد. کاتو و همکاران (Kato et al., 2011) نیز کاهش گلوکز خون را با مکمل بوتیرات تأیید کردند. با این وجود، گزارش شده است که اثر متقابل مصرف علوفه و سدیم بوتیرات بر گلوکز معنی‌دار نشده است و گزارش کردند که گوساله‌های دریافت‌کننده سدیم بوتیرات، بیشترین غلظت گلوکز پلاسما را داشتند (Ślusarczyk et al., 2010) که با نتایج مطالعه حاضر هم‌خوانی ندارد.

تغذیه با سدیم بوتیرات، نسبت اسیدهای چرب فرار شکمبه را تغییر داده و به‌ویژه پروپیونات (پیش‌ساز اصلی گلوکز) را کاهش

پارامترهای تنش اکسیداتیو گوساله‌های شیرخوار (۲۵ و ۵۰ روزگی)

نتایج موجود در **جدول ۴** نشان می‌دهد که اثر سطوح متفاوت مکمل سدیم بوتیرات محافظت شده بر آنزیم آسپارات آمینوترانسفراز، آلانین آمینوترانسفراز و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی سرم خون در روز ۵۰ دوره پرورش معنی‌دار نبود ($P > 0.05$). همچنین نتایج موجود در جدول ۳ نشان می‌دهد که اثر سطوح متفاوت مکمل سدیم بوتیرات محافظت شده بر مالون‌دی‌آلدئید در روز ۵۰ دوره معنی‌دار شد ($P < 0.05$). همان گونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، بیشترین سطح مالون‌دی‌آلدئید سرم خون در شاهد و سطح ۰/۲۵ درصد (به ترتیب ۲/۰۷ و ۲/۲۶) و کمترین سطح مالون‌دی‌آلدئید سرم خون در سطح ۰/۵۰ درصد سدیم بوتیرات محافظت شده (۱/۹۱) در روز ۵۰ دوره پرورش مشاهده شد.

نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که اثر سطوح متفاوت مکمل سدیم بوتیرات محافظت شده بر آنزیم آسپارات آمینوترانسفراز، آلانین آمینوترانسفراز و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی سرم خون در روز ۵۰ دوره پرورش معنی‌دار نبود. همچنین نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که اثر سطوح متفاوت مکمل سدیم بوتیرات محافظت شده بر مالون‌دی‌آلدئید در روز ۵۰ دوره معنی‌دار بود. همان گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، بیشترین سطح مالون‌دی‌آلدئید سرم خون در شاهد و سطح ۰/۲۵ درصد و کمترین سطح مالون‌دی‌آلدئید سرم خون نیز در سطح ۰/۵۰ درصد سدیم بوتیرات محافظت شده در روز ۵۰ دوره پرورش به دست آمد.

نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که در روز ۲۵ دوره آزمایش، سطوح مختلف مکمل سدیم بوتیرات محافظت شده، اثر معنی‌داری بر آنزیم آلانین آمینوترانسفراز سرم خون نداشت، اما اثر معنی‌داری بر آنزیم آسپارات آمینوترانسفراز، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و مالون‌دی‌آلدئید سرم خون داشت. بیشترین میزان آنزیم آسپارات آمینوترانسفراز در سطح ۰/۲۵ درصد و ۰/۵۰ درصد سدیم بوتیرات و کمترین میزان آن در شاهد مشاهده شد. بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در شاهد و سطح ۰/۵۰ درصد و کمترین میزان آن در سطح ۰/۲۵ درصد سدیم بوتیرات مشاهده شد. بیشترین سطح مالون‌دی‌آلدئید در شاهد و سطح ۰/۲۵ درصد و کمترین سطح آن در سطح ۰/۵۰ درصد سدیم بوتیرات مشاهده گردید.

افزایش سطح آسپارات آمینو ترانسفراز در گوساله‌های تغذیه شده با سدیم بوتیرات در ۲۵ روزگی احتمالاً ناشی از تأثیر این ترکیب بر متابولیسم کبدی یا یکپارچگی غشاء سلولی هپاتوسیت‌ها است. سدیم بوتیرات ممکن است که با تحریک فعالیت متابولیک یا ایجاد تنش اکسیداتیو خفیف موجب نشت آسپارات آمینو ترانسفراز از سلول‌های کبدی یا عضلانی به گردش خون شود. همچنین تغییرات میکروبیوم روده و جذب احتمالی متابولیت‌های باکتریایی نیز می‌تواند در این افزایش نقش داشته باشد (Bilgeçli & Yılmaz, 2024).

کاهش می‌یابد که باعث کاهش گلوکز در سن ۲۵ روزگی می‌گردد. با کاهش گلوکز خون، آلبومین نیز کاهش می‌یابد و گوساله‌ها برای تأمین گلوکز، اسیدهای آمینه را در مسیر گلوکونئوژنز می‌شکنند (Rice et al., 2019) در همین راستا، ساواری و گولیوتین (Guilloteau et al., 2010) گزارش کردند که اسید بوتیریک در جیره آغازین گوساله‌ها، پروتئین کل و آلبومین خون را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد که با نتایج این آزمایش در رابطه با آلبومین همخوانی نداشت. نیتروژن اوره‌ای خون (BUN^1) حاصل سم‌زدایی آمونیاک در کبد است. به‌ازای هر مولکول آمونیاک سم‌زدایی شده، یک سوم از طریق ادرار دفع و دو سوم دیگر از طریق مسیر بزاق-خون-شکمبه به گردش درمی‌آید. شکمبه به‌عنوان یک مخزن تخمیر، نقش مهمی در تغییر غلظت اوره خون دارد، زیرا محل اصلی تولید آمونیاک در بدن حیوان است. این آمونیاک می‌تواند به‌عنوان منبع نیتروژن توسط باکتری‌های شکمبه مورد استفاده قرار گیرد. در مطالعه حاضر، با افزایش سن و تکمیل فلور میکروبی شکمبه، توانایی استفاده از آمونیاک به‌عنوان منبع نیتروژن توسعه یافته و باعث کاهش انتشار آمونیاک به خون و متعاقباً آن کاهش اوره خون گردید. این اثر، به‌ویژه با افزایش سطح مکمل سدیم بوتیرات محافظت شده مشاهده شده است. دلیل این امر آن است که سدیم بوتیرات باعث افزایش و تحریک رشد پایلای شکمبه شده و توسعه فلور میکروبی حیوان را سرعت می‌بخشد، در نتیجه آمونیاک کمتری وارد خون شده و نیتروژن اوره‌ای خون کاهش می‌یابد. اگرچه بوتیرات پوشش‌دار عمده‌تاً برای رهایش در روده طراحی شده، اما به‌صورت غیرمستقیم رشد پایلای شکمبه را نیز تحریک می‌کند. بخشی از بوتیرات جذب شده از روده وارد گردش خون شده و به شکمبه می‌رسد، که به‌عنوان منبع انرژی برای سلول‌های پوششی شکمبه عمل می‌کند. همچنین بوتیرات با تحریک ترشح فاکتورهای رشد مانند IGF-1 و بهبود سلامت کلی دستگاه گوارش، توسعه پایلای شکمبه را تسهیل می‌نماید. این سازوکارها باعث می‌شوند که بوتیرات محافظت شده، علی‌رغم هدف‌گیری اصلی در روده، تأثیر مثبتی بر رشد و تکامل شکمبه نیز داشته باشد.

کاهش BHBA علی‌رغم مصرف ۰/۲۵ درصد بوتیرات محافظت شده، احتمالاً نشان‌دهنده آن است که سلول‌های کبدی گوساله‌های جوان به‌جای کتوژنز، بوتیرات را به‌طور کامل برای تولید انرژی اکسید می‌کنند. همچنین، چون دیواره شکمبه گوساله‌های جوان هنوز کامل رشد نکرده، مواد مغذی مثل بوتیرات به‌خوبی از آن جذب نمی‌شوند.

جدول ۳- اثر سطوح متفاوت مکمل سدیم بوتیرات محافظت شده بر متابولیت های خونی گوساله های شیرخوار در سن ۲۵ و ۵۰ روزگی

Table 3- Effect of different levels of protected sodium butyrate supplementation on blood metabolites of dairy calves at 25 and 50 d

گروه های آزمایشی Treatment	شاهد ^۱ Control	۰/۲۵ درصد سدیم بوتیرات ^۲ 0.25 % sodium butyrate	۰/۵۰ درصد سدیم بوتیرات ^۲ 0.50 % sodium butyrate	خطای استاندارد میانگین SEM*	سطح معنی داری P-value**
پروتئین تام (گرم/دسی لیتر) Total protein (g/dL)					
۲۵ روزگی	25 days	7.01	6.76	6.94	0.133
۵۰ روزگی	50 days	7.14 ^b	7.40 ^a	7.34 ^{ab}	0.112
آلبومین (گرم/دسی لیتر) Albumin (g/dL)					
۲۵ روزگی	25 days	3.44 ^a	3.34 ^b	3.44 ^a	0.043
۵۰ روزگی	50 days	3.44	3.35	3.43	0.061
گلوکز (میلی گرم/دسی لیتر) Glucose (mg/dL)					
۲۵ روزگی	25 days	122.4 ^a	151.1 ^a	106.2 ^b	6.271
۵۰ روزگی	50 days	85.07	86.71	86.79	3.200
کلسترول (میلی گرم/دسی لیتر) Cholesterol (mg/dL)					
۲۵ روزگی	25 days	101.93	99.711	97.14	4.472
۵۰ روزگی	50 days	103.57	102.29	99.57	5.830
تری گلیسیرید (میلی گرم/دسی لیتر) Triglycerides (mg/dL)					
۲۵ روزگی	25 days	18.21 ^b	17.93 ^b	23.29 ^a	1.745
۵۰ روزگی	50 days	25.86 ^b	35.00 ^a	30.93 ^{ab}	3.146
بتا هیدروکسی بوتیرات (Mmol/L) BHBA (Mmol/L)					
۲۵ روزگی	25 days	0.111 ^a	0.097 ^b	0.114 ^a	0.006
۵۰ روزگی	50 days	0.11	0.12	0.13	0.011
نیتروژن اوردهای خون (میلی گرم/دسی لیتر) BUN (mg/dL)					
۲۵ روزگی	25 days	13.55	12.42	11.32	0.811
۵۰ روزگی	50 days	15.55	11.18	9.71	2.472

^۱ شاهد (جیره پایه): جیره استارتر بدون افزودنی، ^۲ جیره پایه حاوی ۰/۲۵ درصد سدیم بوتیرات محافظت شده، ^۳ جیره پایه حاوی ۰/۵۰ درصد سدیم بوتیرات محافظت شده، *:

خطای معیار میانگین، **: سطح معنی داری

^۱ Control treatment (basal diet): Starter diet without additives, ^۲ Basal diets containing 0.25% of protected sodium butyrate, ^۳ Basal diets containing 0.5% of feed protected sodium butyrate, *: Standard error of the mean, **: Significance level

تفاوت در غلظت تری گلیسرید در خون گوساله ها است (Stewart et al., 1978). چنانچه مشاهده می شود، سطح تری گلیسرید خون در تیمار ۰/۵۰ درصد سدیم بوتیرات محافظت شده بالاترین مقدار است که این خود می تواند نشان دهنده التهاب باشد. مقالات تحقیقاتی رابطه بین چربی رژیم غذایی، لیپیدهای خون و عملکرد کبد در گوساله ها را مورد بررسی قرار داده اند. استوارت و همکاران (Stewart et al., 1978) دریافتند که منابع مختلف تری گلیسرید موجود در شیر بر

در انتهای دوره آزمایشی (روز ۵۰)، سطوح مختلف سدیم بوتیرات محافظت شده، اثر معنی داری بر آنزیم های آسپارات آمینوترانسفراز و آلانین آمینوترانسفراز و همچنین ظرفیت آنتی اکسیدانی سرم خون نداشت، اما اثر معنی داری بر مالون دی آلدئید داشت. مشابه روز ۲۵، بیشترین سطح مالون دی آلدئید در شاهد و سطح ۰/۲۵ درصد و کمترین سطح آن در سطح ۰/۵۰ درصد سدیم بوتیرات مشاهده شد. احتمالاً دلیل تغییر غلظت آنزیم های کبدی در روز ۲۵ دوره آزمایش

داشته باشد. همچنین این وضعیت می تواند ناشی از تغییرات در تولید گونه های فعال اکسیژن یا اختلال در عملکردهای سلولی باشد که بر تعادل اکسیدانی-آنتی اکسیدانی تأثیر می گذارد (Soleimani et al., 2008).

صفات اسکلتی گوساله های شیرخوار در ۵۰ روزگی

نتایج جدول ۵ نشان می دهد که اثر سطوح متفاوت مکمل سدیم بوتیرات محافظت شده بر طول بدن و ارتفاع هیپ در گوساله های شیرخوار در انتهای دوره از شیرگیری معنی دار شد. همچنین اثر سطوح متفاوت مکمل سدیم بوتیرات محافظت شده بر دور سینه، ارتفاع جدوگاه و عرض پین و عرض هیپ در گوساله های شیرخوار در انتهای دوره از شیرگیری معنی دار نشد.

بهبود فاکتورهای اسکلتی مانند طول بدن و ارتفاع هیپ در گوساله های شیرخوار می تواند تحت تأثیر عوامل مختلفی باشد که به تغذیه، ژنتیک، مدیریت پرورش و شرایط محیطی مرتبط هستند. تغذیه مناسب و متوازن سبب افزایش مصرف مواد مغذی می شود همچنین جیره غذایی سرشار از پروتئین، انرژی، مواد معدنی (کلسیم، فسفر و منیزیم) و ویتامین ها (A، D و E) می تواند به رشد اسکلتی بهتر کمک کند (Agakhani et al., 2022).

یکی از دلایل احتمالی دیگر می تواند مصرف کافی شیر و جایگزین های شیری باشد، که وجود مقدار کافی لاکتوز و چربی در شیر باعث رشد مطلوب و افزایش طول بدن می شود. استفاده از مکمل های سدیم بوتیرات، پروبیوتیک ها، پری بیوتیک ها و اسیدهای آمینه ضروری مانند لیزین و متیونین می توانند رشد استخوانی را تحریک کنند.

سطح کلسترول خون تأثیر می گذارد (Mentschel et al., 2001). اگرچه افزایش تری گلیسرید معمولاً با بروز التهاب و افزایش شاخص های پراکسیداسیون لیپیدی مانند مالون دی آلدئید همراه است، اما مقدار این ترکیب می تواند تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله نوع اسیدهای چرب مصرفی، سطح آنتی اکسیدان ها (به ویژه در تیمار ۰/۵۰ درصد که بیشترین میزان آنتی اکسیدان مشاهده شد)، زمان نمونه گیری و شرایط متابولیکی قرار گیرد. بنابراین، پایین بودن سطح مالون دی آلدئید در تیمار با تری گلیسرید بالا الزاماً نشانه تناقض نیست و ممکن است که به دلیل حضور مقادیر بالای آنتی اکسیدان یا نوع چربی مصرفی باشد. برای تفسیر دقیق تر این نتایج، باید ترکیب جیره و شرایط آزمایش به طور جامع تر بررسی شود تا ارتباط میان این شاخص ها به درستی مشخص گردد.

اندازه گیری مالون دی آلدئید (¹MDA)، گلو تاتیون احیا (²GSH) و ظرفیت آنتی اکسیدانی تام از مهم ترین ابزارهای بررسی شرایط تنش اکسیداتیو می باشد (Castillo et al., 2005).

کاهش مالون دی آلدئید در سطح ۰/۵۰ درصد سدیم بوتیرات در مقابل سطح ۰/۲۵ و شاهد ممکن است که به دلیل افزایش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی کبدی (گلو تاتیون پراکسیداز، کاتالاز و سوپراکسید دسموتاز) و مهار التهاب توسط سدیم بوتیرات در غلظت ۰/۵۰ درصد باشد. در غلظت پایین تر، این فعال سازی ممکن است ناکافی باشد و تنش اکسیداتیو بدون دفاع کافی باقی بماند.

در پاسخ به کاهش سطح گلوکز خون گوساله ها در سن ۲۵ روزگی می توان گفت که اسیدهای چرب غیراشباع از ذخایر چربی بدن آزاد شده در نتیجه این ترکیبات به وسیله کبد گرفته شده، یا به طور کامل اکسید شده و تولید انرژی می کنند و یا دچار اکسیداسیون نسبی شده که در اثر آن اجسام کتونی تولید می شوند و در این شرایط، بدن حیوان جهت برون رفت از حالت تنش ایجاد شده واکنش نشان داده و آنزیم های آنتی اکسیدانی کبد فعال شده و سبب حفظ شرایط طبیعی بدن گردد، کاهش سطح مالون دی آلدئید سرم خون گوساله ها در سطح ۰/۵۰ درصد سدیم بوتیرات محافظت شده در آزمایش حاضر بیانگر حفظ حالت طبیعی بدن، کاهش سطح پراکسیداسیون های لیپیدی و کاهش التهاب در بدن گوساله ها می باشد.

افزایش همزمان فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی و سطح مالون دی آلدئید در روز ۲۵ می تواند نشان دهنده یک وضعیت پیچیده متابولیکی باشد. این پدیده احتمالاً بازتابی از یک پاسخ تطابقی سیستم آنتی اکسیدانی بدن به تنش اکسیداتیو قبلی است که منجر به تجمع مالون دی آلدئید شده است. ممکن است که یک تأخیر زمانی بین شروع تنش اکسیداتیو و فعال شدن کامل سیستم دفاعی وجود

جدول ۴- اثر سطوح متفاوت مکمل سدیم بوتیرات محافظت شده بر فراسنجه‌های تنش اکسیداتیو گوساله‌های شیرخوار در سن ۲۵ و ۵۰ روزگی

Table 4- Effect of different levels of protected sodium butyrate supplementation on oxidative stress parameters of newborn calves at 25 and 50 d

گروه‌های آزمایشی Treatment	شاهد Control	۰/۲۵ درصد سدیم بوتیرات 0.25 % sodium butyrate	۰/۵۰ درصد سدیم بوتیرات 0.50 % sodium butyrate	خطای استاندارد میانگین SEM*	سطح معنی داری P-value**
آسپاراتات آمینوترانسفراز AST(U/L)					
۲۵ روزگی	25 days	51.14 ^b	59.50 ^a	3.53	0.021
۵۰ روزگی	50 days	68.79	69.86	5.85	0.535
آلانین آمینوترانسفراز ALT (U/L)					
۲۵ روزگی	25 days	13.29	13.79	1.19	0.884
۵۰ روزگی	50 days	18.14	19.00	1.75	0.163
آنتی‌اکسیدان Antioxidant (mmol/L)					
۲۵ روزگی	25 days	0.50 ^{ab}	0.49 ^b	0.23	0.032
۵۰ روزگی	50 days	0.50	0.51	0.39	0.716
مالون‌دی‌آلدئید MDA(Nmol/L)					
۲۵ روزگی	25 days	2.49 ^a	2.21 ^{ab}	0.20	0.040
۵۰ روزگی	50 days	2.07 ^{ab}	2.26 ^a	0.16	0.043

^۱ شاهد (جیره پایه): جیره استارتر بدون افزودنی، ^۲ جیره پایه حاوی ۰/۲۵ درصد سدیم بوتیرات محافظت شده، ^۳ جیره پایه حاوی ۰/۵۰ درصد سدیم بوتیرات محافظت شده، *:

خطای معیار میانگین، **: سطح معنی داری

¹ Control treatment (basal diet): Starter diet without additives, ² Basal diets containing 0.25% of protected sodium butyrate, ³ Basal diets containing 0.5% of feed protected sodium butyrate, *: Standard error of the mean, **: Significance level

درصد سدیم بوتیرات محافظت شده منجر به افزایش معنی دار غلظت بتا-هیدروکسی بوتیرات سرم خون در سن ۲۵ روزگی شد. در سن ۵۰ روزگی، این تیمار باعث افزایش معنی دار پروتئین تام و تری گلیسیرید سرم خون همراه با کاهش قابل توجه اوره سرم گردید. فعالیت آنزیم آسپاراتات آمینوترانسفراز در سن ۲۵ روزگی در سطح ۰/۲۵ درصد سدیم بوتیرات محافظت شده به طور معنی داری افزایش یافت. همچنین در همین سن، ظرفیت آنتی اکسیدانی تام در گروه دریافت کننده ۰/۵۰ درصد سدیم بوتیرات نسبت به گروه ۰/۲۵ درصد به شکل چشمگیری بیشتر بود، درحالی که سطح مالون‌دی‌آلدئید به عنوان شاخص پراکسیداسیون لیپیدی، در بالاترین سطح بوتیرات (۰/۵ درصد) کمترین مقدار را نشان داد. این یافته‌ها حاکی از آن است که سدیم بوتیرات محافظت شده نه تنها بر متابولیسم انرژی (از طریق افزایش بتا-هیدروکسی بوتیرات) تأثیرگذار است، بلکه با بهبود شاخص‌های خونی مانند پروتئین تام و کاهش تنش اکسیداتیو کاهش مالون‌دی‌آلدئید و افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی تام نقش محافظتی در سلامت کبد ایفا می‌کند. با توجه به کاهش اوره خون که نشان‌دهنده بهینه‌سازی استفاده از نیتروژن است و بهبود پروفایل آنتی اکسیدانی، استفاده از مکمل سدیم بوتیرات محافظت شده به‌ویژه در سطح ۰/۵

عملکرد هورمونی و متابولیسمی مانند هورمون رشد (GH)^۱ و IGF-1^۲ نقش مهمی در رشد استخوانی دارند که مقدار آن‌ها تحت تأثیر تغذیه، سلامت گوساله و میزان دریافت انرژی است. تأثیر اسیدهای چرب فرار (VFA)^۳ مانند بوتیرات و پروپیونات می‌توانند رشد پرزهای روده‌ای را بهبود داده و جذب مواد مغذی را افزایش دهند که منجر به افزایش رشد طولی بدن می‌شود. در نهایت، احتمالاً افزودن سدیم بوتیرات محافظت شده به جیره گوساله‌های شیرخوار باعث افزایش رشد استخوانی و در نتیجه افزایش طول بدن شود. این اثر می‌تواند به دلیل بهبود قابلیت هضم مواد مغذی، کاهش التهاب‌های روده‌ای و افزایش ترشح هورمون‌های رشد باشد (Seifdavati et al., 2019).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که تغذیه گوساله‌ها با سطح ۰/۵۰

- 1- Growth Hormone
- 2- Insulin-like Growth Factor 1
- 3- Short-chain fatty acids

درصد، به عنوان راهکاری مؤثر برای ارتقاء سلامت متابولیک و کاهش آسیب های اکسیداتیو در گوساله ها قابل توصیه است.

جدول ۵- اثر سطوح متفاوت مکمل سدیم بوتیرات محافظت شده بر صفات اسکلتی گوساله های شیرخوار تازه متولد شده در انتهای دوره (۵۰ روزگی)

Table 5- The effect of different levels of protected sodium butyrate supplementation on the skeletal characteristics of dairy calves at the end of the period (50 d)

گروه های آزمایشی Treatment	شاهد ۱ Control	۰/۲۵ درصد سدیم بوتیرات ۲ 0.25 % sodium butyrate	۰/۵۰ درصد سدیم بوتیرات ۳ 0.50 % sodium butyrate	خطای استاندارد میانگین SEM*	سطح معنی داری P-value**
طول بدن (سانتی متر) Body length (cm)	70.64 ^b	76.57 ^a	70.00 ^b	0.95	0.0001
دور سینه (سانتی متر) Chest girth (cm)	102.14	104.21	102.86	0.97	0.323
ارتفاع هیپ (سانتی متر) Hip height (cm)	99.79 ^b	102.14 ^a	100.71 ^{ab}	0.76	0.050
ارتفاع جدوگاه (سانتی متر) Wither height (cm)	96.86	97.86	96.50	0.74	0.415
عرض هیپ (سانتی متر) Hip width (cm)	24.54	25.39	24.39	0.38	0.157
عرض پین (سانتی متر) Pin width (cm)	29.25	30.07	29.61	0.29	0.158

^۱ شاهد (جیره پایه): جیره استارتر بدون افزودنی، ^۲ جیره پایه حاوی ۰/۲۵ درصد سدیم بوتیرات محافظت شده، ^۳ جیره پایه حاوی ۰/۵۰ درصد سدیم بوتیرات محافظت شده، *:

خطای معیار میانگین، **: سطح معنی داری

¹. Control treatment (basal diet): Starter diet without additives, ² Basal diets containing 0.25% of protected sodium butyrate, ³ Basal diets containing 0.5% of feed protected sodium butyrate, *: Standard error of the mean, **: Significance level

تشکر و قدردانی خود را از شرکت صنایع دامپروری و لبنی آستان
قدس رضوی که در انجام هرچه بهتر این طرح ما را یاری رساندند به
عمل آورند.

سپاسگزاری

بدینوسیله نویسندگان این طرح بر خود لازم می دانند که مراتب

References

- Agakhani, M., Shahraki, F., Davar, A., Tabatabaei, S. N., Toghiani, M., & Rafiei, H. (2022). The effect of maternal factors on growth, skeletal growth indices and total serum protein of suckling Holstein calves. *Journal of Research in Ruminants*, 9(4), 49-64. <https://doi.org/10.22069/ejrr.2021.19466.1807> (In Persian).
- Bajpai, A. K., Shukla, S. K., Bhanu, S., & Kankane, S. (2008). Responsive polymers in controlled drug delivery. *Progress in Polymer Science*, 33(11), 1088-1118. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2008.07.005>
- Bergman, E. N. (1990). Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. *Physiological Reviews*, 70(2), 567-590. <https://doi.org/10.1152/physrev.1990.70.2.567>
- Bilgeçli, K., & Yılmaz, A. (2024). The effects of supplementation of milk with sodium butyrate on calf performance, some blood parameters and fecal *Escherichia coli* (*E. coli*) presence1. *Livestock Studies*, 64(2), 73-82. <http://doi.org/10.46897/livestockstudies.1610636>
- Burakowska, K., Przybyło, M., Penner, G. B., & Górka, P. (2017). Evaluating the effect of protein source and micro-encapsulated sodium butyrate in starter mixtures on gastrointestinal tract development of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 100(347), 7.
- Castillo, C., Hernandez, J., Bravo, A., Lopez-Alonso, M., Pereira, V., & Bedito, J. L. (2005). Oxidative status during late pregnancy and early lactation in dairy cows. *The Veterinary Journal*, 169(2), 286-292. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2004.02.001>
- Didarkhah, M., & Vatandoost, M. (2020). The effect of probiotic and prebiotic supplements on growth performance, blood parameters and skeletal growth of Baluchi male lambs. *Iranian Journal of Animal*

- Science Research, 12(4), 411-422. (in Persian with English abstract) <https://doi.org/10.22067/ijasr.v12i4.75166>
8. Górka, P., Kowalski, Z. M., Pietrzak, P., Kotunia, A., Jagusiak, W., & Zabielski, R. (2011). Is rumen development in newborn calves affected by different liquid feeds and small intestine development? *Journal of Dairy Science*, 94(6), 3002-3013. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3499>
9. Górka, P., Kowalski, Z. M., Pietrzak, P., Kotunia, A., Jagusiak, W., Holst, J. J., & Zabielski, R. (2011). Effect of method of delivery of sodium butyrate on rumen development in newborn calves. *Journal of Dairy Science*, 94(11), 5578-5588. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4166>
10. Górka, P., Kowalski, Z. M., Zabielski, R., & Guilloteau, P. (2018). Invited review: Use of butyrate to promote gastrointestinal tract development in calves. *Journal of Dairy Science*, 101(6), 4785-4800. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14086>
11. Górka, P., Pietrzak, P., Kotunia, A., Zabielski, R., & Kowalski, Z. M. (2014). Effect of method of delivery of sodium butyrate on maturation of the small intestine in newborn calves. *Journal of Dairy Science*, 97(2), 1026-1035. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7251>
12. Greenwood, R. H., Morrill, J. L., & Titgemeyer, E. C. (1997). Using dry feed intake as a percentage of initial body weight as a weaning criterion. *Journal of Dairy Science*, 80(10), 2542-2546. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76208-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76208-8)
13. Guilloteau, P., Martin, L., Eeckhaut, V., Ducatelle, R., Zabielski, R., & Van Immerseel, F. (2010). From the gut to the peripheral tissues: the multiple effects of butyrate. *Nutrition Research Reviews*, 23(2), 366-384. <https://doi.org/10.1017/s0954422410000247>
14. Guilloteau, P., Savary, G., Jaguelin-Peyrault, Y., Romé, V., Le Normand, L., & Zabielski, R. (2010). Dietary sodium butyrate supplementation increases digestibility and pancreatic secretion in young milk-fed calves. *Journal of Dairy Science*, 93(12), 5842-5850. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2751>
15. Guilloteau, P., Savary, G., Jaguelin-Peyrault, Y., Romé, V., Le Normand, L., & Zabielski, R. (2010). Dietary sodium butyrate supplementation increases digestibility and pancreatic secretion in young milk-fed calves. *Journal of Dairy Science*, 93(12), 5842-5850. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2751>
16. Guilloteau, P., Zabielski, R., & Blum, J. W. (2009). Gastrointestinal tract and digestion in the young ruminant: ontogenesis, adaptations, consequences and manipulations. *Journal of Physiology and Pharmacology*, 60(Suppl 3), 37-46. PMID: 19996480
17. Guilloteau, P., Zabielski, R., David, J. C., Blum, J. W., Morisset, J. A., Biernat, M., Woliński, J., Laubitz, D. and Hamon, Y. (2009). Sodium-butyrate as a growth promoter in milk replacer formula for young calves. *Journal of Dairy Science*, 92(3), 1038-1049. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1213>
18. He, M., Zou, Z., Zhu, W., Li, H., Liang, T., Liu, L., & Su, J. (2025). Dietary supplementation with encapsulated or non-encapsulated sodium butyrate enhances growth, antioxidant defense, immunity, and gut health in largemouth bass (*Micropterus salmoides*). *Microorganisms*, 13(7), 1594.
19. Heinrichs, A. J., & Jones, C. M. (2003). Feeding the Newborn Dairy Calf. PennState, College of Agricultural Sciences, Agricultural Research and Cooperative Extension.
20. Heinrichs, A. J., & Lesmeister, K. E. (2005). Rumen Development in the Dairy Calf. P. 53-65.
21. Hill, T. M., Aldrich, J. M., Schlotterbeck, R. L., & Bateman II, H. G. (2007). Amino acids, fatty acids, and fat sources for calf milk replacers. *The Professional Animal Scientist*, 23(4), 401-408. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30995-5](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30995-5)
22. Hill, T. M., Aldrich, J. M., Schlotterbeck, R. L., & Bateman II, H. G. (2007). Effects of changing the fat and fatty acid composition of milk replacers fed to neonatal calves. *The Professional Animal Scientist*, 23(2), 135-143. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30953-0](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30953-0)
23. Hill, T. M., Bateman II, H. G., Aldrich, J. M., & Schlotterbeck, R. L. (2011). Effect of various fatty acids on dairy calf performance. *The Professional Animal Scientist*, 27(3), 167-175. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30470-8](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30470-8)
24. Hill, T. M., Bateman II, H. G., Aldrich, J. M., & Schlotterbeck, R. L. (2009). Roughage for diets fed to weaned dairy calves. *The Professional Animal Scientist*, 25(3), 283-288. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30719-1](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30719-1)
25. Hill, T. M., Bateman II, H. G., Aldrich, J. M., & Schlotterbeck, R. L. (2010). Effect of milk replacer program on digestion of nutrients in dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 93(3), 1105-1115. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2458>
26. Hill, T. M., Quigley, J. D., Suarez-Mena, F. X., Bateman II, H. G., & Schlotterbeck, R. L. (2016). Effect

- of milk replacer feeding rate and functional fatty acids on dairy calf performance and digestion of nutrients. *Journal of Dairy Science*, 99(8), 6352-6361. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10812>
27. Kato, S. I., Sato, K., Chida, H., Roh, S. G., Ohwada, S., Sato, S., & Katoh, K. (2011). Effects of Na-butyrate supplementation in milk formula on plasma concentrations of GH and insulin, and on rumen papilla development in calves. *Journal of Endocrinology*, 211(3), 241. <https://doi.org/10.1530/joe-11-0299>
28. Khan, M. A., Bach, A., Weary, D. M., & Von Keyserlingk, M. A. G. (2016). Invited review: Transitioning from milk to solid feed in dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, 99(2), 885-902. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9975>
29. Klein, R. D., Kincaid, R. L., Hodgson, A. S., Harrison, J. H., Hillers, J. K., & Cronrath, J. D. (1987). Dietary fiber and early weaning on growth and rumen development of calves. *Journal of Dairy Science*, 70(10), 2095-2104. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(87\)80259-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(87)80259-X)
30. Kotunia, A., Wolinski, J., Laubitz, D., Jurkowska, M., Rome, V., Guilloteau, P., & Zabielski, R. (2004). Effect of sodium butyrate on the small intestine. *Journal of Physiology and Pharmacology*, 55(2), 59-68.
31. Kowalski, Z. M., Górka, P., Flaga, J., Barteczko, A., Burakowska, K., Oprządek, J., & Zabielski, R. (2015). Effect of microencapsulated sodium butyrate in the close-up diet on performance of dairy cows in the early lactation period. *Journal of Dairy Science*, 98(5), 3284-3291. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8688>
32. Le Gall, M., Gallois, M., Seve, B., Louveau, I., Holst, J. J., Oswald, I. P., & Guilloteau, P. (2009). Comparative effect of orally administered sodium butyrate before or after weaning on growth and several indices of gastrointestinal biology of piglets. *British Journal of Nutrition*, 102(9), 1285-1296. <https://doi.org/10.1017/s0007114509990213>
33. Leeson, S., Namkung, H., Antongiovanni, M., & Lee, E. H. (2005). Effect of butyric acid on the performance and carcass yield of broiler chickens. *Poultry Science*, 84(9), 1418-1422. <https://doi.org/10.1093/ps/84.9.1418>
34. Lesmeister, K. E., & Heinrichs, A. J. (2005). Effects of adding extra molasses to a texturized calf starter on rumen development, growth characteristics, and blood parameters in neonatal dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 88(1), 411-418. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72702-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72702-8)
35. Mallo, J. J., Balfagón, A., Gracia, M. I., Honrubia, P., & Puyalto, M. (2012). Evaluation of different protections of butyric acid aiming for release in the last part of the gastrointestinal tract of piglets. *Journal of Animal Science*, 90(suppl_4), 227-229. <https://doi.org/10.2527/jas.53959>
36. Mentschel, J., Leiser, R., Mülling, C., Pfarrer, C., & Claus, R. (2001). Butyric acid stimulates rumen mucosa development in the calf mainly by a reduction of apoptosis. *Archives of Animal Nutrition*, 55(2), 85-102. <https://doi.org/10.1080/17450390109386185>
37. Quigley III, J. D. (1996). Influence of weaning method on growth, intake, and selected blood metabolites in Jersey calves. *Journal of Dairy Science*, 79(12), 2255-2260. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(96\)76602-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(96)76602-X)
38. Quigley III, J. D., Boehms, S. I., Steen, T. M., & Heitmann, R. N. (1992). Effects of lasalocid on selected ruminal and blood metabolites in young calves. *Journal of Dairy Science*, 75(8), 2235-2241. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(92\)77984-3](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(92)77984-3)
39. Rice, E. M., Aragona, K. M., Moreland, S. C., & Erickson, P. S. (2019). Supplementation of sodium butyrate to postweaned heifer diets: Effects on growth performance, nutrient digestibility, and health. *Journal of Dairy Science*, 102(4), 3121-3130. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15525>
40. SAS, (2003). SAS Use's Guide Statistics. Version 9.1 Edition. SAS Inst., Cary, NC.
41. Seifdavati, J., Seifzadeh, S., & Ramezani, M. (2020). Effects of microencapsulated sodium butyrate on performance, blood metabolites and nutrient digestibility of suckling Holstein calves. *Animal Science Research*, 30(2), 73-83. (In Persian). <https://doi.org/10.22034/as.2020.11493>
42. Ślusarczyk, K., Strzetelski, J. A., & Furgal-Dierżuk, I. (2010). The effect of sodium butyrate on calf growth and serum level of β -hydroxybutyric acid. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 19(2010), 348-357. <http://dx.doi.org/10.22358/jafs/66298/2010>
43. Soleimani, H., Ranjbar, A., Baeeri, M., Mohammadirad, A., Khorasani, R., Yasa, N., & Abdollahi, M. (2008). Rat plasma oxidation status after *Nigella sativa* L. botanical treatment in CCL4-treated rats. *Toxicology Mechanisms and Methods*, 18(9), 725-731. doi: 10.1080/15376510802232233

44. Stewart, J. W., Wiggers, K. D., Jacobson, N. L., & Berger, P. J. (1978). Effect of various triglycerides on blood and tissue cholesterol of calves. *The Journal of Nutrition*, 108(4), 561-566. <https://doi.org/10.1093/jn/108.4.561>
45. Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Cornell University Press.
46. Vi, R. B., McLeod, K. R., Klotz, J. L., & Heitmann, R. N. (2004). Rumen development, intestinal growth and hepatic metabolism in the pre-and postweaning ruminant. *Journal of Dairy Science*, 87, E55-E65. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)70061-2](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)70061-2)
47. Wanat, P., Górka, P., & Kowalski, Z. M. (2015). Effect of inclusion rate of microencapsulated sodium butyrate in starter mixture for dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 98(4), 2682-2686. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8482>
48. Yang, T., Sun, Y., Dai, Z., Liu, J., Xiao, S., Liu, Y., Wang, X., Yang, S., Zhang, R., Yang, C. and Dai, B. (2023). Microencapsulated sodium butyrate alleviates immune injury and intestinal problems caused by *Clostridium perfringens* through gut microbiota. *Animals*, 13(24), 3784. <https://doi.org/10.3390/ani13243784>



Research Article

Vol. 17, No.3, 2025, p. 323-340

Comparison of Growth Performance, Intestinal Morphology and Microbial Population, and Blood Biochemical Parameters in Arian and Ross Broiler Chickens in Response to Commercial Probiotics

Seyyed Javad Hosseini-Vashan^{1*}, Kamran Bahrampour¹, Yaser Feizdar barabadi¹, Seyyed Morteza Veghar Seidin¹, Soheila Ebrahimi¹

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

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

How to cite this article:

Hosseini-Vashan, S. J., Bahrampour, K., Feizdarbarabadi, Y., Vegharseidin, S. M., & Ebrahimi, S. (2025). Comparison of growth performance, intestinal morphology and microbial population, and blood biochemical parameters in Arian and Ross broiler chickens in response to commercial probiotics. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 17(3), 323-340. (in Persian with English abstract)

<https://doi.org/10.22067/IJASR.2025.90466.1222>

Received: 27-10-2024

Revised: 20-05-2025

Accepted: 24-05-2025

Available Online: 05-10-2025

Introduction: Over the past 20 years, the poultry industry has expanded rapidly, with global chicken meat production projected to reach 455 million tons by 2050. Nevertheless, this industry faces numerous challenges, with the primary objective of optimizing production efficiency. One significant challenge is the selection of an appropriate broiler strain. Among the prominent strains available in the Iranian market is the Arian strain. Furthermore, due to increasing concerns regarding antimicrobial and antibiotic resistance, the use of commercial probiotics to enhance poultry health and safety has become increasingly common. Therefore, this study aimed to evaluate the effects of commercially available probiotics on growth performance indicators, blood parameters, intestinal morphology, and the bacterial population of the digestive tract in Arian strain broilers from two breeder farms in Dizbad, Babolsar.

Material and Methods: A total of 864 broiler chicks were used in a completely randomized design based on a 4×3 factorial arrangement, consisting of three types of chicks (Ross 308, Arian Dizbad, and Arian Babolsar) and four dietary treatments: a control diet with no additive, Lactofeed (200 g/ton of feed from days 1–21, then 100 g/ton until day 42), Primalac (900 g/ton in the starter phase, 450 g/ton in the grower phase, and 225 g/ton in the finisher phase), and Biosel (600 g/1000 L of drinking water for the first three days) probiotics. Performance indicators, including feed intake and weight gain, were measured at the end of each period, and the feed conversion ratio (FCR) was calculated. At the end of the experiment, blood samples were collected from the birds to measure blood parameters. To evaluate the microbial population and intestinal morphology, one bird from each replicate was randomly slaughtered, and the required samples were collected and sent to the laboratory.

Result and Discussion: The results indicated that during days 1–42, Arian Babolsar chicks exhibited the highest feed intake, which was significantly greater than Ross 308 but similar to Arian Dizbad. The probiotics Biosel and Lactofeed increased feed intake compared to Primalac and the non-supplemented group ($P < 0.05$). No significant differences were observed in daily weight gain between the Arian and Ross 308 strains. All probiotic-supplemented



©2025 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.

<https://doi.org/10.22067/IJASR.2025.90466.1222>

groups showed similar weight gains. The non-supplemented Ross 308 group had the lowest feed conversion ratio (best performance) and demonstrated significant superiority over some Arian groups (with/without probiotics). The use of Biosel probiotic increased blood albumin compared to the control group. The lowest concentrations of cholesterol and low-density lipoprotein (LDL) were observed in the Primalac probiotic group compared to the control and Lactofeed-treated groups. Lactofeed supplementation reduced plasma high-density lipoprotein (HDL) levels compared to the control and Primalac groups ($P < 0.05$). Ross 308 birds fed an unsupplemented diet exhibited higher serum alanine aminotransferase (ALT) levels than Arian Dizbad $\times$ Biosel and Arian Babolsar $\times$ Primalac treatments ($P < 0.05$). The greatest villus height and jejunal absorptive surface area were observed in Ross 308 birds fed a Primalac-supplemented diet ($P < 0.05$). The villus height-to-crypt depth ratio was higher in Arian Dizbad birds receiving Primalac compared to those receiving Lactofeed and the non-supplemented Ross 308 group ($P < 0.05$). The highest population of Lactobacillus was observed in Arian Dizbad birds fed Lactofeed, compared to unsupplemented Arian Dizbad and Babolsar groups, as well as Arian Babolsar receiving Biosel ($P < 0.05$). No significant interaction was found between strain and probiotic on coliform microbial counts ($P > 0.05$). Overall, this study demonstrated that Biosel and Lactofeed supplementation increased feed intake, but no significant differences in weight gain were observed among groups. Therefore, the Ross strain showed higher growth performance, followed by the Babolsar strain with higher growth performance. The probiotic supplement Primalac also improved blood indices and intestinal morphology.

Conclusion: Overall, this study demonstrated that Biosel and Lactofeed supplementation increased feed intake, but no significant differences in weight gain were observed among groups. Therefore, the Ross strain showed higher growth performance, followed by the Babolsar strain with higher growth performance. The probiotic supplement Primalac also improved blood indices and intestinal morphology.

Keywords: Arian, Feed conversion ratio, Intestine morphology, Probiotic, Ross 308.

مقایسه عملکرد رشد، ریخت‌شناسی و جمعیت میکروبی روده و فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون جوجه‌های گوشتی آرین و راس به پروبیوتیک‌های تجاری

سیدجواد حسینی واشان^{۱*}، کامران بهرامپور^۱، یاسر فیض دار برآبادی^۱، سید مرتضی وقار سیدین^۱، سهیلا ابراهیمی^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۰۳

چکیده

هدف از مطالعه حاضر، بررسی تأثیر پروبیوتیک‌های تجاری بیوسل، پریمالاک و لاکتوفید بر پاسخ عملکرد رشد، ریخت‌شناسی و جمعیت میکروبی روده و فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون در جوجه‌های گوشتی سویه آرین مزارع دیزباد و بابلسر و راس ۳۰۸ می‌باشد. از تعداد ۸۶۴ قطعه جوجه گوشتی در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل ۳×۴ شامل سه نوع سویه جوجه (راس ۳۰۸، آرین دیزباد و آرین بابلسر) و چهار نوع جیره شامل: بدون افزودنی و پروبیوتیک‌های لاکتوفید، پریمالاک و بیوسل با ۱۲ تیمار و چهار تکرار (۱۸ پرنده در هر تکرار) انجام شد. یافته‌ها نشان داد که در دوره ۱ تا ۴۲ روزگی، جوجه‌های آرین بابلسر بیشترین مصرف خوراک را داشتند که به‌طور معنی‌داری از راس ۳۰۸ بالاتر، اما مشابه آرین دیزباد بود. پروبیوتیک‌های بیوسل و لاکتوفید، مصرف خوراک را نسبت به پریمالاک و گروه بدون افزودنی افزایش دادند ($P < 0.05$). افزایش وزن روزانه بین سویه‌های آرین و راس ۳۰۸ تفاوت آماری نداشت. تمامی گروه‌های دریافت‌کننده پروبیوتیک، افزایش وزنی مشابه نشان دادند. راس ۳۰۸ بدون افزودنی، کمترین ضریب تبدیل خوراک (بهترین عملکرد) را داشت و نسبت به برخی گروه‌های آرین (با/بدون پروبیوتیک) پایین‌تر بود ($P < 0.05$). استفاده از پروبیوتیک بیوسل نسبت به شاهد، آلبومین خون را افزایش داد. کمترین غلظت کلسترول و لیپوپروتئین با چگالی کم در تیمار پروبیوتیک پریمالاک در مقایسه با تیمارهای شاهد و پروبیوتیک لاکتوفید مشاهده شد. پروبیوتیک لاکتوفید سبب کاهش سطح لیپوپروتئین با چگالی بالا در مقایسه با تیمارهای شاهد و پروبیوتیک پریمالاک گردید ($P < 0.05$). سویه راس که جیره فاقد افزودنی مصرف کرده بود، سطح بالاتری از آنزیم آلانین آمینوترانسفراز نسبت به تیمارهای آرین دیزباد × بیوسل و آرین بابلسر × پریمالاک نشان داد ($P < 0.05$). بیشترین ارتفاع پرز و سطح جذب پرز ژلنوم در سویه راس ۳۰۸ تغذیه‌شده با جیره حاوی پروبیوتیک پریمالاک مشاهده شد ($P < 0.05$). نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت در سویه آرین دیزباد و پروبیوتیک پریمالاک نسبت به سویه راس و پروبیوتیک لاکتوفید و تیمار سویه راس ۳۰۸ بدون افزودنی در جیره، بالاتر بود ($P < 0.05$). بیشترین جمعیت باکتری‌های لاکتوباسیل در پرنده‌گان سویه آرین دیزباد تغذیه‌شده با جیره حاوی پروبیوتیک لاکتوفید در مقایسه با آرین دیزباد و بابلسر بدون افزودنی و آرین بابلسر با جیره حاوی بیوسل مشاهده شد ($P < 0.05$). اثر متقابل سویه و پروبیوتیک بر جمعیت میکروبی کلی فرم اثر معنی‌داری نداشت، به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که افزودن پروبیوتیک بیوسل و لاکتوفید مصرف خوراک را افزایش دادند، اما افزایش وزن بین گروه‌ها تفاوت معنی‌داری نداشت. راس ۳۰۸ بدون افزودنی بهترین ضریب تبدیل خوراک را داشت. بنابراین سویه راس عملکرد رشد بهتر و در رتبه بعدی سویه بابلسر عملکرد رشد بالاتری نشان داد، مکمل پروبیوتیک پریمالاک نیز باعث بهبود شاخص‌های خونی و ریخت‌شناسی روده گردید.

واژه‌های کلیدی: آرین، ژلنوم، ضریب تبدیل خوراک، کلسترول، لاکتوباسیل

مقدمه

مرغ از سال ۱۹۹۷ تا ۲۰۲۰، افزایش ۵۵ درصدی داشته است و پیش بینی می‌شود که تا سال ۲۰۵۰، تولید گوشت مرغ به ۴۵۵ میلیون تن برسد (Alexandratos & Bruinsma, 2012). در این صنعت، چالش‌های زیادی وجود دارد که هدف اصلی آن بهینه‌سازی بهره‌وری تولید می‌باشد (Hafez & Attia, 2020). یکی از این چالش‌ها، انتخاب سویه مناسب جوجه گوشتی می‌باشد. از ابتدای سال ۱۴۰۳ تاکنون، بیشترین سهم جوجه‌های پرورشی کشور مربوط به سویه‌های راس (۵۱/۳۱ درصد)، آرین (۲۸/۸۴ درصد)، پلاس (۹/۸۸ درصد) و

صنعت طیور در طی ۲۰ سال گذشته با سرعت بسیار بالایی در حال گسترش بوده و توانسته است نیاز پروتئین جمعیت روزافزون جهانی را تأمین کند (Akhtar et al., 2024). تقاضا برای گوشت

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

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

<https://doi.org/10.22067/IJASR.2025.90466.1222>

عفونت‌ها تقویت کند (Gernat et al., 2021; Tellez-Isaias et al., 2021). علاوه بر این، پروبیوتیک‌ها می‌توانند سوخت‌وساز لیبیدها را تعدیل کنند و غلظت کلسترول سرم را از طریق جدا شدن نمک‌های صفراوی با هیدرولاز آنزیم نمک صفراوی کاهش دهند (Reis et al., 2017; Hussien et al., 2022). امروزه پروبیوتیک‌های متنوعی که از گونه‌های مختلف باکتری باسیلوس استفاده می‌کنند، در بازار موجود است. باکتری‌های باسیلوس به دلیل ویژگی‌های برجسته خود در تولید مواد ضد میکروبی مؤثر بر ریزجاندانان بیماری‌زا و همچنین توانایی بقاء در محیط‌های سخت، از جمله بهترین پروبیوتیک‌های کشف‌شده محسوب می‌شوند (Hong et al., 2005; Elleithy et al., 2023). عمده مطالعات و تحقیقات پیشین روی برخی سویه‌های پروبیوتیک باسیلوس مانند: *B. polymyxa*، *B. cereus*، *B. licheniformis*، *B. coagulans*، *subtilis*، *polymyxa* متمرکز بوده است (Amoah et al., 2021). این باکتری‌های پروبیوتیک با بهبود فلور میکروبی (Li et al., 2014; Tomczyk et al., 2024) و ریخت‌شناسی روده (Feng et al., 2023) موجب بهبود عملکرد، ضریب تبدیل خوراک (Bahrapour et al., 2020; Wang et al., 2021)؛ سیستم ایمنی (Guo et al., 2020)، گوارش و جذب مواد مغذی (Zaghari et al., 2020)، زنده‌مانی (Abdel-Moneim et al., 2020; Park et al., 2020) و شاخص کارایی تولید اروپایی (Abudabos et al., 2020) می‌شود. از این رو، هدف این پژوهش ارزیابی اثرات پروبیوتیک‌های تجاری موجود در بازار بر شاخص‌های عملکرد رشد، فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون، ریخت‌شناسی روده و جمعیت باکتریایی روده سویه‌های آراین دو مزرعه مرغ مادر دیزباد و بابلسر و سویه راس ۳۰۸ بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در بهمن‌ماه ۱۴۰۱ در سالن تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند انجام گردید. در این مطالعه، از ۲۸۸ قطعه جوجه گوشتی از سویه تجاری راس ۳۰۸ با میانگین وزن $1/28 \pm$ گرم، ۳۸/۱۹ گرم، ۲۸۸ قطعه جوجه گوشتی آراین تهیه‌شده از واحد مرغ مادر دیزباد با میانگین وزن $2/00 \pm$ گرم و ۴۰/۱۰ گرم و ۲۸۸ قطعه جوجه آراین تهیه‌شده از بابلسر با میانگین وزن $2/01 \pm$ گرم و ۴۱/۹۸ گرم استفاده گردید. در مجموع، از ۸۶۴ جوجه یک‌روزه مخلوط دو جنس در یک دوره ۴۲ روزه استفاده شد. این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل 4×3 شامل سه نوع سویه جوجه (راس ۳۰۸، آراین دیزباد و آراین بابلسر) و چهار نوع جیره با پروبیوتیک گروه اول: فاقد افزودنی، گروه دوم: لاکتوفید (۱ تا ۲۱ روزگی ۲۰۰ گرم در هر تن خوراک و از ۲۱ روزگی تا پایان دوره ۱۰۰ گرم در هر تن خوراک)، گروه سوم: پریمالاک (در دوره آغازین ۹۰۰ گرم در هر تن خوراک، در

کاب (۹/۶۴ درصد) بوده است (Henwork, 2024). رقابت فشرده‌ای بین این شرکت‌های تولیدکننده جوجه یک‌روزه وجود دارد، که هر کدام از این شرکت‌ها سویه مخصوص به خود را ارائه می‌دهند و برای دستیابی به حداکثر عملکرد، نیازمند شرایط مدیریتی و تغذیه‌ای خاص و متمایزی هستند (Manafi Azar et al., 2008). عمده‌ترین پرورش‌دهندگان توجه ویژه‌ای به عملکرد سویه‌های موجود در بازار دارند و براساس تجربه و مشورت با دیگران، سعی در انتخاب سویه‌ای دارند که به افزایش سود پایان دوره کمک کند (Jahanian et al., 2019). یکی از سویه‌های مهم جوجه‌های موجود در بازار ایران، سویه آراین است. اولین ورود مرغ لاین این سویه به بازار ایران در حدود سال‌های ۱۳۵۵-۱۳۵۶ اتفاق افتاد. تا به امروز، پرورش مرغ لاین و مادر این سویه با چالش‌های فراوانی روبه‌رو بوده است، خوشبختانه هم‌اکنون توانسته است سهم قابل توجهی از بازار را در اختیار داشته باشد. مزارع مختلفی در سرتاسر ایران دارای مرغ مادر آراین هستند و جوجه یک‌روزه آن را با کیفیت‌های مختلفی به بازار عرضه می‌کنند. عوامل متعددی مانند سن مرغ مادر، شرایط پرورش، شرایط نگهداری تخم‌مرغ، شرایط جوجه‌کشی و حمل‌ونقل به‌طور مستقیم بر کیفیت جوجه یک‌روزه و در نتیجه عملکرد رشد تأثیرگذار است (Ilemobayo et al., 2024).

در مطالعات مختلف، تأثیر عوامل مؤثر بر عملکرد رشد، نظیر سرعت رشد، مصرف خوراک و بازده غذایی از ژنوتیپ‌های گوناگون سویه‌های مختلف جوجه‌های گوشتی گزارش شده است (Amao et al., 2015; Gous, & Danisman Badamasi et al., 2014; Saki et al., 2010; Li, 2017; Hossain et al., 2011; Zhao et al., 2006; Sterling et al., 2009). بنابراین، در این پژوهش جوجه‌های آراین از دو مزرعه مرغ مادر بابلسر و دیزباد و سویه راس مورد مقایسه قرار گرفتند. از طرفی، آینده تولیدات دام و طیور با هدف تحقق شعار "سلامت مردم جهان" به‌سمتی حرکت می‌کند که مصرف‌کننده از محصولات بدون آنتی‌بیوتیک استفاده کند (Khan et al., 2024). به دلیل افزایش نگرانی در مورد مقاومت ضد میکروبی (Park et al., 2020)، شرکت‌های تجاری به‌سمت استفاده از افزودنی‌های ایمن‌تر خوراک مانند آنزیم‌ها، اسیدی‌فایرها، پری‌بیوتیک‌ها و پروبیوتیک‌ها حرکت می‌کنند (Gadde et al., 2017). به‌طور کلی، هدف اصلی افزودنی‌ها حفظ سلامت مخاط روده است و عوامل متعدد تغذیه‌ای و محیطی می‌تواند موجب ناپایداری و اختلال در تعادل جمعیت میکروبی روده شوند، این وضعیت ممکن است بدون علائم باشد و در درازمدت موجب کاهش بازده مواد مغذی و در نهایت منجر به کاهش عملکرد می‌شود (Al-Otaibi et al., 2023; Enan et al., 2023; Rehman et al., 2020). مقادیر مناسب پروبیوتیک (زیست‌یار) می‌تواند موجب افزایش باکتری‌های مفید شود و سلامت روده و ایمنی پرندگان را در برابر

از محیط کشت MRS آگار (Merck-110661) استفاده شد و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. برای کشت باکتری‌های کلی‌فرم از محیط کشت مک‌کانکی آگار (Merck-105465) استفاده شد و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. پلیت‌های هر نمونه پس از اتمام زمان کشت خوانش شد.

به منظور ارزیابی ریخت‌شناسی روده، از هر تکرار، یک پرند به صورت تصادفی کشتار شد. از قسمت ژژنوم روده، قطعه‌ای به طول پنج سانتی‌متر برش داده شد و پس از تخلیه کامل محتویات و شست‌وشو با آب مقطر، در فرمالین بافر شده ۱۰ درصد قرار گرفت تا تثبیت شود. پس از مراحل آماده‌سازی معمول بافت‌شناسی، مقاطع پنج میکرومتری از هر نمونه تهیه و سپس با استفاده از همتوکسیلین-اُوزین رنگ‌آمیزی شدند. برای بررسی هر نمونه از میکروسکوپ نوری (مدل Micromaster، شرکت Fisher Scientific) و نرم‌افزار آنالیز تصویر Image Pro Plus v 4.5 استفاده شد (Brudnicki et al., 2017). و برای هر نمونه، طول پرز، عرض پرز و عمق کریپت اندازه‌گیری شد. همچنین سطح جذب پرزهای ژژنوم با استفاده از معادله (۲) محاسبه گردید (Prakatur et al., 2019).

$$(2) \quad \left(\frac{2}{\text{میانگین عرض پرزها}} \right) \times (\text{میانگین طول پرزها}) \times 2\pi = \text{سطح جذب پرز}$$

عدد پی π در این معادله برابر ۳٫۱۴ در نظر گرفته می‌شود. به منظور تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم‌افزار MiniTab نسخه ۱۶ استفاده گردید. داده‌ها با استفاده از مدل عمومی GLM برای مدل زیر (معادله ۳) تجزیه شدند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح معنی‌داری $P < 0.05$ انجام گرفت.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + e_{ijk} \quad (3)$$

که در آن، Y_{ijk} : مقدار هر مشاهده، μ : میانگین جمعیت، e_{ijk} : اثر خطای آزمایشی، α_i : اثر نوع جوجه، β_j : اثر نوع پروبیوتیک و $(\alpha\beta)_{ij}$: اثر متقابل نوع جوجه و نوع پروبیوتیک است

نتیجه‌گیری و بحث

اثر تیمارهای آزمایشی بر مصرف خوراک روزانه، افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل خوراک در سنین مختلف پرورش در جدول ۲ ارائه شده است.

در دوره ۱ تا ۱۴ روزگی، میانگین مصرف خوراک در سویه راس ۳۰۸ (۲۱/۷۰ گرم در روز) به‌طور معنی‌داری بیشتر از سویه آرین بابلرس (۲۰/۴۹ گرم در روز) بود ($P < 0.05$)، اما بین راس ۳۰۸ و آرین دیزباد تفاوت آماری مشاهده نشد.

دوره رشد ۴۵۰ گرم در هر تن خوراک و در دوره پایانی ۲۲۵ گرم در هر تن خوراک، گروه چهارم: بیوسل (در سه روز اول دوره پرورش میزان ۶۰۰ گرم در ۱۰۰۰ لیتر آب آشامیدنی) با ۱۲ تیمار و چهار تکرار و ۱۸ پرند در هر تکرار (مخلوط دو جنس نر و ماده به‌نسبت مساوی) انجام شد. جوجه‌های گوشتی موجود در قالب چهار دوره آغازین (۱۴-۱ روزگی)، رشد (۲۴-۱۵ روزگی)، پایانی ۱ (۳۵-۲۵ روزگی) و پایانی ۲ (۴۲-۳۶ روزگی) تغذیه شدند. جیره‌های آزمایشی برپایه ذرت و کنجاله سویا با استفاده از نرم‌افزار UFFDA تنظیم شد (جدول ۱). در شروع پرورش، دمای سالن ۳۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۶۰ درصد بود و با افزایش سن، دمای محیط سیر نزولی داشت. در سن ۳۰ روزگی، دما به ۲۴ درجه سانتی‌گراد رسید و تا انتهای دوره در این محدوده ثابت ماند. نور سالن پرورش تا سن ۳۰ روزگی به‌صورت ۲۳ ساعت روشنایی و یک ساعت تاریکی بود. از ۳۰ روزگی تا انتهای دوره، روزانه ۲۰ ساعت روشنایی و چهار ساعت تاریکی اعمال گردید. در طول دوره پرورش، دسترسی پرند به آب و خوراک آزاد بود. پن-های آزمایشی با ابعاد ۱/۲۵ × ۱/۱ دارای مساحت ۱/۳۷ بودند و از پوشال و براده چوب برای بستر استفاده گردید.

شاخص‌های عملکردی شامل مصرف خوراک و افزایش وزن در پایان دوره‌های آغازین، رشد، پایانی ۱ و پایانی ۲ اندازه‌گیری شد و در نهایت ضریب تبدیل خوراک محاسبه گردید. در پایان دوره آزمایش (۴۲ روزگی)، از سیاهرگ زیر بال دو پرند از هر تکرار خون‌گیری شد. نمونه‌های خون گرفته‌شده در یک لوله آزمایش حاوی ماده ضدانعقاد خون^۱ (EDTA) ریخته شد و غلظت گلوکز، آلبومین (Alb)، پروتئین کل (TP)، کلسترول تام و لیپوپروتئین‌های با دانسیته بالا (HDL) و میزان فعالیت آنزیم آسپاراتات آمینوترانسفراز^۲ (AST) و آلانین آمینوترانسفراز^۳ (ALT) با استفاده از کیت‌های شرکت پارس آزمون و دستگاه طیف‌سنجی خودکار (جسان چم ۲۰۰، ساخت ایتالیا) تعیین شد. برای اندازه‌گیری غلظت لیپوپروتئین با دانسیته پایین (LDL) از معادله (۱) استفاده شد (Dansethakul et al., 2015).

$$LDL \text{ (mg/dl)} = \text{Total Cholesterol} - HDL - \left(\frac{\text{Triglyceride}}{5} \right) \quad (1)$$

برای بررسی جمعیت میکروبی، در سن ۴۲ روزگی یک پرند از هر تکرار (چهار پرند از هر تیمار) به‌طور تصادفی انتخاب شد و پس از کشتار، قسمت روده دستگاه گوارش به‌صورت کامل بسته‌بندی و در حداقل زمان به آزمایشگاه منتقل گردید. در محیط کاملاً استریل و با استفاده از تجهیزات استریل‌شده، یک گرم ماده از ناحیه انتهایی ایلئوم جمع‌آوری شد. نمونه‌های ایلئوم در بافر فسفات سالین رقیق شدند تا شمارش باکتری‌های اسید لاکتیک و کلی‌فرم انجام شود (Vinderola et al., 2000). برای کشت باکتری‌های اسید لاکتیک

1- Ethylenediamine tetra acetic acid
2- Aspartate transaminase
3- Alanine transaminase

جدول ۱- اجزاء و ترکیب شیمیایی جیره غذایی جوجه‌های گوشتی در دوره آغازین، رشد و پایانی (درصد)

Table 1- Ingredients and chemical composition of broiler diet in the starter, grower, and finisher phases (%).

اقلام خوراکی Ingredients	آغازین (۱-۱۴ روزگی) Starter (1-14)	رشد (۱۵-۲۴ روزگی) Grower (15-25)	پایانی ۱ (۲۵-۳۵ روزگی) Finisher 1 (25-35)	پایانی ۲ (۳۶-۴۲ روزگی) Finisher 2 (36-42)
ذرت Corn	55.25	62.64	64.59	66.54
کنجاله سویا Soybean meal	39.99	31.78	28.85	26.29
روغن سویا Soybean oil	0.5	1.39	2.66	3.15
کربنات کلسیم Calcium carbonate	1.01	0.95	0.91	0.91
دی‌کلسیم فسفات Di-calcium phosphate	1.91	1.82	1.71	1.73
نمک طعام NaCl	0.3	0.29	0.25	0.25
دی‌ال-متیونین DL-Met 99%	0.29	0.28	0.21	0.23
ال-لیزین هیدروکلرید L-Lys HCL 78%	0.05	0.16	0.07	0.15
مکمل ویتامینی Vit-premix ¹	0.25	0.25	0.25	0.25
مکمل معدنی Min-permix ²	0.25	0.25	0.25	0.25
کولین کلراید Choline chloride	0.1	0.1	0.1	0.1
Calculated compositionمقادیر مواد مغذی محاسبه شده				
انرژی سوخت و ساز (کیلوکالری/کیلوگرم) Metabolizable energy (kcal/kg)	2870	3000	3100	3150
پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)	22.10	19.87	18	17
لیزین (درصد) Lysine (%)	1.18	1.07	0.93	0.93
متیونین+سیستئین (درصد) Methionine + cystine (%)	0.885	0.81	0.72	0.72
کلسیم (درصد) Calcium (%)	0.96	0.9	0.85	0.85
فسفر (درصد) Phosphorus (%)	0.48	0.45	0.43	0.43

^۱ پرمیکس ویتامینی به‌ازای هر کیلوگرم جیره شامل: ۹۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۲۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D₃، ۱۸ واحد بین‌المللی ویتامین B₁، ۶۶۰۰ میلی‌گرم ویتامین B₂، ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین B₃، ۳۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین B₆، ۱۵ میلی‌گرم ویتامین B₁₂، ۲۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین K₃، ۱۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین B₉، ۳۰۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین B₅، ۱۰۰ میلی‌گرم ویتامین H₂، ۵۰۰۰۰۰ میلی‌گرم کولین و ۱۰۰۰ میلی‌گرم آنتی‌اکسیدان تأمین شده است.

^۲ مکمل معدنی به‌ازای هر کیلوگرم جیره شامل: ۴۸۰۰۰ میلی‌گرم منگنز، ۱۶۰۰۰ میلی‌گرم آهن، ۶۴۰۰ میلی‌گرم مس، ۵۰۰ میلی‌گرم ید و ۱۲۰ میلی‌گرم سلنیوم می‌باشد.

¹ Vitamin premix per kg of diet 9000 IU of vitamin A, 2000 IU of vitamin D₃, 18 IU of vitamin B₁, 6600 mg B₂, 10000 mg vitamin B₃, 3000 mg vitamin B₆, 15 mg vitamin B₁₂, 2000 mg K₃, 1000 mg B₉, 30000 mg vitamin B₅, 100 mg vitamin H₂, 500000 mg It provided choline and 1000 mg of antioxidants.

² Mineral supplement per kilogram of diet contains: Manganese: 48000 mg, Iron: 16000 mg, Copper: 6400 mg, Iodine: 500 mg and Selenium: 120 mg.

جوجه‌های سویه آرین بابلسر بود ($P < 0/05$)، اما با آرین دیزباد اختلاف معنی‌داری نداشت. در خصوص افزایش وزن روزانه، بین

در دوره‌های ۱۵ تا ۲۴ روزگی، ۲۵ تا ۳۵ روزگی و کل دوره پرورش (۱ تا ۴۲ روزگی)، بیشترین مصرف خوراک مربوط به

(۱/۷۷)، آراین دیزباد $\times$ پری‌مالاک (۱/۷۸) و آراین دیزباد $\times$ بیوسل (۱/۸۲) مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با تیمار آراین دیزباد بدون افزودنی (۲/۴۵) داشتند ($P < 0.05$). در کل دوره، کمترین ضریب تبدیل خوراک در سویه راس ۳۰۸ بدون افزودنی نسبت به گروه‌های آراین دیزباد $\times$ بدون افزودنی، آراین دیزباد $\times$ لاکتوفید و آراین بابلسر $\times$ بیوسل مشاهده شد.

در پژوهشی گزارش داده شد که مصرف خوراک جوجه‌های آراین در هفته‌های سوم (۶۵۶ در مقابل ۷۵۰ گرم در هفته)، چهارم (۷۸۵ در مقابل ۸۸۲ گرم در هفته)، پنجم (۱۱۰۶ در مقابل ۹۷۴ گرم در هفته) و ششم پرورش (۱۲۵۰ در مقابل ۱۳۶۴ گرم در هفته) به‌طور معنی‌داری کمتر از سویه راس بود (Yousefi et al., 2024). در دوره‌های مختلف رشد (رشد و پایدانی)، مصرف خوراک جوجه‌های گوشتی بین گروه‌های دریافت‌کننده پروبیوتیک تجاری Fermacto (حاوی اسپریلوس) و Immunowall (بتاگلوکان و مانان الیگوساکارید) با سطوح ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد مشابه گزارش شد (Lotfan et al., 2009). در مطالعه لطفان و همکاران (Lotfan et al., 2009)، مصرف خوراک جوجه‌های گوشتی تحت تأثیر نوع پری‌بیوتیک قرار گرفت و جوجه‌های دریافت‌کننده پری‌بیوتیک در سنین ۲۱-۱ روزگی، مصرف خوراک بیشتری داشتند. همچنین، در تحقیقی دیگر، از هفته دوم آزمایش مصرف خوراک پرندگان دریافت‌کننده پروتکسین افزایش یافت (Gunal et al., 2006). همسو با نتایج حاضر، یافته‌های محققان نشان می‌دهد که افزودن ۰/۱ درصد پروبیوتیک پریمالاک یا ترکیبی از پریمالاک و فرمکتو بر مصرف خوراک و شاخص‌های عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی سویه راس تأثیری نداشت (Shirmohammad et al., Kiaalhosseini & Dastar, 2023). تفاوت در نتایج آزمایش حاضر با سایر مطالعات ممکن است به‌دلیل تفاوت در سویه باکتریایی، روش‌های مورد استفاده، محیط پرورش و شرایط مدیریتی جوجه‌ها باشد.

همسو با نتایج این تحقیق، گزارش شده است که استفاده از پروبیوتیک باکتریایی افشانه تجاری EMFarma تأثیری بر وزن جوجه‌های گوشتی نداشت (Stęczny & Kokoszyński, 2021). همچنین، افزودن پروبیوتیک لاکتوباسیلوس به جیره، تغییری در وزن بدن جوجه‌های گوشتی نشان نداد که موافق با نتایج تحقیق حاضر است (Risdianto et al., 2019; Murry et al., 2006). در مطالعه دیگری، با بررسی پروبیوتیک آشامیدنی حاوی باسیلوس لاتروسپروس، باسیلوس مگاتریوم، و باسیلوس سوبتیلیس تغییری در وزن بلدرچین ژاپنی مشاهده نکردند

سویه‌های آراین و راس ۳۰۸ در دوره‌های ۱ تا ۱۴، ۲۵ تا ۳۵، ۳۶ تا ۴۲ و کل دوره پرورش (۱ تا ۴۲ روزگی)، اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد، تنها در دوره ۱۵ تا ۲۴ روزگی، جوجه‌های راس ۳۰۸ به‌طور معنی‌داری افزایش وزن بیشتری نسبت به آراین بابلسر داشتند ($P < 0.05$). در دوره ۱ تا ۱۴ روزگی، ضریب تبدیل خوراک بین سویه‌ها تفاوت معنی‌داری داشت ($P < 0.05$)، به‌طوری که ضریب تبدیل خوراک بیشتری در سویه راس ۳۰۸ (۱/۳۸) نسبت به آراین بابلسر (۱/۲۸) مشاهده شد.

در بررسی اثر پروبیوتیک‌ها بر مصرف خوراک، نتایج نشان داد که میانگین مصرف خوراک روزانه در تمام دوره‌های پرورشی تحت تأثیر تیمارهای مختلف پروبیوتیکی قرار گرفت ($P < 0.05$). در دوره ۱ تا ۱۴ روزگی، مصرف خوراک جوجه‌های دریافت‌کننده پروبیوتیک بیوسل (۲۲/۲۶ گرم در روز) به‌طور معنی‌داری بیشتر از جوجه‌های دریافت‌کننده پریمالاک (۲۰/۲۰ گرم در روز) و گروه فاقد افزودنی (۲۰/۶۱ گرم در روز) بود. همچنین در دوره‌های ۱۵ تا ۲۴، ۲۵ تا ۳۵ و ۳۶ تا ۴۲ روزگی، مصرف خوراک کمتری در گروه فاقد افزودنی نسبت به تیمارهای پروبیوتیک بیوسل و لاکتوفید مشاهده شد ($P < 0.05$). در کل دوره پرورش (۱ تا ۴۲ روزگی)، تیمارهای پروبیوتیک بیوسل (۹۱/۴۰ گرم در روز) و لاکتوفید (۹۱/۹۱ گرم در روز) مصرف خوراک روزانه بیشتری نسبت به تیمار پریمالاک (۸۶/۹۵ گرم در روز) و گروه فاقد افزودنی (۸۳/۱۳ گرم در روز) داشتند ($P < 0.05$).

اثر افزودنی بر میانگین افزایش وزن روزانه در دوره‌های ۱-۱۴، ۳۵-۳۵، ۴۲-۴۲ و ۴۲-۴۲ روزگی تفاوت آماری نشان داد (جدول ۲)، در ۱ تا ۱۴ روزگی، بیشترین افزایش وزن روزانه در گروه‌های دریافت‌کننده لاکتوفید و بیوسل نسبت به گروه‌های فاقد افزودنی و پریمالاک مشاهده شد ($P < 0.05$). بااین‌حال، تمامی جوجه‌های دریافت‌کننده پروبیوتیک از افزایش وزن روزانه مشابهی در دوره‌های مختلف پرورش (به‌جز ۱-۱۴ روزگی) برخوردار بودند و اختلاف معنی‌داری با گروه بدون افزودنی نشان دادند ($P < 0.05$).

برهم‌کنش اثر سویه‌ها و پروبیوتیک‌های مختلف بر مصرف خوراک و افزایش وزن روزانه جوجه‌های گوشتی در هیچ‌یک از دوره‌های پرورش معنی‌دار نبود ($P > 0.05$). برهم‌کنش اثر سویه و پروبیوتیک بر ضریب تبدیل خوراک در دوره‌های ۱۵-۲۴، ۲۵-۳۵ و ۳۶-۴۲ و ۴۲-۴۲ روزگی اختلاف معنی‌داری نشان داد ($P < 0.05$). به‌طوری که در دوره ۲۴-۱۵ روزگی، کمترین ضریب تبدیل خوراک در پرندگان سویه راس ۳۰۸ که پروبیوتیک پری‌مالاک را دریافت کرده بود (۱/۴۵)، مشاهده شد؛ که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای آراین دیزباد $\times$ پری‌مالاک (۱/۹۰)، آراین بابلسر $\times$ پری‌مالاک (۱/۸۳) و آراین بابلسر $\times$ بیوسل (۱/۸۷) داشت ($P < 0.05$). در دوره ۴۲-۳۶ روزگی، کمترین ضریب تبدیل خوراک در گروه‌های آراین بابلسر $\times$ لاکتوفید

جدول ۲- اثر نوع سویه و نوع پروبیوتیک بر عملکرد رشد جوجههای گوشتی
Table 2- Effect of strain type and probiotic type on growth performance of broiler chickens

اثرات	میانگین مصرف خوراک معرفی (گرم/برنده/روز)				میانگین افزایش وزن (گرم/برنده/روز)				ضریب تبدیل خوراک			
	1-14	15-24	25-35	36-42	1-14	15-24	25-35	36-42	1-14	15-24	25-35	36-42
سویه	Average feed intake (g/d/bird)				Average weight gain (g/d/bird)				Feed conversion ratio			
Arian Dizbad	21.11 ^{ab}	82.22 ^{ab}	122.3 ^a	186.3	89.25 ^{ab}	15.85	47.72 ^{ab}	62.76	94.40	48.82	1.34 ^{ab}	1.716 ^{ab}
Arian Babolsar	20.49 ^b	83.27 ^a	123.5 ^a	188.2	89.84 ^a	16.05	46.56 ^b	65.81	99.91	50.32	1.28 ^b	1.806 ^a
Ross 308	21.70 ^a	78.43 ^b	114.6 ^b	180.7	85.96 ^b	15.75	50.07 ^a	62.23	94.44	49.21	1.38 ^a	1.603 ^b
SEM	0.324	1.281	1.993	3.207	0.991	0.284	0.906	1.261	2.422	0.556	0.019	0.036
پروبیوتیک	Average feed intake (g/d/bird)				Average weight gain (g/d/bird)				Feed conversion ratio			
No additives	20.61 ^b	76.92 ^b	112.3 ^b	174.7 ^b	83.13 ^b	15.28 ^b	48.88	59.96 ^b	85.67 ^b	46.71 ^b	1.35	1.620
Primalac	20.20 ^b	80.80 ^{ab}	118.1 ^{ab}	184.7 ^{ab}	86.95 ^b	15.20 ^b	47.21	62.69 ^{ab}	99.57 ^a	49.32 ^a	1.34	1.728
Biocell	22.26 ^a	82.81 ^a	124.8 ^a	190.1 ^a	91.40 ^a	16.46 ^a	47.71	65.85 ^a	100.08 ^a	50.77 ^a	1.35	1.748
Lactofeed	21.33 ^{ab}	84.69 ^a	125.4 ^a	190.8 ^a	91.91 ^a	16.61 ^a	48.66	65.90 ^a	99.67 ^a	50.99 ^a	1.29	1.738
SEM	0.374	1.479	2.302	3.709	1.145	0.328	1.046	1.456	2.797	0.642	0.022	0.041
سویه × پروبیوتیک	Average feed intake (g/d/bird)				Average weight gain (g/d/bird)				Feed conversion ratio			
No additives	20.78	76.60	114.1	178.5	83.00	15.43	48.81	58.21	75.45	44.59	1.35	1.52 ^{bc}
Primalac	19.80	84.45	125.6	185.5	90.52	14.31	44.62	63.41	104.55	49.42	1.39	1.90 ^a
Biocell	22.63	82.18	123.0	183.8	89.95	16.46	47.14	65.05	101.52	20.67	1.37	1.75 ^{abc}
Lactofeed	21.24	85.64	126.5	197.4	93.52	17.21	50.33	64.39	96.10	50.60	1.23	1.69 ^{abc}
No additives	20.18	79.04	120.3	182.6	87.48	15.01	46.89	64.27	92.85	48.48	1.34	1.73 ^{abc}
Primalac	20.43	83.42	118.7	187.2	86.80	16.25	45.44	65.93	100.70	50.29	1.26	1.83 ^{ab}
Biocell	20.38	84.44	131.1	197.2	94.11	16.13	45.57	65.93	100.92	50.31	1.27	1.87 ^{ab}
Lactofeed	20.97	86.16	124.0	185.8	90.95	16.83	48.32	67.09	105.15	52.21	1.25	1.78 ^{abc}
No additives	20.87	75.12	102.6	163.1	78.92	15.38	50.96	57.40	88.72	47.08	1.36	1.60 ^{abc}
Primalac	20.37	74.52	110.0	181.3	83.54	15.03	51.56	58.75	93.46	48.25	1.36	1.45 ^c
Biocell	23.77	81.81	120.2	189.3	90.13	16.79	50.43	66.56	97.82	51.34	1.42	1.62 ^{abc}
Lactofeed	21.77	82.28	125.5	189.1	91.25	15.80	47.32	66.22	97.77	50.17	1.38	1.74 ^{abc}
SEM	0.648	2.561	3.987	6.414	1.984	0.569	1.812	2.522	4.844	1.112	0.038	0.072
استباه معیار میانگین	3.987				1.984				4.844			
سطح معنی داری	3.987				1.984				4.844			
سویه	0.040	0.026	0.005	0.236	0.017	0.745	0.027	0.107	0.192	0.151	0.002	0.479
پروبیوتیک	0.002	0.004	0.001	0.012	0.001	0.003	0.637	0.015	0.001	0.001	0.124	0.119
Strain × probiotic	0.185	0.629	0.142	0.378	0.132	0.165	0.217	0.586	0.219	0.400	0.153	0.012

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

خوراک جوجه‌های آرین در مقایسه با سویه راس در هفته‌های چهارم، پنجم و ششم پرورش بود. در همین راستا، بهرامپور و همکاران با بررسی پروبیوتیک باسیلوس سوبتیلیس^۱ و باسیلوس کواگولانس^۲ و مخلوط این دو هیچ تغییری در ضریب تبدیل خوراک در سنین ۱ تا ۲۱ روزگی و ۲۲ تا ۳۵ روزگی مشاهده نکردند (Bahrampour et al., 2020).

شاخص‌های بیوشیمیایی خون

اثر استفاده از پروبیوتیک‌های تجاری در سویه‌های مختلف جوجه‌های گوشتی بر شاخص‌های بیوشیمیایی خون در جدول ۳ نشان داده شده است. استفاده از پروبیوتیک بیوسل نسبت به شاهد سبب افزایش غلظت آلبومین خون در جوجه‌ها گردید. کمترین غلظت کلسترول و لیپوپروتئین با چگالی کم نیز در جوجه‌های تغذیه‌شده با جیره حاوی پروبیوتیک پریمالاک در مقایسه با تیمارهای شاهد و پروبیوتیک لاکتوفید مشاهده شد. همچنین، تغذیه پروبیوتیک لاکتوفید سبب کاهش سطح لیپوپروتئین با چگالی زیاد در پلاسما در مقایسه با تیمارهای شاهد و پروبیوتیک پریمالاک گردید. اثر متقابل سویه و پروبیوتیک بر غلظت آنزیم آلانین آمینوترانسفراز معنی‌دار بود ($P < 0.05$)، به‌طوری که سویه راس که جیره فاقد افزودنی مصرف کرده بود، سطح بالاتری از این آنزیم نسبت به تیمارهای آرین دیزباد $\times$ بیوسل و آرین بابلر $\times$ پری‌مالاک نشان داد. سایر شاخص‌های خونی گلوکز، آلبومین، پروتئین کل، کلسترول، تری‌گلیسیرید، LDL، HDL و AST تحت تأثیر اثر متقابل سویه و پروبیوتیک قرار نگرفتند. شاخص‌های بیوشیمیایی خون به‌عنوان نشانگر مهمی در سلامت حیوانات به شمار می‌آیند. بنابراین، عدم تأثیر افزودن پروبیوتیک بر غلظت پلاسمایی آنزیم‌های کبدی نشان‌دهنده آن است که سطوح استفاده‌شده پروبیوتیک در جیره‌جوجه‌های گوشتی اثری منفی بر سلامت کبد نداشته است. مطابق با یافته‌های حاضر، رضایی و همکاران (Rezaei et al., 2013) گزارش کردند که با افزودن سطوح مختلف پروبیوتیک پریمالاک در جیره جوجه‌های گوشتی، سطح کلسترول خون کاهش یافته و کمترین میزان کلسترول در جوجه‌های تغذیه‌شده با میزان ۰/۰۹۵ درصد پروبیوتیک به دست آمد. در مطالعه سوگیهارتو و همکاران (Sugiharto et al., 2018)، افزودن پروبیوتیک باسیلوس سوبتیلیس به جیره جوجه‌های گوشتی تفاوت معنی‌داری در غلظت کلسترول، تری‌گلیسیرید، LDL و HDL خون ایجاد نکرد، اما غلظت پروتئین کل و آلبومین خون در مقایسه با گروه شاهد افزایش یافت.

(Razmgah et al., 2020) که با یافته‌های تحقیق حاضر هم‌خوانی دارد. تأثیر یا عدم تأثیر استفاده از پری‌بیوتیک و پروبیوتیک در جیره جوجه‌های گوشتی به‌دلیل توسعه و تکامل فیزیولوژیکی دستگاه گوارش و تثبیت شرایط ریخت‌شناسی و جمعیت میکروفلور روده است (de Los Santos et al., 2005)، لذا استفاده از این افزودنی‌ها در اوایل دوره پرورش بیشترین اثر را بر افزایش وزن داشته است. به‌طور کلی، انواع مختلف پریوتیک به‌دلیل ساختار ویژه و متنوع مواد زیست‌فعال، توسط آنزیم‌های دستگاه گوارش هیدرولیز نشده و در روده کور توسط آنزیم‌های باکتریایی تخمیر شده و تولید اسیدهای چرب فرار می‌نمایند. این اسیدهای چرب فرار تولیدی، از یک‌سو منجر به کاهش pH و افزایش شمار باکتری‌های تولیدکننده لاکتات و از سوی دیگر، باعث یونیزاسیون سلول‌های باکتری‌های بیماری‌زا و در نتیجه مرگ آن‌ها می‌شوند (Mountzouris et al., 2009). همچنین این ترکیبات با تحریک پاسخ‌های ایمنی و افزایش مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زا اثرات مثبت خود را اعمال می‌کنند (Maldonado Galdeano et al., 2019).

هم‌سو با یافته‌های این آزمایش، نتایج نشان داد که میانگین افزایش وزن روزانه بین سویه آرین و راس در روزهای ۱۴ تا ۲۱ روزگی، ۳۵ تا ۴۲ روزگی و کل دوره یکسان بود (Samadian et al., 2023). از طرفی، نتایج لطفان و همکاران نشان داد که دو منبع تجاری پروبیوتیک (فرمکتو و ایمونوال) سبب تغییر در افزایش وزن بدن جوجه‌های گوشتی در طول دوره پرورش (۱-۴۹ روزگی) شدند (Lotfan et al., 2009). در توافق با نتایج آزمایش حاضر، در مطالعه‌ای دیگر، پژوهشگران با افزودن پروبیوتیک ایمونوباک هیچ تغییری در مصرف خوراک جوجه‌های گوشتی مشاهده نکردند (Kafilzadeh & Safari, 2003). پژوهش‌ها نشان دادند که افزودن پروبیوتیک باکتریایی سبب تغییر فعال و پویا در فلور میکروبی روده می‌شود و با کاهش pH بهبود عملکرد را به دنبال دارد (Rahmani & Speer, 2005). همچنین، این ترکیبات با افزایش رشد ریزجانداران مفید در بافت گوارشی (Hazrati et al., 2020)، سبب بهبود ایمنی پرنده (Angulo et al., 2020) و در نتیجه منجر به افزایش وزن شدند (Al-Mutairi et al., 2020). احتمالاً علت تفاوت در نتایج مطالعات مختلف مربوط به نوع پروبیوتیک باکتریایی، مقدار مورد استفاده و نوع پرنده می‌باشد (Safari Samani et al., 2014). ضریب تبدیل خوراک بالاتر در سویه راس در مقایسه با سویه آرین در روزهای ۱ تا ۱۴ روزگی و ۲۱ تا ۲۸ روزگی توسط صمدیان و همکاران (Samadian et al., 2023) گزارش شد. همچنین، ضریب تبدیل غذایی جوجه‌های آرین در هفته دوم پرورش ۱/۵۵ و در جوجه‌های راس ۳/۰۸، ۱/۴۷ گزارش گردید (Yousefi et al., 2024). همچنین یافته‌های این نویسندگان حاکی از افزایش ضریب تبدیل

1- *Bacillus subtilis*

2- *Bacillus coagulans*

جدول ۳- اثر سویه و پروبیوتیک بر غلظت شاخص‌های خونی جوجه‌های گوشتی در ۴۲ روزگی
Table 3- Effect of strain and probiotic on the concentration of blood indices in broiler chickens at 42 days of age.

Effect	اثرات	GLU (mg/dl)	ALB (g/dl)	TP (g/dl)	CHOL (mg/dl)	TG (mg/dl)	HDL (mg/dl)	LDL (mg/dl)	AST (U/l)	ALT (U/l)
سویه										
Strain										
Arian Dizbad	آرین دیزباد	211.6	7.88	3.12	135.4	57.70	43.46	81.77	229.8	33.33 ^{ab}
Arian Babolsar	آرین بابلسر	200.3	7.26	3.06	141.8	60.29	43.25	85.64	246.5	28.75 ^b
Ross 308	راس ۳۰۸	188.8	7.46	3.23	136.1	52.88	44.09	81.14	248.4	36.79 ^a
SEM	استیاه معیار میانگین	7.295	0.282	0.097	2.910	2.155	0.988	2.938	13.89	1.74
پروبیوتیک										
No additives	فاقد افزودنی	193.5	6.84 ^b	3.10	143.3 ^a	56.21	48.51 ^a	88.66 ^a	233.2	36.22
Primalac	پریمالاک	197.8	7.10 ^{ab}	3.01	127.5 ^b	63.853	44.97 ^{ab}	73.58 ^b	247.2	32.99
Biocell	بیوسل	203.4	8.24 ^a	3.37	139.3 ^{ab}	60.24	42.50 ^{bc}	82.08 ^{ab}	226.2	29.50
Lactofeed	لاکتوفید	206.3	7.95 ^{ab}	3.07	140.8 ^a	57.75	38.43 ^c	87.10 ^a	259.6	33.11
SEM	استیاه معیار میانگین	8.423	0.325	0.113	3.360	2.489	1.141	3.393	16.04	2.011
سویه × پروبیوتیک										
SEM										
استیاه معیار میانگین										
Strain × probiotic										
Arian Dizbad	آرین دیزباد	215.2	6.81	3.33	136.4	54.87	49.36	87.19	200.6	37.14 ^{ab}
Primalac	پریمالاک	223.4	7.88	2.77	124.7	58.39	41.46	71.60	238.6	39.16 ^{ab}
Biocell	بیوسل	218.5	8.83	3.40	141.1	60.08	43.58	80.01	237.6	22.34 ^b
Lactofeed	لاکتوفید	189.4	7.99	2.96	139.2	57.45	39.46	88.29	242.4	34.67 ^{ab}
No additives	فاقد افزودنی	196.8	6.65	2.93	146.3	66.86	48.98	88.98	243.6	28.60 ^{ab}
Primalac	پریمالاک	191.0	7.04	3.07	127.3	54.13	45.70	75.97	240.0	22.80 ^b
Biocell	بیوسل	193.3	8.05	3.14	151.8	62.57	40.12	96.67	224.1	35.07 ^{ab}
Lactofeed	لاکتوفید	220.2	7.29	3.11	141.8	57.60	38.22	80.94	278.2	28.52 ^{ab}
No additives	فاقد افزودنی	168.5	7.08	3.03	147.3	46.90	47.18	89.81	255.6	42.93 ^a
Primalac	پریمالاک	178.9	6.39	3.17	130.6	48.35	47.76	73.17	263.0	37.00 ^{ab}
Biocell	بیوسل	198.5	7.83	3.57	125.1	58.07	43.80	69.54	216.7	31.08 ^{ab}
Lactofeed	لاکتوفید	209.2	8.57	3.15	141.3	58.21	37.62	92.06	258.3	36.15 ^{ab}
SEM	استیاه معیار میانگین	14.59	0.563	0.195	5.821	4.31	1.976	5.877	277.8	3.483
سطح معنی داری										
P-value										
سویه										
Strain	سویه	0.097	0.293	0.474	0.241	0.057	0.825	0.508	0.585	0.008
پروبیوتیک										
Probiotic	پروبیوتیک	0.712	0.010	0.122	0.009	0.305	0.001	0.013	0.468	0.147
سویه × پروبیوتیک										
Strain × probiotic	سویه × پروبیوتیک	0.186	0.475	0.436	0.130	0.256	0.245	0.092	0.842	0.007

a-c: حروف غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی دار (P < 0.05) است.

GLU: glucose, ALB: albumin, TP: total protein, CHOL: cholesterol, TG: triglyceride, HDL: high density lipoprotein, LDL: low density lipoprotein, AST: aspartate Aminotransferase, ALT: alanine Aminotransferase.

مقایسه با تیمار بدون افزودنی مشاهده شد.

لازم به ذکر است که در زمینه تأثیر نژادهای مختلف جوجه‌های گوشتی بر ریخت‌شناسی روده اطلاعات بسیار اندک می‌باشد. با توجه به اینکه در روده باریک، جذب مواد خوراکی، املاح و آب توسط پرزهای روده باریک صورت می‌گیرد و نقش کریپت‌های لوبرکان ترشح آب الکترولیت‌ها می‌باشد، هر گونه تغییر در ناحیه جذبی و عمق کریپت نقش مهمی در گوارش و جذب مواد مغذی دارد (Uni et al., 2000). در مطالعه محمودتبار و همکاران (Mahmood Tabar et al., 2018)، اثر نوع پروبیوتیک (باکترن، دی‌پرو و های‌پروتکت) بر ریخت‌شناسی روده معنی‌دار نبود.

یخکشی و همکاران (Yakhkeshi et al., 2011) افزایش ارتفاع پرز و شاخص پرز در قسمت‌های دوازدهه و تهی‌روده را گزارش کردند. همسو با نتایج مطالعه حاضر، چمانی (Chamani, 2016) بهبود صفات ریخت‌شناسی روده در اثر استفاده از پروبیوتیک‌ها را گزارش کرد. در پژوهش‌های دیگری با استفاده از پروبیوتیک پریمالاک، اختلاف معنی‌داری از نظر ارتفاع پرز، عمق کریپت و شاخص پرز گزارش نگردید (Chichlowski et al., 2007). نتایج مطالعه طاهری و همکاران (Taheri et al., 2010) نیز نشان داد که ارتفاع پرز در دوازدهه و ایلئوم در جوجه‌های گوشتی دریافت‌کننده پروبیوتیک نسبت به پرندگان که پروبیوتیک دریافت نکرده بودند، افزایش پیدا کرد. گونال و همکاران

(Gunal et al., 2006) اثر جیره‌های مکمل‌شده با پروبیوتیک را بر ریخت‌شناسی روده بررسی کردند و نتایج آن‌ها نشان داد که ارتفاع پرز در قسمت ژژنوم روده باریک در ۴۲ روزگی نسبت به گروه شاهد افزایش یافت. مصرف زیست‌یار چند سویه برپایه لاکتوباسیلوس باعث افزایش ارتفاع پرز، کاهش عمق کریپت، بهبود در شاخص پرز و عدم تفاوت معنی‌دار در سطح پرز می‌شود (Ashayerizadeh et al., 2016). باکتری‌های زیست‌یار بر سر نقاط اتصال در روده با عامل‌های بیماری‌زا رقابت می‌کند و گیرنده‌های مشترک مخاط روده را اشغال می‌کنند (Abdelrahman et al., 2014)، که این کار مانع اتصال عامل‌های بیماری‌زا به مخاط روده و در پی آن، کاهش آسیب به پرزها و افزایش سلامت آن‌ها می‌شود. در مطالعه دیگری، محمودتبار و همکاران (Mahmoodtabar et al., 2018) گزارش کردند که استفاده از پروبیوتیک پریمالاک در جیره جوجه‌های گوشتی، منجر به افزایش طول پرز و سطح پرز در ژژنوم روده باریک و در نتیجه افزایش جذب مواد مغذی می‌شود که در توافق با یافته‌های این پژوهش می‌باشد.

با توجه به اینکه غلظت آلبومین سرم با سرعت رشد و احتباس نیتروژن در حیوانات همبستگی مثبت دارد (De Ridder et al., 2012)، غلظت بالاتر آلبومین در جوجه‌های تغذیه‌شده با پروبیوتیک بیوسل ممکن است باعث افزایش ابقای پروتئین و در نتیجه سرعت رشد در جوجه‌های گوشتی شود. هم‌سو با نتایج مطالعه حاضر، مکمل پروبیوتیک در جیره جوجه‌های گوشتی سبب کاهش غلظت کلسترول و تری‌گلیسرید گردید، اما غلظت گلوکز و پروتئین کل خون افزایش یافت (Kamboh, 2018). مکمل پروبیوتیک تجاری نورموسیل باعث افزایش ۱/۷ درصدی غلظت آلبومین در مقایسه با گروه شاهد گردید (Khabirov et al., 2021) که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. در مقابل، غلظت گلوکز و پروتئین کل خون با افزودن پروبیوتیک نورموسیل افزایش یافت. غلظت شاخص‌های خونی بین دو سویه تفاوت معنی‌داری نداشت، هم‌راستا با نتایج حاضر، غلظت پروتئین کل، گلوکز، کلسترول و آلبومین بین دو سویه آرین و راس تفاوت معنی‌داری نشان نداد (Samadian et al., 2023)، باین‌حال نیاز است تا تحقیقات بیشتری در ارزیابی شاخص‌های خون‌شناسی بین دو سویه صورت گیرد.

ریخت‌شناسی ژژنوم روده و جمعیت میکروبی ایلئوم روده

تأثیر تیمارهای آزمایشی بر ریخت‌شناسی ژژنوم روده و جمعیت میکروبی ایلئوم روده جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی در جدول ۴ نشان داده شده است. اثر متقابل سویه و پروبیوتیک بر ارتفاع پرز ژژنوم معنی‌دار بود ($P < 0.05$) و بیشترین ارتفاع پرز در سویه راس که جیره حاوی پروبیوتیک پریمالاک و سویه آرین بابلسر که جیره حاوی پروبیوتیک لاکتوفید مصرف کرده بود، مشاهده شد که نسبت به سایر تیمارها به‌جز تیمارهای راس حاوی لاکتوفید و آرین دیزباد حاوی پروبیوتیک پریمالاک اختلاف معنی‌داری داشت. اثر متقابل سویه و پروبیوتیک همچنین بر نسبت طول پرز به عمق کریپت و سطح جذب پرز معنی‌دار بود ($P < 0.05$). نسبت طول پرز به عمق کریپت در سویه آرین دیزباد که جیره حاوی پروبیوتیک پریمالاک را مصرف کرد نسبت به همین سویه تغذیه شده با جیره پروبیوتیک لاکتوفید و تیمار سویه راس تغذیه شده با هیچ فاقد افزودنی، بیشتر بود. بیشترین سطح جذب پرز ژژنوم در سویه راس ۳۰۸ تغذیه‌شده با جیره حاوی پروبیوتیک پریمالاک مشاهده شد که از تیمارهای آرین دیزباد، آرین بابلسر و راس بدون افزودنی و آرین دیزباد تغذیه شده با جیره حاوی لاکتوفید و سویه راس تغذیه شده با جیره حاوی پروبیوتیک‌های بیوسل و لاکتوفید به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. اثرات اصلی نشان داد که اثر پروبیوتیک بر عرض پرز معنی‌دار بود ($P < 0.05$). بیشترین عرض پرز در پرندگان تغذیه‌شده با جیره حاوی پروبیوتیک بیوسل در

جدول ۴- اثر سویه و پروبیوتیک بر ریختشناسی و جمعیت میکروبی روده جوجهای گوشتی در ۴۲ روزگی
Table 4- The effect of strain and probiotic on the morphology and microbial population of broiler intestine at 42-d

اثرات Effects	ریختشناسی روده Intestinal morphology				جمعیت میکروبی Microbial population	
	طول بزر Villus height (μm)	عرض بزر Villus width (μm)	عمق کریپت Crypt depth (μm)	نسبت طول بزر به عمق کریپت VH/Cd ¹	سلج جذب بزر Adsorption surface	لاکتوباسیلوس کلی فرم Lactobacillus Coliforms
سویه Strain						
Arian Dizbadabad	1560 ^b	116.8	64.40	24.43	571.8	5.457 ^{ab} 7.398 ^a
Arian Babolsar	1570 ^{ab}	122.9	65.04	24.21	606.3	5.020 ^b 6.970 ^b
Ross 308 ۳۰۸	1599 ^a	117.0	67.75	23.70	588.1	5.747 ^a 7.455 ^a
SEM	11.37	2.419	1.056	0.412	11.95	0.163 0.102
پروبیوتیک Probiotic						
No additives	1533 ^b	112.6 ^b	64.32	23.99	451.7 ^b	5.930 ^a 6.616 ^b
Primadac ¹	1631 ^a	122.5 ^{ab}	65.80	24.91	627.7 ^a	5.327 ^{ab} 7.420 ^a
Biocell	1532 ^b	124.1 ^a	65.00	23.76	597.2 ^a	5.028 ^b 7.398 ^a
Lactofeed	1610 ^a	116.4 ^{ab}	67.80	23.80	588.4 ^{ab}	5.348 ^{ab} 7.663 ^a
SEM	13.11	2.793	1.220	0.476	13.80	0.189 0.117
سویه × پروبیوتیک Strain × probiotic						
Arian Dizbadabad	1534 ^{cd}	115.2	64.40	24.12 ^{ab}	554.6 ^{bc}	5.960 6.628 ^{cd}
Arian Dizbadabad	1621 ^{abcd}	114.0	60.60	26.82 ^a	580.9 ^{abc}	5.427 7.403 ^{abc}
Arian Dizbadabad	1534 ^{cd}	125.4	63.80	24.19 ^{ab}	603.6 ^{abc}	4.783 7.704 ^{ab}
Arian Dizbadabad	1552 ^{bcd}	112.8	68.80	22.61 ^b	548.3 ^{bc}	5.658 7.857 ^a
Arian Babolsar	1520 ^d	110.0	60.56	25.11 ^{ab}	524.8 ^c	5.954 6.043 ^d
Arian Babolsar	1571 ^{bcd}	124.6	67.80	23.20 ^{ab}	613.4 ^{abc}	4.479 7.417 ^{abc}
Arian Babolsar	1542 ^{bcd}	129.2	66.00	23.48 ^{ab}	625.7 ^{abc}	4.679 6.854 ^{bcd}
Arian Babolsar	1645 ^a	127.8	65.80	25.04 ^{ab}	661.2 ^{ab}	4.969 7.563 ^{abc}
Ross 308 ۳۰۸	1543 ^{bcd}	112.6	68.00	22.74 ^b	545.8 ^{bc}	5.877 7.175 ^{abc}
Ross 308 ۳۰۸	1701 ^a	129.0	69.00	24.72 ^{ab}	688.7 ^a	6.075 7.440 ^{abc}
Ross 308 ۳۰۸	1520 ^d	117.8	65.20	23.60 ^{ab}	562.3 ^{bc}	5.620 7.635 ^{ab}
Ross 308 ۳۰۸	1633 ^{bc}	108.4	68.80	23.76 ^{ab}	555.7 ^{bc}	5.416 7.569 ^{abc}
SEM	22.744	4.838	2.113	0.825	23.91	0.327 0.204
سطح معنی داری P-value						
سویه Strain	0.048	0.139	0.069	0.447	0.137	0.010 0.003
پروبیوتیک Probiotic	0.001	0.018	0.220	0.290	0.001	0.013 0.001
سویه × پروبیوتیک Strain × probiotic	0.006	0.058	0.092	0.019	0.002	0.180 0.047

a-c: حروف غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی دار ($P < 0.05$) است. ۱: ارتفاع بزر به عمق کریپت
Means within the same row indicated by different letters are significantly different ($P < 0.05$).
¹ Villus height to crypt deep ratio

افزودنی و بیوسل مصرف کرده بودند، اختلاف معنی داری داشت. اثر متقابل سویه و پروبیوتیک بر جمعیت میکروبی کلی فرم اثر معنی داری نداشت. باین حال، بیشترین جمعیت کلی فرم در سویه راس مشاهده شد که نسبت به آراین بابلسر اختلاف معنی داری داشت. استفاده از پروبیوتیک بیوسل نسبت به تیمار بدون افزودنی موجب کاهش جمعیت کلی فرم گردید ($P < 0.05$).

مهم ترین باکتری های موجود در روده کوچک، باکتری های مولد

تیمارهای آزمایشی بر جمعیت میکروبی ایلئوم روده جوجه های گوشتی در سن ۴۲ روزگی در جدول ۴ نشان داده شده است. نتایج اثر متقابل سویه و پروبیوتیک بر جمعیت میکروبی لاکتوباسیلوس معنی دار بود ($P < 0.05$) و بیشترین جمعیت باکتری های لاکتوباسیل در پرندگان سویه آراین دیزباد تغذیه شده با جیره حاوی پروبیوتیک لاکتوفید مشاهده شد که نسبت به پرندگان همین سویه و بدون افزودنی و پرندگان سویه آراین بابلسر که جیره های حاوی بدون

پروبیوتیک پریمالاک در سطوح ۹۰۰ و ۲۲۵ گرم در تن خوراک به‌ترتیب در جیره آغازین و پایانی باعث افزایش جمعیت باکتری‌های *لاکتوباسیلوس* نسبت به گروه شاهد می‌گردد. جهانبانی و همکاران (Jahanbani et al., 2016) بیان کردند که پروبیوتیک پریمالاک، جمعیت باکتری‌های *لاکتوباسیلوس* ایلئوم جوجه‌های گوشتی را افزایش می‌دهد که با نتایج پژوهش حاضر همسو می‌باشد. نتایج مطالعات مختلف نشان دادند که استفاده از پروبیوتیک‌ها در جیره جوجه‌های گوشتی مانع از رشد و تکثیر باکتری‌های بیماری‌زا مانند *اشریشیاکلی*، *سالمونلا* و *ایمریا* و از طرفی منجر به حفظ باکتری‌های مفید در دستگاه گوارش پرنده می‌شود (Pan and Yu, 2014). پروبیوتیک‌ها از طریق پدیده حذف رقابتی با کاهش جمعیت باکتری‌های گرم منفی بیماری‌زا و کاهش pH سبب افزایش جمعیت *لاکتوباسیل*‌ها می‌شوند. علت تفاوت بین نتایج مطالعات مختلف با ترکیب جیره و همچنین نوع و سطح پروبیوتیک مورد استفاده مرتبط می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که سویه راس با مصرف خوراک کمتر (نسبت به آرین دیزباد ۳/۶۸ درصد و نسبت به آرین بابلسر ۴/۳۱ درصد)، ضریب تبدیل خوراک پایین‌تری نسبت به آرین دیزباد (۴/۳ درصد) و سویه آرین بابلسر (۲/۲ درصد) داشت. استفاده از پروبیوتیک‌های بیوسل و لاکتوفید موجب بهبود عملکرد رشد شد. پروبیوتیک‌های لاکتوفید و پری‌مالاک به‌ترتیب در بهبود لیپیدهای خون و ریخت‌شناسی روده اثرگذار بودند و هر سه پروبیوتیک، جمعیت میکروبی روده را بهبود بخشیدند. بنابراین با توجه به شرایط پرورشی، پرورش جوجه گوشتی راس و استفاده از پروبیوتیک لاکتوفید توصیه می‌شود.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافی بین نویسندگان وجود ندارد.

سپاسگزاری

این تحقیق در قالب طرح پژوهشی به شماره ابلاغیه ۱۴۰۱/د/۵۷۵۷ مورخ ۱۴۰۱/۰۴/۱۲ با استفاده از اعتبارات دانشگاه بیرجند انجام شده است که بدینوسیله تشکر و قدردانی می‌شود.

اسید لاکتیک (*لاکتوباسیل*‌ها) می‌باشند. *لاکتوباسیل*‌ها قادر به تولید مقادیر زیادی لاکتات از کربوهیدرات‌ها هستند و همراه با آن می‌توانند درجه بالایی از اسیدیته را تحمل کنند. این در حالی است که pH پایین برای سایر باکتری‌ها از جمله کلی‌فرم‌ها، کشنده است (Haghighi et al., 2005). بنابراین افزایش جمعیت *لاکتوباسیل*‌ها از طریق مهار رقابتی باکتری‌های بیماری‌زا موجب بهبود عملکرد طیور می‌شود (Chen et al., 2012). بیبو و همکاران (Bibbo et al., 2016) بیان کردند که جمعیت میکروبی دستگاه گوارش تحت تأثیر دو عامل ژنتیک و محیط قرار می‌گیرد که در بین عوامل محیطی نیز ترکیب جیره غذایی نقش مهمی در تغییر جمعیت میکروبی دارد. در مطالعه حاضر با توجه به اینکه ترکیب جیره مورد استفاده برای تیمارهای مختلف یکسان بود، بنابراین خصوصیات ژنتیکی، نژاد راس و همچنین تأثیر پروبیوتیک لاکتوفید منجر به افزایش جمعیت *لاکتوباسیل*‌ها گردید. برخلاف نتایج مطالعه حاضر، ورمقانی و همکاران (Varmaghani et al., 2020) تفاوتی بین جمعیت میکروبی سویه‌های مختلف هنگامی که با ترکیب جیره غذایی یکسانی تغذیه شدند، مشاهده نکردند. پروبیوتیک‌ها در دستگاه گوارش دام و طیور و آبزیان با ایجاد تغییرات مفید در جمعیت میکروبی روده و نگهداری فلور میکروبی طبیعی آن از طریق تحریک رشد باکتری‌های مفید و کاهش جمعیت ریزجانداران بیماری‌زا به‌وسیله رقابت آن‌ها در جهت استفاده از مواد مغذی منجر به تحریک رشد باکتری‌های مولد اسید لاکتیک و تولید لاکتات می‌گردد. به‌دنبال افزایش لاکتات، pH روده کاهش یافته که با جلوگیری از رشد میکروب‌های بیماری‌زا، تغییر سوخت‌وساز با افزایش آنزیم‌های گوارشی و کاهش فعالیت آنزیم‌های باکتریایی و تولید آمونیاک، اثرات مثبت خود را بر عملکرد و سامانه ایمنی اعمال می‌کند (Brisbin et al., 2008). تحقیقات مختلفی تأثیر مثبت استفاده از پروبیوتیک‌ها را در بهبود رشد و حفظ جمعیت باکتری‌های مفید روده جوجه‌های گوشتی نشان دادند (Mountzouris et al., 2009). در آزمایشی (Gunal et al., 2006) گزارش شد که تعداد باکتری‌های گرم‌منفی در ژژنوم جوجه‌های گوشتی دریافت‌کننده تیمار حاوی پروبیوتیک در سن ۲۱ و ۴۲ روزگی به‌طور معنی‌داری کمتر از جوجه‌های گروه شاهد بود که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. یخکشی و همکاران (Yakhkeshi et al., 2011) گزارش کردند که تعداد باکتری‌های *لاکتوباسیلوس* از نظر عددی در گروه‌های حاوی پروبیوتیک بیشتر از گروه حاوی آنتی-بیوتیک و شاهد می‌باشد. همسو با نتایج مطالعه حاضر، ابراهیمی و همکاران (Ebrahimi et al., 2016) گزارش کردند که استفاده از

References

1. Abdel-Moneim, A. M. E., Selim, D. A., Basuony, H. A., Sabic, E. M., Saleh, A. A., & Ebeid, T. A. (2020). Effect of dietary supplementation of *Bacillus subtilis* spores on growth performance, oxidative status, and digestive enzyme activities in Japanese quail birds. *Tropical Animal Health and Production*, 52, 671-680. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02055-1>.
2. Abdelrahman, W., Mohnl, M., Teichmann, K., Doupovec, B., Schatzmayr, G., Lumpkins, B., & Mathis, G. (2014). Comparative evaluation of probiotic and salinomycin effects on performance and coccidiosis control in broiler chickens. *Poultry Science*, 93(12), 3002-3008. <https://doi.org/10.3382/ps.2014-04212>.
3. Abudabos, A. M., Aljumaah, M. R., Alkhulaifi, M. M., Alabdullatif, A., Suliman, G. M., & Sulaiman, A. R. A. (2020). Comparative effects of *Bacillus subtilis* and *Bacillus licheniformis* on live performance, blood metabolites and intestinal features in broiler inoculated with *Salmonella* infection during the finisher phase. *Microbial Pathogenesis*, 139, 103870. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2019.103870>.
4. Akhtar, A., Rasheed, R., Talha, R., Naseer, N., Ramzan, M. M., Altaf, N., Fatima, N., Saleem, I., Kauser, S., & Saqib, M. A. (2024). Enhancing Probiotic and Vitamin E supplementation to optimize growth potential in broiler chicks. *Chelonian Research Foundation*, 19(01).
5. Al-Mutairi, H. M., Hussein, E. O., Jar El Nabi, A. R., Swelum, A. A., Abd El-Hack, M. E., Taha, A. E., & Al-Mufarrej, S. I. (2020). Does the consumption of acidified drinking water affect growth performance and lymphoid organs of broilers? *Sustainability*, 12(8), 3093. <https://doi.org/10.3390/su12083093>.
6. Al-Otaibi, A. M., Abd El-Hack, M. E., Dmour, S. M., Alsowayeh, N., Khafaga, A. F., Ashour, E. A., Nour-Eldeen, M. A., & Świątkiewicz, S. (2023). A narrative review on the beneficial impacts of probiotics on poultry: an updated knowledge. *Annals of Animal Science*, 23(2), 405-418. <https://doi.org/10.2478/aoas-2023-0001>.
7. Alexandratos, N., & Bruinsma, J. (2012). World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. ESA Working paper, 3-12, Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <https://doi.org/10.22004/ag.econ.288998>.
8. Amao, S., Ojedapo, L., & Oso, O. (2015). Evaluation of two commercial broiler strains differing in efficiency of feed utilization. *Journal of New Sciences*, 14(1)432-437.
9. Amoah, K., Dong, X.-h., Tan, B.-p., Zhang, S., Chi, S.-y., Yang, Q.-h., Liu, H.-y., Yang, Y.-z., & Zhang, H. (2021). Effects of three probiotic strains (*Bacillus coagulans*, *B. licheniformis* and *Paenibacillus polymyxa*) on growth, immune response, gut morphology and microbiota, and resistance against *Vibrio harveyi* of northern whittings, *Sillago sihama* Forsskal (1775). *Animal Feed Science and Technology*, 277, 114958. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114958>.
10. Angulo, M., Reyes-Becerril, M., Medina-Córdova, N., Tovar-Ramírez, D., & Angulo, C. (2020). Probiotic and nutritional effects of *Debaryomyces hansenii* on animals. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 104, 7689-7699. <https://doi.org/10.1007/s00253-020-10780-z>.
11. Ashayerizadeh, O., Dastar, B., Samadi, F., Khomeiri, M., Yamchi, A., & Zerehdaran, S. (2016). Effects of lactobacillus-based probiotic on performance, gut microflora, hematology and intestinal morphology in young broiler chickens challenged with *Salmonella* Typhimurium. *Poultry Science Journal*, 4(2), 157-165. <https://doi.org/10.22069/PSJ.2016.11164.1191>.
12. Badamasi, A., Ibrahim, H., & Yahaya, H. (2014). Comparative evaluation of feed conversion efficiency and mortality rate of two broiler strains under the same dietary conditions. *International Journal Animal and Veterinary Advances*, 6(1), 5-7. <https://doi.org/10.19026/ijava.6.5609>.
13. Bahrapour, K., Afsharmanesh, M., & Bami, M. K. (2020). Comparative effects of dietary *Bacillus subtilis*, *Bacillus coagulans* and *Flavophospholipol* supplements on growth performance, intestinal microflora and jejunal morphology of Japanese quail. *Livestock Science*, 239, 104089. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104089>.
14. Bibbo, S., Ianiro, G., Giorgio, V., Scaldaferrì, F., Masucci, L., Gasbarrini, A., & Cammarota, G. (2016). The role of diet on gut microbiota composition. *European Review for Medical & Pharmacological Sciences*, 20(22).
15. Brisbin, J. T., Zhou, H., Gong, J., Sabour, P., Akbari, M. R., Haghighi, H. R., Yu, H., Clarke, A., Sarson, A. J., & Sharif, S. (2008). Gene expression profiling of chicken lymphoid cells after treatment with *Lactobacillus acidophilus* cellular components. *Developmental & Comparative Immunology*, 32(5), 563-574. <https://doi.org/10.1016/j.dci.2007.09.003>.
16. Brudnicki, A., Brudnicki, W., Szymeczko, R., Bednarczyk, M., Pietruszyńska, D., & Kirkillo-Stacewicz, K. (2017). Histo-morphometric adaptation in the small intestine of broiler chickens after embryonic exposure to α -galactosides. *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*, 27(4), 1075-1082.
17. Chamani, M. (2016). Efficacy of Bactocell® and Toyocerin® as probiotics on growth performance, blood parameters and intestinal morphometry of Turkey poults. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 6(1), 211-218.
18. Chen, C.-Y., Tsen, H.-Y., Lin, C.-L., Yu, B., & Chen, C.-S. (2012). Oral administration of a combination of select lactic acid bacteria strains to reduce the *Salmonella* invasion and inflammation of broiler chicks. *Poultry Science*, 91(9), 2139-2147. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02237>.

19. Chichlowski, M., Croom, W., Edens, F., McBride, B., Qiu, R., Chiang, C., Daniel, L., Havenstein, G., & Koci, M. (2007). Microarchitecture and spatial relationship between bacteria and ileal, cecal, and colonic epithelium in chicks fed a direct-fed microbial, PrimaLac, and salinomycin. *Poultry Science*, 86(6), 1121-1132. <https://doi.org/10.1093/ps/86.6.1121>.
20. Danisman, R., & Gous, R. (2010). Effect of dietary protein on the allometric relationships between some carcass portions and body protein in three broiler strains. *South African Journal of Animal Science*, 41, 194-208. doi: <https://doi.org/10.4314/sajas.v41i3.2>.
21. Dansethakul, P., Thapanathamchai, L., Saichanma, S., Worachartcheewan, A., & Pidetcha, P. (2015). Determining a new formula for calculating low-density lipoprotein cholesterol: data mining approach. *EXCLI journal*, 14, 478. <https://doi.org/10.17179/excli2015-162>.
22. de Los Santos, F. S., Farnell, M., Tellez, G., Balog, J., Anthony, N., Torres-Rodriguez, A., Higgins, S., Hargis, B., & Donoghue, A. (2005). Effect of prebiotic on gut development and ascites incidence of broilers reared in a hypoxic environment. *Poultry Science*, 84(7), 1092-1100. <https://doi.org/10.1093/ps/84.7.1092>.
23. De Ridder, K., Levesque, C., Htoo, J., & De Lange, C. (2012). Immune system stimulation reduces the efficiency of tryptophan utilization for body protein deposition in growing pigs. *Journal of Animal Science*, 90(10), 3485-3491. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4830>.
24. Ebrahimi, H., Houshmand, M., Khajavi, M., & Naghiha, A. (2016). Single or Combined Effects of Prebiotic and Probiotic on Performance, Immunity Response and Gut Flora of Broiler Chickens. *Research on Animal Production*, 7(13), 69-60. <https://doi.org/10.18869/acadpub.rap.7.13.69> (In Persian).
25. Elleithy, E. M., Bawish, B. M., Kamel, S., Ismael, E., Bashir, D. W., Hamza, D., & Fahmy, K. N. E.-d. (2023). Influence of dietary Bacillus coagulans and/or Bacillus licheniformis-based probiotics on performance, gut health, gene expression, and litter quality of broiler chickens. *Tropical Animal Health and Production*, 55(1), 38. <https://doi.org/10.1007/s11250-023-03453-2>.
26. Enan, G., Amen, S., Abd El-badiea, A., Abd El-Hack, M. E., & Abdel-Shafi, S. (2023). The pathogen inhibition effects of probiotics and prebiotics against spp. in chicken. *Annals of Animal Science*, 23(2), 537-544. <https://doi.org/10.2478/aoas-2022-0081>.
27. Feng, Y., Wu, X., Hu, D., Wang, C., Chen, Q., & Ni, Y. (2023). Comparison of the Effects of Feeding Compound Probiotics and Antibiotics on Growth Performance, Gut Microbiota, and Small Intestine Morphology in Yellow-Feather Broilers. *Microorganisms*, 11(9), 2308. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11092308>.
28. Gadde, U., Kim, W., Oh, S., & Lillehoj, H. S. (2017). Alternatives to antibiotics for maximizing growth performance and feed efficiency in poultry: a review. *Animal Health Research Reviews*, 18(1), 26-45. <https://doi.org/10.1017/S1466252316000207>.
29. Gernat, A., Santos, F., & Grimes, J. (2021). Alternative approaches to antimicrobial use in the Turkey industry: challenges and perspectives. *German Journal of Veterinary Research*, 1(3), 37-47. <https://doi.org/10.51585/gjvr.2021.3.0018>.
30. Gunal, M., Yayli, G., Kaya, O., Karahan, N., & Sulak, O. (2006). The effects of antibiotic growth promoter, probiotic or organic acid supplementation on performance, intestinal microflora and tissue of broilers. *International Journal of Poultry Science*, 5(2), 149-155. <https://doi.org/10.3923/ijps.2006.149.155>.
31. Guo, M., Li, M., Zhang, C., Zhang, X., & Wu, Y. (2020). Dietary administration of the Bacillus subtilis enhances immune responses and disease resistance in chickens. *Frontiers in Microbiology*, 11, 1768. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01768>.
32. Hafez, H. M., & Attia, Y. A. (2020). Challenges to the poultry industry: current perspectives and strategic future after the COVID-19 outbreak. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 516. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00516>.
33. Haghighi, H. R., Gong, J., Gyles, C. L., Hayes, M. A., Sanei, B., Parvizi, P., Gisavi, H., Chambers, J. R., & Sharif, S. (2005). Modulation of antibody-mediated immune response by probiotics in chickens. *Clinical and Vaccine Immunology*, 12(12), 1387-1392.
34. Hazrati, S., Rezaeipour, V., & Asadzadeh, S. (2020). Effects of phytogenic feed additives, probiotic and mannan-oligosaccharides on performance, blood metabolites, meat quality, intestinal morphology, and microbial population of Japanese quail. *British poultry Science*, 61(2), 132-139. <https://doi.org/10.1080/00071668.2019.1686122>.
35. Henwork. (2024). <https://www.henwork.com/priceAndAnalysis/jooje-rizi/production>
36. Hong, H. A., Duc, L. H., & Cutting, S. M. (2005). The use of bacterial spore formers as probiotics. *FEMS Microbiology Reviews*, 29(4), 813-835. <https://doi.org/10.1016/j.femsre.2004.12.001>.
37. Hossain, M., Suvo, K., & Islam, M. (2011). Performance and economic suitability of three fast-growing broiler strains raised under farming condition in Bangladesh. *International Journal of Agricultural Research, Innovation and Technology (IJARIT)*, 1, 37-43. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.305263>.
- 38.
39. Hussien, A., Ismael, E., Bawish, B. M., Kamel, S., Ismail, E. Y., El Bendari, E. K., & Fahmy, K. N. E.-d. (2022). Response of Broiler Chickens to the Dietary Fortification of Bile Acid. *Journal of Advanced Veterinary Research*,

- 12(5), 582-587.
40. Ilemobayo, J., Berger, M., Gutierrez, M., & Tomori, A. (2024). *Factors Influencing Chick Quality in Broilers: A Comprehensive Review*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.34371.17442>.
 41. Jahanbani, H., Hosseini-Vashan, S. J., Ghiasi, S. E., & Mohammadi, A. (2016). Effect of Enterococcus facium isolates from Coracias garrulus and Lactofeed probiotic on performance, blood parameters and intestine microflora of broiler chickens. *Animal Production Research*, 4(4), 47-61. (In Persian)
 42. Jahanian Najafabadi, H., Zamani, P., Ighani, V., Reza Yazdi, K., & Zarafrouz, F. (2019). Evaluation the effect of diets formulated according to the Arian and Ross strains catalogue on performance and carcass characteristics of broilers. *Animal Sciences Journal*, 31(121), 275-302. <https://doi.org/10.22092/asj.2018.110276.1479>.
 43. Kafilzadeh, F., & Safari, P. M. (2003). The effect of feeding different levels of immunobac probiotic on the performance of broilers. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 9(4), 173-184. [In Persian]
 44. Kamboh, A. A. (2018). Synergetic effects of multispecies probiotic supplementation on certain blood parameters and serum biochemical profile of broiler chickens. *Journal of Animal Health and Production*, 6(1), 27-34. <https://doi.org/10.17582/journal.jahp/2018/6.1.27.34>.
 45. Khabirov, A., Khaziakhmetov, F., Kuznetsov, V., Tagirov, H., Rebezov, M., Andreyeva, A., Basharov, A., Yessimbekov, Z., & Ayaz, M. (2021). Effect of normosil probiotic supplementation on the growth performance and blood parameters of broiler chickens. *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research*, 55(1), <https://doi.org/10.5530/ijper.54.4.199>.
 46. Khan, S., Chand, N., Hafeez, A., & Ahmad, N. (2024). Efficacy of Gum Arabic and Bacillus subtilis Alone and in Synbiotic Form on Overall Performance, Visceral and Lymphoid Organs Along with Intestinal Histomorphology and Selected Pathogenic Bacteria in Broiler Chickens. *Pakistan Journal of Zoology*, 56(2). 1-8. <https://doi.org/10.17582/journal.pjz/20220618190605>.
 47. Kiaalhosseini, F. S., & Dastar, B. (2023). Effect of Different Levels of Probiotic Primalac and Kappa-Carrageenan on Growth Performance, Gut Microbiota and Blood Parameters of Broiler Chickens [Research]. *Research on Animal Production*, 14(41), 59-69. <https://doi.org/10.61186/rap.14.41.59>.
 48. Li, C. (2017). Growth and development of two broiler strains with low protein and crystalline amino acid supplemented diets. *Louisiana State University and Agricultural & Mechanical College*. https://doi.org/10.31390/gradschool_theses.4365
 49. Li, Y.-b., Xu, Q.-q., Yang, C.-j., Yang, X., Lv, L., Yin, C.-h., Liu, X.-l., & Yan, H. (2014). Effects of probiotics on the growth performance and intestinal micro flora of broiler chickens. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 27 (3), 713-717.
 50. Lotfan, M., Nazer Adl, K., Ebrahimnezhad, Y., Moghaddam, M. (2009). Investigating the effect of prebiotic source and level on the growth performance of broiler chickens. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 16(1), 141-152. (In Persian)
 51. Mahmoodtabar, A., Karimi Torshizi M. A., Sharafi, M., Mojgani, N. (2018). The effect of some poultry probiotics produced in Iran on performance parameters, economic indices and small intestinal morphology of broilers. *Iranian Journal of Animal Science*, 49(3), 415-425. <https://doi.org/10.22059/ijas.2018.249544.653602>. (In Persian)
 52. Maldonado Galdeano, C., Cazorla, S. I., Lemme Dumit, J. M., Vélez, E., & Perdigón, G. (2019). Beneficial effects of probiotic consumption on the immune system. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 74(2), 115-124. <https://doi.org/10.1159/000496426>.
 53. Manafi Azar, Q., Akhavan, M. H. A., Jahangir, & Mehdi, F. (2008). Comparison growth and carcass traits of commercial broiler strains in Iran. *Pajouhesh & Sazandegi*, 78, 88-94. (In Persian)
 54. Mountzouris, K., Balaskas, C., Xanthakos, I., Tzivinikou, A., & Fegeros, K. (2009). Effects of a multi-species probiotic on biomarkers of competitive exclusion efficacy in broilers challenged with Salmonella enteritidis. *British poultry science*, 50(4), 467-478. <https://doi.org/10.1080/00071660903110935>.
 55. Murry, A., Hinton, A., & Buhr, R. (2006). Effect of botanical probiotic containing lactobacilli on growth performance and populations of bacteria in the ceca, cloaca, and carcass rinse of broiler chickens. *International Journal of Poultry Science*, 5(4), 344-350. <https://doi.org/10.3923/ijps.2006.344.350>.
 56. Pan, D., & Yu, Z. (2014). Intestinal microbiome of poultry and its interaction with host and diet. *Gut microbes*, 5(1), 108-119. <https://doi.org/10.4161/gmic.26945>.
 57. Park, I., Lee, Y., Goo, D., Zimmerman, N., Smith, A., Rehberger, T., & Lillehoj, H. S. (2020). The effects of dietary Bacillus subtilis supplementation, as an alternative to antibiotics, on growth performance, intestinal immunity, and epithelial barrier integrity in broiler chickens infected with Eimeria maxima. *Poultry Science*, 99(2), 725-733. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.12.002>.
 58. Prakatur, I., Miskulin, M., Pavic, M., Marjanovic, K., Blazicevic, V., Miskulin, I., & Domacinovic, M. (2019). Intestinal morphology in broiler chickens supplemented with propolis and bee pollen. *Animals*, 9(6), 301. <https://doi.org/10.3390/ani9060301>.
 59. Rahmani, H., & Speer, W. (2005). Natural additives influence the performance and humoral immunity of broilers.

- International Journal of Poultry Science*, 4(9), 713-717. <https://doi.org/10.3923/ijps.2005.713.717>
60. Razmgah, N., Torshizi, M. A. K., Sanjabi, M. R., & Mojgani, N. (2020). Anti-mycotoxigenic properties of probiotic *Bacillus* spp. in Japanese quails. *Tropical Animal Health and Production*, 52, 2863-2872. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02223-8>.
61. Rehman, A., Arif, M., Sajjad, N., Al-Ghadi, M., Alagawany, M., Abd El-Hack, M., Alhimaidi, A., Elnesr, S., Almutairi, B., & Amran, R. (2020). Dietary effect of probiotics and prebiotics on broiler performance, carcass, and immunity. *Poultry Science*, 99(12), 6946-6953. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.09.043>.
62. Reis, S., Conceição, L., Rosa, D., Siqueira, N., & Peluzio, M. (2017). Mechanisms responsible for the hypocholesterolaemic effect of regular consumption of probiotics. *Nutrition Research Reviews*, 30(1), 36-49. <https://doi.org/10.1017/S0954422416000226>.
63. Rezaei, H., Khorshidi, K., & Fallah, R. (2013). The effect of feeding primalac probiotics on growth performance and blood parameters of ostriches. *Malaysian Journal of Animal Science*, 16(1), 79-86.
64. Risdianto, D., Suthama, N., Suprijatna, E., & Sunarso, S. (2019). Inclusion effect of ginger and turmeric mixture combined with *Lactobacillus* spp. isolated from rumen fluid of cattle on health status and growth of broiler. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 44(4), 423-433. <https://doi.org/10.14710/jitaa.44.4.423-433>.
65. Saki, A., Momeni, M., Tabatabaei, M., Ahmadi, A., Rahmati, M., Matin, H. H., & Janjan, A. (2010). Effect of feeding programs on broilers Cobb and Arbor Acres plus performance. *International Journal of Poultry Science*, 9(8), 795-800. <https://doi.org/10.3923/ijps.2010.795.800>.
66. Samadian, F., Karimi Torshizi, M. A., & Eivakpour, A. (2023). Comparison of performance, carcass traits, meat quality, and blood parameters of Arian and Ross308 broiler strains. *Journal of Animal Production*, 25(3), 281-294. <https://doi.org/10.22059/jap.2023.355642.623732> (In Persian)
67. Safari Samani, E., & Akbari Samani, A. (2014). Effect of probiotic supplementation on growth performance of broiler chicks. *Experimental Animal Biology*, 1(4), 29-45. (In Persian)
68. Shirmohammad, F., Joezy-shekalgorabi, S., & Moharrami, V. (2015). Investigation of the effect of Primalac probiotic and Fermacto prebiotic on growth performance and carcass quality of broilers. *Animal Production Research*, 4(2), 9-19. (In Persian)
69. Stęczyński, K., & Kokoszyński, D. (2021). Effect of probiotic preparations (EM) on productive characteristics, carcass composition, and microbial contamination in a commercial broiler chicken farm. *Animal Biotechnology*, 32(6), 758-765. <https://doi.org/10.1080/10495398.2020.1754841>.
70. Sterling, K. G., Pesti, G. M., & Bakalli, R. I. (2006). Performance of Different Broiler Genotypes Fed Diets with Varying Levels of Dietary Crude Protein and Lysine. *Poultry Science*, 85(6), 1045-1054. <https://doi.org/10.1093/ps/85.6.1045>.
71. Sugiharto, S., Yudiarti, T., Isroli, I., Widiastuti, E., Wahyuni, H. I., & Sartono, T. A. (2018). The effect of fungi-origin probiotic *Chrysonilia crassa* in comparison to selected commercially used feed additives on broiler chicken performance, intestinal microbiology, and blood indices. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 5(3), 332-342. <https://doi.org/10.5455/javar.2018.e284>.
72. Taheri, H. R., Moravej, H., Malakzadegan, A., Tabandeh, F., Zaghari, M., Shivazad, M., & Adibmoradi, M. (2010). Efficacy of *Pediococcus acidilactici*-based probiotic on intestinal Coliforms and villus height, serum cholesterol level and performance of broiler chickens. *African Journal of Biotechnology*, 9(44), 7564-7567. <https://doi.org/10.5897/AJB10.535>.
73. Tellez-Isaias, G., Vuong, C. N., Graham, B. D., Selby, C. M., Graham, L. E., Senas-Cuesta, R., Barros, T. L., Beer, L. C., Coles, M. E., & Forga, A. J. (2021). Developing probiotics, prebiotics, and organic acids to control *Salmonella* spp. in commercial turkeys at the University of Arkansas, USA. *German Journal of Veterinary Research*, 1, 7-12. <https://doi.org/10.51585/gjvr.2021.3.0014>.
74. Tomczyk, G., Niczyporuk, J. S., Kozdruń, W., Sawicka-Durkalec, A., Bocian, Ł., Barabasz, M., & Michalski, M. (2024). Probiotic supplementation as an alternative to antibiotics in broiler chickens. *Journal of Veterinary Research*, 68, 147-154. <https://doi.org/10.2478/jvetres-2024-0009>.
75. Uni, Z., Geyra, A., Ben-Hur, H., & Sklan, D. (2000). Small intestinal development in the young chick: crypt formation and enterocyte proliferation and migration. *British Poultry Science*, 41(5), 544-551. <https://doi.org/10.1080/00071660020009054>.
76. Varmaghani, S., Gharaei, M.A., Abolfathi, H., Khatibjoo, A., Taherpour, K., & Jafari, H. (2019). The comparison of immune system, microbial population, blood parameters and performance traits of five common broiler strains in Iran. *Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*, 128, 53-68. (In Persian)
77. Vinderola, C. G., Gueimonde, M., Delgado, T., Reinheimer, J. A., & De Los Reyes-Gavilan, C. (2000). Characteristics of carbonated fermented milk and survival of probiotic bacteria. *International Dairy Journal*, 10(3), 213-220. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(00\)00031-5](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(00)00031-5).
78. Wang, Y., Heng, C., Zhou, X., Cao, G., Jiang, L., Wang, J., Li, K., Wang, D., & Zhan, X. (2021). Supplemental *Bacillus subtilis* DSM 29784 and enzymes, alone or in combination, as alternatives for antibiotics to improve

- growth performance, digestive enzyme activity, anti-oxidative status, immune response and the intestinal barrier of broiler chickens. *British Journal of Nutrition*, 125(5), 494-507. <https://doi.org/10.1017/S0007114520002755>.
79. Yakhkeshi, S., Rahimi, S., & Gharib, N. K. (2011). The effects of comparison of herbal extracts, antibiotic, probiotic and organic acid on serum lipids, immune response, GIT microbial population, intestinal morphology and performance of broilers. *Journal of Medicinal Plants*, 10(37), 80-95.
80. Yousefi, K., Allymehr, M., Talebi, A., & Tukmechi, A. (2024). A comparative study on the expression of myogenic genes, and their effects on performance and meat quality in broiler chicken strains. *Veterinary Research Forum*, 15(5), 243-250. <https://doi.org/10.30466/vrf.2024.2014542.4046>.
81. Zaghari, M., Sarani, P., & Hajati, H. (2020). Comparison of two probiotic preparations on growth performance, intestinal microbiota, nutrient digestibility and cytokine gene expression in broiler chickens. *Journal of Applied Animal Research*, 48(1), 166-175. <https://doi.org/10.1080/09712119.2020.1754218>.
82. Zhao, J., Chen, J., Zhao, G., Zheng, M., Jiang, R., & Wen, J. (2009). Live performance, carcass composition, and blood metabolite responses to dietary nutrient density in two distinct broiler breeds of male chickens. *Poultry Science*, 88(12), 2575-2584. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00245>.



Research Article

Vol. 17, No.3, 2025, p. 341-360

Investigate the Effect of Commercial Strain Type and Feeding Methods on Performance, Intestinal Morphological Parameters, and Immune System of Broiler Chickens

Hesamuddin Zahabi¹, Hasan Rouhanipour², Kazem Yussefi Kelarikolaei^{3*}, Seyed Davood Sharifi⁴, Seyyed Abdollah Hosseini⁵, Ali Solbi³

1- Department of Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

2- Department of Animal and Poultry Science, Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

3- Animal Science Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran

4- Department of Animal and Poultry Sciences, Faculty of Agricultural Technology, University of Tehran, Pakdasht, Iran

5- Department of Animal and Poultry Nutrition Research, Animal Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

*Corresponding Author's Email: k.yusefi@areeo.ac.ir

How to cite this article:

Received: 11-04-2025
Revised: 21-06-2025
Accepted: 29-06-2025
Available Online: 05-10-2025

Zahabi, H., Rouhanipour, H., Yussefi Kelarikolaei, K., Sharifi, S. D., Hosseini, S. A., & Solbi, A. (2025). Investigate the effect of commercial strain type and feeding methods on performance, intestinal morphological parameters, and immune system of broiler chickens. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 17(3), 341-360. (in Persian with English abstract)
<https://doi.org/10.22067/IJASR.2025.92757.1244>

Introduction: The feed restriction program is one of the main techniques in growth curve manipulation for increasing production efficiency in broiler chicken. Quantities and qualitative feed restriction are procedures that can be used to manipulate the feeding strategies of poultry in order to decrease growth and metabolic rate to some extent and so alleviate the incidence of some metabolic diseases such as ascites, lameness, mortality, and sudden death syndrome and so improving feed conversion and reducing feed cost. Also to produce a leaner bird and reduce the unfavorable effects of fat on human health, and to reduce fat deposition in broiler carcasses using of feed restriction programs can be profitable in broiler chickens production. This article surveys new findings in feed restriction of broilers and evaluates the application of feed restriction methods to broiler chicken production. Arian broiler is one of the meat strains that originated in Iran and considering that several decades have passed since the arrival of Arian line in the Iran country, It is necessary to carry out Time nutritional experiments to more accurately meet the requirement of them with regard to optimizing growth, FCR, carcass efficiency and increasing tissue by increasing the density of nutrients such as AA. Therefore, the objective of this study was to investigate the effect of commercial strain type and feeding methods on performance, intestinal morphological parameters, and immune system of broiler chickens.

Materials and Methods: The experiment was conducted for 45 days using 600 broiler chicks in a 2 × 3 factorial arrangement under a completely randomized design. The factors included two commercial strains (Arian and Ross 308) and three feeding methods (free access, intermittent feed restriction, and time feed restriction), with 6 treatments, 5 replicates and 20 birds per replicate. The diets of experimental included T1: Arian strain broilers with free access to feed, T2: Arian strain broilers with intermittent access to feed, T3: Arian strain broilers with time feed



©2025 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.

<https://doi.org/10.22067/IJASR.2025.92757.1244>

restriction method, T4: Ross 308 strain broilers with free access to feed, T5: Ross 308 strain broilers with intermittent access to feed, T6: Ross 308 strain broilers with time feed restriction method. At 45 days of age, 6 bird from each replicate were randomly selected, weighed, and killed). Feed intake of experimental units was calculated from the fraction of feed consumed at the end of the period from the feed allocated at the beginning of the period, based on chick days. At the end of 45 weeks, maturation parameters including body weight and length, neck length, wing length, shank length and diameter were measured. To determine blood parameters, 12 birds were selected from each dietary treatment (2 birds /pen), and blood samples of approximately 5 ml were obtained from the wing vein after a 2-hour feeding withdrawal. At the end of the experiment (45 days of age), the weighed broilers were cut using the cervical dislocation method and then plucked and eviscerated. The internal organs (heart, digestive tract, and fat tissue) were also weighed and expressed as percentages of the slaughter weight of broiler. Immediately after bird euthanasia, a 3-cm sample of the liver and middle portion of the jejunum (midpoint between the bile duct entry and Meckel's diverticulum) was collected, opened longitudinally, washed with PBS, and fixed in 10% formaldehyde and phosphate buffer 0.1 M with pH 7.3. The data obtained from the experiment were analyzed in the form of a completely randomized design using SAS software version 9.4 (2024) 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 feed conversion ratio (FCR) of Arian strain broilers improved throughout the entire period when using the free feeding method, compared to Ross 308 strain broilers under the intermittent feed restriction method ($P < 0.05$). Time feed restriction in Arian broilers led to an increased shank thickness, compared to intermittent feed restriction in Arian broilers and free feeding in Ross 308 broilers ($P < 0.05$). The villus height to crypt depth ratio increased using the time-restricted feed method compared to the free access to feed method in Ross 308 strain broiler chickens ($P < 0.05$).

Conclusion: Based on these findings, Arian strain with time feed restriction and Ross 308 strain with free feeding showed the best weight performance. Overall, the time feed restriction method in Arian broiler chickens improved body physical parameters, intestinal morphometry, and enhanced immune system (decreased heterophil to lymphocyte ratio) and productive performance throughout the experimental period.

Keywords: Broiler, Feed access method, Feed restriction, Intestinal morphology, Physical parameters



بررسی تأثیر نوع سویه تجاری و روش‌های خوراک‌دهی بر عملکرد، فراسنجه‌های ریخت‌شناسی روده و سیستم ایمنی جوجه‌های گوشتی

حسام‌الدین ذهبی^۱، حسن روحانی‌پور^۲، کاظم یوسفی کلاریکلانی^{۳*}، سید داود شریفی^۴، سید عبدالله حسینی^۵، علی صلیبی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۰۸

چکیده

پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر نوع سویه‌های تجاری و روش‌های خوراک‌دهی بر عملکرد، صفات لاشه، فراسنجه‌های ریخت‌سنجی روده و سیستم ایمنی جوجه‌های گوشتی انجام شد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی به روش فاکتوریل ۲×۳ با دو نوع سویه تجاری (آرین و راس ۳۰۸) و سه روش خوراک‌دهی (دسترس آزاد، محدودیت متناوب خوراک و محدودیت زمانی خوراک) با استفاده از ۶۰۰ قطعه جوجه گوشتی با شش تیمار، پنج تکرار و ۲۰ پرنده در هر تکرار به مدت ۴۵ روز اجرا شد. در کل دوره پرورش، جوجه‌های گوشتی سویه آرین با دسترسی آزاد به دان، ضریب تبدیل خوراک بهتری نسبت به جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ تحت روش محدودیت خوراک با دسترسی متناوب نشان داد ($P < 0.05$). استفاده از روش محدودیت زمانی خوراک در جوجه‌های گوشتی سویه آرین سبب افزایش ضخامت ساق پا نسبت به روش محدودیت خوراک با دسترسی متناوب در جوجه‌های گوشتی سویه آرین و روش محدودیت خوراک با دسترسی آزاد در جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ شد ($P < 0.05$). نسبت طول پرز به عمق کریپت روده با استفاده از روش محدودیت زمانی خوراک نسبت به روش دسترسی آزاد به خوراک در جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ افزایش یافت ($P < 0.05$). براساس نتایج این تحقیق، سویه آرین با روش محدودیت زمانی خوراک و سویه راس ۳۰۸ با روش خوراک‌دهی آزاد بهترین عملکرد وزنی را داشتند. به طور کلی، روش محدودیت زمانی خوراک در جوجه‌های گوشتی نژاد آرین سبب بهبود شاخص‌های فیزیکی بدن، فراسنجه‌های ریخت‌سنجی روده و تقویت سیستم ایمنی (کاهش نسبت هتروفیل به لنفوسیت) و عملکرد تولیدی در کل دوره شد.

واژه‌های کلیدی: سلامت روده، طیور، عملکرد رشد، محدودیت خوراک

مقدمه

جوجه‌های گوشتی امروزی در طی برنامه‌های اصلاح‌نژادی از قابلیت سرعت رشد زیادی برخوردار شده‌اند که پیامد آن افزایش نیاز به مواد غذایی و مصرف زیاد خوراک است. به همین منظور، محققان برنامه‌های محدودیت خوراک را در پرورش جوجه‌های گوشتی به کار گرفتند (Korver et al., 2023). محدودیت خوراک در جوجه‌های گوشتی به معنای کنترل دسترسی پرنده به دان است، به طوری که نیازهای خوراکی آن برای حداکثر رشد به طور کامل تأمین نشود. محدودیت خوراک در گله می‌تواند به روش‌های مختلفی از جمله محدودیت کمی، محدودیت زمانی و محدودیت متناوب اعمال شود (Khetani et al., 2009). شدیدترین نوع محدودیت خوراک، محرومیت کامل (کمی و کیفی) از دسترسی به غذا می‌باشد. در روش محدودیت خوراک کمی، دسترسی فیزیکی پرنده به دان در ساعاتی از روز کاهش می‌یابد، ولی در روش محدودیت کیفی با رقیق نمودن

- ۱- بخش بهداشت و بیماری‌های طیور گروه علوم درمانگاهی دانشکده دامپزشکی دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
- ۲- گروه علوم دام و طیور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
- ۳- بخش علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران
- ۴- گروه علوم دام و طیور، دانشکده فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران
- ۵- بخش تحقیقات تغذیه دام و طیور، مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

(*)- نویسنده مسئول: (Email: k.yusefi@areeo.ac.ir)
<https://doi.org/10.22067/IJASR.2025.92757.1244>

به منظور بررسی اثر دو سویه تجاری (آرین و راس ۳۰۸) و سه روش دسترسی پرند به خوراک (دسترسی آزاد، محدودیت متناوب خوراک و محدودیت زمانی خوراک) بر عملکرد، ریخت‌شناسی روده، سیستم ایمنی و خصوصیات لاشه جوجه‌های گوشتی انجام شد.

مواد و روش‌ها

پرنده‌ها، شرایط محیطی و جیره آزمایشی

این مطالعه در مزرعه تحقیقاتی مجتمع آموزشی و پرورش دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی واقع در پنج کیلومتری غربی شهرستان گرگان در استان گلستان در سال ۱۴۰۳ انجام شد. تعداد ۶۰۰ قطعه جوجه یک‌روزه جوجه‌های گوشتی آرین و راس ۳۰۸ با میانگین وزن 46 ± 1 گرم در آزمایشی به صورت فاکتوریل 2×3 با قالب طرح کاملاً تصادفی با شش تیمار و پنج تکرار و ۲۰ پرنده در هر تکرار به مدت ۴۵ روز پرورش داده شدند. عامل‌های آزمایشی شامل دو سویه جوجه‌های گوشتی آرین و راس ۳۰۸ و سه روش دسترسی به دان (دسترسی آزاد به دان، محدودیت متناوب خوراک و محدودیت زمانی خوراک) بود (جدول ۱ و جدول ۲). جیره‌ها برپایه دانه گندم، دانه ذرت و کنجاله سویا و در چهار دوره زمانی آغازین (۱۰-۰۰ روزگی)، رشد (۲۳-۱۱ روزگی)، میانی (۳۵-۲۴ روزگی) و پایانی (۴۵-۳۶ روزگی) تنظیم شدند. این جیره‌ها براساس احتیاجات غذایی و طبق راهنمای پرورش نژاد راس ۳۰۸ تنظیم شدند. تا سن ۱۱ روزگی همه جوجه‌ها آزادانه به دان دسترسی داشتند. از سن ۱۲ روزگی تا پایان دوره پرورش، سه روش دسترسی به دان شامل دسترسی آزاد، محدودیت متناوب خوراک و محدودیت زمانی خوراک اعمال شد. گروه‌های آزمایش شامل ۱- جوجه گوشتی آرین همراه با روش دسترسی آزاد به دان، ۲- جوجه گوشتی آرین همراه با روش محدودیت متناوب خوراک، ۳- جوجه گوشتی آرین همراه با روش محدودیت زمانی خوراک، ۴- جوجه گوشتی راس ۳۰۸ همراه با روش دسترسی آزاد به دان، ۵- جوجه گوشتی راس ۳۰۸ همراه با روش محدودیت متناوب خوراک، ۶- جوجه گوشتی راس ۳۰۸ همراه با روش محدودیت زمانی خوراک بودند.

روش دسترسی آزاد به دان: در این روش، جوجه‌ها در تمام

طول دوره آزمایش (از صفر تا ۴۵ روزگی)، بدون هیچ گونه محدودیتی به دان تازه دسترسی داشتند. برای اطمینان از دسترسی مداوم، دان خوری‌ها حداقل دو بار در روز (صبح و عصر) بازدید و مجدداً پر شدند تا همواره مقدار کافی دان در دسترس پرندگان باشد و اطمینان حاصل شد که پرندگان می‌توانند به مقدار دلخواه و در هر زمانی از شبانه‌روز تغذیه کنند.

روش محدودیت متناوب خوراک: در این روش، پرندگان در

دوره‌های زمانی مشخصی از دسترسی به دان به شرح زیر محروم شدند: ۱- از ۱۲ تا ۲۴ روزگی: در این دوره، جوجه‌ها در مجموع ۱۹

جیره، مثلاً با افزودن ترکیبات الیافی به جیره سعی در کاهش میزان مصرف برخی مواد مغذی اصلی توسط پرنده می‌شود (Fanoooci & Turki, 2010). در سال‌های اخیر، محدودیت خوراک (با کنترل کیفیت، کمیت دان یا زمان دسترسی) به عنوان ابزاری مدیریتی برای کاهش اختلالات متابولیکی در پرورش جوجه‌های گوشتی به کار گرفته شده است (Özkan et al., 2006). اما طی بررسی‌های موجود، جوجه‌های گوشتی براساس مدت زمان و شدت محدودیت اعمال شده، پاسخ‌های متفاوتی نظیر تغییر در وزن گیری، ضریب تبدیل خوراک، صفات لاشه و واکنش‌های فیزیولوژیکی و ایمنی را نسبت به اعمال محدودیت خوراک از خود نشان داده‌اند (Urdaneta-Rincon & Leeson, 2002). با این وجود کاهش ساعت دسترسی به خوراک، یک روش کاربردی آسان جهت اعمال محدودیت خوراکی می‌باشد. بررسی‌های مختلف نشان می‌دهد که از محدودیت خوراک در جوجه‌های گوشتی جهت بهبود کیفیت لاشه و کاهش چربی محوطه‌ی شکمی در سنین مختلف و بهبود سیستم ایمنی استفاده می‌شود (Zhan et al., 2007). محدودیت خوراک به معنای کنترل یا کاهش عمدی دسترسی جوجه‌های گوشتی به دان است که اغلب با هدف بهبود عملکرد، کیفیت لاشه یا کاهش اختلالات متابولیکی اعمال می‌شود. یکی از روش‌های متداول اعمال این محدودیت، استفاده از آن در ابتدای دوره پرورش با تکیه بر پدیده رشد جبرانی است (Sahraei, 2012). بررسی نتایج برخی مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهد که محدودیت خوراکی در ابتدای دوره پرورشی سبب بهبود عملکرد بعدی طیور می‌شود (Shariatmadari & Moghadamian, 2007). از جمله روش‌های مدیریت کنترل خوراک مصرفی، اعمال برنامه نوری می‌باشد (Decuyper et al., 2010). برنامه نوری متناوب به علت قطع مصرف خوراک توسط پرنده در دوره تاریکی باعث هماهنگی میزان رشد اندام‌های داخلی بدن با سرعت رشد ماهیچه‌ای می‌شود (Hama et al., 2021). در آزمایشی گزارش شده است که جوجه‌های گوشتی که از سن پنج روزگی به مدت سه روز گرسنگی داده شدند، نتوانستند در سن ۴۹ روزگی کاهش وزن و تأخیر رشد ایجادشده را جبران کنند (Arce et al., 1992). در آزمایشی دیگر بیان شده است که در پایان سن ۵۶ روزگی، افزایش وزن بدن جوجه‌های گوشتی در پاسخ به افزایش ساعت قطع دان (۲، ۴، ۶ و ۸ ساعت) بهبود یافت که نشان‌دهنده رشد جبرانی می‌باشد (Offiong et al., 2002). به هر حال به وضوح تأیید نشده است که آیا محدودیت دان در جوجه‌های گوشتی که اشتیهای حریصانه‌ای دارند، پاسخ ایمنی پرنده را به مخاطره می‌اندازد یا خیر. بنابراین با توجه به اینکه تحقیقات اندکی در ارتباط با محدودیت زمانی دسترسی به خوراک و نیز اعمال آن تا پایان دوره پرورش و مقایسه نژادی در ارتباط با عملکرد سویه آرین و راس ۳۰۸ وجود دارد، لذا تحقیق حاضر

روش محدودیت زمانی خوراک: در این روش، دسترسی جوجه‌ها به دان در طول شبانه‌روز به بازه‌های زمانی مشخصی به‌شرح زیر محدود شد: ۱- از ۱۲ تا ۲۴ روزگی: در این دوره، پرندگان روزانه به‌مدت شش ساعت متوالی از دسترسی به دان محروم بودند. در ۱۸ ساعت باقی‌مانده شبانه‌روز، دان به‌صورت آزادانه و به‌شکل کرامبل در اختیار آن‌ها قرار داشت، ۲- از ۲۵ تا ۴۵ روزگی: در این دوره، پرندگان روزانه به‌مدت چهار ساعت متوالی از دسترسی به دان محروم بودند. در ۲۰ ساعت باقی‌مانده شبانه‌روز، دان به‌صورت آزادانه و به‌شکل پلت در اختیار آن‌ها قرار داده شد. در هر جایگاه بستری (به ابعاد ۲×۱ متر) چهار عدد نیپل و یک دانخوری آویز قرار داده شد.

ساعت در طول شبانه‌روز از دسترسی به دان محروم بودند و تنها پنج ساعت در روز به دان دسترسی داشتند (چهار دوره چهارساعته عدم دسترسی و یک ساعت دسترسی به دان و یک دوره سه‌ساعته عدم دسترسی و یک ساعت دسترسی به دان بود)، ۲- از ۲۵ تا ۴۵ روزگی: در این دوره، پرندگان در مجموع ۱۵ ساعت در طول شبانه‌روز از دسترسی به دان محروم بودند و نه ساعت در روز به دان دسترسی داشتند (شامل پنج دوره سه‌ساعته محرومیت و یک ساعت تغذیه سپس چهار ساعت متوالی دسترسی آزاد به دان). این تقسیم‌بندی زمانی به‌گونه‌ای طراحی شد که نوسانات دسترسی به دان در طول روز مدیریت شود.

جدول ۱- اجزای تشکیل‌دهنده و ترکیب مواد مغذی جیره‌های آزمایشی

Table 1- The ingredient and nutrient composition of experimental diets

اجزای تشکیل‌دهنده (درصد) Ingredient composition (%)	آغازین (صفر تا ۱۱ روزگی) Starter (0 to 11 d)	رشد (۱۲ تا ۲۴ روزگی) Grower (12 to 24 d)	میانی (۲۵ تا ۳۶ روزگی) Grower (25 to 36 d)	پایانی (۳۷ تا ۴۵ روزگی) Finisher (37 to 45 d)
ذرت (۷/۲۰ درصد پروتئین) Corn (7.20 % protein)	35.21	35.51	29.25	29.16
کنجاله سویا (۴۴/۵۴ درصد پروتئین) Soybean meal (44.54 % protein)	39.30	39.20	36.10	34.00
گندم (۱۶/۳۷ درصد پروتئین) Wheat (16.37 % protein)	19.50	20.00	28.00	29.50
روغن سویا Soybean oil	1.55	1.45	3.00	3.70
دی-ال-متیونین DL-methionine	0.24	0.20	0.18	0.16
ال-لیزین هیدروکلراید L-lysine	0.04	0.13	0.11	0.12
ال-ترئونین L-threonine	0.02	0.04	0.03	0.04
دی کلسیم فسفات Di-calcium phosphate	1.74	1.45	1.28	1.30
صدف Oyster	1.20	1.14	1.14	1.13
نمک Salt	0.26	0.21	0.17	0.18
جوش شیرین Sodium bicarbonate	0.15	0.01	0.08	0.05
پرمکس معدنی و ویتامینی ^۱ Vitamin and Mineral permix ¹	0.60	0.50	0.50	0.50
کولین کلراید ۶۰ درصد Choline chloride 60 %	0.17	0.14	0.14	0.14
گریندازیم ^۲ Grindazim ²	0.02	0.02	0.02	0.02
جمع Total	100	100	100	100

ترکیبات شیمیایی محاسبه‌شده^۳

Calculated chemical compositions³

انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری بر کیلوگرم)

Metabolizable energy² (kcal/kg)

2845

2898

2998

3053

پروتئین خام (درصد)	23.30	20.61	19.60	18.82
Croud Protein (%)				
کلسیم (درصد)	1.02	0.90	0.85	0.85
Calcium (%)				
فسفر قابل استفاده (درصد)	0.50	0.45	0.42	0.42
(%)Available phosphorus				
لیزین (درصد)	1.15	1.00	0.92	0.88
Lysine (%)				
متیونین (درصد)	0.61	0.53	0.48	0.45
Methionine (%)				
متیونین+سیستئین (درصد)	0.85	0.77	0.72	0.69
Methionine + cysteine (%)				
ترئونین (درصد)	0.75	0.66	0.62	0.59
Threonine (%)				
تریپتوفان (درصد)	0.17	0.15	0.18	0.16
Tryptophan (%)				
آرژنین (درصد)	1.26	1.26	1.04	1.14
Arginine (%)				
والین (درصد)	0.95	0.83	0.78	0.75
Valine (%)				
ایزولوسین (درصد)	0.89	0.75	0.71	0.68
Isoleucine (%)				
سدیم (درصد)	0.18	0.16	0.15	0.14
Na (%)				
کلر (درصد)	0.21	0.20	0.18	0.18
Cl (%)				
پتاسیم (درصد)	1.05	0.91	0.87	0.83
K (%)				
نسبت اسیدهای آمینه به اسیدآمینه لیزین قابل هضم				
Ratio of amino acids to digestible amino acid lysine				
نسبت والین به لیزین (درصد)	75	76	77	77
Valine to lysine ratio (%)				
نسبت متیونین+سیستئین به لیزین (درصد)	74	76	78	78
Ratio of methionine + cysteine to lysine (%)				
نسبت ترئونین به لیزین (درصد)	65	66	67	67
Threonine to lysine ratio (%)				
نسبت تریپتوفان به لیزین (درصد)	16	16	16	16
Tryptophan to lysine ratio (%)				
نسبت آرژنین به لیزین (درصد)	103	104	105	105
Arginine to lysine ratio (%)				
نسبت ایزولوسین به لیزین (درصد)	67	68	69	69
Isoleucine to lysine ratio (%)				

^۱ میزان ویتامین‌ها در هر هزار کیلوگرم جیره شامل: ۸۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۳۳۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D₃، ۲۰ گرم ویتامین E، ۲/۵ گرم ویتامین K₃ (منادیون)، ۲/۵ گرم ویتامین B₁، ۵/۵ گرم ویتامین B₂، ۳۰ گرم ویتامین B₃ (نیاسین)، هشت گرم ویتامین B₅ (د-کلسیم پنتوتنات)، چهار گرم ویتامین B₆، ۷۵ میلی‌گرم ویتامین B₇، ۰/۹ گرم ویتامین B₉، ۲۳ میلی‌گرم ویتامین B₁₂. میزان مواد معدنی در هر هزار کیلوگرم جیره شامل: ۹۰ گرم منگنز، ۴۰ گرم آهن، ۸۰ گرم روی، صفر گرم مس، ۱/۲ گرم ید، ۰/۲۲ گرم سلنیوم.

^۲ آنزیم گریندازیم ۱۵۰۰۰ (Danisco Animal Nutrition)

^۳ ترکیبات شیمیایی محاسبه‌شده اقلام خوراکی با دستگاه طیف‌سنج مادون قرمز نزدیک (NIR) در شرکت ایونیک (تهران) اندازه‌گیری شد.

IU; vitamin E, 20 IU; vitamin K₃, 2.5 mg; ¹ Vitamin and mineral premix supplied per kilogram of diet: vitamin A, 8000 IU; vitamin D₃, 3300 IU; vitamin E, 20 IU; vitamin K₃, 2.5 mg; Biotin, 0.1 mg; folic acid, 0.9 mg; vitamin B₁₂, 23 mg; riboflavin, 5.5 mg; niacin, 30 mg; choline 500 mg; manganese oxide 90 mg; ferrous sulfate 40 mg; zinc oxide 80 mg; copper sulfate, 0 mg; calcium iodate, 1.2 mg; sodium selenite, 0.22 mg.

Grindazim enzyme 15000 (Danisco Animal Nutrition)

The calculated chemical compositions of feed items were measured with a near infrared spectrometer (NIR) at Ivanik Company (Tehran).

جدول ۲- روش‌های دان‌دهی در سنین مختلف (روز)
Table 2- Feeding methods at different ages (day)

روش‌ها Methods	آغازین (صفر تا ۱۱ روزگی) Starter (0 to 11 d)	رشد (۱۲ تا ۲۴ روزگی) Grower (12 to 24 d)	پایانی (۲۵ تا ۴۵ روزگی) Finisher (25 to 45 d)
دسترسی آزاد به دان ^۱ Free access to feed ¹	دسترسی آزاد به دان Free access to feed	دسترسی آزاد به دان در طول دوره آزمایش Free access to food during the experimental period	
محدودیت متناوب خوراک ^۲ Intermittent feed restriction	دسترسی آزاد به دان Free access to feed	۱۹ ساعت محرومیت از دان 19 h deprived of feed	۱۵ ساعت محرومیت از دان 15 h deprived of feed
محدودیت زمانی خوراک ^۳ Time feed restriction	دسترسی آزاد به دان Free access to feed	شش ساعت محرومیت Six h deprived	چهار ساعت محرومیت Four h deprived

^۱ یک ساعت خاموشی در هر شبانه‌روز.

^۲ ۱۹ ساعت محرومیت = چهار دوره چهار ساعت محرومیت و یک ساعت تغذیه و سپس یک دوره سه ساعت محرومیت و یک ساعت تغذیه.

^۳ ۱۵ ساعت محرومیت = پنج دوره سه ساعت محرومیت و یک ساعت تغذیه و سپس چهار ساعت متوالی دسترسی آزاد به دان.

^۱ 1 hour of black-out per day.

^۲ 19 hours of deprivation = 4 periods of 4 h of deprivation and 1 h of feeding, and then 1 period of 3 h of deprivation and 1 hour of feeding.

^۳ 15 hours of deprivation = 5 periods of 3 h of deprivation and 1 hour of feeding, and then 4 h consecutive of free access to food.

اندازه‌گیری شد. مصرف دان در هر واحد آزمایشی به‌صورت دوره‌ای اندازه‌گیری شد. مصرف دان واحدهای آزمایشی از کسر دان مصرف‌شده در انتهای دوره از دان اختصاص داده‌شده در شروع دوره، بر مبنای روز جوجه محاسبه شد. در طول دوره آزمایش، تعداد تلفات (از صفر تا ۴۵ روزگی) و وزن آن‌ها ثبت شد و در تصحیح ضریب تبدیل خوراک منظور شد. در پایان ۴۵ روزگی، از هر تکرار هفت پرند به‌صورت تصادفی جهت شاخص‌های فیزیولوژیکی شامل طول بدن، طول گردن، طول بال، طول و قطر ساق پا با استفاده از کولیس ورنیه (مدل P150، گستره ۰-۱۵۰ میلی‌متر) اندازه‌گیری شد. برای تعیین طول بدن، مرغ‌ها به‌سمت شکمی قرار داده شدند و گردن و پای راس ۳۰۸ کاملاً کشیده شد. طول بدن به‌عنوان فاصله از نوک منقار تا نقطه انتهایی ناخن روی انگشت سوم برحسب سانتی‌متر تعریف شد (Willemssen *et al.*, 2008). طول بال از مفصل کتف تا آخرین رقم بال (شاه‌پر) در نظر گرفته شد. طول ساق پا به‌عنوان طول تارس-متاتارس از مفصل هاک تا پد تارس-متاتارسوس درست زیر خار برحسب میلی‌متر تعیین گردید (Fayeye *et al.*, 2006). همچنین در پایان دوره، یک نمونه از استخوان درشت نی پای راست شش پرند از هر تکرار جمع‌آوری و پس از چربی‌زدایی، میزان کلسیم با استفاده از دستگاه طیف‌سنجی جذب اتمی (AAS^۲) اندازه‌گیری گردید (Paul *et al.*, 2014) و میزان خاکستر موجود در آن تعیین شد (AOAC, 1995).

نمونه‌گیری فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم و پلاسمای

خون: در پایان دوره آزمایشی (۴۵ روزگی)، ۵ میلی‌لیتر خون برای اندازه‌گیری گلبول‌های سفید، درصد هتروفیل، لنفوسیت و نسبت هتروفیل / لنفوسیت جمع‌آوری شد. نمونه‌ها به لوله‌های خون‌گیری

مواد خوراکی از قبیل ذرت و کنجاله سویا به آزمایشگاه ارسال و پس از تعیین مقدار دقیق پروتئین خام، عصاره اتری و فیبر خام، مقادیر حقیقی مواد مغذی موجود در مواد خوراکی به دست آمدند (AOAC, 1995). مقادیر دقیق اسیدهای آمینه از روی مقدار پروتئین برحسب معادله $y = ax + b$ محاسبه شد. که در آن، x : میزان پروتئین خام نمونه، a : عرض از مبدأ و b : ضریب رگرسیون بود. بعد از محاسبه دقیق مواد مغذی این مقادیر در نرم‌افزار UFFDA^۱ برای تهیه جیره استفاده شد. تمامی برنامه‌های بهداشتی، مدیریتی و شرایط دمایی براساس اصول و مقررات مزرعه تحقیقاتی مجتمع مرغ لاین سویه آرین اجرا شد. درجه حرارت سالن در هفته اول ۳۶-۳۴ درجه سانتی-گراد و هر هفته دو درجه سانتی‌گراد کاهش داده شد و در محدوده ۲۴-۲۲ درجه سانتی‌گراد با دمای آب حدود ۲۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۰-۶۰ درصد تا پایان دوره آزمایش تنظیم شد. به‌منظور پیشگیری از بیماری‌ها، با توجه به شرایط منطقه، برنامه واکسیناسیون به‌صورت آشامیدنی برای جوجه‌ها اعمال شد. به این ترتیب که در سن هفت روزگی، واکسن دوگانه نیوکاسل-آنفلوانزا به‌صورت قطره چشمی و تزریق زیرجلدی پشت گردن استفاده شد. سپس، واکسن گامبور در ۱۵ روزگی، واکسن نیوکاسل (لاسوتا) در ۲۱ روزگی و واکسن گامبور در ۲۸ روزگی به‌صورت آشامیدنی تجویز شدند.

متغیرهای مورد بررسی

عملکرد: وزن کشی به‌صورت گروهی در روز نخست و روزهای ۱۱، ۲۴ و ۴۵ انجام و خوراک مصرفی نیز در این سنین اندازه‌گیری شد. وزن زنده بدن برحسب کیلوگرم با استفاده از ترازو با دقت ۰/۰۱/

دان، $T_i \times S_j$: اثر متقابل نوع سویه و روش‌های دسترسی به دان و e_{ijk} : خطای آزمایشی بود.

نتایج و بحث

عملکرد

تأثیر دو سویه جوجه‌های گوشتی آرین و راس ۳۰۸ و روش‌های دسترسی به دان بر صفات عملکردی در دوره‌های مختلف پرورش در **Error! Reference source not found.** ارائه شده است. در دوره آغازین (صفر تا ۱۱ روزگی)، خوراک مصرفی جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ با استفاده از محدودیت متناوب خوراک نسبت به جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ با استفاده از روش محدودیت خوراک با دسترسی یافت ($P < 0.05$). ضریب تبدیل خوراک سویه آرین در مقایسه با سویه راس ۳۰۸ با استفاده از محدودیت متناوب خوراک منجر به کاهش ضریب تبدیل خوراک نسبت به استفاده از روش محدودیت خوراک با دسترسی آزاد و زمانی به دان کاهش داد ($P < 0.05$). همچنین در دوره آغازین، استفاده از روش‌های محدودیت خوراک با دسترسی متناوب و زمانی به دان در هر دو سویه آرین و راس ۳۰۸ سبب افزایش معنی‌دار وزن زنده بدن نسبت به گروه دسترسی آزاد به دان شد ($P < 0.05$). در دوره رشد (۱۲ تا ۲۴ روزگی)، در هر دو سویه آرین و راس ۳۰۸، خوراک مصرفی و ضریب تبدیل خوراک با استفاده از روش محدودیت متناوب خوراک، نسبت به دسترسی آزاد به دان کاهش معنی‌داری یافت ($P < 0.05$). در دوره میانی (۲۵ تا ۳۶ روزگی)، وزن زنده بدن جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ نسبت به جوجه‌های گوشتی سویه آرین افزایش یافت ($P < 0.05$). خوراک مصرفی و ضریب تبدیل خوراک با استفاده از محدودیت متناوب خوراک نسبت به استفاده از روش محدودیت خوراک با دسترسی آزاد به دان کاهش یافت ($P < 0.05$). همچنین ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ نسبت به جوجه‌های گوشتی سویه آرین در تمامی دوره‌های مختلف پرورش کاهش یافت ($P < 0.05$). در دوره پایانی (۳۷ تا ۴۵ روزگی)، وزن زنده بدن جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ نسبت به جوجه‌های گوشتی سویه آرین افزایش یافت ($P < 0.05$). ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ با استفاده از محدودیت متناوب خوراک نسبت به جوجه‌های گوشتی سویه آرین با استفاده از روش محدودیت خوراک با دسترسی آزاد و متناوب کاهش یافت ($P < 0.05$). همچنین در هر دو سویه آرین و راس ۳۰۸، خوراک مصرفی با استفاده از روش محدودیت متناوب خوراک، نسبت به دسترسی آزاد به دان کاهش معنی‌داری یافت ($P < 0.05$).

هپارینه منتقل و پس از مخلوط شدن، بلافاصله به آزمایشگاه فرستاده شدند. در آزمایشگاه به‌منظور بررسی شمارش گلبول‌های سفید خون، لوله‌های ونوجکت حاوی ماده ضدانعقاد (EDTA۱) برای تهیه لام و رنگ‌آمیزی با روش رایت-گیمسا آماده‌سازی شدند. سپس، شمارش افتراقی گلبول‌های سفید به صورت دستی و با استفاده از میکروسکوپ نوری (مدل CX21، ژاپن) انجام گرفت. در نهایت، نسبت هتروفیل به لنفوسیت در هر ۱۰۰ لوکوسیت به عنوان شاخصی از عملکرد سیستم ایمنی محاسبه گردید.

خصوصیات لاشه: در پایان دوره آزمایشی (۴۵ روزگی)، شش قطعه جوجه با نسبت مساوری (سه نر و سه ماده) از هر تکرار، به‌صورت تصادفی (با در نظر گرفتن میانگین وزن آن تکرار) انتخاب شدند و بلافاصله پس از کشتار، دستگاه گوارش خارج و قسمت‌های مختلف لاشه شامل سینه، ران، چربی حفره بطنی، طحال و بورس به‌صورت درصدی از وزن زنده بدن مشخص گردید. وزن اندام‌های ایمنی شامل طحال و بورس فابریسیوس به‌وسیله ترازوی دیجیتال آزمایشگاهی متلر (مدل ME303، سوئیس) با دقت ۰/۰۰۰۱ اندازه گیری شد.

ریخت‌سنجی روده: سپس از همان شش قطعه جوجه از هر تکرار، قطعات سه سانتی‌متری از ناحیه روده کوچک (ژژنوم) برداشته شد و پس از شست‌وشو با محلول بافر فسفات با استفاده از فرمالین پنج درصد تثبیت شدند. نمونه‌ها برای انجام مطالعات بافت‌شناسی به آزمایشگاه (دامپزشکی کاوش، گرگان) منتقل گردید. برای رنگ‌آمیزی برش‌های بافتی، از رنگ‌های هماتوکسیلین-ئوزین استفاده شد. صفات ریخت‌شناسی بافت روده نظیر ارتفاع پرز، ضخامت یا قطر پرز، عمق و قطر کریپت به کمک میکروسکوپ نوری متصل به کامپیوتر (مدل MBL3300، آلمان) اندازه‌گیری گردید. جهت ارزیابی تغییرات هیستومورفومتری از دوربین Dino late (مدل AM4113-RUT، تایوان) و نرم‌افزار (Dino Capture، نسخه ۲/۰) استفاده شد.

مدل آماری تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های به‌دست‌آمده پس از مرتب‌سازی با نرم‌افزار (Excel، نسخه ۲۰۲۴) و با استفاده از نرم‌افزار (SAS، نسخه ۹/۴)، در قالب طرح کامل تصادفی با آرایش فاکتوریل 2×3 و با رویه مدل‌های خطی عمومی (General Liner Models) با استفاده از معادله ۱ مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. میانگین‌ها به کمک آزمون توکی در سطح معنی‌داری پنج درصد مقایسه شدند.

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + S_j + T_i \times S_j + e_{ijk} \quad (1)$$

که در آن، Y_{ijk} : مقدار مشاهده تیمار i ام در تکرار j ام، μ : میانگین مشاهدات، T_i : اثر نوع سویه، S_j : اثر روش‌های دسترسی به

Table 3- The effects of two strains of Arian and Ross 308 broiler chickens and feed access methods on performance at different periods of breeding جدول ۳- تأثیر دو سویه تجاری جوجه‌های گوشتی آریان و روس ۳۰۸ و روش‌های دسترسی به خوراک بر عملکرد در دوره‌های مختلف پرورش

تیمار Treatment	۰ تا ۱۱ روزگی (آغازین) 0 to 11 d (Starter)				۱۲ تا ۲۴ روزگی (رشد) 12 to 24 d (Grower)				۲۵ تا ۳۶ روزگی (جانی) 25 to 36 d (Grower)				۳۷ تا ۴۵ روزگی (پایانی) 37 to 45 d (Finisher)			
	وزن زنده (گرم) Live weight (g)	خوراک مصرفی (گرم) Food intake (g)	تغییر تبدیل خوراک (گرم/گرم) Feed conversion ratio (g/g)	وزن زنده (گرم) Live weight (g)	خوراک مصرفی (گرم) Food intake (g)	تغییر تبدیل خوراک (گرم/گرم) Feed conversion ratio (g/g)	وزن زنده (گرم) Live weight (g)	خوراک مصرفی (گرم) Food intake (g)	تغییر تبدیل خوراک (گرم/گرم) Feed conversion ratio (g/g)	وزن زنده (گرم) Live weight (g)	خوراک مصرفی (گرم) Food intake (g)	تغییر تبدیل خوراک (گرم/گرم) Feed conversion ratio (g/g)	وزن زنده (گرم) Live weight (g)	خوراک مصرفی (گرم) Food intake (g)	تغییر تبدیل خوراک (گرم/گرم) Feed conversion ratio (g/g)	وزن زنده (گرم) Live weight (g)
سویه Strain																
آریان Arian	255	271	1.06 ^a	981	1400	1.43 ^a	1951 ^b	3363	1.72 ^a	2648 ^b	5043	1.91 ^a				
روس ۳۰۸ Ross 308	260	266	1.03 ^b	991	1384	1.39 ^b	2010 ^a	3360	1.67 ^b	2731 ^a	5069	1.86 ^b				
انحراف استاندارد میانگین SEM	2.7	2.8	0.012	7.9	14.6	0.006	12.8	20.8	0.010	17.9	34.0	0.010				
دسترسی به دان Access to feed																
آزاد ^۱ Free ¹	195 ^b	315 ^a	1.61 ^a	944	1424 ^a	1.43 ^a	1968	3419 ^a	1.74 ^a	2679	5136 ^a	1.92 ^a				
مستوب ^۲ Intermittent ²	204 ^a	308 ^{ab}	1.51 ^b	975	1357 ^b	1.39 ^b	1990	3303 ^b	1.66 ^b	2684	4976 ^b	1.85 ^a				
زمانی ^۳ Time ³	203 ^a	304 ^b	1.50 ^b	990	1395 ^{ab}	1.41 ^{ab}	1989	3363 ^{ab}	1.69 ^{ab}	2706	5055 ^{ab}	1.87 ^{ab}				
انحراف استاندارد میانگین SEM	0.2	0.1	0.013	9.7	17.9	0.009	15.7	25.5	0.012	21.0	41.7	0.014				
تأثیرات متقابل Interaction effects																
آریان × آزاد Arian × free	209	308 ^{ab}	1.47 ^{bc}	999	1444	1.45	1953	3420	1.75	2616	5152	1.97 ^{bc}				
آریان × مستوب Arian × intermittent	212	310 ^{ab}	1.46 ^c	973	1363	1.44	1956	3319	1.69	2635	4953	1.88 ^b				
آریان × زمانی Arian × time	209	309 ^{ab}	1.47 ^{bc}	972	1392	1.43	1961	3351	1.71	2694	5023	1.86 ^{bc}				
روس ۳۰۸ × آزاد Ross 308 × free	190	318 ^a	1.67 ^a	989	1404	1.42	1984	3418	1.72	2742	5120	1.87 ^{bc}				
روس ۳۰۸ × intermittent Intermittent	202	300 ^b	1.49 ^{bc}	976	1350	1.38	2024	3286	1.62	2616	5152	1.97 ^a				
روس ۳۰۸ × زمانی Ross 308 × time	201	320 ^a	1.53 ^b	1007	1398	1.39	2016	3375	1.67	2717	5088	1.87 ^{bc}				
انحراف استاندارد میانگین SEM	0.3	0.2	0.021	13.7	25.3	0.015	22.2	36.1	0.017	31.07	58.9	0.019				
سطح احتمال معنی‌داری P-value																
سویه Strain	0.900	0.244	0.001	0.414	0.464	0.037	0.008	0.914	0.004	0.003	0.584	0.004				
دسترسی به دان Access to feed	0.001	0.001	0.007	0.351	0.042	0.039	0.554	0.012	0.001	0.662	0.037	0.004				
سویه × دسترسی به دان Strain × access to feed	0.060	0.009	0.008	0.275	0.656	0.676	0.701	0.734	0.372	0.243	0.684	0.023				

^{a,b,c} Means with different superscripts within a column are different at ($P < 0.05$).
^۱ Live weights- Weight of experiment unit (g) / number of bird days. ^۲ DPI=The amount of feed left at the end of the week (g) / number of bird days. ^۳ FCR = food intake (g) / weight gain (g). ^۴ 1 hour of black-out per day. ^۵ 19 hours of deprivation = 4 periods of 4 h of deprivation and 1 h of feeding, and then 1 period of 3 h of deprivation and 1 hour of feeding. ^۶ 15 hours of deprivation = 5 periods of 3 h of deprivation and 1 hour of feeding.

معنی‌داری سطوح احتمال: ^{a,b,c} میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون، یا یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند ($P < 0.05$).
^۱ وزن زنده (گرم)- وزن واحد آزمایش (گرم) / تعداد روز مرغ. ^۲ خوراک مصرفی = مقدار باقی‌مانده دان (گرم) / تعداد دان دانشمند (گرم) / تعداد روز مرغ. ^۳ تغییر تبدیل = مقدار باقی‌مانده دان (گرم) / وزن زنده (گرم). ^۴ ۱ ساعت محرومیت. ^۵ ۱۹ دوره سه ساعت تغذیه و یک ساعت نطفه سیس چهار ساعت متوالی دسترسی آزاد به دان.

جدول ۳- تأثیر دو سویه جوجه‌های گوشتی آرین و راس ۳۰۸ و روش‌های دسترسی به خوراک بر عملکرد در کل دوره (صفر تا ۴۵ روزگی)

Table 3- The effects of two strains of Arian and Ross 308 broiler chickens and feed access methods on performance at total period (0 to 45 days of age)

تیمار Treatment	تلفات (درصد) Mortality (%)	وزن زنده ^۱ (گرم) Live weight ¹ (g)	خوراک مصرفی ^۲ (گرم) Food intake ² (g)	ضریب تبدیل خوراک ^۳ (گرم/گرم) Feed conversion ratio ³ (g/g)
سویه Strain				
آرین Arian	14.73	2999	5925	1.98
راس ۳۰۸ Ross 308	14.25	3061	5960	1.95
انحراف استاندارد میانگین SEM				
دسترسی به دان Access to feed				
آزاد ^۴ Free ⁴	15.22 ^{ab}	3031	6046 ^a	1.99 ^a
متناوب ^۵ Intermittent ⁵	17.75 ^a	3026	5881 ^b	1.94 ^b
زمانی ^۶ Time ⁶	10.51 ^b	3033	5921 ^{ab}	1.95 ^b
انحراف استاندارد میانگین SEM				
اثرات متقابل Interaction effects				
آرین × آزاد Arian × free	14.49	2958 ^c	6008	2.03 ^a
آرین × متناوب Arian × intermittent	18.84	2988 ^{bc}	5895	1.97 ^{bc}
آرین × زمانی Arian × time	10.87	3049 ^{ab}	5871	1.92 ^{cd}
راس ۳۰۸ × آزاد Ross 308 × free	15.94	3103 ^a	6085	1.96 ^{bc}
راس ۳۰۸ × متناوب Ross 308 × intermittent	16.67	3064 ^{ab}	5824	1.90 ^d
راس ۳۰۸ × زمانی Ross 308 × time	10.15	3017 ^{bc}	5971	1.98 ^{ab}
انحراف استاندارد میانگین SEM	50.71	28.3	63.2	0.018
سطح احتمال معنی‌داری P-value				
سویه Strain	0.841	0.011	0.500	0.051
دسترسی به دان Access to feed	0.047	0.971	0.019	0.007
سویه × دسترسی به دان Strain × access to feed	0.824	0.014	0.353	0.001

a,b,c میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون، با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند ($P < 0.05$).

^۱ وزن زنده (گرم) = وزن واحد آزمایش (گرم) / تعداد روز مرغ. ^۲ خوراک مصرفی = مقدار باقی‌مانده دان (گرم) - مقدار دان داده‌شده (گرم) / تعداد روز مرغ. ^۳ ضریب تبدیل = متوسط خوراک مصرفی (گرم) / افزایش وزن (گرم). ^۴ یک ساعت خاموشی در هر شبانه‌روز. ^۵ ۱۹ ساعت محرومیت = چهار دوره چهار ساعت محرومیت و یک ساعت تغذیه و یک دوره سه ساعت محرومیت و یک ساعت تغذیه. ^۶ ۱۵ ساعت محرومیت = پنج دوره سه ساعت محرومیت و یک ساعت تغذیه سپس چهار ساعت متوالی دسترسی آزاد به دان.

a,b,c Means with different superscripts within a column are different at ($P < 0.05$).

¹ Live weight = weight of experiment unit (g) / number of bird days. ² DFI = the amount of feed given week (g) - The amount of feed left at the end of the week (g) / number of bird days. ³ FCR = food intake (g) / weight gain (g). ⁴ 1 hour of black-out per day. ⁵ 19 hours of deprivation = 4 periods of 4 h of deprivation and 1 h of feeding, and then 1 period of 3 h of deprivation and 1 hour of feeding. ⁶ 15 hours of deprivation = 5 periods of 3 h of deprivation and 1 hour of feeding, and then 4 h consecutive of free access to food.

نمی‌شود. بهبود شاخص‌های عملکردی در پرندگان تحت برنامه‌های محدودیت دانی ناشی از کاهش نیازهای نگهداری در آن‌ها می‌باشد. به نظر می‌رسد که این کاهش به دلیل کاهش موقت سرعت متابولیسم پایه در پرندگان دارای محدودیت خوراک می‌باشد و با وزن کمتر بدن در اوایل رشد مرتبط بوده که باعث کاهش نیاز به انرژی برای نگهداری پرند می‌شود (Yan et al., 2021). نتایج حاصل در مورد افزایش وزن با یافته‌های ژان و همکاران (Zhan et al., 2007) مطابقت دارد. آفینگ و همکاران (Offiong et al., 2002) عنوان کردند که پس از اعمال محرومیت خوراک و اعمال تغذیه آزاد، پرندگان تحت محدودیت خوراک دارای افزایش وزنی مشابه با پرندگان شاهد می‌باشند که حاکی از بروز پدیده رشد جبرانی است و همان‌طوری که در این آزمایش مشاهده می‌شود، تیمارهای دارای محرومیت خوراکی افزایش وزنی تقریباً مشابه با شاهد داشتند. معنی دار شدن اثر تیمار در دوره رشد برای تیمارهای پنج ساعت قطع دان و نه ساعت قطع دان می‌تواند به واسطه خالی شدن کامل دستگاه گوارش پرند از دان در فاصله زمانی سه الی چهار ساعت محرومیت از غذا و پیرو آن حالت تهاجمی پرند برای مصرف دان باشد. براساس نتایج فوق، طبیعی به نظر می‌رسد که تیمار پنج ساعت قطع دان دارای بیشترین میزان خوراک مصرفی و تیمار نه ساعت قطع دان نیز به علت طولانی شدن مدت زمان قطع دان نسبت به سایر تیمارها و کاهش وزن پرند دارای کمترین میزان افزایش وزن و خوراک مصرفی بودند. نتایج حاصل با یافته پلاونیک و هرویتز (Plavnik & Hurwitz, 1988) و همچنین با یافته‌های حاصل از ژان و همکاران (Zhan et al., 2007) که در آزمایش آن‌ها غذا به مدت چهار ساعت در سن ۱ تا ۲۱ روزگی از دسترس جوجه‌ها خارج شده بود، مطابقت دارد که گزارش کردند میزان خوراک مصرفی در مدت زمان اعمال محدودیت نسبت به گروه شاهد کاهش یافته بود، اما پس از اتمام دوره محرومیت و اعمال تغذیه آزاد، صفت خوراک مصرفی در پایان دوره تقریباً مشابه با پرندگان شاهد بود. همچنین با توجه به وابستگی ضریب تبدیل خوراکی به دو صفت افزایش وزن و مقدار خوراک مصرفی و با توجه به اینکه میزان مصرف خوراک تقریباً در بین گروه‌های آزمایشی مشابه بود، بنابراین اختلاف معنی‌داری بین تیمارها برای صفت ضریب تبدیل خوراک مشاهده شده است. پرندگان هنگام استفاده از جیره‌های رقیق با کاهش مصرف انرژی کارایی انرژی مصرفی خود را بهبود می‌بخشند، مطابقت دارد و از آنجایی که در این آزمایش جیره یکسان (کاتالوگ راس ۳۰۸) استفاده شد، می‌توان انتظار داشت که ضریب تبدیل خوراکی در کل دوره پرورش تفاوت معنی‌داری نداشته باشد. در ارتباط با محدودیت مواد مغذی برای جوجه‌های گوشتی، گزارش‌های متعددی مبنی بر تأثیر محدودیت خوراک مدیریت‌شده بر بهبود ضریب تبدیل خوراک و رشد جبرانی در

تأثیر دو سویه جوجه‌های گوشتی آرین و راس ۳۰۸ و روش‌های دسترسی به دان بر صفات عملکردی در کل دوره پرورش در جدول ۳ ارائه شده است. وزن زنده بدن جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ با استفاده از روش محدودیت خوراک با دسترسی آزاد به دان نسبت به جوجه‌های گوشتی سویه آرین با استفاده از روش محدودیت خوراک با دسترسی آزاد به دان کاهش یافت ($P < 0.05$). ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی سویه آرین با استفاده از روش محدودیت خوراک با دسترسی آزاد به دان نسبت به جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ با استفاده از محدودیت متناوب خوراک کاهش یافت ($P < 0.05$). در هر دو سویه آرین و راس ۳۰۸، خوراک مصرفی با استفاده از محدودیت متناوب خوراک نسبت به استفاده از روش محدودیت خوراک با دسترسی آزاد به دان کاهش یافت ($P < 0.05$). در هر دو سویه آرین و راس ۳۰۸، استفاده از روش محدودیت زمانی خوراک نسبت به استفاده از محدودیت متناوب خوراک سبب کاهش تعداد تلفات و حذفی شد ($P < 0.05$).

براساس نتایج آزمایش حاضر، عدم دسترسی به دان بر وزن نهایی بدن جوجه‌ها تأثیر منفی نداشته است. اگرچه نحوه محدودیت خوراک بر پاسخ جوجه‌ها به سطوح اسیدهای آمینه مؤثر بوده است، به‌طوری که وقتی از سطح پایین اسیدهای آمینه در جیره استفاده شود، اعمال محدودیت زمانی خوراک سبب افزایش وزن بدن خواهد شد. از آنجایی که گروه برنامه محدودیت خوراک با دسترسی زمانی به دان، شدت ملایم‌تری نسبت به گروه محدودیت متناوب دارد، لذا اختلاف کمتری در میزان مصرف دان با گروه شاهد را نشان می‌دهند. احتمالاً پاسخ دستگاه گوارش در جهت سازش‌پذیری با شرایط محدودیت خوراک متفاوت می‌باشد، زیرا در شرایط محدودیت طولانی‌مدت خوراک و با افزایش سن، دستگاه گوارش طی یک پاسخ در جهت سازش‌پذیری با شرایط محدودیت حجم بخش‌های ذخیره‌ای مانند چینه‌دان، پیش‌معدة و سنگدان را به منظور مصرف و نگهداری بیشتر دان افزایش خواهد داد تا پرند بتواند در ساعاتی که به دان دسترسی دارد، حجم بیشتری از دان را به منظور تأمین نیاز خود مصرف نماید (Özakan et al., 2010). اثر برنامه محدودیت خوراک بر مصرف دان در این تحقیق با نتایج تحقیق فرهنگ‌فر و همکاران (Farhangfar et al., 2013) مطابقت دارد. استفاده از برنامه‌های محدودیت خوراک در طول دوره آزمایش تأثیر منفی بر وزن بدن نداشته است. این امر نشان می‌دهد که یک ساعت دسترسی به دان، زمان کافی برای تأمین نیاز خوراکی جوجه‌ها می‌باشد. عدم کاهش وزن جوجه‌های تحت محدودیت خوراک اثبات می‌کند که با وجود محدودیت شدید خوراکی (۱۹ ساعت تا ۲۴ روزگی و ۱۵ ساعت عدم دسترسی به دان تا پایان دوره در گروه محدودیت خوراک با دسترسی متناوب به دان) این شیوه مانع دریافت مواد مغذی لازم برای رشد

جوجه‌های گوشتی وجود دارد، همچنین میزان پاسخ به محرک‌های سیستم ایمنی در جوجه‌های تحت محدودیت خوراک نسبت به گروه‌های با غذای در دسترس و بدون محدودیت بهتر بوده است (Yun et al., 2021). یکی از خواص اعمال محدودیت جوجه‌های گوشتی، تحریک سیستم سوخت‌وساز بدن آن‌ها است که منجر به ترشح هورمون‌های رشد و تیروئید می‌شود، در نتیجه افزایش غلظت آن‌ها پس از این دوره، رشد سریع‌تر و تبدیل خوراک بهتری را می‌توان مشاهده کرد. بسیاری از ادعاهایی که در مورد این محدودیت مطرح می‌شود منطبق بر این نظریه است که جوجه‌های گوشتی با فراخوانی مواد مغذی از روده‌ها حداکثر رشد و اضافه وزن را خواهند داشت (Nabinejad et al., 2023). در تمامی موقعیت‌های بیان شده در مورد جوجه‌های گوشتی، پدیده رشد جبرانی و حداکثر رشد با انواع کند رشد و تند رشد مشاهده شده است و این خاصیت منجر به مصرف دان کمتر با بهبود ضریب تبدیل خوراک می‌باشد (Shariatmadari et al., 2009). شدت محدودیت، طول دوره آن و شروع سن اعمال محدودیت باید مورد توجه باشد، با بررسی متابولیسم پایه و متابولیسم در دوره محدودیت می‌توان میزان انرژی مورد نیاز در زمان محدودیت را به‌صورت نسبتی از انرژی پایه در نظر گرفت، در این محدودیت لازم است که تفاوت این انرژی‌ها را برای رشدی معادل دو سوم انرژی پایه فراهم نمود، زیرا کلیه پرندگان به‌لحاظ ژنتیکی دارای نسبت معینی از انرژی متابولیسم پایه برای پاسخ به محدودیت هستند (Nabinejad et al., 2023). در واقع، میزان محدودیت مورد نیاز جهت پاسخ مطلوب در پرندگان حدود ۶۶ درصد از انرژی متابولیسم پایه باید فراهم باشد. محدودیت انرژی مدیریت‌شده در انتهای دوره به‌صورت وضعیت رشد جوجه‌ها، قدرت جبران‌کنندگی، میزان کاهش هزینه‌ها و سطح ایمنی گله نشان داده می‌شود، به‌طوری‌که با محدودیت در دوره رشد یا در انتهای آن نیز می‌توان تحریک ژنتیکی ویژه جهت رشد جبرانی و بهبود ضریب تبدیل خوراکی را مشاهده نمود و این خاصیت برای بهبود در کیفیت لاشه نیز می‌تواند مورد ارزیابی قرار گیرد (Naseri et al., 2015).

شاخص‌های فیزیولوژیکی بدن

تأثیر دو سویه جوجه‌های گوشتی آرین و راس ۳۰۸ و روش‌های دسترسی به دان بر شاخص‌های فیزیولوژیکی بدن در جدول ۴ گزارش شده است. استفاده از روش‌های محدودیت خوراک با محدودیت زمانی به دان در جوجه‌های گوشتی سویه آرین و دسترسی متناوب به دان در جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ سبب افزایش طول بدن شد ($P < 0.05$). در جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸، استفاده از روش محدودیت زمانی خوراک سبب افزایش معنی‌دار طول گردن نسبت به روش دسترسی آزاد در جوجه‌های گوشتی سویه آرین شد ($P < 0.05$). استفاده از روش محدودیت زمانی خوراک در

جوجه‌های گوشتی سویه آرین سبب افزایش ضخامت ساق پا نسبت به محدودیت متناوب خوراک در جوجه‌های گوشتی سویه آرین و روش محدودیت خوراک با دسترسی آزاد به دان در جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ شد ($P < 0.05$). صرف نظر از روش تغذیه اعمال‌شده، طول ساق پای جوجه‌های گوشتی سویه آرین نسبت به جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ افزایش یافت ($P < 0.05$). در هر دو سویه آرین و راس ۳۰۸، میانگین طول بال پرندگان با استفاده از روش محدودیت زمانی خوراک نسبت به دسترسی آزاد به دان افزایش یافت ($P < 0.05$). صرف نظر از روش تغذیه اعمال‌شده، میزان کلسیم و خاکستر استخوان جوجه‌های گوشتی سویه آرین به‌طور معنی‌داری نسبت به جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ افزایش یافت ($P < 0.05$). همچنین در هر دو سویه آرین و راس ۳۰۸، میزان خاکستر استخوان پرندگان با استفاده از روش محدودیت زمانی خوراک نسبت به روش دسترسی متناوب به دان کاهش معنی‌داری را نشان داد ($P < 0.05$). شاخص‌های فیزیکی، یک ویژگی ژنتیکی و اقتصادی مهم برای پرورش طیور است و می‌تواند برای ایجاد راهبردهای اصلاح نژادی با اندازه‌گیری‌های ترکیب بدن به بهترین شکل ممکن برای دستیابی به حداکثر وزن بدن و بازده اقتصادی مورد استفاده قرار گیرد (Rouhanipour et al., 2025). گفته می‌شود که طول بدن و طول استخوان ساق پا، ابزارهای بسیار مناسبی برای پیش‌بینی پتانسیل رشد طیور نسبت به وزن بدن می‌باشد. اندازه ساق پا به‌سرعت تحت تأثیر ترکیب جیره قرار می‌گیرد و به نظر می‌رسد که غلظت استروژن پلازما همزمان با رشد تاج افزایش می‌یابد. علاوه‌بر این، اثرات آنابولیک مختلف در متابولیسم ماهیچه‌های اسکلتی، مانند تمایز و تکثیر سلول‌های ماهواره‌ای و تجمع پروتئین میوفیبریلار مرتبط است (Rouhanipour et al., 2025).

خصوصیات لاشه

تأثیر دو سویه جوجه‌های گوشتی آرین و راس ۳۰۸ و روش‌های دسترسی به دان بر بازده لاشه و وزن نسبی اندام‌های داخلی (درصد از وزن زنده) در جدول ۵ گزارش شده است. بازده لاشه و سینه جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ نسبت به جوجه‌های گوشتی سویه آرین افزایش یافت ($P < 0.05$). وزن طحال جوجه‌های گوشتی سویه آرین نسبت به جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ کاهش یافت و استفاده از روش محدودیت خوراک با دسترسی آزاد نسبت به دسترسی متناوب و زمانی به خوراک کاهش یافت ($P < 0.05$). محققان زیادی به تأثیر نحوه دسترسی به دان بر کاهش درصد لاشه و برخی از اجزاء لاشه گزارش کردند و میزان کاهش آن را تحت تأثیر شدت محدودیت خوراک را بیان کردند (Wijten et al., 2010).

جدول ۴- تأثیرات دو سویه جوجه‌های گوشتی آراین و راس ۳۰۸ و روش‌های دسترسی به خوراک بر شاخص‌های فیزیکی بدن (۴۵ روزگی)

Table 4- The effects of two strains of Arian and Ross 308 broiler chickens and feed access methods on body physical parameters (45 day of age)

تیمار Treatment	طول بدن (سانتی‌متر) Body length (cm)	طول گردن (میلی‌متر) Neck length (mm)	طول ساق پا (میلی‌متر) Shank length (mm)	ضخامت ساق پا (میلی‌متر) Shank thickness (mm)	میانگین طول بال (سانتی‌متر) Average wing length (cm)	خاکستر (درصد) Ash (%)	کلسیم (درصد) Ca (%)
سویه Strain							
آراین Arian	57.23	103.66 ^b	65.46 ^b	11.30	14.67	46.31 ^a	31.28 ^a
راس ۳۰۸ Ross 308	57.08	105.51 ^a	67.02 ^a	11.16	14.82	42.13 ^b	27.91 ^b
انحراف استاندارد میانگین SEM	0.176	0.480	0.287	0.065	0.108	0.901	0.561
دسترسی به دان Access to feed							
آزاد ^۴ Free ⁴	56.99	102.91 ^b	66.13	11.13 ^b	14.47 ^b	45.76 ^{ab}	28.60
متناوب ^۵ Intermittent ⁵	57.33	104.62 ^{ab}	65.99	11.12 ^b	14.85 ^{ab}	48.36 ^a	29.80
زمانی ^۶ Time ⁶	57.14	106.22 ^a	66.60	11.45 ^a	14.92 ^a	38.54 ^b	30.38
انحراف استاندارد میانگین SEM	0.210	0.587	0.343	0.076	0.121	1.108	0.687
اثرات متقابل Interaction effects							
آراین × آزاد Arian × free	57.00 ^{ab}	99.85 ^b	65.11	11.49 ^{ab}	14.36	49.22	30.51
آراین × متناوب Arian × intermittent	56.75 ^{ab}	106.02 ^{ab}	65.14	10.73 ^b	14.70	49.34	32.25
آراین × زمانی Arian × time	57.93 ^a	105.09 ^{ab}	66.12	11.69 ^a	14.95	40.37	31.08
راس ۳۰۸ × آزاد Ross 308 × free	56.99 ^{ab}	105.97 ^{ab}	67.15	10.77 ^b	14.58	42.31	26.69
راس ۳۰۸ × متناوب Ross 308 × intermittent	57.92 ^a	103.21 ^{bc}	66.84	11.51 ^{ab}	14.99	47.38	27.36
راس ۳۰۸ × زمانی Ross 308 × time	56.34 ^b	107.35 ^a	67.08	11.21 ^{ab}	14.90	36.71	29.68
انحراف استاندارد میانگین SEM	0.301	0.832	0.483	0.110	0.176	1.554	0.966
سطح احتمال معنی‌داری P-value							
سویه Strain	0.552	0.006	<0.0001	0.099	0.276	0.003	<0.0001
دسترسی به دان Access to feed	0.517	0.0004	0.432	0.002	0.021	<0.0001	0.187
سویه × دسترسی به دان Strain × access to feed	<0.0001	<0.0001	0.525	<0.0001	0.568	0.282	0.197

^{a,b,c} میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون، با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند ($P < 0.05$).

^۱ یک ساعت خاموشی در هر شبانه‌روز. ^۲ ۱۹ ساعت محرومیت = چهار دوره چهار ساعت محرومیت و یک ساعت تغذیه و یک دوره سه ساعت محرومیت و یک ساعت تغذیه. ^۳ ۱۵ ساعت محرومیت = پنج دوره سه ساعت محرومیت و یک ساعت تغذیه سپس چهار ساعت متوالی دسترسی آزاد به دان.

^{a,b,c} Means with different superscripts within a column are different at ($P < 0.05$).

¹ 1 hour of black-out per day. ² 19 hours of deprivation = 4 periods of 4 h of deprivation and 1 h of feeding, and then 1 period of 3 h of deprivation and 1 hour of feeding. ³ 15 hours of deprivation = 5 periods of 3 h of deprivation and 1 hour of feeding, and then 4 h consecutive of free access to food.

جدول ۵- تأثیرات دو سویه جوجه‌های گوشتی آراین و راس ۳۰۸ و روش‌های دسترسی به خوراک بر بازده لاشه و وزن نسبی اندام‌های داخلی (درصد از وزن زنده) (۴۵ روزگی)

Table 5- The effects of two strains of Arian and Ross 308 broiler chickens and feed access methods on carcass yield and relative weight of internal organs (% of live weight) (45 day of age)

تیمار Treatment	لاشه (درصد) Carcass (%)	ران (درصد) Thigh (%)	سینه (درصد) Breast (%)	چربی محوطه بطنی (درصد) Abdominal fat (%)	قلب (درصد) Heart (%)	پانکراس ۳۰۸ (درصد) Pancreas (%)	طحال (درصد) Spleen (%)
سویه Strain							
آراین Arian	63.07 ^b	18.05 ^a	23.64 ^b	1.12	0.52	0.173	0.125 ^a
راس ۳۰۸ Ross 308	68.07 ^a	13.05 ^b	24.77 ^a	1.05	0.46	0.160	0.096 ^b
انحراف استاندارد میانگین SEM	0.065	0.049	0.098	0.081	0.029	0.006	0.002
دسترسی به دان Access to feed							
آزاد ^۴ Free ⁴	65.56	15.85	24.20	1.13	0.47	0.166	0.102 ^b
متناوب ^۵ Intermittent ⁵	65.70	15.41	24.17	0.94	0.48	0.162	0.115 ^a
زمانی ^۶ Time ⁶	65.44	15.44	24.23	1.14	0.53	0.171	0.114 ^a
انحراف استاندارد میانگین SEM	0.710	0.065	0.112	0.084	0.033	0.008	0.003
اثرات متقابل Interaction effects							
آراین × آزاد Arian × free	63.15	18.45	23.55	1.01	0.50	0.169	0.097
آراین × متناوب Arian × intermittent	63.03	17.88	23.62	0.97	0.47	0.172	0.147
آراین × زمانی Arian × time	63.04	17.83	23.75	1.37	0.47	0.177	0.130
راس ۳۰۸ × آزاد Ross 308 × free	67.98	13.25	24.85	1.17	0.47	0.163	0.107
راس ۳۰۸ × متناوب Ross 308 × intermittent	68.38	12.95	24.72	0.90	0.49	0.153	0.084
راس ۳۰۸ × زمانی Ross 308 × time	67.85	13.05	24.73	1.08	0.50	0.163	0.098
انحراف استاندارد میانگین SEM	0.150	0.085	0.160	1.22	0.019	0.012	0.005
سطح احتمال معنی‌داری P-value							
سویه Strain	0.001	0.001	0.001	0.815	0.180	0.180	0.001
دسترسی به دان Access to feed	0.064	0.360	0.923	0.194	0.110	0.766	0.030
سویه × دسترسی به دان Strain × access to feed	0.100	0.085	0.590	0.319	0.340	0.852	0.075

^{a,b,c} میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون، با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند ($P < 0.05$).

^۱ یک ساعت خاموشی در هر شبانه‌روز. ^۲ ۱۹ ساعت محرومیت = چهار دوره چهار ساعت محرومیت و یک ساعت تغذیه و یک دوره سه ساعت محرومیت و یک ساعت تغذیه. ^۳ ۱۵ ساعت

محرومیت = پنج دوره سه ساعت محرومیت و یک ساعت تغذیه سپس چهار ساعت متوالی دسترسی آزاد به دان.

^{a,b,c} Means with different superscripts within a column are different at ($P < 0.05$).

¹ 1 hour of black-out per day. ² 19 hours of deprivation = 4 periods of 4 h of deprivation and 1 h of feeding, and then 1 period of 3 h of deprivation and 1 hour of feeding. ³ 15 hours of deprivation = 5 periods of 3 h of deprivation and 1 hour of feeding, and then 4 h consecutive of free access to food.

(2005) گزارش کردند که تفاوت‌های ژنتیکی می‌تواند بر پاسخ فیزیولوژیک و ایمونولوژیک تحت شرایط محدودیت خوراک تأثیرگذار باشد و تحت شرایط محدودیت شدید خوراکی وزن نسبی طحال افزایش می‌یابد و به‌عنوان بهبود پاسخ ایمنی در نظر گرفته می‌شود (Urdaneta-Rincon & Leeson, 2002).

ریخت‌شناسی بافت روده

تأثیر دو سویه جوجه‌های گوشتی آرین و راس ۳۰۸ و روش‌های دسترسی به دان بر ریخت‌شناسی بافت روده در روده همراه بوده و به‌عنوان یک نشانگر مثبت در سلامت و کارایی روده در نظر گرفته می‌شود (Table 6- The effects of two strains of Arian and Ross 308 broiler chickens and feed access methods on intestinal morphology par Gubina-Vakyulyk et al., 2015). محدودیت زمانی خوراک احتمالاً با ایجاد دوره‌های استراحت برای دستگاه گوارش، به بهبود یکپارچگی ساختاری روده کمک می‌کند. در چنین شرایطی، تجدید سلولی در کریپت‌ها کارآمدتر شده و نیاز به تکثیر سریع سلول‌ها کاهش می‌یابد، که خود را به‌صورت کاهش عمق کریپت نشان می‌دهد. این فرآیند در نهایت به افزایش سطح مؤثر جذب مواد مغذی و بهبود کلی عملکرد پرنده منجر می‌شود (Islamiati et al., 2024). سلول‌های روده‌ای آنزیم‌های مختلفی مانند ساکاراز، مالتاز و پپتیداز ترشح می‌کنند و می‌توانند بر ویسکوزیته و مصرف خوراک تأثیر بگذارند (Konkol et al., 2024).

سیستم ایمنی سلولی

تأثیر دو سویه جوجه‌های گوشتی آرین و راس ۳۰۸ و روش‌های دسترسی به دان بر فراسنجه‌های مربوط به سیستم ایمنی سلولی در جدول ۷ ارائه شده است. در بررسی اثرات سویه، میزان هتروفیل و لنفوسیت خون جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ نسبت به جوجه‌های گوشتی سویه آرین به‌ترتیب افزایش و کاهش یافت ($P < 0.05$). در خصوص اثرات روش خوراک‌دهی، استفاده از روش‌های محدودیت خوراک با دسترسی متناوب و زمانی نسبت به دسترسی آزاد به خوراک به‌ترتیب سبب کاهش و افزایش میزان هتروفیل و لنفوسیت خون شد ($P < 0.05$). در هر دو سویه آرین و راس ۳۰۸، نسبت هتروفیل به لنفوسیت خون پرندگان با استفاده از روش‌های محدودیت خوراک با محدودیت زمانی نسبت به دسترسی آزاد به دان کاهش یافت ($P < 0.05$). نوایگوئی و همکاران (Nwaigwe et al., 2020) گزارش کردند که کاهش نسبت هتروفیل به لنفوسیت می‌تواند نشانگر تنش باشد. مکسول و همکاران (Maxwell et al., 1992) گزارش کردند که محدودیت خوراک باعث افزایش نسبت هتروفیل به لنفوسیت در سن ۵۲ روزگی شده است. استفاده از برنامه محدودیت خوراک با دسترسی به دان متناوب و زمانی، سازوکارهای ایمنی هومورال را از طریق تولید لنفوسیت‌های B-فعال و در نتیجه سنتز

در این تحقیق، اثر سویه بر درصد لاشه، ران، سینه و طحال معنی‌دار بود، ولی بر اندازه قلب و پانکراس ۳۰۸ تأثیری نداشت، به‌نحوی که درصد لاشه و سینه در جوجه‌های گوشتی سویه آرین کاهش یافت، اما درصد ران و طحال نسبت به جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ افزایش یافت. در ارتباط با روش دسترسی به خوراک، درصد ران و طحال تحت تأثیر قرار گرفته است، به‌نحوی که در روش دسترسی آزاد به خوراک، اندازه ران افزایش یافت و از طرف دیگر استفاده از روش محدودیت متناوب و زمانی به خوراک سبب افزایش اندازه طحال شد. هانگالاپورا و همکاران (Hangalapura et al., 2024).

جوجه‌های گوشتی آرین و راس ۳۰۸ و روش‌های دسترسی به خوراک بر فراسنجه‌های ریخت‌شناسی بافت روده (۴۵ روزگی) of Arian and Ross 308 broiler chickens and feed access methods on intestinal morphology par

گزارش شده است. نسبت طول پرز به عمق کریپت روده با استفاده از روش محدودیت زمانی خوراک نسبت به روش دسترسی آزاد به خوراک در جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ افزایش یافت ($P < 0.05$). در هر دو سویه آرین و راس ۳۰۸، عمق کریپت روده پرندگان با استفاده از روش محدودیت زمانی خوراک نسبت به دسترسی آزاد به دان کاهش یافت ($P < 0.05$). ریخت‌شناسی مخاط روده یکی از شاخص‌های سلامت روده است (Moita et al., 2021). افزایش طول پرزها باعث افزایش سطح جذب مواد مغذی و در نتیجه افزایش راندمان دان و افزایش وزن بدن می‌شود (Ullah et al., 2024). افزایش طول پرز، سطح جذب مواد مغذی را به‌طور چشمگیری بالا می‌برد، درحالی که کاهش عمق کریپت نشان‌دهنده کاهش سرعت چرخش سلولی و نیاز کمتر به ترمیم سلول‌های اپیتلیال آسیب‌دیده است. مجموع این عوامل به افزایش ظرفیت جذب مواد مغذی و بهبود ضریب تبدیل غذایی منجر می‌شود (Paudel et al., 2023). سازوکارهای احتمالی دخیل در این بهبود می‌تواند شامل کاهش تنش متابولیکی روده در دوره‌های عدم دسترسی به دان باشد که به سلول‌های روده فرصت بازسازی و ترمیم بهتری می‌دهد. همچنین ممکن است که تغییر در الگوهای ترشح آنزیم‌های گوارشی یا هورمون‌های روده در پاسخ به دوره‌های تغذیه متناوب، در نهایت به سازگاری‌های ریخت‌شناختی مفید منجر شده باشد. این یافته‌ها نشان داده‌اند که مدیریت‌های تغذیه‌ای خاص، از جمله محدودیت‌های ملایم خوراکی یا تغییر در زمان‌بندی تغذیه، می‌توانند با ایجاد تغییراتی در محیط لومن روده و پویایی سلول‌های اپیتلیال، به سلامت و یکپارچگی سد روده‌ای کمک کنند (Chaiyasing et al., 2024). بنابراین، اعمال دقیق محدودیت زمانی خوراک در سویه راس ۳۰۸، بر پتانسیل بهبود جذب مواد مغذی و به‌تبع آن بر کارایی رشد از طریق بهینه‌سازی ساختار روده تأثیرگذار است. همچنین، کاهش عمق کریپت نشان‌دهنده چرخش آهسته بازسازی بافت روده است. این امر با کاهش نیاز به انرژی و پروتئین برای نگهداری و ترمیم سلول‌های

آنتی‌بادی‌ها را تحریک می‌کند و می‌تواند سیستم ایمنی را بهبود بخشد (Jarosz et al., 2018).

جدول ۶- تأثیرات دو سویه جوجه‌های گوشتی آرین و راس ۳۰۸ و روش‌های دسترسی به خوراک بر فراسنجه‌های ریخت‌شناسی بافت روده (۴۵ روزگی)

Table 6- The effects of two strains of Arian and Ross 308 broiler chickens and feed access methods on intestinal morphology parameters (45 day of age)

تیمار Treatment	طول پرز (میکرومتر) Villus height (μm)	ضخامت پرز (میکرومتر) Villus thickness (μm)	عمق کریپت (میکرومتر) Crypt depth (μm)	عرض کریپت (میکرومتر) Crypt width (μm)	طول پرز/ عمق کریپت Villus:Crypt
سویه Strain					
آرین Arian	1468	168.5	144.9	14.17	10.12 ^b
راس ۳۰۸ Ross 308	1522	142.9	152.8	17.16	9.96 ^a
انحراف استاندارد میانگین SEM	50.4	10.65	3.80	1.610	0.265
دسترسی به دان Access to feed					
آزاد ^۱ Free ⁴	1518	144.1	158.8 ^a	16.40	9.56 ^b
متناوب ^۵ Intermittent ⁵	1499	169.1	149.0 ^{ab}	17.04	10.06 ^{ab}
زمانی ^۶ Time ⁶	1467	153.9	138.7 ^b	13.55	10.58 ^a
انحراف استاندارد میانگین SEM	61.7	12.98	4.70	1.976	0.321
اثرات متقابل Interaction effects					
آرین × آزاد Arian × free	1502	168.1	154.9	12.77	9.69 ^{ab}
آرین × متناوب Arian × intermittent	1441	172.1	139.6	17.94	10.32 ^{ab}
آرین × زمانی Arian × time	1459	165.4	140.2	11.80	10.41 ^{ab}
راس ۳۰۸ × آزاد Ross 308 × free	1533	120.1	162.7	16.14	9.42 ^b
راس ۳۰۸ × متناوب Ross 308 × intermittent	1558	166.0	158.4	20.03	9.83 ^{ab}
راس ۳۰۸ × زمانی Ross 308 × time	1475	142.5	137.2	15.30	10.75 ^a
انحراف استاندارد میانگین SEM	87.2	18.32	6.601	2.785	0.452
سطح احتمال معنی‌داری P-value					
سویه Strain	0.449	0.103	0.161	0.207	0.004
دسترسی به دان Access to feed	0.841	0.407	0.024	0.140	0.012
سویه × دسترسی به دان Strain × access to feed	0.825	0.527	0.285	0.967	0.042

^{a,b,c} میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون، با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند ($P < 0.05$).

^۱ یک ساعت خاموشی در هر شبانه‌روز. ^۲ ۱۹ ساعت محرومیت = چهار دوره چهار ساعت محرومیت و یک ساعت تغذیه و یک دوره سه ساعت محرومیت و یک ساعت تغذیه. ^۳ ۱۵ ساعت محرومیت = پنج دوره سه ساعت محرومیت و یک ساعت تغذیه سپس چهار ساعت متوالی دسترسی آزاد به دان.

^{a,b,c} Means with different superscripts within a column are different at ($P < 0.05$).

¹ 1 hour of black-out per day. ² 19 hours of deprivation = 4 periods of 4 h of deprivation and 1 h of feeding, and then 1 period of 3 h of deprivation and 1 hour of feeding. ³ 15 hours of deprivation = 5 periods of 3 h of deprivation and 1 hour of feeding, and then 4 h consecutive of free access to food.

جدول ۷- تأثیرات دو سویه جوجه‌های گوشتی آراین و راس ۳۰۸ و روش‌های دسترسی به خوراک بر سیستم ایمنی سلولی (۴۵ روزگی)

Table 7- The effects of two strains of Arian and Ross 308 broiler chickens and feed access methods on cellular immune system (45 day of age)

تیمار Treatment	گلبول سفید خون (میکرولیتر/ ^۶) White blood cell ($\mu\text{l}/10^6$)	گلبول قرمز خون (میکرولیتر/ ^۶) Red blood cell ($\mu\text{l}/10^6$)	هتروفیل (درصد) Heterophile (%)	لنفوسیت (درصد) Lymphocyte (%)	هتروفیل / لنفوسیت (درصد) HET/LYM (%)
سویه Strain					
آراین Arian	27160	2.52	27.4 ^b	70.2 ^a	0.390
راس ۳۰۸ Ross 308	26399	2.48	28.7 ^a	68.9 ^b	0.417
انحراف استاندارد میانگین SEM	0.9	0.310	4.47	4.47	0.321
دسترسی به دان Access to feed					
آزاد ^۴ Free ⁴	27993	2.45	29.3 ^a	68.0 ^b	0.433 ^a
متناوب ^۵ Intermittent ⁵	26086	2.53	27.8 ^b	70.4 ^a	0.398 ^{ab}
زمانی ^۶ Time ⁶	26260	2.52	27.2 ^b	70.3 ^a	0.391 ^b
انحراف استاندارد میانگین SEM	0.5	0.187	2.63	2.58	0.198
اثرات متقابل Interaction effects					
آراین × آزاد free×Arian	28317	2.40	29.2	68.0	0.441
آراین × متناوب intermittent×Arian	26181	2.66	26.5	71.5	0.376
آراین × زمانی time×Arian	26983	2.50	26.5	71.0	0.377
راس ۳۰۸ × آزاد free × Ross 308	27670	2.50	29.3	68.0	0.426
راس ۳۰۸ × متناوب intermittent × Ross 308	25992	2.39	29.0	69.3	0.420
راس ۳۰۸ × زمانی time × Ross 308	25537	2.55	27.8	69.5	0.404
انحراف استاندارد میانگین SEM	8.1	12.465	5.32	1.98	8.435
سطح احتمال معنی‌داری P-value					
سویه Strain	0.308	0.724	0.016	0.012	0.116
دسترسی به دان Access to feed	0.080	0.794	0.009	<0.0001	0.013
سویه × دسترسی به دان access to feed×Strain	0.780	0.327	0.208	0.157	0.128

^{a,b,c} میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون، با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند ($P<0.05$).

^۱ یک ساعت خاموشی در هر شبانه‌روز. ^۲ ۱۹ ساعت محرومیت= چهار دوره چهار ساعت محرومیت و یک ساعت تغذیه و یک دوره سه ساعت محرومیت و یک ساعت تغذیه. ^۳ ۱۵ ساعت محرومیت= پنج دوره سه ساعت محرومیت و یک ساعت تغذیه سپس چهار ساعت متوالی دسترسی آزاد به دان.

^{a,b,c} Means with different superscripts within a column are different at ($P<0.05$).

¹ 1 hour of black-out per day. ² 19 hours of deprivation = 4 periods of 4 h of deprivation and 1 h of feeding, and then 1 period of 3 h of deprivation and 1 hour of feeding. ³ 15 hours of deprivation = 5 periods of 3 h of deprivation and 1 hour of feeding, and then 4 h consecutive of free access to food.

نتیجه گیری کلی

سیاسگزاری

براساس نتایج این تحقیق، سویه آرین با محدودیت زمانی خوراک و سویه راس ۳۰۸ با روش خوراک دهی آزاد بهترین عملکرد وزنی را داشتند. به طور کلی، روش محدودیت زمانی خوراک در جوجه های گوشتی نژاد آرین سبب بهبود شاخص های فیزیکی بدن، فراسنج های ریخت سنجی روده و تقویت سیستم ایمنی و عملکرد تولیدی در کل دوره شد و این سویه از جوجه های گوشتی می تواند تأخیر در رشد خود را جبران نمایند. انجام مطالعات بیشتر در این زمینه توصیه می شود.

از مدیریت محترم مجتمع تحقیقاتی، آموزشی و پرورشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به خاطر در اختیار قرار دادن سالن پرورش، از مجتمع پرورش و اصلاح نژاد مرغ لاین آرین بابلکنار به خاطر در اختیار قرار دادن جوجه گوشتی و از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان به خاطر در اختیار قرار دادن تجهیزات آزمایشگاهی و حمایت مالی برای اجرای این طرح تشکر و قدردانی می شود.

References

- Arce, J., Berger, M., & Coello, C. L. (1992). Control of ascites syndrome by feed restriction techniques. *Journal of Applied Poultry Research*, 1, 1-5. <https://doi.org/10.1093/japr/1.1.1>
- Association of Official Analytical Chemists, A. O. A. C. (2005). Official method of Analysis (18th ed). Washington, DC: Association of Officiating Analytical Chemists, Method 935.14 and 992.24. [Scientific Research Publishing]
- Chaiyasing, R., Srinontong, P., Aengwanich, W., Promsatit, S., Cahyadi, D. D., & Wandee, J. (2024). Effects of different feeding frequencies on broiler chickens' growth performance and intestinal villus development. *Trends in Sciences*, 21, 7353-7353. <https://doi.org/10.48048/tis.2024.7353>
- Decuypere, E., Bruggeman, V., Everaert, N., Li, Y., Boonen, R., De Tavernier, J., & Buys, N. (2010). The broiler breeder paradox: ethical, genetic and physiological perspectives, and suggestions for solutions. *British Poultry Science*, 51, 569-579. <https://doi.org/10.1080/00071668.2010.519121>
- Fanooci, M., & Torki, M. (2010). Effects of qualitative dietary restriction on performance, carcass characteristics, white blood cell count and humoral immune response of broiler chicks. *Global Veterinaria*, 4, 277-282. [Google Scholar]
- Farhangfar, B., Hosseini, S. A., Zaraei, A., & Lotfollahian, H. (2013). Effect of feed restriction and diet containing coenzyme Q10 on incidence of Ascites syndrome and immune response in broiler chickens. *Research On Animal Production*, 3, 77-93. [Google Scholar]
- Fayeye, T. R., Ayorinde, K. L., Ojo, V., & Adesina, O. M. (2006). Frequency and influence of some major genes on body weight and body size parameters of Nigerian local chickens. *Livestock Research for Rural Development*, 18, 37. [Google Scholar]
- Gubina, V. G. I., Gorbach, T. V., Tkachenko, A. S., & Tkachenko, M. O. (2015). Damage and regeneration of small intestinal enterocytes under the influence of carrageenan induces chronic enteritis. *Comparative Clinical Pathology*, 24, 1473-1477. <http://dx.doi.org/10.1007/s00580-015-2102-3>
- Hama, Z. O., Mohammed, H. N., Ali, K. A., & Rashid, S. A. (2021). Intermittent lighting schedule effects on broiler production performance and carcass traits. *Journal of Animal and Poultry Production*, 12, 27-30. <https://dx.doi.org/10.21608/jappmu.2021.149448>
- Hangalapura, B. N., Nieuwland, M. G., Reilingh, G. D. V., Buyse, J., Van Den Brand, H., Kemp, B., & Parmentier, H. K. (2005). Severe feed restriction enhances innate immunity but suppresses cellular immunity in chicken lines divergently selected for antibody responses. *Poultry Science*, 84, 1520-1529. <https://doi.org/10.1093/ps/84.10.1520>
- Islamiati, P., Hanif, M. F., Sujiwo, J., Nugroho, A., & Ariyadi, B. (2024). Effect of restricted feeding on growth performance, carcass traits, blood hematology, internal organs, and intestinal histomorphology of broilers. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 12, 1266-1272. <https://dx.doi.org/10.17582/journal.aavs/2024/12.7.1266.1272>
- Jarosz, Ł.S., Marek, A., Grądzki, Z., Kwiecień, M., & Kaczmarek, B. (2018). The effect of feed supplementation with a copper-glycine chelate and copper sulphate on selected humoral and cell-mediated immune parameters, plasma superoxide dismutase activity, ceruloplasmin and cytokine concentration in broiler chickens. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 102, 326-336. <https://doi.org/10.1111/jpn.12750>
- Khetani, T.L., Nkukwana, T.T., Chimonyo, M., & Muchenje, V. (2009). Effect of quantitative feed restriction on broiler performance. *Tropical Animal Health and Production*, 41, 379-384. <https://doi.org/10.1007/s11250-008-9200-z>

14. Kim, D. Y., Kim, J. H., Choi, W. J., Han, G. P., & Kil, D. Y. (2021). Comparative effects of dietary functional nutrients on growth performance, meat quality, immune responses, and stress biomarkers in broiler chickens raised under heat stress conditions. *Animal Bioscience*, 34, 1839. <https://doi.org/10.5713/ab.21.0230>
15. Konkol, D., Popiela, E., Opaliński, S., Lipińska, A., Tymoszewski, A., Krasowska, A., & Korczyński, M. (2024). Effects of fermented rapeseed meal on performance, intestinal morphology, the viscosity of intestinal content, phosphorus availability, and egg quality of laying hens. *Poultry Science*, 103, 103256. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.103256>
16. Korver, D. R. (2023). Current challenges in poultry nutrition, health, and welfare. *Animal*, 17, 100755. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100755>
17. Maxwell, M. H., Hocking, P. M., & Robertson, G. W. (1992). Differential leucocyte responses to various degrees of food restriction in broilers, turkeys and ducks. *British Poultry Science*, 33, 177-187. <https://doi.org/10.1080/00071669208417455>
18. Moita, V. H. C., Duarte, M. E., & Kim, S. W. (2021). Supplemental effects of phytase on modulation of mucosa-associated microbiota in the jejunum and the impacts on nutrient digestibility, intestinal morphology, and bone parameters in broiler chickens. *Animals*, 11, 3351. <https://doi.org/10.3390/ani11123351>
19. Nabinejad, A., Nabinejad, A., & Parandeh, R. (2023). Effect of food restriction on growth and response to vaccination in Arian broilers. *Veterinary Research & Biological Products*, 36, 44-52. <https://doi.org/10.22092/vj.2023.357200.2023>
20. Naserio, D., Jaken, F., & Gamitro, B. (2015). Selected feeding in respond to increase condense in broiler chickens. *Spanish Journal of Political Science*, 189, 48-53.
21. Nwaigwe, C. U., Ihedioha, J. I., Shoyinka, S. V., & Nwaigwe, C. O. (2020). Evaluation of the hematological and clinical biochemical markers of stress in broiler chickens. *Veterinary World*, 13, 2294. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2020.2294-2300>
22. Offiong, S. A., Ekpenyong, U. A., Isaac, L. J., & Ojebiyi, O. O. (2002). Compensatory growth in broiler chickens on full feeding following exposure to selected durations of feed deprivation. *Tropical Agriculture*, 3, 191-197. [\[Google Scholar\]](#)
23. Özkan, S., Plavnik, I., & Yahav, S. (2006). Effects of early feed restriction on performance and ascites development in broiler chickens subsequently raised at low ambient temperature. *Journal of Applied Poultry Research*, 15, 9-19. <https://doi.org/10.1093/japr/15.1.9>
24. Paudel, S., Mishra, A., Singh, S., Sapkota, S., & Gorkhali, N. A. (2023). Age-related gRoss 308 and histomorphological changes in small intestine of sakini chicken. *Bhutan Journal of Animal Science*, 7, 19-32. [\[Google Scholar\]](#)
25. Paul, B. N., Chanda, S., Das, S., Singh, P., Pandey, B. K., & Giri, S. S. (2014). Mineral assay in atomic absorption spectroscopy. *The Beats of Natural Sciences*, 4, 1-17. [\[Google Scholar\]](#)
26. Plavnik, I., & Hurwitz, S. (1985). The performance of broiler chicks during and following a severe feed restriction at an early age. *Poultry Science*, 64, 348-355. <https://doi.org/10.3382/ps.0640348>
27. Rouhanipour, H., Ashayerizadeh, O., Sharifi, S. D., & Dastar, B. (2025). Dietary copper and L-arginine: influence on pullet maturation and productivity. *Journal of Applied Poultry Research*, 34, 100510. <https://doi.org/10.1016/j.japr.2024.100510>
28. Shariatmadari, F. (2009). Feeding schedules for broiler chickens. *World's Poultry Science Journal*, 65, 393-400. <https://doi.org/10.1017/S0043933909000282>
29. Shariatmadari, F., & Moghadamian, A. A. (2007). Effect of early feed restriction in combination with intermittent lighting during the natural scotoperiod on performance of broiler chicken. *Journal of Crop Production and Processing*, 11, 363-374. [\[Google Scholar\]](#)
30. Sahraei, M. (2012). Feed restriction in broiler chickens production. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 28, 333-352. <http://dx.doi.org/10.2298/BAH1202333S>
31. Ullah, A., Anjum, A. A., Raziq, F., Khan, M. T., Gul, R., Rauf, M., & Khan, K. (2024). Effect of ethanolic extract of *Eucalyptus globulus* leaves on growth enhancing, gut morphology, and intestinal absorption capacity in broiler chicken. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 75, 7145-7154.
32. Urdaneta-Rincon, M., & Leeson, S. (2002). Quantitative and qualitative feed restriction on growth characteristics of male broiler chickens. *Poultry Science*, 81, 679-688. <https://doi.org/10.1093/ps/81.5.679>
33. Wijtten, P. J. A., Hangoor, E., Sparla, J. K. W. M., & Verstegen, M. W. A. (2010). Dietary amino acid levels and feed restriction affect small intestinal development, mortality, and weight gain of male broilers. *Poultry Science*, 89, 1424-1439. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00626>
34. Willemsen, H., Everaert, N., Witters, A., De Smit, L., Debonne, M., Verschuere, F., & Bruggeman, V. (2008). Critical assessment of chick quality measurements as an indicator of posthatch performance. *Poultry Science*, 87, 2358-2366. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00095>
35. Yan, C., Xiao, J., Chen, D., Turner, S. P., Li, Z., Liu, H., & Zhao, X. (2021). Feed restriction induced changes in

- behavior, corticosterone, and microbial programming in slow-and fast-growing chicken breeds. *Animals*, 11, 141. <https://doi.org/10.3390/ani11010141>
36. Zhan, X. A., Wang, M., Ren, H., Zhao, R. Q., Li, J. X., & Tan, Z. L. (2007). Effect of early feed restriction on metabolic programming and compensatory growth in broiler chickens. *Poultry Science*, 86, 654-660. <https://doi.org/10.1093/ps/86.4.654>

Contents

Ruminant Nutrition

Effects of Different Levels of Biuret Instead of Urea on the Chemical Composition, Amino Acid Profile and Meat Quality Characteristics of Afshari Male Lambs	227
---	------------

Samira Nazari, Ayoub Azizi, Ali Kiani, Maryam Asnaashari

The Effect of Adding Tomato (<i>solanum lycopersicum</i>) Pomace on Rumen Fermentation Parameters, Health and Growth of Holstein Dairy Calves	245
--	------------

Reza Akbari Dahoui, Masoud Alikhani, Rahman Jahanian, Majid Savari

<i>In vitro</i> Ruminal Fermentation of Diets Containing Sugarcane Bagasse Treated with Ammonia and Sodium Hydroxide at Different Times	259
--	------------

Ehsan Rashnoo, Farshid Fatahnia, Seyyed Reza Mousavi, Yahya Mohammadi, Mohammad Shamsollahi, Parisa Darat

The Effect of Chelated and Inorganic Trace Mineral Supplements on Performance, Blood Parameters, and Skeletal Growth Indices in Holstein Suckling Calves	273
---	------------

Ghasem Khadem, Taghi Ghoorchi, Abdolhakim Toghdory, Katayoun Mehrani, Kamel Amozadeh Araee

The Effect of Concentrate Supplementation on Growth Performance of Weaned Female of Moghani and Romanov-Moghani Cross-Bred Lambs under Grazing Conditions	287
--	------------

Milad Zamani, Hossein Abdi-Benemar, Jamal Seifdavati, Reza Seyedsharifi, Mojtaba Alipour Einaldin

The effect of different levels of protected sodium butyrate on feed intake, growth performance and some blood parameters in Holstein dairy calves	307
--	------------

Hamidreza Khajavi, Saeed Sobhani Rad, Mohammad Taghavi, Hadi Ghorbani PharmD, Masoud Ainechian

Poultry Nutrition

Comparison of Growth Performance, Intestinal Morphology and Microbial Population, and Blood Biochemical Parameters in Arian and Ross Broiler Chickens in Response to Commercial Probiotics	323
---	------------

Seyyed Javad Hosseini-Vashan, Kamran Bahrampour, Yaser Feizdar barabadi, Seyyed Morteza Veghar Seidin, Soheila Ebrahimi

Investigate the Effect of Commercial Strain Type and Feeding Methods on Performance, Intestinal Morphological Parameters, and Immune System of Broiler Chickens	341
--	------------

Hesamuddin Zahabi, Hasan Rouhanipour, Kazem Yussefi Kelarikolaei, Seyed Davood Sharifi, Seyyed Abdollah Hosseini, Ali Solbi

« Scientific Journal»
Iranian Journal of Animal Science Research

Vol. 17

No. 3

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

- Effects of Different Levels of Biuret Instead of Urea on the Chemical Composition, Amino Acid Profile and Meat Quality Characteristics of Afshari Male Lambs 227
Samira Nazari, Ayoub Azizi, Ali Kiani, Maryam Asnaashari

- The Effect of Adding Tomato (*solanum lycopersicum*) Pomace on Rumen Fermentation Parameters, Health and Growth of Holstein Dairy Calves 245
Reza Akbari Dahoui, Masoud Alikhani, Rahman Jahanian, Majid Savari

- In vitro Ruminal Fermentation of Diets Containing Sugarcane Bagasse Treated with Ammonia and Sodium Hydroxide at Different Times 259
Ehsan Rashnoo, Farshid Fatahnia, Seyyed Reza Mousavi, Yahya Mohammadi, Mohammad Shamsollahi, Parisa Darat

- The Effect of Chelated and Inorganic Trace Mineral Supplements on Performance, Blood Parameters, and Skeletal Growth Indices in Holstein Suckling Calves 273
Ghasem Khadem, Taghi Ghoorchil, Abdolkakim Toghdory, Katayoun Mehrani, Kamel Amozideh Arice

- The Effect of Concentrate Supplementation on Growth Performance of Weaned Female of Moghani and Romanov-Moghani Cross-Bred Lambs under Grazing Conditions 287
Milad Zamani, Hossein Abdi-Benemar, Jamal Seifdavati, Reza Seyedsharifi, Mojtaba Alipour Einaldin

- The effect of different levels of protected sodium butyrate on feed intake, growth performance and some blood parameters in Holstein dairy calves 307
Hamidreza Khajavi, Saeed Sobhani Rad, Mohammad Taghavi, Hadi Ghorbani PharmD, Masoud Ainechian

Poultry Nutrition

- Comparison of Growth Performance, Intestinal Morphology and Microbial Population, and Blood Biochemical Parameters in Arian and Ross Broiler Chickens in Response to Commercial Probiotics 323
Seyyed Javad Hosseini-Vashan, Kamran Bahrampour, Yaser Feizdar barabadi, Seyyed Morteza Veghar Seidin, Soheila Ebrahimi

- Investigate the Effect of Commercial Strain Type and Feeding Methods on Performance, Intestinal Morphological Parameters, and Immune System of Broiler Chickens 341
Hesamuddin Zahabi, Hasan Rouhanipour, Kazem Yussefi Kekarikolaei, Seyed Davood Sharifi, Seyyed Abdollah Hosseini, Ali Solbi