



جلد ۱۶ شماره ۱
سال ۱۴۰۳

نشریه علمی پژوهشهای علوم دامی ایران

۲۰۰۸-۳۱۰۶:شاپا

(شماره پیاپی: ۵۷)

عنوان مقالات

تغذیه نشخوارکنندگان

اندازه‌گیری قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی کاه گندم و کاه گندم به همراه پوسته برنج با استفاده از سه روش خاکستر نامحلول در اسید، لیگنین نامحلول در اسید و جمع آوری کل مدفوع در شتر ۳
هادی بهزاد، علی قورچی، مصطفی حسین آبادی، جعفر باشتی

تأثیر منابع مختلف مکمل روی بر عملکرد، قابلیت هضم، فراسجدهای خونی و شکمبه‌ای بردهای پرواری ۱۷
پدافه چاشنی دل، رامان پختاری، حمید رفیعا مردانی

اثر مقدار تشابه خوراک آمازین بر شاخص‌های بدنی، متابولیت‌های خونی و شاخص‌های عملکردی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین ۳۱
امیرعلی مهدوی شهری، عباسعلی ناصریان، زهرا ولی زاده، سید هادی لورامی، امیر دوزی لمراسکی

اثر سطوح مختلف میوه بلوط فرآوری شده با هیدروکسید سدیم و آورد بر فراسجدهای تخمیر، ریخت‌شناسی، تجزیه پذیری شکمبه‌ای و ساخت پروتئین میکروبی در بردهای تر پرواری آمیخته زل با آبکای ۴۱
محمد نوروزی، پدافه چاشنی دل، مصطفی یوسف الهی، امیناله تیموری باسری

عملکرد، خصوصیات لانه، فراسجدهای خونی و قابلیت هضم مواد مغذی بردهای پرواری نژاد مغانی و آمیخته رومانی ۵۹
سیدالشاه، حسین حدادی بندار، جمال سیف دوانی، فرزاد میرزایی آقچه قتلاقی، لادن قنیری اردی

تأثیر فرآوری‌های شیمیایی همراه با پخت رطلوتی - حرارتی - ششمنی دانه جو بولگی شده بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و بخشی‌بندی پروتئین و کربوهیدرات‌ها ۷۱
امیر هارمند، سید علیرضا کبلی، محسن دانش مسگران، عبدالمنصور جهانبی

تغذیه حیور

اثر افزودن مخمر تجاری ساکارومایسس سروریزه به جیره بلدرچین زاینی بر صفات عملکردی، برخی فراسجدهای سرم، ریخت‌شناسی و جمعیت باکتری‌های بیماری‌زای روده ۹۱
فاروق کارگی، نجیب‌الله قیاض و آرش هادری

اثرات افزودن سیاهدانه، ال-کارنیتین و ویتامین آ بر عملکرد تولیدی، خصوصیات لانه و فراسجدهای بیوشیمیایی و ایمنی خون بلدرچین تخم‌گذار زاینی تحت تنش گرمایی ۱۰۳
حافظه حبیبی، شکوفه قنصلری، محمد امیر کریمی نوحیری، عبدالله محمدی سنگ چشمه

ژنتیک

تأثیر قابلیت انتقال پیش‌بینی شده نرهای هلشتاین روی عملکرد دختران‌شان در کله‌های استان اصفهان ۱۲۷
روح رفیعا، روح‌الله عبدالله پور، علی صادقی سلیم‌زگی

فیزیولوژی

اثر افزودن باکتری‌های لاکتیک روی سبز به محلول رفیق‌کننده منی قوچ و تأثیرات آن بر کیفیت اسپرم و بار میکروبی منی منجمد ۱۴۳
علی خوشنوت، سید زین‌الدین، مهدی گنج خالو

نشریه علمی پژوهشهای علوم دامی ایران

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

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

جلد ۱۶ شماره ۱ بهار ۱۴۰۳

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه فردوسی مشهد

مدیر مسئول: دکتر حسن نصیری مقدم

سرمدبیر: دکتر رضا ولی زاده

اعضای هیئت تحریریه:

دکتر رضا ولی زاده	استاد تغذیه نشخوارکنندگان	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر محسن دانش مسگران	استاد تغذیه نشخوارکنندگان	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر مرتضی چاجی	استاد تغذیه نشخوارکنندگان	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
دکتر حسن علی عربی	استاد تغذیه نشخوارکنندگان	دانشگاه بوعلی سینا- همدان
دکتر جمال سیف دواتی	استاد تغذیه نشخوارکنندگان	دانشگاه محقق اردبیلی
دکتر حسن نصیری مقدم	استاد تغذیه طیور	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر ابوالقاسم گلیان	استاد تغذیه طیور	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر حسین جانمحمدی	استاد تغذیه طیور	دانشگاه تبریز
دکتر فریبرز 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 مکواری، استرالیا
دکتر مهدی سرگلزایی	دانشیار ژنتیک	دانشگاه گوئلف، کانادا

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

علوم دامی ایران. صندوق پستی ۹۱۷۷۵-۱۱۶۳

نمابر: ۰۵۱-۳۸۷۸۷۴۳۰

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

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

این نشریه در پایگاه های زیر نمایه می شود:

پایگاه استنادی جهان اسلام (ISC) پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (SID) بانک اطلاعات نشریات کشور (MAGIRAN)

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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مندرجات

صفحه	تغذیه نشخوارکنندگان
۳	اندازه گیری قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی کاه گندم و کاه گندم به همراه پوسته برنج با استفاده از سه روش خاکستر نامحلول در اسید، لیگنین نامحلول در اسید و جمع آوری کل مدفوع در شتر هادی بهزاد، تقی قورچی، مصطفی حسین آبادی، جعفر باشتینی
۱۷	تأثیر منابع مختلف مکمل روی بر عملکرد، قابلیت هضم، فراسنجه های خونی و شکمبه ای بره های پرواری یداله چاشنی دل، رادمان بختیاری، حمید رضا مردانی
۳۱	اثر مقدار ناشسته خوراک آغازین بر شاخص های بدنی، متابولیت های خونی و شاخص های عملکردی گوساله های شیرخوار هلشتاین امیرعلی مهدوی شهری، عباسعلی ناصریان، رضا ولی زاده، سید هادی ابراهیمی، امین درزی لمراسکی
۴۱	اثر سطوح مختلف میوه بلوط فرآوری شده با هیدروکسید سدیم و اوره بر فراسنجه های تخمیر، ریخت شناسی، تجزیه پذیری شکمبه ای و ساخت پروتئین میکروبی در بره های نر پرواری آمیخته زل با آتابای محمد نوروزی، یداله چاشنی دل، مصطفی یوسف الهی، اسداله تیموری یانسری
۵۹	عملکرد، خصوصیات لاشه، فراسنجه های خونی و قابلیت هضم مواد مغذی بره های پرواری نژاد مغانی و آمیخته رومانف-مغانی تحت جیره های با سطوح مختلف انرژی نیما نشانه، حسین عبدی بنمار، جمال سیف دواتی، فرزاد میرزایی آقچه قشلاق، اباذر قنبری اردی
۷۱	تأثیر فرآوری های شیمیایی همراه با پخت رطوبتی- حرارتی- تشعشی دانه جو پولکی شده بر ویژگی های فیزیکی و شیمیایی، و بخش بندی پروتئین و کربوهیدرات ها امیر هنرمند، سید علیرضا وکیلی، محسن دانش مسگران، عبدالمنصور طهماسبی
	تغذیه طیور
۹۱	اثر افزودن مخمر تجاری ساکارومایسس سرویزیه به جیره بلدرچین ژاپنی بر صفات عملکردی، برخی فراسنجه های سرم، ریخت-شناسی و جمعیت باکتری های بیماری زای روده فاروق کارگر، نجیب الله فیاض و آرش هادوی
۱۰۳	اثرات افزودن سیاه دانه، ال-کارنیتین و ویتامین E بر عملکرد تولیدی، خصوصیات لاشه و فراسنجه های بیوشیمیایی و ایمنی خون بلدرچین تخم گذار ژاپنی تحت تنش گرمایی عاطفه حبیبی، شکوفه غضنفری، محمد امیر کریمی ترشیزی، عبدالله محمدی سنگ چشمه
	ژنتیک
۱۲۷	تأثیر قابلیت انتقال پیش بینی شده نرهای هلشتاین روی عملکرد دختران شان در گله های استان اصفهان ربیع رهبر، روح اله عبدالله پور، علی صادقی سفیدمزگی
	فیزیولوژی
۱۴۳	اثر افزودن نانوذرات اکسید روی سبز به محیط رقیق کننده منی قوچ و تأثیرات آن بر کیفیت اسپرم و بار میکروبی منی منجمد علی خوشوقت، سعید زین الدینی، مهدی گنج خانلو



Measuring the Apparent Nutrient Digestibility of Wheat Straw and Wheat Straw Mixed with Rice Hull by using Three Methods of Acid-Insoluble Ash, Acid-Insoluble Lignin and Collecting Total Feces in Camels

Hadi Behzad¹, Taghi Ghoorchi², Mostafa Hosseinabadi^{3*}, Jafar Bashtini⁴

1- M.Sc. Graduated, Department of Animal and Poultry Nutrition, Faculty of Animal Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.

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

3- Assistant Professor, Department of Animal and Poultry Nutrition, Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Iran.

4- Research and Education Center for Agriculture and Natural Resources of Razavi Khorasan Province, Iran.

*Corresponding Author's Email: Mostafa_hosseinabadi@yahoo.com

Received: 14-02-2023
Revised: 27-04-2023
Accepted: 13-05-2023
Available Online: 13-05-2023

How to cite this article:

Behzad, H., Ghoorchi, T., Hosseinabadi, M., & Bashtini J. (2024). Measuring the apparent nutrient digestibility of wheat straw and wheat straw mixed with rice hull by using three methods of acid-insoluble ash, acid-insoluble lignin and collecting total feces in camels. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 16(1), 1- 13. (in Persian with English abstract).
[http:// doi.org/ 10.22067/ijasr.2023.81127.1129](http://doi.org/10.22067/ijasr.2023.81127.1129)

Introduction: Various methods have been used to evaluate the digestibility coefficients of nutrients. The total fecal collection (TFC) method is a reliable approach for determining the digestibility of rations in live animals. In this method, animal are kept in a metabolic cage in to collect all the feces, making it the most accurate method for measuring feed digestibility. Total fecal collection (TCF) is one of the most accurate direct procedures to determine apparent digestibility. Despite its accuracy, TFC is labor-intensive and time-consuming when evaluating a wide range of feed samples and requiring a large number of animals. Moreover, animals should be confined in stalls, considering that being surrounded will be accepted by camels for a short period and training is necessary for camels fed with ration containing high amounts of energy. Other disadvantage of keeping the animal trapped includes the potential impact on animal metabolism. These problems led to separation from the animal's normal behavior. Accurate measurement of food intake and fecal collection is a tough work. Digestibility coefficients can be measured indirectly by markers. Various indigestible markers include polyethylene. Various indigestible markers include polyethylene, chromium oxide (Cr₂O₃), acid detergent lignin (ADL) and acid-insoluble ash (AIA) have been used to determine the digestibility of nutrients in different parts of gastrointestinal tract. By the end of 19th century, lignin was considered as a potential internal marker for the estimation of digestibility. Because no specific enzymes exist for degradation of lignin in mammals or in anaerobic bacteria, different results have been re-ported by researchers when using ADL for the estimation of digestibility. Digestibility was reported to be underestimated when using AIA as a natural marker. However, it is difficult to apply this method to grazing animals. AIA is one of the most common internal indicators for determining apparent digestion coefficients. One of the advantages AIA compared to other markers is simplicity of analysis and it does not need special equipment. This study aims to evaluate the nutrient apparent digestibility of different diets in camels using AIA, ADL and TFC.



©2023 The author(s). This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

[http:// doi.org/ 10.22067/ijasr.2023.81127.1129](http://doi.org/10.22067/ijasr.2023.81127.1129)

Materials and Methods: The field phase of the research was conducted at Asrar Sabzevar Agricultural Research Station, and the laboratory phase was conducted at the Animal and Poultry Nutrition Laboratory of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Four male camels (age=1 year, BW= 116.3 ± 9.35 kg) were used in a completely random design to measure the apparent digestibility of nutrients in wheat straw and wheat straw with rice hull using AIA, ADL, and TFC. The experimental period was 42 days (2 periods of 21 days) with 14 days of adaptation to experimental diets and 7 days of data collection. Camels had free access to water, and feeding was done once a day at 8 A.M.

Results and Discussion: The results showed no significant difference between TFC and AIA for measuring the digestibility of dry matter, organic matter, crude fat, crude protein, neutral detergent insoluble fibers, and acid detergent insoluble fibers in wheat straw and wheat straw with rice hull ($P > 0.05$). However, digestibility was significantly higher in TFC than in ADL ($P < 0.05$).

Conclusion: The recovery percentage of AIA marker was 92.8 ± 92.38 in the diet of 75% wheat straw with 25% rice hull. Based on the study's results, AIA can be used as a suitable internal indicator to measure digestibility in camels if the recovery percentage is more than 90%. The amount of digestibility measured using AIA was close to the amount of digestibility measured using TFC.

Keywords: Acid insoluble ash, Acid insoluble lignin, Camel, Collecting total feces, Digestibility

اندازه‌گیری قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی کاه گندم و کاه گندم به‌همراه پوسته برنج با استفاده از سه روش خاکستر نامحلول در اسید، لیگنین نامحلول در اسید و جمع‌آوری کل مدفوع در

شتر

هادی بهزاد^۱، تقی قورچی^۲، مصطفی حسین‌آبادی^{۳*}، جعفر باشتینی^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۲۳

چکیده

این پژوهش به‌منظور اندازه‌گیری قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی کاه گندم و کاه گندم به‌همراه پوسته برنج با استفاده از سه روش خاکستر نامحلول در اسید، لیگنین نامحلول در اسید و جمع‌آوری کل مدفوع در شتر انجام شد. تعداد ۴ نفر شتر نر با میانگین وزن $116/25 \pm 9/35$ کیلوگرم و سن یک‌سال در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد استفاده قرار گرفت. مدت زمان انجام آزمایش ۴۲ روز (۲ دوره ۲۱ روزه) بود که شامل ۱۴ روز مدت زمان عادت‌پذیری به جیره‌های آزمایشی و ۷ روز نمونه‌برداری بود. تیمارهای آزمایشی شامل: (۱) کاه گندم (۲) کاه گندم همراه با ۲۵ درصد پوسته برنج بود. نتایج این مطالعه نشان داد روش‌های جمع‌آوری کل مدفوع، خاکستر نامحلول در اسید جهت اندازه‌گیری قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، چربی خام، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی کاه گندم به‌همراه پوسته برنج وجود تفاوت معنی‌داری نداشتند، اما میزان قابلیت هضم در این دو روش به‌طور معنی‌داری بیشتر از روش لیگنین نامحلول در اسید بود ($P < 0/05$). میزان درصد بازیافت مارکر خاکستر نامحلول در اسید در جیره ۷۵ درصد کاه گندم به‌همراه ۲۵ درصد پوسته برنج $92/8 \pm 92/38$ بود. به‌طور کلی بر اساس نتایج بدست آمده در این مطالعه به‌نظر می‌رسد چنانچه درصد بازیافت مارکر خاکستر نامحلول در اسید بیش از ۹۰ درصد باشد، میزان قابلیت هضم خاکستر نامحلول در اسید با مقدار قابلیت هضم جمع‌آوری کل مدفوع نزدیک بوده، لذا روش خاکستر نامحلول در اسید می‌تواند به‌عنوان یک نشانگر داخلی مناسب برای محاسبه قابلیت هضم در شتر مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: جمع‌آوری کل مدفوع، خاکستر نامحلول در اسید، شتر، قابلیت هضم، لیگنین نامحلول در اسید

مقدمه

روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری قابلیت هضم مواد مغذی وجود دارد. روش جمع‌آوری کل مدفوع (^۵TFC) روشی است که معمولاً برای تعیین قابلیت هضم جیره با استفاده از حیوان زنده به‌کار برده می‌شود. این روش قابل اعتمادترین روش اندازه‌گیری قابلیت هضم خوراک است. در این روش معمولاً حیوان داخل قفس متابولیکی به‌منظور جمع‌آوری کل مدفوع نگه‌داشته می‌شود (Ajmal Khan et al., 2003). هر چند، زمان و هزینه‌بر بودن، زحمت زیاد و استفاده از حیوانات خاص، کاربرد این روش را محدود می‌کند. این

۱- دانش‌آموخته مقطع کارشناسی ارشد، گروه تغذیه دام و طیور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران.

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

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

۴- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، ایران.

*- نویسنده مسئول:

(Email: Mostafa_hosseiniabadi@yahoo.com
<http://doi.org/10.22067/ijasr.2023.81127.1129>

و لیگنین نامحلول در اسید (2ADL) در شتر می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مرحله مزرع‌ای تحقیق در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسرار شهرستان سبزوار و مرحله آزمایشگاهی در آزمایشگاه تغذیه دام‌وپتیور دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام گرفت. بدین‌منظور سالنی به ابعاد هشت در شش متر در نظر گرفته شد. در داخل سالن، چهار جایگاه به ابعاد ۱/۵ در دو متر طوری تعبیه شد که در انتهای هر دام‌هنگامی که در جایگاه قرار گرفت، شیار خروجی فاضلاب به‌عرض ۳۰ سانتی‌متر (توری فلزی روی آن) واقع شد. کف جایگاه موزائیک صاف بود و مدفوع به‌راحتی جمع‌آوری می‌شد. ادرار دام از شیار خروجی فاضلاب خارج می‌شد. در این پژوهش، از چهار نفر شتر نر با میانگین وزن $116/25 \pm 9/35$ با سن حدود یک‌سال، به مدت یک هفته دوره نمونه‌گیری و دو هفته دوره عادت‌پذیری به‌جیره استفاده شد. شترها حداقل اختلاف وزنی و سنی را داشتند. قبل از شروع طرح، شترها شماره‌گذاری شده و به‌منظور مبارزه با انگل‌های دستگاه گوارش قرض آلبندازول (برای هر ۸۰ کیلوگرم وزن زنده یک ابلت) به هر شتر خوراندند. شترها به‌منظور عادت‌پذیری با محیط سالن پنج روز در محیط سالن آزاد بودند. سپس، هر شتر در جایگاه انفرادی قرار گرفت. در این طرح از دو نوع ضایعات کشاورزی شامل کاه گندم و پوسته برنج استفاده گردید. بدین‌منظور، تیمار یک شامل کاه گندم به‌تنهایی و نیز تیمار دوم کاه گندم به‌همراه ۲۵ درصد پوسته برنج کاملاً مخلوط شده و در اختیار شترها قرار داده شد. حدود ۰/۵ درصد مقدار وزن هر خوراک، روزانه نمک به‌هر خوراک اضافه شد. آب به‌طور آزاد در اختیار هر شتر قرار گرفت. خوراک‌دهی روزانه یک‌بار در ساعت هشت صبح انجام می‌گرفت (Baee et al., 2020).

تعیین قابلیت هضم مواد مغذی:

جهت تعیین قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی خوراک، نمونه برداری از مدفوع و خوراک در هفت روز انتهای آزمایش انجام گردید. نمونه مدفوع همه شترها ساعت هشت صبح و قبل از خوراک‌دهی کاملاً جمع‌آوری و توزین گردید. در آزمایشگاه، قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام (با روش کلدال)، چربی خام (AOAC., 1999)، الیاف نامحلول در شوینده خنثی با استفاده از روش فیلتر بگ و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی با استفاده از مارکر خاکستر نامحلول در اسید محاسبه شد (Komarek, 1994). همچنین به‌منظور اندازه‌گیری انرژی خام از دستگاه بمب کالریمتر استفاده شد.

موضوع منجر به بررسی روش‌هایی بر اساس مارکرهای غیرقابل هضم داخلی و خارجی شده است. مارکرهای داخلی توانایی برآورد قابل اعتماد قابلیت هضم را دارند (McGeough et al., 2010). استفاده از خاکستر نامحلول در اسید به‌عنوان مارکر با روش‌های دیگر قابل مقایسه و نتایج استفاده از آن قابل قبول است (Bergero et al., 2004). خاکستر نامحلول در اسید (1AIA)، اغلب به‌عنوان یک مارکر غیر قابل هضم برای تعیین انرژی متابولیسمی ظاهری در جوجه‌ها و قابلیت هضم در نشخوارکنندگان استفاده می‌شود (Marais, 2000). یک مزیت خاکستر نامحلول در اسید نسبت به دیگر مارکرها، سادگی آنالیز، بدون نیاز به تجهیزات خاص است (Sales, 2012). مزیت مارکر خاکستر نامحلول در اسید سهولت در اندازه‌گیری، رویه آزمایشگاهی آسان و عدم زمان‌بر بودن رویه می‌باشد (Van Keulen and Young, 1977).

محاسبه قابلیت هضم به‌وسیله میزان ماده غیر قابل هضم (مارکر) در خوراک و مدفوع، اجازه جایگزینی جمع‌آوری دوره‌ای نمونه مدفوع به‌جای جمع‌آوری کل مدفوع را داد (Sales, 2012; Varga, 2006). در روش استفاده از مارکرها، نیازی به اندازه‌گیری مقادیر کمی غذای مصرفی و ماده دفعی نیست (Olivan et al., 2007). لیگنین به‌عنوان یک مارکر داخلی به‌طور کامل باز یافت نشده و مشکل اندازه‌گیری دارد، ولی با همه این مسائل، به‌طور گسترده در گونه‌های مختلف علف‌خوار مورد استفاده قرار می‌گیرد (Nikkhah and Amanlou, 2012). لیگنین در مقابل اسیدها و تجزیه میکروبی بسیار مقاوم است (Dehghanian and Nasiri Moghadam, 2005). همچنین مقادیر زیادی ضایعات کشاورزی و محصولات فرعی صنایع کشاورزی سالانه در ایران تولید می‌شود (Mirzaei and Maheri, 2008). برآورد شده است که در مقیاس جهانی، مجموع تولید کاه و مواد وابسته به آن‌ها برای تأمین احتیاجات نگهداری کلیه نشخوارکنندگان دنیا کافی می‌باشد (Kazemi et al., 2008). کاه گندم و سبوس برنج یکی از ضایعات کشاورزی است که می‌توان در تغذیه دام‌ها از آن استفاده کرد. سبوس برنج محصول فرعی حاصل از صیقل‌دهی دانه برنج است که ضمن تولید برنج سفید به‌دست می‌آید. سبوس برنج به‌طور گسترده به‌عنوان منبع پروتئین و انرژی استفاده می‌شود. سبوس برنج محتوی ۱۲-۱۵ درصد پروتئین و دارای ساختار پودری می‌باشد (Kaewka et al., 2009). با توجه به مطالب فوق و اینکه شتر یکی از دام‌های اهلی ایران است که در زمینه تغذیه، تحقیقات چندانی روی آن صورت نگرفته است، هدف از این تحقیق، مقایسه اندازه‌گیری قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی کاه گندم و کاه گندم به‌همراه پوسته برنج با استفاده از سه روش جمع‌آوری کل مدفوع، خاکستر نامحلول در اسید

Wf: وزن بوته چینی با خاکستر، We: وزن بوته خالی و Ws: وزن ماده خشک نمونه هستند.

قابلیت هضم با استفاده از روش مارکر از فرمول زیر محاسبه شد.

$$100 - \left(\frac{\text{درصد مواد مغذی در مدفوع}}{\text{درصد مارکر در مدفوع}} \times \frac{\text{درصد مارکر در غذا}}{\text{درصد مواد مغذی در غذا}} \right) \times 100 = \text{قابلیت هضم}$$

اندازه‌گیری درصد باز یافت مارکر:

درصد باز یافت مارکر در مدفوع از معادله زیر محاسبه شد.

$$\text{درصد باز یافت مارکر در مدفوع} = \frac{\text{گرم مارکر در مدفوع}}{\text{گرم مارکر در خوراک}} \times 100$$

$$\text{درصد لیگنین نامحلول در اسید} = \frac{\text{وزن کیسه خالی} - \text{کیسه و نمونه بعد از آن}}{\text{وزن نمونه اولیه}} \times 100$$

روش تجزیه و تحلیل آماری:

ضرایب قابلیت هضم به دست آمده از سه روش تعیین قابلیت هضم برای هر جیره، در قالب طرح کاملاً تصادفی نامتعادل، رویه GLM با استفاده از نرم افزار آماری SAS (۲۰۰۳) انجام شد. داده‌ها به وسیله آزمون دانکن در سطح معنی داری پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفت. معادله رگرسیون و ضریب همبستگی برای مقایسه قابلیت هضم به دست آمده با سه روش جمع آوری کل مدفوع، مارکر خاکستر نامحلول در اسید و لیگنین نامحلول در اسید استفاده شد.

$$Y_{ij} = \mu + T_j + e_{ij}$$

که در آن، e_{ij} : خطای آزمایشی، μ : میانگین جامعه و Y_{ij} : مشاهده i در j تیمار هستند.

نتایج و بحث

ترکیبات شیمیایی جیره‌های آزمایشی:

اطلاعات مربوط به ترکیبات شیمیایی ضایعات مورد استفاده در جدول ۱ نشان داده شده است. پایین‌ترین درصد پروتئین خام مربوط به پوسته برنج و بالاترین درصد پروتئین خام مربوط به کاه گندم می‌باشد. بالاترین درصد خاکستر نامحلول در اسید مربوط به پوسته برنج و پایین‌ترین درصد خاکستر نامحلول در اسید مربوط به کاه گندم می‌باشد. بالاترین درصد لیگنین نامحلول در اسید مربوط به پوسته برنج و پایین‌ترین درصد لیگنین نامحلول در اسید مربوط به کاه گندم می‌باشد.

قابلیت هضم جیره کاه گندم:

قابلیت هضم ترکیبات شیمیایی جیره کاه گندم با استفاده از سه روش (جمع آوری کل مدفوع و مارکرهای داخلی) در جدول ۲ نشان داده شده است. قابلیت هضم ماده خشک با استفاده از روش جمع آوری کل مدفوع ۵۹/۹۵ درصد، با استفاده از مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید ۳۵/۴۴ درصد و با استفاده از مارکر داخلی

اندازه‌گیری لیگنین نامحلول در اسید:

کیسه‌های حاصل از مرحله تعیین الیاف نامحلول در شوینده اسیدی را در اسید سولفوریک ۷۲ درصد (Ellis et al., 1946) به مدت سه ساعت قرار داده و هر یک ساعت هم زده شد (Komarek, 1994). درصد لیگنین نامحلول در اسید از معادله زیر محاسبه شد.

اندازه‌گیری قابلیت هضم به روش جمع آوری کل مدفوع:

جهت تعیین قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی خوراک، نمونه برداری از مدفوع و خوراک در هفت روز انتهای آزمایش انجام گردید. نمونه مدفوع همه شترها ساعت هشت صبح و قبل از خوراک‌دهی کاملاً جمع آوری و توزین گردید. حدود یک کیلوگرم از نمونه‌های مدفوع جمع آوری شده در هر روز به آزمایشگاه منتقل و در نهایت، یک نمونه ۵۰۰ گرمی از هر شتر برای تعیین درصد ماده خشک و خاکستر استفاده شد (Arbabi et al., 2016) و مابقی نمونه‌ها برای انجام سایر آزمایشات تا زمان آنالیز، در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (De Fombelle et al., 2003).

قابلیت هضم مواد مغذی با استفاده از معادله زیر محاسبه شد.

$$\text{مقدار ماده مغذی دفعی} - \text{مقدار ماده مغذی مصرفی} = \text{قابلیت هضم}$$

$$\text{مقدار ماده مغذی مصرفی}$$

اندازه‌گیری قابلیت هضم به روش مارکر (AIA):

پنج گرم از خاکستر نمونه خوراک یا مدفوع به فلاسک ارلن مایر ۲۵۰ میلی لیتری ریخته شد و سپس ۱۰۰ میلی لیتر اسید کلریدریک دو نرمال به آن اضافه گردید و مخلوط به مدت ۳۰ دقیقه بر روی هیتر جوشانده شد. سپس، با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره ۴۱ و قیف، محلول صاف گردید. فلاسک ارلن با آب مقطر ۸۵ تا ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد شستشو داده شد تا باقی‌مانده خاکستر موجود در فلاسک ارلن نیز کاملاً شسته شود. سپس کاغذهای حاوی خاکستر با پنس برداشته شد و به بوته چینی که قبلاً وزن شده بود، منتقل گردید و در کوره با حرارت ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ ساعت حرارت داده شد. بعد از زمان تعیین شده کوره خاموش شد و بعد نمونه‌ها در داخل دسیکاتور خنک شدند تا به دمای اتاق برسند. بوته چینی حاوی خاکستر با ترازوی دیجیتال وزن گردید و خاکستر نامحلول در اسید هر نمونه با معادله زیر تعیین گردید:

$$\%AIA = \frac{Wf - We}{Ws} \times 100$$

که در آن، %AIA: درصد خاکستر نامحلول در اسید هر نمونه،

داخلی خاکستر نامحلول در اسید و مارکر داخلی لیگنین نامحلول در اسید به ترتیب ۶۰/۱۸، ۳۸/۵ و ۳۳/۵۹ درصد می باشد.

لیگنین نامحلول در اسید ۳۱/۸۳ درصد می باشد که نشان دهنده وجود اختلاف معنی داری بین قابلیت هضم ماده خشک در هر سه روش است. قابلیت هضم ماده آلی در روش جمع آوری کل مدفوع، مارکر

جدول ۱- ترکیبات شیمیایی ضایعات مورد استفاده در آزمایش (درصد ماده خشک جیره)

Table 1- Chemical compositions of the wastes used in the experiment (% of diet dry matter)

ترکیب شیمیایی	کاه گندم	پوسته برنج	۷۵ درصد کاه گندم + ۲۵ درصد پوسته برنج
Chemical composition	Straw	Rice hull	Straw75% + rice hull25%
ماده خشک (درصد)	96.25	93.86	95.46
Dry matter (%)			
ماده آلی (درصد)	86.75	84.63	86.21
Organic matter (%)			
پروتئین خام	5.12	3.75	4.77
Crude protein			
انرژی خام	4003	3971	3995
Gross Energy			
خاکستر	11.25	15.37	12.27
Ash			
الیاف نامحلول در شوینده خنثی	69.82	71.72	72.04
Neutral detergent fiber			
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی	43.14	55.50	46.43
Acid detergent fiber			
لیگنین نامحلول در اسید	12.14	25.45	15.46
Acid Detergent Lignin			
خاکستر نامحلول در اسید	6.72	8.27	7.1
Acid insoluble ash			

مغذی بین دو روش جمع آوری کل مدفوع و روش مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید، احتمالاً مربوط به بازیافت ناقص خاکستر نامحلول در اسید در مدفوع، متفاوت بودن نژاد حیوان و اختلاف در قدرت هضم حیوانات مختلف (حتی اگر از یک گونه، جنس و یک سن باشد) می باشد. با توجه به اینکه قابلیت هضم لیگنین در کاه ۳۹/۳۶ درصد می باشد، لذا فاقد شرایطی می باشد که به عنوان مارکر داخلی معرفی شود. بنابراین، علت احتمالی اختلاف معنی دار قابلیت هضم مواد مغذی در روش مارکر داخلی لیگنین نامحلول در اسید با دو روش دیگر را مربوط به قابلیت هضم قابل توجه لیگنین دانست. پایین بودن معنی دار قابلیت هضم ماده خشک در گوسفند به روش مارکر داخلی لیگنین نسبت به دو روش جمع آوری کل مدفوع و مارکر خارجی اکسید کروم ناشی از بازیافت ناقص لیگنین در مدفوع می باشد (Elam et al., 1962).

محققین قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی کاه گندم را با روش جمع آوری کل مدفوع به ترتیب ۴۴/۸۱ درصد، ۴۸/۰۲ درصد، صفر درصد، ۵۳/۳۵ درصد و ۵۰/۹۵ درصد گزارش کردند (Cianci et al., 2004). با توجه به اینکه میزان پروتئین خام کاه

اختلاف معنی داری بین قابلیت هضم ماده آلی در هر سه روش وجود دارد. قابلیت هضم چربی خام بین روش جمع آوری کل مدفوع (۷۲/۴۷ درصد) و مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید (۵۴/۴۱ درصد) اختلاف معنی داری دارد. در صورتی که قابلیت هضم چربی خام بین روش مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید (۵۴/۴۱ درصد) و مارکر داخلی لیگنین نامحلول در اسید (۵۸/۳۸ درصد) اختلاف معنی داری وجود نداشت. قابلیت هضم پروتئین خام با استفاده از روش جمع آوری کل مدفوع (۵۱/۳ درصد) با دو روش دیگر اختلاف معنی داری دارد. اگر چه بین روش مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید (۲۲/۰۷ درصد) و مارکر داخلی لیگنین نامحلول در اسید (۲۲/۰۷ درصد) اختلاف معنی داری وجود نداشت. قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی در هر سه روش اختلاف معنی داری دارد. قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده اسیدی بین روش جمع آوری کل مدفوع (۶۰/۶۵ درصد) و دو روش دیگر اختلاف معنی داری وجود داشت. در صورتی که قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده اسیدی بین روش مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید (۴۰/۵۶ درصد) و مارکر داخلی لیگنین نامحلول در اسید (۳۹/۱۹ درصد) اختلاف معنی داری وجود نداشت. دلیل اصلی اختلاف معنی دار در قابلیت هضم مواد

گندم در این آزمایش، دو برابر میزان پروتئین خام کاه گندم آزمایش سیانسی و همکاران (Cianci et al., 2004) می‌باشد، چنانچه غذا از نظر مقدار پروتئین فقیر و یا پروتئین موجود در مقابل تجزیه مقاوم باشد، تراکم آمونیاک در شکمبه کم خواهد بود (تقریباً ۵۰ میلی گرم در لیتر). در این حالت رشد ریزجانداران شکمبه به‌کندی صورت گرفته و تجزیه کربوهیدرات‌ها به تأخیر می‌افتد (Sufi Siavash and Janmohammadi, 2004).

گندم در این آزمایش، دو برابر میزان پروتئین خام کاه گندم آزمایش سیانسی و همکاران (Cianci et al., 2004) می‌باشد، چنانچه غذا از نظر مقدار پروتئین فقیر و یا پروتئین موجود در مقابل تجزیه مقاوم باشد، تراکم آمونیاک در شکمبه کم خواهد بود (تقریباً ۵۰ میلی گرم در لیتر). در این حالت رشد ریزجانداران شکمبه به‌کندی صورت گرفته و تجزیه کربوهیدرات‌ها به تأخیر می‌افتد (Sufi Siavash and Janmohammadi, 2004).

جدول ۲- قابلیت هضم مواد مغذی کاه گندم
Table 2- Nutrient digestibility of wheat straw diet

فراسنجه Parameter	روش Method			خطای استاندارد
	جمع‌آوری کل مدفوع Total fecal collection	خاکستر نامحلول در اسید Acid insoluble ash	لیگنین نامحلول در اسید Acid detergent lignin	میانگین SEM
ماده خشک Dry matter	59.95 ^a	35.44 ^b	31.83 ^c	1.45
ماده آلی Organic matter	60.18 ^a	38.50 ^b	33.59 ^c	1.79
عصاره اتری Ether extract	72.47 ^a	54.41 ^b	58.38 ^b	2.65
پروتئین خام Crude protein	51.30 ^a	19.56 ^b	22.07 ^b	3.21
الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber	60.65 ^a	93.81 ^b	34.75 ^c	1.96
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber	64.04 ^a	40.56 ^b	39.19 ^b	1.93
انرژی خام Gross Energy	51.16 ^b	67.43 ^a	67.06 ^a	1.94
لیگنین نامحلول در اسید Acid Detergent Lignin	39.36	----	----	----

* حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشد ($P < 0.05$).

* Values with different letters in the same row are significantly different ($P < 0.05$).

جدول ۳- بازیافت خاکستر نامحلول در اسید (AIA) در مدفوع (درصد)
Table 3- Recovery of acid-insoluble ash (AIA) in feces

فراسنجه Parameter	کاه گندم Wheat Straw	۷۵ درصد کاه گندم به‌همراه ۲۵ درصد پوسته برنج 75% wheat straw with 25% Rice hull
بازیافت Recycling (percentage)	63.4±76.73	92.8±92.38

۱- میانگین ± انحراف معیار

1- Mean ± standard deviation

اندازه ذرات کاه گندم در آزمایش سیانسی و همکاران (Cianci et al., 2004) حدود هفت سانتی‌متر بود. در این آزمایش، اندازه ذرات حدود ۲-۳ سانتی‌متر می‌باشد. خرد کردن و پلت کردن منجر به کاهش هضم الیاف جیره می‌شود. اگر چه خرد کردن سطح تماس را برای حمله ریزجانداران افزایش، زمان ابقای ذرات را در دستگاه

یکی دیگر از دلایل اختلاف نتایج این آزمایش با نتایج آزمایش سیانسی و همکاران (Cianci et al., 2004)، عامل حیوانی می‌باشد. در تحقیق سیانسی و همکاران (Cianci et al., 2004) قدرت هضم حیوانات مختلف (حتی اگر از یک گونه، یک جنس و یک سن باشند) متفاوت است (Sufi Siavash and Janmohammadi, 2004).

قابلیت هضم جیره ۷۵ درصد کاه گندم به همراه ۲۵ درصد پوسته برنج:

قابلیت هضم ترکیبات شیمیایی ۷۵ درصد کاه گندم به همراه ۲۵ درصد پوسته برنج با استفاده از سه روش (جمع‌آوری کل مدفوع و مارکرهای داخلی) در جدول ۴ نشان داده شده است. اختلاف معنی‌داری بین روش جمع‌آوری کل مدفوع و مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید در قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، چربی خام، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی مشاهده نشد. بین دو روش جمع‌آوری کل مدفوع و مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید با مارکر داخلی لیگنین نامحلول در اسید در قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، چربی خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. عدم اختلاف معنی‌دار بین روش جمع‌آوری کل مدفوع و مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید در قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، چربی خام، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی را می‌توان به بازیافت $92/8 \pm 92/38$ درصدی (جدول ۳) مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید در مدفوع اشاره نمود. به نظر می‌رسد، در آزمایشاتی که بازیافت مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید بیش از ۹۰ درصد باشد، روش مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید می‌تواند جایگزین مناسبی برای روش جمع‌آوری کل مدفوع باشد. محققین پیشنهاد کردند که جیره حاوی کمتر از ۰/۷۵ درصد خاکستر نامحلول در اسید ممکن است مقادیر قابلیت هضم را تحت تأثیر قرار دهد (Thonney et al., 1985). همچنین دریافتند در همه جیره‌های آزمایشی به جز جیره‌هایی که به‌طور طبیعی محتوی مقدار خیلی پایین خاکستر نامحلول در اسید هستند، تفاوت معنی‌داری بین میانگین قابلیت هضم با روش جمع‌آوری کل مدفوع و روش مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید وجود ندارد. جیره‌های حاوی دانه غلات بالا که به‌طور طبیعی محتوی مقدار پایین خاکستر نامحلول در اسید می‌باشد، قابلیت هضم حاصل از دو روش را با اختلاف بیشتری نشان می‌دهند.

معادلات رگرسیونی و مربع ضرایب همبستگی بین روش‌های تعیین قابلیت هضم مواد مغذی با روش جمع‌آوری کل مدفوع و مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید در جدول ۵ ارائه شده است. معادلات رگرسیونی بین قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی با روش جمع‌آوری کل مدفوع و مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید نشان می‌دهد، که ضریب رگرسیون (شیب معادله) در این معادلات منفی می‌باشد. همچنین معادلات رگرسیونی بین قابلیت هضم چربی خام، پروتئین خام و انرژی خام با روش جمع‌آوری کل مدفوع و مارکر داخلی

گوارش کاهش و در کل، قابلیت هضم کل دستگاه گوارش را کاهش می‌دهد (Varga, 2006). هر چند قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی با وجود کوچک بودن اندازه ذرات در این آزمایش بیشتر است، که می‌تواند ناشی از سایر عوامل مؤثر بر قابلیت هضم الیاف باشد. فاکتورهای مؤثر در هضم الیاف علوفه، شامل میزان مصرف ماده خشک، اثر متقابل کنسانتره و دیگر منابع الیافی جیره با منبع علوفه، عمل‌آوری و اندازه ذرات می‌باشد (Varga, 2006).

به‌طور کلی، بالاتر بودن ضرایب قابلیت هضم این آزمایش را نسبت به آزمایش سیانسی و همکاران (Cianci et al., 2004) می‌توان مربوط به پایین‌تر بودن درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی (۶۹/۸۲ درصد در برابر ۸۲/۲۸ درصد) و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (۴۳/۴۲ درصد در برابر ۵۷/۶۸ درصد) دانست. مقدار الیاف پذیرفته شده توسط حیوان نه تنها در قابلیت هضم الیاف خام، بلکه در قابلیت هضم سایر گروه‌های مواد مغذی نیز مؤثر است. علت اصلی این امر آن است که که مواد درون سلولی هنگامی قابل استفاده می‌باشد که جدار سلول (الیاف خام) تجزیه شده باشد (Dehghanian and Nasiri Moghadam, 2005). قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، پروتئین، چربی خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی کاه گندم را به‌ترتیب ۴۸/۴ درصد، ۵۵ درصد، ۴۲ درصد، ۴۶/۸ درصد، ۵۴/۲ درصد و ۴۹/۲ درصد گزارش شد (Lopez et al., 1998). به‌طور کلی، می‌توان اختلاف نتایج لوپز و همکاران (Lopez et al., 1998) با نتایج این تحقیق را ناشی از محتوای بالای الیاف نامحلول در شوینده خنثی (۷۹/۹ درصد)، الیاف نامحلول در شوینده در اسیدی (۵۳/۲ درصد) و درصد پروتئین پایین (۲/۲ درصد) کاه گندم مورد استفاده در آزمایش لوپز و همکاران (Lopez et al., 1998) نسبت کاه مورد استفاده در این آزمایش دانست. محققین گزارش کردند، تغییرات در قابلیت هضم ماده آلی با تغییرات در الیاف نامحلول در شوینده خنثی بهتر توجیه می‌شود (Dulphy et al., 1998). مقدار منفی قابلیت هضم پروتئین کاه گندم ناشی از مصرف پایین پروتئین می‌باشد (Lopez et al., 1998). طبق نتایج محققین، تغییرات در قابلیت هضم ماده آلی با تغییرات در الیاف نامحلول در شوینده خنثی (در لا ما) بهتر توجیه می‌شود (Dulphy et al., 1998). اگر علوفه با کیفیت بالا در دسترس نباشد، شتر می‌تواند به‌طور مؤثری با افزایش زمان ابقای الیاف در پیش‌مده به مدت بیش از ۷۲ ساعت، علوفه با کیفیت پایین را استفاده کند. به عبارت دیگر، تغذیه علوفه با پروتئین پایین به‌طور مؤثری باعث استفاده مجدد اوره بدن برای سنتز پروتئین میکروبی می‌شود (Raziq et al., 2008).

خاکستر نامحلول در اسید نشان می‌دهد، ضریب رگرسیون (شیب معادله) در این معادلات منفی می‌باشد. یکی از بهترین روش‌ها برای تفسیر همبستگی (R) بررسی مربع ضریب همبستگی می‌باشد (Khaldari, 2011). مربع ضرایب همبستگی ماده خشک، ماده آلی، چربی خام، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و انرژی خام به ترتیب ۰/۳۰۷، ۰/۱۴۶، ۰/۰۷، ۰/۳۲۴، ۰/۱۴۳، ۰/۱۷۵ و ۰/۵۴۹ می‌باشد.

جدول ۴- قابلیت هضم ترکیبات شیمیایی جیره ۷۵ درصد کاه گندم به همراه ۲۵ درصد پوسته برنج

Table 4- The digestibility of the chemical compounds of the ration is 75% wheat straw along with 25% rice hull

خطای استاندارد میانگین SEM	روش Method			قابلیت هضم (درصد) Digestibility (%)
	لیگنین نامحلول در اسید Acid detergent lignin	خاکستر نامحلول در اسید Acid insoluble ash	جمع‌آوری کل مدفوع Total fecal collection	
1.46	21.11 ^b	45.73 ^a	44.53 ^a	ماده خشک Dry matter
1.44	25.98 ^b	48.25 ^a	47.26 ^a	ماده آلی Organic matter
1.90	42.99 ^b	58.46 ^a	58.80 ^a	عصاره اتری Ether extract
23.99	23.85 ^b	44.10 ^a	47.05 ^a	پروتئین خام Crude protein
1.46	19.63 ^b	44.49 ^a	44.28 ^a	الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber
2.76	18.67 ^b	40.20 ^a	44 ^a	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber
2.60	53.36 ^b	65.92 ^a	39.51 ^c	انرژی خام Gross Energy
----	----	----	31.36	لیگنین نامحلول در اسید Acid Detergent Lignin

* حروف غیر مشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشد ($P < 0.05$).

* Values with different letters in the same row are significantly different ($P < 0.05$).

به‌عنوان مثال، مربع ضریب همبستگی قابلیت هضم ماده خشک با روش جمع‌آوری کل مدفوع و مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید بیان‌کننده این مطلب می‌باشد که ۳۰/۷ درصد تنوع در قابلیت هضم ماده خشک با روش جمع‌آوری کل مدفوع می‌تواند توسط تنوع در قابلیت هضم ماده خشک با روش مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید (و یا بر عکس) توجیه شود. از آنجایی که مربع ضریب همبستگی از لحاظ عددی با ضریب تبیین معادله رگرسیون برابر است و ضریب تبیین به‌عنوان معیار صحت مدل رگرسیون به کار برده می‌شود و هر چه ضریب تبیین به یک نزدیک‌تر باشد، مدل رگرسیون خوب و قابل قبول است (Iqbal Saeed et al., 2007). بنابر توضیحات فوق، تنها معادله رگرسیون انرژی خام با ضریب تبیین ۰/۵۴۹ را می‌توان معادله خوب و قابل قبول دانست. البته معادلات رگرسیون ماده خشک و پروتئین خام با ضرایب تبیین به ترتیب ۰/۳۰۷ و ۰/۳۲۴ نسبت به سایر معادلات رگرسیون مواد مغذی دارای ضرایب تبیین قابل توجه می‌باشند. محققین مربع ضریب همبستگی بالایی بین دو روش مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید و جمع‌آوری مدفوع کل در آزمایش قابلیت هضم پروتئین خام ($R^2 = 0.324$) گزارش شد. در مقایسه قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی سیلاژ بوته گندم بین

مدفوع کل در آزمایش قابلیت هضم پروتئین خام ($R^2 = 0.189$) گزارش کردند (Ghoorchi and Arbabi, 2012). ضریب همبستگی بین روش AIA و جمع‌آوری کل برای ماده خشک ۰/۸۵، ماده آلی ۰/۸۳، انرژی ۰/۸۱، فیبر خام ۰/۸۹، پروتئین خام ۰/۸۴، دیواره سلولی فاقد همی سلولز ۰/۸۴، دیواره سلولی ۰/۸۵، عصاره اتری ۰/۹۸ و عصاره فاقد ازت ۰/۹۸ به دست آمد (Miraglia et al., 1992) و این نشان دهنده همبستگی بالا بین روش AIA و جمع‌آوری کل می‌باشد. بالا بودن همبستگی بین نتایج حاصل از دو روش از اهمیت خاصی برخوردار است، زیرا ضریب همبستگی بالا بین دو روش حاکی از دقت و اعتبار کافی ضرایب هضمی محاسبه شده با این روش‌ها می‌باشد. پژوهشگران نیز همبستگی بالایی را پیدا کردند (Cuddeford and Orton et al., 1985; Hughes, 1990). در تحقیق حاضر، مربع ضریب همبستگی بین دو روش مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید و جمع‌آوری مدفوع کل در آزمایش قابلیت هضم پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی سیلاژ بوته گندم بین

دو روش جمع‌آوری کل مدفوع و مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید، مربع ضرایب همبستگی به‌ترتیب ۰/۴۹، ۰/۲ و ۰/۴۴ گزارش شد (McGeough *et al.*, 2010).

جدول ۵- روابط رگرسیونی بین مقادیر قابلیت هضم با روش جمع‌آوری کل مدفوع و خاکستر نامحلول در اسید

Table 5- Regression relationships between digestibility values by collecting total feces and acid-insoluble ash

مواد مغذی Nutrients	معادله رگرسیون Regression equation	ضریب همبستگی Square correlation coefficient (R ²)
ماده خشک Dry matter	$y = 77.58 - 0.6x$	0.307
ماده آلی Organic matter	$y = 74.78 - 0.467x$	0.146
عصاره اتری Ether extract	$y = 40.19 + 0.411x$	0.07
پروتئین خام Crude protein	$y = 46.17 + 0.16x$	0.324
الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber	$y = 72.32 - 0.44x$	0.143
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber	$y = 74.26 - 0.385x$	0.175
انرژی خام Gross Energy	$y = -23.47 + 1.02x$	0.549

AIA = قابلیت هضم با روش

*.x- Digestibility by acid-insoluble ash method

TFC = قابلیت هضم با روش

¹y= Digestibility by total fecal collection

عکس بین قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی با روش فوق است. ضریب رگرسیون (شیب معادله) در معادلات رگرسیونی بین قابلیت هضم چربی خام، پروتئین خام و انرژی خام با روش مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید و لیگنین نامحلول در اسید، مثبت می‌باشد.

معادلات رگرسیونی و مربع ضرایب همبستگی بین روش‌های تعیین قابلیت هضم مواد مغذی با روش مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید و لیگنین نامحلول در اسید در جدول ۶ ارائه شده است. ضریب رگرسیون (شیب معادله) در معادلات رگرسیونی بین قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی با روش مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید و لیگنین نامحلول در اسید منفی می‌باشد و بیانگر یک رابطه

جدول ۶- روابط رگرسیونی بین مقادیر قابلیت هضم با روش خاکستر نامحلول در اسید و لیگنین نامحلول در اسید

Table 6- Regression relationships between digestibility values by acid insoluble ash method and acid insoluble lignin

مواد مغذی Nutrients	معادله رگرسیون Regression equation	ضریب همبستگی Square correlation coefficient (R ²)
ماده خشک Dry matter	$y = 55.42 - 0.562x$	0.26
ماده آلی Organic matter	$y = 54.67 - 0.377x$	0.105
عصاره اتری Ether extract	$y = 43.65 + 0.279x$	0.247
پروتئین خام Crude protein	$y = 13.61 + 0.8x$	0.444
الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber	$y = 54.16 - 0.421x$	0.267
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber	$y = 53.9 - 0.369x$	0.138
انرژی خام Gross Energy	$y = -46.05 + 0.362x$	0.27

ADL = قابلیت هضم با روش

*.x- Digestibility by acid-insoluble lignin method

AIA = قابلیت هضم با روش

¹y= Digestibility by acid-insoluble ash method

معادلات رگرسیونی و مربع ضرایب همبستگی بین روش‌های تعیین قابلیت هضم مواد مغذی با روش جمع‌آوری کل مدفوع و لیگنین نامحلول در اسید در جدول ۷ ارائه شده است. ضریب رگرسیون (شیب معادله) در معادلات رگرسیونی بین قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، چربی خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی با روش جمع‌آوری کل مدفوع و لیگنین نامحلول در اسید مثبت می‌باشد و بیانگر یک رابطه مستقیم بین قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، چربی خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی با روش فوق است. ضرایب تبیین به‌ترتیب ۰/۷۷۱ و ۰/۶۴۳ برای معادله رگرسیون انرژی خام، چربی خام نشان از صحت خوب این دو معادله می‌دهد. معادله رگرسیون ماده خشک، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده

اسیدی به‌ترتیب ۰/۲۹۲، ۰/۲۲۷، ۰/۳۴۴ و ۰/۲۴۴ می‌باشد. طبق گزارش محققین، مربع ضریب همبستگی بالایی بین روش لیگنین نامحلول در اسید و جمع‌آوری کل مدفوع در آزمایش قابلیت هضم دیواره سلولی ($R^2=0/99$) اعلام شد (Ghoorchi and Arbabi, 2012). مربع ضریب همبستگی بین روش لیگنین نامحلول در اسید و جمع‌آوری کل مدفوع در آزمایش قابلیت هضم دیواره سلولی در تحقیق حاضر ($R^2=0/344$) گزارش شد. محققین، همبستگی پایینی بین روش لیگنین نامحلول در اسید و جمع‌آوری کل مدفوع در ماده خشک، ماده آلی، انرژی، الیاف خام، پروتئین خام، دیواره سلولی فاقد همی‌سلولز، دیواره سلولی، عصاره اتری و عصاره فاقد ازت به‌دست آورده و علت پایین بودن را عدم بازیافت مناسب لیگنین از مدفوع ذکر کردند (Miraglia et al., 1992).

جدول ۷- روابط رگرسیونی بین مقادیر قابلیت هضم با روش جمع‌آوری کل مدفوع و لیگنین نامحلول در اسید

مواد مغذی	معادله رگرسیون	ضریب همبستگی
Nutrients	Regression equation	Square correlation coefficient (R^2)
ماده خشک	$y=35.86+0.65x$	0.292
Dry matter		
ماده آلی	$y=43+0.405x$	0.141
Organic matter		
عصاره اتری	$y=33.29+0.731x$	0.643
Ether extract		
پروتئین خام	$y=42.373+0.251x$	0.227
Crude protein		
الیاف نامحلول در شوینده خنثی	$y=38.58+0.59x$	0.344
Neutral detergent fiber		
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی	$y=42.96+0.466x$	0.244
Acid detergent fiber		
انرژی خام	$y=-4.77+0.844x$	0.771
Gross Energy		

*.x = قابلیت هضم با روش ADL

1.y = قابلیت هضم با روش AIA

*.x-Digestibility with acid-insoluble lignin 1.y= digestibility values by total feces collection method

نتیجه‌گیری کلی

در جیره کاه گندم ضرایب قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، چربی خام، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی بین دو روش مارکر خاکستر نامحلول در اسید و جمع‌آوری کل مدفوع اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P<0/05$). در جیره ۷۵ درصد کاه گندم به‌همراه ۲۵ درصد پوسته برنج ($92/92 \pm 8/38$ می‌باشد. به‌طور کلی، چنانچه درصد بازیافت مارکر خاکستر نامحلول در اسید بیش از ۹۰ درصد باشد، مقدار قابلیت هضم خاکستر نامحلول در اسید با مقدار قابلیت هضم جمع‌آوری کل مدفوع نزدیک می‌باشد. لذا، با توجه به هزینه و امکانات زیاد به‌خصوص در دام‌های بزرگ در تعیین قابلیت هضم با روش جمع‌آوری کل مدفوع، می‌توان از روش خاکستر نامحلول در اسید برای تعیین قابلیت هضم در شتر استفاده کرد. همچنین، در مورد

اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($P<0/05$). درصد بازیافت مارکر خاکستر نامحلول در اسید در این جیره (۷۵ درصد کاه گندم به‌همراه ۲۵ درصد پوسته برنج) $92/92 \pm 8/38$ می‌باشد. به‌طور کلی، چنانچه درصد بازیافت مارکر خاکستر نامحلول در اسید بیش از ۹۰ درصد باشد، مقدار قابلیت هضم خاکستر نامحلول در اسید با مقدار قابلیت هضم جمع‌آوری کل مدفوع نزدیک می‌باشد. لذا، با توجه به هزینه و امکانات زیاد به‌خصوص در دام‌های بزرگ در تعیین قابلیت هضم با روش جمع‌آوری کل مدفوع، می‌توان از روش خاکستر نامحلول در اسید برای تعیین قابلیت هضم در شتر استفاده کرد. همچنین، در مورد

مارکر داخلی لیگنین نامحلول در اسید با قابلیت هضم قابل توجه در جیره‌های آزمایشی به دلیل نداشتن یکی از شرایط مارکر بودن (قابل هضم، جذب و متابولیسم نباشد) نمی‌توان از نتایج آن برای تعیین قابلیت هضم در شتر استفاده نمود.

References

1. Ajmal khan, M., Un-nisa, M., & Sarwar, M. (2003). Techniques measuring digestibility for the nutritional evaluation of feeds. *International Journal of Agriculture and Biology*, 5(1),91-94.
2. Association of Official Analytical. (1999). Official Methods of Analysis. AOAC. Washington, D. C.
3. Arbabi, S., Ghoorchi, T., & Parvar, R. (2016). A comparison of apparent digestibility of nutrient in Caspian Horse feeds as determined by total collection of Faeces, acid insoluble ash and lignin methods. *Animal Science Applied of Iranian Journal*, 6(2),461-466. <https://doi.org/10.22034/AEJ.2020.122777>.
4. Bae, H., Ghoorchi, T., & Toghdory, A. H. (2020). Effect of different levels of date palm wastes on performance, nutrient digestibility, blood parameters and rumen fiberlytic enzymes activity in fattening camels. *Scientific Research Journal of Animal Environment*, 12(4),65-73. <https://doi.org/10.22034/AEJ.2020.122777>.
5. Bergero, D., Miraglia, N., Abba, C., & Polidori, M. (2004). Apparent digestibility of Mediterranean forages determined by total collection of faeces and acid-insoluble ash as internal marker. *Livestock Production Science*, 85,235–238. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(03\)00137-4](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(03)00137-4).
6. Cianci, D., Goio, L., Hashi, A. M., Pastorelli, S., Kamoun, M., Liponiand, G. B., & Orlandi, M. (2004). Feed intake and digestibility in camels fed wheat straw and meadow hay. *Journal Camel Science*, 1,52-56.
7. Cuddeford, D., & Hughes D. (1990). A comparison between chromium-mordanted hay and acid-insoluble ash to determine apparent digestibility of a chaffed, molassed hay/ straw mixture. *Journal of Equine Veterinary Science*, 22,122–125. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1990.tb04223.x>.
8. De Fombelle, A., Varloud, M., Goachet, A., Jacotot, E., Philippeau, C., Drogoul, C., & Julliand, V. (2003). Characterisation of the microbial and biochemical profile of the different segments of the digestive tract in horses fed two distinct diets. *Journal of Animal Science*, 77,487-490. <https://doi.org/10.1017/S1357729800059038>.
9. Dehghanian, S., & Nasiri Moghadam, H. (2005). Animal nutrition, Kirsh Gesner, M., (Author). Publications of Ferdowsi University of Mashhad, Iran. 644 p.
10. Dulphy, J. P., Dardillat, C., Jailler, M., & Jouany, J. P. (1998). Intake and digestibility of different forages in llamas compared to sheep. *Ann Zootech*, 47,75-81. <https://doi.org/10.1051/animres:19940407>
11. Elam, C. J., Reynolds, P. J., Davis, R. E., & Everson, D. O. (1962). Digestibility studies by means of chromic oxide, lignin and total collection techniques with sheep. *Journal of Animal Science*, 21, 189-192. <https://doi.org/10.2527/jas1962.212189x>
12. Ellis, G. J., Matrone, G., & Maynard, L. A. (1946). A 72 percent H₂SO₄ method for the determination of lignin and its use in animal nutrition studies. *Journal of Animal Science*, 5, 285. <https://doi.org/10.2527/jas1946.53285x>
13. Ghoorchi, T., & Arbabi, S. (2012). Comparison of the apparent digestibility of feed nutrients using methods of collecting whole feces, internal reagent of acid-insoluble ash and lignin in the Caspian horse. Final report of the research project of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 39 p.
14. Iqbal Saeed, S., Ghorbani, A., & Mehman Nawaz, Y. (2007). The application of biological statistics in animal science, Kaps, M., Lamberson, V., (Authors). Umidi Publications. 520 p.
15. Kaewka, K., Therakulkait, C., & Cadwallader, K. R. (2009). Effect of preparation conditions on composition and sensory aroma characteristics of acid hydrolyzed rice bran protein concentrate. *Journal of Cereal Science*, 50,56–60. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2009.02.006>.
16. Kazemi, M., Tahmasabi, A., Valizadeh, R., Danesh Masgaran, M., & Naserian, A. (2008). Comparison of nutritional value of wheat straw and barley by gas production method and in situ. The First National Conference of Livestock and Poultry Industry in Golestan Province, Iran.
17. Khaldari, M. (2011). Statistical methods. Jihad University Press, Tehran. 860 p.
18. Komarek, A. R. (1994). Fiber analysis system. United states patent. *Patent number*: 5,370,007.
19. Lopez, A., Maizteguib, J., & Cabrera, R. (1998). Voluntary intake and digestibility of forages with different nutritional quality in alpacas (*Lama pacos*). *Journal of Small Ruminant Research*, 29,295–301. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(97\)00135-1](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(97)00135-1).
20. Marais, J. P. (2000). Farm Animal Metabolism and Nutrition. *CAB International*, 255-277.
21. McGeough, E. J., O'Kiely, P., & Kenny, D. A. (2010). A note on the evaluation of the acid-insoluble ash technique as a method for determining apparent diet digestibility in beef cattle. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 49,159–164.
22. Miraglia, N., Poncet, C., & Martin-Rosset, W. (1992). Effect of feeding level, physiological state and breed on the rate of passage of particulate matter through the gastrointestinal tract of the horse. *Animal Research*, 41,69. <https://doi.org/10.1051/animres:19920134>.
23. Mirzaei, A., & Maheri, N. (2008). Nutritive value of some agro-industrial by-products for ruminants - A review.

- World Journal of Zoology*, 3(2),40-46.
24. Nikkhah, A., & Amanlou, H. (2012). In the translation of principles of animal nutrition and feeding, Church, D. C., and Pond, V. J. Academic Jihad Publications, Zanjan, Iran. 728 p.
25. Olivan, M., Ferreira, L. M. M., Celaya, R., & Osoro, K. (2007). Accuracy of the N-alkane technique for intake estimates in beef cattle using different sampling procedures. *Journal Livestock Science*, 106,28-40. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2006.06.015>.
26. Orton, R. K., Hume, I. D., Leng, R. A. (1985). Effects of exercise and level of dietary protein on digestive function in horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, 17,386–390. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1985.tb02530.x>.
27. Raziq, A., Younas M., & Kakar M. A. (2008). Camel a potential dairy animal in difficult enviroments. *Pakistan Veterinary Journal*, 45(2),263-267.
28. Sales, J. (2012). A review on the use of indigestible dietary markers to determine total tract apparent digestibility or nutrient in horses. *Animal Feed Science and Technology*, 174,119-130. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.03.005>.
29. SAS. (2003). Qualification tools user's guide. SAS 9.1. Cary (NC): SAS Institute.
30. Sufi Siavash, R., & Janmohammadi H. (2004). Animal nutrition, MacDonald, P., Edwards, R. A., Greenhall, J. F. D., Morgan, S. A., (Author). Amidi Publications, Iran. 840 p.
31. Thonney, M. L., Palhof, B. A., Decarlo, M. R., Ross, D. A., Firth, N. L., Ouaas, R. L., Perosio, D. J., Duhaime, D. J., Rollins, S. R., & Nour, A. Y. M. (1985). Sources of variation of dry matter digestibility measured by the Acid Insoluble Ash Marker. *Journal of Dairy Science*, 68,661-668.
32. Van Keulen, J., & Young, B. A. (1977). Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science*, 44(2),282-287.
33. Varga, G. A. (2006). *In vivo* digestibility of forages. Tri-State Dairy Nutrition Conference. April 25 and 26, 95-106.



Effects of Organic and Inorganic Zinc Supplements on Performance, Digestibility, Rumen and Blood Parameters in Fattening Lambs

Yadollah Chashnidel^{1*}, Radman Bakhtiari², Hamidreza Mardani³

1 and 2- Associate Professor and M.Sc. Student, Department of Animal Sciences, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran, respectively.

3- Assistant Professor, Department of Chemistry, Sari Branch, Payam Noor University, Iran.

*Corresponding Author's Email: yhashnidel2002@yahoo.com

How to cite this article:

Received: 23-05-2023

Revised: 21-01-2024

Accepted: 19-02-2024

Available Online: 09-06-2024

Chashnidel, Y., Bakhtiari, R., & Mardani, H. (2024). Effects of organic and inorganic zinc supplements on performance, digestibility, rumen and blood parameters in fattening lambs. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 16(1), 15- 27 . (in Persian with English abstract).
<http://doi.org/10.22067/ijasr.2024.82355.1140>

Introduction: To optimize livestock production and health, sufficient amounts of minerals are necessary in the diet. Zinc (Zn) is a trace element and an essential mineral in animal nutrition, and is found in many enzyme systems. The presence of Zn is necessary to ensure the physiological activities of several hormones. In addition, zinc plays an essential role in the metabolism of carbohydrates, proteins, lipids, and nucleic acids, and its deficiency can disrupt several vital cellular reactions. Organic sources of Zn are more biologically active than inorganic sources, and their high accessibility has led to the use of more organic Zn compounds for feeding animals. However, results comparing the bioavailability of organic and inorganic sources of zinc in ruminant nutrition differ. According to the National Research Council (2007), the recommended requirement for Zn in growing lambs is approximately 33 mg Zn/kg DM. The amount of zinc in surface soils of Iran is usually less than 0.8 mg/kg and the plants grown in these soils and used as animal feed are deficient in this element. However, a few studies have been conducted to identify the best source of zinc for growing local lambs; therefore, the present study aimed to compare the effects of supplementing 30 mg Zn/kg DM from common organic sources of zinc (zinc methionine and zinc glycine) with inorganic sources of zinc (zinc sulfate and zinc oxide) on performance, digestibility, blood and rumen parameters in crossbred Zel fattening male lambs.

Materials and Methods: This study was conducted at the research station of the Department of Animal Sciences, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran. Twenty-five male lambs aged 3-4 months and with average body weight (25.5 ± 1.4 kg) were assigned to five treatments with five repetitions, as a completely randomized design for 70 days, including 2 weeks of adaptation to basal diet and 8 weeks of data collection. The experimental treatments were as follows: 1) basal diet without zinc supplement (containing 19.39 mg Zn/kg DM) as the control group, 2) basal diet + 30 mg Zn/kg DM as zinc methionine, 3) basal diet + 30 mg Zn/kg DM as zinc glycine, 4) basal diet + 30 mg Zn/kg DM as zinc oxide, and 5) basal diet + 30 mg Zn/kg DM as zinc sulfate. Dry matter intake, daily weight gain, and feed conversion ratio were determined. The acid-insoluble ash (AIA) internal indicator method was used to determine the apparent digestibility of feed nutrients. Blood samples were collected on the 70th day prior to the morning meal. To determine rumen parameters, rumen fluid was collected 3h after morning feed consumption. The chemical compositions of the experimental samples,



©2023 The author(s). This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

<http://doi.org/10.22067/ijasr.2024.82355.1140>

including (dry matter, organic matter, crude protein, ether extract, NDF, and ADF) were measured according to standard methods.

Results and Discussion: The results showed that total weight gain, daily weight gain, and feed conversion ratio were significantly improved in lambs received organic zinc supplements (zinc methionine and zinc glycine) compared to the control group ($P<0.05$). The apparent digestibility of organic matter in the diets supplemented with zinc methionine and zinc glycine was significantly higher than that of the other treatments ($P<0.05$). The digestibility of NDF and ADF in lambs receiving zinc methionine, zinc glycine and zinc oxide was improved compared to the treatment containing zinc sulfate and the control group ($P<0.05$). Serum glucose and zinc concentrations were significantly higher in all lambs receiving zinc supplements than the control group ($P<0.05$), but there was no significant difference in serum albumin, cholesterol, urea nitrogen, copper and iron concentrations between experimental treatments. Feeding zinc supplements had no effect on pH, ammonia nitrogen and the concentration of volatile fatty acids in the rumen fluid.

Conclusion: The results of this study show that the addition of 30 mg Zn/kg DM from organic zinc supplements (zinc glycine and zinc methionine) and inorganic zinc supplements (zinc sulfate and zinc oxide) meets the needs of growing lambs fed a basal diet containing 19.39 mg Zn/kg DM. The use of zinc supplements in the diet of fattening lambs improved growth performance, serum zinc and glucose concentrations, and crude fiber digestibility. There were no differences among the treatments supplemented with organic sources of zinc.

Key words: Digestibility, Growth performance, Lamb, Volatile fatty acid, Zinc supplementation

تأثیر منابع مختلف مکمل روی بر عملکرد، قابلیت هضم، فراسنجه‌های خونی و شکمبه‌ای بره‌های پرواری

یداله چاشنی دل^{۱*}، رادمان بختیاری^۲، حمید رضا مردانی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۳۰

چکیده

به منظور بررسی اثرات منابع مختلف مکمل‌های آلی و معدنی روی در بره‌های پرواری نژاد آمیخته زل، آزمایشی با استفاده از تعداد ۲۵ رأس بره نر با سن ۳-۴ ماه و میانگین وزن بدن ($25/5 \pm 1/4$ کیلوگرم) در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار به مدت ۷۰ روز انجام شد. تیمارها شامل: ۱- جیره مصرفی پایه بدون مکمل روی (حاوی ۱۹/۳۹ میلی گرم روی در کیلوگرم ماده خشک) ۲- جیره پایه + ۳۰ میلی گرم روی در کیلوگرم ماده خشک به شکل روی متیونین ۳- جیره پایه + ۳۰ میلی گرم روی در کیلوگرم ماده خشک به شکل روی گلايسين ۴- جیره پایه + ۳۰ میلی گرم روی در کیلوگرم ماده خشک به شکل اکسید روی ۵- جیره پایه + ۳۰ میلی گرم روی در کیلوگرم ماده خشک به شکل سولفات روی بود. میزان ماده خشک مصرفی روزانه، افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل خوراک تعیین گردید. برای تعیین قابلیت هضم ظاهری، از روش اندازه‌گیری خاکستر نامحلول در اسید استفاده شد. خون‌گیری و اخذ مایع شکمبه در روز ۷۰ آزمایش انجام گردید. نتایج نشان داد که افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل غذایی در تیمارهای حاوی مکمل‌های آلی روی نسبت به گروه شاهد به طور معنی‌داری بهبود یافت. قابلیت هضم ظاهری ماده آلی در تیمارهای مکمل‌شده با روی آلی و قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در بره‌های دریافت‌کننده مکمل‌های آلی روی و اکسید روی نسبت به سایر تیمارها به طور معنی‌داری بیشتر بود. غلظت گلوکز و روی سرم در تمامی بره‌های مصرف‌کننده مکمل روی نسبت به گروه شاهد به طور معنی‌داری افزایش یافت. به طور کلی، می‌توان نتیجه گرفت، افزودن ۳۰ میلی گرم روی در کیلوگرم ماده خشک به جیره پایه (حاوی ۱۹/۳۹ میلی گرم روی در کیلوگرم ماده خشک) از منابع آلی مکمل روی در مقایسه با منابع معدنی روی، تأثیر بهتری بر عملکرد رشد بره‌های پرواری دارد. همچنین استفاده از هر دو منبع آلی و معدنی روی، سبب افزایش غلظت گلوکز سرم خون شد.

واژه‌های کلیدی: اسید چرب فرار، بره، عملکرد رشد، قابلیت هضم، مکمل روی.

مقدمه

هورمون‌ها، پایداری غشاهای سلولی، بیان ژن، تقسیم سلولی و دفاع آنتی‌اکسیدانی، وابسته به عنصر روی می‌باشد (Alimohamady et al., 2019; Soufi et al., 2022). این عنصر تاکنون به عنوان ترکیب کلیدی در بیش از ۲۰۰۰ فاکتور رونویسی و ۳۰۰ متالوآنزیم شناخته شده است که به منظور انجام مطلوب واکنش‌های متابولیکی، عنصر ضروری مورد نیاز نشخوارکننده و ریزجاندانان شکمبه است (Ianni et al., 2019; Suttle, 2010). روی در متابولیسم کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، لیپیدها و از سوی دیگر، در ساخت و اعمال اسیدهای نوکلئیک نقش دارد، بنابراین کمبود روی در جیره غذایی می‌تواند منجر به اختلال در رشد، تولید مثل و عملکرد ایمنی با

یکی از راه‌های بهبود سلامت دام و تولیدات دامی، استفاده از عوامل بهبوددهنده متابولیکی مانند مواد معدنی است (Mousaie, 2019). عنصر روی (Zn) یکی از مهم‌ترین عناصر کم‌مصرف بوده که عملکرد بهینه بسیاری از فرآیندهای زیستی مانند فعالیت آنزیم‌ها و

۱ و ۲- به ترتیب دانشیار و دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

۳- استادیار گروه شیمی، دانشگاه پیام نور واحد ساری، ایران.

(*)- نویسنده مسئول: (Email: yhashnidell2002@yahoo.com)

مواد و روش‌ها

این پژوهش در ایستگاه تحقیقات دامپروری گروه علوم دامی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در پاییز سال ۱۴۰۱ انجام شد. بدین منظور، از تعداد ۲۵ رأس بره نر نژاد آمیخته زل با سن سه الی چهار ماه و میانگین وزن بدن $(1/4 \pm 25/5)$ کیلوگرم به مدت ۷۰ روز (۱۴ روز عادت‌پذیری و ۵۶ روز آزمایش) استفاده شد. بره‌ها با شروع دوره اصلی توزین شده تا وزن اولیه آن‌ها به دست آید. سپس به طور تصادفی به پنج تیمار (هر تیمار شامل پنج بره) در قفس‌های انفرادی تقسیم‌بندی شدند. تیمارها شامل: ۱- جیره پایه بدون مکمل روی (حاوی $19/39$ میلی گرم روی در کیلوگرم ماده خشک) به عنوان گروه شاهد؛ ۲- جیره شاهد به علاوه ۳۰ میلی گرم روی به ازاء هر کیلوگرم ماده خشک خوراک به شکل روی متیونین؛ ۳- جیره شاهد به علاوه ۳۰ میلی گرم روی به ازاء هر کیلوگرم ماده خشک خوراک به شکل روی گلايسين؛ ۴- جیره شاهد به علاوه ۳۰ میلی گرم روی به ازاء هر کیلوگرم ماده خشک خوراک به شکل اکسید روی و ۵- جیره شاهد به علاوه ۳۰ میلی گرم روی به ازاء هر کیلوگرم ماده خشک خوراک به شکل روی سولفات بود. همچنین جهت اندازه‌گیری غلظت روی در کل جیره پایه از دستگاه جذب اتمی (مدل Fx210، ساخت شرکت Rayleigh، چین) استفاده شد. جیره بره‌های پرواری در این پژوهش با نرم‌افزار SRNS تنظیم شد و اقلام خوراکی مورد استفاده به صورت جیره کاملاً مخلوط (TMR) حاوی علوفه و کنسانتره به نسبت ۷۰:۳۰ در اختیار حیوانات مورد آزمایش قرار گرفت. ترکیبات جیره غذایی در جدول ۱ نمایش داده شده است.

اندازه‌گیری عملکرد رشد:

روزانه مقدار مشخصی خوراک طبق نیاز بره‌های پرواری توزین شد (۱۰ درصد بیشتر از مقدار اشتهاهای دام‌ها در روز قبل) و در دو نوبت، هشت صبح و ۱۷ عصر در اختیار بره‌ها قرار گرفت. همچنین قبل از خوراک‌دهی، مقدار باقی‌مانده خوراک روز قبل توزین و از مجموع خوراک روز قبل کسر شد، تا مقدار مصرف خوراک هر یک از بره‌های آزمایشی در هر روز به دست آید. وزن‌کشی در ساعت مشخص و قبل از مصرف خوراک (با اعمال ۱۲ تا ۱۴ ساعت محرومیت از مصرف خوراک) هر دو هفته یک‌بار به وسیله باسکول دیجیتال (مدل SV7000، ساخت ایران) انجام شد. ضریب تبدیل غذایی در دوره‌های مختلف آزمایش از تقسیم میانگین مقدار خوراک مصرفی به میانگین افزایش وزن زنده بره‌های هر تیمار محاسبه شد.

اندازه‌گیری قابلیت هضم ظاهری خوراک:

برای تعیین قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی خوراک، از روش

افزایش حساسیت به عفونت، مشکلات اسکلتی و پوست، افزایش بیماری و تلفات و همچنین تنش اکسیداتیو در حیوانات در حال رشد شود (Mir et al., 2020). به دنبال کمبود روی، سطوح ویتامین E، A در پلاسما و کبد کاهش می‌یابد که نقش مهم و حیاتی روی را در جذب چربی‌ها نشان می‌دهد (Nishito and Kambe, 2019). اگرچه نیاز روی برای بره‌ها و گوساله‌های در حال رشد با ۳۳ میلی گرم روی در کیلوگرم ماده خشک در یک جیره کامل توصیه می‌شود، نشخوارکنندگان جوان به روی اضافی برای حمایت از تجمع پروتئین بدن در طول دوره‌های رشد سریع نیاز دارند (NRC, 2007). برخی از پژوهش‌ها نشان داده است که خاک‌های ایران دارای کمبود ماده معدنی روی هستند و گیاهانی که در این خاک‌ها رشد کرده و به عنوان خوراک دام مصرف می‌شوند، با کمبود این عنصر مواجه می‌باشند (Rezazadeh et al., 2012) که لزوم استفاده از مکمل روی در جیره دام‌های بسیاری از مناطق ایران را نشان می‌دهد. از آنجایی که نرخ جذب روی در دستگاه گوارش نشخوارکنندگان پایین بوده و به طورضعیفی در بافت‌های بدن ذخیر می‌شود، لذا می‌بایست به صورت روزانه در جیره غذایی دام برای حفظ عملکردهای طبیعی و فیزیولوژی لحاظ گردد (Swain et al., 2016). زیست فراهمی مواد معدنی به عوامل بسیاری مانند ترکیبات خوراک، مقدار و شکل شیمیایی مواد معدنی و اثرات آنتاگونیستی با سایر مواد معدنی بستگی دارد (Celi et al., 2019). با این حال، منابع آلی روی نسبت به منابع معدنی روی از نظر بیولوژیکی فعال‌تر بوده و قابلیت دسترسی بالای آن‌ها موجب شده که از ترکیبات آلی روی بیشتر برای تغذیه حیوانات استفاده شود (Zhao et al., 2014). به دنبال مصرف مکمل روی، بهبود عملکرد رشد، سلامت و تولید مثل، وضعیت مواد معدنی، آنتی‌اکسیدانی و ایمنی (Carmichael-Wyatt et Angeles-Hernandez et al., 2021) و همچنین افزایش تولید زیست توده میکروبی و کاهش انتشار گاز متان (Abdelnour et al., 2021) در نشخوارکنندگان گزارش شده است. علاوه بر موارد ذکر شده، نتایج متفاوتی از مکمل کردن منابع مختلف عنصر روی بر شاخص‌های عملکرد رشد، قابلیت هضم مواد مغذی، غلظت روی خون و اثر متقابل آن با سایر عناصر و وضعیت آنتی‌اکسیدانی و همچنین فراسنجه‌های شکمبه‌ای در بره‌های پرواری بومی به دست آمده است (NooriyanSoroor et al., 2019; Dehghan et al., 2018; Mallaki et al., 2015; Aliarabi et al., 2015). با این حال، مطالعات کمی در خصوص شناسایی بهترین منبع روی برای بره‌های بومی نژاد آمیخته زل صورت گرفته است، بنابراین تحقیق حاضر با هدف مقایسه اثر مکمل نمودن مقدار ۳۰ میلی گرم روی در کیلوگرم از منابع آلی متداول این عنصر (روی متیونین و روی گلايسين) با منابع معدنی (سولفات روی و اکسید روی) بر عملکرد، قابلیت هضم، فراسنجه‌های خونی و شکمبه‌ای در بره‌های نر پرواری نژاد آمیخته زل به انجام رسید.

قرار داده شد. به‌وسیله محلول ۰/۲ مولار بورات سدیم (۱۲/۴ گرم اسید بوریک و چهار گرم سود سوزآور با آب مقطر به‌حجم یک لیتر برسد) که به‌جای اسید بوریک دو درصد استفاده می‌شود، تقطیر شده و پس از تیتراسیون محلول جمع‌آوری شده، میزان نیتروژن آمونیاکی نمونه‌ها با استفاده از روش AOAC (2002) محاسبه شد. اندازه‌گیری ترکیب اسیدهای چرب فرار مایع شکمبه (استیک، پروپیونیک، بوتیریک، والریک و ایزوالریک) به‌روش اوتنستین و بارتلی (Ottenstein and Bartley, 1971) با استفاده از دستگاه گازکروماتوگرافی (GC-2014-Shimadzu، ساخت ژاپن) انجام شد.

طرح آماری:

این آزمایش با استفاده از تعداد ۲۵ رأس بره نر پروراری (پنج تیمار و پنج تکرار)، در قالب یک طرح کاملاً تصادفی انجام گردید. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن با سطح احتمال خطای ۰/۰۵ انجام و با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.1 و بر اساس مدل زیر تجزیه و تحلیل شد:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij} \quad \text{معادله (۲)}$$

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

نتایج و بحث

عملکرد رشد:

نتایج مربوط به عملکرد رشد بره‌ها در تیمارهای مختلف در جدول ۲ ارائه شده است. علی‌رغم بهبود افزایش وزن کل در همه تیمارهای مکمل شده با روی، تنها افزایش وزن کل در گروه‌های دریافت‌کننده روی متیونین و روی گلايسین نسبت به گروه شاهد روند معنی‌داری داشت (P=۰/۰۲۱۳)، که در نتیجه آن، افزایش وزن روزانه در این دو تیمار نسبت به گروه شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (P=۰/۰۲۰۸). با وجود عدم تفاوت معنی‌دار در مقدار ماده خشک مصرفی در بین تیمارهای آزمایشی، ضریب تبدیل غذایی در بره‌های مصرف‌کننده مکمل‌های روی متیونین و روی گلايسین نسبت به گروه شاهد به‌طور معنی‌داری بهبود یافت (P=۰/۰۴۳۰).

بر اساس توصیه جداول انجمن ملی تحقیقات (NRC, 2007) مقدار روی لازم بره‌های در حال رشد بین ۲۸ تا ۴۹ میلی‌گرم در هر کیلوگرم ماده خشک خوراک است. در این مطالعه، غلظت روی جیره پایه، ۱۹/۳۹ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک جیره بود.

نشانگر داخلی خاکستر نامحلول در اسید (AIA) استفاده شد (Van Keulen and Young, 1977). نمونه‌گیری از مدفوع و باقیمانده‌های خوراک مربوط به دام‌های آزمایشی هر تیمار در پنج روز پایانی آزمایش به‌منظور تعیین خاکستر نامحلول در اسید و میزان ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام و چربی خام بر اساس روش‌های AOAC (2002) و الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF^۱) و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF^۲) به‌روش ون-سوست و همکاران (Van Soest et al., 1991) انجام شد. پس از تعیین خاکستر نامحلول در اسید نمونه‌های خوراک و مدفوع، قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی بر حسب درصد، با استفاده از معادله زیر محاسبه شد:

معادله (۱)

$$D = 100 - \left\{ 100 \times \left(\frac{\text{AIA feed}}{\text{AIA fecal}} \times \frac{\text{N fecal}}{\text{N feed}} \right) \right\}$$

اندازه‌گیری فراسنجه‌های خونی:

خون‌گیری از بره‌های آزمایشی در روز ۷۰ آزمایش، قبل از مصرف خوراک با اعمال ۱۲ ساعت محرومیت از مصرف خوراک انجام شد. خون‌گیری با استفاده از سرنگ‌های پنج میلی‌لیتری قبل از مصرف وعده خوراک صبح از سیاهرگ و داج انجام گردید و با رعایت اصول سرد نگه داشتن به‌سرعت به آزمایشگاه ارسال شد. نمونه‌های خون جمع‌آوری شده، به‌مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شده (۳۰۰ دور بر دقیقه) و سرم آن‌ها جدا گردید. نمونه‌ها تا زمان اندازه‌گیری فاکتورهای خونی در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. غلظت گلوکز، آلبومین، کلسترول، نیتروژن اورده‌ای سرم خون توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر (مدل Alcyon 300، آمریکا) و به‌وسیله کیت‌های اختصاصی شرکت پارس آزمون اندازه‌گیری شدند. غلظت عناصر معدنی روی، مس و آهن سرم توسط دستگاه جذب اتمی (مدل SpectraAA220 FS، ساخت کمپانی Varian استرالیا) اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری فراسنجه‌های شکمبه‌ای:

در هفته آخر آزمایش، مایع شکمبه سه ساعت پس از مصرف خوراک صبحگاهی با استفاده از سوند مری و پمپ خلاء جمع‌آوری شد. اندازه‌گیری pH مایع شکمبه، بعد از صاف کردن مایع با پارچه چهار لایه، بلافاصله با کمک دستگاه pH متر دیجیتال (مدل ۸۲۷ مترون) انجام شد. در این آزمایش، پس از صاف کردن مایع شکمبه به‌میزان پنج میلی‌لیتر از هر نمونه، مستقیم در دستگاه تقطیر کلدال

جدول ۱- مواد خوراکی و ترکیبات شیمیایی جیره آزمایشی (بر حسب درصد ماده خشک جیره یا واحد بیان شده)

Table 1- Ingredients and chemical compounds of experimental diet (% DM or as stated)

مقدار (درصد) Amount (%)	اجزاء و ترکیبات شیمیایی جیره Ingredients and chemical composition
20	یونجه Alfalfa hay
10	کاه گندم Wheat straw
21	دانه جو Barley grain
17.15	سبوس گندم Wheat bran
14.5	دانه ذرت Corn grain
10.5	کنجاله سویا Soybean meal
2.5	تفاله چغندر قند Sugar beet pulp
1	بی کربنات سدیم Sodium bicarbonate
1	کربنات کلسیم Calcium carbonate
1	بنتونیت Bentonite
0.75	پرمیکس دامی ^۱ Livestock premix ¹
0.5	نمک طعام Common salt
0.1	توکسین بایندر Toxin binder
93.10	ماده خشک Dry matter
91.66	ماده آلی Organic matter
13.38	پروتئین خام Crude protein
5.89	عصاره اتری Ether extract
8.34	خاکستر Ash
37.62	الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber
25.84	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber
19.39	روی (میلی گرم در کیلوگرم) Zn (mg/kg DM)

^۱ هر کیلوگرم از مکمل شامل: ۵۰۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین A، ۱۰۰۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین D₃ و ۱/۰ گرم ویتامین E، هر کیلوگرم از مکمل شامل: ۱۸۰ گرم کلسیم، ۹۰ گرم فسفر، ۲۰ گرم منیزیم، ۶۰ گرم سدیم، دو گرم منگنز، سه گرم آهن، ۰/۳ گرم مس، سه گرم روی، ۱/۰ گرم کبالت، ۱/۰ گرم سلنیوم، ۱/۰ گرم ید، سه گرم آنتی اکسیدانت

¹ Every kg of supplement contained 500000 IU vitamin A, 100000 IU vitamin D₃, 1.0 IU vitamin E, every kg of supplement contained 180 g Ca, 90 g P, 20 g Mn, 60 g Na, 2 g Mg, 3 g Fe, 0.3 g Cu, 3 g Zn, 1.0 Co, 1.0 Se, 1.0 I, 3 g Antioxidant

مکمل روی می تواند ناشی از تأمین مقادیر کافی این عنصر برای بره های پرواری باشد. همچنین بهبود عملکرد بره های که مکمل آلی

این مقدار از میزان توصیه شده کمتر بوده و احتمالاً بر عملکرد رشد حیوان تأثیر منفی داشته است. افزایش عملکرد با استفاده از

ماده خشک در بره‌های نر مهربان، افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل غذایی در تمامی تیمارهای مکمل شده با روی نسبت به گروه شاهد به‌طور معنی‌داری بهبود یافت، اما بر مقدار مصرف خوراک روزانه تأثیری نداشت (Aliarabi et al., 2015).

برخلاف نتایج این تحقیق، در پژوهشی بر روی بره‌های نر سنجابی با استفاده از ۲۰ میلی گرم روی در کیلوگرم (جیره پایه حاوی ۲۴/۵۲ میلی گرم روی در کیلوگرم ماده خشک) به‌صورت سولفات روی، روی پلی ساکراید و نانو اکسید روی، تفاوتی در شاخص‌های عملکرد رشد بین تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد (Soufi et al., 2022). همچنین، در پژوهشی با افزودن مکمل‌های سولفات روی، روی گلايسين و روی پروتئينات (جیره پایه حاوی ۲۹/۶ میلی گرم روی در کیلوگرم ماده خشک) به جیره بره‌های پرواری (به‌صورتی که جیره‌های آزمایشی مکمل شده با روی در مجموع حاوی ۸۰ میلی گرم روی در کیلوگرم بودند)، تأثیری بر عملکرد رشد بره‌های آزمایشی گزارش نکردند (Gresakova et al., 2021). عوامل مختلفی مانند نوع مکمل روی، مرحله رشد دام، غلظت روی جیره پایه و شرایط محیطی سبب تفاوت در نتایج پژوهش‌های مختلف در رابطه با تأثیر مکمل‌های روی بر عملکرد رشد شده است.

روی دریافت کردند، احتمالاً ناشی از افزایش زیست‌فراهمی آن است (Mandal et al., 2007) که مطابق با نتایج ملاکی و همکاران (Mallaki et al., 2015) بود. با توجه به اینکه تغییرات مصرف خوراک می‌تواند تابعی از تغییرات در فعالیت میکروبی شکمبه و میزان اسیدیته آن باشد (McDonald et al., 2010)، عدم تغییر در فراسنجه‌های شکمبه‌ای در پژوهش حاضر، می‌تواند یکی از عوامل مؤثر بر حفظ مصرف خوراک بره‌ها در سطح مناسب باشد. در تطابق با نتایج این تحقیق، در پژوهشی با استفاده از ۳۰ میلی گرم روی در کیلوگرم (جیره پایه حاوی ۱۹/۷۲ میلی گرم روی در کیلوگرم ماده خشک) به‌صورت روی متیونین، روی پروتئینات، روی گلايسينات و روی سولفات در بره‌های نر مهربان، صفات عملکرد رشد در هر چهار گروه از بره‌های دریافت‌کننده مکمل روی نسبت به گروه شاهد به‌طور معنی‌داری بهبود پیدا کرد، در حالی که وزن نهایی تنها در گروه‌های دریافت‌کننده روی متیونین و روی پروتئینات نسبت به گروه شاهد روند معنی‌داری داشت (Alimohamady et al., 2019). همچنین گزارش شد که با افزودن ۴۰ میلی گرم روی در کیلوگرم به‌صورت سولفات روی و سطوح ۲۰ و ۴۰ میلی گرم روی در کیلوگرم به‌صورت روی پروتئینات به جیره پایه حاوی ۲۲/۴۷ میلی گرم روی در کیلوگرم

جدول ۲- تأثیر مکمل‌های روی بر عملکرد بره‌ها در تیمارهای مختلف^۱Table 2- Effects of zinc supplements on performance of lambs in different treatments¹

صفت Parameter	تیمارهای آزمایشی ^۲ Experimental treatments ²					خطای استاندارد میانگین SEM ³	اثرات معنی‌داری P value
	تیمار ۱ Treatment 1	تیمار ۲ Treatment 2	تیمار ۳ Treatment 3	تیمار ۴ Treatment 4	تیمار ۵ Treatment 5		
وزن اولیه (کیلوگرم) Initial body weight (kg)	25.66	25.00	25.33	25.83	25.66	0.633	0.9933
وزن نهایی (کیلوگرم) Final body weight (kg)	38.33	39.50	40.00	39.66	38.66	0.496	0.8039
افزایش وزن کل (کیلوگرم) Total weight gain (kg)	12.66 ^b	14.50 ^a	14.66 ^a	13.83 ^{ab}	13.00 ^b	0.182	0.0213
افزایش وزن روزانه (گرم) Daily weight gain (g)	180 ^b	207 ^a	209 ^a	197 ^{ab}	185 ^b	0.002	0.0208
ماده خشک مصرفی (کیلوگرم) Daily feed intake (kg)	1.262	1.272	1.276	1.266	1.260	0.003	0.5175
ضریب تبدیل غذایی Feed conversion ratio	7.00 ^a	6.14 ^b	6.12 ^b	6.42 ^{ab}	6.81 ^{ab}	0.092	0.0430

^۱ میانگین‌هایی که در هر ردیف با حروف لاتین متفاوت نشان داده شده است، دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P < 0.05$).

^۲ تیمار ۱) شاهد (فاقد روی)، تیمار ۲) حاوی روی متیونین، تیمار ۳) حاوی روی گلايسين، تیمار ۴) حاوی اکسید روی و تیمار ۵) حاوی سولفات روی.

^۳ SEM: خطای استاندارد میانگین.

¹ The averages shown in different Latin letters in each row indicate statistically significant differences ($P < 0.05$).

² Treatment 1) control, treatment 2) zinc methionine, treatment 3) zinc glycine, treatment 4) zinc oxide and treatment 5) zinc sulfate.

³ SEM: Standard error of the mean.

قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی:

یافته‌های مربوط به تأثیر تیمارهای آزمایشی بر قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی خوراک در جدول ۳ نشان داده شده است. قابلیت هضم ظاهری ماده آلی در تیمارهای مکمل شده با روی متیونین و روی گلايسين نسبت به تیمار حاوی سولفات روی و گروه شاهد به-طور معنی‌داری افزایش یافت ($P = 0.046$). در بره‌های دریافت‌کننده روی آلی و اکسید روی، قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی ($P = 0.041$) و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی ($P = 0.050$) نسبت به تیمار حاوی سولفات روی و گروه شاهد به معنی‌داری بهبود یافت. تفاوت معنی‌داری در قابلیت هضم ماده خشک، عصاره اتری و پروتئین خام در بین تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد ($P > 0.05$).

در پژوهش حاضر، استفاده از مکمل‌های روی (به‌خصوص منابع آلی روی) سبب افزایش قابلیت هضم ظاهری الیاف نامحلول در شوینده خنثی شد. دلیل این افزایش قابلیت هضم می‌تواند عدم تأمین نیاز جمعیت میکروبی شکمبه توسط مقدار روی موجود در جیره پایه باشد (Mallaki et al., 2015). عوامل متعددی مانند ویژگی‌های شیمیایی منابع آلی و معدنی روی، غلظت روی جیره پایه، نوع جیره (نسبت علوفه به کنسانتره) و عوامل مؤثر بر حالیت و پایداری روی در دستگاه گوارش، می‌تواند باعث ایجاد تفاوت در نتایج پژوهش‌های مختلف شود. همسو با نتایج این تحقیق، در پژوهشی با افزودن ۳۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم به جیره پایه حاوی ۱۹/۷۲ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک به‌صورت روی متیونین، روی پروتئینات، روی گلايسينات و سولفات روی در بره‌های نر مهربان، مصرف مکمل روی متیونین و روی پروتئینات باعث افزایش قابلیت هضم پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در مقایسه با گروه‌های مکمل سولفات روی و گروه شاهد شد و منابع آلی روی، قابلیت هضم ماده آلی را در مقایسه با مکمل غیرآلی و شاهد بهبود بخشید (Alimohamady et al., 2019). همچنین با استفاده از سطوح ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم (جیره پایه حاوی ۳۱ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک) به‌صورت روی متیونین در بره‌های نر کرمانی، قابلیت هضم ظاهری ماده خشک، ماده آلی و الیاف نامحلول در شوینده خنثی در بره‌های تغذیه شده با جیره حاوی ۵۰ میلی‌گرم مکمل روی بیشتر از بره‌های گروه شاهد بود (Dehghan et al., 2018). ملاکی و همکاران (Mallaki et al., 2015) با استفاده از ۲۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم (جیره پایه ۲۲/۸ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک) به‌صورت روی پتید و سولفات روی در بره‌های نر زندگی مشاهده کردند که تیمار مکمل شده با روی پتید سبب افزایش معنی-دار قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی و پروتئین خام

نسبت به سایر تیمارها شد.

برخلاف نتایج این تحقیق، در آزمایشاتی با افزودن ۲۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک از مکمل روی متیونین و سولفات روی به جیره پایه حاوی ۲۲/۳ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک در بزهای نژاد کشمیر (Jia et al., 2009) و مکمل نمودن ۲۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم از دو منبع روی متیونین و اکسید روی به جیره پایه حاوی ۳۴ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک در بره‌های نر پرواری (Garg et al., 2008)، تنها قابلیت هضم سلولز و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در گروه روی متیونین نسبت به گروه شاهد به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. آن‌ها نتیجه گرفتند که مکمل آلی روی نقش مثبتی بر هضم الیاف در شکمبه دارد. همچنین، در پژوهشی بر روی گوساله‌های نر، با افزودن ۳۵ میلی‌گرم روی در کیلوگرم به‌صورت روی پروپیونات و سولفات روی به جیره پایه حاوی ۳۲/۵ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک، قابلیت هضم مواد مغذی خوراک بین تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری را نشان نداد، که دلیل آن را کافی بودن مقدار روی جیره پایه برای ریزجانداران شکمبه پیشنهاد کردند (Mandal et al., 2007).

فراسنجه‌های خونی:

نتایج مربوط به تأثیر تیمارها بر فراسنجه‌های خونی و غلظت عناصر معدنی سرم در جدول ۴ نشان داده شده است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که غلظت گلوکز سرم در گروه‌های دریافت‌کننده مکمل روی نسبت به گروه شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($P = 0.0357$). همچنین غلظت روی سرم در تمامی بره‌های مصرف-کننده مکمل روی نسبت به گروه شاهد به‌طور معنی‌داری بیشتر بود ($P = 0.0020$)، اما در بین تیمارهای دریافت‌کننده مکمل روی اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد. تفاوت معنی‌داری در غلظت آلبومین، کلسترول، نیتروژن اوره‌ای، مس و آهن سرم بین تیمارهای آزمایشی وجود نداشت.

همسو با نتایج این تحقیق، در پژوهشی استفاده از ۰/۱۲ درصد از مکمل روی متیونین سبب افزایش غلظت گلوکز خون در بزها شد (Pi et al., 2005). با توجه به اینکه غلظت گلوکز خون در دام‌های نشخوارکننده بیشتر تحت تأثیر مقدار پروپیونات مایع شکمبه قرار می‌گیرد (McDonald et al., 2010)، بنابراین عوامل مختلفی مانند نوع جیره و حیوان آزمایشی، منبع و مقدار مکمل روی که می‌تواند بر تولید پروپیونات شکمبه اثر بگذارند (Spears et al., 2004)، قادر به تغییر در غلظت گلوکز خون می‌باشند.

جدول ۳- تأثیر مکمل‌های روی بر قابلیت هضم مواد مغذی خوراک در تیمارهای مختلف^۱Table 3- Effects of zinc supplements on the digestibility of feed nutrients in different treatments¹

صفت (درصد) Parameter (%)	تیمارهای آزمایشی ^۱ Experimental treatments ²					خطای استاندارد میانگین SEM ³	اثرات معنی‌داری P value
	تیمار ۱ Treatment 1	تیمار ۲ Treatment 2	تیمار ۳ Treatment 3	تیمار ۴ Treatment 4	تیمار ۵ Treatment 5		
ماده خشک Dry matter	70.54	71.17	71.47	70.64	70.35	0.319	0.7822
ماده آلی Organic matter	72.85 ^b	75.10 ^a	75.22 ^a	73.68 ^{ab}	72.22 ^b	0.247	0.0406
عصاره اتری Ether extract	53.24	55.88	55.63	55.09	53.37	0.920	0.8213
پروتئین خام Crude protein	68.01	69.64	69.19	69.11	68.65	0.219	0.3101
الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber	50.13 ^b	53.02 ^a	52.99 ^a	52.29 ^a	51.14 ^b	0.136	0.0041
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber	41.23 ^b	43.52 ^a	43.29 ^a	42.84 ^a	41.19 ^b	0.127	0.0050

^۱ میانگین‌هایی که در هر ردیف با حروف لاتین متفاوت نشان داده شده است، دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P < 0.05$).^۲ تیمار ۱) شاهد (فاقد روی)، تیمار ۲) حاوی روی متیونین، تیمار ۳) حاوی روی گلیسین، تیمار ۴) حاوی اکسید روی و تیمار ۵) حاوی سولفات روی.
^۳ SEM: خطای استاندارد میانگین.¹ The averages shown in different Latin letters in each row indicate statistically significant differences ($P < 0.05$).² Treatment 1) control, treatment 2) zinc methionine, treatment 3) zinc glycine, treatment 4) zinc oxide and treatment 5) zinc sulfate.³ SEM: Standard error of the mean.

روی در کیلوگرم (جیره پایه حاوی ۲۳ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک) به‌صورت روی متیونین و سولفات روی در بره‌های نر سنجایی، گزارش کردند که غلظت عنصر روی و مس تحت تأثیر مکمل‌های روی قرار نگرفت (Nooriyansoroor *et al.*, 2019). ملاکی و همکاران (Mallaki *et al.*, 2015) با استفاده از ۲۰ میلی-گرم روی در کیلوگرم (جیره پایه حاوی ۲۲/۸ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک) به‌صورت روی پپتید و سولفات روی در بره‌های نر زندی، مشاهده کردند که از غلظت آهن در خون بره‌های دریافت-کننده مکمل روی نسبت به گروه شاهد کاسته شد. همچنین، در آزمایشی با استفاده از سطوح ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم (جیره پایه حاوی ۳۱ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک) به-صورت روی متیونین (Dehghan *et al.*, 2018)، مشخص شد که تغذیه مکمل‌های روی تأثیری بر فراسنجه‌های خونی بره‌ها نداشت.

فراسنجه‌های شکمبه‌ای:

نتایج مربوط به تأثیر تیمارها بر فراسنجه‌های شکمبه‌ای بره‌های مورد بررسی در این آزمایش در جدول (۵) ارائه شده است. تغذیه مکمل‌های روی تأثیری بر pH، نیتروژن آمونیاکی و غلظت اسیدهای چرب فرار مایع شکمبه نداشت ($P > 0.05$). با وجود عدم تفاوت آماری معنی‌دار، در تمامی گروه‌های مکمل شده با روی، pH نسبت به گروه شاهد افزایش و نیتروژن آمونیاکی نسبت به گروه شاهد کاهش پیدا

با وجود عدم تفاوت معنی‌دار، از لحاظ عددی غلظت اسید پروپیونیک در تمامی تیمارهای مکمل شده با روی نسبت به گروه شاهد افزایش یافت که می‌توان افزایش غلظت گلوکز خون در بره‌های دریافت‌کننده مکمل‌های روی در پژوهش حاضر را به آن نسبت داد. در پژوهشی با افزودن ۲۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم به جیره پایه حاوی ۲۴/۵۲ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک به-صورت سولفات روی و روی پلی‌ساکارید و نانو اکسید روی در جیره بره‌های نر سنجایی، سبب افزایش معنی‌دار غلظت روی پلاسما نسبت به گروه شاهد شد، ولی تأثیر معنی‌داری بر غلظت مس و آهن پلاسما خون نداشت (Soufi *et al.*, 2022). موسائی (Mousaie, 2019) با افزودن ۴۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم به جیره پایه حاوی ۴۸ میلی-گرم روی در کیلوگرم ماده خشک به‌صورت روی متیونین و سولفات روی در بره‌های نر کرمانی و علی‌عربی و همکاران (Aliarabi *et al.*, 2015) با افزودن ۴۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم به‌صورت سولفات روی و سطوح ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم روی پروتئینات به جیره پایه حاوی ۲۲/۴۷ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک در بره‌های نر مهربان، گزارش کردند که غلظت روی سرم خون در گروه‌های تغذیه‌شده با مکمل‌های روی به‌طور معنی-داری بالاتر از گروه شاهد بود، اما غلظت گلوکز، پروتئین تام، آهن و مس سرم تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. برخلاف نتایج این تحقیق، در پژوهشی با استفاده از ۴۰ میلی‌گرم

کرد. همچنین، غلظت کل اسیدهای چرب فرار مایع شکمبه در تیمار-های حاوی روی متیونین و اکسید روی نسبت به سایر تیمارها پایین تر بود.

مطالعات اندکی در ارتباط با اثر منابع مختلف روی بر pH، غلظت نیتروژن آمونیاکی و اسیدهای چرب فرار مایع شکمبه برهه‌های پروراری

صورت گرفته است. عوامل مختلفی مانند نسبت علوفه به کنساتره، غلظت اسید لاکتیک، اسیدهای چرب فرار و آمونیاک و همچنین ظرفیت بافری شکمبه بر pH مایع شکمبه اثر دارند (McDonald *et al.*, 2010).

جدول ۴- تأثیر مکمل‌های روی بر فراسنجه‌ها و پروفایل مواد معدنی سرم خون در تیمارهای مختلف^۱

Table 4- Effects of zinc supplements on metabolites and mineral profiles of blood serum in different treatments¹

صفت Parameter	تیمارهای آزمایشی ^۲ Experimental treatments ²					خطای استاندارد میانگین SEM ^۳	اثرات معنی‌داری P value
	تیمار ۱ Treatment 1	تیمار ۲ Treatment 2	تیمار ۳ Treatment 3	تیمار ۴ Treatment 4	تیمار ۵ Treatment 5		
گلوکز (میلی گرم/دسی لیتر) Glucose (mg/dl)	57.50 ^b	62.50 ^a	64.00 ^a	61.50 ^a	62.00 ^a	0.435	0.0357
آلبومین (گرم/دسی لیتر) Albumin (g/dl)	3.60	3.90	3.95	3.90	3.85	0.073	0.6174
کلسترول (میلی گرم/دسی لیتر) Cholesterol (mg/dl)	55.50	56.50	54.00	55.00	56.00	0.678	0.8009
اوره (میلی گرم/دسی لیتر) Urea (mg/dl)	47.00	47.50	46.00	45.00	45.50	0.761	0.8212
روی (میکروگرم/دسی لیتر) Zn (micg/dl)	117.0 ^b	137.0 ^a	136.0 ^a	132.0 ^a	133.0 ^a	0.748	0.0020
مس (میکروگرم/دسی لیتر) Cu (micg/dl)	111.5	116.0	112.0	114.0	114.5	0.583	0.2307
آهن (میکروگرم/دسی لیتر) Fe (micg/dl)	172.5	169.0	168.5	172.0	170.0	0.547	0.2160

^۱ میانگین‌هایی که در هر ردیف با حروف لاتین متفاوت نشان داده شده است، دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P < 0.05$).

^۲ تیمار ۱) شاهد (فاقد روی)، تیمار ۲) حاوی روی متیونین، تیمار ۳) حاوی روی گلیسین، تیمار ۴) حاوی اکسید روی و تیمار ۵) حاوی سولفات روی.

^۳ SEM: خطای استاندارد میانگین.

¹ The averages shown in different Latin letters in each row indicate statistically significant differences ($P < 0.05$).

² Treatment 1) control, treatment 2) zinc methionine, treatment 3) zinc glycine, treatment 4) zinc oxide and treatment 5) zinc sulfate.

³ SEM: Standard error of the mean.

استات به پروپیونات شد. همچنین تیمار حاوی روی متیونین نسبت مولی بوتیرات و والریک کمتری نسبت به گروه شاهد داشت. وانگ و همکاران (Wang *et al.*, 2013) در پژوهشی گزارش کردند که سطح مکمل روی (۱۰ و ۲۰ میکروگرم در میلی‌لیتر مایع شکمبه) و منبع آن (سولفات روی و روی اسیدآمینه یا روی پروتئینات) در جیره پایه حاوی ۳۷/۶ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک در گاوهای شیری، تأثیر معنی‌داری بر مقدار pH و نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه نداشت. همچنین، در تمامی تیمارهای حاوی مکمل‌های آلی روی، غلظت کل اسیدهای چرب فرار در سطح ۱۰ میکروگرم روی در میلی‌لیتر مایع شکمبه، نسبت به تیمار حاوی سولفات روی و گروه شاهد به‌طوری معنی‌داری افزایش یافت. همچنین در پژوهشی دیگر، با استفاده از سطوح ۲۵۰ و ۴۷۰ قسمت در میلیون روی در جیره گاوهای گوشتی مشاهده کردند که در دو ساعت بعد از مصرف خوراک، pH و آمونیاک شکمبه‌ای کاهش یافت، در حالی‌که در پنج

در پژوهشی با استفاده از سطوح ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم (جیره پایه حاوی ۳۱ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک) به‌صورت روی متیونین در بره‌های نر کرمانی، گزارش کردند که تغذیه مکمل روی متیونین تفاوت معنی‌داری در مقدار pH و نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه بین تیمارهای آزمایشی ایجاد نکرد، ولی باعث افزایش pH و کاهش نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه نسبت به گروه شاهد شد (Dehghan *et al.*, 2018). اسپیرز و همکاران (Spears *et al.*, 2004) با افزودن ۲۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم به جیره پایه حاوی ۱۸/۸ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک به‌صورت روی متیونین، روی گلیسین و سولفات روی در گوساله‌های پروراری، مشاهده کردند غلظت کل اسیدهای چرب فرار در تیمارهای دریافت-کننده مکمل آلی روی نسبت به تیمار حاوی سولفات روی و گروه شاهد کاهش یافت. مقدار مولی پروپیونات در تیمار حاوی روی متیونین نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود که موجب کاهش نسبت

نیتروژن آمونیاکی با افزایش تجزیه پروتئین‌ها در شکمبه و یا کاهش استفاده از آن توسط باکتری‌ها جهت ساخت پروتئین میکروبی، افزایش می‌یابد، عدم تغییر در غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه در پژوهش حاضر می‌تواند بیانگر توازن بین نیتروژن آمونیاکی تولید شده از تجزیه پروتئین‌ها با ساخت پروتئین میکروبی و جذب آمونیاک توسط شکمبه باشد (Wang et al., 2013).

ساعت بعد از مصرف خوراک، pH مایع شکمبه در گروه‌های دریافت‌کننده روی نسبت به گروه شاهد افزایش یافت. این محققین عنوان کردند که روی اضافه شده موجب تأخیر در آزادسازی آمونیاک از اوره در شکمبه می‌شود. همچنین با افزودن مکمل روی، نسبت مولی پروپیونات افزایش یافت که باعث کاهش نسبت استات به پروپیونات شد (Arelovich et al., 2000). با توجه به اینکه غلظت

جدول ۵- اثر مکمل‌های روی بر اسیدهای چرب فرار، pH و نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه در تیمارهای مختلف^۱

Table 5- Effects of zinc supplements on VFA, pH and ammonia nitrogen in different treatments¹

صفت Parameter	تیمارهای آزمایشی ^۲ Experimental treatments ²					خطای استاندارد میانگین SEM ^۳	اثرات معنی‌داری P value
	تیمار ۱ Treatment 1	تیمار ۲ Treatment 2	تیمار ۳ Treatment 3	تیمار ۴ Treatment 4	تیمار ۵ Treatment 5		
اسید استیک Acetic acid (ppm)	52.95	48.57	49.53	46.95	48.04	0.869	0.3576
اسید پروپیونیک Propionic acid (ppm)	88.81	92.50	95.70	97.35	93.36	7.300	0.9959
اسید بوتیریک Butyric acid (ppm)	313.93	284.55	316.39	275.70	313.51	16.30	0.8813
اسید والریک Valeric (ppm)	99.93	98.48	95.70	106.35	95.23	2.809	0.7346
اسید ایزوالریک Isovaleric (ppm)	34.99	41.90	38.01	35.81	46.19	3.404	0.8194
کل اسیدهای چرب T-VFA (ppm)	590.62	565.99	595.32	562.17	596.33	25.66	0.9837
اسیدیته pH	6.23	6.52	6.46	6.32	6.45	0.076	0.7414
نیتروژن آمونیاکی NH ₃ -N (mg/dl)	13.09	12.82	12.96	12.81	12.88	0.076	0.7631

^۱ میانگین‌هایی که در هر ردیف با حروف لاتین متفاوت نشان داده شده است، دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P < 0.05$).

^۲ تیمار (۱) شاهد (فاقد روی)، تیمار (۲) حاوی روی متیونین، تیمار (۳) حاوی روی گلیسین، تیمار (۴) حاوی اکسید روی و تیمار (۵) حاوی سولفات روی.

^۳ SEM: خطای استاندارد میانگین.

¹ The averages shown in different Latin letters in each row indicate statistically significant differences ($P < 0.05$).

² Treatment 1) control, treatment 2) zinc methionine, treatment 3) zinc glycine, treatment 4) zinc oxide and treatment 5) zinc sulfate.

³ SEM: Standard error of the mean.

روی گلیسین) نسبت به مکمل‌های معدنی روی (سولفات روی و اکسید روی) در صفات اندازه‌گیری شده، بازده بهتری داشتند.

سپاسگزاری

از مسئولین محترم دانشکده علوم دامی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری جهت فراهم نمودن شرایط و امکانات لازم برای انجام این پژوهش و همچنین از شرکت مرکا (ساری، ایران) جهت تأمین مکمل‌های مواد معدنی، تشکر و قدردانی می‌گردد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج به‌دست آمده از این پژوهش نشان داد که جیره پایه از لحاظ روی (۱۹/۳۹ میلی گرم روی در کیلوگرم ماده خشک) کمبود داشته و استفاده از مکمل‌های روی به مقدار ۳۰ میلی گرم روی در کیلوگرم، سبب بهبود عملکرد رشد و قابلیت هضم برخی از مواد مغذی و افزایش غلظت روی و گلوکز سرم در بره‌های پرواری آمیخته زل شده است، اما تأثیری بر فراسنجه‌های شکمبه‌ای نداشته است. همچنین از نظر نوع منبع (آلی و معدنی)، مکمل‌های آلی روی (روی متیونین و

References

- Abdelnour, S.A., Alagawany, M., Hashem, N.M., Farag, M.R., Alghamdi, E.S., Hassan, F.U., Bilal, R.M., Elnesr, S.S., Dawood, M.A., Nagadi, S.A. and Elwan, H.A., 2021. Nanominerals: fabrication methods, benefits

- and hazards, and their applications in ruminants with special reference to selenium and zinc nanoparticles. *Animals*, 11(7), p.1916. <https://doi.org/10.3390/ani11071916>.
2. Aliarabi, H., Fadayifar, A., Tabatabaei, M. M., Zamani, P., Bahari, A., Farahavar, A., & Dezfoulan, A. H. (2015). Effect of zinc source on hematological, metabolic parameters and mineral balance in lambs. *Biological Trace Element Research*, 168, 82-90. <https://doi.org/10.1007/s12011-015-0345-0>.
 3. Alimohamady, R., Aliarabi, H., Bruckmaier, R. M., & Christensen, R. G. (2019). Effect of different sources of supplemental zinc on performance, nutrient digestibility, and antioxidant enzyme activities in lambs. *Biological Trace Element Research*, 189, 75-84. <https://doi.org/10.1007/s12011-018-1448-1>.
 4. Angeles-Hernandez, J. C., Miranda, M., Muñoz-Benitez, A. L., Vieyra-Alberto, R., Morales-Aguilar, N., Paz, E. A., & Gonzalez-Ronquillo, M. (2021). Zinc supplementation improves growth performance in small ruminants: A systematic review and meta-regression analysis. *Animal Production Science*, 61(7), 621-629. <https://doi.org/10.1071/AN20628>.
 5. AOAC (2002) Official Methods of Analysis, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.
 6. Arelovich, H. M., Owens, F. N., Horn, G. W., & Vizcarra, J. A. (2000). Effects of supplemental zinc and manganese on ruminal fermentation, forage intake, and digestion by cattle fed prairie hay and urea. *Journal of Animal Science*, 78(11), 2972-2979. <https://doi.org/10.2527/2000.78112972x>.
 7. Carmichael-Wyatt, R. N., Genther-Schroeder, O. N., & Hansen, S. L. (2020). The influence of dietary energy and zinc source and concentration on performance, trace mineral status, and gene expression of beef steers. *Translational Animal Science*, 4(4), txaa207. <https://doi.org/10.1093/tas/txaa207>.
 8. Celi, P., Verlhac, V., Calvo, E. P., Schmeisser, J., & Klünter, A. M. (2019). Biomarkers of gastrointestinal functionality in animal nutrition and health. *Animal Feed Science and Technology*, 250, 9-31. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.07.012>.
 9. Dehghan, M., Esmailpour, O., & Barazandeh, A. (2018). Effect of zinc-methionine supplementation on performance, nutrient digestibility and blood metabolites of fattening lambs. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 20(3), 411-424. (in persian).
 10. Garg, A. K., Mudgal, V., & Dass, R. S. (2008). Effect of organic zinc supplementation on growth, nutrient utilization and mineral profile in lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 144(1-2), 82-96. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.10.003>.
 11. Grešáková, L., Tokarčíková, K., & Čobanová, K. (2021). Bioavailability of dietary zinc sources and their effect on mineral and antioxidant status in lambs. *Agriculture*, 11(11), 1093. <https://doi.org/10.3390/agriculture11111093>.
 12. Ianni, A., Innosa, D., Martino, C., Grotta, L., Bennato, F., & Martino, G. (2019). Zinc supplementation of Friesian cows: Effect on chemical-nutritional composition and aromatic profile of dairy products. *Journal of Dairy Science*, 102(4), 2918-2927. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15868>.
 13. Jia, W., Zhu, X., Zhang, W., Cheng, J., Guo, C., & Jia, Z. (2009). Effects of source of supplemental zinc on performance, nutrient digestibility and plasma mineral profile in Cashmere goats. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 22(12), 1648-1653. <https://doi.org/10.5713/ajas.2009.80649>.
 14. 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 & Animal Sciences*, 39(1), 75-80. <https://doi.org/10.3906/vet-1405-79>.
 15. 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>.
 16. McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A., Sinclair, L. A., & Wilkinson, R. G. (2010) *Animal nutrition*. 7th ed. Longman Scientific and Technical, New York, USA. 692 pp.
 17. Mir, S. H., Mani, V., Pal, R. P., Malik, T. A., & Sharma, H. (2020). Zinc in ruminants: metabolism and homeostasis. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 90, 9-19. <https://doi.org/10.1007/s40011-018-1048-z>.
 18. Mousaie, A. (2019). Dietary organic and inorganic zinc supplements in Kermani male lambs: Impacts on serum minerals, antioxidant status and some blood parameters. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 11(3), 319-329. (in Persian with English abstract) <https://doi.org/10.22067/ijasr.v11i3.68647>.
 19. Nishito, Y., & Kambe, T. (2019). Zinc transporter 1 (ZNT1) expression on the cell surface is elaborately controlled by cellular zinc levels. *Journal of Biological Chemistry*, 294(43), 15686-15697. <https://doi.org/10.1074/jbc.RA119.01027>.
 20. NooriyanSoroor, M. E., Kazemi, S., Moeini, M. M., & Nikousefat, Z., (2019). The effect of organic and inorganic supplements of zinc on growth parameters, carcass characteristics and serum Sanjabi lambs. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 31(121), 77-90. (in Persian).

21. NRC (2007). Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. The National Academies Press, Washington, DC. USA.
22. Ottenstein, D. M., & Bartley, D. A. (1971). Separation of free acids C₂–C₅ in dilute aqueous solution column technology. *Journal of Chromatographic Science*, 9(11), 673-681. <https://doi.org/10.1093/chromsci/9.11.673>.
23. Pi, Z. K., Wu, Y. M., & Liu, J. X. (2005). Effect of pretreatment and pelletization on nutritive value of rice straw-based total mixed ration, and growth performance and meat quality of growing Boer goats fed on TMR. *Small Ruminant Research*, 56(1-3), 81-88. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2004.02.010>.
24. Rezazadeh Zavoshti, F., Asri Rezaei, S., Sioofy-Khojine, A. B., & Heidary, A. A. (2012). Correlation of zinc and copper values in the blood serum of Makuii sheep. *Comparative Clinical Pathology*, 21, 1263-1267. <https://doi.org/10.1007/s00580-011-1276-6>.
25. Soufi, B., Alijoo, Y. A., Khamisabadi, H., & Khoobakht, Z. (2022). The effect of inorganic, organic and nano-zinc sources on growth performance, blood parameters and antioxidant activity of Sanjabi lambs. *Journal of Ruminant Research*, 9(4), 19-32. <https://doi.org/10.22069/ejrr.2021.18983.1786>.
26. 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>.
27. Suttle, N. F. (2010) Mineral Nutrition of Livestock. 4th ed. CABI, Wallingford, Oxford shire, UK. pp 579.
28. Swain, P. S., Rao, S. B., Rajendran, D., Dominic, G., & Selvaraju, S. (2016). Nano zinc, an alternative to conventional zinc as animal feed supplement: A review. *Animal Nutrition*, 2(3), 134-141. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2016.06.003>.
29. Van Keulen, J. Y. B. A., & Young, B. A. (1977). Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science*, 44(2), 282-287. <https://doi.org/10.2527/jas1977.442282x>.
30. 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).
31. Wang, R. L., Liang, J. G., Lu, L., Zhang, L. Y., Li, S. F., & Luo, X. G. (2013). Effect of zinc source on performance, zinc status, immune response, and rumen fermentation of lactating cows. *Biological Trace Element Research*, 152, 16-24. <https://doi.org/10.1007/s12011-012-9585-4>.
32. Zhao, C. Y., Tan, S. X., Xiao, X. Y., Qiu, X. S., Pan, J. Q., & Tang, Z. X. (2014). Effects of dietary zinc oxide nanoparticles on growth performance and antioxidative status in broilers. *Biological Trace Element Research*, 160, 361-367. <https://doi.org/10.1007/s12011-014-0052-2>.



Effect of Starter Feed Starch Level on Body Parameters, Blood Metabolites and Functional Parameters of Holstein Dairy Calves

Amir Ali Mahdavi Shahri¹, Abbas Ali Naserian^{2*}, Reza Valizadeh², Seyed Hadi Ebrahimi³, Amin Darzi lemraski⁴

1, 2, 3 and 4- M. Sc Student, Professor, Assistant Professor, and Ph.D. Student, Department of animal science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.

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

How to cite this article:

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

Mahdavi Shahri, A. A., Naserian, A. A., Valizadeh, R., Ebrahimi, S. H., & Darzi lemraski, A. (2024). Effect of Starter feed starch level on body parameters, blood metabolites and functional parameters of Holstein dairy calves. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 16(1), 29-38. (In Persian with English Abstract).
<http://doi.org/10.22067/ijasr.2023.82422.1141>

Introduction: Breeding quality calves with a desirable genetic potential is one of the important criteria in dairy herds. In recent years, particular attention had been paid to calf breeding, especially to the composition of starter. Early weaning and encouraging the calf to consume solid feed reduces the incidence of various diseases, including diarrhea. It was important to transfer the calf from the non-ruminant state to the active ruminant state as soon as possible for the improved health and growth of the dairy calf. To transition from a liquid feed to a solid feed containing grains and forage, it was necessary to address several challenges. These included adapting the digestive system, enabling ruminal fermentation, and improving the digestion of nutrients through the intestine. Grains, which are full of carbohydrates, were considered to be the main source of energy in ruminants, leading to an excess in the growth of rumen epithelium. Corn grain was a major source of energy in ruminants as a digestible source. In comparison with other grains, the starch available in the corn grains was digested more slowly in the rumen. To use it to its full potential, its bio-availability should be increased so that a higher level of energy was released from the starch.

Material and Methods: This experiment was performed in the Astan Qods Razavi dairy farm, Mashhad, Iran. Forty Holstein calves, consisting of 20 male and 20 female, with an average birth weight of 42.4 Kg ($\pm$ 4.3) were used from birth to 70 days. Calves were birth and immediately separated from their dam and weighting, then they were transferring to individual pen. On the third day, the calves were randomly assigned to one of two treatments. The experimental treatment included: 1) low starch, and 2) high starch. All calves received colostrum for 3 d and then whole milk at 15% of body weight in the two equal meals, morning (5:00 A.M) and evening (15:00 P.M), until weaning. Calves' accesses to water and starter ad libitum and starter was mixed with 5% of alfalfa hay chopped (% of DM). Composition of starter did not change throughout the experiment. Starter intake was record daily. Body weight determine every two weeks until the end of experiment. Fecal consistence was scored daily. Blood sample was harvested from jugular vein for collection of blood serum. Blood metabolites including: glucose, cholesterol, triglyceride, albumin, total protein, ALT, AST, and urea were analyzed. Skeletal development was measured and recorded using special instruments on the 3, 56 and 70 days. Data were analyzed using SAS version 9.4 as a



randomized completely design with GLM method and tendencies were reported at $0.05 < P < 0.10$. Least square means for each treatment are reported in the tables and were separated using Tukeys test.

Results and Discussion: The results of this study showed that the use of the different level of starch had no significant effect on the starter feed intake, average daily gain, feed efficiency, fecal score and skeletal growth parameters of calves. Serum concentration of total protein, triglyceride, albumin, cholesterol, urea, ALT, and AST not affected by experimental treatments. ADG was not influenced by treatment in experiment. Our results are consistent with the observations of Zhang et al. (2010). There were no treatment effects on the blood parameters measured over time, which aligns with the findings of Soltani et al. (2020). The treatments did not affect fecal scores, as reported in the studies by Soltani et al. (2020). There were no significant differences in the initial, daily change, and final parameters, which is similar to the findings of Soltani et al. (2020). Additionally, starter intake, total dry matter intake (DMI), and weaning body weight (BW) were not affected by the experimental diets. This result is consistent with the observations of Lesmeister and Heinrichs (2004).

Conclusion: The result of this study showed that different levels of starch had no marked effects on body weight, daily feed intake, feed efficiency, fecal score, skeletal growth and blood metabolites.

Keywords: Starter feed, Starch, Dairy calf, Corn grain.

اثر مقدار نشاسته خوراک آغازین بر شاخص‌های بدنی، متابولیت‌های خونی و شاخص‌های عملکردی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین

امیرعلی مهدوی شهری^۱، عباسعلی ناصریان^{۲*}، رضا ولی زاده^۲، سید هادی ابراهیمی^۳، امین درزی لمراسکی^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۰۳

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۶/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۱۲

چکیده

کیفیت و مقدار مصرفی خوراک آغازین گوساله عامل اصلی موفقیت در از شیر گرفتن زود هنگام است. به منظور بررسی تأثیر استفاده از خوراک آغازین با دو سطح متفاوت نشاسته بر عملکرد، مصرف خوراک، افزایش وزن و راندمان افزایش وزن کل دوره، نمره قوام مدفوع، شاخص‌های رشد اسکلتی (ارتفاع جدوگاه، ارتفاع هیپ، عرض هیپ، طول بدن، دوره شکم و دور قفسه سینه) و غلظت متابولیت‌های بیوشیمیایی خونی (گلوکز، تری گلیسیرید، کلسترول، پروتئین کل، اوره، آلانین ترانس آمیناز و آسپارات آمینوترانسفراز)، آزمایشی با استفاده از ۴۰ راس گوساله شیرخوار هلشتاین (۲۰ نر و ۲۰ ماده) طراحی شد. در این آزمایش، گوساله‌ها از روز سوم تولد به صورت کاملاً تصادفی به یکی از دو تیمار (۳۰ یا ۴۰ درصد نشاسته در ماده خشک) آزمایش اختصاص داده شدند. تیمارهای مورد آزمایش شامل: (۱) خوراک آغازین با سطح نشاسته پایین (۳۰ درصد ماده خشک) و (۲) خوراک آغازین با سطح نشاسته بالا (۴۰ درصد ماده خشک) بود. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که تیمارهای آزمایشی تأثیری بر مصرف خوراک و راندمان مصرف خوراک کل دوره، افزایش وزن و ضریب افزایش وزن کل دوره، نمره قوام مدفوع، شاخص‌های رشد اسکلتی و متابولیت‌های بیوشیمیایی خونی نداشت.

واژه‌های کلیدی: خوراک آغازین، دانه ذرت، گوساله‌های شیرخوار، نشاسته.

مقدمه

شیرگیری زود هنگام و تحریک گوساله‌ها به مصرف خوراک جامد سبب کاهش ابتلای گوساله‌ها به بیماری‌های مختلف می‌گردد که شاخص‌ترین و پرتکرارترین آن‌ها اسهال است. هنگامی که گوساله‌ها تحت مدیریت با خوراک خشک (جامد) قرار می‌گیرند، هزینه‌های نیروی انسانی و مواد خوراکی به صورت قابل توجهی کاهش می‌یابد. در گوساله‌های تازه متولد شده، شیردان (معده حقیقی) نسبت به سایر اجزای دستگاه گوارشی، بزرگ بوده و شکمبه هنوز به صورت کامل توسعه نیافته است. هنگامی که گوساله شروع به مصرف خوراک جامد می‌کند، وزن شکمبه به عنوان جزئی از وزن زنده افزایش می‌یابد (Walker and Walker, 1961)؛ بنابراین، انتقال هرچه سریع‌تر گوساله از حالت غیر نشخوارکننده به نشخوارکننده فعال (انتقال از مصرف خوراک مایع به جامد) برای سلامت و رشد گوساله شیرخوار حائز اهمیت است (Khan et al., 2007). برای انتقال از رژیم غذایی مایع به رژیم غذایی حاوی غلات و علوفه نیاز است تا دستگاه گوارش تغییر کرده و امکان تخمیر شکمبه‌ای و هضم مواد مغذی از طریق

یکی از شاخصه‌های مهم در یک گله گاو شیری موفق با ظرفیت تولیدی مناسب، تا حد زیادی وابسته به پرورش گوساله‌های دارای استعداد ژنتیکی مطلوب برای جایگزینی به عنوان تلیسه در واحدهای صنعتی پرورش گاو شیری می‌باشد. در طی سالیان گذشته، توجه ویژه‌ای به پرورش گوساله شده است و نکاتی از جمله ترکیب خوراک آغازین گوساله‌های شیرخوار مورد توجه متخصصین و پرورش دهندگان قرار گرفته است. ترکیب خوراک آغازین و تأثیر آن بر رشد بهینه، سلامت و پرورش گوساله‌های شیرخوار همواره مورد توجه متخصصین تغذیه دام بوده است (Soberon et al., 2012). از

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استاد، استادیار و دانشجو دکتر، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
(Email: naserian@um.ac.ir)
(*)- نویسنده مسئول:

گردید. تعداد ۴۰ راس گوساله هلشتاین (۲۰ نر و ۲۰ ماده) با میانگین وزن $4/3 \pm 42/4$ کیلوگرم، بعد از تولد از مادر جدا شده و پس از وزن‌کشی به جایگاه‌های انفرادی منتقل شدند. کف جایگاه‌ها جهت آسایش و سلامت گوساله‌ها با کاه پوشانده شد و به‌صورت روزانه بستر گوساله جمع‌آوری و تمیز گردید و مجدداً با کاه شارژ شد. ضدعفونی بندناف با تتنورید در بدو تولد و سپس فاصله‌های زمانی شش ساعت در دو روز اول زندگی گوساله صورت گرفت. گوساله‌ها به‌مدت دو روز متوالی ۱۰ درصد وزن بدن در دو نوبت آغوز با بریکس بیش از ۲۸ درصد مصرف کردند و بریکس آغوز با یک رفراکتومتر دستی (رفراکتومتر چشمی ATC مدل ۰۰۳۲) تعیین کیفیت گردید و از ابتدای روز سوم شیر کامل، جایگزین آغوز گردید و در روز ۵۶ گوساله‌ها قطع شیر شدند.

در روز سوم، گوساله‌ها به‌صورت کاملاً تصادفی به یکی از دو تیمار آزمایشی اختصاص داده شدند. تیمارهای مورد آزمایش شامل: ۱) خوراک آغازین با سطح نشاسته پایین (۳۰ درصد) و ۲) خوراک آغازین با سطح نشاسته بالا (۴۰ درصد) بود. خوراک‌ها با پنج درصد یونجه خشک (به‌ازای هر کیلوگرم خوراک) مخلوط شد. اجزای تشکیل‌دهنده خوراک آغازین و ترکیبات شیمیایی آن در جدول ۱ ارائه شده است. برای تعیین ترکیب و کیفیت شیر در طول دوره آزمایش، به‌صورت ماهانه نمونه شیر گرفته شد و نمونه‌ها برای ارزیابی میزان پروتئین، چربی، لاکتوز و مواد جامد موجود در آن به آزمایشگاه البرز تهران ارسال گردید.

خوراک آغازین مورد استفاده به‌شکل روزانه توزین و در اختیار گوساله‌ها به‌صورت انفرادی قرار می‌گرفت و باقی‌مانده خوراک مصرفی نیز به‌صورت روزانه توزین شده تا برای محاسبه میزان خوراک مصرفی و راندمان مصرف خوراک مورد استفاده قرار گیرد. در انتهای هر هفته از خوراک و باقی‌مانده آن نمونه‌برداری شد و تا زمان انجام تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی و تعیین مواد مغذی موجود در آن، در دمای ۲۰- درجه سلسیوس ذخیره گردید. نمره‌دهی مدفوع به‌صورت روزانه و بعد از وعده شیر صبح، براساس سیستم ۵ امتیازی مورد ارزیابی و نمره‌دهی قرار گرفت. براساس این روش مدفوع سفت و با قوام نمره ۱، مدفوع سفت و بی‌قوام نمره ۲، مدفوع نرمال نمره ۳، مدفوع آبکی نمره ۴ و مدفوع آبکی همراه با خون نمره ۵ امتیازدهی گردید. گوساله‌هایی که از لحاظ نمرات سلامت امتیاز پایینی را کسب کردند، دمای بدن با یک دماسنج جیوه‌ای کوچک از طریق رکتوم گرفته و ثبت گردید.

روده فراهم شود (Guilloteau et al., 2009a). برای این انتقال باید تغییرات فیزیولوژیکی و آناتومیک در پیش معده اتفاق بیفتد. این تغییرات و رشد شکمبه در هنگام قبل از از شیرگیری، تابع خوراک مصرفی و ترکیب آن است (Baldwin et al., 2004).

برای توسعه رشد شکمبه، توصیه می‌گردد تا خوراک آغازین با قابلیت تخمیرپذیری بالا مصرف گردد. دانه‌های غلات به‌عنوان منبع اصلی انرژی در جیره نشخوارکنندگان محسوب می‌شوند. باید توجه داشت که گوساله شیرخوار تمامی انرژی خود را از طریق هضم و جذب گلوکز به‌دست می‌آورد و سیستم عملکرد گوارشی آن همانند تک‌معدده‌ای‌هاست. لذا، استفاده از مواد غذایی حاوی ترکیبات گلوکز برای تأمین انرژی مورد نیاز رشد و عملکرد گوساله‌های شیرخوار ضروری است. نشاسته یک منبع غنی از گلوکز است که علاوه‌بر تأمین انرژی مورد نیاز گوساله‌های شیرخوار به‌دلیل روند تجزیه‌پذیری و هضم آهسته آن نسبت به سایر قندها می‌تواند بهترین انتخاب برای تغذیه گوساله‌ها باشد (Lesmeister and Heinrichs, 2004; Dennis et al., 2018). مطالعات مختلفی نشان داده است که هرچه‌قدر رشد در دوران شیرخوارگی بیشتر باشد، سلامت و رشد گوساله‌ها در دوران پس از شیرگیری بهبود خواهد یافت (Abramson et al., 2005). لذا، تلاش متخصصین تغذیه دام بر این است که منابع مورد نیاز رشد (گلوکز) با حداکثر مقدار و کیفیت در اختیار دام قرار گیرد. استفاده از دانه‌های غلات یا جیره‌های سرشار از کربوهیدرات، تکثیر میکروب‌های شکمبه و تولید اسیدهای چرب فرار را تحریک و منجر به رشد بیش‌تر اپیتلیوم شکمبه می‌شود. دانه ذرت یکی از منابع عمده تأمین انرژی در جیره‌ی نشخوارکنندگان می‌باشد و به‌عنوان یک منبع عالی انرژی قابل هضم به‌شمار می‌آید؛ نشاسته موجود در ذرت نسبت به دیگر دانه‌ها، در شکمبه به‌آرامی هضم می‌شود. نشاسته موجود در غلات، فراوان‌ترین منبع انرژی برای اکثر حیوانات اهلی است. به‌طور تقریبی ۷۵ درصد از انرژی‌زایی دانه ذرت از نشاسته آن است (NRC, 2001). نشاسته موجود در غلات به‌عنوان منبع مهمی از انرژی برای رشد میکروب‌ها نیز مفید است؛ بنابراین تأثیر زیادی بر ارزش پروتئین خوراک دارد.

در این آزمایش، استفاده از خوراک آغازین با دو سطح متفاوت نشاسته مورد بررسی قرار گرفته است و این پرسش بیان می‌شود که سطوح متفاوت نشاسته می‌تواند چه تأثیری بر شاخص‌های مصرف خوراک، افزایش وزن نهایی، میانگین افزایش وزن روزانه، شاخص‌های رشد اسکلتی، شاخص سلامت شامل امتیاز مدفوع و شاخص‌های خونی مرتبط مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در گاوداری مزرعه نمونه آستان قدس رضوی در شهرستان مشهد از ۱۶ فروردین ماه تا ۳۱ مرداد ماه سال ۱۴۰۱ انجام

جدول ۱- مواد خوراکی و ترکیب مواد مغذی جیره آغازین گوساله‌های شیرخوار هلشتاین
Table1- Feed ingredients and chemical composition of dairy calves starter

اقلام خوراکی Ingredients (% DM)	خوراک با نشاسته بالا (۴۰ درصد ماده خشک) Feed with 40% starch	خوراک با نشاسته پایین (۳۰ درصد ماده خشک) Feed with 30% starch
ذرت آسیاب شده Ground corn	52.6	36.8
کنجاله سویا Soybean meal	19.6	19.6
کلزا Canola meal	6.3	3.7
گلوتن ذرت Corn gluten	4.2	4.2
تفاله چغندر قند Beet pulp	4.7	14.3
سیوس گندم Wheat bran	10.2	19
کربنات کلسیم Calcium carbonate	0.8	0.8
نمک Salt	0.5	0.5
مکمل ^۱ Premix	1.1	1.1
ترکیب شیمیایی Chemical composition		
پروتئین خام Crude protein (%)	20.3	20.22
ماده خشک Dry matter (%)	92.8	91.3
کربوهیدرات‌های غیر فیبری Non- fibrous carbohydrates (NFC)	54.3	49.1
نشاسته Starch	38.21	29.2
چربی Ether extracts (EE) (%)	3.48	3.17
فسفر Phosphorus (%)	0.58	0.61
کلسیم Calcium (%)	0.68	0.75
خاکستر Ash (%)	5.4	5.9
ماده آلی Organic matter (%)	94.6	94.1
انرژی قابل متابولیسم Metabolism Energy (Mcal/kg)	2.8	2.56
فیبر نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber (%)	18.4	23.9
فیبر نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber (%)	9.5	11.9

^۱براساس ماده خشک هر کیلوگرم حاوی ۱۵۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۲۵۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D₃، ۱۵۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین E، ۰/۵ گرم مس آلی، ۰/۰۰۸ گرم سلنیوم آلی، ۱/۵ گرم منگنز آلی، ۲ گرم روی آلی، ۳ گرم مونسین، ۰/۲ گرم بیوتین.

براساس ماده خشک هر کیلوگرم حاوی ۰/۱ گرم کبالت، ۴/۵ گرم مس، ۱۳/۵ گرم منگنز، ۱۸ گرم روی و ۰/۲ گرم ید، ۰/۰۷۲ گرم سلنیوم، ۵۵ گرم منیزیوم، ۲۴۵ گرم کلسیم

Based on dry matter, it contains 150 international units of vitamin A, 250,000 international units of vitamin D₃, 15,000 international units of vitamin E, 0.5 grams of organic copper, 0.008 grams of organic selenium, 1.5 grams of organic manganese, 2 grams of zinc, 3 Gram of moncin, 0.2 gram of biotin.

Each kilogram of dry matter contains 0.1 grams of cobalt, 4.5 grams of copper, 13.5 grams of manganese, 18 grams of zinc and 0.2 grams of iodine, 0.072 grams of selenium, 55 grams of magnesium, 245 grams of calcium.

تغییر می‌دهند، گوساله‌هایی که از ذرت به‌عنوان منبع نشاسته در جیره آن‌ها استفاده شده، مصرف خوراک بیشتری را نسبت به سایر تیمارها داشته‌اند ($P < 0.05$). مصرف کمتر خوراک آغازین در دوره پیش و پس از از شیرگیری در گوساله‌هایی که از منابع دیگر نشاسته، شامل گندم، جو و جودوسر استفاده کردند؛ شاید به دلیل کاهش pH شکمبه می‌باشد. عدم تأثیر تیمارهای آزمایشی بر مصرف ماده خشک و خوراک آغازین، ممکن است مربوط به استفاده از مقدار یکسان کاه برای هر دو تیمار باشد.

داده‌های افزایش وزن روزانه، بازده خوراک و نمره مدفوع در کل دوره آزمایش در جدول ۳ گزارش شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود، هیچ یک از موارد ذکر شده تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند؛ نتایج حاصل از مطالعه سلطانی و همکاران (Soltani et al., 2020) که از فرآیند پخت با حرارت بالا در جیره‌های حاوی نشاسته استفاده کرده بود؛ یافته‌های فوق را تأیید می‌کند. داده‌های افزایش وزن روزانه در کل دوره آزمایش در مطالعه ژانگ و همکاران (Zhang et al., 2010) که از فرایند حرارتی ترکیب‌شده (ذرت با بخار ورقه شده و اکستروژن شده) استفاده کرده بود؛ تفاوت معنی‌داری گزارش نشده است. طبق مطالعات ژانگ و همکاران (Zhang et al., 2010) در گوساله‌هایی که ذرت با بخار ورقه شده مصرف کردند، در مقایسه با تیمارهای اکستروژن و آسیاب شده، بهبود بازده خوراک در کل دوره آزمایش گزارش شده، زیرا به‌طور نسبی مصرف خوراک کمتر بوده و افزایش وزن بدن مشابه است، که نتیجه‌ای غیر منطبق با آزمایش حاضر بود.

در مطالعه کرتز و چستر جونز (Kertz and Chester-Jones, 2004)،

مدفوع گوساله‌های شیرخوار توسط یک سیستم پنج امتیازی نمره‌دهی شد و هیچ تفاوت معنی‌داری در بین تیمارهای آزمایشی همانند مطالعه حاضر، گزارش نگردید. همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، سطوح متفاوت نشاسته خوراک‌های آغازین از لحاظ آماری هیچ‌گونه تغییر معنی‌داری را در شاخص‌های رشد اسکلتی شامل طول بدن، ارتفاع جدوگاه، ارتفاع هیپ، عرض هیپ، دور قفسه سینه و دور شکم در دوره پیش و پس از از شیرگیری از خود نشان نداد. در مطالعه سلطانی و همکاران (Soltani et al., 2020) بر روی زمان پخت با حرارت بالا انجام گرفت، مشاهده شد که زمان پخت اثر معنی‌داری بر شاخص‌های رشد اسکلتی نداشته است.

در روزهای صفر، ۱۴، ۲۸، ۴۲، ۵۶ و ۷۰ وزن بدن قبل از خوراک‌دهی صبح با یک باسکول دیجیتال ثبت گردید. شاخص‌های رشد اسکلتی شامل طول بدن، ارتفاع جدوگاه، ارتفاع هیپ، عرض هیپ، دور قفسه سینه و دور شکم (فاصله بین انتهای دنده‌ها و استخوان هیپ) به‌وسیله یک متر مخصوص، در روزهای ۳، ۵۶ و ۷۰ اندازه‌گیری شد.

نمونه خون در روز ۵۶ (قطع شیر) و ۷۰ با هلدر ونوجکت، سه ساعت پس از خوراک‌دهی صبح گرفته شد و پس از سانتریفیوژ با دور ۳۵۰۰ RPM به مدت ۱۰ دقیقه، سرم آن جدا و تا زمان اندازه‌گیری متابولیت‌های خون شامل گلوکز، کلسترول، تری‌گلیسرید، اوره، پروتئین کل، آلبومین، آلانین ترانس آمیناز و آسپارات آمینوترانسفراز در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. متابولیت‌های بیوشیمیایی خونی با استفاده از کیت‌های تجاری پارس آزمون و دستگاه اتوآنالایزر (Vital Scientific N.V., Netherlands) اندازه‌گیری شدند.

تجزیه و تحلیل داده‌های آماری در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SAS ورژن ۹/۴ با رویه داده‌های تکرار شونده آنالیز شد و میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون توکی - کرامر در سطح آماری ۹۵ درصد مقایسه گردید.

$$Y_{ij} = \mu + X_i + G_j + e_{ij} \quad (1)$$

که در آن، Y_{ij} : متغیر وابسته، μ : میانگین، X_i : اثر تیمار ($i=1, 2$)، G_j : اثر بلاک (جنس) ($j=1, 2$) و e_{ij} : اثر خطای باقی‌مانده می‌باشد.

نتایج و بحث

براساس داده‌های جدول ۲ مصرف ماده خشک با سطوح متفاوت نشاسته در پیش و پس از از شیرگیری تغییر معنی‌داری نکردند؛ هنریچ و لمیستر (Lesmeister and Heinrichs, 2004) بیان داشتند که تیمارهای بر پایه ذرت حرارت داده شده (تفت داده و فلیک‌شده) در مقایسه با فرآوری معمولی (آسیاب کردن یا غلطک زدن) باعث تغییر در مصرف ماده خشک در دوره پیش از از شیرگیری نمی‌شود که این نتایج همسو با آزمایش حاضر می‌باشد. براساس مطالعه سلطانی و همکاران (Soltani et al., 2020) افزایش زمان پخت با حرارت بالا^۱ در طی فرایند پلت کردن در دوره قبل و بعد از شیرگیری باعث تغییر در مصرف ماده خشک نمی‌شود. در مطالعه بالا افزایش زمان پخت با حرارت بالا سبب افزایش ژلاتینه شدن نشاسته شده است، ولی تأثیری بر مصرف ماده خشک نداشته است. در مطالعه انجام شده توسط خان و همکاران (Khan et al., 2007)، استفاده از منابع مختلف نشاسته در جیره‌های شامل ذرت، گندم، جو و جو دوسر، مصرف ماده خشک را

جدول ۲- میزان مصرف ماده خشک (گرم در روز) در گوساله‌های هلشتاین تغذیه شده با مقادیر متفاوت نشاسته

Table 2- Dry matter intake (g/day) in Holstein dairy calve feed with different level of starch

مصرف ماده خشک Dry Matter Intake (DMI)	نشاسته کم Low starch	نشاسته زیاد High starch	خطای استاندارد میانگین SEM	مقدار احتمال P Value			
				نشاسته Starch	جنسیت Gender	زمان Period	نشاسته × زمان Starch × Period
قبل از شیرگیری Before weaning							
روز صفر تا ۱۴ Initial day to 14	28.17	31.1					
روز ۱۴ تا ۲۸ 14 to 28 days	210.06	230.55					
روز ۲۸ تا ۴۲ 28 to 42 days	447.42	462.19	54.38	0.81	0.065	<0.01	0.96
روز ۴۲ تا ۵۶ 42 to 56 days	788.65	843.56					
بعد از شیرگیری After weaning							
روز ۵۶ تا ۷۰ 56 to 70 days	1751.27	1808.77					

جدول ۳- میزان افزایش وزن روزانه (گرم در روز)، بازده خوراک و امتیاز مدفوع گوساله هلشتاین تغذیه شده با مقادیر متفاوت نشاسته

Table 3- Average daily gain, Feed efficiency and Fecal score in Holstein dairy calves feed with different level of starch

عملکرد Performance	تیمارهای آزمایشی Experimental treatments		خطای استاندارد میانگین SEM	P value	
	نشاسته کم Low starch	نشاسته زیاد High starch		نشاسته Starch	جنسیت Gender
افزایش وزن روزانه (گرم/روز) Average daily gain (g/day)	608.58	612.14	19.2	0.89	0.54
بازده خوراک Feed efficiency	1.07	1.09	0.044	0.73	0.16
اسکور مدفوع ^۱ Fecal score ¹	2.21	2.38	0.18	0.62	0.8

^۱ اسکور (۱) = نرمال، اسکور (۲) = ضعیف، اسکور (۳) = آبکی و اسکور (۴) = کاملاً آبکی و ضعیف

¹ On a scale of 1 (normal), 2 (soft), 3 (runny), and 4 (watery)

هیپ و دور قفسه سینه ندارد، ولی عرض هیپ در ابتدا و انتهای دوره معنی‌دار شده است ($p < 0.01$). تغییر دمای دستگاه پخت با حرارت بالا از ۷۵ به ۹۵ درجه سانتی‌گراد، بر دو فاکتور ارتفاع جدوگاه و ارتفاع هیپ تأثیر داشته است. دماهای مختلف مورد استفاده در فرآیند پخت با حرارت بالا، بر جذب مواد مغذی در استخوان یا رسوب چربی در بافت‌ها تأثیرگذار می‌باشد که می‌تواند به علت تفاوت در دسترسی مواد مغذی می‌باشد.

ملک‌خواهی و همکاران (Malekkehahi et al., 2021) با افزایش دمای دستگاه پخت با حرارت بالا تا ۷۵ درجه سانتی‌گراد، هیچگونه تأثیر معنی‌داری در شاخص‌های رشد اسکلتی مشاهده نکردند، درحالی‌که با افزایش دمای دستگاه پخت با حرارت بالا از ۷۵ به ۹۵ درجه سانتی‌گراد و افزایش میزان نرخ ژلاتیناسیون نشاسته در دانه ذرت شاخص ارتفاع جدوگاه از نظر آماری معنی‌دار شد ($p < 0.01$) که نتایجی خلاف آزمایش حاضر است که می‌تواند به دلیل اختلاف زیاد در درجه حرارت مورد استفاده برای فرآیند پخت با حرارت بالا باشد. براساس مطالعه هنریچ و لمیستر (Lesmeister and Heinrichs, 2004)، مشاهده شد که فرآوری فیزیکی دانه ذرت تأثیر معنی‌داری بر شاخص‌های ارتفاع هیپ، ارتفاع جدوگاه، عرض

جدول ۴- اثر تیمارهای آزمایش بر فراسنجه‌های رشد اسکلتی (سانتی‌متر)

Table 4- Effect of experimental treatment on structural growth parameters (cm)

فرآسنجه‌های رشد اسکلتی (سانتی‌متر)	نشاسته کم	نشاسته زیاد	خطای استاندارد میانگین SEM	مقدار احتمال P-value			
				نشاسته	جنس	زمان	نشاسته × زمان
Structural growth parameters (cm)	Low starch	High starch		Starch	Sex	Period	Starch × period
طول بدن							
Body length							
3	69.3	68.45					
56	82.45	82.3	0.81	0.84	0.38	<0.01	0.14
70	84.4	87.95					
ارتفاع هیپ							
Hip height							
3	81.9	81.45					
56	94.3	94.95	0.55	0.84	0.4	<0.01	0.27
70	97.45	97.65					
عرض هیپ							
Hip width							
3	9.7	9.95					
56	12.15	12.2	0.22	0.58	0.58	<0.01	0.85
70	13.95	13.1					
ارتفاع جدوگاه							
Wither height							
3	78.9	79					
56	90.25	90.9	0.62	0.69	0.22	<0.01	0.72
70	93.9	94.05					
دور شکم							
Body girth							
3	80.7	81.65					
56	100.7	101.7	0.92	0.2	0.75	<0.01	0.67
70	105.25	107.3					
دور قفسه سینه							
Heart girth							
3	81.2	81.2					
56	105.3	107	1.12	0.41	0.41	<0.01	0.53
70	113.1	114.55					

معنی‌داری نکرده‌است. در مطالعه پاتانائیک و همکاران (Pattanaik *et al.*, 1998)، استفاده از نشاسته ژلاتیه شده و خام تأثیر معنی‌داری بر متابولیت‌های خونی کلسترول، اوره، آلانین ترانس آمیناز و آسپارات آمینوترانسفراز نداشته است. در مطالعه خان و همکاران (Khan *et al.*, 2007) در خصوص استفاده از منابع مختلف نشاسته در خوراک آغازین گوساله‌های شیرخوار، فاکتورهای گلوکز و تری‌گلیسرید از نظر آماری در واحد تیمار در زمان معنی‌دار نشده است که نتیجه‌ای منطبق با آزمایش ما می‌دهد.

تجزیه و تحلیل شاخص‌های خونی در جدول ۵ بیان شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در هیچ یک از شاخص‌های گلوکز، تری‌گلیسرید، کلسترول، پروتئین کل، اوره، آلانین ترانس آمیناز و آسپارات آمینوترانسفراز تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی مشاهده نگردید. در مطالعه سلطانی و همکاران (Soltani *et al.*, 2020) بر روی استفاده از زمان‌های متفاوت در خوراک آغازین با فرآوری سوپریخت فاکتور خونی گلوکز تغییر معنی‌داری پیدا نکرد. در مطالعه انجام شده توسط خان و همکاران (Khan *et al.*, 2007)، سطح پروتئین کل در خوراک‌های آغازین با منابع مختلف غلات تغییر

جدول ۵- فراسنج‌های خونی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین تغذیه شده با مقادیر متفاوت نشاسته در خوراک آغازین
Table 5- Blood metabolites in Holstein dairy calves feed starter with different level of starch

فراسنجه‌های سرم Serum metabolites	تیمار Treatment		خطای استاندارد میانگین SEM	مقدار احتمال P value			
	نشاسته پایین	نشاسته بالا		نشاسته Starch	جنس Sex	زمان Period	نشاسته×زمان Starch×period
	Low starch	High starch					
گلوکز Glucose (mg/dl)							
56	84.19	90.13	4.78	0.65	0.76	<0.01	0.4
70	66.06	65.35					
تری گلیسیرید Triglyceride (mg/dl)							
56	43.44	46.73	4.08	0.63	0.79	<0.01	0.76
70	21	21.63					
کلسترول Cholesterol (mg/dl)							
56	137.19	132.6	5.87	0.18	0.93	<0.01	0.27
70	104.5	89.59					
پروتئین کل Total protein (mg/dl)							
56	6.61	6.63	0.12	0.63	0.15	0.47	0.57
70	6.78	6.65					
آلانین ترانس آمیناز ALT (mg/dl)							
56	17.81	17.31	1.01	0.67	0.24	0.03	0.96
70	19.56	18.99					
آسپاراتات آمینوترانسفراز AST (mg/dl)							
56	53.62	55.54	5.11	0.68	0.48	0.01	0.85
70	63.75	67.13					
اوره Urea (mg/dl)							
56	19.69	21.77	1.66	0.51	0.27	<0.01	0.58
70	26.31	26.93					

نتیجه‌گیری کلی

از شیرگیری مشاهده نگردید. جایگزینی تفاله چغندر با پودر ذرت تأثیر معناداری بر عملکرد گوساله‌ها نداشته که به لحاظ اقتصادی هم می‌تواند بررسی شود. انتظار می‌رود در مطالعات آینده، میزان هضم و گوارش‌پذیری نشاسته با سطوح مختلف در خوراک آغازین و همچنین درجه حرارت‌های متفاوت، ماهیت نشاسته مورد تحقیق و بررسی قرار گیرد.

افزایش میزان نشاسته خوراک آغازین مورد استفاده گوساله‌های شیرخوار در مطالعه حاضر باعث بهبود شاخص‌های عملکرد و رشد شده است، اما نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد، هیچ تفاوت معنی‌داری بین سطح ۳۰ یا ۴۰ درصد نشاسته خوراک آغازین در شاخص‌های رشد، عملکرد و سلامت گوساله پیش و پس از

References

1. Abramson, S. M., Bruckental, I., Lipshitz, L., Moalem, U., Zamwel, S., & Arieli, A. (2005). Starch digestion site: Influence of ruminal and abomasal starch infusion on starch digestion and utilization in dairy cows. *Journal of Animal Science*, 80, 201-207. <https://doi.org/10.1079/ASC41640201>
2. Baldwin, R., Mcleod, K. R., Klotz, J. L., & Heitman, R. N. (2004). Rumen development, intestinal growth and hepatic metabolism in the pre-and postweaning ruminant. *Journal of Dairy Science*, 87, E55-E65. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)70061-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)70061-2)
3. Dennis, T. S., Suarez-Mena, F. X., Hill, T. M., Quigley, J. D., Schlotterbeck, R. L., & Lascano, G. J. (2018). Effect of replacing corn with beet pulp in a high concentrate diet fed to weaned Holstein calves on diet

- digestibility and growth. *Journal of dairy science*, 101, 408–412. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13292>
4. Guilloteau, P., Zabielski, R., & Blum, J. W. (2009a). Gastrointestinal tract and digestion in the young ruminant: Ontogenesis, adaptations, consequences and manipulations. *Physiology and Pharmacology Journal*, 60, 37–46 .
5. Kertz, A. F., & Chester-Jones, H., (2004). Invited review: guidelines for measuring and reporting calf and heifer experimental data. *Journal of Dairy Science*, 87, 3577–3580. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73495-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73495-5)
6. 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, 5259–5268. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0338>
7. Lesmeister, K. E., & Heinrichs, A. J.(2004). Effects of corn processing on growth characteristics, rumen development, and rumen parameters in neonatal dairy calves. *Journal of Dairy science*, 87, 3439–3450. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73479-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73479-7)
8. Malekkhahi, M., Vyas, D., Bazgir, A., Bagheri, F., Norozi Ebdalabadi, M., & Razzaghi, A. (2021). Increased super-conditioning temperature of corn grain affects performance, skeletal growth, and blood metabolites in Holstein dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 104, 12486-12495. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20858>
9. National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. Ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
10. Pattanaik, A. K., Sastry, V. R. B., & Katiyar, R. C. (1998). Effect of different degradable protein and starch sources metabolites and Rumen biochemical profile of early weaned crossbred calves. (1998). *Asian-Aus Journal of Animal Science*, 12, 728-734.
11. Soberon, F., Raffrenato, E., Everett, R. W., & Van Amburgh, M. E. (2012). Prewaning milk replacer intake and effects on long-term productivity of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 95, 783-793. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4391>
12. Soltani, E., Naserian, A. A., Khan, M. A., Ghaffari, M., & Malekkhahi, M. (2020). Effects of conditioner retention time during pelleting of starter feed on nutrient digestibility, ruminal fermentation, blood metabolites, and performance of Holstein female dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 103, 8910-8921. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18345>
13. Walker, D. M., & Walker, G. J.(1961). The development of the digestive system of the young animal. V. The development of rumen function in the young lamb. *Agriculture Science Journal*, 57, 271–278. <https://doi.org/10.1017/S0021859600047766>
14. Zhang, Y. Q., He, D. C., & Meng, Q. X. (2010). Effect of a mixture of steam-flaked corn and soybeans on health, growth, and selected blood metabolism of Holstein calves. *Journal of Dairy Science*, 93, 2271–2279. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2522>



Effect Different Levels of Oak Fruit Processed with Sodium Hydroxide and Urea on Ruminal Fermentation, Morphology, Ruminal Degradability and Microbial Protein Synthesis in Crossed Zell and Atabai Fattening Male Lambs

Mohammad Norozi¹, Yadollah Chshnidel^{1,2*}, Mostafa Yousefelahi³, Asadolah Teymouri Yanesari⁴

1- Ph.D. Student in Animal Nutrition, Faculty of Animal Sciences and Fisheries, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.

2 and 4- Associate Professor and Professor of Department of Animal Sciences, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.

3- Associate Professor of Department of Animal Sciences, Zabol University, Iran.

*Corresponding Author's Email: yhashnidel2002@yahoo.com

How to cite this article:

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

Norozi, M., Chshnidel, Y., Yousefelahi, M., & Teymouri Yanesari, A. (2023). Effect different levels of oak fruit processed with sodium hydroxide and urea on ruminal fermentation, morphology, ruminal degradability and microbial protein synthesis in Crossed Zell and Atabai fattening male lambs. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 16(1), 39-55. (In Persian with English Abstract).
<https://doi.org/10.22067/ijasr.2023.82697.1149>

Introduction: Nowadays, excessive exploitation of natural resources and excessive grazing of pastures has led to a sharp decrease in feed sources for ruminant animals. Considering the fact that today most of the feed materials needed by livestock are expensive, replacing them with cheaper feed materials, in a way that does not result in a decrease in livestock productivity is of great importance. Oak fruit is one of the cheap feed that can be used in animal feed. Livestock feeding with oak fruit is particularly important due to high production per unit area, non-competition with human nutrition and easy access. The Alborz Mountains in the northern part of the country are covered by oak forests, from Talash forests to Naharkhoran forests in Gorgan, according to the climatic conditions and altitude, there are several species of oak trees. Therefore, considering the abundance of oak fruit in the forests of the central part of Mazandaran province and also the lack of scientific studies on the effects of consumption of oak fruit processed with sodium hydroxide and urea on degradability indicators and microbial protein production, the present study is to investigate the effect different levels of oak fruit processed with sodium hydroxide and urea on ruminal fermentation, morphology, ruminal degradability and microbial protein synthesis in crossed Zell and Atabai fattening male lambs.

Material and Methods: In the first study, from the number of 20 fattening male lambs mixed with Zel and Atabai with an mean age of 5.5 ± 0.38 months and an initial weight of 27 ± 0.4 kg in a completely randomized design with 4 treatments and 5 repetitions for 90 The day was used. The experimental treatments included the control group (no oak fruit + polyethylene glycol) and treatments containing levels of 10, 20 and 40% in the dry matter of



©2023 The author(s). This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

<https://doi.org/10.22067/ijasr.2023.82697.1149>

oak fruit processed with sodium hydroxide and urea in the diet. In the second study, the number of 3 fistulaized Zell sheep with mean weight of about 40 kg and an average age of approximately 10 months were used to estimate the parameters of degradability. The oak fruit used in this study was randomly collected from oak trees of the Bolandmazo species (*Quercus castaneifolia* C. A. Mey) in different forest areas of Mazandaran province from late summer to early autumn. Data obtained were analyzed by statistical software SAS (version 1.9).

Results and Discussion: The results of rumen fermentation parameters showed that there was a significant difference between experimental treatments in ammonia nitrogen, total volatile fatty acids, bacterial population and protozoa of rumen fluid ($P<0.05$). The highest and lowest concentrations of ammonia nitrogen were observed in the control group and the 20% processed oak fruit treatment, respectively. In the concentration of total volatile fatty acids, the treatment of 20% of processed oak fruit had the highest concentration and the treatment of 40% of processed oak fruit had the lowest concentration. There was no significant difference between the experimental treatments in the results of the morphological characteristics of the rumen villi. Degradability parameters of dry matter and crude protein were determined under the influence of experimental treatments ($P<0.05$). In the parameters of degradability of dry matter and crude protein, rapidly degraded fraction, constant rate of degradation and effective degradability with different passage rate had significant differences between experimental treatments ($P<0.05$). In dry matter degradability parameters, the control group and the treatment group of 40% processed oak fruit had the highest and lowest value of rapidly degraded fraction and constant rate of degradation, respectively. The results of gas production parameters showed that there was a significant difference between experimental treatments in gas production potential, short chain acids, digestibility of organic matter and metabolizable energy ($P<0.05$). The results of excretion of purine derivatives and microbial protein production showed that there was a significant difference between the experimental treatments in the amounts of excreted allantoin, xanthine+hypoxanthine, excreted purine derivatives, absorbed purine derivatives and microbial protein ($P<0.05$).

Conclusion: The general results of the current research showed that an increase in the concentration of volatile fatty acids, degradability of dry matter and crude protein, as well as the production of microbial protein was observed with consumption of 40% processed oak fruit. Also, an increase in the population of ruminal fluid bacteria and protozoa was observed in the treatment of 20% processed oak fruit. In general, it is recommended to use the level of 40% of processed oak fruit in feeding fattening lambs.

Key words: Lamb fattening, Microbial protein, Degradability, Rumen parameters, Oak fruit processing



اثر سطوح مختلف میوه بلوط فرآوری شده با هیدروکسید سدیم و اوره بر فراسنجه‌های تخمیر، ریخت‌شناسی، تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای و ساخت پروتئین میکروبی در بره‌های نر پرواری آمیخته زل با آتابای

محمد نوروزی^۱، یداله چاشنی دل^{۲*}، مصطفی یوسف الهی^۳، اسداله تیموری یانسری^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۱۰

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۴/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۰۱

چکیده

به منظور بررسی اثر سطوح مختلف میوه بلوط فرآوری شده با هیدروکسید سدیم و اوره بر فراسنجه‌های تخمیر و ریخت‌شناسی شکمبه‌ای، تجزیه‌پذیری و ساخت پروتئین میکروبی در بره‌های نر پرواری آمیخته زل، از تعداد ۲۰ رأس بره نر پرواری آمیخته زل با آتابای با میانگین سن 5 ± 0.5 ماه و وزن اولیه 27 ± 2 کیلوگرم در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار و پنج تکرار به مدت ۹۰ روز استفاده شد. دام‌ها در هر تیمار بعد از گذراندن دوره عادت‌پذیری دو هفته‌ای، در قفس‌های انفرادی برای انجام تحقیق نگهداری شدند. تیمارهای آزمایشی شامل گروه شاهد (فاقد میوه بلوط + پلی‌اتیلن گلیکول) و تیمارهای حاوی سطوح ۱۰، ۲۰ و ۴۰ درصد در ماده خشک میوه بلوط فرآوری شده با هیدروکسید سدیم و اوره بودند. مایع شکمبه بره‌های آزمایشی در روز ۹۰ آزمایش سه ساعت پس از خوراک‌دهی نوبت صبح با استفاده از لوله مری به منظور تعیین فراسنجه‌های تخمیر شکمبه‌ای، جمعیت کل باکتری‌ها و پروتئین‌های مایع شکمبه گرفته شد. به منظور تخمین فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری از تعداد سه رأس گوسفند نژاد زل فیستولاگذاری شده با میانگین وزن حدود 42 ± 2 کیلوگرم و با میانگین سنی تقریباً ۱۰ ماه استفاده شد. نتایج فراسنجه‌های تخمیر شکمبه‌ای نشان داد که در نیتروژن آمونیاکی، کل اسیدهای چرب فرار، جمعیت باکتری‌ها و پروتئین‌های مایع شکمبه تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی وجود داشت ($P < 0.05$). بالاترین و پایین‌ترین غلظت نیتروژن آمونیاکی به ترتیب در گروه شاهد و تیمار ۲۰ درصد میوه بلوط فرآوری شده مشاهده شد. در غلظت کل اسیدهای چرب فرار، تیمار ۲۰ درصد میوه بلوط فرآوری شده دارای بالاترین غلظت و تیمار ۴۰ درصد میوه بلوط فرآوری شده دارای پایین‌ترین غلظت بود. در نتایج خصوصیات ریخت‌شناسی پرزهای شکمبه تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی وجود نداشت. فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین خام تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت ($P < 0.05$). در فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین خام، بخش سریع تجزیه، ثابت نرخ تجزیه و تجزیه‌پذیری مؤثر با سرعت‌های عبور مختلف دارای تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی بودند ($P < 0.05$). در فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک، گروه شاهد و تیمار ۴۰ درصد میوه بلوط فرآوری شده به ترتیب دارای بالاترین و پایین‌ترین مقدار بخش سریع تجزیه و ثابت نرخ تجزیه‌پذیری بودند. نتایج فراسنجه‌های تولید گاز نشان داد که در پتانسل تولید گاز، اسیدهای چرب کوتاه زنجیر، قابلیت هضم مواد آلی و انرژی قابل متابولیسم تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی وجود داشت ($P < 0.05$). نتایج دفع مشتقات پورینی و تولید پروتئین میکروبی نشان داد که در مقادیر آلانتوئین دفعی، گزانتین + هیپوگزانتین، مشتقات پورینی دفع شده، مشتقات پورینی جذب شده و پروتئین میکروبی تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی وجود داشت ($P < 0.05$). نتایج کلی تحقیق حاضر نشان داد که بهبود فراسنجه‌های تخمیر شکمبه‌ای، تجزیه‌پذیری و ساخت پروتئین میکروبی با مصرف ۴۰ درصد میوه بلوط فرآوری شده مشاهده شد و استفاده از سطح ۴۰ درصد میوه بلوط فرآوری شده در تغذیه بره‌های پرواری قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: بره پرواری، پروتئین میکروبی، تجزیه‌پذیری، فراسنجه‌های شکمبه‌ای، فرآوری میوه بلوط

مقدمه

امروزه بهره‌برداری بی‌رویه از منابع طبیعی و چرای مفرط مراتع، منجر به کاهش شدید منابع خوراکی برای دام‌های نشخوارکننده شده است. با در نظر گرفتن این واقعیت که امروزه هزینه مواد خوراکی مورد نیاز دام‌ها گران قیمت می‌باشند، جایگزینی آن‌ها با مواد خوراکی ارزان‌تر و غیر مرسوم، به نحوی که کاهش بازده دام‌ها را در پی نداشته باشد، از اهمیت بالایی برخوردار است (Harsini et al., 2013). یکی از مواد غذایی ارزان قیمت که امکان استفاده در تغذیه دام را دارد، میوه بلوط می‌باشد. تغذیه دام با میوه بلوط، به دلیل تولید زیاد در واحد سطح، عدم رقابت با تغذیه انسان و دسترسی آسان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Harsini et al., 2013). بخش‌هایی از کوه‌های البرز در بخش شمال کشور، به وسیله درختان بلوط پوشیده شده که از جنگل‌های تالش تا جنگل‌های نه‌ارخوران گرگان با توجه به شرایط اقلیمی و ارتفاع از سطح دریا، رویشگاه چندین گونه از درختان بلوط است. درخت بلوط متعلق به خانواده فاگاسه و جنس کوئرکوس می‌باشد. نام عمومی گونه بلوط، Oak بوده و نام علمی گونه بلوط ایرانی واقع در جنگل‌های مازندران *Quercus Castanifolia* می‌باشد (Amiri et al., 2008). تجزیه تقریبی میوه بلوط نشان می‌دهد که، ترکیب شیمیایی بلوط مشابه غلات است. میوه بلوط به علت داشتن مقادیر بالایی کربوهیدرات که به طور عمده نشاسته (۸۰ تا ۹۰ درصد مواد قندی) می‌باشد، دارای انرژی بالایی است (Bouderoua et al., 2009). لذا، نتایج برخی مطالعات نشان داد که می‌توان از میوه بلوط به عنوان منبع انرژی در تغذیه دام‌های پروراری استفاده کرد (Mekki et al., 2019; Mekki et al., 2022). میوه بلوط حاوی مقادیر قابل توجهی از ترکیبات فنولی و تانن می‌باشد که این ترکیبات از ترکیبات ضد تغذیه‌ای گیاهان برای حیوانات هستند (Bouderoua et al., 2009). میوه بلوط حاوی ۹۱ درصد ماده خشک، ۴/۷۵ درصد پروتئین خام و پنج درصد چربی خام می‌باشد، همچنین، دانه بلوط حاوی ۸/۸ درصد تانن بوده که ۵۷ درصد آن تانن قابل هیدرولیز است. تانن‌های قابل هیدرولیز مشتقاتی از اسید گالیک (۳، ۴ و ۵ تری‌هیدروکسی اسید بنزوئیک) می‌باشند (Bouderoua et

al., 2009). پژوهشگران نشان دادند که میوه بلوط به روش‌های مختلف در تغذیه دام‌ها می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد (Yousef Elahi and Rouzbehan, 2008). مطالعات نشان داد که فرآوری میوه بلوط به روش‌های مختلف شیمیایی مانند پلی اتیلن گلیکول (Fagundes et al., 2014) و هیدروکسید سدیم و اوره (Makkar and Singh, 1993) می‌تواند در کاهش سطح تانن کل مؤثر باشد. نتایج تحقیقات علمی مختلف نشان داد که مصرف میوه بلوط فرآوری شده سبب افزایش جمعیت پروتوزوا (Yanez-Ruiz et al., 2004) و افزایش غلظت اسیدهای چرب فرار مایع شکمبه (Hoseinpour Mohammadabadi and Chaji, 2019) در دام‌های نشخوارکننده شد. همچنین مطالعات نشان دادند که فرآوری خوراک‌های حاوی تانن با هیدروکسید سدیم و اوره سبب بهبود فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه (Mahdavi et al., 2008) و ساخت پروتئین میکروبی (Yarahmadi et al., 2017) شد. بنابراین، با توجه به وفور میوه بلوط در جنگل‌های بخش مرکزی استان مازندران و نیز کم بودن مطالعات علمی درباره اثر مصرف میوه بلوط فرآوری شده با هیدروکسید سدیم و اوره در بره‌ها، پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر سطوح مختلف میوه بلوط فرآوری شده با هیدروکسید سدیم و اوره بر فراسنجه‌های تخمیر، ریخت‌شناسی شکمبه‌ای، تجزیه‌پذیری و ساخت پروتئین میکروبی در بره‌های نر پروراری آمیخته زل و آتابای انجام شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در پاییز ۱۴۰۰ در یک واحد خصوصی پروراندی بره واقع در استان مازندران، شهرستان ساری انجام شد. در مرحله اول آزمایش، از تعداد ۲۰ رأس بره نر پروراری آمیخته زل با آتابای با میانگین سن 5 ± 0.5 ماه و وزن اولیه 27 ± 2 کیلوگرم در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار و پنج تکرار استفاده شد. طول دوره ۹۰ روز و طول دوره عادت‌پذیری به جیره‌های آزمایشی و نیز قفس‌های متابولیکی (با ابعاد $1/5 \times 1/5 \times 1$ مترمربع) ۱۴ روز بود. تیمارهای آزمایشی شامل گروه شاهد (فاقد میوه بلوط + پلی اتیلن گلیکول) و تیمارهای حاوی سطوح ۱۰، ۲۰ و ۴۰ درصد در ماده خشک میوه بلوط فرآوری شده با هیدروکسید سدیم و اوره در جیره بودند. جیره‌های آزمایشی توسط نرم‌افزار سیستم تغذیه نشخوارکنندگان کوچک (SRNS^۲) (Tedeschi et al., 2010) براساس احتیاجات جدول NRC (NRC, 2007) تنظیم و به صورت جیره کاملاً مخلوط تهیه شد (جدول ۱). خوراک مصرفی بره‌ها به صورت کاملاً مخلوط در حد اشتها در دو نوبت (ساعت ۸:۰۰ و ۱۷:۰۰) در اختیار دام‌ها قرار گرفت.

۱- دانشجوی دوره دکتری تغذیه دام، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

۲ و ۴- دانشیار و استاد، گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

۳- دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.
(*)- نویسنده مسئول: (Email: ychashnidel2002@yahoo.com)

<https://doi.org/10.22067/ijasr.2023.82697.1149>

جدول ۱- اقلام خوراکی و ترکیبات شیمیایی جیره‌های آزمایشی مورد استفاده (درصد ماده خشک)
Table 1- Ingredients and chemical composition of the experimental diets (% DM)

اقلام Ingredients	تیمارهای آزمایشی ^۱ Experimental treatments ¹			
	1	2	3	4
یونجه	20.0	20.0	20.0	20.0
Alfalfa				
کاه گندم	10.0	10.0	10.0	10.0
Wheat straw				
دانه جو	22.0	16.0	14.0	6.5
Barley grain				
دانه ذرت	25.0	22.0	15.0	4.5
Corn grain				
میوه بلوط فرآوری شده	0.0	10	20	40
Processed oak fruit				
کنجاله سویا	9.5	10.0	10.0	13.0
Soybean meal				
سبوس گندم	8.0	6.5	5.5	2.0
Wheat bran				
تقاله چغندر قند	2.5	2.5	2.50	1.50
Sugar beet pulp				
مکمل معدنی+ویتامینی ^۲	0.5	0.5	0.5	0.5
Mineral + vitamin premix ²				
نمک معمولی	0.5	0.5	0.5	0.5
Common salt				
بیکربنات سدیم	1	1	1	1
Sodium bicarbonate				
کربنات کلسیم	1	1	1	1
Calcium carbonat				
ترکیب شیمیایی Chemical composition				
انرژی قابل سوخت و ساز (مگا کالری/کیلوگرم)	2.52	2.61	2.65	2.70
Metabolizable energy (Mcal/kg)				
پروتئین خام (درصد)	14.03	14.10	14.08	14.06
Crude protein (%)				
الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصد)	37.20	38.25	38.25	38.40
Nutrient detergent fiber (%)				
کلسیم (درصد)	0.77	0.82	0.85	0.88
Calcium (%)				
فسفر کل (درصد)	0.49	0.47	0.46	0.40
Total phosphorus (%)				

^۱ تیمارهای آزمایشی شامل: ۱- گروه شاهد (فاقد میوه بلوط + PEG)، ۲- تیمار حاوی ۱۰ درصد میوه بلوط فرآوری شده با هیدروکسید سدیم + اوره، ۳- تیمار حاوی ۲۰ درصد میوه بلوط فرآوری شده با هیدروکسید سدیم + اوره و ۴- تیمار حاوی ۴۰ درصد میوه بلوط فرآوری شده با هیدروکسید سدیم + اوره بودند.

^۲ هر کیلوگرم از مکمل ویتامینی شامل ۵۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۱۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D₃ و ۱۰ گرم ویتامین E. هر کیلوگرم از مکمل معدنی شامل ۱۸۰ گرم کلسیم، ۹۰ گرم فسفر، ۲۰ گرم منیزیم، ۶۰ گرم سدیم، ۲ گرم منگنز، ۳ گرم آهن، ۰/۳ گرم مس، ۳ گرم روی، ۱/۰ گرم کبالت، ۱/۰ گرم سلنیم، ۱/۰ گرم ید، ۴ گرم آنتی‌اکسیدانت.

¹Experimental treatments include: 1- control group (no oak fruit + PEG), 2- treatment containing 10% oak fruit processed with sodium hydroxide + urea, 3- treatment containing 20% oak fruit processed with sodium hydroxide + urea and 4 - The treatment contained 40% oak fruit processed with sodium hydroxide + urea

²Mineral vitamin mix composition: 500,000 IU/kg of vitamin A; 100,000 IU/kg of vitamin D₃; 1.0 g/kg of vitamin E; Mineral mineral mix composition: Mg; 180 g/kg of Ca; 90 g/kg of P; 20 g/kg of Mn; 60 g/kg of Na; 2.0 g/kg of Mn; 3.0 g/kg of Zn; 1.0 g/kg of Co; 1.0 g/kg of Se; 1.0 g/kg of I; 3.0 g/kg of Antioxidants.

۲۲۰ میلی لیتر آب مقطر محلول و بر روی میوه بلوط آسیاب شده اسپری شد. سپس نمونه‌های بلوط در ظروف پلاستیکی در بسته به مدت ۳۰ روز به منظور عمل‌آوری شیمیایی نگهداری و بعد از خشک شدن آماده مصرف در جیره دام‌های پرواری شد (Ghaderi et al., 2011). ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، عصاره اتری و خاکستر خام نمونه‌های میوه بلوط براساس روش‌های استاندارد (AOAC, 2003) و مقادیر الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی براساس روش ون‌سوست و همکاران اندازه‌گیری شد (Van Soest et al., 1991). ترکیبات شیمیایی و فنولی میوه بلوط خام و فرآوری شده مورد استفاده در این تحقیق در جدول ۲ نشان داده شده است.

میوه بلوط مورد استفاده در این تحقیق از درختان بلوط گونه بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C. A. Mey) در مناطق مختلف جنگلی استان مازندران از اواخر فصل تابستان تا اوایل فصل پاییز به‌طور تصادفی جمع‌آوری شد. به دلیل بالا بودن محتوای رطوبت، میوه‌های بلوط به مدت ۴۸ ساعت در شرایط محیط در سایه خشک تا رسیدن به رطوبت حداقل، خشک شد. به دلیل غیر یکنواخت بودن شکل و اندازه مغزهای بلوط، پس از جدا کردن پوسته چوبی و پوشش داخلی مقداری از میوه‌ها کوبیده و از الک با شماره مش ۲۰ عبور داده شد تا نمونه‌هایی یکنواخت با ابعاد کوچک‌تر به دست آید. روش فرآوری میوه بلوط بدین صورت بود که به ازای هر کیلوگرم میوه بلوط، ۳۵ گرم اوره با ۳۵ گرم هیدروکسید سدیم در

جدول ۲- ترکیبات شیمیایی و فنولی میوه بلوط خام و فرآوری شده به روش هیدروکسید سدیم و اوره (درصد ماده خشک)

Table 2- Chemical and phenolic composition of raw oak fruit and processed by sodium hydroxide and urea method (% dry matter)

ترکیبات شیمیایی و فنولی Chemical and phenolic composition	نوع میوه بلوط مورد استفاده The type of oak fruit used	
	میوه بلوط خام Raw oak fruit	میوه بلوط فرآوری شده Oak fruit processed
ماده خشک Dry matter	91.63	92.23
ماده آلی Organic matter	95.15	94.86
پروتئین خام Crude protein	5.45	10.12
عصاره اتری Ether extract	8.12	8.95
خاکستر Ash	2.66	2.85
الیاف نامحلول در شوینده خنثی Nutrient detergent fiber	32.02	33.13
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber	21.11	20.24
کل ترکیبات فنلی قابل استخراج براساس اسید تانیک Total extractable phenolic compounds based on tannic acid (TP)	8.01	7.12
کل تانن‌های قابل استخراج بر حسب اسید تانیک Total extractable tannins according to tannic acid (TT)	4.85	4.13
تانن‌های متراکم قابل استخراج Condensed extractable tannins (CT)	0.86	0.88
تانن‌های قابل هیدرولیز بر حسب اسید گالیک Hydrolyzable tannins according to gallic acid (HT)	3.74	3.20

CD 500، ساخت کشور انگلستان) اندازه‌گیری pH مایع شکمبه بلافاصله بعد از گرفتن نمونه مایع شکمبه بره‌ها انجام شد. سپس نمونه مایع شکمبه با پارچه چهار لایه کرباسی تمیز مخصوص صاف شد و نمونه‌ای از آن برای تعیین نیتروژن آمونیاکی و ترکیب اسیدهای چرب فرار مایع شکمبه به‌طور جداگانه برداشته (۱۰ میلی لیتر) شد.

فراسنجه‌های شکمبه‌ای و ریخت‌شناسی بافت

شکمبه:

مایع شکمبه بره‌های آزمایشی در روز ۹۰ آزمایش سه ساعت پس از خوراک‌دهی نوبت صبح با استفاده از لوله مری، از شکمبه گرفته شد. با استفاده از دستگاه pH متر دیجیتال قابل حمل (مدل WPA-

میانگین سنی تقریباً ۱۰ ماه به منظور تخمین فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری استفاده شد. گوسفندان در جایگاهی مسقف و نیمه باز، داخل قفس متابولیکی با جیره‌ای کمی بیش از سطح نگهداری، قرار داشتند. در این آزمایش، از کیسه‌های نایلونی با جنس پلی‌استر (داکرون) با قطر منافذ 45 ± 5 میکرومتر و به ابعاد 9×7 سانتی‌متر استفاده شد. برای هر نمونه در هر زمان مورد نظر تعداد چهار کیسه (تکرار) تهیه و حداقل در دو گوسفند فیستوله‌دار شکمبه‌گذاری شد. همه کیسه‌های حاوی نمونه‌های جیره‌های آزمایشی (سه گرم) را قبل از قرار دادن در شکمبه، در یک ظرف حاوی آب ولرم با دمای 39°C درجه سانتی‌گراد به مدت پنج دقیقه خیسانده تا رطوبت کافی را جذب نمایند. این عمل به‌خاطر مرطوب شدن نمونه‌ها و دسترسی سریع میکروارگانیزم‌ها به سوبسترا است. سپس کیسه‌های حاوی نمونه با اتصال به یک شیلنگ لاستیکی از طریق فیستولا وارد شکمبه شد. کیسه‌های حاوی نمونه در فواصل زمانی ۴، ۸، ۱۲، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از انکوباسیون از شکمبه خارج شد و پس از شستشو در ماشین لباسشویی و خشک نمودن برای تعیین اجزای ترکیبات مغذی تجزیه نشده در نمونه‌ها آنالیز شد. برای تعیین تجزیه‌پذیری در زمان صفر، کیسه‌ها بدون انکوباسیون در شکمبه و با استفاده از ماشین لباسشویی به مدت ۱۵ دقیقه با آب ولرم مورد شستشو قرار گرفت. میزان ناپدید شدن مواد مغذی و فراسنجه‌های هضمی آن با استفاده از معادله اورسکوف و مکدونالد، (Ørskov and McDonald, 1979) تخمین زده شد و سپس درصد تجزیه‌پذیری با استفاده از معادله ۲ مشخص شد:

$$\text{درصد تجزیه پذیری} = 100 \times \frac{\text{مقدار باقیمانده نمونه در کیسه}}{\text{مقدار نمونه اولیه در کیسه}} - 1$$

با استفاده از نرم‌افزار Neway میزان ناپدید شدن مواد در زمان‌های مختلف و همچنین فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری مواد مغذی براساس معادله ۳ برای زمان‌های مختلف محاسبه شد.

$$P = a + b(1 - e^{-ct}) \quad \text{معادله (۳)}$$

که در آن، P: تجزیه‌پذیری ماده مغذی، a: بخش سریع تجزیه‌شونده در شکمبه، b: بخش کند تجزیه‌شونده در شکمبه، c: ثابت نرخ تجزیه، e: عدد نپر و t: زمان انکوباسیون در شکمبه (ساعت) بود.

آزمون تولید گاز:

از سه رأس گوسفند فیستولدار به‌منظور تهیه شیرابه شکمبه استفاده شد. شیرابه شکمبه گوسفندان قبل از خوراک صبح به‌وسیله دستگاه پمپ خلأ، جمع‌آوری و در دمای 39°C درجه سانتی‌گراد به آزمایشگاه انتقال داده شد. شیرابه با استفاده از چهار لایه پارچه و تحت جریان گاز دی‌اکسید کربن و دمای 39°C درجه سانتی‌گراد صاف

پس از افزودن یک میلی‌لیتر اسید متافسفريك 25°C درصد به‌ازای هر چهار میلی‌لیتر مایع شکمبه، نمونه‌ها در دمای 20°C درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (Broderick and Kang, 1980). اندازه‌گیری نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه با استفاده از روش تیتراسیون (Conway, 1950) و ترکیب اسیدهای چرب فرار مایع شکمبه شامل استیک، پروپیونیک، بوتیریک، والریک و ایزووالریک با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگرافی (GC-PU4410-PHILIPS) انجام شد (Ottenstein and Bartley, 1971). در پایان آزمایش تعداد ۸ راس بره (دو بره از هر تیمار) بعد از محرومیت ۱۲ ساعت از مصرف خوراک، به‌طور کاملاً تصادفی کشتار شدند. برای بررسی خصوصیات ریخت‌شناسی بافت دیواره شکمبه پس از شستن شکمبه و نگاری با آب سرد، توسط کارد باز شد و از نه نقطه (کیسه شکمی) و از هر نقطه سه نمونه به اندازه یک سانتی‌متر مربع نمونه‌گیری و نمونه با محلول ۲۰ درصد فرمالین ثابت شد و به‌وسیله دستگاه بینی‌کولار با بزرگنمایی ۲۰، به‌روش گرینوود و همکاران اندازه‌گیری شد (Greenwood et al., 1997).

جمعیت کل باکتری‌ها و پروتوزوآ مایع شکمبه:

برای اندازه‌گیری جمعیت کل باکتری‌های مایع شکمبه، بعد از جمع‌آوری نمونه‌های مایع شکمبه بره‌های آزمایشی در روز ۹۰ آزمایش با استفاده از لوله مری و پمپ و کیوم (سه ساعت بعد از مصرف وعده خوراک صبح) بلافاصله در فلاسک آب گرم به آزمایشگاه منتقل شد. در آزمایشگاه جمعیت باکتری‌ها با استفاده از جداول MPV (محتمل‌ترین روش) شمارش شد (Dehority, 2003). برای اندازه‌گیری جمعیت پروتوزوآ مایع شکمبه بره‌های آزمایشی در روز ۹۰ آزمایش، تعداد سه رأس بره از هر تیمار انتخاب شد. ۲۰ میلی‌لیتر مایع شکمبه با استفاده از لوله پلاستیکی و پمپ و کیوم، سه ساعت بعد از وعده خوراک صبح از شکمبه حیوانات اخذ شد. با استفاده از پارچه چهار لایه کرباسی تمیز مخصوص صاف و با حجم مساوی از فرمالین ۱۸ درصد مخلوط و پس از رنگ‌آمیزی با رنگ متیلن بلو، برلیانت گرین و لوگول در تاریکی و در دمای اتاق به‌مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد. نتایج شمارش پروتوزوآ به‌صورت غلظت (تعداد پروتوزوآ در هر میلی‌لیتر از مایع شکمبه) با استفاده از معادله ۱ گزارش شد (Dehority, 2003).

$$N = 10.4 \times a \times d \quad \text{معادله (۱)}$$

که در آن، N: تعداد مژه‌داران در یک میلی‌لیتر از مایع شکمبه، a: تعداد مژه‌داران در چهار بخش در لام هماسیستومتر (نئوبار) و d: نرخ رقت نمونه است.

فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری:

در مرحله دوم انجام آزمایش‌ها، از تعداد سه رأس گوسفند نژاد زل فیستولاگذاری شده با میانگین وزن حدود 42 ± 2 کیلوگرم و با

متابولیکی حیوان (بر حسب کیلوگرم) و ضریب ۰/۱۵: میلی مول پورین دفعی ادرار با منشأ داخلی به ازای هر کیلوگرم وزن متابولیکی است.

تجزیه و تحلیل داده‌ها:

داده‌ها با استفاده از رویه مدل‌های آمیخته (Mixed) نرم افزار آماری SAS ویرایش ۹/۱ (SAS, 2001) و با در نظر گرفتن اثر تیمار به عنوان اثر ثابت و وزن اولیه پروار به عنوان متغیر کمکی تجزیه شد (معادله ۷). به دلیل عدم معنی داری وزن اولیه پروار به عنوان اثر متغیر کمکی، از مدل آنالیز آماری حذف شد.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij} \quad \text{(معادله ۷)}$$

که در آن، Y_{ij} : صفت مورد نظر، μ : میانگین کل داده‌ها، T_i : اثر ثابت تیمار آزمایشی و e_{ij} : اثر خطای آزمایش می‌باشد. مقایسه میانگین تیمارها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد (Duncan, 1955).

نتایج و بحث

فراسنجه‌های تخمیر شکمبه‌ای:

نتایج فراسنجه‌های تخمیر شکمبه‌ای بره‌های پرواری در جدول ۳ نشان داد که در نیتروژن آمونیاکی، کل اسیدهای چرب فرار، جمعیت باکتری‌ها و پروتوزا مایع شکمبه تفاوت معنی داری بین تیمارهای آزمایشی وجود داشت ($P < 0.05$). بالاترین و پایین‌ترین غلظت نیتروژن آمونیاکی به ترتیب در گروه شاهد و تیمار ۲۰ درصد میوه بلوط فرآوری شده مشاهده شد. در غلظت کل اسیدهای چرب فرار، تیمار ۲۰ درصد میوه بلوط فرآوری شده دارای بالاترین غلظت و تیمار ۴۰ درصد میوه بلوط فرآوری شده دارای پایین‌ترین غلظت بود. همچنین بالاترین و پایین‌ترین جمعیت باکتری‌ها و پروتوزا مایع شکمبه به ترتیب در تیمار ۲۰ درصد میوه بلوط فرآوری شده و گروه شاهد وجود داشت.

در مطالعه‌ای با بررسی تأثیر تانن متراکم با منشأ لگوم‌های برزیلی در شاخص‌های شکمبه‌ای بزهای سانن، مشاهده شد pH مایع شکمبه بالاتر و نیتروژن آمونیاکی کمتر در تیمارهای حاوی تانن نسبت به تیمارهای حاوی اتیلن گلیکول بود (Guimarães-Beelen et al., 2006). اهمیت تانن مصرفی علاوه بر سطح مورد استفاده می‌تواند عامل نتایج متفاوت در مطالعات انجام شده باشد. تانن متراکم با ایجاد پیوند با پروتئین محلول، خوراک، پلیمرهای دیواره سلولی و پروتئازهای باکتریایی و تغییر مرفولوژی گونه‌های خاص باکتری موجب کاهش ساخت پروتئین میکروبی می‌شود؛ از طرفی با کاهش هضم پروتئین خوراک در شکمبه باعث کاهش سطح نیتروژن

شد. مخلوط بافر حاوی نسبت یک به چهار شیرابه شکمبه و بزاق مصنوعی خواهد بود (Menke and Steingass, 1988). به ازای هر نمونه دو تکرار (سرنگ) و سه سرنگ نیز برای بلانک در نظر گرفته شد. حجم گاز تولیدی در زمان‌های ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ بعد از انکوباسیون قرائت شد. فراسنجه‌های تولید گاز از معادله نمایی ۴ محاسبه شد (Ørskov and McDonald, 1979).

$$Y = b(1 - e^{-at}) \quad \text{(معادله ۴)}$$

میزان انرژی قابل متابولیسم از معادله (۵): $ME = 2.2 + 0.136 GP + 0.0057 CP + 0.00029 CP^2$ محاسبه شد (Menke and Steingass, 1988).

معادله (۵)

$ME = 2.2 + 0.136 GP + 0.0057 CP + 0.00029 CP^2$ که در آن، ME: انرژی قابل متابولیسم (مگاژول بر کیلوگرم)، GP: حجم گاز تولیدی تصحیح شده برای ۲۴ ساعت (میلی لیتر به ازای ۲۰۰ میلی گرم ماده خشک) و CP: پروتئین خام (گرم در کیلوگرم ماده خشک) بود.

همچنین قابلیت هضم ماده آلی با استفاده از معادله ۶ محاسبه شد.

معادله (۶)

$OMD = 14.88 + 0.889 GP + 0.045 CP + 0.0651 Ash$ که در آن، OMD: قابلیت هضم ماده آلی (گرم در کیلوگرم ماده خشک)، GP: حجم گاز تولیدی تصحیح شده برای ۲۴ ساعت (میلی لیتر به ازای ۲۰۰ میلی گرم ماده خشک)، CP: پروتئین خام (گرم در کیلوگرم ماده خشک) و Ash: خاکستر خام (گرم در کیلوگرم ماده خشک) است.

ساخت پروتئین میکروبی:

پس از جمع آوری ادرار، با اضافه کردن اسید سولفوریک ۱۰ درصد، مقدار ۲۰ میلی لیتر از آن برای آنالیز شیمیایی نمونه گیری و در دمای پنج درجه سانتیگراد نگهداری شد. برای اندازه گیری آلانتوئین، گزانتین و هیپوگزانتین ادرار از روش اسپکتوفتومتری استفاده و با روش چن و گومز (Chen and Gomes, 1992) محاسبه شد. اندازه گیری اسید اوریک با استفاده از کیت شرکت درمان کاو انجام شد. پروتئین میکروبی تولید شده (بر حسب گرم در روز) به کمک معادله ۷ محاسبه شد (Chen and Gomes, 1992).

معادله (۷)

$$Y = 0.84 X + (0.15 W^{0.75} \text{ EXP})(-0.25 X)$$

که در آن، Y: نیتروژن میکروبی تولید شده (بر حسب گرم در روز)؛ ضریب ۰/۸۴: مقدار پورین جذب شده که به صورت ترکیب پورینی در گوسفند از طریق ادرار دفع می‌شود؛ X: مشتقات پورینی دفعی ادرار با منشأ میکروبی (میلی مول در روز)، $W^{0.75}$: وزن

آمونیاکی و بازچرخ نیتروژن در شکمبه می‌شود (Kozloski et al., 2012).

جدول ۳- اثر سطوح مختلف میوه بلوط فرآوری شده با هیدروکسید سدیم + اوره روی فراسنجه‌های تخمیر شکمبه‌ای، جمعیت باکتری‌ها و پروتوزای مایع شکمبه

Table 3- Effect of different levels of oak fruit processed with sodium hydroxide + urea on parameters of rumen fermentation and population of bacteria and protozoa in rumen fluid

فراسنجه‌ها Parameters	تیمارهای آزمایشی ^۱ Experimental treatments ¹				خطای استاندارد میانگین SEM	احتمال معنی‌داری P-value
	1	2	3	4		
pH مایع شکمبه Ruminal fluid pH	6.54	6.45	6.29	6.34	0.15	0.849
نیتروژن آمونیاکی (میلی‌گرم در دسی لیتر) Ammonia nitrogen (mg/dL)	14.66 ^a	13.75 ^a	11.33 ^b	12.24 ^b	0.47	0.024
کل اسیدهای چرب فرار (میلی مول در لیتر) Volatile fatty acids (mmol/L)	82.45 ^b	83.22 ^b	86.90 ^a	78.60 ^a	1.22	0.016
اسیدهای چرب فرار (درصد از کل VFA) Volatile fatty acids (% of total VFA)						
اسید استیک Acetic acid	54.33	55.24	56.99	57.11	1.02	0.463
اسید پروپیونیک Propionic acid	16.64	17.23	18.04	18.33	0.65	0.519
اسید بوتیریک Butyric acid	9.68	9.09	1.24	10.33	1.21	0.789
اسید والریک Valeric acid	1.16	1.19	1.09	1.24	0.08	0.659
اسید ایزووالریک Isovaleric acid	0.65	0.47	0.55	0.60	0.13	0.325
جمعیت کل باکتری‌ها ($10^9 \times$ تعداد در هر میلی لیتر مایع شکمبه) Total population of bacteria (number per milliliter of rumen fluid $\times 10^9$)	5.33 ^b	5.52 ^b	6.03 ^a	5.86 ^a	0.11	0.024
جمعیت پروتوزوها ($10^4 \times$ تعداد در هر میلی لیتر مایع شکمبه) Protozoa population (number per milliliter of rumen fluid $\times 10^4$)	3.50 ^b	4.24 ^a	4.62 ^a	4.55 ^a	0.14	0.010

^۱ تیمارهای آزمایشی شامل: ۱- گروه شاهد (فاقد میوه بلوط + PEG)، ۲- تیمار حاوی ۱۰ درصد میوه بلوط فرآوری شده با هیدروکسید سدیم + اوره، ۳- تیمار حاوی ۲۰ درصد میوه بلوط فرآوری شده با هیدروکسید سدیم + اوره و ۴- تیمار حاوی ۴۰ درصد میوه بلوط فرآوری شده با هیدروکسید سدیم + اوره بودند. میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشترک دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند ($P < 0.05$).

¹Experimental treatments include: 1- control group (no oak fruit + PEG), 2- treatment containing 10% oak fruit processed with sodium hydroxide + urea, 3- treatment containing 20% oak fruit processed with sodium hydroxide + urea and 4 - The treatment contained 40% oak fruit processed with sodium hydroxide + urea.

Means within same row with different superscripts differ ($P < 0.05$).

مایع شکمبه گوسفند نژاد عربی با افزایش سطح بلوط در جیره به‌طور خطی کاهش یافت (Harsini et al., 2013). کاهش تجزیه‌پذیری پروتئین در شکمبه به دلیل باند شدن تانن با پروتئین خوراک در شرایط خنثی شکمبه و همچنین کاهش رشد باکتری‌های پروتئولیتیک باعث کاهش تولید نیتروژن آمونیاکی در شکمبه و افزایش نیتروژن آمونیاکی وارد شده به دوازدهه می‌شود (Waghorn et al., 1994). کاهش غلظت نیتروژن آمونیاکی در

در یک تحقیق، بیشترین غلظت اسید استیک مایع شکمبه بزغاله‌های پرواری مربوط به جیره حاوی ۴۲ درصد مغز میوه بلوط و کمترین غلظت مربوط به گروه شاهد بود. اما غلظت اسیدهای پروپیونیک، بوتیریک، والریک، ایزووالریک، نسبت استیک به پروپیونیک و کل اسیدهای چرب فرار تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت (Hoseinpour-Mohammadabadi and Chaji, 2019). در برخی مطالعات، میزان pH و غلظت نیتروژن آمونیاکی

توجیه کند، می‌توان به نقش بازدارندگی تانن بر جمعیت پروتوزوآ اشاره نمود که در نتیجه، به دلیل کاهش شکار باکتری‌ها توسط پروتوزوآها جمعیت آن‌ها افزایش می‌یابد (Lu and Jorgensen, 1987). افزودن هیدروکسید سدیم + اوره به میوه بلوط به عنوان باندکننده تانن سبب افزایش تعداد پروتوزوآ شد (Yanez Ruiz et al., 2010). افزودن پلی اتیلن گلیکول به جیره حاوی مواد تانن‌دار باعث افزایش جمعیت پروتوزوآ و غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه شده است (Abarghuei et al., 2010).

نتایج خصوصیات ریخت‌شناسی پرزهای شکمبه بره‌های پرواری در جدول ۴ نشان داد که تفاوت معنی‌داری در صفات مورد مطالعه بین تیمارهای آزمایشی وجود نداشت. در یک مطالعه بیان شد که تیمارهای آزمایشی حاوی سطوح ۸، ۱۷ و ۲۵ درصد میوه بلوط در جیره بزغاله‌های نر مرخ اثر معنی‌داری بر مورفولوژی شکمبه (ارتفاع پرز، سطح پرز و تراکم پرز، و ضخامت دیواره شکمبه) نداشت (Azizi et al., 2016).

شاهد و افزایش آن پس از تانن‌زدایی با هیدروکسید سدیم و اوره در آزمایش حاضر، می‌تواند به دلیل وجود تانن و ترکیبات پلی‌فنلی در این مواد خوراکی باشد. تانن‌ها با اتصال به پروتئین و کاهش نرخ تجزیه‌پذیری پروتئین سبب کاهش غلظت نیتروژن آمونیاکی می‌شوند (Naumann et al., 2017)، در نتیجه، تانن‌زدایی توسط باکتری‌های استفاده شده در آزمایش حاضر منجر به رفع این مانع می‌شود. همچنین، تانن موجود در خوراک ممکن است با کاهش جمعیت پروتوزوآیی نیز باعث ممانعت از تجزیه پروتئین میکروبی توسط پروتوزوآها شده باشد (Sharifi et al., 2019). تانن‌ها از طریق مهار آنزیم دامیناز میکروبی و مهار فعالیت آنزیم اوره‌آز نیز می‌توانند سبب کاهش آزادسازی مقدار آمونیاک شکمبه شوند (Makkar et al., 1988). علت افزایش اسیدهای چرب فرار شکمبه در تحقیق حاضر را احتمالاً می‌توان به افزایش فعالیت باکتری‌های شکمبه به سبب کاهش سطح تانن موجود در میوه بلوط در اثر فرآوری ارتباط داد (Ghasemi et al., 2012).

از مهم‌ترین دلایلی که می‌تواند افزایش جمعیت باکتریایی را

جدول ۴- اثر سطوح مختلف میوه بلوط فرآوری شده با هیدروکسید سدیم + اوره روی خصوصیات ریخت‌شناسی پرزهای شکمبه بره‌های پرواری

Table 4- The effect of different levels of oak fruit processed with sodium hydroxide + urea on the morphological characteristics of the rumen villi of fattening lambs

فراسنجه‌ها Parameters	تیمارهای آزمایشی ^۱ Experimental treatments ¹				خطای استاندارد میانگین SEM	احتمال معنی‌داری P-value
	1	2	3	4		
وزن شکمبه-نگاری (کیلوگرم) Rumen-reticulum weight (kg)	1.75	1.80	1.87	1.89	0.24	0.368
حجم شکمبه-نگاری (لیتر) Rumen-reticulum volume (liter)	7.34	8.12	8.09	8.23	0.94	0.745
ضخامت دیواره شکمبه (میلی‌متر) Ruminal wall thickness (mm)	1.78	1.80	1.96	1.87	0.12	0.486
ارتفاع پرزهای شکمبه (میلی‌متر) Height of rumen villi (mm)	3.86	4.16	4.65	4.17	0.17	0.136
عرض پرزهای شکمبه (میلی‌متر) Width of rumen villi (mm)	2.29	2.36	2.60	2.07	0.11	0.469
تراکم پرزها (تعداد در سانتی‌متر مربع) Density of villi (number per cm ²)	89.14	93.13	94.25	94.84	2.49	0.216

^۱ تیمارهای آزمایشی شامل: ۱- گروه شاهد (فاقد میوه بلوط + PEG)، ۲- تیمار حاوی ۱۰ درصد میوه بلوط فرآوری شده با هیدروکسید سدیم + اوره، ۳- تیمار حاوی ۲۰ درصد میوه بلوط فرآوری شده با هیدروکسید سدیم + اوره و ۴- تیمار حاوی ۴۰ درصد میوه بلوط فرآوری شده با هیدروکسید سدیم + اوره بودند.

¹Experimental treatments include: 1- control group (no oak fruit + PEG), 2- treatment containing 10% oak fruit processed with sodium hydroxide + urea, 3- treatment containing 20% oak fruit processed with sodium hydroxide + urea and 4 - The treatment contained 40% oak fruit processed with sodium hydroxide + urea.

فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین خام: نتایج فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری در جدول ۵ نشان داد که در فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک، بخش‌های سریع تجزیه، ثابت نرخ تجزیه و تجزیه‌پذیری مؤثر با سرعت‌های عبور مختلف دارای تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی بود ($P < 0.05$).

جدول ۵- اثر سطوح مختلف میوه بلوط فرآوری شده با هیدروکسید سدیم + اوره روی فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین خام (درصد)
Table 5- Effect of different levels of oak fruit processed with sodium hydroxide+urea on ruminal degradability parameters of dry matter and crude protein (%)

فراسنجه‌ها Parameters	تیمارهای آزمایشی ^۱ Experimental treatments ¹				خطای استاندارد میانگین SEM	احتمال معنی‌داری P-value
	1	2	3	4		
فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک Degradability parameters of dry matter						
بخش سریع تجزیه (a) (درصد) Rapidly degraded fraction (a) (%)	33.02 ^a	31.66 ^a	29.22 ^b	28.24 ^b	0.68	0.021
بخش کند تجزیه (b) (درصد) Slowly degraded fraction (b) (%)	51.06	52.55	58.04	57.33	2.09	0.521
بخش بالقوه قابل تجزیه (a+b) Potentially degradable fraction (a+b)	84.06	84.21	87.26	85.57	1.75	0.350
ثابت نرخ تجزیه (c) (درصد در ساعت) Constant rate of degradation (c) (%/h)	0.028 ^a	0.026 ^a	0.020 ^b	0.019 ^b	0.002	0.001
تجزیه‌پذیری مؤثر با سرعت‌های عبور مختلف (درصد در ساعت) Effective degradability with different passage rate (%/h)						
0.02	63.55 ^b	65.23 ^{ab}	65.45 ^{ab}	66.72 ^a	0.39	0.002
0.05	46.65 ^b	48.45 ^a	49.23 ^a	50.05 ^a	0.41	0.002
0.08	40.30 ^b	42.55 ^a	43.38 ^a	44.01 ^a	0.40	0.012
فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری پروتئین خام Degradability parameters of crude protein						
بخش سریع تجزیه (a) (درصد) Rapidly degraded fraction (a) (%)	31.33 ^a	31.01 ^a	28.45 ^b	27.60 ^b	0.59	0.012
بخش کند تجزیه (b) (درصد) Slowly degraded fraction (b) (%)	58.45	59.36	61.17	60.24	2.13	0.231
بخش بالقوه قابل تجزیه (a+b) Potentially degradable fraction (a+b)	86.05	87.81	92.18	91.57	2.05	0.063
ثابت نرخ تجزیه (c) (درصد در ساعت) Constant rate of degradation (c) (%/h)	0.026 ^a	0.019 ^b	0.016 ^b	0.017 ^b	0.002	0.002
تجزیه‌پذیری مؤثر با سرعت‌های عبور مختلف (درصد در ساعت) Effective degradability with different passage rate (%/h)						
0.02	58.23 ^b	59.12 ^b	62.66 ^a	62.33 ^a	0.43	0.014
0.05	40.24 ^b	41.46 ^b	44.33 ^a	45.60 ^a	0.45	0.010
0.08	35.23 ^b	36.32 ^b	38.11 ^a	38.33 ^a	0.44	0.002

^۱ تیمارهای آزمایشی شامل: ۱- گروه شاهد (فاقد میوه بلوط + PEG)، ۲- تیمار حاوی ۱۰ درصد میوه بلوط فرآوری شده با هیدروکسید سدیم + اوره، ۳- تیمار حاوی ۲۰ درصد میوه بلوط فرآوری شده با هیدروکسید سدیم + اوره و ۴- تیمار حاوی ۴۰ درصد میوه بلوط فرآوری شده با هیدروکسید سدیم + اوره بودند.

میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشترک دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند ($P < 0.05$).

^۱ Experimental treatments include: 1- control group (no oak fruit + PEG), 2- treatment containing 10% oak fruit processed with sodium hydroxide + urea, 3- treatment containing 20% oak fruit processed with sodium hydroxide + urea and 4 - The treatment contained 40% oak fruit processed with sodium hydroxide + urea.

Means within same row with different superscripts differ ($P < 0.05$).

گروه شاهد و تیمار ۴۰ درصد میوه بلوط فرآوری شده به‌ترتیب دارای بالاترین و پایین‌ترین مقدار بخش سریع تجزیه بودند. ثابت نرخ

نرخ ثابت تجزیه پذیری ماده خشک به واسطه افزودن هیدروکسید سدیم در تحقیق حاضر، احتمالاً به دلیل آزاد شدن باندهای تشکیل شده تانن با کربوهیدرات‌ها و سایر مواد مغذی توسط هیدروکسید سدیم و به تبع آن باعث سهولت دسترسی میکروارگانیسم‌های شکمبه به کربوهیدرات‌ها گردیده است (Alipour and Rouzbehan, 2007).

فراسنجه‌های آزمون تولید گاز:

نتایج فراسنجه‌های تولید گاز در جدول ۶ نشان داد که در پتانسل تولید گاز، اسیدهای کوتاه زنجیر، قابلیت هضم مواد آلی و انرژی قابل متابولیسم تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی وجود داشت ($P < 0.05$). در بخش پتانسل تولید گاز بیشترین و کمترین مقدار به ترتیب در تیمار ۱۰ درصد میوه بلوط فرآوری شده و تیمار ۲۰ درصد میوه بلوط فرآوری شده، در بخش اسیدهای کوتاه زنجیر، قابلیت هضم مواد آلی و انرژی قابل متابولیسم بیشترین و کمترین مقدار به ترتیب در تیمار ۴۰ درصد میوه بلوط فرآوری شده و گروه شاهد مشاهده شد.

در یک پژوهش، تیمارهای حاوی پلی اتیلن گلیکول دارای تولید گاز بیشتری نسبت به شاهد بودند که این روند تا ساعات آخر انکوباسیون ادامه داشت. همچنین تیمارهای حاوی پلی اتیلن گلیکول از لحاظ مقادیر انرژی متابولیسم و قابلیت هضم ماده آلی دارای تفاوت معنی‌دار با شاهد بودند (Bakshizadeh et al., 2013). با توجه به اینکه مهم‌ترین خاصیت تانن‌ها قابلیت آن‌ها در ترکیب با پروتئین‌ها است، موجب بازدارندگی عمل آنزیم‌ها شده و از طریق کاهش تجزیه پذیری کربوهیدرات‌ها، تولید گاز را در شکمبه حیوان کاهش می‌دهند (Makkar and Singh, 1993). در نتیجه، به کمک روش‌های فرآوری می‌توان مقدار تولید گاز را افزایش داد که در تحقیق حاضر چنین نتایجی به کمک فرآوری با هیدروکسید سدیم و اوره حاصل شد. نتایج مطالعات نشان داد که تانن‌های موجود در مواد خوراکی سبب کاهش تولید گاز (Lu and Foo, 1999) و کاهش تجزیه پذیری پروتئین خام در شکمبه و نیز کاهش غلظت آمونیاک مایع شکمبه شدند که این امر به دلیل مهار آنزیم‌های پروتئولیتیک (تریپسین) در شکمبه می‌باشد (Jones et al., 2000). در نتیجه، فرآوری مواد خوراکی حاوی تانن به عنوان یک پلیمر غیرسنتتیک، تمایل بالایی برای تشکیل باند با تانن داشته و پروتئین‌ها را از کمپلکس تانن-پروتئین خارج می‌کند (Makkar, 2004).

تجزیه پذیری در گروه شاهد دارای بالاترین و تیمار ۴۰ درصد میوه بلوط فرآوری شده دارای پایین‌ترین مقدار بود. در بخش تجزیه پذیری مؤثر در ساعت‌های مختلف، تیمار ۴۰ درصد میوه بلوط فرآوری شده دارای بالاترین مقدار و گروه شاهد دارای پایین‌ترین مقدار بود. در فراسنجه‌های تجزیه پذیری پروتئین خام، بخش‌های سریع تجزیه و ثابت نرخ تجزیه دارای تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی بود ($P < 0.05$). گروه شاهد دارای بالاترین مقدار بخش سریع تجزیه و تیمار ۴۰ درصد میوه بلوط فرآوری شده دارای پایین‌ترین مقدار بود. در نرخ ثابت تجزیه، گروه شاهد و تیمار ۲۰ درصد میوه بلوط فرآوری شده به ترتیب دارای بالاترین و پایین‌ترین مقدار بودند. در بخش تجزیه پذیری مؤثر در نرخ عبور ۰/۰۵ و ۰/۰۸، تیمار ۴۰ درصد میوه بلوط فرآوری شده دارای بالاترین مقدار و گروه شاهد دارای پایین‌ترین مقدار و در نرخ عبور ۰/۰۲، تیمار ۲۰ درصد میوه بلوط فرآوری شده دارای بالاترین مقدار و گروه شاهد دارای پایین‌ترین مقدار بودند. افزایش فراسنجه‌های تجزیه پذیری با افزایش سطح بلوط فرآوری شده در تحقیق حاضر می‌تواند مربوط به کاهش عوامل ضد تغذیه‌ای بلوط در اثر کاهش ایجاد کمپلکس بین تانن و کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و پلی ساکاریدها و نیز آنزیم‌های هضم‌کننده پروتئین و مواد معدنی باشد (Dentinho et al., 2007).

محققین نشان دادند که بخش کندتجزیه، پتانسیل تجزیه پذیری و تجزیه پذیری مؤثر ماده خشک و پروتئین خام در تیمار حاوی ۳۱/۵۸ درصد مغز بلوط در گاو و گاومیش نسبت به گروه شاهد بالاتر بود (Rahmatimoghdam et al., 2016). شاید یکی از دلایل افزایش فراسنجه‌های تجزیه پذیری بالا بودن کربوهیدرات‌های محلول و پروتئین و همزمانی بین آن‌ها در شکمبه باشد. با افزایش میزان پروتئین در گونه‌های گیاهی تجزیه پذیری بالقوه ماده خشک هم افزایش می‌یابد (Sallamab et al., 2010). اما کاهش فراسنجه‌های تجزیه پذیری در شاهد می‌تواند به وجود عوامل ضدتغذیه‌ای مثل تانن بلوط مرتبط باشد (Frutos et al., 2004). تانن‌ها نیز با ایجاد اتصالات عرضی با پروتئین‌ها از تجزیه سریع پروتئین‌ها در شکمبه جلوگیری می‌کنند (Makkar, 2003). در یک مطالعه گزارش شد که میزان تجزیه پذیری، تجزیه پذیری مؤثر و پروتئین قابل متابولیسم به صورت معنی‌داری در اثر فرآوری علوفه اسپرس به روش سدیم هیدروکسید برای کاهش تانن، افزایش یافت (Khalilvand et al., 2010). در تحقیقی، تانن زدایی به روش پلی اتیلن گلیکول سبب افزایش معنی‌دار تجزیه پذیری ماده خشک نسبت به گروه شاهد شد (Bakshizadeh et al., 2013). نشان داده شد که پلی اتیلن گلیکول باعث افزایش بخش محلول نسبت به شاهد شده است. نرخ ثابت تجزیه پذیری ماده خشک به واسطه افزودن پلی اتیلن گلیکول افزایش یافت (Mahdavi et al., 2008).

جدول ۶- اثر سطوح مختلف میوه بلوط فرآوری شده با هیدروکسید سدیم + اوره روی فراسنجه‌های تولید گاز (میلی لیتر در ۲۰۰ میلی گرم ماده خشک)

Table 6- Effect of different levels of oak fruit processed with sodium hydroxide + urea on gas production parameters (ml in 200 mg of dry matter)

فراسنجه‌ها Parameters	تیمارهای آزمایشی ^۱ Experimental treatments ¹				خطای استاندارد میانگین SEM	احتمال معنی‌داری P-value
	1	2	3	4		
پتانسیل تولید گاز (میلی لیتر) Gas production potential (ml)	69.33 ^b	65.16 ^b	74.24 ^a	73.11 ^a	1.45	0.024
نرخ تولید گاز (میلی لیتر/ساعت) Gas production rate (ml/hour)	0.041	0.038	0.042	0.040	0.003	0.375
اسیدهای کوتاه زنجیر (میلی مول) Short chain acids (mmol)	1.16 ^b	1.20 ^{ab}	1.26 ^a	1.28 ^a	0.008	0.023
قابلیت هضم مواد آلی (درصد) Digestibility of organic matter (%)	74.25 ^b	74.05 ^{ab}	79.04 ^a	78.33 ^a	0.24	0.010
انرژی قابل متابولیسم (مگاژول/کیلوگرم ماده خشک) Metabolizable energy (MJ/kg of dry matter)	8.23 ^b	9.16 ^{ab}	9.33 ^{ab}	10.04 ^a	0.07	0.010

^۱ تیمارهای آزمایشی شامل: ۱- گروه شاهد (فاقد میوه بلوط + PEG)، ۲- تیمار حاوی ۱۰ درصد میوه بلوط فرآوری شده با هیدروکسید سدیم + اوره، ۳- تیمار حاوی ۲۰ درصد میوه بلوط فرآوری شده با هیدروکسید سدیم + اوره و ۴- تیمار حاوی ۴۰ درصد میوه بلوط فرآوری شده با هیدروکسید سدیم + اوره بودند.

میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشترک دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند ($P < 0.05$).

¹ Experimental treatments include: 1- control group (no oak fruit + PEG), 2- treatment containing 10% oak fruit processed with sodium hydroxide + urea, 3- treatment containing 20% oak fruit processed with sodium hydroxide + urea and 4 - The treatment contained 40% oak fruit processed with sodium hydroxide + urea.

Means within same row with different superscripts differ ($P < 0.05$).

پسته به‌صورت تازه و خشک، باعث افزایش قابلیت هضم ماده خشک، قابلیت هضم ماده آلی و انرژی قابل متابولیسم می‌شود (Bagheripour *et al.*, 2008).

دفع مشتقات پورینی و تولید پروتئین میکروبی:

نتایج دفع مشتقات پورینی و تولید پروتئین میکروبی در جدول ۷ نشان داد که در مقادیر آلانتوئین دفعی، گزانتین + هیپوگزانتین، مشتقات پورینی دفع شده، مشتقات پورینی جذب شده و پروتئین میکروبی تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی وجود داشت ($P < 0.05$). نتایج نشان داد، با افزایش سطح میوه بلوط فرآوری شده تا سطح ۴۰ درصد، مقادیر مورد اشاره به‌طور معنی‌داری نسبت به گروه شاهد افزایش یافت.

یکی از دلایل احتمالی افزایش تولید پروتئین میکروبی در تحقیق حاضر را می‌توان با افزایش مصرف خوراک و در نتیجه، ستر بیشتر پروتئین میکروبی به‌واسطه کاهش اثرات تانن با روش فرآوری هیدروکسید سدیم نسبت داد (Dentinho *et al.*, 2007). با افزایش مصرف خوراک، رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌ها شکمبه به‌دلیل دسترس قرارگرفتن انرژی برای میکروارگانیسم‌ها افزایش یافته که سبب افزایش تولید پروتئین میکروبی و در نتیجه، سبب افزایش تولید

افزایش قابلیت هضم و انرژی قابل متابولیسم در اثر به‌کارگیری روش‌های تانن‌زدایی به خوراک‌های حاوی تانن، توسط چندین محقق گزارش شده است (Madibela *et al.*, Khazaal *et al.*, 1994; 2006). تانن‌زدایی تفاله انگور به‌روش پلی‌اتیلن گلیکول باعث افزایش تولید گاز متان و اسید چرب زنجیره کوتاه شد (Safaei *et al.*, 2014). در یک تحقیق، افزودن پلی‌اتیلن گلیکول به حبوبات علوفه‌ای حاوی تانن به‌طور معنی‌داری مقادیر تولید گاز و اسید چرب کوتاه زنجیره را افزایش داد (Getachew *et al.*, 2000). در خصوص تأثیر اوره بر ترکیبات فنولی عنوان می‌شود که اوره در شرایط بی‌هوازی به آمونیاک تبدیل می‌شود و در این محیط قلیایی علاوه‌بر بهبود قابلیت هضم دیواره سلولی به‌دلیل شکستن اتصالات لیگنین با کربوهیدرات‌ها، اکسید شدن فل‌ها و در نتیجه کاهش سطح تانن اتفاق می‌افتد (Salem *et al.*, 2005). یکی دیگر از دلایل احتمالی افزایش گاز تولیدی در عمل‌آوری میوه بلوط با هیدروکسید سدیم و اوره می‌تواند تأثیر کمتر تانن‌ها باشد (Makkar, 2010). بر این اساس، تولید گاز بیشتر در اثر عمل‌آوری میوه بلوط می‌تواند به‌دلیل افزایش قابلیت دسترسی میکروارگانیسم‌های شکمبه به مواد مغذی به‌خصوص نیتروژن باشد (Theodoridou *et al.*, 2011). در آزمایشی، نشان داده شد که افزودن پلی‌اتیلن گلیکول روی پسماندهای

آلانتوئین می شود (Taheri et al., 2018).

جدول ۷- اثر سطوح مختلف میوه بلوط فرآوری شده با هیدروکسید سدیم + اوره روی دفع مشتقات پورینی ادرار و ساخت پروتئین میکروبی

Table 7- Effect of different levels of oak fruit processed with sodium hydroxide + urea on urinary purine derivatives excretion and microbial protein production

فراسنجه‌ها Parameters	تیمارهای آزمایشی ^۱ Experimental treatments ¹				خطای استاندارد میانگین SEM	احتمال معنی‌داری P-value
	1	2	3	4		
آلانتوئین دفعی (میلی‌مول در روز) Allantoin excretion (mmol / day)	12.95 ^b	15.57 ^a	15.66 ^a	16.76 ^a	0.76	0.001
اسید اوریک (میلی‌مول در روز) Uric acid (mmol / day)	2.09	2.16	2.21	2.44	0.16	0.121
گزانتین + هیپوگزانتین (گرم در روز) Xanthine + hypoxanthine (g / day)	1.44 ^b	2.06 ^a	2.24 ^a	2.37 ^a	0.14	0.011
مشتقات پورینی دفع شده (میلی‌مول در روز) Excreted purine derivatives (mmol / day)	16.37 ^b	20.24 ^b	26.12 ^a	28.66 ^a	1.53	0.002
مشتقات پورینی جذب شده (میلی‌مول در روز) Absorbed purine derivatives (mmol / day)	19.56 ^b	25.24 ^a	27.95 ^a	28.06 ^a	1.47	0.001
پروتئین میکروبی (گرم در روز) Microbial protein (g / day)	74.57 ^b	80.46 ^b	96.19 ^a	117.06 ^a	5.19	0.013

^۱ تیمارهای آزمایشی شامل: ۱- گروه شاهد (فاقد میوه بلوط + PEG)، ۲- تیمار حاوی ۱۰ درصد میوه بلوط فرآوری شده با هیدروکسید سدیم + اوره، ۳- تیمار حاوی ۲۰ درصد میوه بلوط فرآوری شده با هیدروکسید سدیم + اوره و ۴- تیمار حاوی ۴۰ درصد میوه بلوط فرآوری شده با هیدروکسید سدیم + اوره بودند. میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشترک دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند ($P < 0.05$).

¹ Experimental treatments include: 1- control group (no oak fruit + PEG), 2- treatment containing 10% oak fruit processed with sodium hydroxide + urea, 3- treatment containing 20% oak fruit processed with sodium hydroxide + urea and 4 - The treatment contained 40% oak fruit processed with sodium hydroxide + urea.

Means within same row with different superscripts differ ($P < 0.05$).

نتیجه‌گیری کلی

نتیجه تحقیق حاضر نشان داد که افزایش غلظت اسیدهای چرب فرار، تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین خام و نیز افزایش دفع مشتقات پورینی و تولید پروتئین میکروبی با مصرف ۴۰ درصد میوه بلوط فرآوری شده مشاهده شد. جمعیت باکتری‌ها و پروتوزوا نیز در تیمار ۲۰ درصد میوه بلوط فرآوری شده دارای بیشترین مقدار بود. در کل، با توجه به نتایج این آزمایش، استفاده از سطح ۴۰ درصد میوه بلوط فرآوری شده با روش هیدروکسید سدیم + اوره در تغذیه بره‌های پرواری قابل توصیه است.

اسپرس عمل‌آوری شده با آب و اوره دارای پتانسیل تولید گاز و نرخ تولید گاز بالاتری به جهت کاهش سطح تانن بود (Yarahmadi et al., 2017). پتانسیل تولید گاز بیشتر در میوه بلوط عمل‌آوری شده در تحقیق حاضر ممکن است مربوط به تانن باشد که در عمل‌آوری با هیدروکسید سدیم و اوره تانن‌زدایی شده و در نتیجه، تولید گاز در اثر رفع ممانعت برای دسترسی میکروارگانیسم‌ها به ماده خوراکی و مزاحمت تانن برای آنزیم‌های میکروبی یا باند کردن خود میکروارگانیسم‌ها برداشته شده است (Salem et al., 2005). افزایش سطح بلوط باعث کاهش تولید گاز کل، متان، قابلیت هضم مواد آلی و انرژی قابل متابولیسم شد (Rajkumar et al., 2015). در یک مطالعه، عصاره تانن بلوط سبب کاهش دفع نیتروژن ادرار در گاوهای شیرین شد (Focant et al., 2019).

References

- Abarghuei, M. J., Rouzbehan, Y., & Alipour, D. (2010). The influence of the grape pomace on the ruminal parameters of sheep. *Livestock Science*, 132(1-3), 73-79. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.05.002>.
- Alipour, D., & Rouzbehan, Y. (2007). Effects of ensiling grape pomace and addition of polyethylene glycol on *in vitro* gas production and microbial biomass yield. *Animal Feed Science and Technology*, 137(1-2), 138-149. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.09.020>.

3. Amiri, M., Dargahi, D., Habashi, H., & Mohammadi, J. (2008). The effects of physiographic factors on natural regeneration of *Quercus castaneifolia* in Lowe forests, Gorgan. *Pajooresh and Sazandegi*, 16(4), 116-123 (In Persian).
4. AOAC. (2003). Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th edition. 2nd revision. Gaithersburg, MD, USA, Association of Analytical Communities.
5. Azizi, O., Salavati, A., & Vaziry, A. (2016). The effects of different levels of Oak acorn on rumen and small intestine morphology and gastrointestinal pH of Markhoz goat kids. *Animal Science Research Journal*, 26(3), 179-190 (In Persian).
6. Bakshizadeh, S., Taghizadeh, A., Janmohammadi, H., & Alijani, P. (2013). The effect of polyethylene glycol on the digestive parameters of pistachio skin using a laboratory method, *Animal and Poultry Research Journal*, 2(1), 11-20 (In Persian).
7. Bagheripour, E., Rouzbehan, Y., & Alipour, D. (2008). Effects of ensiling, air-drying and addition of polyethylene glycol on *in vitro* gas production of pistachio by-products. *Animal Feed Science and Technology*, 146(3-4), 327-336. <https://doi.org/10.1016/J.ANIFEEDSCI.2008.01.002>.
8. Boudieroua, K., Mourou, J., & Selselet-Attou, G. (2009). The effect of green oak acorn (*Quercus ilex*) based diet on growth performance and meat fatty acid composition of broilers. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 22(6), 843-848. <https://doi.org/10.5713/ajas.2009.80571>.
9. Broderick, G. A., & Kang, J. H. (1980). Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and *in vitro* media. *Journal of Dairy Science*, 63(1), 64-75. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(80\)82888-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(80)82888-8).
10. Chen, X. B., & Gomes, M. J. (1992). Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives: An overview of the technical details. International Feed Resources Unit, Rowett Research Institute, Bucksburn, Aberdeen AB2 9SB, UK. (1992) pp. 19.
11. Conway, E. J. (1950). Microdiffusion. Analysis and Volumetric Error. (2nd Ed.). Crosby Lockwood and Son, London. <https://doi.org/10.1038/161583a0>.
12. Dehority, B. A. (2003). Rumen Microbiology. London, UK. Nottingham University.
13. Dentina, M. T. P., Moreira, O. C., Pereira, M. S., & Bessa, R. J. B. (2007). The use of a tannin crude extract from *Cistus ladanifer* L. to protect soya-bean protein from degradation in the rumen. *Animal*, 1(5), 645-650. <https://doi.org/10.1017/S1751731107689745>.
14. Duncan, D. B. (1955). Multiple range and multiple F tests. *Biometrics*, 1, 1-42.
15. Fagundes, G. M., Modesto, E. C., Fonseca, C. E. M., Lima, H. R. P., & Muir, J. P. (2014). Intake, digestibility and milk yield in goats fed *Flemingia macrophylla* with or without polyethylene glycol. *Small Ruminant Research*, 116(2-3), 88-93. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2013.10.018>.
16. Focant, M., Froidmont, E., Archambeau, Q., Van, Q. D., & Larondelle, Y. (2019). The effect of oak tannin (*Quercus robur*) and hops (*Humulus lupulus*) on dietary nitrogen efficiency, methane emission, and milk fatty acid composition of dairy cows fed a low-protein diet including linseed. *Journal of Dairy Science*, 102(2), 1144-1159. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15479>.
17. Frutos, P., Hervas, G., Giráldez, F. J., & Mantecón, A. R. (2004). Tannins and ruminant nutrition. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2(2), 191-202. <https://doi.org/10.5424/sjar/2004022-73>.
18. Getachew, G., Makkar, H. P. S., & Becker, K. (2000). Effect of polyethylene glycol on *in vitro* degradability of nitrogen and microbial protein synthesis from tannin-rich browse and herbaceous legumes. *British Journal of Nutrition*, 84(1), 73-83. <https://doi.org/10.1017/S0007114500001252>.
19. Ghaderi, M., Sadeghi Mahoonak, A., Alami, M., Khomeiri, M., & Rezaei, R. (2011). Evaluation of antiradical and antimicrobial activity of methanolic extract of two acorn varieties and detection of phenolic compound with high performance liquid chromatography. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 7(3), 180-190 (In Persian). <https://doi.org/10.22067/ijfstr.v7i3.10124>.
20. Ghasemi, S., Naserian, A. A., Valizadeh, R., Vakili, A. R., Behgar, M., Tahmasebi, A. M., & Ghovvati, S. (2012). Partial and total substitution of alfalfa hay by pistachio byproduct modulated the counts of selected cellulolytic ruminal bacteria attached to alfalfa hay in sheep. *Livestock Science*, 150(1-3), 342-348. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.09.024>.
21. Guimarães-Beelen, P. M., Berchielli, T. T., Beelen, R., & Medeiros, A. N. (2006). Influence of condensed tannins from Brazilian semi-arid legumes on ruminal degradability, microbial colonization and ruminal enzymatic activity in Saanen goats. *Small Ruminant Research*, 61(1), 35-44. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.01.007>.
22. Greenwood, R. H., Morrill, J. L., Titgemeyer, E. C., & Kennedy, G. A. (1997). A new method of measuring diet abrasion and its effect on the development of the forestomach. *Journal of Dairy Science*, 80(10), 2534-2541. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(97\)76207-6](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(97)76207-6).
23. Harsini, M., Bojarpour, M., Eslami, M., Chaji, M., & Mohammadabadi, T. (2013). The effect of oak kernel on digestibility and fermentative characteristics in Arabian sheep. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 5(2), 127-135 (In Persian). <https://doi.org/10.22067/ijasr.v5i2.28290>.
24. Hoseinpour-Mohammadabadi, H., & Chaji, M. (2019). Effect of oak kernel on digestibility, growth performance, protozoa population and ruminal and blood parameters of fattening goat kids. *Iranian Veterinary Journal*, 15(2),

- 38-49 (In Persian). <https://doi.org/10.22055/TVJ.2018.110835.1998>.
25. Jones, R. J., Meyer, J. H. F., Bechaz, M., & Stoltz, M. A. (2000). An approach to screening potential pasture species for condensed tannin activity. *Animal Feed Science and Technology*, 85(3-4), 269-277. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(00\)00144-9](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(00)00144-9).
26. Khazaal, K., Boza, J., & Ørskov, E. R. (1994). Assessment of phenolics-related antinutritive effects in Mediterranean browse: A comparison between the use of the *in vitro* gas production technique with or without insoluble polyvinylpyrrolidone or nylon bag. *Animal Feed Science and Technology*, 49(1-2), 133-149. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(94\)90087-6](https://doi.org/10.1016/0377-8401(94)90087-6).
27. Khalilvand-Behrouziar, H., Dehghan Benadaki, M., & Rezaizdi, K. (2010). The effect of reducing phenolic compounds using different processes on the chemical composition and classification of crude protein of Spurs fodder using the nylon bag method, CNCPS and AFRC, *Iranian Animal Sciences (Iranian Agricultural Sciences)*, 14(3), 391-403 (In Persian).
28. Kozloski, G. V., Härter, C. J., Hentz, F., de Ávila, S. C., Orlandi, T., & Stefanello, C. M. (2012). Intake, digestibility and nutrients supply to wethers fed ryegrass and intraruminally infused with levels of Acacia mearnsii tannin extract. *Small Ruminant Research*, 106(2-3), 125-130. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2012.06.005>.
29. Lu, C. D., & Jorgensen, N. A. (1987). Alfalfa saponins affect site and extent of nutrient digestion in ruminants. *The Journal of Nutrition*, 117(5), 919-927. <https://doi.org/10.1093/jn/117.5.919>.
30. Lu, Y., & Foo, L. Y. (1999). The polyphenol constituents of grape pomace. *Food chemistry*, 65(1), 1-8. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00245-3](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00245-3).
31. Madibela, O. R., Seitshiro, O., & Mochankana, M. E. (2006). Deactivation effects of polyethylene glycol (PEG) on *in vitro* dry matter digestibility of *Colophospermum mopane* (Mophane) and Acacia browse trees in Botswana. *Pakistan Journal of Nutrition*, 5(4), 343-347. <https://doi.org/10.3923/pjn.2006.343.347>.
32. Makkar, H. P. (2010). *In vitro* screening of feed resources for efficiency of microbial protein synthesis. *In vitro screening of plant resources for extra-nutritional attributes in ruminants. Nuclear and Related Methodologies*, 7, 107-144. https://doi.org/10.1007/978-90-481-3297-3_7.
33. Makkar, H. P. (2004). Method for evaluation of nutritional quality of feed resources. *Assessing Quality and Safety of Animal Feeds*, (160), 55.
34. Makkar, H. P. S. (2003). Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. *Small Ruminant Research*, 49(3), 241-256. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(03\)00142-1](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(03)00142-1).
35. Makkar, H. P. S., & Singh, B. (1993). Effect of storage and urea addition on detannification and in Sacco dry matter digestibility of mature oak (*Quercus incana*) leaves. *Animal Feed Science and Technology*, 41(3), 247-259. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(93\)90017-E](https://doi.org/10.1016/0377-8401(93)90017-E).
36. Makkar, H. P., Singh, B., & Dawra, R. K. (1988). Effect of tannin-rich leaves of oak (*Quercus incana*) on various microbial enzyme activities of the bovine rumen. *British journal of Nutrition*, 60(2), 287-296. <https://doi.org/10.1079/bjn19880100>.
37. Mahdavi, A., Zaghari, M., Zahedifar, M., Nikkhah, A., & Aghashahi, A. R. (2008). Determining the nutritional value and investigating the possibility of using different levels of dried pistachio shells on fattening performance of Iranian Afshari lambs. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 15(5), 139-146 (In Persian).
38. Menke, H. H., & Steingass, H. (1988) Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development*, 28, 7-55.
39. Mekki, I., Smeti, S., Hajji, H., Yagoubi, Y., Mahouachi, M., & Atti, N. (2019). Effect of oak acorn (*Quercus ilex*) intake during suckling and fattening of Barbarine lambs on growth, meat quality and fatty acid profile. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 28, 22-30. <https://doi.org/10.22358/jafs/102757/2019>.
40. Mekki, I., Smeti, S., Hajji, H., Mahouachi, M., & Atti, N. (2022). Effects of green oak acorn (*Quercus ilex*) intake on nutrient digestibility, lamb growth, and carcass and non-carcass characteristics. *Archives Animal Breeding*, 65(1), 113-120. <https://doi.org/10.5194/aab-65-113-2022>.
41. Naumann, H. D., Tedeschi, L. O., Zeller, W. E., & Huntley, N. F. (2017). The role of condensed tannins in ruminant animal production: advances, limitations and future directions. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 46, 929-949. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902017001200009>.
42. NRC. (2007). Nutrient requirements of small ruminants: Sheep, goats, cervids, and New World camelids: Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/11654>.
43. Ottenstein, D. M., & Bartley, D. A. (1971). Separation of free acids C₂–C₅ in dilute aqueous solution column technology. *Journal of Chromatographic Science*, 9(11), 673-681. <https://doi.org/10.1093/chromsci/9.11.673>.
44. Ørskov, E. R., & McDonald, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *The Journal of Agricultural Science*, 92(2), 499-503. <https://doi.org/10.1017/S0021859600063048>.
45. Rahmatimoghadam, Z., Mohammadabadi, T., Roshanfekr, H., Chaji, M., & Mirzadeh, Kh. (2016). Investigation the effect of diets containing different levels of oak kernel on ruminal digestion and fermentation and degradability of cow and buffalo in Khuzestan. *Animal Science Research Journal*, 28(3), 17-29 (In Persian).
46. Rajkumar, K., Bhar, R., Kannan, A., Jadhav, R. V., Singh, B., & Mal, G. (2015). Effect of replacing oat fodder

- with fresh and chopped oak leaves on *in vitro* rumen fermentation, digestibility and metabolizable energy. *Veterinary World*, 8(8), <https://doi.org/10.14202/vetworld.2015.1021-1026>.
47. Safaei A, Torbatinejad, N., Mansouri, H., & Zerehdaran, S. (2014). Effects of adding poly-ethylene-glycol on methane production in rumen, digestion and metabolic energy of grape and lime pomaces. *Research on Animal Production*, 5(9), 83-95 (In Persian).
48. Salem, H. B., Saghrouni, L., & Nefzaoui, A. (2005). Attempts to deactivate tannins in fodder shrubs with physical and chemical treatments. *Animal Feed Science and Technology*, 122(1-2), 109-121. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.04.009>.
49. Sallamab, S. M. A. H., da Silva Bueno, I. C., de Godoy, P. B., Nozella, E. F., Vitti, D. M. S. S., & Abdalla, A. L. (2010). Ruminal fermentation and tannins bioactivity of some browses using a semi-automated gas production technique. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 12(1), 1-10.
50. SAS. (2001). Statistical Analysis System User's Guide: Statistics. SAS Institute, Cary, NC.
51. Sharifi, A., Chaji, M., & Vakili, A. (2019). Effect of treating recycled poultry bedding with tannin extracted from pomegranate peel on rumen fermentation parameters and cellulolytic bacterial population in Arabian fattening lambs. *Veterinary Research Forum*, 10(2), 145-152. <https://doi.org/10.30466/vrf.2019.75050.2007>.
52. Taheri, M., Tahmasbi, R., Sharifi Hoseini, M. M., & Dayani, O. (2018). Chemical composition of ensiled licorice with different levels of wasted date and its feeding effect on digestibility and nitrogen balance in Rayeni goat. *Journal of Animal Production*, 20(1), 15-27. <https://doi.org/10.22059/jap.2018.232324.623202>.
53. Tedeschi, L. O., Cannas, A., & Fox, D. G. (2010). A nutrition mathematical model to account for dietary supply and requirements of energy and other nutrients for domesticated small ruminants: The development and evaluation of the Small Ruminant Nutrition System. *Small Ruminant Research*, 89(2-3), 174-184. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.12.041>.
54. Theodoridou, K., Aufrère, J., Niderkorn, V., Andueza, D., Le Morvan, A., Picard, F., & Baumont, R. (2011). *In vitro* study of the effects of condensed tannins in sainfoin on the digestive process in the rumen at two vegetation cycles. *Animal Feed Science and Technology*, 170(3-4), 147-159. <https://doi.org/10.1017/S1751731111001510>.
55. 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).
56. Waghorn, G. C., Shelton, I. D., McNabb, W. C., & McCutcheon, S. N. (1994). Effects of condensed tannins in *Lotus pedunculatus* on its nutritive value for sheep. 2. Nitrogenous aspects. *The Journal of Agricultural Science*, 123(1), 109-119. <https://doi.org/10.1079/BJN19870015>.
57. Yanez Ruiz, D. R., Moumen, A., Martin Garcia, A. I., & Molina Alcaide, E. (2004). Ruminal fermentation and degradation patterns, protozoa population, and urinary purine derivatives excretion in goats and wethers fed diets based on two-stage olive cake: Effect of PEG supply. *Journal of Animal Science*, 82(7), 2023-2032. <https://doi.org/10.2527/2004.8272023x>.
58. Yarahmadi, B., Chaji, M., Boujarpour, M., Mirzadeh, K., & Rezaei, M. (2017). Effects of sainfoin tannin treated by water or urea on microbial population, gas production parameters, digestibility and *in vitro* fermentation. *Iranian Veterinary Journal*, 13(3), 97-114. <https://doi.org/10.22055/IVJ.2017.42664.1625> (In Persian).
59. Yousef Elahi, M. Y., & Rouzbehan, Y. (2008). Characterization of *Quercus persica*, *Quercus infectoria* and *Quercus libani* as ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 140(1-2), 78-89. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.02.009>.



Performance, Carcass Characteristics, Blood Parameters, Feed Intake and Digestibility of Moghani and Romanov-Moghani Crossbreed Fattening Lambs Fed with Different Energy Levels

Nima Neshane¹, Hossein Abdi Benemar^{1*}, Jamal Seifdavati², Farzad Mirzaei Aghjeh Gheshlagh², Abazar Ghanbari Erdi³

1- M.Sc. Graduate, Department of Animal Science, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

2- Professor, Department of Animal Science, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

3- M.Sc. Animal Science Research Department, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ardabil, Iran.

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

How to cite this article:

Received: 03-01-2023

Revised: 28-02-2023

Accepted: 01-03-2023

Available Online: 01-03-2023

Neshane, N., Abdi Benemar, H., Seifdavati, J., Mirzaei Aghjeh Gheshlagh, F., & Ghanbari Erdi, A. (2023). Performance, carcass characteristics, blood parameters, feed intake and digestibility of Moghani and Romanov-Moghani crossbreed fattening lambs fed with different energy levels. Iranian Journal of Animal Science Research, 16(1), 57-67. (in Persian with English abstract).
<https://doi.org/10.22067/IJASR.2023.82729.1150>

Introduction: Moghani sheep, one of the dominant meat breeds among Iranian sheep, is known for its good body size, resistance to changes in weather conditions, and capacity to produce heavy-weight lambs. The Romanov breed is known worldwide for its early sexual maturity, long breeding season, and high productivity. Among high-yielding breeds, the Romanov breed achieves higher twinning and fertility, higher weight of ewes, optimal shelf life of lambs, and heavier final weight of lambs. During past years, increasing productivity of Iranian native sheep breeds, including the Moghani breed, has been implemented through cross-breeding with high-yielding foreign breeds such as the Romanov breed to improve growth and twinning rates and reduce size of the fat-tail. Crossbreeding is a way to improve poor production and reproductive characteristics of livestock. Due to the lack of information regarding the fattening performance and carcass characteristics of the Romanov-Moghani crossbreeds, the aim of this study was to investigate the fattening performance carcass characteristics, blood parameters, feed intake and digestibility of Moghani and Romanov-Moghani crossbreed fattening lambs under diets with different energy levels.

Materials and Methods: This research was conducted using 24 male lambs (10 Moghani lambs and 10 Romanov-Moghani cross-bred lambs) as a factorial design with 4 experimental groups and 6 replications (lambs) in each group. The duration of the experiment was 75 days. The experimental groups in this research include: 1) Moghani lambs fed low energy diet, 2) Moghani lambs fed high energy diet, 3) Romanov-Moghani lambs fed low energy diet, 4) Romanov-Moghani lambs fed high energy diet. A rumen-protected energy powder (Energizer



©2023 The author(s). This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

<https://doi.org/10.22067/IJASR.2023.82729.1150>

RP-10, IFFCO, Johor, Malaysia) was used to increase the energy level in high-energy diets. Fattening performance was measured by weighing the lambs every two weeks. At the end of the experiment, all the lambs were slaughtered and the carcass characteristics, including hot carcass percentage, cold carcass percentage, tail percentage, and back fat thickness were measured. After 24 hours of storage in 4°C, back-fat thickness between the 14th and 13th vertebrae were measured with a digital caliper. Blood samples were drawn from the jugular vein of all lambs 3 hours after feed consumption, and the samples were immediately centrifuged at 3500 rpm for 15 minutes then the plasma samples were frozen at -20 °C till analysis day determining concentrations of blood parameters including glucose, blood urea nitrogen, cholesterol, triglyceride, total protein, albumin, and globulin were determined using commercial kits and spectrophotometer. All the data were analyzed in the form of a completely random design and factorial experiment using the GLM method for statistical analysis.

Results and Discussion: The results showed that Moghani lambs had significantly more tail percentage and lower tailless carcass percentage than Romanov-Moghani mixed lambs. Feeding a diet with a higher level of energy by feeding protected rumen fat decreased the percentage of the tail and increased the percentage of the carcass without the tail. Moghani lambs fed with high-energy diet had the highest back fat thickness compared to all groups. On the other hand, the average daily weight gain was only influenced by the energy level of the diet. Based on the results, Romanov-Moghani crossbred lambs had a higher weight gain than Moghani lambs, and feeding fat supplement improved livestock performance. Due to the fact that no significant difference was observed in the feed consumption of lambs due to fat supplement feeding, therefore, the better fattening performance of lambs in the groups fed with fat supplement can be attributed to the increase in energy intake in these animals as well as the higher efficiency of the metabolic energy conversion of fats compared to carbohydrates (McDonald et al., 2012). Based on the obtained results, Romanov-Moghani cross-bred lambs had a higher weight gain than pure lambs, and also fat supplement feeding improved the performance of livestock. Therefore, crossbreeding fat-tailed Moghani breed with a tailless breed such as Romanov can be considered as an efficient method to reduce carcass tail percentage and improve carcass yield. On the other hand, providing energy in the form of fat may also result in a relative decrease in the tail percentage.

Conclusion: In general, the results of this experiment indicated that crossbreeding fat-tailed Moghani breed with a tailless breed like Romanov can be considered as an efficient method to reduce tail percentage and improve carcass yield. On the other hand, providing energy in the form of fat may also lead to a relative decrease in tail percentage.

Keywords: Crossbreed Romanov Moghani, fattening lambs, fattening performance, Moghani breed

عملکرد، خصوصیات لاشه، فراسنجه‌های خونی و قابلیت هضم مواد مغذی بره‌های پرواری نژاد مغانی و آمیخته رومانف-مغانی تحت جیره‌های با سطوح مختلف انرژی

نیما نشانه^۱، حسین عبدی بنمار^{۲*}، جمال سیف دواتی^۲، فرزاد میرزایی آقچه قشلاق^۲، اباذر قنبری اردی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۱۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۷/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۰۸

چکیده

هدف از مطالعه حاضر، بررسی اثرات سطوح مختلف انرژی بر عملکرد رشد، خصوصیات لاشه، فراسنجه‌های خونی و قابلیت هضم مواد مغذی بره‌های نژاد مغانی و آمیخته رومانف-مغانی بود. در این تحقیق، تعداد ۲۴ رأس بره پرواری با میانگین وزنی 30 ± 5 به صورت یک آزمایش فاکتوریل (2×2) در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار گروه و شش تکرار به مدت ۷۵ روز استفاده شد. گروه‌های آزمایشی شامل: ۱) بره‌های نژاد مغانی تغذیه شده با جیره سطح انرژی پایین، ۲) بره‌های نژاد مغانی تغذیه شده با جیره سطح انرژی بالا، ۳) بره‌های آمیخته رومانف-مغانی تغذیه شده با جیره سطح انرژی پایین، ۴) بره‌های رومانف-مغانی تغذیه شده با جیره سطح انرژی بالا بودند. نتایج نشان داد که در کل دوره پرورشی میانگین افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل غذایی تحت تأثیر عامل ژنوتیپ و سطح انرژی جیره قرار گرفتند. به طوری که بره‌های آمیخته رومانف-مغانی ضریب تبدیل و افزایش وزن روزانه بهتری نسبت به بره‌های مغانی داشتند. بره‌های مغانی به طور معنی‌داری درصد دنبه بیشتر و درصد لاشه بدون دنبه کمتری نسبت به بره‌های آمیخته رومانف-مغانی داشتند. استفاده از چربی محافظت شده (سطوح بالاتر انرژی) در جیره درصد دنبه را کاهش و درصد لاشه بدون دنبه را افزایش داد. بره‌های آمیخته تغذیه شده با مکمل چربی تحت تأثیر عامل متقابل ژنوتیپ و سطح انرژی بالاترین میزان گلوکز را داشتند. بره‌های آمیخته رومانف-مغانی غلظت آلبومین بالاتر و غلظت نیتروژن اوره‌ای خون پایین‌تری داشتند. براساس نتایج این مطالعه، آمیخته‌گری نژاد دنبه‌دار مغانی با نژاد رومانف می‌تواند به عنوان یک راهکار کارآمد برای افزایش عملکرد و کاهش درصد دنبه لاشه و بهبود بازده لاشه باشد. از طرفی، تأمین انرژی از چربی نیز ممکن است موجب کاهش نسبی درصد دنبه شود.

واژه‌های کلیدی: آمیخته رومانف-مغانی، بره‌های پرواری، عملکرد پروار

مقدمه

یکی از راهکارهای دستیابی به افزایش عملکرد اقتصادی،

استفاده از مزیت‌های بین نژادهای مختلف می‌باشد و به طور عمده از برنامه‌های آمیخته‌گری برای این منظور استفاده می‌کنند. هدف اصلی تولیدکنندگان، افزایش عملکرد رشد گله است. سود اقتصادی حاصل از گوسفندان با سلامت و باروری بالا آن‌ها مرتبط است و باروری بالا از اهداف پرورش‌دهندگان گوسفند می‌باشد. اما وراثت‌پذیری پایین صفات تولیدمثلی، باعث شده، پیشرفت ژنتیکی بسیار دشوار شود. به همین دلیل، از تلاقی نژادهای بومی کم بازده با نژادهای پربازده استفاده می‌کنند، تا در زمان کوتاهی نژادهای با پتانسیل بالاتر تولید کنند (Momani Shake et al., 2002).

گوسفند مغانی با تعداد حدود ۵/۵ میلیون رأس یکی از نژادهای گوشتی غالب در میان گوسفندان ایران می‌باشد که از لحاظ اندازه

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم دامی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۲- استاد گروه علوم دامی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۳- کارشناسی ارشد گروه تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل، AREEO، اردبیل، ایران.

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

<https://doi.org/10.22067/IJASR.2023.82729.1150>

دنبه انجام می‌شود. این در حالی است که ارزیابی دقیق از عملکرد آمیخته‌ها ضروری به نظر می‌رسد. در استان اردبیل با توجه به وجود نژاد مغانی به عنوان نژاد غالب استان، طرح تلقیح میش‌های خالص مغانی در برخی گله‌های آزمونه‌ای با اسپرم‌های رومانف در طی چند سال اخیر انجام شده است.

اهداف طرح آمیخته‌گری با نژاد رومانف را می‌توان افزایش دوقلو زایی و بهبود راندمان تولیدمثلی نژادهای بومی، کاهش و یا حتی حذف دنبه و افزایش سرعت رشد بره‌ها ذکر کرد. بره‌های پرواری در دوره پروار نیاز به انرژی بالایی به رشد سریع و تولید دارند، از این رو، برای تأمین انرژی می‌توان از منبع انرژی چربی در جیره‌های آن‌ها استفاده کرد (Manso et al., 1998). نکته دیگری که استفاده از مکمل چربی را در تغذیه بره‌های پرواری می‌تواند توجیه نماید عدم نقش چربی‌ها در ایجاد اسیدوز است که یک مشکل اساسی در پرواربندی بره و گوساله می‌باشد (Owens et al., 1998). لذا، با توجه به کمبود اطلاعات در خصوص عملکرد پروار و خصوصیات لاشه برای آمیخته رومانف-مغانی، هدف از پژوهش حاضر بررسی عملکرد پروار بره‌های پرواری مغانی و آمیخته رومانف-مغانی تحت جیره‌های با سطوح مختلف انرژی با استفاده از مکمل چربی تجاری بود.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در واحد گوسفندداری دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی واقع در استان اردبیل انجام شد. بدین منظور، از ۲۴ رأس بره نر (۱۲ رأس بره مغانی و ۱۲ رأس بره آمیخته رومانف-مغانی) با میانگین وزنی 30 ± 5 به صورت آزمایش فاکتوریل (2×2) در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار گروه و شش تکرار استفاده گردید. طول مدت زمان آزمایش به مدت ۷۵ روز بود. گروه‌های آزمایشی شامل: (۱) بره‌های مغانی تغذیه شده با جیره حاوی سطح انرژی پایین، (۲) بره‌های مغانی تغذیه شده با جیره حاوی سطح انرژی بالا، (۳) بره‌های رومانف-مغانی تغذیه شده با جیره حاوی سطح انرژی پایین و (۴) بره‌های رومانف-مغانی تغذیه شده با جیره حاوی سطح انرژی بالا بودند (جدول ۱). به منظور افزایش سطح انرژی در جیره‌های آزمایشی از پودر چربی محافظت شده دامی (Energizer RP-10, IFFCO, Johor, Malaysia) استفاده شد. بره‌های مورد استفاده در این پژوهش از شرکت تعاونی ۹۱۴ دام‌پروری کلور واقع در شهر کلور از توابع شهرستان خلخال در استان اردبیل تهیه شد که محل اجرای طرح آمیخته‌گری نژاد مغانی سازمان جهاد کشاورزی استان اردبیل می‌باشد. جیره‌های آزمایشی دو بار در روز به نسبت مساوی در ساعات هشت و ۱۶ در اختیار بره‌ها قرار گرفت. جهت تعیین میزان مصرف خوراک بره‌های پرواری، مقدار خوراک

بدن، مقاومت در مقابل تغییرات شرایط آب و هوایی و ظرفیت تولید بره‌های سنگین وزن شناخته شده است (Hosseini-Zadeh and Ardalan, 2010). محل پرورش این نژاد دشت مغان در استان اردبیل است. در این نژاد، به خاطر مهارت عشایر شاهسون در امر گله‌داری خصوصیات نژادی حفظ شده و کمتر با سایر نژادها آمیزش داده شده است. ییلاق این نژاد ارتفاعات سبلان و قشلاق آن دشت مغان است. در این نژاد رنگ بدن در چند ماه اول زندگی خرمایی تیره است، ولی در دام‌های بالغ رنگ بدن سفید شکری و رنگ دست و پا قهوه‌ای روشن می‌باشد. این نژاد دنبه‌دار، دارای پشت صاف و مسطح و عضلانی است. دست و پا 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 نژاد شناخته شده و برتر جهان و در اصل مربوط به کشور روسیه بوده است. بره رومانف هنگام تولد سیاه است و به سرعت به رنگ خاکستری تغییر می‌یابد. به سبب بالا بودن میزان باروری، نژاد رومانف شهرت بین‌المللی کسب نموده است. در شوروی بازدهی تولیدمثل رومانف ۲۱۰-۲۵۰ درصد تعیین شده که در شرایط مناسب ۲۵۰-۳۰۰ درصد افزایش می‌یابد (Stanford et al., 1998). شرستا و همکاران (Shrestha et al., 2008) گزارش کردند که در بین نژادهای پربازده، نژاد رومانف به دوقلو زایی و باروری بالاتر، وزن بالاتر میش‌ها، ماندگاری مطلوب بره‌ها و وزن پایانی سنگین‌تر بره‌ها دست می‌یابد. نخستین بار در سال ۱۹۶۳ به وسیله مرکز تحقیقات INRA و به منظور اهداف پژوهشی به فرانسه وارد شد. به دنبال پروژه های اصلاح نژادی به وسیله متخصصان فرانسوی چندقلو زایی این نژاد بالاترین نرخ را در میان تمام نژادهای گوسفند دنیا از آن خود کرد. رومانف یک نژاد خالص بوده و از تلاقی نژادها به وجود نیامده است. این نژاد بدون دنبه، زودرس بوده و بره‌های آن در سن چهار ماهگی نیز خصوصیات بلوغ از خود نشان می‌دهند. باروری بسیار خوب، فصل تولیدمثل بسیار طولانی، خصایص مادری منحصر به فرد، توان بالایی حمایتی مادر از بره‌های تازه متولد شده و نیروی جسمانی بسیار بالای بره‌های تازه متولد شده از ویژگی‌های بسیار بارز نژاد رومانف است (Talebi et al., 2017).

در طی سال‌های گذشته، طرح افزایش بهره‌وری گوسفندان بومی کشور از جمله نژاد مغانی از طریق آمیخته‌گری با نژادهای پربازده خارجی مانند نژاد رومانف اجرا می‌شود. آمیخته‌گری راهی است که برای بهبود خصوصیات ضعیف تولیدی و تولیدمثلی دام‌ها انجام می‌گیرد. اگرچه نقش دنبه در نژادهای دنبه‌دار ایران به خاطر رفت و آمد دام بین ییلاق و قشلاق و شرایط اقلیمی ایران اهمیت دارد، ولی به دلیل تمایل به کاهش دنبه در برنامه‌های اصلاحی، اخیراً آمیخته‌گری نژاد رومانف با نژادهای گوسفندی داخل کشور از قبیل نژاد مغانی، کرمانی و فشندی در جهت بهبود سرعت رشد و دوقلو زایی و کاهش اندازه

مصرفی هر بره به‌طور روزانه ثبت شد. بدین منظور مقدار خوراک ریخته شده در سطل هر بره به‌طور روزانه ثبت‌شده و باقی‌مانده خوراک هرروز، صبح روز بعد جمع‌آوری و توزین می‌شد و سپس خوراک تازه در سطل غذا ریخته می‌شد. همچنین، به‌منظور بررسی عملکرد پرورار، بره‌ها هر دو هفته یک‌بار توزین شده و افزایش وزن روزانه محاسبه شد. ضریب تبدیل غذایی از تقسیم متوسط خوراک مصرفی هر بره بر افزایش وزن روزانه آن‌ها به‌دست آمد.

قابلیت هضم مواد مغذی خوراک به‌واسطه اندازه‌گیری خاکستر نامحلول در اسید طبق روش ون کلون و یانگ انجام گرفت (Van Soest et al., 1991) مورد ارزیابی قرار گرفتند.

نمونه‌های خوراک و مدفوع جهت تعیین ترکیب شیمیایی شامل پروتئین خام، چربی خام، خاکستر خام (AOAC, 2000) و الیاف نامحلول در شوینده خنثی (Van Soest et al., 1991) قرار گرفتند.

نمونه‌های خوراک و مدفوع جهت تعیین ترکیب شیمیایی شامل پروتئین خام، چربی خام، خاکستر خام (AOAC, 2000) و الیاف نامحلول در شوینده خنثی (Van Soest et al., 1991) قرار گرفتند.

جدول ۱- مواد تشکیل‌دهنده جیره‌های غذایی (درصد در ماده خشک)

Table 1- Dietary ingredients (percentage in dry matter)

جیره انرژی پایین	جیره انرژی بالا	ترکیب جیره	جیره انرژی پایین	جیره انرژی بالا
درصد (ماده خشک)	درصد (ماده خشک)		درصد (ماده خشک)	درصد (ماده خشک)
Low energy diet % (Dry matter)	High energy diet % (Dry matter)	Chemical composition	Low energy diet % (Dry matter)	High energy diet % (Dry matter)
2.45	2.60	انرژی متابولیسمی (مگا کالری در کیلوگرم)	2.45	2.60
90.8	90.7	ماده خشک (درصدی از ماده خشک)	90.8	90.7
14.4	14.3	پروتئین خام (درصدی از ماده خشک)	14.4	14.3
15.8	15.7	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (درصدی از ماده خشک)	15.8	15.7
29.5	29.4	الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصدی از ماده خشک)	29.5	29.4
2.2	4.8	عصاره اتری (درصدی از ماده خشک)	2.2	4.8
0.8	0.8	کلسیم (درصدی از ماده خشک)	0.8	0.8
0.4	0.4	فسفر (درصدی از ماده خشک)	0.4	0.4

^۱ مکمل ویتامین: ویتامین A، ۵۰۰۰۰ واحد بین‌المللی در کیلوگرم، ویتامین E، ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم؛ ویتامین D₃ ۱۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی در کیلوگرم؛ مکمل‌های معدنی: کلسیم ۱۹۵۰۰۰ میلی‌گرم؛ فسفر ۹۰۰۰۰ میلی‌گرم؛ منیزیم ۹۰۰۰۰ میلی‌گرم، سدیم ۵۵۰۰۰ میلی‌گرم؛ روی ۳۰۰۰ میلی‌گرم، آهن ۳۰۰ میلی‌گرم، منگنز ۲۰۰۰ میلی‌گرم؛ کبالت ۱۰۰ میلی‌گرم؛ سلنیوم ۱ میلی‌گرم؛ آنتی اکسیدان ۴۰۰ میلی‌گرم.

مقادیر برآورد شده توسط نرم‌افزار CNCPS (version 1.0.21)

^۱Vitamin Supplement: Vitamin A, 500,000 IU/ kg; Vitamin E, 100 mg/ kg; Vitamin D₃ 100,000 IU/ kg; Mineral Supplements: Calcium 195,000 mg; Phosphorus 90,000 mg; Magnesium 90,000 mg; Sodium 55000 mg; Zinc 3000 mg; Iron 300 mg; Manganese 2000 mg; Cobalt 100 mg; Selenium 1 mg; Antioxidant 400 mg.

در انتهای آزمایش، تمامی بره‌ها کشتار شده و خصوصیات لاشه شامل درصد لاشه گرم، درصد لاشه سرد، درصد دنبه و ضخامت چربی کمر اندازه‌گیری شد. ضخامت چربی کمر پس از ۲۴ ساعت قرار

گرفتن لاشه گرم در سردخانه در قسمت مهره ۱۳ با دقت زیاد توسط کولیس دیجیتالی اندازه‌گیری شد. جهت تعیین فراسنجه‌های خونی در روز ۶۰ آزمایش سه ساعت

پس از خوراک‌دهی وعده صبح از سیاهرگ گردنی خون‌گیری انجام شد. به منظور جلوگیری از انعقاد خون و نوجکت‌های نمونه‌گیری آغشته به EDTA استفاده شد و نمونه‌های خون بلافاصله جهت استخراج پلاسما با دور ۳۵۰۰، به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شدند. پس از انجام سانتریفیوژ پلاسما جدا شده و در دمای ۲۰- درجه سلسیوس تا زمان آنالیز نگهداری شد. سپس با استفاده از کیت‌های تجاری (شرکت پارس آزمون تهران) غلظت فراسنجه‌های خونی شامل گلوکز، نیتروژن اوره‌ای خون (BUN)، کلسترول، تری گلیسیرید، پروتئین کل، آلبومین و گلوبولین با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Unico UV-2000, Japan) تعیین شد.

پس از انجام محاسبات اولیه و جمع‌آوری کلیه داده‌ها، جهت تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (SAS, 2003) در قالب طرح کاملاً تصادفی و آزمایش فاکتوریل 2×2 با رویه GLM طبق مدل و معادله ۱ آماری زیر انجام شد:

$$Y = \mu + G_i + F_j + GF_{ij} + e_i \quad (1)$$

که در آن، فاکتور اول (G): اثر ژنوتیپ، (F): فاکتور دوم اثر افزایش سطح انرژی با استفاده از چربی محافظت شده، (GF): اثر متقابل نژاد و سطح انرژی و e : اثر اشتباه آزمایشی بود.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به اثر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد پروار و مصرف ماده خشک بره‌های مغانی و آمیخته مغانی-رومانف در جدول ۲ نشان داده شده است. میانگین افزایش وزن روزانه در ماه اول تحت تأثیر اثر ژنوتیپ و در ماه دوم تحت اثر سطح انرژی جیره غذایی قرار گرفتند، درحالی‌که میانگین افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل غذایی در کل دوره پرورشی، تحت تأثیر هر دو عامل ژنوتیپ و سطح انرژی جیره غذایی قرار گرفتند ($P < 0.05$). در تمامی زمان‌های مورد بررسی، مصرف ماده خشک بره‌های مغانی و آمیخته تحت تأثیر سطوح عامل ژنوتیپ، سطح انرژی و عامل متقابل آن‌ها قرار نگرفت. در کل دوره پرورشی، عامل انرژی جیره و ژنتیک ضریب تبدیل غذایی بره‌ها را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد ($P < 0.05$). در این راستا، عبدالله و همکاران (Abdullah et al., 2011) گزارش کردند که بره‌های آمیخته رومانف-آواسی نسبت به بره‌های خالص آواسی افزایش وزن بیشتری پس از شیرگیری داشته‌اند. همچنین در مطالعه دیگری مومنی‌شاکر و همکاران (Momani Shaker et al., 2002) گزارش کردند که آمیخته‌گری نژاد دنیهدار آواسی با رومانف سبب بهبود عملکرد پرواری بره‌های آواسی می‌شود. فیلیپس و همکاران (Phillips et al., 2005) گزارش کردند که آمیخته‌گری نژاد رومانف با نژاد اس‌تی‌کروکس افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل بره‌های آمیخته نسبت به بره‌های خالص اس‌تی‌کروکس بهبود داد. هادی پور

و همکاران (Hadipour et al., 2014) با بررسی افزودن مکمل چربی بر عملکرد بره‌های پرواری افشاری گزارش کردند که افزودن ۲/۵ درصد مکمل چربی محافظت‌شده کلسمی موجب بهبود افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل بره‌ها شد. درحالی‌که عدم تأثیر تغذیه مکمل چربی بر عملکرد و افزایش وزن بره‌های پرواری توسط سایر محققین گزارش شده است (Haddad Foroozandeh et al., 2014; Haddad and Younis, 2004). حداد و یونس (2004) گزارش کردند که تغذیه چربی محافظت‌شده به میزان ۲/۵ درصد تأثیری بر مصرف خوراک ندارد که با نتایج به‌دست آمده مطابقت دارد. با توجه به اینکه تفاوت معنی‌داری در مصرف خوراک بره‌ها در اثر تغذیه مکمل چربی مشاهده نشد، لذا عملکرد پرواری بهتر بره‌ها در گروه‌های تغذیه شده با مکمل چربی را می‌توان به افزایش دریافت انرژی در این دام‌ها و همچنین راندمان بالاتر تبدیل انرژی متابولیسمی چربی‌ها نسبت به کربوهیدرات‌ها نسبت داد (McDonald et al., 2012).

نتایج مربوط به اثر تیمارهای آزمایشی بر صفات لاشه بره‌های مغانی و آمیخته در جدول ۳ نشان داده شده است همان‌طور که مشاهده می‌شود درصد لاشه سرد، درصد لاشه گرم و ضخامت چربی کمر تحت تأثیر اثر ژنوتیپ و اثر سطح انرژی جیره غذایی قرار نگرفتند ($P < 0.05$). درحالی‌که درصد لاشه بدون دنبه و درصد دنبه تحت تأثیر هر دو عوامل آزمایشی قرار گرفتند ($P < 0.05$). به‌طوری‌که بره‌های مغانی به‌طور معنی‌داری درصد دنبه بیشتر و درصد لاشه بدون دنبه کمتری نسبت به بره‌های آمیخته رومانف-مغانی داشتند ($P < 0.05$). همچنین، تغذیه جیره حاوی سطوح بالاتر انرژی با استفاده تغذیه منبع چربی محافظت‌شده شکمبه‌ای موجب کاهش درصد دنبه ($P < 0.05$) و افزایش درصد لاشه بدون دنبه گردید ($P < 0.05$). بره‌های مغانی تغذیه شده با جیره حاوی سطح انرژی بالا بیشترین ضخامت چربی کمر را نسبت به همه گروه‌های آزمایشی را داشتند (جدول ۳). عبدالله و همکاران (Abdullah et al., 2011) گزارش کردند که آمیخته‌گری نژاد دنیهدار آواسی با رومانف موجب افزایش معنی‌دار در وزن لاشه سرد شد. مومنی‌شاکر و همکاران (Momani Shaker et al., 2002) گزارش کردند که آمیخته‌گری نژاد دنیهدار آواسی با نژاد رومانف به‌طور معنی‌داری وزن و درصد دنبه را کاهش داد. هادی پور و همکاران (Hadipour et al., 2014) گزارش کردند که افزودن ۲/۵ درصد مکمل چربی به جیره غذایی بره‌های پرواری افشاری تأثیری بر درصد دنبه بره‌ها نداشت که با نتایج پژوهش حاضر مغایرت دارد. براساس نتایج به‌دست آمده، آمیخته‌گری نژاد دنیهدار مغانی با یک نژاد بدون دنبه مانند رومانف می‌تواند به‌عنوان یک راهکار کارآمد برای کاهش درصد دنبه لاشه و بهبود بازده لاشه مدنظر قرار گیرد. از طرفی، تأمین انرژی به‌شکل

(al., 2006) نشان دادند، استفاده از سه سطح چربی محافظت‌شده، ۵، ۱۰، ۱۵ درصد در جیره بره‌های پرواری تفاوت معنی‌داری بر میانگین قابلیت هضم ظاهری ماده خشک مصرفی، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی نسبت به گروه شاهد را نداشت. مانسو و همکاران (Manso et al., 2006) نشان دادند که استفاده از چهار سطح چربی به‌صورت سه و پنج درصد چربی محافظت‌شده با نمک‌های کلسیمی و ۲/۵ و ۴/۱ درصد روغن پالم در جیره بره‌های پرواری نژاد اوجالادا تأثیر معنی‌داری بر قابلیت هضم ظاهری ماده خشک پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی نداشت. عدم تأثیر مکمل چربی بر قابلیت هضم می‌تواند ناشی از مصرف چربی محافظت‌شده شکمبه‌ای باشد که تأثیری بر فعالیت و تخمیر میکروارگانیسم‌های شکمبه نداشته است. طبق گزارشی، آمیخته‌گری تفاوت معنی‌داری بر قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی بین بره‌های آمیخته لری بختیاری-رومانف با بره‌های خالص لری بختیاری نداشت (Mousavinia et al., 2015).

نتیجه‌گیری کلی

تغذیه جیره حاوی سطوح بالاتر انرژی با استفاده تغذیه منبع چربی محافظت‌شده شکمبه‌ای موجب کاهش درصد دنبه و افزایش درصد لاشه بدون دنبه و بیشترین ضخامت چربی کمر در بره‌های آمیخته رومانف-مغانی گردید. همچنین، در این بره‌ها با جیره حاوی سطح انرژی بالا ضریب تبدیل خوراک در کل دوره و میانگین افزایش وزن کلی تحت تأثیر قرار گرفتند، به‌طوری‌که بره‌های آمیخته رومانف-مغانی ضریب تبدیل، افزایش وزن کل و افزایش وزن روزانه بهتری در ماه اول نسبت به بره‌های مغانی داشتند. از طرفی، میانگین افزایش وزن روزانه کل فقط تحت تأثیر سطح انرژی جیره غذایی قرار گرفت. براساس نتایج حاصل، بره‌های آمیخته رومانف-مغانی افزایش وزن بالاتری نسبت به بره‌های مغانی داشته و همچنین تغذیه مکمل چربی موجب بهبود عملکرد پرواری دام‌ها گردید. بنابراین، آمیخته‌گری نژاد دنبه‌دار مغانی با یک نژاد بدون دنبه مانند رومانف می‌تواند به‌عنوان یک راهکار کارآمد برای کاهش درصد دنبه لاشه و بهبود بازده لاشه مدنظر قرار گیرد. از طرفی، تأمین انرژی به‌شکل چربی نیز ممکن است کاهش نسبی درصد دنبه لاشه را به دنبال داشته باشد.

چربی نیز ممکن است کاهش نسبی درصد دنبه لاشه را به دنبال داشته باشد.

نتایج مربوط به اثر تیمارهای آزمایشی بر فراسنجه‌های خونی بره‌های مغانی و آمیخته در جدول ۳ نشان داده شده است، همان‌طور که مشاهده می‌شود، غلظت گلوکز خون تحت تأثیر عامل متقابل ژنوتیپ و سطح انرژی قرار گرفت ($P < 0.01$) (جدول ۴)، به‌طوری‌که بره‌های آمیخته تغذیه شده با مکمل چربی (گروه ۴) بالاترین میزان گلوکز را داشتند. همچنین غلظت تری‌گلیسیرید خون تحت تأثیر هر دو عوامل آزمایشی قرار گرفت ($P < 0.05$). بره‌های مغانی تغذیه شده با جیره حاوی سطح انرژی بالاتر تری‌گلیسیرید بیشتری نسبت به سایر گروه‌های آزمایشی داشتند. آمیخته‌گری تأثیر معنی‌داری بر غلظت آلبومین و نیتروژن اوره‌ای داشت ($P < 0.05$)، به‌طوری‌که بره‌های آمیخته رومانف-مغانی غلظت آلبومین خونی بیشتر و غلظت نیتروژن اوره‌ای کمتری نسبت به بره‌های مغانی را داشتند. همچنین تغذیه جیره حاوی سطوح بالاتر انرژی با استفاده تغذیه منبع چربی محافظت‌شده شکمبه‌ای موجب افزایش غلظت کلسترول ($P < 0.05$) خون گردید. پناه و همکاران (Panah et al., 2012) با بررسی افزودن مکمل چربی بر فراسنجه‌های خونی بره‌های پرواری افشاری گزارش کردند که افزودن ۲/۵ درصد مکمل چربی موجب افزایش کلسترول خون بره‌ها شد، درحالی‌که تأثیری بر غلظت تری‌گلیسیرید و گلوکز خون را نداشت که با نتایج به‌دست آمده مطابقت دارد. هادی پور و همکاران (Hadipour et al., 2014) همچنین افزایش کلسترول خون در نتیجه تغذیه مکمل چربی را گزارش کرده‌اند. از طرفی، نیتروژن اوره‌ای خون پایین‌تر و آلبومین خونی بیشتر در آمیخته‌های رومانف-مغانی نسبت به بره‌های نژاد مغانی را می‌توان به متابولیسم کارآمدتر پروتئین در این دام‌ها نسبت داد که به رشد بهتر و همچنین تجمع چربی دنبه‌ای کمتر منجر شده است. هادی پور و همکاران (Hadipour et al., 2014) با بررسی افزودن مکمل چربی بر فراسنجه‌های خونی بره‌های پرواری افشاری گزارش کردند که افزودن ۲/۵ درصد مکمل چربی موجب افزایش کلسترول خون بره‌ها شد. عملکرد پرواری بهتر بره‌ها در گروه‌های تغذیه شده با مکمل چربی را می‌توان به افزایش دریافت انرژی در این دام‌ها و همچنین راندمان بالاتر تبدیل انرژی متابولیسمی چربی‌ها نسبت به کربوهیدرات‌ها نسبت داد (McDonald et al., 2012).

نتایج مربوط به قابلیت هضم مواد مغذی در دستگاه گوارش برای جیره‌های آزمایشی در جدول ۵ نشان داده شده است. عامل ژنوتیپ و یا سطح انرژی جیره بر قابلیت هضم مواد مغذی تأثیری نداشت. محاسبه قابلیت هضم در تغذیه بسیار مهم است، زیرا می‌توان از انرژی، پروتئین، ارزش اقتصادی و ماده خشک جیره ارزیابی دقیقی را داشت (Huhtanen et al., 2007). کومار و همکاران (Kumar et

جدول ۲- عملکرد پروار، مصرف ماده خشک و ضریب تبدیل بره‌های پرواری مغانی و آمیخته رومانف-مغانی تحت جیره‌های با سطوح مختلف انرژی

Table 2- Fattening performance, dry matter intake and feed conversion ratio of Moghani and Romanov-Moghani crossbred lambs under diets with different energy levels

موارد Items	تیمارهای آزمایشی ^۱ Experimental treatments ¹				میانگین خطای استاندارد SEM	اثرات معنی‌داری P-value		
	1	2	3	4		G	F	I
وزن بدن (کیلوگرم) Body weight (kg)								
وزن شروع پروار Initial weight	33.0	30.6	28.72	30.78	1.361	ns	ns	ns
وزن نهایی پروار Final weight	44.18	43.68	41.61	44.64	1.988	ns	ns	ns
افزایش وزن روزانه (گرم در روز) Daily weight gain (g/d)								
۱-۳۰ روزگی 1-30 d	0.155	0.189	0.198	0.217	0.015	*	ns	ns
۳۰-۶۰ روزگی 30-60 d	0.188	0.222	0.196	0.224	0.016	ns	*	ns
۱-۶۰ روزگی 1-60 d	0.171	0.205	0.197	0.222	0.110	*	*	ns
ماده خشک مصرفی (کیلوگرم در روز) Dry matter intake (kg/day)								
۱-۳۰ روزگی 1-30 d	1.463	1.346	1.340	1.383	0.051	ns	ns	ns
۳۰-۶۰ روزگی 30-60d	1.505	1.449	1.450	1.458	0.076	ns	ns	ns
۱-۶۰ روزگی 1-60 d	1.484	1.397	1.395	1.420	0.045	ns	ns	ns
ضریب تبدیل غذایی Feed conversion ratio								
۱-۳۰ روزگی 1-30 d	10.480	12.202	7.289	6.421	0.562	**	ns	ns
۳۰-۶۰ روزگی 30-60 d	8.534	7.955	7.495	6.610	0.639	ns	ns	ns
۱-۶۰ روزگی 1-60 d	8.721	7.224	7.167	6.465	0.310	**	**	ns

^۱ ۱) بره‌های مغانی تغذیه شده با جیره حاوی سطح انرژی پایین، ۲) بره‌های مغانی تغذیه شده با جیره حاوی سطح انرژی بالا، ۳) بره‌های آمیخته تغذیه شده با جیره حاوی سطح انرژی پایین، ۴) بره‌های آمیخته تغذیه شده با جیره حاوی سطح انرژی بالا

ns: غیر معنی‌دار، *: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، **: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد است.

G) اثر ژنوتیپ، F) اثر انرژی جیره و I) اثر متقابل ژنوتیپ در انرژی جیره

¹ 1) Moghani lambs fed with diet containing low energy level, 2) Moghani lambs fed with diet containing high energy level, 3) cross-bred lambs fed diets containing low energy level, 4) cross-bred lambs fed diets containing high energy level

ns: non-significant, *: significant at the 5% probability level, **: significant at the 1% probability level.

G) Effect of genotype, F) Effect of diet energy content, I) Interaction effect

جدول ۳- خصوصیات لاشه بره‌های پرواری مغانی و آمیخته رومانف- مغانی تحت جیره‌های با سطوح مختلف انرژی

Table 3- Carcass characteristics of Moghani and Romanov-Moghani crossbred lambs under diets with different energy levels

موارد Items	تیمارهای آزمایشی ^۱ Experimental treatments ¹				میانگین خطای استاندارد SEM	اثرات معنی‌داری P value		
	1	2	3	4		G	F	I
درصد لاشه گرم Hot carcass (%)	48.27	47.48	47.11	47.34	0.944	ns	ns	ns
درصد لاشه سرد Cold carcass (%)	49.40	49.05	47.83	47.18	1.023	ns	ns	ns
درصد لاشه بدون دنبه Carcass without tail (%)	39.63	41.99	44.56	45.87	0.728	**	*	ns
درصد دنبه Tail (%)	18.78	13.82	5.38	3.12	0.510	**	**	*
ضخامت چربی کمر Back fat thickness (mm)	4.59	5.70	4.72	4.28	0.316	ns	ns	*

^۱ ۱) بره‌های مغانی تغذیه شده با جیره حاوی سطح انرژی پایین، ۲) بره‌های مغانی تغذیه شده با جیره حاوی سطح انرژی بالا، ۳) بره‌های آمیخته تغذیه شده با جیره حاوی سطح انرژی پایین، ۴) بره‌های آمیخته تغذیه شده با جیره حاوی سطح انرژی بالا

ns: غیر معنی‌دار، *: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، **: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد است.

(G اثر ژنوتیپ، F اثر انرژی جیره و I اثر متقابل ژنوتیپ در انرژی جیره

¹ 1) Moghani lambs fed with diet containing low energy level, 2) Moghani lambs fed with diet containing high energy level, 3) cross-bred lambs fed diets containing low energy level, 4) cross-bred lambs fed diets containing high energy level

ns: non-significant, *: significant at the 5% probability level, **: significant at the 1% probability level.

G) Effect of genotype, F) Effect of diet energy content, I) Interaction effect

جدول ۴- فراسنجه‌های خونی بره‌های پرواری مغانی و آمیخته رومانف- مغانی تحت جیره‌های با سطوح مختلف انرژی

Table 4- Blood parameters of Moghani and Romanov-Moghani crossbred lambs under diets with different energy levels

موارد Items	تیمارهای آزمایشی ^۱ Experimental treatments ¹				میانگین خطای استاندارد SEM	اثرات معنی‌داری P value		
	1	2	3	4		G	F	I
(میلی گرم در دسی لیتر) گلوکز Glucose (mg/dL)	84.47	75.65	80.70	87.65	2.465	ns	ns	**
(میلی گرم در دسی لیتر) نیتروژن اوره‌ای خون Blood urea nitrogen (mg/dL)	38.61	38.16	35.89	34.80	1.301	*	ns	ns
(میلی گرم در دسی لیتر) کلسترول Cholesterol (mg/dL)	47.10	47.20	41.20	50.80	2.316	ns	*	*
(گرم در دسی لیتر) گلوبولین Globulin (g/dL)	1.63	1.68	1.28	1.98	0.240	ns	ns	ns
(میلی گرم در دسی لیتر) تری گلیسیرید Triglycerides (mg/dL)	69.89	83.21	70.68	72.36	2.390	*	**	*
(گرم در دسی لیتر) پروتئین کل Total protein (g/dL)	5.51	5.47	5.44	6.07	0.162	ns	ns	*
(گرم در دسی لیتر) آلبومین Albumin (g/dL)	3.88	3.78	4.16	4.29	0.163	*	ns	ns

^۱ ۱) بره‌های مغانی تغذیه شده با جیره حاوی سطح انرژی پایین، ۲) بره‌های مغانی تغذیه شده با جیره حاوی سطح انرژی بالا، ۳) بره‌های آمیخته تغذیه شده با جیره حاوی سطح انرژی پایین، ۴) بره‌های آمیخته تغذیه شده با جیره حاوی سطح انرژی بالا

ns: غیر معنی‌دار، *: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، **: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد است.

(G اثر ژنوتیپ، F اثر انرژی جیره و I اثر متقابل ژنوتیپ در انرژی جیره

¹ 1) Moghani lambs fed with diet containing low energy level, 2) Moghani lambs fed with diet containing high energy level, 3) cross-bred lambs fed diets containing low energy level, 4) cross-bred lambs fed diets containing high energy level

ns: non-significant, *: significant at the 5% probability level, **: significant at the 1% probability level.

G) Effect of genotype, F) Effect of diet energy content, I) Interaction effect

جدول ۵- قابلیت هضم مواد مغذی جیره‌های غذایی تغذیه شده به پرواری مغانی و آمیخته رومانف-مغانی با سطوح مختلف انرژی

Table 5- Nutrients digestibility of diets fed to Moghani and Romanov-Moghani cross-bred lambs under diets with different energy levels

موارد Items	تیمارهای آزمایشی ^۱ Experimental treatments ¹				میانگین خطای استاندارد SEM	اثرات معنی‌داری P value		
	1	2	3	4		G	F	I
ماده خشک (%) Dry matter (%)	62.28	61.89	60.41	61.44	2.221	ns	ns	ns
ماده آلی (%) Organic matter (%)	65.34	64.77	63.72	64.63	2.272	ns	ns	ns
چربی خام (%) Ether extract (%)	77.62	78.21	76.00	85.50	2.720	ns	ns	ns
پروتئین خام (%) Crude protein (%)	65.27	63.39	64.66	63.00	2.551	ns	ns	ns
الیاف نامحلول در شوینده خنثی NDF (%)	43.01	47.55	42.46	43.69	2.331	ns	ns	ns

^۱ ۱) بره‌های مغانی تغذیه شده با جیره حاوی سطح انرژی پایین، ۲) بره‌های مغانی تغذیه شده با جیره حاوی سطح انرژی بالا، ۳) بره‌های آمیخته تغذیه شده با جیره حاوی سطح انرژی پایین، ۴) بره‌های آمیخته تغذیه شده با جیره حاوی سطح انرژی بالا

ns: غیر معنی‌دار، *: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، **: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد است.

G) اثر ژنوتیپ، F) اثر انرژی جیره و I) اثر متقابل ژنوتیپ در انرژی جیره

¹ 1) Moghani lambs fed with diet containing low energy level, 2) Moghani lambs fed with diet containing high energy level, 3) cross-bred lambs fed diets containing low energy level, 4) cross-bred lambs fed diets containing high energy level

ns: non-significant, *: significant at the 5% probability level, **: significant at the 1% probability level.

G) Effect of genotype, F) Effect of diet energy content, I) Interaction effect

References

- Abdullah, A. Y., Qudsieh, R. I., & Nusairat, B. M. (2011). Effect of crossbreeding with exotic breeds on meat quality of Awassi lambs. *Livestock Science*, 142, 121-127. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.07.002>.
- AOAC International. (2000). Official Methods of Analysis. 17th Ed, AOAC International, Gaithersburg, MD.
- Foroozandeh, A. D., Amini, H. R., Ghalamkari, G. R., Shahzeydi, M., & Nasrollahi, S. M. (2014). The effect of fat type and L-carnitine administration on growth, feed digestibility and blood metabolites of growing Afshari lambs. *Livestock Science*, 164, 67-71. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.03.019>.
- Haddad, S. G., & Younis, H. M. (2004). The effect of adding ruminally protected fat in fattening diets on nutrient intake, digestibility and growth performance of Awassi lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 113, 61-69. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2003.10.015>.
- Hadipour, A., Mohit, A., & Jahanian, R. (2014). Effect of dietary supplementation of camel hump fat on performance, carcass characteristics, antibody responses and blood metabolites in fattening lambs. *Small Ruminant Research*, 119, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2013.12.029>.
- Hosseini-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>.
- Huhtanen, P., Rinne, M., & Nousiainen, J. (2007). Evaluation of the factors affecting silage intake of dairy cows: a revision of the relative silage dry-matter intake index. *Animal Feed Science and Technology*, 1, 758-770. <https://doi.org/10.1017/S175173110773673X>.
- Khaldari, M. (2007). The principles of sheep and goat breeding. Third edition. Tehran: Academic Jihad Publications. 560 p. (In Persian).
- Kumar, R., Sivaiah, K., Reddy, Y.R., Ekambram, B., Reddy, T.J., & Reddy, G.V. (2006). Effect of supplementation of dietary protected lipids on intake and nutrient utilization in Deccani lambs. *Tropical Animal Health and Production*, 38, 151-158. <https://doi.org/10.1007/s11250-006-4248-0>.
- Manso, T., Castro, T., Mantecón, A. R., & Jimeno, V. (2006). Effects of palm oil and calcium soaps of palm oil fatty acids in fattening diets on digestibility, performance and chemical body composition of lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 127, 175-186 <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2005.08.013>.
- Manso, T., Mantecón, Á.R., Giráldez, F.J., Lavin, P.J., & Castro, T. (1998). Animal performance and chemical body composition of lambs fed diets with different protein supplements. *Small Ruminant Research*, 29, 185-191. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(97\)00122-3](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(97)00122-3).
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan C. A., & Sinclair, L. A. (2012). *Animal Nutrition*, 7th

- Edition. Prentice Hall/Pearson; Harlow, England. pp. 192–234.
13. Momani Shaker, M., Abdullah, A. Y., Bláha, J., Kridli, R. T. & Šáda, I. (2002). Fattening performance and carcass characteristics of Awassi male lambs, F₁ crossbred Romanov×Awassi and Charollais×Awassi in Jordan. *Czech Journal of Animal Science*, 47, 429–438.
14. Mousavinia, S. M., Shadnoush, Zamani, G. F., Babaiee, M., & Faghani, M. (2015). Comparative performance and digestibility of nutrients in pure and crossbred lambs. *Research Opinions in Animal & Veterinary Sciences*, EISSN, 2223-0343.
15. Owens, F. N., Secrist, D. S. Hill, W. J. & Gill, D. R. (1998). Acidosis in cattle: A review. *Journal of Animal Science*, 76, 275–286. <https://doi.org/10.2527/1998.761275x>.
16. Panah, M., soure, M., & Varahzardi, S. (2012). The effect of creep mixture diet on growth and carcass characteristics of suckling lambs. *Animal Production*, 14(1), 33-40. <https://doi.org/10.22059/jap.2012.28891>. (In Persian).
17. Phillips, A. M., Brown, M. A., Dolezal, H. G., & Fitch, G. Q. (2005). Feedlot performance and carcass characteristics of lambs sired by Texel, Romanov, st, Croix or Dorset rams from polypay and st. Croix ewes. *Sheep and Goat Research Journal*, 405, 262-591.
18. SAS, Institute. 2003. User's Guide: Statistics, Version 9.1. Inc., Cary, NC.
19. Shrestha, J. N. B., Boylan, W. J., & Rempel, W. E. (2008). Evaluation of sheep genetic resources in North America: Lamb productivity of purebred, crossbred and synthetic population. *Canadian Journal of Animal Science*, 88, 391–398. https://doi.org/10.4141/CJA_S07049.
20. Stanford, K., Wallins, G. L., Jones, S. D. M., & Price, M. A. (1998). Breeding Finnish Landrace and Romanov ewes with terminal sires for out-of-season market lamb production. *Small Ruminant Research*, 27, 103–110. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(97\)00049-7](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(97)00049-7).
21. 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).
22. Van keulen, J. V., & Young, B. A. (1977). Evaluation of acid- insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science*, 44: 282.
23. 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's nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74: 3583-3592. [http://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](http://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2).



The Effect of Chemical Processing Through Steam Flaking or Steam Infrared Flaking of Barley Grain on Physical and Chemical Properties, and Protein and Carbohydrates Fractionation

Amir Honarmand¹, Seyed Alireza Vakili^{2*}, Mohsen Danesh Mesgaran², Abdolmansour Tahmasebi²

1 and 2- PhD. Candidate and Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.

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

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

How to cite this article:

Honarmand, A., Vakili, S. A., Danesh Mesgaran, M., & Tahmasebi, A. (2023). The effect of chemical processing through steam flaking or steam infrared flaking of barley grain on physical and chemical properties, and protein and carbohydrates fractionation. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 16(1), 475-488. (In Persian with English abstract).
<https://doi.org/10.22067/ijasr.2023.82800.1151>

Introduction: Barley grain is the main feed for cattle in many regions of the world. The digestibility of barley grain is restricted by its fibrous shell and intact pericarp. The extent and rate of digestion of ruminal carbohydrates and barley grain can be manipulated through processing. Barley processing can be a valuable tool to optimize the production of lactating dairy cows. The application of combinations of heat, moisture, time and mechanical action may influence the quality of processed barley grains. Micronization is a rapid thermal treatment (30-90s) using infrared radiation and has great application potential in the feed industry due to simple construction and operation. It has been demonstrated in a number of experiments that organic acids, including lactic acid and malic acid, alter the chemical composition and nutritional value of cereals. Essential oils are naturally occurring plant products that are rich in chemical composition and have various biological properties. The interactions between starch and phenolic compounds have attracted increasing attention in recent years. The aim of this study was developed to determine the impact of chemical processing through steam flaking or steam-infrared flaking of barley grain on physical and chemical properties, and protein and carbohydrate fractionations.

Materials and Methods: The ethanolic *Foeniculum vulgare* (Pv) or *Acanthophyllum* (Ap) extract were prepared by dissolving 100 g of dried and ground Pv or Ap in 500 mL of 96% v/v ethanol/water and shaking for 72 h. Then, the extracts were filtered through a Whatman No. 1 paper (Whatman Ltd., Maidstone, England). The residual solvent from the ethanolic extract was removed using a rotary evaporator. Barley grain was then mixed thoroughly with distilled water at a ratio of 10% by weight and treated with either 1% lactic acid (La) or 1% malic acid (Ma). Subsequently, the samples were treated with a 5% solution of Ap or Pv. The processed grains were steamed for approximately 35 minutes at 96°C. The steam-cooked grains were then divided into two groups, with one group exposed to infrared radiation for 55 seconds (SIF). All cooked grains were then flaked (SF) using a designed flaker machine. Physical properties, following the Giger-Reverdin method (2000), and chemical composition, based on AOAC standards (2012), of the samples were then analyzed. Crude protein was calculated as $N \times 6.25$. NDF and



©2023 The author(s). This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

<https://doi.org/10.22067/ijasr.2023.82800.1151>

ADF contents were determined according to the method proposed by Van Suste et al. (1991). Starch content was evaluated using anthrone and sulfuric acid (Rose et al., 1991). Bulk density was determined by weighing 100 ml of the samples. Water holding capacity was assessed using the method described by Robertson and Eastwood (1998). The grain density was defined as the ratio of the mass of the grain to the particle volume occupied by the sample (Aghajani *et al.*, 2012). Crude protein and carbohydrate fractionations were performed according to Higgs *et al* (2015). Carbohydrates were divided into five fractions based on different degradation rates in the rumen: A4 (water soluble carbohydrates or sugar), B1 (starch), B2 (soluble fiber), B3 (digestible fiber), and CC (ingestible fiber).

Results and Discussion: All the physical properties of the processed barley grain were significantly affected by chemically and physically methods applied in this study ($P < 0.05$). The highest bulk density and water holding capacity were shown in both SF and SIF processing. The results of this study indicated that the contents of CP, ADF, NDF, EE, Ash, amylose and amylopectine were significantly affected by the chemically and physically processing ($P < 0.05$). The CP content of the grains treated with Ap and Ma had higher compared with that of Pv and La. In addition, NDF concentration of the grains processed by SF method was greater than that of SIF ($P < 0.05$). Both CP and NDF content of the processed grain were higher for (SIFB_{ApMa}) and (SIFB_{ApLa}) rather than those of the other treatments ($P < 0.05$). The soluble true protein, insoluble true protein and indigestible protein fractions of the processed grain were affected by both chemically and physically processing methods ($P < 0.05$). The soluble true protein fraction in the grain treated by Ap was greater than that of the Pv. The indigestible protein fraction increased in Pv treatments compared the Ap treatments. Significant differences were found between the processed grains regarding the total carbohydrates, non-fiber carbohydrates, soluble fiber, digestible fiber and Indigestible fiber carbohydrate fractions ($P < 0.05$). The carbohydrates, non-fiber carbohydrates and soluble fiber carbohydrate fractions were greater ($P < 0.05$) in the SIF than those of SF method. Digestible fiber and Indigestible fiber fractions were lower ($P < 0.05$) in La than Ma treatments.

Conclusion: Our results demonstrate that processed barley grain with organic acids (Malic acid or Lactic acid) and using extracts of *Acanthophyllum* or *Foeniculum vulgare* accompany through physical processing (steam flaking or steam- infrared -flaking) make an improvement in nutritional value of the grain. In this study, bulk density and water holding capacity were greater in steam flaking rather than steam-infrared-flaking method. Regarding the CP fractionations, processed barley grain with *Acanthophyllum* extract through steam-infrared-flaking displayed significant alter in the fractions. Lactic acid processed grain through steam-infrared-flaking showed an enhancedment in both non fiber carbohydrates and soluble fiber concentration of the grain. Present data showed a positive impact of both chemically and physically methods applied in barely grain, however, further investigation regarding protein and carbohydrate molecular responses are needed to be evaluated.

Keywords: Barley grain, Chemically, Physically, Protein, Carbohydrate

مقاله پژوهشی

جلد ۱۶، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳، ص. ۸۸-۶۹

تأثیر فرآوری‌های شیمیایی همراه با پخت رطوبتی - حرارتی - تشعشعی دانه جو پولکی شده بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، و بخش‌بندی پروتئین و کربوهیدرات‌ها

امیر هنرمند^۱، سید علیرضا وکیلی^{۲*}، محسن دانش مسگران^۲، عبدالمنصور طهماسبی^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۱۷

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۷/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۰۹

چکیده

این آزمایش به منظور بررسی تأثیر عمل‌آوری دانه کامل جو با عصاره‌های چوبک، رازیانه، اسید مالیک و یا اسیدلاکتیک همراه با فرآوری فیزیکی بخارپز- پولکی یا بخارپز- تشعشعی مادون قرمز- پولکی بر ویژگی‌های فیزیکی، ترکیب شیمیایی و بخش‌بندی پروتئین و کربوهیدرات‌های دانه انجام شد. عمل‌آوری‌های شیمیایی دانه عبارت بودند از: دانه جو بدون افزودنی، دانه جو فرآوری شده با چوبک و اسید مالیک، دانه جو عمل‌آوری شده با چوبک و اسید لاکتیک، دانه جو عمل‌آوری شده با رازیانه و اسید مالیک، دانه جو عمل‌آوری شده با رازیانه و اسید لاکتیک که هر کدام با یکی از روش‌های فیزیکی بخارپز- پولکی یا بخارپز- تشعشعی مادون قرمز- پولکی همراه شدند. ویژگی‌های فیزیکی شامل جرم توده‌ای، ظرفیت نگهداری آب، جرم حجمی و حجم تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفتند ($P < 0.05$). نتایج نشان داد که غلظت مواد مغذی (به جز نشاسته و قندهای محلول) دانه‌های فرآوری شده به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر روش‌های شیمیایی و فیزیکی استفاده شده در این آزمایش قرار گرفت ($P < 0.05$). بخش‌های پروتئین حقیقی محلول، پروتئین حقیقی نامحلول و پروتئین غیر قابل هضم در ویرایش ۶/۵ سیستم CNCPS دارای تفاوت معنی‌دار در بین تیمارهای آزمایشی بودند ($P < 0.05$). بخش‌بندی کربوهیدرات‌های دانه جو نشان داد که غلظت مجموع کربوهیدرات‌های غیر الیافی، الیاف محلول، الیاف قابل هضم و الیاف غیر قابل هضم در بین تیمارهای آزمایشی متفاوت و معنی‌دار بود ($P < 0.05$). در روش بخارپز- پولکی غلظت‌های مجموع کربوهیدرات‌ها، کربوهیدرات‌های غیر الیافی و الیاف محلول در دانه‌های فرآوری شده به‌طور معنی‌داری کمتر از دانه‌های فرآوری شده به روش بخارپز- تشعشعی مادون قرمز- پولکی بودند ($P < 0.05$). نتایج این آزمایش نشان داد که عمل‌آوری دانه جو با عصاره گیاهی چوبک و اسید مالیک همراه با روش بخارپز- تشعشعی مادون قرمز- پولکی (تیمار ۷) بیشترین غلظت پروتئین خام در ترکیب شیمیایی و کمترین غلظت پروتئین غیر قابل هضم در بخش‌بندی پروتئین داشت. استفاده از اسید لاکتیک و عصاره رازیانه در عمل‌آوری دانه جو به همراه روش بخارپز- تشعشعی مادون قرمز- پولکی (تیمار ۱۰) غلظت بخش‌های کربوهیدرات‌های غیر الیافی و الیاف محلول را نسبت به سایر تیمارهای آزمایشی افزایش داد که از نظر ارزش غذایی دانه حائز اهمیت است.

واژه‌های کلیدی: دانه جو، شیمیایی، فیزیکی، کربوهیدرات، نیتروژن.

مقدمه

مدیریت خوراک مصرفی از موارد اساسی است که به‌وسیله آن

می‌توان تولید شیر و همچنین ترکیب آن را در کوتاه مدت در گاوهای شیری کنترل کرد (Brun-Lafleur et al., 2010). بهبود بازدهی خوراک در گاوهای شیری به فرمولاسیون دقیق جیره وابسته است. مواد مغذی مختلفی در فرآیند تولید شیر نقش دارند، ولی انرژی و پروتئین مهم‌ترین آن‌ها می‌باشد (Fernando et al., 2010). برای استفاده حداکثری از پتانسیل ژنتیکی حیوان در تولید شیر، باید میزان استفاده و دسترسی منابع انرژی و پروتئین را برای حیوان افزایش داد (Knowlton, 2001). دانه غلات منبع اصلی ترکیبات گلوکوژنیک

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

(Email: savakili@um.ac.ir)

(*)- نویسنده مسئول:

<https://doi.org/10.22067/ijasr.2023.82800.1151>

شکمه شده و تولید پروتئین میکروبی افزایش می‌یابد (Kokić *et al.*, 2013). همچنین استفاده از نور مادون قرمز (روش میکرونیزه) به‌عنوان منبع تشعشعی - حرارتی، به‌دلیل بالا بودن پتانسیل انتقال حرارت از منبع نور به بافت‌های مواد خوراکی، موجب کاهش مدت زمان فرآوری، بازدهی مناسب انرژی و نیز افزایش کیفیت دانه‌های فرآوری شده می‌شود (Hebbbar *et al.*, 2004). اوپی لاک و همکاران (Opielak *et al.*, 2004) بیان نمودند که میکرونیزه کردن مناسب (از نظر دما و زمان) دانه گندم سبب تغییر مقاومت آن‌ها در مقابل آسیاب کردن و یا پولکی شدن می‌شود. پولکی کردن دانه جو با بخار نسبت به غلطک خورده خشک آن انرژی قابل هضم را در حدود ۳/۵ درصد و انرژی خالص را هفت تا هشت درصد افزایش می‌دهد (Zinn *et al.*, 1996). همچنین، پولکی کردن هضم شکمبه‌ای ماده آلی و نشاسته را نیز افزایش می‌دهد (Zinn *et al.*, 1996). در سال‌های اخیر، علاقه به شناسایی روش‌های جدید فرآوری شیمیایی دانه غلات که برای حیوان بی‌خطر باشد و ویژگی‌های هضمی مواد مغذی را بهبود دهد، افزایش یافته است (Khampa and Wanapat, 2007). استفاده از اسیدهای آلی^۴ در بهبود خصوصیات شیمیایی غلات یکی از این روش‌هاست. اسیدهای آلی متعلق به گروه نگهدارنده‌ها در لیست مواد افزودنی مجاز خوراک توسط اتحادیه اروپا است و استفاده از آن‌ها در حال حاضر در همه گونه‌های دام اهلی مجاز است. اسیدهای آلی در بافت‌های بیولوژیک بدن یافت شده یا در دستگاه گوارش تولید می‌گرد و در متعادل نمودن نرخ تخمیر در شکمبه نقش دارند (Khampa and Wanapat, 2007). استفاده از اسیدهای آلی یا نمک‌های آنان در فرآوری نشاسته جو و گندم نشان داده است که با تغییر در ساختار مولکولی نشاسته و افزایش مقاومت آن نسبت به هضم آمیلولایتیکی باعث کاهش نرخ هضم آن در شرایط درون تنی و برون تنی می‌شود (Harder *et al.*, 2015). اساس‌ها و عصاره‌های گیاهی ترکیبات مفیدی هستند که به‌عنوان یک افزودنی می‌توانند اثرات مثبتی بر هضم و سوخت و ساز شکمبه‌ای و سلامت حیوان داشته باشند. این ترکیبات از طریق تأثیری که بر باکتری‌های تولیدکننده آمونیاک دارند، می‌توانند غلظت آمونیاک در شکمبه را کاهش دهند (Benchaa *et al.*, 2008). استفاده از ترکیبات فنولیک در فرآوری غلات می‌تواند یک روش مناسب در جهت محافظت از پروتئین و نشاسته در مقابل هضم شکمبه‌ای باشد. تأثیر آن‌ها بر ماهیت پروتئین‌ها می‌تواند نسبت بهینه بین پروتئین قابل تجزیه در شکمبه و پروتئین عبوری را منجر گردد. ناصحی و همکاران (Nasehi *et al.*, 2018) دانه جو را با عصاره ضایعات چای به‌عنوان منبع تانن در سطوح مختلف فرآوری کردند. هضم‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک، پروتئین خام و نشاسته در دانه‌های فرآوری شده با غلظت

جیره هستند، زیرا که بخش اصلی ماده خشک آن‌ها را نشاسته تشکیل داده و این نشاسته در آندوسپرم آن‌ها ذخیره می‌شود. لذا، انتخاب نوع دانه غلات از نظر میزان نشاسته در دسترس (انرژی در دسترس دانه) و نرخ تخمیر آن به‌هنگام تهیه و تنظیم جیره اهمیت زیادی دارد (González *et al.*, 2012). دانه ذرت و جو، غلات اصلی در میان غلات مورد استفاده در جیره گاوهای شیری هستند، و به‌طور معمول استفاده از آن‌ها وابسته به دسترسی و قیمت آن‌ها است (Yang *et al.*, 2000). دانه جو در مقایسه با دانه ذرت از پروتئین خام بالاتر و انرژی قابل هضم کمتری (به‌دلیل بیشتر بودن مقدار الیاف) برخوردار است. نشاسته دانه جو در دامنه ۵۵ تا ۶۵ درصد است، درحالی‌که این مقدار برای دانه ذرت در حدود ۷۰ درصد گزارش شده است (Zhao *et al.*, 2015). در مورد نشاسته غلات، قابلیت تخمیر آن و آزادسازی اسیدهای چرب فرار (VFA) دو بخش حائز اهمیت است. بخش نخست، توجه به مقدار نشاسته سریع تجزیه در انواع دانه‌ها است به‌عنوان نمونه این مقدار برای دانه جو ۲۲/۵ درصد و برای دانه ذرت ۷/۵ درصد است. بخش دومی که باید به آن توجه داشت، مقدار نشاسته‌ای است که دارای قابلیت تجزیه‌پذیری کندتر می‌باشد، این بخش در دانه ذرت بیشتر از دانه جو است (Yang *et al.*, 2013). بافت‌های تشکیل‌دهنده دانه جو شامل پوسته، پریکارپ، تستا، لایه آلئورون، جوانه و آندوسپرم می‌باشند. شکسته شدن پوسته جو اولین دلیل فرآوری آن می‌باشد که در نتیجه آن، دسترسی میکروارگانیزم‌های شکمبه و آنزیم‌های گوارشی روده به نشاسته (واقع در آندوسپرم) فراهم می‌شود (Corbett, 2000). این چنین بیان می‌گردد که مقدار زیاد دانه جو در جیره، منجر به تخمیر سریع نشاسته در شکمبه و متعاقباً کاهش pH آن می‌شود که ممکن است کاهش قابلیت هضم الیاف، مصرف خوراک و تولید شیر را منجر شود. به همین سبب، نمی‌توان تعیین نمود که استفاده از چه مقدار جو در جیره زیاد است و تعیین میزان آن وابسته به روش فرآوری آن است (Corbett, 2000). به‌طور کلی، فرآوری دانه غلات به دو دسته فیزیکی و شیمیایی تقسیم‌بندی می‌شوند (Humer and Zebeli, 2017). فرآوری‌های فیزیکی شامل فرآوری حرارتی و فرآوری غیر حرارتی می‌باشد. روش‌های بخارپز - پولکی^۲ با و یا بدون استفاده از امواج حرارتی مادون قرمز^۳ عنوان بهترین روش فیزیکی دانه غلات محسوب می‌شود (Sajjadi *et al.*, 2022). عواملی همانند دما، رطوبت و فشار به‌صورت همزمان در روش پولکی - بخاری سبب تغییر ساختاری و شیمیایی گرانول‌های نشاسته و نیز ماتریکس پروتئینی پیرامون آن می‌شود و در نتیجه، گوارش‌پذیری نشاسته افزایش می‌یابد. این فرآیند باعث بهبود انرژی در دسترس میکروارگانیزم‌های

1- Volatile fatty acid

2- Steam-flaking

3- Micronizing

4- Organic acids

(Zebeli, 2017) افزوده شد و همانند مرحله قبل کاملاً مخلوط گردید. در انتها، به میزان پنج درصد یکی از عصاره‌های گیاهی به آن‌ها اضافه شد و کاملاً مخلوط گردید. دانه‌های جو مخلوط با افزودنی‌های بالا در دستگاه بخارپز ریخته شده و به مدت یک ساعت مورد پخت با بخار قرار گرفتند (بخار اشباع و دمای ۹۶ درجه سانتی‌گراد). بعد از خارج کردن دانه‌ها از محفظه بخار، بخشی از آن‌ها بلافاصله با دستگاه میکرونایزر مورد فرآوری قرار گرفتند. منبع امواج در این مدل میکرونایزر آزمایشگاهی سفال‌هایی بودند که به وسیله المنت برقی حرارت داده شده بودند. زمان قرارگیری در معرض امواج ۵۵ ثانیه بود، به گونه‌ای که دمای سطحی دانه به ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد می‌رسید و نمونه‌ها در این مدت به وسیله ویبراتور تکان داده می‌شدند. فاصله دانه‌ها تا منبع تشعشع مادون قرمز (فرکانس ۱۲۰۰ نانومتر و دمای ۸۰۰ تا ۱۴۰۰ درجه سلسیوس) نه سانتی‌متر بود. پس از استفاده از امواج بلافاصله در دستگاه فلیکر (مقیاس آزمایشگاهی) دانه‌ها به شکل پولک درآمدند (SIF). بخشی دیگر از دانه‌های فرآوری شیمیایی و بخارپز شده پس از خروج از محفظه بخار، بدون استفاده از میکرونایزر، بلافاصله در دستگاه فلیکر پولکی شدند (SF). روش‌های فرآوری شامل: ۱) دانه جو خام (B_0) بخارپز- پولکی شده (SF) (SFB_0)، ۲) دانه جو (B) عمل‌آوری شده با چوبک (Ap) و اسید مالیک (Ma) همراه با روش (SF) (SFB_{ApMa})، ۳) (B) عمل‌آوری شده با (Ap) و اسید لاکتیک (La) همراه با روش (SF) (SFB_{ApLa})، ۴) (B) عمل‌آوری شده با رازیانه (Pv) و (Ma) همراه با روش (SF) (SFB_{PvMa})، ۵) (B) عمل‌آوری شده با (Pv) و (La) همراه با روش (SF) (SFB_{PvLa})، ۶) (B_0) بخارپز- تشعشعی مادون قرمز- پولکی شده (SIF) ($SIFB_0$)، ۷) (B) عمل‌آوری شده با (Ap) و (Ma) همراه با روش (SIF) ($SIFB_{ApMa}$)، ۸) (B) عمل‌آوری شده با (Ap) و (La) همراه با روش (SIF) ($SIFB_{ApLa}$)، ۹) (B) عمل‌آوری شده با (Pv) و (Ma) همراه با روش (SIF) ($SIFB_{PvMa}$)، ۱۰) (B) عمل‌آوری شده با (Pv) و (La) همراه با روش (SIF) ($SIFB_{PvLa}$)

تعیین ویژگی‌های فیزیکی:

اندازه‌گیری جرم توده‌ای^۴: جرم توده‌ای معادل با وزن نمونه در حجم اشغال شده است. یک استوانه مدرج ۱۰۰ میلی‌لیتری با قطر داخلی ۲/۵ سانتیمتر، تا ۵۰ میلی‌لیتر با نمونه پر و برای ۱۵ ثانیه تکان داده می‌شود. وزن نمونه‌ها و حجم اشغال شده ثبت می‌گردد. مقدار نمونه تا پر شدن استوانه و رسیدن به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر اضافه شد. استوانه به مدت ۱۰ ثانیه تکان داده می‌شود. کل وزن و حجم ثبت می‌گردد. مجدداً استوانه خالی و یک بار تا حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر از نمونه پر شده برای پنج ثانیه تکان داده می‌شود و کل وزن و حجم

۱۰ درصد بیشترین کاهش را نشان داد. لذا، با توجه به اهمیت و لزوم فرآوری دانه جو، مطالعه حاضر به بررسی عمل‌آوری دانه جو با افزودنی‌های گیاهی و اسیدهای آلی همراه با فرآوری فیزیکی با روش بخارپز- پولکی یا بخارپز- تشعشعی مادون قرمز- پولکی بر بهبود ویژگی‌های فیزیکی، ترکیب شیمیایی و بخش‌بندی پروتئین و کربوهیدرات‌ها پرداخته است. همچنین به کارگیری این نوع از فرآوری‌ها می‌تواند منجر به افزایش بهره‌وری خوراک، کاهش هزینه‌های تولید و در نهایت، کاهش خروج ارز برای واردات نهاده‌های مورد نیاز گردد. علاوه بر آن با افزایش راندمان هضم و جذب نشاسته و پروتئین بتوان از بروز اختلالات دستگاه گوارش در هنگام مصرف جیره بر پایه دانه جو جلوگیری نمود.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی نمونه‌های آزمایشی:

این آزمایش در سال ۱۴۰۰ در آزمایشگاه تغذیه دام گروه علوم دامی دانشگاه فردوسی مشهد انجام و دانه‌های جو وارداتی از کشور قزاقستان و وارپته آن آسم^۱ بود. ماده خشک (درصد) و غلظت مواد مغذی (گرم در کیلوگرم ماده خشک) دانه‌های جو مورد استفاده در این آزمایش عبارت بودند از: ماده خشک = ۹۱۰، پروتئین خام = ۱۱۳، دیواره سلولی (NDF) = ۲۱۳، دیواره سلولی بدون همی سلولز (ADF) = ۷۰ و نشاسته = ۵۵۵ گرم در کیلوگرم. تهیه عصاره‌های گیاهی براساس روش خیساندن به دست آمد. برای عصاره‌گیری دانه رازیانه^۲ (Pv) و چوبک^۳ (Ap) ابتدا ذرات اضافی جدا شدند سپس، به ازای هر ۱۰۰ گرم نمونه ۵۰۰ میلی‌لیتر اتانول ۹۶ درصد (نسبت چهار به یک به ترتیب برای الکل و آب مقطر) به آن‌ها افزوده شد. برای استخراج عصاره نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت بر روی دستگاه همزن (GFL، Orbital shaker 3005) قرار داده شدند. بعد از گذشت زمان مذکور، محتویات با کاغذ صافی شماره ۱ صاف شدند. محلول‌های صاف شده به وسیله دستگاه روتاری اوپراتور (Rotary evaporators LABOROTA4000) غلیظ شدند. عصاره به دست آمده در ظرف فویل آلومینیومی کشیده شده ریخته شده و تا زمان آزمایش درون یخچال در دمای چهار درجه سلسیوس نگهداری شدند. دانه‌های خام جو پس از الک شدن در ظرف پلاستیکی قرار داده شدند. ابتدا ۱۰ درصد از وزن دانه به آن‌ها آب مقطر اضافه شد و کاملاً مخلوط گردید. سپس براساس یک درصد وزن دانه‌ها به آن‌ها اسید لاکتیک (La) با خلوص ۸۵ درصد (Metzler-Zebeli et al., 2014) و یا یک درصد اسید مالیک (Ma) با خلوص ۹۹ درصد (Humer and

1- Asem

2- *Foeniculum vulgare* (Pv)

3- *Acanthophyllum* (Ap)

4- Bulk density

نهایی ثبت می‌گردد. این روش سریع و ساده و قابل تکرار است (Giger-Reverdin, 2000).

اندازه‌گیری ظرفیت نگهداری آب^۱: ظرفیت نگهداری آب براساس روش رابرتسون و ایست وود (Robertson and Eastwood., 1981) انجام شد. بدین منظور، ۲/۵ گرم نمونه به مدت ۲۴ ساعت در ۲۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر خیسانیده شد، سپس نمونه‌ها با کروزه مشبک با قطر دو صاف شدند و بعد از ۱۰ دقیقه وزن کشی شدند.

اندازه‌گیری حجم و جرم حجمی^۲: اندازه‌گیری با استفاده از پیکنومتر و تولوئن انجام شد. مقدار کافی از نمونه را درون پیکنومتر قرار داده و وزن کشی شد (به اندازه یک سوم حجم پیکنومتر). بقیه حجم پیکنومتر با مقدار کافی تولوئن پر شد. هوای محبوس شده درون خلل و فرج دانه‌ها داخل پیکنومتر توسط پمپ خلأ خارج شد و پر کردن بخش خالی پیکنومتر با تولوئن انجام شد (Aghajani et al., 2012).

$$V = \frac{Mtd}{ptd} = \frac{(Mt-Mp)-(Mpts-Mps)}{pt} \quad \text{و} \quad \rho = \frac{Mps-Mp}{Vp} \quad \text{معادله (۱)}$$

که در آن، Mps: وزن نمونه و پیکنومتر، Mpts: وزن پیکنومتر نمونه و تولوئن، Mp: وزن پیکنومتر خشک خالی، Mt: وزن پیکنومتر پر شده با تولوئن و Pt: دانسیته می‌باشد.

تعیین ترکیب شیمیایی:

برای اندازه‌گیری پروتئین خام مقدار یک گرم از هر نمونه دانه جو در لوله هضم ریخته شد و سپس چهار گرم کاتالیزور و ۱۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۹۸ درصد به آن افزوده و سه ساعت در دستگاه هضم کلدال قرار داده شد. پس از افزودن ۷۵ میلی‌لیتر آب مقطر به هر لوله و قرار دادن در دستگاه اتوماتیک کلدال، میزان نیتروژن آن‌ها ثبت شد. میزان پروتئین خام هر نمونه از ضرب ۶/۲۵ در درصد نیتروژن محاسبه شد. برای اندازه‌گیری خاکستر خام، سه گرم نمونه دانه جو به میزان شش ساعت در کوره با دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس استفاده شد. اختلاف وزن قبل و بعد از قرار دادن در کوره برای محاسبه استفاده شد (AOAC., 2012). چربی خام (عصاره اتری) به روش استخراج از طریق هگزان و با استفاده از توسط دستگاه سوکسله اندازه‌گیری شد. لیاف نامحلول در شوینده خنثی (دیواره سلولی NDF، و لیاف نامحلول در شوینده اسیدی (دیواره سلولی بدون همی سلولز، ADF) براساس روش ون سوست و همکاران (Van Soest et al., 1991) استفاده شد. به ازای هر ۰/۵ گرم از هر نمونه با ۶۰

میلی‌لیتر محلول استفاده شد. مدت زمان اتوکلاو یک ساعت بود. برای اندازه‌گیری نشاسته، نمونه‌های دانه جو براساس روش رز و همکاران (Rose et al., 1991) و با استفاده از پرکلریک اسید و معرف آنترن استفاده شد. بدین صورت که، ابتدا جهت استخراج قندهای محلول در نمونه پس از افزودن اتانول ۸۰ درصد به آن‌ها به مدت دو ساعت جوشانده و سپس سانتریفیوژ شدند. مواد باقی‌مانده با پرکلریک اسید ۳۵ درصد شسته شده و سپس محلول آنترون- سولفوریک اسید به آن‌ها اضافه تا محلول سبز زنگ بوجود آید و جذب در طول موج ۶۲۵ نانومتر غلظت نشاسته اندازه‌گیری شد. مقدار آمیلوز و آمیلوپکتین نمونه‌های دانه جو براساس روش هو و همکاران (۲۰۱۰) تعیین شد. بدین منظور، دو میلی‌لیتر آب مقطر به ۱۰۰ میلی گرم دانه جو آسیاب شده اضافه شد و نشاسته جو با دو میلی‌لیتر سود دو مولار استخراج شد. بعد از ۳۰ دقیقه نگهداری در دمای اتاق، نشاسته با چهار میلی‌لیتر اسیدکلریدریک یک مولار خنثی و با آب مقطر با نسبت ۱ به ۳۰ رقیق شد. سپس دو میلی‌لیتر محلول ید- پتاسیم یدید به ۰/۵ میلی‌لیتر نشاسته افزوده و بعد از ۱۰ دقیقه میزان جذب نمونه در طول موج‌های ۵۳۵ و ۶۲۰ نانومتر با دستگاه اسپکتومتری قرائت شد. با استفاده از معادله ۱، مقدار آمیلوز محاسبه شد. محتوی آمیلوپکتین نمونه‌ها از تفاضل میزان آمیلوز از کل نشاسته به دست آمد (Rose et al., 1991; Hu and Yang, 2010).

$$\text{معادله (۲)} \quad \text{نسبت جذب } ۶۲۰ \text{ به } ۵۳۵ \times \exp(۲/۷۰ \times ۲۹) \times ۱/۴۹۳۵$$

بخش‌بندی پروتئین و کربوهیدرات:

در این پژوهش، بخش‌بندی پروتئین و کربوهیدرات نمونه‌های آزمایشی براساس رویه سیستم کربوهیدرات و پروتئین خالص کرنل^۳ ویرایش ۶/۵ انجام شد (Van Amburgh et al., 2015). مواد آزمایشی و حلال‌های مورد استفاده جهت تعیین بخش‌های محلول و غیر محلول پروتئین و کربوهیدرات‌ها براساس دستورالعمل‌های ارائه شده توسط هیگز و همکاران (۲۰۱۵) تهیه شد. در این روش، پروتئین خام به پنج بخش تقسیم شد که عبارتند از: آمونیاک معادل پروتئین (A₁)، پروتئین حقیقی محلول (A₂)، پروتئین حقیقی نامحلول (B₁)، پروتئین متصل به لیاف (B₂) و پروتئین غیر قابل هضم (C).

$$\text{معادله (۲)} \quad \text{Ammonia} \times (\text{SP}/100) \times (\text{CP}/100) \quad \text{(معادل پروتئینی آمونیاک آزاد)}$$

$$\text{PA1} = \text{SP} \times \text{CP}/100 - \text{A}_2 \% \quad \text{(پروتئین حقیقی محلول)}$$

$$\text{معادله (۳)}$$

$$\text{B}_1 \% = \text{CP} - (\text{PA1} - \text{PA2} - \text{PB2} - \text{PC}) \quad \text{(پروتئین حقیقی نامحلول)}$$

$$\text{معادله (۴)}$$

ویژگی‌های فیزیکی دانه جو نشان داده شده است. جرم توده‌ای، ظرفیت نگهداری آب، حجم و جرم حجمی دانه جو خام اولیه به ترتیب ۶۶۷ (گرم در لیتر)، ۰/۷ (مترمکعب در تن)، ۰/۹ (مترمکعب در تن) و ۱۱۰۵/۶ (کیلوگرم در مترمکعب) بود. تمام روش‌های فرآوری بر ویژگی‌های فیزیکی تأثیر معنی‌دار داشتند ($P < ۰/۰۵$). نتایج نشان داد، تیمارهای SFB_{ApLa} و SIF₀ به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار جرم توده‌ای را در بین تیمارهای آزمایشی داشتند (به ترتیب ۴۱۲/۳ و ۳۴۰/۷ گرم در لیتر). به طور کلی، دانه‌های جو فرآوری شده با روش SIF به طور معنی‌داری جرم توده‌ای بیشتری نسبت به جوهای فرآوری شده به روش SF داشتند (۳۷۷/۳۷ در مقابل ۳۶۵/۱۱ گرم در لیتر)، ($P < ۰/۰۵$). مقایسه‌های مستقل نشان داد که جوهای عمل‌آوری شده با Ma نسبت La جرم توده‌ای بیشتری داشتند (۵/۶ درصد). تیمار FB₀ با ۱/۹۶ متر مکعب در تن بیشترین و تیمار SFB_{PvMa} با ۱/۳۸ متر مکعب در تن کمترین ظرفیت نگهداری آب را در بین تیمارهای آزمایشی داشتند. برخلاف جرم توده‌ای، ظرفیت نگهداری آب در جوهای فرآوری شده به روش SIF به طور معنی‌داری ($P < ۰/۰۵$) کمتر از جوهای فرآوری شده به روش SF (۱/۵۳) در مقابل ۱/۶۵ مترمکعب در تن) بود. ظرفیت نگهداری آب در دانه‌های جو عمل‌آوری شده با Ap به طور معنی‌دار بیشتر از Pv بود (افزایش ۹/۵۶ درصدی). بیشترین حجم در بین تیمارهای آزمایشی مربوط به تیمار SFB₀ با ۱/۲۹ متر مکعب در تن بود. حجم در دانه‌های فرآوری شده به روش SF، بیشتر از دانه‌های تهیه شده به روش SIF بود ($P < ۰/۰۵$). حجم در دانه‌های عمل‌آوری شده با Ap به طور معنی‌داری ($P < ۰/۰۵$) بیشتر از دانه‌های عمل‌آوری شده با Pv بود (۱/۲۱) در مقابل ۱/۱۹ مترمکعب در تن). همچنین عمل‌آوری شیمیایی با La حجم دانه‌ها را نسبت به Ma به صورت معنی‌داری افزایش داد (۶/۹ درصد)، ($P < ۰/۰۵$). با توجه به رابطه معکوسی که بین حجم و جرم حجمی وجود دارد، تیمار SFB₀ کمترین جرم حجمی را در بین تیمارهای آزمایشی داشت (۷۷۴/۲ کیلوگرم در متر مکعب). تیمارهای فرآوری شده به روش SF جرم حجمی کمتری از تیمارهای فرآوری شده به روش SIF داشتند ($P < ۰/۰۵$). استفاده از Ma موجب افزایش معنی‌دار ($P < ۰/۰۵$) این ویژگی فیزیکی در دانه‌های جو عمل‌آوری شده گردید (۵/۹ درصد). تعیین ویژگی‌های فیزیکی برای تبیین تأثیر روش‌های فرآوری دانه غلات یک ضرورت است (Schwandt et al., 2017). جرم توده‌ای در واقع وزن خالص دانه در یک لیتر حجم است که می‌تواند نقش مهمی در هضم و همچنین ذخیره‌سازی دانه‌های فرآوری شده داشته باشد. جرم توده‌ای برای دانه‌های جو پولکی در دامنه ۲۴۰ تا ۴۸۰ گرم در لیتر گزارش شده است (Tosta et al., 2019; Sindt et al., 2006). جرم توده‌ای در روش پولکی کردن به میزان ۴۷ تا ۷۲ درصد نسبت به دانه خام جو کاهش پیدا می‌کند، که نتایج ما نیز آن را تأیید می‌کند (Domby et al., 2014; Koenig et al., 2013). نتایج پژوهش‌های قبلی نشان داد که مصرف دانه‌های پولکی که جرم

$$B_2\% = (NDIP - ADIP) \times CP / 100 \quad \text{معادله (۵)}$$

$$C\% = ADIP \times CP / 100 \quad \text{معادله (۶)}$$

که در این معادله‌ها، SP: پروتئین محلول، NDIP: پروتئین نامحلول در شوینده خنثی و ADIP: پروتئین نامحلول در شوینده اسیدی می‌باشند.

کربوهیدرات‌های موجود در نمونه‌های آزمایشی نیز به بخش‌های شامل: کربوهیدرات‌های کل (CHO)، کربوهیدرات‌های غیر الیافی (NFC)، اسیدهای چرب فرار (استات، پروپیونات، بوتیرات و ایزوبوتیرات) (A₁)، اسید لاکتیک (A₂)، سایر اسیدهای آلی (A₃)، کربوهیدرات‌های محلول در آب (A₄)، نشاسته (B₁)، الیاف محلول (B₂)، الیاف قابل هضم (B₃) و الیاف غیر قابل هضم (CC) بخش‌بندی شدند.

$$CHO \text{ (g/kg)} = 1000 - (CP + EE + ASH) \quad \text{معادله (۷)}$$

(معادل مجموع کربوهیدرات‌ها)

$$NFC \text{ (g/kg)} = CHO - aNDFom \quad \text{(معادل کربوهیدرات‌های غیرالیافی). قندهای محلول A4= نشاسته B1=}$$

$$B2 = NFC - A4 - B1 \quad \text{معادله (۸)}$$

$$B3 = aNDFom - CC \quad \text{(الیاف قابل هضم)}$$

$$CC = aNDFom - aNDFom \times uNDFom \quad \text{معادله (۱۰)}$$

(الیاف غیر قابل هضم)

$$NDF = aNDFom \quad \text{تصحیح شده فاقد خاکستر. } uNDFom =$$

NDF غیر قابل هضم بعد از ۲۴۰ ساعت کشت و فاقد خاکستر

تجزیه آماری:

در این آزمایش، داده‌های به دست آمده در قالب طرح کاملاً تصادفی با رویه GLM و با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS ویرایش ۹/۴ مورد تجزیه آماری قرار گرفتند. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد. تفاوت بین میانگین‌ها در سطح احتمال کمتر از پنج درصد به عنوان معنی‌داری گزارش شد. جهت تعیین اثرات مربوط به روش‌های عمل‌آوری شیمیایی و فرآوری‌های فیزیکی مقایسه‌های مستقل اورتوگونال صورت پذیرفت. مدل ریاضی طرح آماری استفاده شده عبارت بودند از: $Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$ بود، که Y_{ij} : متغیر وابسته، μ : اثر ثابت میانگین، T_i : اثر تیمار و e_{ij} : خطای آزمایش است.

نتایج و بحث

در جدول ۱، نتایج مربوط به تأثیر روش‌های فرآوری بر

از آنجایی که در فرآوری تشعشعی مادون قرمز به دلیل حرارت بالا، رطوبت دانه‌ها کاهش می‌یابد، این منجر به کاهش جرم حجمی دانه‌های فرآوری شده می‌شود، که نتایج آزمایش حاضر آن را تأیید می‌کند (Aghajani et al., 2012). نتایج قبلی نشان داده است که بین جرم حجمی با ADF یک همبستگی منفی و با نشاسته همبستگی مثبت وجود دارد، و این خصوصیت می‌تواند بر راندمان خوراک اثر بگذارد (Reynolds et al., 1992). احتمالاً تأثیر بر راندمان خوراک ناشی از افزایش ارزش غذایی دانه جو است، زیرا که افزایش جرم حجمی نشان‌دهنده افزایش نشاسته در آندوسپرم دانه و کاهش نسبت الیاف در پوسته است.

داده‌های مندرج در جدول ۲ نشان می‌دهد که افزودن اسیدهای آلی و عصاره‌های گیاهی همراه با فرآوری فیزیکی (روش SF یا SIF) بر غلظت چربی خام، خاکستر، پروتئین خام، NDF و ADF دانه‌های جو فرآوری شده تأثیر معنی‌دار دارد ($P < 0.05$). غلظت چربی خام در دانه‌های جو فرآوری شده با روش SF (۲۳/۴۲ گرم در کیلوگرم) به‌طور معنی‌داری بیشتر از دانه‌های جو فرآوری شده با روش SIF (۲۲/۷۷ گرم در کیلوگرم) بود ($P < 0.05$). مقایسه مستقل عمل‌آوری دانه‌های جو با Ap در مقابل Pv نشان داد که عمل‌آوری با عصاره Ap منجر به کاهش غلظت چربی خام (۳/۸۴ درصد) به‌طور معنی‌داری شد ($P < 0.05$). همانند چربی خام، غلظت خاکستر در دانه‌های جو فرآوری شده با روش SF به‌طور معنی‌داری بیشتر (۲۶/۸۸) در مقابل ۲۵/۶ گرم در کیلوگرم) از دانه‌های جو فرآوری شده با روش SIF بود ($P < 0.05$). نتایج مقایسه‌های مستقل نشان داد، غلظت خاکستر در دانه‌های جو عمل‌آوری شده با Pv و Ma به‌ترتیب به‌طور معنی‌داری بیشتر (به‌ترتیب ۹/۹۵ و ۱۸/۴۹ درصد) از Ap و La بود ($P < 0.05$). بیشترین غلظت پروتئین خام در بین تیمارهای آزمایشی با ۱۱۶/۶۱ گرم در کیلوگرم مربوط به تیمار SIFB_{ApMa} بود. همچنین تیمار SFB_{PvLa} کمترین غلظت پروتئین خام را در بین تیمارهای آزمایشی داشت (۱۰۹/۹۸ گرم در کیلوگرم). غلظت پروتئین خام در دانه‌های عمل‌آوری شده با Ap (۱۱۵/۲ گرم در کیلوگرم) بیشتر از دانه‌های عمل‌آوری شده با Pv (۱۱۲/۸ گرم در کیلوگرم) بود ($P < 0.05$). مقایسه مستقل Ma در مقابل La نشان داد که غلظت پروتئین خام در دانه‌های عمل‌آوری شده با Ma به‌طور معنی‌داری بیشتر بود (۱۱۵/۶۵ در مقابل ۱۱۲/۳۵ گرم در کیلوگرم)، ($P < 0.05$). بیشترین و کمترین غلظت NDF با مقادیر ۲۲۴/۷۳ و ۱۸۴/۳۴ گرم در کیلوگرم به‌ترتیب در تیمارهای SFB_{ApMa} و SIFB_{ApLa} مشاهده شد.

توده‌ای در آن‌ها از ۲۸۳ به ۳۳۵ و ۳۸۶ گرم در لیتر سبب افزایش یافت، منجر به کاهش هضم نشاسته و ماده آلی در کل دستگاه گوارش گوساله‌های نر شد (Ponce et al., 2013). همچنین افزایش جرم توده‌ای در غلات پولکی شده، باعث کاهش بخش محلول دانه‌ها می‌شود. پتانسیل هضم دانه نیز با افزایش جرم توده‌ای در دامنه ۲۵/۹ تا ۴۴/۲ درصد کاهش می‌یابد (Trotta et al., 2021). صفای و همکاران (Safaei et al., 2017) جرم توده‌ای دانه جو پولکی را با توجه به فاصله بین غلظک‌ها (۰/۳، ۰/۳۵ و ۰/۴ میلی‌متر) در دامنه ۳۹۰، ۳۴۰ و ۲۹۰ گرم در لیتر گزارش کردند، که با دامنه نتایج آزمایش به‌دست آمده در آزمایش حاضر هم‌راستا است. هر چند که چرنکوا و همکاران (Chrenkova et al., 2018) در آزمایشی که از دانه‌های جو پولکی شده استفاده کردند، جرم توده‌ای دانه را در دامنه ۴۴۰ تا ۴۶۰ گرم در لیتر گزارش کردند که نتایج به‌دست آمده در آزمایش حاضر داده‌های گزارش شده را تأیید نمی‌نماید. درجه حرارت محفظه بخار، زمان بخاردهی، موج بودن غلظک‌ها^۱، فاصله بین غلظک‌ها^۲ و فشار غلظک‌ها^۳ از جمله عواملی هستند که می‌تواند بر کیفیت دانه پولکی شده تأثیر بگذارد (Zinn et al., 2022) و شاید یکی از دلایل تفاوت در جرم توده‌ای دانه‌های پولکی در این مطالعه با سایر مطالعات صورت پذیرفته تفاوت در همین عوامل باشد. ظرفیت نگهداری آب یک ماده غذایی در واقع مقدار آبی است که یک ماده غذایی در محیط آبی (آب زیاد نسبت به مقدار آن ماده غذایی) می‌تواند در خود نگه دارد و معیاری از توانایی تثبیت آب در داخل ماتریکس آن است. نتایج این آزمایش نشان داد که ظرفیت نگهداری آب رابطه معکوسی با جرم توده‌ای دانه‌های جو پولکی شده دارد (جدول ۱). دلیل این امر این است که دانه‌های دارای جرم توده‌ای کم حفرات گازی متعددی در ماتریکس دیواره سلولی دارند و این حفرات می‌توانند آب را در خود نگه دارند. همچنین این مواد خوراکی ممکن است که اثر پرکنندگی (Fill effect) داشته باشند و نرخ عبورشان از شکمبه کاهش یابد. در نتیجه، می‌توان چنین استنباط کرد که افزایش ظرفیت نگهداری آب باعث افزایش دسترسی به مواد مغذی می‌شود (Singh and Narang, 1991). یکی از شاخص‌هایی که بعد از عمل‌آوری تشعشعی مادون قرمز باید به آن توجه شود، میزان جذب آب توسط دانه فرآوری شده است. در مطالعاتی که بر روی فرآوری تشعشعی مادون قرمز دانه جو انجام شد، نشان داده شد که میزان جذب آب در دانه‌های تشعشعی مادون قرمز دو تا سه برابر افزایش می‌یابد. رطوبت دانه قبل و بعد از فرآوری تشعشعی مادون قرمز بسیار حائز اهمیت است (Fasina et al., 1999). ظرفیت نگهداری آب حجم آب جذب شده توسط نشاسته پس از تورم در آب زیاد را تعیین می‌نماید و نشان‌دهنده یکپارچگی نشاسته در محیط آبی است (Rani et al., 2020). جرم حجمی با رطوبت اولیه دانه رابطه مستقیمی دارد.

- 1- roll corrugation
- 2- roll gap
- 3- roll tension

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی دانه جو عمل‌آوری شده با عصاره‌های گیاهی چوبک، رازیانه، اسید مالیک و اسید لاکتیک عموماً با فرآوری بخارپز بولکی و بخارپز - تشعشعی مادون قرمز - - بولکی
Table 1 - Physical characteristics of chemically processed barley grain using extracts of *Acanthophyllum* (Ap) or *Foeniculum vulgare* (Pv) plus malic acid (Ma) or lactic acid (La) accompany through steam flaking or steam-infrared-flaking

خصوصیات فیزیکی Physical properties	تیمارهای آزمایشی ^۱ Experimental diets ¹										میانگین خطای استاندارد SEM	P-value		
												سطح معنی داری مقایسه‌های مستقل		
												Contrasts		
												تیمار Treatment	الف A	ب B
SFB ₀ (1)	SFB _{ApMa} (2)	SFB _{ApLa} (3)	SFB _{PvMa} (4)	SFB _{PvLa} (5)	SFB ₀ (6)	SFB _{ApMa} (7)	SFB _{ApLa} (8)	SFB _{PvMa} (9)	SFB _{PvLa} (10)		<0001	0.1368	<0001	
جرم توده‌ای (گرم پنداری لیت) Bulk density (g/L)	356.7 ^{ef}	380 ^c	340.7 ^g	371.2 ^{cde}	377 ^{cd}	412.3 ^a	397.3 ^b	360.1 ^{ef}	363.6 ^{def}	353.6 ^{fg}	2.90			
ظرفیت نگهداری آب (متر مکعب در تن) Water holding capacity (m ³ /ton)	1.96 ^a	1.71 ^b	1.69 ^b	1.38 ^e	1.50 ^{cd}	1.75 ^b	1.53 ^c	1.44 ^{de}	1.45 ^{de}	1.47 ^{cd}	0.014	<0001	<0001	0.4233
حجم (متر مکعب در تن) Volume (m ³ /ton)	1.29 ^a	1.18 ^d	1.27 ^{ab}	1.18 ^d	1.22 ^c	1.11 ^f	1.16 ^{de}	1.25 ^{bc}	1.14 ^{ef}	1.23 ^c	0.006	<0001	<0001	<0001
جرم حجمی (کیلوگرم در مترمکعب) Density (kg/m ³)	774.2 ^{fg}	846.2 ^c	819.9 ^e	841.3 ^{cd}	817.3 ^e	898.7 ^a	861 ^{bc}	796.4 ^{fe}	875.4 ^b	812.4 ^e	11.25	<0001	0.0006	0.4809
														<0001

میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ردیف دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشند ($P < 0.05$)

^۱ تیمارهای آزمایشی شامل: ۱) دانه جو خام بخارپز - بولکی (SFB₀)، ۲) دانه جو عمل‌آوری شده با چوبک و مالیک اسید بخارپز - بولکی (SFB_{ApMa})، ۳) دانه جو عمل‌آوری شده با چوبک و لاکتیک اسید بخارپز - بولکی (SFB_{ApLa})، ۴) دانه جو عمل‌آوری شده با رازیانه و مالیک اسید بخارپز - بولکی (SFB_{PvMa})، ۵) دانه جو عمل‌آوری شده با رازیانه و لاکتیک اسید بخارپز - بولکی (SFB_{PvLa})، ۶) دانه جو عمل‌آوری شده با چوبک و مالیک اسید بخارپز - تشعشعی مادون قرمز - بولکی (SFB₀)، ۷) دانه جو عمل‌آوری شده با چوبک و مالیک اسید بخارپز - تشعشعی مادون قرمز - بولکی (SFB_{ApMa})، ۸) دانه جو عمل‌آوری شده با رازیانه و مالیک اسید بخارپز - تشعشعی مادون قرمز - بولکی (SFB_{ApLa})، ۹) دانه جو عمل‌آوری شده با چوبک و لاکتیک اسید بخارپز - تشعشعی مادون قرمز - بولکی (SFB_{PvMa})، ۱۰) دانه جو عمل‌آوری شده با رازیانه و لاکتیک اسید بخارپز - تشعشعی مادون قرمز - بولکی (SFB_{PvLa})

مقایسه‌های مستقل: الف) بخارپز - بولکی در مقابل بخارپز - تشعشعی مادون قرمز - بولکی، ب) عصاره گیاهی چوبک در مقابل رازیانه، ج) اسید مالیک در مقابل اسید لاکتیک

Means with different superscript letters in each row indicate significant different ($P < 0.05$).

¹ Experimental treatments were: 1) Steam-flaking of barley grain (SFB₀), 2) Steam-flaking of barley grain treated with *Acanthophyllum* and Malic acid (SFB_{ApMa}), 3) Steam-flaking of barley grain treated with *Acanthophyllum* and Lactic acid (SFB_{ApLa}), 4) steam flaking of barley grain treated with *Foeniculum vulgare* and Malic acid (SFB_{PvMa}), 5) steam flaking of barley grain treated with *Foeniculum vulgare* and Lactic acid (SFB_{PvLa}), 6) steam- infrared-flaking of barley grain (SFB₀), 7 steam- infrared-flaking of barley grain treated with *Acanthophyllum* and Malic acid (SFB_{ApMa}), 8) steam- infrared-flaking of barley grain treated with *Acanthophyllum* and Lactic acid (SFB_{ApLa}), 9) steam- infrared-flaking of barley grain treated with *Foeniculum vulgare* and Malic acid (SFB_{PvMa}), 10) steam- infrared-flaking of barley grain treated with *Foeniculum vulgare* and Lactic acid (SFB_{PvLa})

Contrasts: A) Steam-flaking vs steam- infrared irradiation-flaking, B) *Acanthophyllum* vs *Foeniculum vulgare*, C) Malic acid vs Lactic acid

گیاهی و اسیدهای آلی به همراه روش‌های بخارپز- پولکی یا بخارپز- تشعشی مادون قرمز- پولکی فرآوری شده است و نیز رقم جو (جو وارداتی در مقابل جو بومی)، شرایط عمل‌آوری و ماهیت مواد شیمیایی (عدم استفاده از اسیدهای آلی و تفاوت در عصاره‌های گیاهی) متفاوت می‌باشد، لذا نتایج آزمایش حاضر با داده‌های گزارش شده توسط ناصرالاسلامی و همکاران (Naseroleslami et al., 2018) همخوانی نداشت. نکته حائز اهمیت در فرآوری به‌روش تشعشی مادون قرمز، حفظ ارزش ذاتی پروتئین موجود در دانه‌ها پس از فرآوری است. بهبود ضریب بازدهی پروتئین، ترکیب و امتیاز (Score) اسیدهای آمینه در دانه‌های تشعشی شده گزارش شده است (Khattab et al., 2009). در اثر پرتوتابی آبگریزی سطح مولکول پروتئین به‌دلیل جداسدن پیوندهای هیدروژنی و سایر پیوندهای کوالانسی و نیز تغییر موقعیت اسیدهای آمینه افزایش می‌یابد. با توجه به اینکه گروه‌های جانبی در اسیدهای آمینه آبگریز جایگاه فعال آنزیم‌های گوارشی تریپسین و کیمو تریپسین هستند، لذا این روش می‌تواند افزایش هضم دانه‌های فرآوری شده را به‌دنبال داشته باشد (Folawiyo and Apenten, 1997). هارد و همکاران (Harder et al., 2015) در آزمایشی دانه جو را با پنج درصد La (حجمی/حجمی) عمل‌آوری کردند، و سپس تحت حرارت قرار دادند. غلظت پروتئین خام در دانه‌های جو عمل‌آوری شده کاهش یافت که با نتایج آزمایش حاضر همخوانی نداشت. این محققین علت این کاهش در غلظت پروتئین خام را شسته شدن بخش محلول پروتئین که عمدتاً از نیترژن غیر پروتئینی یا پپتیدهای کوچک تشکیل شده است، بیان داشتند. همچنین گزارش نمودند که فرآوری دانه جو سهم مهمی در کاهش آمونیاک شکمبه‌ای و افزایش مقدار پروتئین تجزیه‌ناپذیر در شکمبه دارد. در آزمایشی دیگر، عمل‌آوری دانه جو با سطوح مختلف La (۰/۵، ۱ و ۵ درصد حجمی) همراه با حرارت (۵۵ درجه سلسیوس) منجر به کاهش نشاسته دانه‌های عمل‌آوری شده در مقایسه با دانه‌های خام جو شد، که نتایج آزمایش حاضر آن را تأیید نمی‌کند. اما خاکستر نمونه‌های عمل‌آوری شده با La نسبت به دانه‌های خام جو کاهش یافت، که نتایج این آزمایش، آن را تأیید می‌نماید (Metzler-Zebeli et al., 2014). سالم و همکاران (Salem et al., 2012) گزارش کردند که پیوند ایجاد شده بین تانن‌های گیاهی و پروتئین باعث کاهش حلالیت پروتئین و افزایش مقاومت آن در برابر تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای می‌شود. همچنین استفاده از تانن‌های متراکم در جیره سبب کاهش گوارش‌پذیری شکمبه‌ای کربوهیدرات‌های سریع‌التخمیر و همی سلولز در دانه‌های جو می‌شود (Patra and Saxena, 2011). تغییراتی که در ADF و NDF دانه‌های جو در طی فرآوری پولکی شدن اتفاق می‌افتد به‌دلیل جدا شدن هسته دانه (grain kernel) در اثر عبور از میان غلتک‌ها و فشار وارد شده به دانه و شکستن پوسته آن در طی این فرآیند است. مالکوم و کیزلینگ

(۸/۹۲ درصد) غلظت NDF در دانه‌های جو عمل‌آوری شده، شد ($P < 0/05$). استفاده از عصاره Ap، موجب افزایش غلظت ADF در دانه‌های عمل‌آوری شده با آن نسبت به دانه‌های عمل‌آوری با Pv شد (۷۸/۵۱ در مقابل ۷۳/۰۳ گرم در کیلوگرم) ($P < 0/05$). بیشترین درصد آمیلوز با ۳۱/۴۱، در تیمار SFB_{ApMa} مشاهده شد. درصد آمیلوز و آمیلوپکتین تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت ($P < 0/05$). بیشترین درصد آمیلوز با ۳۱/۴۱، در تیمار SFB_{ApMa} مشاهده شد. نتایج آزمایش حاضر نشان داد که درصد آمیلوز به‌هنگام استفاده از La در عمل‌آوری شیمیایی به‌میزان ۱/۸۴ درصد کاهش می‌یابد ($P < 0/05$). ارزش غذایی دانه جو تحت تأثیر عوامل متعددی مانند رقم، مکان پرورش، شرایط اقلیمی و عملیات زراعی قرار می‌گیرد (Abdi et al., 2012). در مطالعه‌ای ارزش غذایی شش رقم جو داخلی مورد بررسی قرار گرفت. مقادیر ماده خشک ۹۲/۶۲ درصد، پروتئین خام ۱۱/۰۹ درصد، چربی ۱/۹۲ درصد، خاکستر ۲/۶ درصد، NDF ۱۷/۳۶ درصد، ADF ۵/۱۶ درصد و انرژی خام ۳۹۵۰ کیلوکالری برای آنان گزارش شد (Janmohammadi et al., 2009). داده‌های به‌دست آمده آزمایش حاضر با نتایج گزارش شده مغایر بوده و احتمالاً علت آن تفاوت در رقم دانه جو و انجام انواع فرآوری بر روی آن‌ها دانست. ترکیب شیمیایی و میزان انرژی قابل متابولیسم در انواع دانه جو به‌دلیل تغییرات جغرافیایی، محیطی و همچنین برهم‌کنش بینشان متنوع است (Dehghan-banadaky et al., 2007). در مطالعه ژائو و همکاران (Zhao et al., 2015)، غلظت پروتئین خام، NDF و نشاسته در دانه جو با جرم توده‌ای بالا به‌ترتیب ۱۲۸، ۱۸۶ و ۵۳۷ گرم بر کیلوگرم و برای دانه جو با جرم توده‌ای پایین به‌ترتیب ۱۲۴، ۱۷۹ و ۵۴۶ گرم بر کیلوگرم گزارش شد، که با نتایج آزمایش حاضر همخوانی نداشت. ناصرالاسلامی و همکاران (Naseroleslami et al., 2018) در آزمایشی دانه‌های جو را با عصاره‌های گیاهی و یا ترکیبات قلیایی عمل‌آوری کردند. دامنه پروتئین خام نمونه‌های عمل‌آوری شده ۱۱۹/۵ تا ۱۳۲/۲ گرم بر کیلوگرم را گزارش شد. همچنین آن‌ها گزارش کردند که غلظت پروتئین خام نمونه‌های جو عمل‌آوری شده نسبت به دانه جو خام افزایش یافت. هر چند که دامنه اعداد گزارش شده با نتایج آزمایش حاضر همخوانی نداشت، اما با توجه به اینکه غلظت پروتئین در نتیجه عمل‌آوری شیمیایی افزایش یافت، نتایج این آزمایش در راستای نتایج آن‌هاست. در این آزمایش عمل‌آوری شیمیایی دانه جو با عصاره‌های گیاهی و ترکیبات قلیایی، دامنه غلظت‌های نشاسته ۶۱۰/۷ تا ۶۲۴/۲ گرم بر کیلوگرم، NDF از ۲۲۱/۱ تا ۲۲۶/۵ گرم بر کیلوگرم، ADF از ۸۰ تا ۸۴/۵ گرم بر کیلوگرم، خاکستر از ۱۹ تا ۲۰/۵ گرم بر کیلوگرم و چربی از ۲۰/۱ تا ۲۱/۸ گرم بر کیلوگرم گزارش شده، که غلظت این مواد مغذی تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند (Naseroleslami et al., 2018). با توجه به اینکه در این آزمایش دانه جو با افزودنی‌های

می‌شود، و به تبع آن نرخ رشد دام‌ها را افزایش می‌دهد. آنتول موجود در PV سبب بهبود اسپاسم‌های دستگاه گوارش و افزایش ترشح آنزیم‌های گوارشی و در نتیجه، افزایش و یا بهبود هضم می‌گردد (Yacoub et al., 2015). اسید لاکتیک یکی از اسیدهای آلی است که دارای عامل آلفا هیدروکسی اسید در رشته اصلی کربنی خود است که این عامل از طریق ایجاد قطب‌های هیدروژنی باعث اتصال آب و نشاسته و در نتیجه، افزایش خروج آمیلوز از دانه‌های عمل‌آوری شده با این اسید می‌شود. در صورتی که اسید مالیک جزو اسیدهای آلی با دو عامل کربوکسیل است که موجب تقویت قدرت اسیدی آن می‌شود. چنین پتانسیلی در اسیدهای آلی موجب هیدرولیز زنجیره‌های آمیلوز و آمیلوپکتین و در نتیجه، کاهش نظم مولکولی نشاسته خواهد شد. با توجه به خاصیت اسید لاکتیک، احتمالاً همین ویژگی علت کاهش آمیلوز در دانه‌های عمل‌آوری شده با آن است (Hirashima et al., 2005). نوع ژلاتینه شدن نشاسته و میزان آن مهم‌ترین عامل تفاوت بین واریته‌های جو قبل و بعد از فرآوری تشعشی مادون قرمز است. بررسی تصاویر میکروسکوپ الکترونی از گرانول‌های نشاسته دانه جو نشان داده است که گرانول‌ها قبل از میکرونیزه کروی بوده و بعد از میکرونیزه از حالت کروی خارج شده‌اند (Deepa and Umesh, 2016). پژوهش‌های صورت گرفته قبلی بیان کردند که اسیدهای آلی در اصلاح ساختار نشاسته و افزایش نشاسته مقاوم و کاهش تجزیه‌پذیری آن در شکمبه مؤثر است (Deckardt et al., 2014). واکنش‌های غیر کووالانسی که بین نشاسته و ترکیبات فنولی اتفاق می‌افتد، می‌تواند بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و نیز هضم نشاسته مؤثر باشد. واکنش‌های غیر کووالانسی شامل باندهای هیدروژنی^۱، واکنش‌های آبریز^۲، واکنش‌های یونی و الکترواستاتیکی^۳ است. در واقع، ساختار مولکولی آمیلوز این پیوندهای قوی را بین نشاسته و ترکیبات فنولی ایجاد می‌کند (Barros et al., 2012) و همچنین تغییر در ساختار نشاسته به دلیل افزایش نسبت آمیلوز در رشته‌های α گلوکان نشاسته باشد (Zhu, 2015). علاوه بر آن، گزارش شده است که ترکیبات پلی فنولی یک معانت‌کننده^۴ متوسط آنزیم برای فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز^۵ و معانت‌کننده قوی برای آنزیم آلفا گلوکوزیداز^۶ هستند، در نتیجه می‌تواند بر هضم نشاسته تأثیر بگذارند (Paun et al., 2016). ترکیبات گیاهی میزان هضم نشاسته، پروتئین و دامیناسیون اسیدهای آمینه را در شکمبه کاهش می‌دهند (Duval et al., 2007). مکانیسم حفاظت از نشاسته توسط ترکیبات

(Malcolm and Kiesling, 1993) بیان داشتند که افزایش غلظت ADF در طی فرآیند پولکی کردن به دلیل افزایش اتصالات لینگینی است، که در دمای بالای ۶۵ درجه سانتی‌گراد تشکیل می‌شود. نتایج آزمایش حاضر این را تأیید نمی‌کند، زیرا که فرآوری‌های فیزیکی به‌تنهایی تأثیر معنی‌داری بر غلظت ADF تیمارهای آزمایشی نداشتند. نتایج پژوهش‌های قبلی بیان کردند که پرتوتابی باعث آغاز واکنش‌های شیمیایی و نیز تجزیه پیوندهای شیمیایی می‌شود. همچنین پرتوتابی منجر به دپلمریزه شدن سلولز و تجزیه آن می‌گردد. علاوه بر این پرتوتابی موجب تورم الیاف سلولزی و به دنبال آن افزایش خاصیت جذب آب و حل شدن در محلول‌های قلیایی و هیدرولیز اسیدی شده است (Driscoll et al., 2009). در آزمایشی، دامنه NDF و ADF دانه‌های جو عمل‌آوری شده با La به ترتیب ۱۴۵ تا ۱۶۹ و ۵۳ تا ۶۳/۶ گرم به کیلوگرم بود که در دامنه نتایج آزمایش حاضر نمی‌باشد. عمل‌آوری با La و حرارت (۵۵ درجه سانتی‌گراد) سبب افزایش مقادیر NDF و ADF دانه‌های عمل‌آوری شده می‌شود (Metzler-Zebeli et al., 2014). عمل‌آوری شیمیایی دانه جو با La به علت افزایش هیدرولیز فیتات و به دنبال آن در دسترس شدن فسفر و سایر کاتیون‌ها، غلظت خاکستر دانه‌های عمل‌آوری شده را کاهش داد (Harder et al., 2015). عمل‌آوری دانه جو با La موجب افزایش هیدرولیز بخش‌های نامحلول به خصوص ترکیبات همی سلولزی و کاهش غلظت NDF می‌شود (Harder et al., 2015). با توجه به کاهش غلظت خاکستر و NDF در اثر عمل‌آوری با La در آزمایش حاضر، نتایج آزمایش حاضر داده‌های گزارش شده توسط هادر و همکاران (Harder et al., 2015) را تأیید می‌کند. گیاه چوبک منبع سرشاری از ترکیبات ساپونینی است. ساپونین‌ها به عنوان ترکیبات تغییردهنده کشش سطحی به واسطه ماهیت شویندگی آن‌ها هستند. بنابراین، استفاده از عصاره آن می‌تواند باعث افزایش جذب آب توسط دانه‌های فرآوری شده با آن شود و بدین لحاظ گوارش‌پذیری دانه نیز افزایش خواهد یافت (Hristov et al., 2007). نتایج پژوهش‌های قبلی نشان داد که عمل‌آوری دانه ذرت با ساپونین و پولکی کردن آن با بخار منجر به افزایش تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک و نشاسته به ترتیب به میزان ۱۷/۲ و ۶/۷ درصد نسبت به دانه‌های خام پولکی می‌شود (Hristov et al., 2007). در آزمایش حاضر، تیمار (SIFBAPLa) کمترین و بیشترین غلظت NDF و نشاسته را در بین سایر تیمارهای فرآوری داشت که شاید یکی از دلایل آن خاصیت شویندگی ساپونین موجود در عصاره Ap است که باعث افزایش شسته شدن الیاف می‌شود که این نتایج همسو با گزارش پن و همکاران (Pen et al., 2007) مبنی بر تأثیر ساپونین موجود در گیاه یوکا بر کاهش غلظت NDF است. آنتول مهم‌ترین ترکیب مؤثری است که در PV یافت می‌شود. استفاده از عصاره PV سبب افزایش اشتها و بالا رفتن مصرف خوراک در دام

- 1- Hydrogen bonds
- 2- Hydrophobic interaction
- 3- Electrostatic and ionic interaction
- 4- Inhibitor
- 1- α -amylase
- 2- α -glucosidase

الیافی و الیاف محلول را به ترتیب به میزان ۰/۹۷، ۵/۰۵ و ۷۲/۲۶ درصد افزایش داد ($P < 0/05$). همچنین استفاده از Ma در عمل‌آوری شیمیایی موجب افزایش ۷/۲ و ۱۸/۳۲ درصدی غلظت بخش‌های الیاف قابل هضم و الیاف غیر قابل هضم شد ($P < 0/05$).

یو (Yu, 2011) بیان نمود که فرآوری فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی می‌تواند بر بخش‌بندی پروتئین خام براساس روش CNCPS تأثیر بگذارد. فرآوری خوراک به صورت پلت منجر به افزایش هضم شکمبه‌ای پروتئین می‌شود و این می‌تواند به علت دنا توره شدن پروتئین‌ها در حین فرآوری باشد (Huang et al., 2015). فرآوری رطوبتی - حرارتی باعث افزایش بخش کند تجزیه پروتئین و کاهش بخش سریع تجزیه آن می‌شود (Peng et al., 2014). احتمالاً یکی از دلایل کاهش بخش غیر قابل هضم پروتئین‌ها در حین عمل فرآوری، افزایش تجزیه‌پذیری دیواره سلولی و آزاد شدن پروتئین متصل به دیواره سلولی و به دنبال آن افزایش قابلیت هضم آن است. با توجه به نتایج آزمایش حاضر، استفاده از عصاره Ap باعث کاهش غلظت بخش غیر قابل هضم پروتئین دانه‌های جو عمل‌آوری شده گردید. علت این کاهش، احتمالاً به دلیل خاصیت شویندگی Ap و افزایش شسته شدن دیواره سلولی متصل به پروتئین است، که موجب کاهش بخش غیر قابل هضم پروتئین می‌شود. بخش غیر قابل هضم پروتئین به عنوان بخش پروتئین گوارش‌ناپذیر در شکمبه شناخته می‌شود و رابطه مستقیمی با آسیب حرارتی نیتروژن و نیتروژن غیر قابل هضم دارد. بنابراین، حرارت مناسب و کنترل شده حائز اهمیت است که در آزمایش حاضر فرآوری‌های رطوبتی - حرارتی - تشعشعی به‌تنهایی تأثیر بر آن نداشتند (Mjoun et al., 2010). فرآوری اکستروود کردن سبب افزایش غلظت پروتئین متصل شده به الیاف و غیر قابل هضم پروتئین در غلات فرآوری شده می‌شود (Castro et al., 2007). با توجه به اینکه در آزمایش حاضر هر دو نوع فرآوری شیمیایی و فیزیکی همزمان با هم انجام شده است، همچنین نوع فرآوری فیزیکی متفاوت با آن‌ها بوده است و خاصیت هیدرولیزی که در اسیدهای آلی وجود دارد و تأثیر بر آن‌ها بر الیاف دانه و خاصیت شویندگی عصاره چوبک بر دیواره سلولی متصل به پروتئین، بنابراین عدم هم‌خوانی در نتایج مشاهده می‌شود.

فنولیک تا حدودی شبیه به ترکیبات آلدئیدی است، زیرا که گرانول‌های نشاسته توسط پروتئین‌هایی پوشش‌دهی شده که می‌توانند با ترکیبات آلدئیدی پیوند کووالانت تشکیل دهند (Martinez et al., 2005).

داده‌های مربوط به بخش‌بندی پروتئین خام دانه‌های جو عمل‌آوری شده شیمیایی همراه با فرآوری فیزیکی (براساس سیستم CNCPS ویرایش ۶/۵) در جدول ۳ گزارش شده است. غلظت بخش‌های پروتئین حقیقی محلول، پروتئین حقیقی نامحلول و پروتئین غیر قابل هضم تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفتند ($P < 0/05$). تیمار SFB_{ApMa} بیشترین و تیمار $SIFB_{PvLa}$ کمترین غلظت پروتئین حقیقی محلول را در بین تیمارهای آزمایشی داشتند (به ترتیب ۵/۵۷ و ۳/۴۳ درصد از پروتئین خام). مقایسه‌های مستقل عمل‌آوری با Ap در مقابل Pv نشان داد که عمل‌آوری با Ap موجب افزایش (۵۰/۸ درصدی) غلظت بخش پروتئین حقیقی محلول در مقایسه با عمل‌آوری دانه جو با Pv شد ($P < 0/05$). علاوه بر آن، عمل‌آوری با Ma در مقایسه با La غلظت بخش پروتئین حقیقی محلول به میزان ۲۸/۴ درصد افزایش داد ($P < 0/05$). تیمار SFB_{PvLa} با ۸۸/۶۷ درصد از پروتئین خام، بیشترین غلظت پروتئین حقیقی نامحلول را در بین تیمارهای آزمایشی داشت. بیشترین و کمترین غلظت پروتئین غیر قابل هضم در بین تیمارهای آزمایشی به ترتیب در تیمارهای SFB_0 و $SIFB_{ApMa}$ مشاهده شد (۷/۶۸ و ۴/۴۳ درصد از پروتئین خام). عمل‌آوری دانه جو با Ap غلظت بخش پروتئین غیر قابل را نسبت به عمل‌آوری با Pv کاهش داد (۴/۸۴ در مقابل ۵/۷۹، $P < 0/05$). غلظت بخش‌های مختلف کربوهیدرات دانه‌های فرآوری شده جو شامل مجموع کربوهیدرات، کربوهیدرات‌های غیر الیافی، الیاف محلول، الیاف قابل هضم و الیاف غیر قابل هضم تحت تأثیر روش‌های فرآوری قرار گرفت ($P < 0/05$ ، جدول ۴). تیمار $SIFB_{PvLa}$ با ۸۴۳/۵۹، ۶۶۲/۹۳ و ۷۰/۱۹ گرم در کیلوگرم به ترتیب بیشترین غلظت مجموع کربوهیدرات، کربوهیدرات‌های غیر الیافی و الیاف محلول را در بین تیمارهای آزمایشی داشت. غلظت بخش‌های مجموع کربوهیدرات، کربوهیدرات‌های غیر الیافی و الیاف محلول در دانه‌های فرآوری شده با روش SIF بیشتر از دانه‌های فرآوری شده با روش SF بود (به ترتیب افزایش ۰/۱۷، ۲/۰۳ و ۳۰/۶۵ درصدی، $P < 0/05$). تیمار SFB_{ApMa} بیشترین و تیمار $SIFB_{ApLa}$ کمترین غلظت الیاف قابل هضم (۱۹۷/۶۹ و ۱۶۷ گرم در کیلوگرم) و الیاف غیر قابل هضم (۲۰/۰۳ و ۱۲/۱۱ گرم در کیلوگرم) را در بین تیمارهای آزمایشی داشتند. بیشترین غلظت الیاف غیر قابل هضم فرآوری فیزیکی با روش SF غلظت بخش‌های الیاف قابل هضم و الیاف غیر قابل هضم در دانه‌های جو نسبت به روش SIF افزایش معنی‌دار داشت (۵/۰۸ و ۱۳/۵۸ درصد). نتایج مقایسه مستقل عمل‌آوری شیمیایی با La در مقابل Ma نشان داد که عمل‌آوری با La، غلظت بخش‌های مجموع کربوهیدرات، کربوهیدرات‌های غیر

جدول ۳- بخش‌بندی پروتئین انواع مختلف دانه جو فرآوری شده (شیمیایی - حرارتی - اتمایی) براساس سیستم CNCPS ویرایش ۶/۵

بخش‌بندی پروتئین (درصدی از پروتئین خام) Protein fractions (% of CP)	تیمارهای آزمایشی ^۱ Experimental diets ¹										میانگین خطای استاندارد SEM	تیمار Treatment	الف A	ب B	ج C	P-value سطح معنی‌داری مقایسه‌های مستقل Contrasts
	SFB ₀ (1)	SFB _{ApMa} (2)	SFB _{ApLa} (3)	SFB _{PvMa} (4)	SFB _{PvLa} (5)	SIFB ₀ (6)	SIFB _{ApMa} (7)	SIFB _{ApLa} (8)	SIFB _{PvMa} (9)	SIFB _{PvLa} (10)						
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
آمونیاک (A1) Ammonia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
پروتئین خفقی (A2) Soluble true protein	5.10 ^a	5.57 ^a	4.20 ^b	5.24 ^a	1.99 ^c	4.09 ^b	5.41 ^a	5.32 ^a	2.92 ^{bc}	3.43 ^b	0.85	0.0826	0.7315	0.0091	0.0949	
پروتئین خفقی نامحلول (B1) Insoluble true protein	83.46 ^b	86.63 ^{ab}	87.72 ^a	85.67 ^{ab}	88.76 ^a	86.14 ^{ab}	87.01 ^{ab}	87.16 ^{ab}	88.66 ^a	87.69 ^a	0.084	0.01	0.1104	0.3519	0.1736	
پروتئین متصل شده به الیاف (B2) Fiber- bound protein	3.75	2.6	3.38	3.17	3.33	2.56	3.13	2.44	2.61	3.31	0.514	0.6633	0.1934	0.5574	0.5178	
پروتئین غیر قابل هضم (C) Indigestible protein	7.68 ^a	5.19 ^{bc}	4.69 ^c	5.91 ^{abc}	5.90 ^{abc}	7.20 ^{ab}	4.43 ^c	5.07 ^c	5.80 ^{abc}	5.56 ^{bc}	0.423	0.0005	0.3361	0.0048	0.9297	

میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ردیف دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشند ($P < 0.05$)
 تیمارهای آزمایشی شامل: ۱) دانه جو خام بخارزد - پولکی (SFB₀)، ۲) دانه جو عمل‌آوری شده با چوبک و مالیک اسید بخارزد - پولکی (SFB_{ApMa})، ۳) دانه جو عمل‌آوری شده با چوبک و لاکتیک اسید بخارزد - پولکی (SFB_{ApLa})، ۴) دانه جو عمل‌آوری شده با چوبک و مالیک اسید بخارزد - پولکی (SFB_{PvMa})، ۵) دانه جو عمل‌آوری شده با رازیانه و لاکتیک اسید بخارزد - پولکی (SIFB₀)، ۶) دانه جو عمل‌آوری شده با چوبک و مالیک اسید بخارزد - تنششی مادون قرمز - پولکی (SIFB_{ApMa})، ۷) دانه جو عمل‌آوری شده با رازیانه و مالیک اسید بخارزد - تنششی مادون قرمز - پولکی (SIFB_{ApLa})، ۸) دانه جو عمل‌آوری شده با چوبک و لاکتیک اسید بخارزد - تنششی مادون قرمز - پولکی (SIFB_{PvMa})، ۹) دانه جو عمل‌آوری شده با رازیانه و مالیک اسید بخارزد - تنششی مادون قرمز - پولکی (SIFB_{PvLa})، ۱۰) دانه جو عمل‌آوری شده با رازیانه و لاکتیک اسید بخارزد - تنششی مادون قرمز - پولکی (SIFB₀)
 مقایسه‌های مستقل: الف) بخارزد - پولکی در مقابل بخارزد - تنششی مادون قرمز - پولکی، ب) عصاره گیاهی چوبک در مقابل مالیک اسید لاکتیک

Means with different superscript letters in each row indicate significant different ($P < 0.05$).
 Experimental treatments were: 1) Steam-flaking of barley grain(SFB₀), 2) Steam-flaking of barley grain treated with *Acanthophyllum* and Lactic acid (SFB_{ApLa}), 3) Steam-flaking of barley grain treated with *Acanthophyllum* and Malic acid (SFB_{ApMa}), 4) steam flaking of barley grain treated with *Foeniculum vulgare* and Lactic acid (SFB_{PvLa}), 5) steam flaking of barley grain treated with *Foeniculum vulgare* and Lactic acid (SIFB₀), 6) steam- infrared-flaking of barley grain(SIFB₀), 7) steam- infrared-flaking of barley grain treated with *Acanthophyllum* and Lactic acid (SIFB_{ApLa}), 8) steam- infrared-flaking of barley grain treated with *Acanthophyllum* and Lactic acid (SIFB_{ApMa}), 9) steam- infrared-flaking of barley grain treated with *Foeniculum vulgare* and Lactic acid (SIFB_{PvLa}), 10) steam- infrared-flaking of barley grain treated with *Foeniculum vulgare* and Lactic acid (SIFB_{PvMa})
 Contrasts: A) Steam-flaking vs steam- infrared irradiation-flaking, B) *Acanthophyllum* vs *Foeniculum vulgare*, C) Malic acid vs Lactic acid

جدول ۴- بخش‌بندی کربوهیدرات انواع مختلف دانه جو فرآوری شده (شیمیایی - حرارتی - آمواجی) بر اساس سیستم CNCPS ویرایش ۶/۵

Table 4- Carbohydrate fractionation of chemically processed barley grain using extracts of *Acanthophyllum* (Ap) or *Foeniculum vulgare* (Pv) plus malic acid (Ma) or lactic acid (La) accompany through steam flaking or steam-infrared-flaking

بخش‌بندی کربوهیدرات (گرم در کیلوگرم) Carbohydrate fractions (g/kg)	تیمارهای آزمایشی ^۱ Experimental diets ¹										میانگین خطای استاندارد SEM	تیمار Treatment	الف A	ب B	ج C					
	P-value																			
	مقایسه‌های مستقل Contrasts																			
SFB ₀ (1)	SFB _{ApMa} (2)	SFB _{ApLa} (3)	SFB _{PvM} ^a (4)	SFB _{PvLa} (5)	SIFB ₀ (6)	SIFB _{ApMa} (7)	SIFB _{ApLa} (8)	SIFB _{PvMa} (9)	SIFB _{PvLa} (10)											
نشاسته (Starch)	558.93	554	557.98	558.54	558.01	561	556.82	562.02	558.95	558.83	4.13	0.2453	0.1939	0.5058	0.1156					
قندهای محلول (A4) Water soluble carbohydrate	36.03	34.32	35.91	37.09	39.24	36.79	36.10	38.56	36.06	33.90	3.19	0.1043	0.7564	0.6779	0.2411					
مجموع کربوهیدرات Carbohydrates	833.72 ^{def}	836.19 ^{cde}	839.63 ^{abc}	828.42 ^f	841.91 ^{ab}	837.78 ^{cde}	834.97 ^{cde}	838.86 ^{abcd}	831.85 ^{ef}	843.59 ^a	1.09	<0001	0.0508	0.2229	<0001					
کربوهیدرات‌های غیر الیافی Non fiber carbohydrate	636.67 ^{ab}	618.46 ^b	644.11 ^{ab}	624.13 ^b	627.08 ^b	638.45 ^{ab}	624.85 ^b	661.50 ^a	627.02 ^b	662.93 ^a	6.64	0.0008	0.0062	0.6841	<0001					
الیاف محلول (B2) Soluble fiber	41.71 ^{abc}	30.14 ^{bc}	50.22 ^{abc}	28.49 ^c	29.83 ^{bc}	40.65 ^{abc}	31.93 ^{bc}	60.91 ^{ab}	32.01 ^{bc}	70.19 ^a	6.41	0.0012	0.0131	0.493	<0001					
الیاف قابل هضم (B3) Digestible fiber	181.16 ^{ab}	197.69 ^a	179.77 ^{ab}	186.74 ^{ab}	192.77 ^{ab}	180.88 ^{ab}	191.51 ^{ab}	167 ^b	185.91 ^{ab}	167.44 ^b	5.63	0.0138	0.0191	0.847	0.0026					
الیاف غیر قابل هضم (CC) Indigestible fiber	16.67 ^{abc}	20.03 ^a	15.74 ^{abc}	17.69 ^{ab}	18.50 ^{ab}	16.43 ^{abc}	18.61 ^{ab}	12.11 ^c	17.26 ^{ab}	13.72 ^{bc}	0.99	0.0007	0.0034	0.8133	0.0001					

میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ردیف دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشند ($P < 0.05$).

تیمارهای آزمایشی شامل: ۱) دانه جو خام پختاریز - پولکی (SFB₀)، ۲) دانه جو عمل‌آوری شده با چوبک و لاکتیک اسید پختاریز - پولکی (SFB_{ApMa})، ۳) دانه جو عمل‌آوری شده با چوبک و مالیک اسید پختاریز - پولکی (SFB_{ApLa})، ۴) دانه جو عمل‌آوری شده با رازانه و مالیک اسید پختاریز - پولکی (SFB_{PvMa})، ۵) دانه جو عمل‌آوری شده با رازانه و لاکتیک اسید پختاریز - پولکی (SFB_{PvLa})، ۶) دانه جو خام پختاریز - تیمششی مادون قرمز - پولکی (SIFB₀)، ۷) دانه جو عمل‌آوری شده با چوبک و مالیک اسید پختاریز - تیمششی مادون قرمز - پولکی (SIFB_{ApMa})، ۸) دانه جو عمل‌آوری شده با رازانه و مالیک اسید پختاریز - تیمششی مادون قرمز - پولکی (SIFB_{ApLa})، ۹) دانه جو عمل‌آوری شده با رازانه و مالیک اسید پختاریز - تیمششی مادون قرمز - پولکی (SIFB_{PvMa})، ۱۰) دانه جو عمل‌آوری شده با رازانه و مالیک اسید پختاریز - تیمششی مادون قرمز - پولکی (SIFB_{PvLa})

مقایسه‌های مستقل: الف) پختاریز - پولکی در مقابل پختاریز - تیمششی مادون قرمز - پولکی، ب) عصاره گیاهی چوبک در مقابل رازانه ج) اسید مالیک در مقابل اسید لاکتیک

Means with different superscript letters in each row indicate significant different ($P < 0.05$).

Experimental treatments were: 1) Steam-flaking of barley grain(SFB₀), 2) Steam-flaking of barley grain treated with *Foeniculum vulgare* and Lactic acid (SFB_{PvLa}), 3) Steam-flaking of barley grain treated with *Acanthophyllum* and Lactic acid (SFB_{ApLa}), 4) steam flaking of barley grain treated with *Foeniculum vulgare* and Lactic acid (SFB_{PvLa}), 5) steam flaking of barley grain treated with *Foeniculum vulgare* and Lactic acid (SFB_{PvLa}), 6) steam- infrared-flaking of barley grain(SIFB₀), 7) steam- infrared-flaking of barley grain treated with *Acanthophyllum* and Lactic acid (SIFB_{ApLa}), 8) steam- infrared-flaking of barley grain treated with *Acanthophyllum* and Lactic acid (SIFB_{ApLa}), 9) steam- infrared-flaking of barley grain treated with *Foeniculum vulgare* and Lactic acid (SIFB_{PvLa}), 10) steam- infrared-flaking of barley grain treated with *Foeniculum vulgare* and Lactic acid (SIFB_{PvLa})

Contrasts: A) Steam-flaking vs steam- infrared irradiation-flaking, B) *Acanthophyllum* vs *Foeniculum vulgare*, C) Malic acid vs Lactic acid

می‌شود که سطح کمتری از سوپسترا در معرض آنزیم‌های میکروبی قرار بگیرد (McKinnon et al., 1995). فرآوری حرارتی مرطوب بقولات، منجر به کاهش بخش قندهای محلول و افزایش بخش الیاف قابل هضم در آن‌ها شد که نتایج آزمایش حاضر، نتایج آن‌ها را تأیید می‌کند (Sun et al., 2018).

نتیجه‌گیری کلی

در این آزمایش، از اسانس چوبک (غنی از ساپونین) و رازیانه (غنی از ترکیبات فنولی) همراه با اسید لاکتیک یا اسید مالیک استفاده شد. متعاقب عمل‌آوری شیمیایی، فرآوری فیزیکی با روش بخارپز-پولکی و یا بخارپز-تشنشعی مادون قرمز-پولکی انجام شد. استفاده از روش بخارپز-پولکی در تمام دانه‌های عمل‌آوری شده منجر به کاهش جرم توده‌ای گردید. همچنین استفاده از روش بخارپز-پولکی می‌تواند به‌عنوان یک گزینه مناسب برای بهبود ظرفیت نگهداری آب در دانه جو باشد. در این آزمایش به‌طور کلی، غلظت مواد مغذی تحت تأثیر روش‌های عمل‌آوری شیمیایی همراه با فرآوری فیزیکی قرار گرفت. مهم‌ترین تغییر در غلظت مواد مغذی در پروتئین خام و NDF مشاهده شد. از سویی دیگر، نتایج بخش‌بندی پروتئین نشان داد که فرآوری دانه جو با چوبک و فرآوری بخارپز-تشنشعی مادون قرمز-پولکی موجب افزایش غلظت بخش پروتئین حقیقی محلول در دانه جو می‌شود. اما عمل‌آوری دانه‌ها با اسید لاکتیک همراه با فرآوری بخارپز-تشنشعی مادون قرمز-پولکی غلظت کربوهیدرات‌های غیر الیافی و الیاف محلول را افزایش داد. به نظر می‌رسد که تأثیر روش‌های عمل‌آوری دانه جو انجام شده در این آزمایش نیاز به بررسی تغییرات ساختار مولکولی پروتئین و کربوهیدرات‌ها را نیز داشته باشد.

پرتوتابی از طریق تغییر در ساختمان پروتئین، اکسیداسیون اسیدهای آمینه، شکسته شدن پیوندهای کوالانسی و تشکیل رادیکال‌های آزاد، باعث تشکیل ژل یا شکل منظم پروتئین به‌صورت سه بعدی از راه ایجاد اتصالات عرضی و در نتیجه، کاهش در دسترس بودن گروه‌های شیمیایی برای عمل آنزیم‌های پروتئولیتیکی میکروبی و در نهایت، کاهش سرعت و میزان تجزیه‌پذیری پروتئین می‌شود (Folawiyo and Apenten, 1997). در آزمایش انجام شده توسط فنگ و همکاران (Feng et al., 2023)، تأثیر فرآوری خشک، مرطوب و پرتوتابی بر بخش‌بندی کربوهیدرات‌های وارسته‌های مختلف جو اقلیم سرد، مورد بررسی قرار گرفت. فرآوری مرطوب (پخت در اتوکلاو) منجر به کاهش غلظت بخش الیاف قابل هضم کربوهیدرات‌های جو و نشاسته آن شد. فرآوری حرارتی تأثیری بر بخش‌های الیاف غیر قابل هضم، قندهای محلول و الیاف محلول کربوهیدرات نداشت که با نتایج آزمایش حاضر هم‌خوانی نداشت. زین و همکاران (Zinn et al., 2002) گزارش کردند که درجه حرارت بالا و رطوبت منجر به بهبود هضم نشاسته و مجموع کربوهیدرات‌ها می‌شود. نتایج پژوهش‌های قبلی نشان داد که فرآوری رطوبتی-حرارتی دانه جو تأثیری بر مجموع کربوهیدرات‌ها، نشاسته و سلولز نداشت، اما ADF و لیگنین محلول در اسید (ADL^۱) را افزایش داد، که نتایج آزمایش حاضر با آن‌ها هم‌راستا نمی‌باشد (Feng et al., 2020). فرآوری دانه جو به‌شکل پولکی با بخار در مقایسه با روش غلطک زدن خشک منجر به کاهش گوارش‌پذیری جو در شکمبه گاوهای گوشتی شده و جایگاه هضم را از شکمبه به روده انتقال می‌دهد (Richards and Hicks, 2007). اکسیداسیون کربوهیدرات‌های غیر ساختمانی و واکنش میلارد بین گروه کربونیلی و آمینی در طی فرآوری حرارتی، بر هضم‌پذیری کربوهیدرات‌ها در روده تأثیر می‌گذارد. فرآوری تشنشعی مادون قرمز منجر به آن

References

1. Abdi, G. E., Danesh Mesgaran, M., & Nassiri Moghadam, H. (2012). Effect of climate on the *In vitro* first order ruminal disappearance kinetics of dry matter in grain of semi-arid native barley cultivars. *African Journal of Agricultural Research*, 7, 1468–1474. DOI:10.5897/AJAR11.391
2. Aghajani, N., Ansari pour, E., & Kashaninejad, M. (2012). Effect of moisture content on physical properties of barley seeds. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 14(1), 161-172. <http://jast.modares.ac.ir/article-23-10966-en.html>
3. Ahmad Khan, N., Booker, H., & Yu, P. (2015). Effect of heating method on alteration of protein molecular structure in flaxseed: Relationship with changes in protein subfraction profile and digestion in dairy cows. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(4), 1057-1066. <https://doi.org/10.1021/jf503575y>
4. AOAC, 2012. Official Methods of Analysis, 19th Ed. Association of official analytical chemists, Washington, DC, 121-130. 9780935584837, 0935584838
5. Barros, F., Awika, J. M., & Rooney, L. W. (2012). Interaction of tannins and other sorghum phenolic compounds with starch and effects on *in vitro* starch digestibility. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(46), 11609-11617. <https://doi.org/10.1021/jf3034539>
6. Benchaar, C., Calsamiglia, S., Chaves, A. V., Fraser, G. R., Colombatto, D., McAllister, T. A., & Beauchemin, K.

- A. (2008). A review of plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production. *Animal Feed Science and Technology*, 145(1-4), 209-228. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.04.014>
7. Brun-Lafleur, L., Delaby, L., Husson, F., & Faverdin, P. (2010). Predicting energy× protein interaction on milk yield and milk composition in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 93(9), 4128-4143. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2669>
8. Castro, S. B., Phillip, L. E., Lapierre, H., Jardon, P. W., & Berthiaume, R. (2007). Ruminant degradability and intestinal digestibility of protein and amino acids in treated soybean meal products. *Journal of Dairy Science*, 90(2), 810-822. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(07\)71565-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(07)71565-5)
9. Chrenkova, M., Formelova, Z., Ceresnakova, Z., Dragomir, C., Rajskey, M., Cismileanu, A., & Weisbjerg, M. R. (2018). Rumen undegradable protein (RUP) and its intestinal digestibility after steam flaking of cereal grains. *Czech Journal of Animal Science*, 63(4), 160-166. doi: 10.17221/74/2017-CJAS
10. Corbett, R. (2000). Processing barley grain and high moisture barley—how much is enough. *Advances in Dairy Technology*, 12, 279-291.
11. Deckardt, K., Khiaosa-ard, R., Grausgruber, H., & Zebeli, Q. (2014). Evaluation of various chemical and thermal feed processing methods for their potential to enhance resistant starch content in barley grain. *Starch-Stärke*, 66(5-6), 558-565. <https://doi.org/10.1002/star.201300200>
12. Deepa, C., & Hebbar, H. U. (2016). Effect of high-temperature short-time ‘micronization’ of grains on product quality and cooking characteristics. *Food Engineering Reviews*, 8, 201-213 <https://link.springer.com/article/10.1007/s12393-015-9132-0>
13. Dehghan-Banadaky, M., Corbett, R., & Oba, M. (2007). Effects of barley grain processing on productivity of cattle. *Animal Feed Science and Technology*, 137(1-2), 1-24. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.11.021>
14. Domby, E. M., Anele, U. Y., Gautam, K. K., Hergenreder, J. E., Pepper-Yowell, A. R., & Galyean, M. L. (2014). Interactive effects of bulk density of steam-flaked corn and concentration of Sweet Bran on feedlot cattle performance, carcass characteristics, and apparent total tract nutrient digestibility. *Journal of animal science*, 92(3), 1133-1143. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-7038>
15. Driscoll, M., Stipanovic, A., Winter, W., Cheng, K., Manning, M., Spiess, J., Galloway, R. A & Cleland, M. R. (2009). Electron beam irradiation of cellulose. *Radiation Physics and Chemistry*, 78(7-8), 539-542. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2009.03.080>
16. Duval, S. M., McEwan, N. R., Graham, R. C., Wallace, R. J., & Newbold, C. J. (2007). Effect of a blend of essential oil compounds on the colonization of starch-rich substrates by bacteria in the rumen. *Journal of applied microbiology*, 103(6), 2132-2141. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2007.03455.x>
17. Fasina, O. O., Tyler, R. T., Pickard, M. D., & Zheng, G. H. (1999). Infrared heating of hullless and pearled barley. *Journal of food processing and preservation*, 23(2), 135-151. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.1999.tb00375.x>
18. Feng, X., Prates, L. L., Rodríguez Espinosa, M. E., Peng, Q., Zhang, H., Zhang, W., & Yu, P. (2023). Dry heating, moist heating, and microwave irradiation of cold-climate-adapted barley grain—Effects on ruminant-relevant carbohydrate and molecular structural spectral profiles. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 107(1), 113-120. <https://doi.org/10.1111/jpn.13708>
19. Feng, X., Sun, B., & Yu, P. (2020). Using vibrational molecular spectroscopy to detect moist heating induced carbohydrates structure changes in cool-climate adapted barley grain. *Journal of Cereal Science*, 95, 103007. <https://doi.org/10.1111/jpn.13708>
20. Fernando, S. C., Purvis, H. T., Najjar, F. Z., Sukharnikov, L. O., Krehbiel, C. R., and Nagaraja, T. G. (2010). Rumen microbial population dynamics during adaptation to a high grain diet. *Applied and Environmental Microbiology*, 76, 7482–7490. <https://journals.asm.org/doi/10.1128/AEM.00388-10>
21. Folawiyo, Y. L., & Apenten, R. O. (1997). The effect of heat-and acid-treatment on the structure of rapeseed albumin (napin). *Food Chemistry*, 58(3), 237-243. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(96\)00221-X](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(96)00221-X)
22. Giger-Reverdin, S. (2000). Characterisation of feedstuffs for ruminants using some physical parameters. *Animal Feed Science and Technology*, 86(1-2), 53-69. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(00\)00159-0](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(00)00159-0)
23. González, L. A., Manteca, X., Calsamiglia, S., Schwartzkopf-Genswein, K. S., & Ferret, A. (2012). Ruminant acidosis in feedlot cattle: Interplay between feed ingredients, rumen function and feeding behavior (A review). *Animal Feed Science and Technology*, 172(1-2), 66-79. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.12.009>
24. Harder, H., Khol-Parisini, A., & Zebeli, Q. (2015). Modulation of resistant starch and nutrient composition of barley grain using organic acids and thermal cycling treatments. *Starch-Stärke*, 67(7-8), 654-662. <https://doi.org/10.1002/star.201500040>
25. Hebbar, H. U., Vishwanathan, K. H., & Ramesh, M. N. (2004). Development of combined infrared and hot air dryer for vegetables. *Journal of Food Engineering*, 65(4), 557-563. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.02.020>
26. Hirashima, M., Takahashi, R., & Nishinari, K. (2005). Effects of adding acids before and after gelatinization on the viscoelasticity of cornstarch pastes. *Food Hydrocolloids*, 19(5), 909-914.

- <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2004.12.004>
29. Hristov, A. N., Zaman, S., VanderPol, M., Szasz, P., Huber, K., & Greer, D. (2007). Effect of a saponin-based surfactant and aging time on ruminal degradability of flaked corn grain dry matter and starch. *Journal of Animal Science*, 85(6), 1459-1466. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-467>
 30. Hu, G., Burton, C., & Yang, C. (2010). Efficient measurement of amylose content in cereal grains. *Journal of Cereal Science*, 51(1), 35-40. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2009.08.007>
 31. Huang, X., Christensen, C., & Yu, P. (2015). Effects of conditioning temperature and time during the pelleting process on feed molecular structure, pellet durability index, and metabolic features of co-products from bio-oil processing in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 98(7), 4869-4881. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-9290>
 32. Humer, E., & Zebeli, Q. (2017). Grains in ruminant feeding and potentials to enhance their nutritive and health value by chemical processing. *Animal Feed Science and Technology*, 226, 133-151. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.02.005>
 33. Janmohammadi, H., Taghizadeh, A., & Pirany, N. (2009). Chemical composition and metabolizable energy content of some barley varieties of East Azarbyjan using adult leghorn roosters. *Animal Science Researches*, 19, 105-115. (In Persian).
 34. Khampa, S., & Wanapat, M., 2007. Manipulation of rumen fermentation with organic acids supplementation in ruminants raised in the tropics. *Pakistan Journal of Nutrition*. 6, 20-27. McKinnon, J. J., Olubobokun, J. A., Mustafa, A., Cohen, R. D. H., & Christensen, D. A. (1995). Influence of dry heat treatment of canola meal on site and extent of nutrient disappearance in ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 56(3-4), 243-252. <http://pibis.org/pinonline/fin589.pdf>
 35. Khattab, R. Y., & Arntfield, S. D. (2009). Nutritional quality of legume seeds as affected by some physical treatments 2. Antinutritional factors. *LWT-Food Science and Technology*, 42(6), 1113-1118. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.02.004>
 36. Knowlton, K. (2001). High grain diets for dairy cattle. Recent Advances in Animal Nutrition - Australia . 13: 19-
<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20013134556>
 37. Koenig, K. M., Beauchemin, K. A., & Yang, W. Z. (2013). Processing feed grains: Factors affecting the effectiveness of grain processing for beef and dairy cattle production. In Proceedings of the 34th Western Nutrition Conference-processing, performance and profit, Saskatoon, Saskatchewan, Canada, 24-26 September, 2013 (pp. 62-73). Western Nutrition Conference Planning Committee. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20143091389>
 38. Kokić, B., Lević, J., Chrenková, M., Formelová, Z., Poláčiková, M., Rajskey, M., & Jovanović, R. (2013). Influence of thermal treatments on starch gelatinization and *in vitro* organic matter digestibility of corn. *Food and Feed research*, 40(2), 93-99.
 39. Malcolm, K. J., & Kiesling, H. E. (1993). Dry matter disappearance and gelatinization of grains as influenced by processing and conditioning. *Animal Feed Science and Technology*, 40(4), 321-330. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(93\)90061-N](https://doi.org/10.1016/0377-8401(93)90061-N)
 40. Martínez, T. F., Moyano, F. J., Díaz, M., Barroso, F. G., & Alarcon, F. J. (2005). Use of tannic acid to protect barley meal against ruminal degradation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(8), 1371-1378. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2100>
 41. McKinnon, J. J., Olubobokun, J. A., Mustafa, A., Cohen, R. D. H., & Christensen, D. A. (1995). Influence of dry heat treatment of canola meal on site and extent of nutrient disappearance in ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 56(3-4), 243-252. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)00828-4](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00828-4)
 42. Metzler-Zebeli, B. U., Deckardt, K., Schollenberger, M., Rodehutsord, M., & Zebeli, Q. (2014). Lactic acid and thermal treatments trigger the hydrolysis of myo-inositol hexakisphosphate and modify the abundance of lower myo-inositol phosphates in barley (*Hordeum vulgare* L.). *PLoS One*, 9(6), e101166. [10.1371/journal.pone.0101166](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101166)
 43. Mjoun, K., Kalscheur, K. F., Hippen, A. R., & Schingoethe, D. J. (2010). Ruminal degradability and intestinal digestibility of protein and amino acids in soybean and corn distillers grains products. *Journal of Dairy Science*, 93(9), 4144-4154. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2883>
 44. Nasehi, M., Torbatinejad, N. M., Rezaie, M., & Ghoorchi, T. (2018). The effect of green tea waste extract on ruminal degradability and intestinal digestibility of barley grain. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 42(6), 624-632. [10.3906/vet-1806-52](https://doi.org/10.3906/vet-1806-52)
 45. Naseroleslami, R., Mesgaran, M. D., Tahmasbi, A., Vakili, S. A., & Ebrahimi, S. H. (2018). Influence of barley grain treated with alkaline compounds or organic extracts on *ex vivo* site and extent of digestion of starch. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 31(2), 230. [10.5713/ajas.17.0212](https://doi.org/10.5713/ajas.17.0212)
 46. Opielak, M., Andrejko, D., & Komsta, H. (2004). The influence of thermal processing with infrared rays on the elementary energy consumption in grinding wheat grains. TEKA Komisji Motoryzacji I Energetyki Rolnictwa. IV.
 47. Patra, A. K., & Saxena, J. (2011). Exploitation of dietary tannins to improve rumen metabolism and ruminant nutrition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(1), 24-37. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4152>
 48. Paun, G., Neagu, E., Albu, C., Moroeanu, V., & Radu, G. L. (2016). Antioxidant activity and inhibitory effect of

- polyphenolic-rich extract from *Betonica officinalis* and *Impatiens noli-tangere* herbs on key enzyme linked to type 2 diabetes. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 60, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2015.10.005>
49. Pen, B., Takaura, K., Yamaguchi, S., Asa, R., & Takahashi, J. (2007). Effects of *Yucca schidigera* and *Quillaja saponaria* with or without β 1-4 galacto-oligosaccharides on ruminal fermentation, methane production and nitrogen utilization in sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 138(1), 75-88. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.11.018>
50. Peng, Q., Khan, N. A., Wang, Z., & Yu, P. (2014). Relationship of feeds protein structural makeup in common Prairie feeds with protein solubility, in situ ruminal degradation and intestinal digestibility. *Animal Feed Science and Technology*, 194, 58-70. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.05.004>
51. Ponce, C. H., Domby, E. M., Anele, U. Y., Schutz, J. S., Gautam, K. K., & Galyean, M. L. (2013). Effects of bulk density of steam-flaked corn in diets containing wet corn gluten feed on feedlot cattle performance, carcass characteristics, apparent total tract digestibility, and ruminal fermentation. *Journal of Animal Science*, 91(7), 3400-3407. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5946>
52. Rani, A., Sood, S., & Bhat, F. M. (2020). Physico-chemical and functional properties of three hull-less barley (*Hordeum vulgare*) varieties grown in the high altitude region. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 9(9), 2069-2077. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.909.258>
53. Reynolds, W. K., Hunt, C. W., Eckert, J. W., & Hall, M. H. (1992). Evaluation of the feeding value of barley as affected by variety and location using near infrared reflectance spectroscopy. In *Proc. West. Sec. Amer. Soc. Anim. Sci*, 43, 498-501.
54. Richards, C. J., & Hicks, B. (2007). Processing of corn and sorghum for feedlot cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 23(2), 207-221. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2007.05.006>
55. Robertson, J. A., & Eastwood, M. A. (1981). An investigation of the experimental conditions which could affect water-holding capacity of dietary fibre. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 32(8), 819-825. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740320811>
56. Rose, R., Rose, C. L., Omi, S. K., Forry, K. R., Durall, D. M., & Bigg, W. L. (1991). Starch determination by perchloric acid vs enzymes: evaluating the accuracy and precision of six colorimetric methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 39(1), 2-11. <https://doi.org/10.1021/jf00001a001>
57. Safaei, K., Ghorbani, G. R., Alikhani, M., Sadeghi-Sefidmazgi, A., & Yang, W. Z. (2017). Response of lactating dairy cows to degree of steam-flaked barley grain in low-forage diets. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 101(5), e87-e97. <https://doi.org/10.1111/jpn.12565>
58. Sajjadi, H., Ebrahimi, S. H., Vakili, S. A., Rohani, A., Golzarian, M. R., & Miri, V. H. (2022). Operational conditions and potential benefits of grains micronization for ruminant: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 287, 115285. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115285>
59. Salem, A. Z. M., Szumacher-Strabel, M., López, S., Khalil, M. S., Mendoza, G. D., & Ammar, H. (2012). In situ degradability of soyabean meal treated with *Acacia saligna* and *Atriplex halimus* extracts in sheep. *J Anim Feed Sci*, 21(3), 447-457. <https://doi.org/10.22358/jafs/66113/2012>
60. Schwandt, E. F., Hubbert, M. E., Thomson, D. U., Vahl, C., Bartle, S. J., & Reinhardt, C. D. (2017). Flake density, roll diameter, and flake moisture all influence starch availability of steam-flaked corn. *Kans Agric Exp Stn Res Reports*, 31, 22. <https://doi.org/10.4148/2378-5977.1356>
61. Sindt, J. J., Drouillard, J. S., Titgemeyer, E. C., Montgomery, S. P., Loe, E. R., Depenbusch, B. E., & Walz, P. H. (2006). Influence of steam-flaked corn moisture level and density on the site and extent of digestibility and feeding value for finishing cattle. *Journal of Animal Science*, 84(2), 424-432. <https://doi.org/10.2527/2006.842424x>
62. Singh, B., & Narang, M. P. (1991). Some physico-chemical characteristics of forages and their relationships to digestibility. *Indian Journal of Animal Nutrition*, 8(3), 179-186.
63. Sun, B., Rahman, M. M., Tar'an, B., & Yu, P. (2018). Determine effect of pressure heating on carbohydrate related molecular structures in association with carbohydrate metabolic profiles of cool-climate chickpeas using Global spectroscopy. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 201, 8-18. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2018.04.036>
64. Tosta, M. R., Prates, L. L., Christensen, D. A., & Yu, P. (2019). Effects of processing methods (rolling vs. pelleting vs. steam-flaking) of cool-season adapted oats on dairy cattle production performance and metabolic characteristics compared with barley. *Journal of Dairy Science*, 102(12), 10916-10924. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16940>
65. Trotta, R. J., Kreikemeier, K. K., Royle, R. F., Milton, T., & Harmon, D. L. (2021). Flake density and starch retrogradation influence in situ ruminal degradability characteristics of steam-flaked corn and predicted starch digestibility and energetic efficiency. *Journal of Animal Science*, 99(11), skab298. <https://doi.org/10.1093/jas/skab298>
66. Van Amburgh, M. E., Collao-Saenz, E. A., Higgs, R. J., Ross, D. A., Recktenwald, E. B., Raffrenato, E., Chase, L. E., Overton, TR., Mills, JK & Foskolos, A. (2015). The Cornell Net Carbohydrate and Protein System: Updates

- to the model and evaluation of version 6.5. *Journal of Dairy Science*, 98(9), 6361-6380. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9378>
67. 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)
68. Yacoub, O. M., Embarek, A., Abderahim, K., Abdelmoula, E. O., Bouchra, B., Ali, O., ELHessni, A., Akhouayri, O., & Mesfioui, A. (2015). Chemical composition and zootechnical effects of essential oil of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and anise (*Pimpinella anisum* L.) on Turkey. *J. World's Poult. Res.* 5, 90-97.
69. Yang, L., Christensen, D. A., McKinnon, J. J., Beattie, A. D., & Yu, P. (2013). Effect of altered carbohydrate traits in hulless barley (*Hordeum vulgare* L.) on nutrient profiles and availability and nitrogen to energy synchronization. *Journal of Cereal Science*, 58(1), 182-190. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.05.005>
70. Yang, W. Z., Beauchemin, K. A., & Rode, L. M. (2000). Effects of barley grain processing on extent of digestion and milk production of lactating cows. *Journal of Dairy Science*, 83(3), 554-568. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)74915-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74915-0)
71. Yu, P. (2011). Dry and moist heating-induced changes in protein molecular structure, protein subfraction, and nutrient profiles in soybeans. *Journal of Dairy Science*, 94(12), 6092-6102. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4619>
72. Zhao, Y. L., Yan, S. M., He, Z. X., Anele, U. Y., Swift, M. L., McAllister, T. A., & Yang, W. Z. (2015). Effects of volume weight, processing method and processing index of barley grain on in situ digestibility of dry matter and starch in beef heifers. *Animal Feed Science and Technology*, 199, 93-103. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.11.005>
73. Zhu, F. (2015). Interactions between starch and phenolic compound. *Trends in Food Science and Technology*, 43(2), 129-143. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.02.003>
74. Zinn, R. A., Montano, M., & Shen, Y. (1996). Comparative feeding value of hulless vs covered barley for feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 74(6), 1187-1193. <https://doi.org/10.2527/1996.7461187x>.
75. Zinn, R. A., Owens, F. N., & Ware, R. A. (2002). Flaking corn: Processing mechanics, quality standards, and impacts on energy availability and performance of feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 80(5), 1145-115. <https://doi.org/10.2527/2002.8051145x>.



The Effect of Adding Commercial Yeast *Saccharomyces Cerevisiae* to the Diet of Japanese Quail on Performance Traits, some Serum Parameters, Morphology and Population of Pathogenic Intestinal Bacteria

Farogh Kargar¹, Najeebullah Fayaz^{2*}, Arash Hadavi³

1- and 3- Ph.D. Student and Ph.D. Graduated, Department of Animal Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.

2- Assistant Professor, Department of Animal Science, Laghman University Faculty of Agriculture, Afghanistan

*Corresponding Author's Email: nfayaz343@gmail.com

How to cite this article:

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

Kargar, F., Fayaz, N., & Hadavi, A. (2023). The effect of adding commercial yeast *Saccharomyces cerevisiae* to the diet of Japanese quail on performance traits, some serum parameters, morphology and population of pathogenic intestinal bacteria. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 16(1), 89-100. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/ijasr.2023.82630.1148>

Introduction: Application of suitable feed additives can increase feed utilization, improve production and improve health. Years ago, growth-promoting antibiotics were used at high levels in diets to increase poultry performance (Ronquillo & Hernandez, 2017). However, its remnants remain in the animal's body and create microbial resistance in the animal, and humans also develop microbial resistance by consuming it. Therefore, there is a need to find substances that can replace antibiotic growth stimulants in the diet. The aim of these alternatives is to increase performance while protecting the environment and animal health (Ogbuewu, koro, Mbajiorgu, & Mbajiorgu, 2019). Therefore, probiotics such as *Saccharomyces cerevisiae* yeast have been investigated as a feed additive to improve the performance and health of animals (Al-Khalaifah, 2018). It is thought that probiotics improve performance by affecting the natural microbial community and improving the absorption process in the intestine (Sohail et al., 2011). Also, symbiotic are able to work both in the small intestine and in the large intestine and have the effect of probiotics and prebiotics at the same time (Ai et al., 2011; Bengmark, 2002). Gut cognition can affect the amount of nutrient absorption (Miles, Butcher, Henry, & Littell, 2006; Rahimi, Grimes, Fletcher, Oviedo, & Sheldon, 2009) and as a barrier against disease agents (Brown, 2011). *Saccharomyces cerevisiae*, also known as baker's yeast, is a type of yeast that is added to food formulas in poultry diets (Elghandour et al., 2020). *Saccharomyces cerevisiae* contains significant levels of digestible proteins, vitamins, magnesium and zinc, whose wall has many features such as polysaccharide α -D-mannan, chitin and β -D-glucan (Alizadeh et al., 2016) which plays an important role in beneficial microbial balance in the gut, tissue proliferation in the gut and lymphocytes (Council, 1994). In most studies, no reliable results were obtained with diets supplemented with yeast. Beneficial effects on animal health and performance may be due to the use of detectable yeast strains and levels, diet compositions, animal species and their age (Bolacali & İrak, 2017). Therefore, in order to investigate the potential effects of using commercial yeast *Saccharomyces cerevisiae* in Japanese quail diet as a feed additive on growth performance, some serum parameters, intestinal morphology and the number of *Clostridium perfringens* and *E-coli* bacteria. It was done in the waste.



©2023 The author(s). This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

<https://doi.org/10.22067/ijasr.2023.82630.1148>

Materials and Methods: This experiment was conducted in order to investigate the effect of different levels of Chitacell commercial yeast on performance, carcass characteristics, intestinal morphology and blood parameters in the form of a completely randomized design with 7 treatments, 6 replications and 12 chicken in each experimental unit and a total of 504 chicken. One day Japanese quail mixed of two sexes was performed. At the end of the experiment (d 35), 2 Japanese quails from each replicate were weighed and slaughtered. Visceral and lymphoid organs were also weighed and recorded. About 8g of the contents from duodenum, jejunum and ileum were collected in 80 mL physiological saline for pH value measurement. Blood samples were collected from the same Japanese quails used for carcass traits and were centrifuged at 3000 rpm for 10 min, then stored for later analysis at -20°C. In order to measure *E. coli* and *C. Perfringens* bacteria in feces, standard plate counting method was used. And also Duodenum specimens were collected and fixed in 10% neutral buffered formalin solution for 24 h, then embedded in paraffin and sectioned at 4 µm. The following parameters were measured: (i) villous height (VH), (ii) depth of crypt (CD) and (iii) ratios of VH/CD.

Results and Discussion: The effects of different levels of commercial yeast *Saccharomyces cerevisiae* on the growth performance of Japanese quail chicks are reported in Table 2. The results of this study show that the experimental treatments had no significant effect on feed consumption. The group fed with 0.75, 1.1, 1.25 and 1.5 percent of yeast could significantly increase weight compared to the control group ($P<0.05$). Also, the food conversion ratio in the groups receiving 0.75 and 1 g/kg of *Saccharomyces cerevisiae* yeast feed compared to the control groups and 0.25 and 0.5 g/kg of yeast in the diet decreased significantly ($P<0.05$). According to the results of this experiment, it has been reported that live yeast has a favorable effect on feed conversion ratio and final weight gain in broiler chickens (Borda-Molina, Seifert, & Camarinha-Silva, 2018). Abdominal fat and thymus size were significantly affected by experimental treatments ($P<0.05$). Thus, adding yeast levels higher than 0.75 g/kg reduced the fat in the ventricular area, while the size of the thymus increased compared to the control group. It has also been shown that the percentage of carcass, liver, stone, heart, spleen and bursa of Fabricius were not affected by experimental treatments ($P<0.05$). It has been reported that live yeast reduces abdominal fat and increases thymus size. In fact, yeast stimulates the intestinal immune system by acting as a non-pathogenic microbial antigen and creates an effect similar to adjuvants. By adding the level of commercial yeast *Saccharomyces cerevisiae*, the amount of total protein and albumin in the blood increased significantly ($P<0.05$). On the other hand, cholesterol and triglyceride in the blood decreased significantly by adding different levels of commercial *Saccharomyces cerevisiae* yeast ($P<0.05$). Superoxide dismutase and catalase in serum increased significantly with increasing yeast consumption ($P<0.05$). On the other hand, interleukin 1 and 6, as well as tumor necrosis factor alpha decreased significantly ($P<0.05$) with the increase in the level of yeast in the diet.

Conclusion: Results of this research showed that the use of commercial yeast *Saccharomyces cerevisiae* has favorable effects and it can also be said that the best level used is 0.75 grams per kilogram of feed.

Keywords: Intestinal morphology, Japanese quails, Pathogens, Performance, Serum parameters, Chitacell commercial yeast

مقاله پژوهشی

جلد ۱۶، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳، ص. ۸۹-۱۰۰

اثر افزودن مخمر تجاری ساکارومایسس سرویزیه به جیره بلدرچین ژاپنی بر صفات عملکردی، برخی فراسنجه‌های سرم، ریخت‌شناسی و جمعیت باکتری‌های بیماری‌زای روده

فاروق کارگر^۱، نجیب الله فیاض^{۲*} و آرش هادوی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۰۶

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۸/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۱۶

چکیده

این آزمایش به منظور بررسی افزودن مخمر تجاری (ساکارومایسس سرویزیه) بر عملکرد، برخی فراسنجه‌های سرمی، ریخت‌شناسی و جمعیت باکتری‌های بیماری‌زا در بلدرچین ژاپنی انجام شد. در این آزمایش ۵۰۴ قطعه جوجه یک روزه بلدرچین به‌طور تصادفی به هفت تیمار و شش تکرار و ۱۲ قطعه پرنده در هر تکرار تقسیم شدند. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱- جیره کنترل (فاقد مخمر)، جیره‌های آزمایشی ۲ تا ۷ به‌ترتیب ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵، ۱، ۱/۲۵ و ۱/۵ گرم در کیلوگرم دارای مخمر بود. به‌منظور اندازه‌گیری فراسنجه‌های آنزیم‌های کبدی، سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و اینترلوکین ۱ و ۶ در سن ۳۵ روزگی از هر تکرار دو قطعه پرنده جدا و از ورید بال خون‌گیری و سپس کشتار شدند. نتایج نشان داد که سطوح ۰/۵، ۰/۷۵، ۱، ۱/۲۵ و ۱/۵ مخمر زنده ساکارومایسس سرویزیه باعث بهبود افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک، کاهش درصد چربی محوطه بطنی و افزایش اندازه تیموس، افزایش پروتئین کل و آلبومین در سرم، کاهش تری‌گلیسرید و کلسترول سرم، افزایش سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز در سرم و همچنین کاهش اینترلوکین‌های ۱ و ۶ و همچنین فاکتور نکروزدهنده تومور آلفا شد. تعداد باکتری‌های کلستریدیوم پرفرنجنس و ای-کلاسی به‌طور معنی‌داری در گروه‌های تغذیه شده با تیمارهای ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷ در مقایسه با گروه شاهد کاهش یافت. بهترین سطح مورد استفاده چتاسل در این آزمایش ۰/۷۵ کیلوگرم ارزیابی شد.

واژه‌های کلیدی: بلدرچین ژاپنی، ریخت‌شناسی روده، عملکرد، عوامل بیماری‌زا، فراسنجه‌های خونی، مخمر تجاری

مقدمه

مناسب از افزودنی‌های خوراک می‌تواند باعث افزایش بهره‌برداری از خوراک، بهبود تولید و ارتقای سلامت شود. سال‌ها پیش، آنتی‌بیوتیک‌های محرک رشد در سطوح بالا در جیره‌های غذایی برای افزایش عملکرد طیور استفاده می‌شدند (Ronquillo et al., 2017). با این حال، بقایایی از آن در بدن دام می‌ماند و مقاومت میکروبی در دام ایجاد می‌کند و انسان نیز با مصرف آن دچار مقاومت میکروبی می‌شود. بنابراین، هشدارهای پزشکی با انگیزه حذف کامل آنتی‌بیوتیک‌ها از خوراک دام شده است (Mehdi et al., 2018). لذا، نیاز به یافتن موادی وجود دارد که بتوانند جایگزین محرک‌های رشد آنتی‌بیوتیکی در جیره غذایی شوند. هدف از این جایگزین‌ها، افزایش عملکرد در عین حفاظت از محیط زیست و سلامت حیوانات است (Ogbuewu et al., 2019). بنابراین، پروبیوتیک‌هایی مانند مخمر

صنعت طیور یکی از بزرگ‌ترین بخش‌های رو به رشد در اقتصاد است. بلدرچین ژاپنی اخیراً در بخش طیور مورد توجه قرار گرفته است که از نظر اقتصادی مقرون به‌صرفه است (Chattopadhyay, 2014). توسعه صنعت پرورش متراکم طیور، نقش افزودنی‌های خوراک در جیره طیور را بیش از پیش مهم کرده است. استفاده

1 و 3 به‌ترتیب دانشجوی دکتری و دانش‌آموخته دکتری، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

2- استادیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لنمان، افغانستان

(Email: nfayaz343@gmail.com)*- نویسنده مسئول:

جیره کنترل، جیره‌های آزمایشی ۲ تا ۷ به ترتیب ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵، ۱، ۱/۲۵ و ۱/۵ گرم در کیلوگرم مخمر تجاری بود. مخمر مورد استفاده در این آزمایش با برند چیتاسل از شرکت چیتیکا تهیه شد. برای یکسان کردن وزن تکرارها در ابتدای آزمایش کلیه جوجه‌ها وزن‌کشی شدند و داخل قفس‌ها تقسیم شدند. جوجه‌ها در طول دوره تحت شرایط کنترل شده دما، رطوبت و روشنایی یکسان در داخل قفس‌های با ابعادی (۵۰×۵۰×۶۰) پرورش یافتند. برنامه نوری در طول مدت آزمایش به صورت ۲۳ ساعت روشنایی و یک ساعت تاریکی در شبانه روز بود. درجه حرارت در هفته اول پرورش ۳۷ درجه سانتی‌گراد و بعد از آن هر هفته تا رسیدن به دمای ۲۵ درجه سه درجه کاهش یافت، آب و خوراک در طول دوره آزمایشی به‌طور آزادانه در اختیار جوجه‌ها قرار گرفتند. جیره مرجع براساس احتیاجات توصیه شده NRC سال ۱۹۹۴ (Council, 1994) و آنالیز مواد خوراکی به کمک نرم‌افزار جیره‌نویسی UFFDA تنظیم شد (جدول ۱).

صفات عملکردی:

خوراک مصرفی در کل دوره آزمایش اندازه‌گیری شد. بلرچین‌های هرکدام از واحدهای آزمایشی (قفس‌ها) به صورت گروهی با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰.۰۰۱ توزین شده و تعداد آن‌ها ثبت گردید. افزایش وزن هر قطعه بلرچین برحسب گرم در کل دوره محاسبه گردید و ضریب تبدیل غذایی نیز از تقسیم خوراک مصرفی به افزایش وزن روزانه هرکدام از واحدهای آزمایشی در کل دوره محاسبه شد.

فراسنجه‌های خونی:

در پایان دوره آزمایش (۳۵ روزگی) از هر تکرار دو قطعه جوجه (یک نر و یک ماده) که به میانگین وزنی قفس خود نزدیک‌تر بودند، انتخاب و از وریدبال با استفاده از سرنگ‌های آغشته به هپارین نمونه خون تهیه و بلافاصله درون میکروتیوب‌های شماره دو ریخته و با سانتریفیوژ ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سرم آن جدا و سپس در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد تا زمان اندازه‌گیری فراسنجه‌های مربوطه نگهداری شدند. نمونه‌های سرم جهت تعیین مقادیر پروتئین کل، آلبومین، کلسترول، تری‌گلیسرید، آلانین آمینوترانسفراز و آسپارات آمینوترانسفراز به بیمارستان فوق تخصص رضوی منتقل شد. اندازه‌گیری فعالیت کاتالازی و سوپراکسید دیسموتازی به روش رنگ‌سنجی آنزیمی صورت گرفت. همچنین سطح اینترلوکین ۱ و ۶ و TNF α در سرم اندازه‌گیری شد (Abd et al., 2019).

اندام‌های امعا و احشا:

در سن ۳۵ روزگی از هر تکرار دو قطعه جوجه که میانگین قفس

ساکارومایسس سرویزیه به عنوان یک افزودنی خوراک برای بهبود عملکرد و سلامت حیوانات مورد بررسی قرار گرفته‌اند (Al-Khalaifah, 2018). پروبیوتیک‌ها میکروارگانیسم‌های زنده‌ای هستند که با رقابت با میکروارگانیسم‌های نامطلوب سلامت حیوانات، تعادل میکروبی روده و جذب مواد مغذی را بهبود می‌بخشند (Duarte et al., 2012). تصور می‌شود، پروبیوتیک‌ها با تأثیر بر جمعیت میکروبی طبیعی و بهبود فرآیند جذب در روده، عملکرد را بهبود می‌دهند (Sohail et al., 2011). هم چنین سین بیوتیک‌ها قادرند، هم در روده کوچک و هم در روده بزرگ فعالیت کنند و اثر پروبیوتیک و پری‌بیوتیک را هم‌زمان دارا می‌باشد (Ai et al., 2011; Bengmark, 2002) طول و ویژگی‌های ریخت‌شناختی روده می‌تواند مقدار جذب مواد مغذی را تحت تأثیر قرار دهد (Rahimi et al., 2009) و به عنوان یک سد در برابر عوامل بیماری‌زا و شیمیایی عمل نماید (Brown, 2011). ساکارومایسس سرویزیه که به عنوان مخمر نانوبی نیز شناخته می‌شود، از گونه‌های مخمر است که به فرمول‌های غذایی در جیره طیور اضافه می‌شود (Elghandour et al., 2020). ساکارومایسس سرویزیه حاوی سطوح قابل توجهی از پروتئین‌های قابل هضم، ویتامین‌ها، منیزیم و روی است که دیواره آن دارای ویژگی‌های بسیاری مانند پلی ساکارید α -D-مانان، کیتین و β -D-گلوکان است (Alizadeh et al., 2016) که نقش مهمی در تعادل میکروبی مفید در روده، تکثیر بافت‌ها در روده و لنفوسیت‌ها دارد (Council, 1994). در اکثر مطالعات، هیچ نتیجه قابل اعتمادی با جیره‌های مکمل شده با مخمر به دست نیامد. اثرات سودمند بر سلامت و عملکرد حیوانات ممکن است به دلیل استفاده از سویه‌ها و سطوح قابل تشخیص مخمر، ترکیبات جیره‌های غذایی، گونه‌های حیوانات و سن آن‌ها باشد (Bolacali et al., 2017). بنابراین، مطالعه حاضر به منظور بررسی اثرات بالقوه استفاده از مخمر تجاری ساکارومایسس سرویزیه در جیره بلرچین ژاپنی به عنوان افزودنی خوراک بر عملکرد رشد، برخی از فراسنجه‌های سرمی، ریخت‌شناختی روده و تعداد باکتری‌های کلستریدیوم پرفرنجنس و ای-کالای در فضولات انجام شد.

مواد و روش‌ها

تیمارهای آزمایشی و محل پرورش:

این آزمایش به منظور بررسی اثر سطوح مختلف مخمر تجاری ساکارومایسس سرویزیه بر عملکرد، خصوصیات لاشه، ریخت‌شناسی روده و فراسنجه‌های خونی در قالب طرح کاملاً تصادفی با هفت تیمار، شش تکرار و ۱۲ قطعه جوجه در هر واحد آزمایشی و در مجموع، با تعداد ۵۰۴ قطعه جوجه یک روزه بلرچین ژاپنی مخلوط دو جنس اجرا شد. تیمارهای جیره‌ای مورد آزمایش به ترتیب شامل: ۱-

استفاده از نرم افزار SAS ویرایش ۹/۳ (۲۰۰۳) روش مدل عمومی خطی (GLM) تجزیه و تحلیل شدند. میانگین‌های مربوطه با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمالی ($P < 0/05$) مقایسه شدند.

نتایج و بحث

اثرات سطوح مختلف مخمر تجاری ساکارومایسس سرویزیه بر عملکرد رشد جوجه‌های بلدرچین ژاپنی در جدول ۲ گزارش شده است. نتایج به دست آمده از این مطالعه نشان می‌دهد که تیمارهای آزمایشی اثر معنی‌داری بر مصرف خوراک نداشت. گروه تغذیه شده با ۰/۷۵، ۱، ۱/۲۵ و ۱/۵ درصد مخمر توانستند به‌طور معنی‌داری افزایش وزن را نسبت به گروه شاهد نشان دهند ($P < 0/05$). همچنین ضریب تبدیل غذایی در گروه‌های دریافت‌کننده ۰/۷۵ و یک گرم در کیلوگرم خوراک مخمر ساکارومایسس سرویزیه نسبت به گروه‌های شاهد ۰/۲۵ و ۰/۵ گرم در کیلوگرم مخمر در جیره به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($P < 0/05$). مطابق با نتایج این آزمایش، گزارش شده است که مخمر زنده باعث اثر مطلوبی بر ضریب تبدیل خوراکی و افزایش وزن نهایی در جوجه‌های گوشتی می‌شود (Borda-Molina *et al.*, 2018). همچنین گزارش شده است که مخمر زنده در تغذیه پرندگان می‌تواند باعث افزایش سطح جذب در روده شود (Smith *et al.*, 2014). علاوه بر آن در مطالعه دیگری نیز گزارش شده است که استفاده از مخمر به مدت پنج هفته در تغذیه جوجه‌های گوشتی باعث افزایش وزن زنده می‌شود (Zhang *et al.*, 2005). محققین گزارش نموده است که با افزودن ۵ و ۱۰ درصد مخمر در تغذیه بلدرچین ژاپنی باعث افزایش وزن کل می‌شود (Chattopadhyay, 2014). باتوجه به گزارش‌های محققین مختلف، تأثیر افزودن مخمر بر عملکرد رشد می‌تواند ناشی از موارد زیر باشد. ۱- افزایش فعالیت آنزیم‌های گوارشی و به دنبال آن بهبود قابلیت هضم خوراک ۲- افزایش جذب مواد مغذی از طریق تغییر در ساختار ریخت‌شناسی روده (Pourabedin *et al.*, 2014).

نتایج مربوط به سطوح مختلف مخمر ساکارومایسس سرویزیه تجاری بر وزن نسبی لاشه، و اندام‌های داخلی امعا و احشا در جوجه‌های بلدرچین ژاپنی در سن ۳۵ روزگی در جدول ۳ گزارش شده است. نتایج نشان می‌دهند که چربی محوطه شکمی و اندازه تیموس به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت ($P < 0/05$). به‌طوری‌که افزودن سطوح مخمر بالاتر از ۰/۷۵ گرم در کیلوگرم باعث کاهش چربی محوطه بطنی شد، درحالی‌که اندازه تیموس نسبت به گروه شاهد افزایش یافت. همچنین نشان داده شده است که درصد لاشه، کبد، سنگدان، قلب، طحال و بورس فابریسیوس تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند.

خود را داشتند، ذبح گردنی و بلافاصله وزن لاشه، کبد، سنگدان، قلب، چربی محوطه بطنی، تیموس، طحال، بورس فابریسیوس با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. سپس با تقسیم وزن‌های حاصل بر وزن زنده، وزن نسبی آن‌ها محاسبه شد. همچنین برای اندازه‌گیری اسیدیته حدود دو گرم از محتویات دوازدهه، ژژنوم و ایلئوم جمع‌آوری شده و در ۲۰ میلی‌لیتر سالین فیزیولوژیک نگهداری شد.

میکروبیولوژیک:

به‌منظور اندازه‌گیری باکتری‌های ای-کالای (*E. coli*) و کلستریدیوم پرفرنجنس (*C. Perfringens*) در مدفوع از روش استاندارد شمارش صفحات استفاده شد. در این روش، به‌مدت یک ساعت کیسه‌های پلاستیکی در قفس‌ها به‌صورت جداگانه تعبیه گردید و مدفوع جمع‌آوری شد. سپس فلس، پر و سایر ضایعات جدا و برای آزمایشات بعدی همگن گردید. سپس از مدفوع همگن شده هر قفس یک گرم نمونه برداشته و در نه میلی‌لیتر بافر فسفات سالین (PBS) حل شد، و سپس ۱۰۰ میکرولیتر از هر کدام از رقت‌های ۱۰^۶، ۱۰^۷ و ۱۰^۸ در محیط کشت EMB آگار کشت گردید و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۳۷ درجه در آون نگهداری شد و سپس شمارش گردید (Abd *et al.*, 2019).

آنالیزهای هیستوپاتولوژی:

نمونه برداشته شده از دئودنوم پرندگان در داخل فرمالین ۱۰ درصد نگهداری شد و بعد از ۲۴ ساعت در پارافین قرار داده شد و چهار میکرومتر از آن برای اندازه‌گیری (ارتفاع پرز و عمق کریپت و نسبت طول پرز به عمق کریپت) برش داده شد. سپس رنگ‌آمیزی با استفاده از همتاتوایلین-ائوزین روی لام، ثابت شد. تصاویری از نمونه‌های روی لام با استفاده از میکروسکوپ نوری مجهز به دوربین با حسگر سه مگابیکسل (BEL Photonics®, milan, Italy) گرفته و شاخص‌های ریخت‌شناسی دئودنوم با استفاده از نرم‌افزار (BEL software; Bel Engineering srl, monza, ۲/۹. Eurisko v Italy) تعیین شد. صفات ریخت‌شناسی اندازه‌گیری شده شامل طول، عرض و مساحت پرز بود. (Elghandour *et al.*, 2020; Sakamoto *et al.*, 2000). طول پرز از نوک پرز تا محل تقاطع پرز-کریپت اندازه‌گیری شد. عرض پرزها برای قسمت بالا و پایین پرز اندازه‌گیری شدند. مساحت پرزها با استفاده از معادله $(\pi r^2) \times (\text{عرض پرز} \times 0/5) =$ طول پرز محاسبه شد، میانگین حاصل از ۱۰ پرز برای هر برش به‌عنوان عدد میانگین مورد استفاده قرار گرفت.

آنالیز آماری:

نتایج به دست آمده از آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با

جدول ۱- اجزای تشکیل دهنده و ترکیب مواد مغذی جیره پایه
Table 1- The ingredient and nutrient composition of basal diet

اقلام خوراکی Ingredients	درصد Percentage
ذرت Corn	48.60
کنجاله سویا (۴۴ درصد پروتئین) Soybean meal (44% CP)	44.70
روغن گیاهی Vegetable oil	3.20
دی کلسیم فسفات Di-calcium phosphate	1.20
کربنات کلسیم Calcium carbonate	1.20
نمک طعام Common salt	0.33
مکمل ویتامینه Vitamin- premix ^۱	0.25
مکمل معدنی Mineral- premix ^۲	0.25
دی-ال میتیونین DL-methionine	0.17
دی-ال لیزین L-lysine-HCl	0.10
مواد مغذی Nutrient	
انرژی قابل سوخت و ساز (کیلوگرم / کیلوکالری) ME (kcal/kg)	2900.00
پروتئین خام (درصد) CP(%)	24.00
کلسیم (درصد) Ca(%)	0.58
فسفر قابل دسترس (درصد) Available P(%)	0.38
سدیم (درصد) Na(%)	0.15
میتوئین + سیستین قابل هضم (درصد) Digestible Met. + Cys. (%)	0.91
لیزین قابل هضم (درصد) Digestible Lys. (%)	1.40
ترئونین قابل هضم (درصد) Digestible Thr. (%)	0.96
تریپتوفان قابل هضم (درصد) Digestible trip	0.38

^۱ هر کیلوگرم مکمل ویتامینه شامل: ۱۱۰۲۵ واحد بین المللی ویتامین A، ۳۵۲۸ واحد بین المللی ویتامین D₃، ۳۳ واحد بین المللی ویتامین E، ۰/۹۱ میلی گرم ویتامین K₃، ۰/۱۸ گرم ویتامین B₁، ۰/۸۲۵ گرم ویتامین B₂، ۱ گرم ویتامین B₃، ۳ گرم ویتامین B₅، ۰/۳ گرم ویتامین B₆، ۰/۱۲۵ گرم ویتامین B₉، ۰/۱۵ گرم ویتامین B₁₂ و ۵۰ گرم کولین کلراید است.

^۲ هر کیلوگرم مکمل معدنی شامل: ۵۰ گرم آهن، ۱۱ گرم روی، ۱۱۰ میلیگرم منگنز، ۶ گرم مس، ۱ گرم ید و ۰/۲ گرم سلنیوم است.

^۱Vitamin permix Supplied the following, per kilogram of diet: vitamin A, 11025 IU; vitamin D₃, 3528 IU; vitamin E, 33 mg; vitamin K₃, 0.91 mg; Vitamin B₁, 0.18 g; Vitamin B₂, 0.825 g; Vitamin B₃, 1.00g; Vitamin B₅, 3.00g; Vitamin B₆, 0.30g; Vitamin B₉, 0.125g; Vitamin B₁₂, 0.15g; choline chloride, 50g;

^۲Mineral permix Supplied the following per kilogram of diet: Fe (Fe-sulfate), 50g; Zn(Zn-sulfate), 11g; Mn (Mn-sulfate), 110 mg; Cu (Cu-sulfate), 6g; I (calcum iodate), 1g; Se (Sodum selenite), 0.2 g.

جدول ۲- اثر سطوح مختلف مخمر ساکارومایسس سرویزیه تجاری بر عملکرد رشد بلدرچین ژاپنی از ۱ تا ۳۵ روزگی

Table 2- Effect of different levels of Chitacel commercial yeast on growth performance of Japanese quail from 1 to 35 days old

عملکرد رشد	مخمر (گرم/کیلوگرم) Yeast (g/kg)							خطای	سطح احتمال
	شاهد control	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5	استاندارد SEM	معنی داری P-value
مصرف خوراک Feed intake	489.17	487.16	483.33	485.67	487.67	486.33	489.33	2.997	0.813
افزایش وزن Weight gain	150.00 ^c	151.00 ^{bc}	150.83 ^{bc}	158.17 ^a	159.67 ^a	156.00 ^{ab}	155.83 ^{ab}	1.203	0.0001
ضریب تبدیل غذایی Feed conversion ratio	3.26 ^a	3.23 ^{ab}	3.21 ^{ab}	3.07 ^c	3.06 ^c	3.12 ^{bc}	3.14 ^{abc}	0.029	0.0001

^{a-c} میانگین‌های هر ردیف با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی داری می‌باشند ($P < 0.05$).

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

با مخمر، ذخیره نشده و برای تنظیم سیستم ایمنی استفاده می‌شود، این عدم ذخیره به دلیل کاهش جذب یا کاهش سنتز در دستگاه گوارش است، همچنین گزارش دادند که سویه‌های ساکارومایسس قادر به حذف کلسترول از محیط رشد هستند (Yalçın et al., 2013).

گزارش شده است که مخمر زنده باعث کاهش چربی محوطه بطنی و افزایش اندازه تیموس می‌شود در واقع، مخمر سیستم ایمنی روده را با عمل به عنوان یک آنتی ژن میکروبی غیر بیماریزا تحریک کرده و اثری همانند ادجوانتها ایجاد می‌کند (Morales-López et al., 2009)، که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. در مطالعه‌ای دیگر گزارش شده است که انرژی اضافی در جیره پرندگان تغذیه شده

جدول ۳- اثر سطوح مختلف مخمر ساکارومایسس سرویزیه تجاری بر وزن نسبی لاشه و اندام‌های داخلی در بلدرچین ژاپنی در سن ۳۵ روزگی نسبت در صد وزن زنده

Table 3- Effect of different levels of Chitacel commercial yeast on the relative weight of the carcass and internal organs of Japanese quail at the age of 35 days in percent live weight

	مخمر (کیلوگرم/گرم) Yeast (g/kg)							خطای استاندارد	سطح احتمال معنی داری
	شاهد control	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5	SEM	P-value
درصد لاشه Carcass percentage	64.17	65.50	64.67	67.00	67.17	67.17	67.17	0.762	0.118
کبد Liver	2.29	2.35	2.41	2.33	2.35	2.40	2.37	0/028	0.070
سنگدان Ventriculus	3.42	3.44	3.43	3.44	3.41	3.44	3.45	0.018	0.885
قلب Heart	0.76	0.75	0.76	0.75	0.73	0.72	0.74	0.017	0.608
چربی محوطه بطنی Abdominal fat	1.23 ^a	1.11 ^a	1.09 ^a	0.77 ^b	0.73 ^b	0.66 ^b	0.71 ^b	0.036	0.000
تیموس Thymus	0.26 ^a	0.29 ^a	0.48 ^a	0.46 ^a	0.45 ^a	0.48 ^a	0.54 ^a	0.024	0.000
طحال Spleen	0.10	0.10	0.12	0.11	0.10	0.11	0.13	0.014	0.880
بورس فابریسیوس Bursa fabricius	0.15	0.16	0.15	0.14	0.14	0.15	0.16	0.009	0.748

^{a-c} میانگین‌هایی با حروف متفاوت در یک ستون دارای اختلاف معنی دار در سطح پنج درصد هستند.

^{a-c} In the above table, the English numbers show a significant difference.

جدول ۴- اثر سطوح مختلف مخمر تجاری ساکارومایسس سرویزیه بر اسیدیته (pH) قسمت‌های مختلف روده جوجه بلدرچین ژاپنی در سن ۳۵ روزگی

Table 4- Effect of different levels of Chitacel commercial yeast on the acidity (pH) of different parts of the intestines of Japanese quail chicks at the age of 35 days.

	خمیر (کیلوگرم/گرم) Yeast (g/kg)							خطای استاندارد SEM	سطح احتمال معنی داری P-value
	شاهد control	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5		
دوازدهه Duodenum	6.16	6.18	6.22	6.22	6.21	6.18	6.16	0.024	0.312
ژژنوم Jejunum	6.24	6.25	6.20	6.20	6.21	6.19	6.20	0.013	0.125
ایلتوم Ilium	6.40	6.38	6.41	6.51	6.48	6.41	6.44	0.041	0.355

مختلف روده را تحت تأثیر قرار نمی‌دهند (Markovic *et al.*, 2009). اما در مقابل، با نتایج این آزمایش گزارش شده است که با افزودن مخمرها اسیدیته ژژنوم کاهش می‌یابد (Yalçın *et al.*, 2013).

نتایج مربوط به سطوح مختلف مخمر ساکارومایسس سرویزیه تجاری بر اسیدیته دوازدهه، ژژنوم و ایلتوم در جدول ۴ گزارش شده است. نتایج نشان می‌دهند که تیمارهای آزمایشی در کل دوره پرورش نتوانسته اثر معنی‌داری بر اسیدیته روده بگذارد ($P>0.05$). نتایج به‌دست آمده از این آزمایش مشابه با نتایج مارکویچ و همکاران بوده، آن‌ها نشان دادند که مخمرها اسیدیته قسمت‌های

جدول ۵- اثرات سطوح مختلف مخمر تجاری ساکارومایسس سرویزیه بر برخی از فراسنجه‌های سرم خون و آنزیم‌های کبدی در بلدرچین ژاپنی در سن ۳۵ روزگی
Table 5- Effects of different levels of Chitacel commercial yeast on some parameters of blood serum and liver enzymes in Japanese quail at the age of 35 days. Roosters

		خمیر (کیلوگرم/گرم) Yeast (g/kg)							خطای استاندارد SEM	سطح احتمال معنی داری P-value
		شاهد control	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5		
پروتئین کل Total protein	(گرم/دلی) g/dl	2.10 ^c	2.12 ^c	3.04 ^b	4.12 ^a	4.34 ^a	4.31 ^a	4.41 ^a	0.139	0.000
آلبومین Albumin	(گرم/دلی) g/dl	1.29 ^b	1.68 ^b	1.90 ^b	2.81 ^a	3.22 ^a	3.33 ^a	3.30 ^a	0.139	0.000
کلسترول Cholesterol	(میلی‌گرم/دلی) mg/dl	184.83 ^a	179.33 ^a	158.67 ^b	148.83 ^b	155.50 ^b	146.00 ^b	127.17 ^c	3.562	0.000
تری‌گلیسرید Triglyceride	(میلی‌گرم/دلی) mg/dl	96.50 ^a	94.33 ^a	80.83 ^b	62.33 ^c	52.33 ^{cd}	49.32 ^d	47.33 ^d	2.409	0.000
آلانین آمینوترانسفراز ¹ ALT	(واحد/لیتر) U/L	70.83	69.83	70.50	69.83	70.34	69.00	68.67	0.635	0.191
آسپاراتات آمینو ترانسفراز ² AST	(واحد/لیتر) U/L	239.67	241.17	240.83	239.17	237.00	239.83	241.50	1.944	0.713

^{a-c} میانگین‌هایی با حروف متفاوت در یک ستون دارای اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد هستند.

^{a-c} In the above table, the English numbers show a significant difference.

¹Alanin amino transferase (ALT)

²Aspartate amino transferase (AST)

معنی‌داری بر فراسنجه‌های سرم خون داشتند ($P<0.05$). اما اثر معنی‌داری بر آنزیم‌های کبدی نسبت به گروه شاهد نداشتند. طوری-که با افزودن سطح مخمر تجاری ساکارومایسس سرویزیه مقدار

اثر سطوح مختلف مخمر تجاری ساکارومایسس سرویزیه بر فراسنجه‌های سرم خون و فعالیت آنزیم‌های کبدی در جدول ۵ گزارش شده است. نتایج نشان می‌دهد که تیمارهای آزمایشی اثرات

شده است که مکانیسم‌های دفاعی اکسیداتیو می‌تواند توسط مانان- الیگوساکاریدها و β -گلوکان‌ها که جزء ساکارومایسس سرویزیه هستند تحریک شود، این نشان می‌دهد که مخمر جیره می‌تواند با حذف باکتری‌های نامطلوب، از روده محافظت کند (Ognik et al., 2012). همچنین گزارش شده است که سوپر اکسید دیسموتاز و کاتالاز آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی اصلی در خط اول دفاع آنزیمی آنتی‌اکسیدانی هستند (Aluwong et al., 2013). سیتوکینین‌های پیش‌التهابی مانند β IL-1، IL-6 و TNF- α نقش مهمی در پاسخ ایمنی ذاتی و تطبیقی ایفا می‌کنند. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که مخمر زنده در سطوح مختلف می‌تواند به‌طور قابل توجهی از افزایش β IL-1، IL-6 و TNF- α سرم در مقایسه با گروه شاهد جلوگیری کند. این می‌تواند نشان دهد که در صورت عدم وجود یک چالش ایمنی یا پاتوژن‌های عفونی، بلدرچین‌های ژاپنی تغذیه شده با مخمر ممکن است پاسخ‌های التهابی نشان ندهند که با نتایج علیزاده و همکاران (Alizadeh et al., 2016) مطابقت دارد.

پروتئین کل و آلبومین در خون به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($P < 0.05$). در مقابل، کلسترول و تری‌گلیسرید موجود در خون با افزودن سطوح مختلف مخمر ساکارومایسس سرویزیه تجاری به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($P < 0.05$). مطابق با نتایج این آزمایش، گزارش شده است که تغذیه بلدرچین ژاپنی با مکمل مخمر منجر به کاهش کلسترول سرم در خون می‌شود (Tomaszewska et al., 2018).

اثرات سطوح مختلف افزودن مخمر ساکارومایسس سرویزیه بر سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و اینترلوکین‌ها در بلدرچین ژاپنی در سن ۳۵ روزگی در جدول ۶ گزارش شده است. همان‌طور که در جدول نیز می‌توان مشاهده کرد، تیمارهای آزمایشی به‌طور معنی‌داری بر فراسنجه‌های مورد ارزیابی اثرگذار بود. سوپر اکسید دیسموتاز و کاتالاز موجود در سرم با افزایش مصرف مخمر به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($P < 0.05$). در مقابل، اینترلوکین ۱ و ۶ و همچنین فاکتور نکروزدهنده تومور آلفا با افزایش سطح مخمر در جیره به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($P < 0.05$). مشابه با این آزمایش، گزارش

جدول ۶- اثرات سطوح مختلف مخمر تجاری ساکارومایسس سرویزیه بر سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و اینترلوکین‌ها در بلدرچین ژاپنی در سن ۳۵ روزگی

Table 6- Effects of different levels of Chitacel commercial yeast on superoxide dismutase, catalase and interleukins in Japanese quail at the age of 35 days.

	مخمر (کیلوگرم/گرم) Yeast (g/kg)							خطای استاندارد SEM	سطح احتمال معنی‌داری P-value
	1	2	3	4	5	6	7		
سوپراکسید دیسموتاز SOD ¹	312.83 ^d	323.17 ^{dc}	338.17 ^{dc}	343.83 ^{bc}	376.67 ^a	369.17 ^{ab}	385.5 ^a	6.201	0.000
کاتالاز CAT ²	3.71 ^d	4.11 ^{cd}	5.14 ^{bcd}	5.55 ^{bc}	6.49 ^{ab}	6.81 ^{ab}	7.93 ^a	0.387	0.000
اینترلوکین-۱ IL-1 β ³	67.67 ^a	64.33 ^{ab}	61.33 ^{bc}	57.00 ^{cd}	54.50 ^d	56.83 ^{cd}	53.33 ^d	1.068	0.000
اینترلوکین-۶ IL-6 β ⁴	52.67 ^a	49.17 ^a	45.50 ^{ab}	36.33 ^c	39.33 ^{cd}	33.17 ^c	34.67 ^c	1.856	0.000
TNF α ⁵ تومورالفا (U/ml)	53.00 ^a	46.17 ^{ab}	39.67 ^{bc}	34.67 ^c	37.33 ^c	45.50 ^c	35.17 ^c	1.831	0.000

^{a-d} میانگین‌هایی با حروف متفاوت در یک ستون دارای اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد هستند.

^{a-c} In the above table, the English numbers show a significant difference.

¹ Superoxide dismutase (SOD)

² Catalase Activity (CAT)

³⁻⁴ Interleukin-1 β (IL-1-6)

⁵ Tumor necrosis factor-Alpha (TNF α)

الیگوساکارید و بتاگلوکان، که از رایج‌ترین الیگوساکاریدها هستند، نقشی مهمی در کاهش باکتری‌های پاتوژن از طریق جلوگیری از کلونیزاسیون دارند (Iji et al., 2001). علاوه‌براین، لاکتوباسیل‌ها می‌توانند الیگوساکاریدهای فروکتوز را تخمیر کنند که می‌تواند به کاهش رشد باکتری‌های بیماری‌زا مانند کلسترییدیوم پرفرنجسس کمک کند (Hofacre et al., 2005)، باتوجه به اینکه میکروبیوتای

در جدول ۷ اثر تیمارهای آزمایشی بر تعداد باکتری‌های کلسترییدیوم پرفرنجسس در مدفوع جوجه‌های گوشتی بلدرچین ژاپنی در سن ۳۵ روزگی گزارش شده است. نتایج نشان می‌دهند که با افزودن سطوح مختلف مخمر باکتری‌ها کلسترییدیوم پرفرنجسس و ای-کلای به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($P < 0.05$). مطابق با نتایج مطالعه حاضر، گزارش شده است که مخمر حاوی مانان-

همچنین گزارش شده است که مخمر دارای مکانیسم‌های متغیری از جمله: تحریک سیستم ایمنی، اتصال و حذف عوامل بیماری‌زا را دارد (Hofacre et al., 2005). با این حال، برخلاف نتایج به‌دست آمده از این آزمایش، گزارش شده است که افزودن مخمر هیچ تأثیر قابل توجهی بر تعداد باکتری *کلستریدیوم پرفرنجس* و *ای-کلائی* در گوارش روده ندارد (Ghosh et al., 2012).

روده یکی از اجزای اصلی دفاعی در برابر پاتوژن‌های روده‌ای هستند بنابراین، هر گونه اختلال در میکروبیوتای روده نقش عمده‌ای در ایجاد اختلالات روده ایفا می‌کند، که نحوه دقیق عمل مخمر برای کاهش *ای-کلائی* و *کلستریدیوم پرفرنجس* روده به‌وضوح شناخته نشده است، اما مخمر باعث افزایش تولید سیتوکین‌ها توسط ماکروفاژها و IgA روده‌ای شده است که به آنتی ژن‌ها متصل می‌شود (Gao et al., 2008) که با نتایج مطالعه حاضر مشابهت دارد.

جدول ۷- اثر تیمارهای آزمایشی بر شمارش تعداد باکتری‌های *کلستریدیوم پرفرنجس* و *ای-کلائی* در مدفوع جوجه‌های گوشتی بلدرچین ژاپنی تغذیه شده با سطوح مختلف مخمر ساکارومایسس سرویزیه تجاری

Table 7- Effect of treatment on counting the number of *Clostridium perfringens* and *E-coli* bacteria in the feces of Japanese quail broilers fed with different levels of Chitacel commercial yeast

	تیمار Treatment							خطای استاندارد SEM	سطح احتمال معنی‌داری P-value
	1	2	3	4	5	6	7		
<i>ای-کلائی</i> <i>E-coli</i>	3.83 ^a	3.36 ^a	2.28 ^b	2.26 ^b	1.93 ^b	1.70 ^b	1.66 ^b	0.149	0.000
<i>کلستریدیوم پرفرنجس</i> <i>C. prefringes</i>	4.10 ^a	3.89 ^a	3.04 ^b	2.72 ^{bc}	2.26 ^{cd}	1.64 ^d	1.88 ^d	0.171	0.000

^{a-d} میانگین‌هایی با حروف متفاوت در یک ستون دارای اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد هستند.

^{a-c} In the above table, the English numbers show a significant difference.

افزایش داد. فراسنجه‌های مربوط به سرم خون و آنزیم‌های کبدی نیز تحت تأثیر تیمارهای مخمر قرار گرفت. تعداد باکتری‌های *کلستریدیوم پرفرنجس* و *ای-کلائی* در مدفوع جوجه‌های تغذیه شده با مخمر به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. به‌طور کلی با توجه به نتایج حاصل شده از این پژوهش می‌توان گفت استفاده از مخمر تجاری ساکارومایسس سرویزیه اثرات مطلوبی دارد و همچنین می‌توان گفت بهترین سطح مورد استفاده ۰/۷۵ گرم در کیلوگرم خوراک می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که افزودن مخمر ساکارومایسس سرویزیه تجاری می‌تواند اثرات مفیدی در جوجه‌های گوشتی بلدرچین ژاپنی داشته باشد. سطوح ۰/۷۵، ۱، ۱/۲۵ و ۱/۵ گرم در کیلوگرم مخمر توانست باعث بهبود افزایش وزن کل و همچنین کاهش ضریب تبدیل غذایی در مقایسه با گروه شاهد شود. همچنین مخمر باعث کاهش درصد چربی شکمی شده و اندازه تیموس را

References

1. Abd El-Wahab, A., Mahmoud, R., Marghani, B., & Gadallah, H. (2019). Effects of yeast addition to the diet of Japanese quails on growth performance, selected serum parameters and intestinal morphology as well as pathogens reduction. *Pakistan Veterinary Journal*, 40(2), 219-223. <https://doi.org/10.29261/pakvetj/2019.125>
2. Ai, Q., Xu, H., Mai, K., Xu, W., Wang, J., & Zhang, W. (2011). Effects of dietary supplementation of *Bacillus subtilis* and fructooligosaccharide on growth performance, survival, non-specific immune response and disease resistance of juvenile large yellow croaker, *Larimichthys crocea*. *Aquaculture*, 317(1-4), 155-161. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.04.036>
3. Al-Khalaifah, H. (2018). Benefits of probiotics and/or prebiotics for antibiotic-reduced poultry. *Poultry science*, 97(11), 3807-3815. <https://doi.org/10.3382/ps/pey160>
4. Alizadeh, M., Rodriguez-Lecompte, J., Yitbarek, A., Sharif, S., Crow, G., & Slominski, B. (2016). Effect of yeast-derived products on systemic innate immune response of broiler chickens following a lipopolysaccharide challenge. *Poultry Science*, 95(10), 2266-2273. <https://doi.org/10.3382/ps/pew154>
5. Aluwong, T., Kawu, M., Raji, M., Dzenda, T., Govwang, F., Sinkalu, V., & Ayo, J. (2013). Effect of yeast probiotic on growth, antioxidant enzyme activities and malondialdehyde concentration of broiler chickens. *Antioxidants*, 2(4), 326-339. <https://doi.org/10.3390/antiox2040326>
6. Bengmark, S. (2002). Gut microbial ecology in critical illness: is there a role for prebiotics, probiotics, and synbiotics? *Current Opinion in Critical Care*, 8(2), 145-151.

7. Bolacali, M., & İrak, K. (2017). Effect of dietary yeast autolysate on performance, slaughter, and carcass characteristics, as well as blood parameters, in quail of both genders. *South African Journal of Animal Science*, 47(4), 460-470. [10.4314/sajas.v47i4.5](https://doi.org/10.4314/sajas.v47i4.5)
8. Borda-Molina, D., Seifert, J., & Camarinha-Silva, A. (2018). Current perspectives of the chicken gastrointestinal tract and its microbiome. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 16, 131-139. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2018.03.002>
9. Brown, M. (2011). Modes of action of probiotics: Recent developments. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 10(14), 1895-1900. [10.3923/javaa.2011.1895.1900](https://doi.org/10.3923/javaa.2011.1895.1900)
10. Chattopadhyay, M. K. (2014). Use of antibiotics as feed additives: A burning question (Vol. 5, pp. 334): Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00334>
11. Council, N. R. (1994). Nutrient requirements of poultry: 1994. National Academies Press. page (43-50)
12. Duarte, K., Gomes, L. H., Sampaio, A., Issakowicz, J., Rocha, F., Granato, T. P., & Terra, S. R. (2012). *Saccharomyces cerevisiae* used as probiotic: Strains characterization and cell viability. *IOSR*, 1, 17-19. ISSN: 2319-2380, Volume 1, Issue 2 (Sep-Oct. 2012), PP 17-19
13. Elghandour, M., Tan, Z., Abu Hafsa, S., Adegbeye, M., Greiner, R., Ugbogu, E., & Salem, A. (2020). *Saccharomyces cerevisiae* as a probiotic feed additive to non and pseudo-ruminant feeding: a review. *Journal of Applied Microbiology*, 128(3), 658-674. <https://doi.org/10.1111/jam.14416>
14. Gao, J., Zhang, H., Yu, S., Wu, S., Yoon, I., Quigley, J., & Qi, G. (2008). Effects of yeast culture in broiler diets on performance and immunomodulatory functions. *Poultry Science*, 87(7), 1377-1384. <https://doi.org/10.3382/ps.2007-00418>
15. Ghosh, T., Halder, S., Bedford, M., Muthusami, N., & Samanta, I. (2012). Assessment of yeast cell wall as replacements for antibiotic growth promoters in broiler diets: Effects on performance, intestinal histo-morphology and humoral immune responses. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 96(2), 275-284. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2011.01155.x>
16. Hofacre, C., Mathis, G., & Quiroz, M. (2005). Natural alternatives to prevent necrotic enteritis. *Int. Poultry. Prod*, 13, 7-9.
17. Iji, P. A., Saki, A. A., & Tivey, D. R. (2001). Intestinal structure and function of broiler chickens on diets supplemented with a mannan oligosaccharide. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(12), 1186-1192. <https://doi.org/10.1002/jsfa.925>
18. Marković, R., Šefer, D., Krstić, M., & Petrujić, B. (2009). Effect of different growth promoters on broiler performance and gut morphology. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 41(2), 163-169. [10.4067/S0301-732X2009000200010](https://doi.org/10.4067/S0301-732X2009000200010)
19. Mehdi, Y., Létourneau-Montminy, M. P., Gaucher, M. L., Chorfi, Y., Suresh, G., Rouissi, T., & Godbout, S. (2018). Use of antibiotics in broiler production: Global impacts and alternatives. *Animal Nutrition*, 4(2), 170-178. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2018.03.002>
20. Miles, R., Butcher, G., Henry, P., & Littell, R. (2006). Effect of antibiotic growth promoters on broiler performance, intestinal growth parameters, and quantitative morphology. *Poultry Science*, 85(3), 476-485. <https://doi.org/10.1093/ps/85.3.476>
21. Morales-López, R., Auclair, E., Garcia, F., Esteve-Garcia, E., & Brufau, J. (2009). Use of yeast cell walls; β -1, 3/1, 6-glucans; and mannoproteins in broiler chicken diets. *Poultry Science*, 88(3), 601-607. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00298>
22. Ogbuewu, I., Koro, V., Mbajiorgu, E., & Mbajiorgu, C. (2019). Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) and its effect on production indices of livestock and poultry—A review. *Comparative Clinical Pathology*, 28, 669-677. <https://doi.org/10.1007/s00580-018-2862-7>
23. Ognik, K., & Krauze, M. (2012). Dietary supplementation of mannanoligosaccharides to turkey hens on their growth performance and antioxidant status in the blood. *South African Journal of Animal Science*, 42(4), 380-388. [10.4314/sajas.v42i4.6](https://doi.org/10.4314/sajas.v42i4.6)
24. Pourabedin, M., Xu, Z., Baurhoo, B., Chevaux, E., & Zhao, X. (2014). Effects of mannan oligosaccharide and virginiamycin on the cecal microbial community and intestinal morphology of chickens raised under suboptimal conditions. *Canadian Journal of Microbiology*, 60(5), 255-266. <https://doi.org/10.1139/cjm-2013-0899>
25. Rahimi, S., Grimes, J., Fletcher, O., Oviedo, E., & Sheldon, B. (2009). Effect of a direct-fed microbial (Primalac) on structure and ultrastructure of small intestine in turkey poults. *Poultry Science*, 88(3), 491-503. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00272>
26. Ronquillo, M. G., & Hernandez, J. C. A. (2017). Antibiotic and synthetic growth promoters in animal diets: Review of impact and analytical methods. *Food Control*, 72, 255-267. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.03.001>
27. Sakamoto, K., Hirose, H., Onizuka, A., Hayashi, M., Futamura, N., Kawamura, Y., & Ezaki, T. (2000). Quantitative study of changes in intestinal morphology and mucus gel on total parenteral nutrition in rats. *Journal*

- of *Surgical Research*, 94(2), 99-106. <https://doi.org/10.1006/jsre.2000.5937>
28. Smith, S., Wang, J., Fanning, S., & McMahon, B. J. (2014). Antimicrobial resistant bacteria in wild mammals and birds: A coincidence or cause for concern? *Irish Veterinary Journal*, 67(1), 1-3. [doi:10.1186/2046-0481-67-8](https://doi.org/10.1186/2046-0481-67-8)
29. Sohail, M., Rahman, Z., Ijaz, A., Yousaf, M., Ashraf, K., Yaqub, T., & Rehman, H. (2011). Single or combined effects of mannan-oligosaccharides and probiotic supplements on the total oxidants, total antioxidants, enzymatic antioxidants, liver enzymes, and serum trace minerals in cyclic heat-stressed broilers. *Poultry Science*, 90(11), 2573-2577. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01502>
30. Tomaszewska, E., Dobrowolski, P., Muszyński, S., Kwiecień, M., Kasperek, K., Knaga, S., & Grela, E. (2018). Intestinal mucosa develops in a sex-dependent manner in Japanese quail (*Coturnix japonica*) fed *Saccharomyces cerevisiae*. *British Poultry Science*, 59(6), 689-697. <https://doi.org/10.1080/00071668.2018.1523536>
31. Yalçın, S., Eser, H., Cengiz, S., & Eltan, Ö. (2013). Effects of dietary yeast autolysate (*Saccharomyces cerevisiae*) on performance, carcass and gut characteristics, blood profile, and antibody production to sheep red blood cells in broilers. *Journal of Applied Poultry Research*, 22(1), 55-61. <https://doi.org/10.3382/japr.2012-00577>
32. Zhang, A., Lee, B., Lee, S., Lee, K., An, G., Song, K., & Lee, C. (2005). Effects of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) cell components on growth performance, meat quality, and ileal mucosa development of broiler chicks. *Poultry Science*, 84(7), 1015-1021. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.04.036>



The Effects of Adding Black Seed, L-Carnitine, and Vitamin E on Production Performance, Carcass Characteristics, Blood Biochemical, and Immune Parameters of Japanese Laying Quail under Heat Stress

Atefe Habibi¹, Shokoufe Ghazanfari^{2*}, Mohammad Amir Karimi Torshizi³, Abdollah Mohammadi Sangcheshmeh⁴

1- Ph.D. Student, Department of Livestock and Poultry Sciences, Faculty of Agricultural Technology (Aburaihan), University of Tehran, Pakdasht, Tehran, Iran.

2- Associate Professor, Department of Livestock and Poultry Sciences, Faculty of Agricultural Technology (Aburaihan), University of Tehran, Pakdasht, Tehran, Iran.

3- Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

4- Assistant Professor, Department of Livestock and Poultry Sciences, Faculty of Agricultural Technology (Aburaihan), University of Tehran, Pakdasht, Tehran, Iran.

*Corresponding Author's Email: shghazanfari@ut.ac.ir

Received: 09-12-2023
Revised: 20-02-2024
Accepted: 02-03-2024
Available Online: 09-06-2024

How to cite this article:

Habibi, A., Ghazanfari, S., Karimi Torshizi, M. A., & Mohammadi Sangcheshmeh, A. (2024). The effects of adding black seed, L-carnitine, and vitamin E on production performance, carcass characteristics blood biochemical, and immune parameters of Japanese laying quail under heat stress. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 16(1), 101-124. (in Persian with English abstract). <http://doi.org/10.22067/ijasr.2024.85782.1185>

Introduction: The Japanese quail is a species known for its short production period and high productivity. Due to their small size and low feed requirements, they are considered a cost-effective option for egg production compared to other poultry species. Additionally, quail eggs are recognized for their superior nutritional value compared to regular chicken eggs. However, there is a need for effective methods to enhance productivity, especially in stressful situations. Previous research has indicated that the use of certain dietary supplements can address this issue and improve the productive traits of birds. Therefore, there is considerable scientific interest in studying the effects of natural compounds such as black seed and L-carnitine on the productive performance of laying Japanese quails, both under normal conditions and during heat stress. Investigating these factors can provide valuable insights into the development of strategies to effectively manage and optimize egg production in laying Japanese quails. This, in turn, would contribute to the sustainability and profitability of the poultry industry. In this study, we aimed to examine the effects of black seed, L-carnitine, and vitamin E on the productive performance, carcass characteristics, blood biochemical parameters, and immune responses of Japanese laying quails.

Materials and Methods: A total of 500 Japanese laying quails were included in this study. They were divided into two temperature conditions: normal temperature and high temperature (36 degrees Celsius for 6 hours per day). Additionally, there were five experimental treatments: control diet (without any additives), black seed (1.5% black seed diet), L-carnitine (250 ppm + control diet), 1.5% black seed + 250 ppm L-carnitine diet, and Vitamin E diet (200 ppm + control diet). This resulted in a 5x2 factorial experiment with a total of 10 treatments, 5 replications, and



©2023 The author(s). This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

<http://doi.org/10.22067/ijasr.2024.85782.1185>

10 quails per replication. The study consisted of three phases: an adaptation period to the experimental diets lasting two weeks, exposure to the designated temperature conditions for five weeks, and a three-week recovery period. During these phases, various parameters were measured and recorded, including productive performance, carcass characteristics, and blood biochemical and immune indicators (such as triglyceride, cholesterol, LDL, HDL concentrations, heterophil, and lymphocyte percentages) under both heat stress and recovery periods in Japanese laying quails. Data analysis was performed using the Generalized Linear Model (GLM) method with the assistance of SAS software. Mean comparisons were conducted using Tukey's multiple range tests.

Results and Discussion: The results of this study revealed several important findings. During the initial two weeks of the experiment, the consumption of feed containing black seed + L-carnitine led to the highest feed intake, while diets containing black seed, black seed + L-carnitine, and vitamin E demonstrated the highest egg mass compared to the control group ($P<0.05$). During the heat stress period, high temperatures caused a decrease in feed intake, egg weight, egg production, and egg mass. However, the consumption of feed containing black seed + L-carnitine resulted in increased feed intake, and diets containing black seed, black seed + L-carnitine, and vitamin E showed increased egg production and mass compared to the control group. Furthermore, vitamin E exhibited a better conversion coefficient ($P<0.05$). During the recovery period, high temperatures led to a decrease in feed intake but an increase in bird body weight. The control group exhibited the lowest feed intake and body weight, whereas diets containing black seed, black seed + L-carnitine, and vitamin E demonstrated the highest egg production and egg mass compared to the control group. Birds fed diets with black seed and vitamin E exhibited a better conversion coefficient ($P<0.05$). Regarding carcass yield and relative liver weight, the effect of environmental temperature and experimental treatments during both heat stress and recovery periods was not significant. However, the consumption of black seed, L-carnitine, and vitamin E was found to increase carcass yield and relative heart weight. Additionally, high temperatures increased the relative liver weight ($P<0.05$). Moreover, birds fed control and black seed diets at normal and high temperatures exhibited higher blood cholesterol levels compared to other experimental treatments. In normal temperature conditions and diets containing vitamin E and L-carnitine, a higher percentage of lymphocytes was observed in the blood. In high temperature conditions and diets containing L-carnitine and vitamin E, the heterophil to lymphocyte ratio was also higher ($P<0.05$).

Conclusion: Finally, the findings of this study highlight the beneficial effects of incorporating black seed, L-carnitine, and vitamin E into the diet of Japanese laying quails, both under normal and high-temperature conditions. These dietary interventions have shown positive impacts on the performance of the quails. Consequently, these results can serve as valuable guidance for quail breeders and producers in selecting suitable feed regimens to manage heat stress in Japanese quail layers, thereby enhancing performance efficiency, carcass characteristics, and blood lipid and immune parameters.

Keywords: Black seed, Heat stress, Japanese laying quails, L-carnitine.

اثرات افزودن سیاه‌دانه، ال-کارنیتین و ویتامین E بر عملکرد تولیدی، خصوصیات لاشه و فراسنجه‌های بیوشیمیایی و ایمنی خون بلدرچین تخم‌گذار ژاپنی تحت تنش گرمایی

عاطفه حبیبی^۱، شکوفه غضنفری^{۲*}، محمد امیر کریمی ترشیزی^۳، عبدالله محمدی سنگ چشمه^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۱۸

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۲/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۱۲

چکیده

در این مطالعه، تأثیر سیاه‌دانه، ال-کارنیتین و ویتامین E بر عملکرد تولیدی، خصوصیات لاشه و فراسنجه‌های بیوشیمیایی و ایمنی خون بلدرچین-های تخم‌گذار ژاپنی بررسی شد. مجموعاً ۵۰۰ قطعه بلدرچین تخم‌گذار ژاپنی در یک آزمایش فاکتوریل ۲×۵ به دو شرایط دمای نرمال و بالا و پنج تیمار آزمایشی شامل: ۱- شاهد: جیره بدون افزودنی ۲- جیره ۱/۵ درصد سیاه‌دانه ۳- جیره شاهد + ۲۵۰ ppm ال-کارنیتین ۴- جیره ۱/۵ درصد سیاه‌دانه + ۲۵۰ ppm ال-کارنیتین ۵- جیره شاهد + ۲۰۰ ppm ویتامین E تقسیم شدند. نتایج نشان داد که در دوره تنش گرمایی، دمای بالا باعث کاهش مصرف خوراک، وزن تخم، تولید و توده تخم شد. با این حال، مصرف جیره حاوی سیاه‌دانه + ال-کارنیتین باعث افزایش مصرف خوراک و مصرف جیره-های حاوی سیاه‌دانه، سیاه‌دانه + ال-کارنیتین و ویتامین E تولید و توده تخم بیشتری را در مقایسه با گروه شاهد نشان داد. همچنین، ویتامین E ضریب تبدیل را بهبود داد ($P < 0.05$). در دوره بازپروری، دمای بالا باعث کاهش مصرف خوراک و افزایش وزن بدن پرندگان شد. گروه شاهد کمترین مصرف خوراک و وزن بدن و جیره‌های حاوی سیاه‌دانه، سیاه‌دانه + ال-کارنیتین و ویتامین E بیشترین تولید و توده تخم را در مقایسه با گروه شاهد نشان دادند. پرندگان با جیره‌های حاوی سیاه‌دانه و ویتامین E ضریب تبدیل بهتری داشتند ($P < 0.05$). مصرف سیاه‌دانه، ال-کارنیتین و ویتامین E توانست بازده لاشه و وزن نسبی قلب را افزایش دهد. همچنین، دمای بالا باعث افزایش وزن نسبی کبد شد ($P < 0.05$). پرندگان تغذیه شده با جیره‌های شاهد و سیاه‌دانه در دمای نرمال و بالا غلظت کلسترول خون بیشتری را نسبت به سایر تیمارهای آزمایشی داشتند. پرندگان در معرض دمای بالا و تغذیه با جیره‌های حاوی ال-کارنیتین و ویتامین E، نسبت هتروفیل به لنفوسیت بیشتری داشتند ($P < 0.05$). در کل، نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که استفاده از سیاه‌دانه، ال-کارنیتین و ویتامین E در جیره غذایی بلدرچین تخم‌گذار ژاپنی تحت دمای نرمال و بالا، تأثیرات مثبتی بر عملکرد آن‌ها دارد.

واژه‌های کلیدی: ال-کارنیتین، بلدرچین تخم‌گذار ژاپنی، تنش گرمایی، سیاه‌دانه

مقدمه

بهترین راهکار برای تأمین منابع پروتئینی برای جامعه انسانی، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، استفاده از حیوانات با فواصل نسلی کوتاه می‌باشد. بین حیوانات مختلف، بلدرچین ژاپنی یکی از پرندگانی است که دوره تولید کوتاهی دارد. ارزش غذایی تخم بلدرچین ۳-۴ برابر تخم مرغ معمولی است (Tunsaringkarn et al., 2013). مطالعات نشان می‌دهند که تقریباً ۱۰ درصد از کل تعداد تخم‌های مورد استفاده انسان توسط بلدرچین تأمین می‌شود و

- ۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم دام و طیور، دانشکده فناوری کشاورزی (ابوریحان)، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران.
- ۲- دانشیار گروه علوم دام و طیور، دانشکده فناوری کشاورزی (ابوریحان)، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران.
- ۳- دانشیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
- ۴- استادیار گروه علوم دام و طیور، دانشکده فناوری کشاورزی (ابوریحان)، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران.

(*)- نویسنده مسئول: (Email: shghazanfari@ut.ac.ir)

خاصیت‌های ضد میکروبی، ضد ویروسی، ضد دیابت و ضد تومور دارد (Kumar, & Patra, 2017). مطابق آمار سازمان جهاد کشاورزی در سال ۱۴۰۰، سطح زیر کشت آن ۲۰۰۰ هکتار بود (Ahmadi et al., 2021). بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهند که سیاه‌دانه تأثیر قابل توجهی بر وزن بدن، افزایش وزن بدن، مصرف خوراک و ضریب تبدیل غذایی در جوجه‌های گوشتی دارد (Mahmood et al., 2009). همچنین، گزارش‌ها نشان می‌دهند که با افزایش دوز سیاه‌دانه (۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد) در سن ۰ تا ۱۲ هفتگی، مصرف خوراک به‌صورت خطی کاهش می‌یابد؛ با این حال، سطوح بالاتر سیاه‌دانه باعث کاهش رشد و مصرف خوراک می‌شود (Attia et al., 2008). همچنین، تحقیقات نشان می‌دهند که سیاه‌دانه تأثیر مطلوبی بر سیستم ایمنی و حفظ سلامتی در جوجه‌های گوشتی دارد، اما تأثیر قابل توجهی بر تیترا آنتی‌بادی در برابر ویروس نیوکاسل ندارد (Toghyani et al., 2010). در تحقیقی که توسط ال-بیتاوی و همکاران (Al-Beitawi et al., 2009) انجام شد، استفاده از یک درصد سیاه‌دانه در جیره جوجه‌های گوشتی منجر به بهبود عملکرد و ضریب تبدیل خوراک شد. در یک تحقیق دیگر که توسط سعید و همکاران (Saeid et al., 2013) انجام شد، اثر مفید ترکیب پودر سیر و سیاه‌دانه بر عملکرد جوجه‌های گوشتی گزارش شد. جوجه‌هایی که از چهار درصد سیاه‌دانه استفاده کرده بودند، کاهش مصرف خوراک مشاهده شد، اما بازده خوراک نسبت به گروه کنترل بهتر بود. همچنین، در تحقیقاتی که جوجه‌ها از جیره‌های حاوی یک، دو و سه درصد سیاه‌دانه (Aydin et al., 2008) و یک، دو و سه میلی گرم بر کیلوگرم روغن سیاه‌دانه دریافت کرده بودند، مصرف خوراک تغییری نشان نداد (Bölükbaşı et al., 2009). همچنین، حسن و همکاران (Hassan et al., 2004) گزارش کردند جوجه‌هایی که یک درصد سیاه‌دانه مصرف می‌کنند، بهبود قابل توجهی در میانگین افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل خوراک داشته‌اند. همچنین، طغیانی و همکاران (Toghyani et al., 2010) گزارش کردند که وزن لاشه، چربی شکمی، کبد، وزن سینه، ران، بال و گردن جوجه‌های گوشتی که با یک درصد سیاه‌دانه تغذیه شدند، افزایش معنی‌داری داشت، درحالی‌که تیمار حاوی یک درصد سیاه‌دانه بر وزن قلب تأثیری نداشت. همچنین، بدری و همکاران (Badary et al., 2000) گزارش کردند که افزودن سیاه‌دانه به جیره منجر به کاهش سطوح تری‌گلیسرید و کلسترول سرم خونی می‌شود. سیاه‌دانه دارای پتانسیل عالی برای جایگزینی آنتی‌بیوتیک‌ها و واکسن‌ها برای بهبود ایمنی و کاهش مرگ و میر در طیور محسوب می‌شود، به‌طوری‌که مرگ و میر را از ۱۶/۶۷ به ۴/۱۷ درصد در جیره‌های با ۱/۵ درصد سیاه‌دانه کاهش داد. ویتامین E در غلظت کم، دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی است و

تحقیقات متعدد نشان می‌دهند که شرایط تنش حرارتی تأثیر منفی بر رفاه، خصوصیات لاشه، میزان تولید و کیفیت تخم و تولیدمثل بلدرچین دارند (Lukanov, 2019). بلدرچین ژاپنی یک پرنده مهم به لحاظ اقتصادی برای تولید گوشت و تخم است. لذا، در شرایط تنش‌زا، نیاز به روش‌های مفیدی برای بهبود بهره‌وری وجود دارد. تحقیقات زیادی برای بررسی اثرات مکمل‌های غذایی حاوی آنتی‌اکسیدان بر افزایش کارایی تولیدمثلی پرندگان در مقابل تنش اکسیداتیو انجام شده است. به‌منظور بهبود خواص تولید و رشد بلدرچین، استفاده از افزودنی‌های خوراک ارزان قیمت و با کارایی بالا از جمله ال-کارنیتین پیشنهاد شده است که می‌توان آن را به‌عنوان یک ماده مشابه اسیدهای آمینه و ویتامین‌ها در نظر گرفت (Hamza et al., 2016).

در بسیاری از مطالعات، ال-کارنیتین به‌عنوان یک منبع آنتی‌اکسیدانی شناخته شده است که باعث افزایش راندمان تولید می‌شود. ال-کارنیتین نقش کلیدی در افزایش متابولیسم انرژی سلول و تنظیم غلظت کوآنزیم A در میتوکندری دارد. مطالعات نشان داده‌اند که طیور تحت تنش گرمایی، رشد ضعیف‌تری از خود نشان می‌دهند و عملکرد پرندگان در تخم‌گذاری نیز ضعیف‌تر است (Carrol, & Core., 2001). بنابراین، تقاضا برای ال-کارنیتین باعث افزایش تولید و بهبود سیستم ایمنی می‌شود. ال-کارنیتین یک مکمل غذایی جایگزین است که به‌دلیل اثرات مفید آن در افزایش مقاومت به بیماری‌های متابولیک و پیشگیری از برخی بیماری‌ها، تقویت سیستم ایمنی بدن و بهبود عملکرد در جیره طیور، مورد استفاده قرار می‌گیرد. نقش آن در فرآیندهای متابولیکی و فیزیولوژیکی قابل مشاهده است (Carrol, & Core., 2001). تحقیقات متعددی در جوجه‌های گوشتی، بلدرچین و ماهی نشان داده‌اند که عملکرد رشد با مکمل جیره‌ای ال-کارنیتین بهبود می‌یابد (Shahmoradi et al., 2023; Torreele et al., 1993). اما، مطالعات بر روی اثر مکمل جیره‌ای ال-کارنیتین در بلدرچین محدود هستند. یافته‌ها نشان می‌دهند که ال-کارنیتین باعث افزایش وزن بدن، بهبود ضریب تبدیل غذایی و کاهش چربی شکمی در بلدرچین ژاپنی می‌شود (Hamza et al., 2016). با این حال، مطالعات متناقضی نیز وجود دارد که بیان می‌کنند که ال-کارنیتین هیچ تأثیری بر عملکرد رشد و وزن اندام‌های داخلی در بلدرچین ژاپنی ندارد (Arslan et al., 2004).

سیاه‌دانه (*Nigella Sativa L.*) گیاهی علفی از خانواده *Ranunculaceae* است که سالانه کشت می‌شود و ارتفاع آن معمولاً حدود ۲۰-۳۰ سانتی‌متر است. این گیاه در شرایط آب و هوایی و مناطق جغرافیایی مختلف قابل کشت است و به‌دلیل ترکیبات فنلی موجود در دانه‌های آن، در صنایع مختلف مانند صنایع غذایی، دارویی، آرایشی و بهداشتی و غیره استفاده می‌شود. تحقیقات بسیاری نشان داده‌اند که به‌دلیل ترکیبات فنلی موجود در سیاه‌دانه، این گیاه

به همراه دارد. ویتامین E نقش مهمی در حفاظت از سلول‌هایی مانند لنفوسیت‌ها، ماکروفاژها و سلول‌های پلازما در برابر صدمات اکسیداتیو دارد و فعالیت و تکثیر این سلول‌ها را در پاسخ ایمنی افزایش می‌دهد (Meydani, & Blumberg, 1993). تحقیق حاضر به بررسی اثرات ال-کارنیتین، سیاهدانه و ویتامین E بر عملکرد بلدرچین تخم‌گذار ژاپنی، شاخص‌های لاشه، فراسنجه‌های بیوشیمیایی و ایمنی خون در دمای نرمال و در شرایط تنش گرمایی می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

ترکیب مواد مغذی و اسانس سیاهدانه:

با استفاده از روش‌های مشخص شده توسط AOAC (2000)، ترکیب مواد مغذی سیاهدانه تعیین و در جدول ۱ ارائه شده است. این جدول شامل اطلاعات مربوط به ماده خشک، خاکستر، فیبر خام، چربی، پروتئین خام، همچنین محتوای NDF و ADF است. برآورد محتوای اسانس سیاهدانه با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی (GC) همراه با طیف‌سنجی جرمی (MS) انجام شد، که جزئیات آن در جدول ۲ آورده شده است. استخراج اسانس سیاهدانه با استفاده از روش تقطیر با آب انجام شد (Jaradat et al., 2016).

نقش محوری در کاهش آسیب سلولی ناشی از رادیکال‌های آزاد دارد. علاوه بر این، ویتامین E کبد را در برابر پراکسیداسیون لیپیدی محافظت می‌کند و باعث بهبود عملکرد تولیدمثل و تولید می‌شود (Abedi et al., 2017). ویتامین E، یک آنتی‌اکسیدان بیولوژیک محلول در چربی است که از اکسیداسیون اسیدهای چرب غیر اشباع بلند زنجیر در غشای سلولی جلوگیری می‌کند. ساهین و همکاران (Sahin et al., 2002) گزارش کردند که مقدار بالاتر ویتامین E (۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم جیره) در جیره، منجر به کاهش غلظت کلسترول سرم در بلدرچین ژاپنی می‌شود. سوئن و همکاران (Swain et al., 2000) گزارش کردند که کمبود ویتامین E و سلنیوم یا هر دو، عملکرد سیستم ایمنی را در جوجه‌های جوان مختل می‌کند. گزارش‌های متفاوتی در رابطه با تأثیر آنتی‌اکسیدان‌ها بر میزان کلسترول و تری‌گلیسرید خون در طیور منتشر شده است. برخی تحقیقات نشان داده‌اند که ویتامین E کاهش میزان کلسترول خون را به همراه داشته است (Hidiroglou et al., 2004). درحالی‌که برخی دیگر از محققان، اثرات توأم ویتامین E و سلنیوم را بر افزایش میزان کلسترول و تری‌گلیسرید خون گزارش کرده‌اند (Zadeh Adamnejad et al., 2015). ویتامین E از طریق تحریک فعالیت گلوکوتایون پراکسیداز، نوتروفیل‌ها و ماکروفاژهای سیستم خونی، سیستم ایمنی را تقویت می‌کند. این ویتامین با تحریک فعالیت لنفوسیت‌های T، افزایش فعالیت فاگوسیتوزی و تولید آنتی‌بادی را

جدول ۱- انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری/کیلوگرم ماده خشک) و ترکیب شیمیایی سیاهدانه (درصد)

Table 1- Metabolizable energy (kcal/kg dry matter) and chemical composition (%) of black seed

عنوان Item	مقدار Amount
ماده خشک (درصد) Dry matter (percentage)	96
انرژی (کیلوکالری بر کیلوگرم) Energy (kcal/kg)	3.60
پروتئین (درصد) Protein (percentage)	23.54
فیبر خام (درصد) Crude fiber (percentage)	8.17
خاکستر (درصد) Ash (percentage)	5.34
چربی (درصد) Fat (percentage)	33.13
فیبر نامحلول در شوینده خنثی (درصد) NDF (percentage) ¹	26.24
فیبر نامحلول در شوینده اسیدی (درصد) ADF (percentage) ²	17.26

¹NDF=Neutral Detergent Fibre, ²ADF=Acid Detergent Fibre,

جدول ۲- ترکیب شیمیایی اسانس سیاه‌دانه (کروماتوگرافی گازی با طیف‌سنج جرمی) (GC-MS)

Table 2- Chemical composition of black seed essential oil (Mass Spectrometry Gas chromatography) (GC-MS)

شماره S. no.	نام شیمیایی Chemical name	ضریب مهار Inhibition coefficient	درصد Percentage
1	۳- متیل نونان 3-methyl nonan	930	0.4
2	۱، ۳ و ۵- تری متیل بنزن 3,1 and 5- terimethyl banzen	960	0.3
3	دکان Decan	1000	0.5
4	۱-متیل ۳- پروپان بنزن 1-methyl 3-propyl banzen	1050	0.4
5	۱- اتیل ۲ و ۳- دی متیل بنزن 1-ethyl 2 and 3- Dmethyl banzen	1085	0.2
6	تترادکان Tetradecan	1403	0.2
7	هگزانون دکان hexanone decan	1605	0.3
8	α-تجول α-thujol	925	2.1
9	α-پینن α-pinene	938	1.3
10	سابینن Sabinen	974	1.5
11	بی-پینن B-pinen	977	1.4
12	میرسن Mirsen	994	0.5
13	α-فلاندرون α-phellanderan	1002	0.7
14	پارا-سیمن Para-simen	1024	13.8
15	لیمونن Limonene	1027	4.0
16	گاما-ترپینن Gama-terpinen	1049	0.4
17	فنشون Phenshon	1093	1.3
18	دی هیدروکارون Dihydrokaron	1202	0.4
19	کارون Karon	1240	4.2
20	تیموکینون Thymoquinone	1239	0.8
21	کارواکرول Karakrol	1030	1.4
22	۴-کارن (+) (+)-4-Carene	1243	0.5
23	۲، ۴-دی متیل انیزول 2,4-Dimethylanisole	1220	0.4
24	فنل، ۲- متوکسی-۴- (۱- پروپنیل)- Phenol, 2-methoxy-4-(1-propenyl)-	1225	0.3
25	فنل، ۲- متوکسی-۴- (۱- پروپنیل)- (E)- Phenol, 2-methoxy-4-(1-propenyl)-, (E)-	1180	0.5
26	۲- بنزوتیازولامین-ان- متیل 2-Benzothiazolamine, N-methyl-	1214	0.2
27	تیمول Thymol	1246	1.2
28	تریپن-۴- ال Terpinen-4-ol	1219	0.6

(Summers, 2008) برای دوره تخم‌گذاری بلدرچین ژاپنی تنظیم شدند (جدول ۳). بلدرچین‌ها در تمام دوره آزمایشی تحت شرایط مراقبت و مدیریت یکسانی قرار داشتند.

صفات عملکردی:

در انتهای سه دوره عادت‌پذیری، تنش گرمایی و بازپروری، چندین پارامتر مورد آنالیز قرار گرفت. پارامترها شامل: مصرف خوراک، تعداد تخم بلدرچین، وزن تخم بلدرچین و مرگ و میر بود که به صورت هفتگی ارزیابی می‌شد. پس از آن، پارامترهای تولید تخم بلدرچین، توده تخم بلدرچین، مصرف خوراک روزانه، میزان مرگ و میر و ضریب تبدیل خوراک (FCR) (خوراک/توده تخم بلدرچین) برای این دوره‌ها محاسبه شد. علاوه‌براین، وزن پرندگان در ابتدا و انتهای دوره‌های آزمایش برای تعیین تغییرات وزن بدن اندازه‌گیری شد. برای محاسبه تعداد تلفات در هر مرحله، تلفات جمع‌آوری و شمارش شد و برای به‌دست‌آوردن درصد ماندگاری از رابطه (درصد تلفات - ۱۰۰) استفاده شد.

خصوصیات لاشه:

در پایان دوره تنش گرمایی (۱۰۷ روزگی) و دوره بازپروری (۱۲۸ روزگی) دو قطعه بلدرچین از هر تکرار به‌طور تصادفی انتخاب، توزین و کشتار شدند. پس از کشتار و پرکنی، محتویات شکم به‌دقت خارج شد. سپس وزن لاشه کامل و خالی، کبد و قلب اندازه‌گیری شد و وزن نسبی آن‌ها به‌صورت درصدی از وزن زنده محاسبه شد.

فراسنجه‌های بیوشیمیایی و ایمنی خون:

به‌منظور بررسی فراسنجه‌های بیوشیمیایی و ایمنی خون، در پایان دوره بازپروری (۱۲۸ روزگی) از هر تکرار یک پرنده به‌طور تصادفی انتخاب و از ورید زیر بال با استفاده از سرنگ خون‌گیری شد. نمونه های خون جهت اندازه‌گیری متابولیت‌های خون و سلول‌های خونی تهیه و به آزمایشگاه ارسال شد. برای تعیین غلظت متابولیت‌های خونی، سه میلی‌لیتر خون در یک لوله آزمایش ریخته شد و پس از جداسازی سرم، غلظت‌های گلوکز، تری‌گلیسیرید، کلسترول، لیپوپروتئین‌هایی با چگالی پایین و لیپوپروتئین‌هایی با چگالی بالا با دستگاه طیف‌سنجی خودکار اتوآنالایزر (مدل chem Geasan 200، Italy) و کیت تجاری (شرکت پارس آزمون، تهران) اندازه‌گیری شدند. در حدود دو میلی‌لیتر خون گرفته شده از ورید زیر بال در لوله‌های حاوی ماده ضد انعقاد EDTA ریخته و به‌آرامی مخلوط شد تا لخته ایجاد نشود. صفات ایمنی هم با استفاده از نمونه‌های خونی تهیه شده لنفوسیت، هتروفیل و نسبت هتروفیل به لنفوسیت اندازه‌گیری شدند (Benzie, & Strain, 1996).

به‌طور خلاصه، ۳۰ گرم از پودر خشک سیاهدانه با ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط شد و اسانس در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد با استفاده از دستگاه کلونجر (Changshu, Deschem، چین) که در فشار اتمسفر به‌مدت ۱۸۰ دقیقه کار می‌کرد، استخراج شد. اسانس به‌دست آمده با استفاده از کربنات کلسیم به‌صورت شیمیایی خشک شد و تا استفاده بعدی در دمای دو درجه سانتی‌گراد در یخچال نگهداری شد.

پرورش پرندگان و تیمارهای آزمایشی:

در این تحقیق، در مجموع، از تعداد ۵۰۰ قطعه بلدرچین تخم‌گذار ژاپنی (*coturnix coturnix japonica*) در یک مرکز پرورش بلدرچین ژاپنی تجاری استفاده شد. بلدرچین‌ها به‌طور تصادفی در ۱۰ تیمار با پنج تکرار و تعداد ۱۰ قطعه بلدرچین در هر تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی با آزمایش فاکتوریل ۲×۵ (دمای محیط (دمای نرمال و بالا)) و تیمارهای آزمایشی (کنترل، سیاهدانه، ال-کارنیتین، سیاهدانه+ ال-کارنیتین و ویتامین E) انجام شد. تیمارهای آزمایشی تحت شرایط نرمال و بالا شامل: ۱- شاهد: پرندگانی که جیره بدون افزودنی را دریافت کردند. ۲- جیره ۱/۵ درصد سیاهدانه. ۳- جیره شاهد + ۲۵۰ ppm ال-کارنیتین. ۴- جیره ۱/۵ درصد سیاهدانه + ۲۵۰ ppm ال-کارنیتین. ۵- جیره شاهد + ۲۰۰ ppm ویتامین E بودند. دوره پرورش به‌مدت ۱۰ هفته به‌طول انجامید. در ابتدای آزمایش، پرندگان (۵۸ روزه، که از روز اول تا ۵۸ روزگی پرندگان با جیره شاهد تغذیه شدند) وزن شده و بر اساس وزن (۲۶۷ گرم) و تولید تخم (۶۴ درصد) در قفس‌های آزمایشی قرار گرفتند، همچنین پرندگان از لحاظ همگنی واریانس تیمارها بررسی شدند. در مرحله اول، بلدرچین‌های تخم‌گذار ژاپنی به‌مدت دو هفته (از ۵۸ تا ۷۲ روزگی) با جیره‌های آزمایشی سازگاری پیدا کردند و در مرحله دوم به‌مدت پنج هفته (از ۷۳ تا ۱۰۷ روزگی) در معرض دمای نرمال و بالا قرار گرفتند. در شرایط تنش گرمایی، دمای محیطی ۳۶°C بود و هر روز شش ساعت از ساعت ۱۰ صبح تا چهار بعد از ظهر ادامه داشت. در مرحله سوم، بلدرچین‌ها به‌مدت سه هفته (از ۱۰۸ تا ۱۲۸ روزگی) در شرایط دمایی نرمال در دوره بازپروری قرار گرفتند. بلدرچین‌ها به‌صورت جداگانه در قفس‌های سیمی باتری به ابعاد ۵۰×۳۰×۵۰ سانتی متر مربع، مجهز به دان‌خوری‌های جداگانه و آب‌خوری‌های نیلی قرار گرفتند. پرندگان در طول ۱۰ هفته دوره آزمایش به‌طور آزادانه به آب و خوراک دسترسی داشتند. برنامه روشنایی به‌صورت یک چرخه نوری ۱۶ ساعته با هشت ساعت تاریکی تنظیم شد. همه جیره‌ها بر اساس ذرت و کنجاله سویا به‌صورت ایزوکالری و ایزونیتروژن بر اساس توصیه‌های تغذیه‌ای لسون و سامرز (Leeson

جدول ۳- ترکیب جیره‌های آزمایشی برای بلدرچین‌های تخم‌گذار ژاپنی

Table 3- Composition of the experimental diets for laying Japanese quail

اجزای جیره (درصد) Ingredients (%)	شاهد Control	سیاه‌دانه Black seed
ذرت Corn	60.8	59.55
گلوتن ذرت Corn gluten	5.13	4.52
کنجاله سویا (۴۴ درصد پروتئین خام) Soybean meal (44% CP)	22.32	22.85
روغن سویا Soybean oil	2.0	1.96
سنگ آهک Limestone	7.16	7.15
دی کلسیم فسفات Dicalcium phosphate	1.54	1.53
سیاه‌دانه Black seed	0.0	1.5
مکمل ویتامینه ^۱ Vitamin premix ¹	0.25	0.25
مکمل معدنی ^۲ Mineral premix ²	0.25	0.25
نمک Salt	0.20	0.20
دی- ال- متیونین DL- methionine	0.26	0.24
ال- لیزین L- lysine	0.09	0.0
ترکیب شیمیایی Chemical composition		
انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری بر کیلوگرم) Metabolizable energy (kcal.kg)	2950	2950
پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)	18	18
کلسیم (درصد) Calcium (%)	3.10	3.10
فسفر قابل دسترس (درصد) Available phosphorus (%)	0.449	0.449
سدیم (درصد) Sodium (%)	0.129	0.129
کلر (درصد) Cl (%)	0.129	0.129
لیزین (درصد) Lys (%)	0.850	0.850
متیونین (درصد) Met (%)	0.583	0.583
متیونین + سیستئین (درصد) Met + cys (%)	0.820	0.820

^۱ کیلوگرم مکمل ویتامینه در هر کیلوگرم جیره شامل مواد زیر بود: ویتامین A، ۱۵،۰۰۰،۰۰۰ IU؛ ویتامین D₃، ۱۵۰۰،۰۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین E، ۱۵۰۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین B₁، دو میلی‌گرم؛ ویتامین B₂، چهار میلی‌گرم؛ ویتامین B₆، سه میلی‌گرم؛ ویتامین B₁₂، ۰/۰۱۵ میلی‌گرم؛ اسید نیکوتینیک، ۲۵ میلی‌گرم؛ اسید پانتوتنیک، ۱۰ میلی‌گرم؛ ویتامین K₃، سه میلی‌گرم؛ و اسید فولیک، یک میلی‌گرم

^۲ هر کیلوگرم مکمل معدنی در هر کیلوگرم جیره شامل مواد زیر بود: منگنز ۶۰ میلی‌گرم، آهن ۸۰ میلی‌گرم، روی ۵۰ میلی‌گرم، مس ۱۰ میلی‌گرم، کبالت دو میلی‌گرم، سلنیوم ۰/۲۵۰ میلی‌گرم، ید یک میلی‌گرم.

¹ Vitamin premix supplied per kilogram of diet: vitamin A, 15,000,000 IU; vitamin D₃, 1500,000 IU; vitamin E, 15,000 IU; vitamin B₁, 2 mg; vitamin B₂, 4 mg; vitamin B₆, 3 mg; vitamin B₁₂, 0.015 mg; nicotinic acid, 25 mg; pantothenic acid, 10 mg; vitamin K₃, 3 mg; and folic acid, 1 mg.

² Mineral premix supplied per kilogram of diet: Mn, 60 mg; Fe, 80 mg; Zn, 50 mg; Cu, 10 mg; Co, 2 mg; I, 1 mg, Se, 0.250 mg; and vehicle quantity sufficient to 500 mg.

تجزیه و تحلیل داده‌ها:

داده‌های فنوتیپی به‌دست آمده از این مطالعه در دوره‌های تنش گرمایی و بازپروری با استفاده از روش آنالیز واریانس دو طرفه با دمای محیط (نرمال و تنش گرمایی) و تیمارهای آزمایشی (شاهد، سیاهدانه، ال-کارنیتین، سیاهدانه+ال-کارنیتین و ویتامین E) به‌عنوان اثرات اصلی در طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل 2×5 با استفاده از روش مدل خطی عمومی (GLM) و مقایسه میانگین توکی با نرم‌افزار SAS (SAS, 2005) نسخه ۹ مطابق مدل آماری (معادله ۱) تجزیه شدند.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad \text{معادله ۱}$$

که در آن، Y_{ijk} : مقدار مشاهده شده، μ : میانگین جمعیت، α_i : اثر تنش گرمایی، β_j : اثر تیمارهای آزمایشی، $(\alpha\beta)_{ij}$: اثر متقابل تنش گرمایی و تیمارهای آزمایشی و ε_{ijk} : اثر خطای آزمایش است.

داده‌های عملکرد دوره عادت‌پذیری در قالب طرح کاملاً تصادفی توسط نرم‌افزار SAS (SAS, 2005) نسخه ۹ برای مدل آماری (معادله ۲) تجزیه شدند. شاهد با استفاده از مقایسه‌های مستقل با دیگر تیمارهای آزمایشی در سطح پنج درصد مقایسه شد. مدل آماری به‌صورت ذیل است.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij} \quad \text{معادله ۲}$$

که در آن، Y_{ij} : مقدار مشاهده شده، μ : میانگین جمعیت، T_i : اثر تیمارها و e_{ij} : خطای آزمایشی است. میانگین‌ها به‌کمک آزمون توکی در سطح پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

عملکرد تولیدی در دو هفته اول آزمایش:

اثرات تیمارهای آزمایشی در جیره بلدرچین تخم‌گذار ژاپنی بر عملکرد تولیدی در دو هفته اول آزمایش (۷۲-۵۸ روزگی) در جدول ۴ نشان داده شده است. جیره‌های آزمایشی تأثیری بر وزن بدن ۷۲ روزگی، افزایش وزن بدن، ضریب تبدیل، وزن تخم و مرگ و میر در بلدرچین تخم‌گذار ژاپنی نداشتند. بیشترین مقدار خوراک مصرفی در پرندگان تغذیه شده با جیره حاوی سیاهدانه + ال-کارنیتین مشاهده شد ($P < 0.05$) و به‌دنبال آن پرندگان تغذیه شده با جیره حاوی سیاهدانه مقدار خوراک بیشتری مصرف کردند، همچنین کمترین مصرف خوراک مربوط به پرندگان تغذیه شده با جیره شاهد بود ($P < 0.05$). بیشترین درصد تولید تخم بلدرچین در پرندگان تغذیه شده با جیره‌های حاوی سیاهدانه + ال-کارنیتین و سیاهدانه در مقایسه با شاهد مشاهده شد ($P < 0.05$). همچنین، پرندگان تغذیه شده با جیره شاهد کمترین مقدار توده تخم را نسبت به سایر تیمارهای آزمایشی

نشان دادند ($P < 0.05$).

عملکرد تولیدی در دوره تنش گرمایی:

اثرات دمای محیطی و تیمارهای آزمایشی در جیره بلدرچین تخم‌گذار ژاپنی بر عملکرد تولیدی در دوره تنش گرمایی (۱۰۷-۷۳ روزگی به‌مدت پنج هفته) در جدول ۵ نشان داده شده است. اثرات متقابل دمای محیطی و تیمارهای آزمایشی بر صفات عملکردی در طی دوره تنش گرمایی معنی‌دار نبود. با این حال، دمای بالا باعث کاهش معنی‌دار مصرف خوراک، وزن تخم، تولید و توده تخم و همچنین، بهبود افزایش وزن بدن پرنده، وزن بدن ۱۰۷ روزگی و در نهایت، ضریب تبدیل نامناسب شد ($P < 0.05$). همچنین پرندگان تغذیه شده با جیره حاوی سیاهدانه + ال-کارنیتین، مصرف خوراک بیشتری در مقایسه با پرندگان تغذیه شده با جیره‌های شاهد و ال-کارنیتین داشتند ($P < 0.05$). پرندگان تغذیه شده با جیره‌های حاوی سیاهدانه + ال-کارنیتین، سیاهدانه و ویتامین E تولید و توده تخم بیشتری در مقایسه با شاهد داشتند ($P < 0.05$). پرندگان تغذیه شده با ویتامین E در مقایسه با شاهد ضریب تبدیل کمتری داشتند ($P < 0.05$).

عملکرد تولیدی در دوره بازپروری:

اثرات دمای محیطی و تیمارهای آزمایشی در جیره بلدرچین تخم‌گذار ژاپنی بر عملکرد تولیدی در دوره بازپروری (۱۰۸ تا ۱۲۸ روزگی برای سه هفته) در جدول ۶ آمده است. اثرات متقابل دمای محیطی و تیمارهای آزمایشی بر صفات عملکردی در طی دوره بازپروری معنی‌دار نبود. با این حال، پرندگان در معرض دمای بالا کاهش معنی‌داری در مصرف خوراک، افزایش وزن بدن و توده تخم در دوره بازپروری نشان دادند و همچنین وزن بدن ۱۲۸ روزگی بالاتری در پرندگان در معرض دمای بالا مشاهده شد ($P < 0.05$). سایر صفات مانند وزن تخم، تولید تخم و در نهایت، ضریب تبدیل بعد از سه هفته دوره بازپروری به شرایط عادی برگشت. همچنین، پرندگان تغذیه شده با جیره شاهد کمترین مصرف خوراک را نسبت به سایر تیمارهای آزمایشی نشان دادند ($P < 0.05$). تمایل به وزن بدن ۱۲۸ روزگی بیشتر در پرندگان تغذیه شده با افزودنی در مقایسه با جیره شاهد مشاهده شد ($P = 0.05$). افزایش وزن بدن در پرندگان تغذیه شده با سیاهدانه در مقایسه با جیره‌های حاوی ال-کارنیتین، ویتامین E و شاهد بیشتر بود ($P < 0.05$). همچنین، پرندگان تغذیه شده با سیاهدانه در مقایسه با جیره حاوی سیاهدانه + ال-کارنیتین وزن تخم بیشتری داشتند و درصد تولید و توده تخم در شاهد در مقایسه با تیمارهای حاوی افزودنی به جزء ال-کارنیتین کمتر بود

داده‌اند که استفاده از جیره حاوی سیاه‌دانه در بلدرچین منجر به افزایش عملکرد (رشد و تولید تخم مرغ) و کاهش باکتری‌های بیماری‌زا در روده می‌شود. همچنین، عبدالهک و همکاران (Abd-El-[Hack et al., 2018](#)) و سلام و همکاران (Salam et al., 2013) مشاهده کردند که تغذیه بلدرچین با سیاه‌دانه باعث افزایش تولید آنزیم‌های گوارشی و بهبود قابلیت هضم مواد مغذی و عملکرد رشد می‌شود.

سیاه‌دانه، حاوی روغن‌های فرار یا اسانس است که دارای خواص ضدباکتریایی و آنتی‌اکسیدانی می‌باشد. همچنین، این ماده می‌تواند محرک آنزیم‌های گوارشی در مخاط روده و پانکراس باشد. بهبود هضم مواد مغذی و بهبود عملکرد تولید ممکن است نتیجه‌ای از این خواص باشد (Abdou, & Rashed, 2015). مطالعات نشان داده‌اند که ترکیبات فعال بیولوژیکی سیاه‌دانه می‌توانند ضریب تبدیل خوراک، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و ایمونولوژی حیوان را بهبود بخشند. این بهبود عملکرد ممکن است به دلیل تأثیرات مثبت سیاه‌دانه بر آنزیم‌های گوارشی، بهبود هضم مواد مغذی و توانایی آنتی‌اکسیدانی و سیستم ایمنی حیوانات باشد (Asghar et al., 2022). در مطالعه حاضر، استفاده از جیره حاوی سیاه‌دانه و ال-کارنیتین در بلدرچین ژاپنی تخم‌گذار، در مقایسه با گروه کنترل، منجر به افزایش درصد تولید تخم شد. این نتایج نشان می‌دهند که استفاده از سیاه‌دانه به عنوان یک افزودنی خوراکی، توانایی بهبود قابل توجهی در عملکرد تولید حیوانات، افزایش ضریب تبدیل خوراک و بهبود هضم مواد مغذی را دارد. با این حال، برای استفاده بهینه از سیاه‌دانه به عنوان افزودنی خوراکی، نیاز به تحقیقات بیشتر و دقیق‌تر است.

صفات لاشه:

صفات لاشه در دوره تنش گرمایی:

اثرات دمای محیطی و تیمارهای آزمایشی در جیره بلدرچین تخم‌گذار ژاپنی بر خصوصیات لاشه در پایان دوره تنش گرمایی (۱۰۷ روزگی) در جدول ۷ نشان داده شده است. اثرات متقابل دمای محیطی و تیمارهای آزمایشی بر بازده لاشه پر و خالی و وزن نسبی کبد معنی‌دار نبود. با این حال، وزن نسبی قلب در پرندگان تغذیه شده با سیاه‌دانه + ال-کارنیتین در دمای بالا و نرمال در مقایسه با پرندگان تغذیه شده با جیره‌های شاهد و حاوی سیاه‌دانه در دمای نرمال بیشتر بود ($P < 0.05$). همچنین، پرندگان در معرض دمای بالا، وزن نسبی کبد بیشتری نسبت به پرندگان در معرض دمای نرمال داشتند ($P < 0.05$).

($P < 0.05$). در نهایت، پرندگان تغذیه شده با جیره‌های حاوی سیاه‌دانه و ویتامین E ضریب تبدیل مناسب‌تری نسبت به شاهد نشان دادند ($P < 0.05$).

نتایج مطالعه مایسون و همکاران (Mehaisen et al., 2017) نشان می‌دهند که بلدرچین‌هایی که تحت تنش گرمایی (35°C) قرار می‌گیرند، مصرف خوراک کمتری دارند و بالاترین ضریب تبدیل غذایی را دارا هستند. در شرایط تنش گرمایی، پرندگان کمتر خوراک مصرف می‌کنند تا تولید گرما در بدن خود را کاهش دهند. به علاوه، های و همکاران (Hai et al., 2000) گزارش کرده‌اند که فعالیت تریپسین، کیموتریپسین و آمیلاز در دمای 32°C درجه سانتی‌گراد کاهش می‌یابد. بنابراین، دمای بالای محیط باعث کاهش هضم مواد مغذی در طیور می‌شود. همچنین، ورسس و همکاران (Vercese et al., 2012) گزارش کردند که دمای بالای محیط تأثیر منفی بر عملکرد پرنده دارد و به کاهش وزن و توده تخم‌مرغ در بلدرچین‌های ژاپنی منجر می‌شود. کاهش تولید ممکن است به دلیل تأثیر منفی تنش گرمایی بر اختلالات تولید مثل و تخمدان و همچنین کاهش مصرف خوراک مرتبط باشد. تنش گرمایی تأثیر مستقیمی بر عملکرد تخمدان از طریق تغییر ترشح هورمون‌های تخمدانی مانند پرولاکتین دارد (Abou-Elkhair et al., 2020). بر اساس یافته‌های این مطالعه، مشاهده شده است که بلدرچین‌هایی که در شرایط دمایی نرمال قرار داشتند، ضریب تبدیل بهتری نسبت به بلدرچین‌های تحت تنش گرمایی داشتند.

استفاده از ترکیب سیاه‌دانه و ویتامین E در جیره بلدرچین‌ها، ضریب تبدیل را بهبود می‌دهد و این بهبود به دلیل افزایش کارایی خوراک است. مطالعات بسیاری سیاه‌دانه را به عنوان یک افزودنی خوراکی طبیعی برای بهبود تولید پرنده در شرایط نرمال یا تحت تنش معرفی کرده‌اند. آن‌ها بیان کردند که استفاده از مکمل سیاه‌دانه در جیره منجر به افزایش عملکرد رشد، مصرف خوراک و راندمان خوراک می‌شود (Kumar, & Patra, 2017). این اثرات در تیمار حاوی سیاه‌دانه ممکن است به دلیل افزایش استفاده از مواد مغذی در جیره، کاهش جمعیت برخی از باکتری‌های بیماری‌زا و افزایش تیتراژ آنتی‌بادی باشد (Kumar, & Patra, 2017). در مطالعه اصغر و همکاران (Asghar et al., 2022) نشان داده شده است که گروهی از بلدرچین‌های ژاپنی که جیره آن‌ها حاوی دو درصد سیاه‌دانه بود، وزن زنده بالاتر، افزایش وزن بدن بهتر و ضریب تبدیل خوراک بهتری داشتند. همچنین، مطالعه دیگری نشان داده است که استفاده از روغن سیاه‌دانه به طور قابل توجهی وزن نهایی بدن و افزایش وزن بدن را نسبت به گروه‌های کنترل بهبود می‌بخشد (Aziza et al., 2019). صیدای و همکاران (Seidavi et al., 2020) گزارش

جدول ۴- اثر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد تولیدی در دو هفته اول آزمایش (۵۸-۷۲ روزگی) در بلدرچین تخم‌گذار ژاپنی

Table 4- The effect of experimental treatments on productive performance in the first two weeks of the experiment (58-72 days old) in laying Japanese quails

پارامترها Parameters	مصرف خوراک (گرم/روز/پرنده) Feed intake (g/day/bird)	وزن بدن ۷۲ روزگی (گرم) Body weight 72 day (g)	افزایش وزن بدن (گرم) Body weight gain (g)	وزن تخم (گرم) Egg weight (g)	تولید تخم (درصد) Egg production (%)	توده تخم (گرم/روز/پرنده) Egg mass (g/day/bird)	ضریب تبدیل Feed conversion ratio	ماندگاری (درصد) Livability (%)
شاهد (بدون افزودنی) Control (no additives)	23.88 ^d	267.6	18.2	11.33	62.30 ^b	7.06 ^b	3.42	100
سیاه‌دانه Black seed	25.09 ^b	268.8	18.8	11.51	69.11 ^a	7.94 ^a	3.19	100
ال-کارنیتین L-carnitine	24.42 ^c	273.7	18.8	11.32	65.07 ^{ab}	7.36 ^{ab}	3.33	100
سیاه‌دانه + ال-کارنیتین Black seed + L-carnitine	26.01 ^a	272.6	18.3	11.27	70.12 ^a	7.90 ^a	3.31	100
ویتامین E Vitamin E	24.28 ^{cd}	271.5	19.8	11.63	68.12 ^{ab}	7.92 ^a	3.08	99.9
میانگین خطای استاندارد Standard error of the mean	0.10	2.26	0.66	0.13	1.99	0.23	0.10	0.04
سطح معنی‌داری P value	<0.0001	0.29	0.46	0.32	0.04	0.02	0.18	0.41
مقایسه شاهد با سایر تیمارها Vs to control	<0.0001	0.11	0.33	0.52	0.01	0.007	0.10	0.61
مقایسه تیمارهای حاوی افزودنی با ویتامین E Treatments containing additives Vs vitamin E	<0.0001	0.93	0.13	0.11	0.99	0.49	0.10	0.06

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

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

جدول ۵- اثرات دمای محیطی و تیمارهای آزمایشی بر عملکرد تولیدی بلدرچین‌های تخم‌گذار ژاپنی در دوره تنش گرمایی (۷۳-۱۰۷ روزگی به مدت پنج هفته)

Table 5- The effect of ambient temperature and experimental treatments on productive performance of Japanese laying quails during heat stress period (73-107 days for 5 weeks)

پارامترها Parameters	مصرف خوراک (گرم/روز/پرند) Feed intake (g/day/bird)	وزن بدن ۱۰۷ روزگی (گرم) Body weight day 107 (g)	افزایش وزن بدن (گرم) Body weight gain (g)	وزن تخم (گرم) Egg weight (g)	تولید تخم (درصد) Egg production (%)	توده تخم (گرم/روز/پرند) Egg mass (g/day/bird)	ضریب تبدیل Feed conversion ratio	ماندگاری (درصد) Livability (%)
دمای محیطی Ambient temperature								
تنش گرمایی Heat stress	22.43 ^b	300.7 ^a	30.48 ^a	11.22 ^b	70.97 ^b	7.96 ^b	2.85 ^a	99.68
دمای نرمال Normal temperature	24.91 ^a	283.1 ^b	11.72 ^b	11.70 ^a	81.23 ^a	9.50 ^a	2.63 ^b	99.80
میانگین خطای استاندارد Standard error of the mean	0.134	3.41	3.06	0.046	0.99	0.116	0.046	0.12
تیمارهای آزمایشی Experiment treatments								
شاهد (بدون افزودنی) Control (without additives)	23.10 ^b	281.0	13.4	11.35	70.23 ^c	7.99 ^c	2.94 ^a	99.8
سیاه‌دانه Black seed	23.86 ^{ab}	290.8	22.0	11.65	77.81 ^{ab}	9.08 ^a	2.65 ^{ab}	99.4
آل-کارنیتین L-carnitine	23.43 ^b	293.8	20.1	11.46	72.55 ^{bc}	8.32 ^{bc}	2.83 ^{ab}	99.9
سیاه‌دانه + آل-کارنیتین Black seed + L-carnitine	24.32 ^a	294.8	22.2	11.37	79.03 ^a	8.99 ^{ab}	2.72 ^{ab}	99.8
ویتامین E Vitamin E	23.66 ^{ab}	299.3	27.8	11.46	80.89 ^a	9.28 ^a	2.55 ^b	99.8
میانگین خطای استاندارد Standard error of the mean	0.212	5.38	4.84	0.074	1.56	0.183	0.073	0.167
دمای محیطی × تیمارهای آزمایشی Ambient temperature × experimental treatments								
تنش گرمایی × شاهد Heat stress × control	21.99	280.0	9.00	11.02	62.73	6.91	3.20	99.6
تنش گرمایی × سیاه‌دانه Heat stress × black seed	22.71	294.2	26.69	11.40	72.20	8.23	2.78	99.2

ادامه جدول (۵)											
ادامه جدول (۵)											
تشن گرمایی × ال-کارنیتین	22.32	305.2	16.32	11.37	68.03	7.74	2.90	100			
Heat stress × L-carnitine											
تشن گرمایی × سیاه‌دانه + ال-کارنیتین	23.04	307.6	13.48	11.06	75.16	8.31	2.78	100			
Heat stress × black seed + L-carnitine											
تشن گرمایی × ویتامین E	22.08	316.8	31.81	11.24	76.73	8.62	2.57	99.6			
Heat stress × vitamin E											
دمای نرمال × شاهد	24.20	282.0	5.67	11.68	77.73	9.07	2.67	100			
Normal temperature x control											
دمای نرمال × سیاه‌دانه	25.01	287.4	4.66	11.89	83.41	9.91	2.52	99.6			
Normal temperature × black seed											
دمای نرمال × ال-کارنیتین	24.53	282.4	4.54	11.54	77.07	8.90	2.76	99.8			
Normal temperature × L-carnitine											
دمای نرمال × سیاه‌دانه + ال-کارنیتین	25.59	282.0	3.78	11.67	82.89	9.67	2.65	99.6			
Normal temperature × black seed + L-carnitine											
دمای نرمال × ویتامین E	25.23	281.8	2.51	11.68	85.04	9.93	2.54	100			
Normal temperature × vitamin E											
میانگین خطای استاندارد	0.30	7.61	6.85	0.104	2.21	0.258	0.104	0.268			
Standard error of the mean											
سطح معنی‌داری											
P value											
دمای محیطی	<0.0001	0.0007	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.002	0.48			
Ambient temperature											
تیمارهای آزمایشی	0.0035	0.19	0.35	0.05	<0.0001	<0.0001	0.007	0.39			
Experiment treatments											
دمای محیطی × تیمارهای آزمایشی	0.49	0.12	0.08	0.18	0.47	0.32	0.16	0.39			
Ambient temperature × experimental treatments											

a,b,c میانگین‌های هر ستون با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار هستند (P < 0.05).
 Means within same column with different superscripts differ (P < 0.05).

جدول ۶- اثرات دمای محیطی و تیمارهای آزمایشی بر عملکرد تولیدی بلدرچین‌های تخم‌گذار ژاپنی در دوره بازپروری (۱۰۸-۱۲۸ روزگی به‌مدت سه هفته)

Table 6- The effect of ambient temperature and experimental treatments on productive performance of Japanese laying quails during recovery period (108-128 days for 3 weeks)

پارامترها Parameters	مصرف خوراک (گرم /روز/ پرنده) Feed intake (g/day/bird)	وزن بدن ۱۲۸ روزگی (گرم) Body weight 128 day (g)	افزایش وزن بدن (گرم) Body weight gain (g)	وزن تخم (گرم) Egg weight (g)	تولید تخم (درصد) Egg production (%)	توده تخم (گرم /روز/ پرنده) Egg mass (g/day/bird)	ضریب تبدیل Feed conversion ratio	ماندگاری (درصد) Livability (%)
دمای محیطی Ambient temperature								
تنش گرمایی Heat stress	25.92 ^b	306.4 ^a	5.68 ^b	11.53	79.53	9.16 ^b	2.85	99.9
دمای نرمال Normal temperature	26.41 ^a	293.0 ^b	9.88 ^a	11.68	82.47	9.63 ^a	2.75	99.7
میانگین خطای استاندارد Standard error of the mean	0.134	3.31	1.08	0.068	1.25	0.141	0.046	0.11
تیمارهای آزمایشی Experiment treatments								
شاهد (بدون افزودنی) Control (without additives)	25.23 ^b	285.7	4.7 ^b	11.54 ^{ab}	72.57 ^b	8.38 ^b	3.03 ^a	99.6
سیادهانه Black seed	26.26 ^a	304.5	13.7 ^a	11.84 ^a	85.05 ^a	10.06 ^a	2.61 ^b	99.8
آل-کارنیتین L-carnitine	26.21 ^a	298.7	4.9 ^b	11.71 ^{ab}	78.44 ^{ab}	9.18 ^{ab}	2.86 ^{ab}	99.8
سیادهانه + آل-کارنیتین Black seed + L-carnitine	26.87 ^a	303.7	8.9 ^{ab}	11.38 ^b	85.01 ^a	9.67 ^a	2.80 ^{ab}	99.9
ویتامین E Vitamin E	26.27 ^a	306.0	6.7 ^b	11.56 ^{ab}	83.94 ^a	9.70 ^a	2.72 ^b	100
میانگین خطای استاندارد Standard error of the mean	0.212	5.23	1.71	0.11	1.98	0.224	0.073	0.167
دمای محیطی × تیمارهای آزمایشی Ambient temperature × experimental treatments								
تنش گرمایی × شاهد Heat stress x control	24.75	282.2	2.2	11.53	70.62	8.14	3.07	99.8
تنش گرمایی × سیادهانه Heat stress × black seed	26.01	310.0	15.8	11.71	85.85	10.03	2.59	100

Continue the Table(6)								ادامه جدول (۶)
تشنش گرمایی × ال-کارنیتین Heat stress × L-carnitine	26.39	309.0	3.8	11.74	76.29	8.96	2.95	100
تشنش گرمایی × سیاهدانه + ال-کارنیتین Heat stress × black seed + L-carnitine	26.65	311.6	4.0	11.22	82.87	9.30	2.89	100
تشنش گرمایی × ویتامین E Heat stress × vitamin E	25.80	319.4	2.6	11.45	82.04	9.40	2.76	100
دمای نرمال × شاهد Normal temperature x control	25.70	289.2	7.2	11.55	74.51	8.60	3.00	99.4
دمای نرمال × سیاهدانه Normal temperature × black seed	26.51	299.0	11.6	11.97	84.26	10.08	2.63	99.6
دمای نرمال × ال-کارنیتین Normal temperature × L-carnitine	26.04	288.4	6.0	11.67	80.58	9.41	2.77	99.6
دمای نرمال × سیاهدانه + ال-کارنیتین Normal temperature × black seed + L-carnitine	27.09	295.8	13.8	11.53	87.14	10.04	2.70	99.8
دمای نرمال × ویتامین E Normal temperature × vitamin E	26.73	292.6	10.8	11.66	85.83	10.00	2.68	100
میانگین خطای استاندارد Standard error of the mean	0.30	7.40	2.42	0.154	2.79	0.316	0.104	0.237
سطح معنی داری P value								
دمای محیطی Ambient temperature	0.01	0.006	0.009	0.13	0.10	0.02	0.14	0.06
تیمارهای آزمایشی Experiment treatments	0.0001	0.05	0.003	0.04	0.0001	<0.0001	0.003	0.54
دمای محیطی × تیمارهای آزمایشی Ambient temperature × experimental treatments	0.21	0.21	0.05	0.67	0.79	0.84	0.80	0.88

^{a,b,c} میانگین‌های هر ستون با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار هستند ($P < 0.05$).
Means within same column with different superscripts differ ($P < 0.05$).

صفات لاشه در دوره بازپروری:

اثرات دمای محیطی و تیمارهای آزمایشی در جیره بلدرچین تخم‌گذار ژاپنی بر خصوصیات لاشه در پایان دوره بازپروری (۱۲۸ روزگی) در جدول ۷ نشان داده شده است. اثرات متقابل دمای محیطی و تیمارهای آزمایشی بر بازده لاشه پر و وزن نسبی کبد معنی‌دار نبود. با این حال، بازده لاشه خالی در پرندگان تغذیه شده با سیاه‌دانه در دمای نرمال و ال-کارنیتین در دمای بالا بیشتر از پرندگان تغذیه شده با سیاه‌دانه در دمای بالا بود ($P < 0.05$). همچنین، پرندگان در معرض دمای نرمال و مصرف جیره حاوی ویتامین E، وزن نسبی قلب بیشتری نسبت به پرندگان در معرض دمای نرمال و مصرف جیره‌های شاهد، ال-کارنیتین و سیاه‌دانه داشتند ($P < 0.05$). همچنین، پرندگان در معرض دمای بالا، وزن نسبی کبد بیشتری نسبت به پرندگان در معرض دمای نرمال داشتند ($P < 0.05$).

اثرات ویتامین E و سلنیوم بر ویژگی‌های لاشه بلدرچین ژاپنی تحت تنش گرمایی مزمن (۳۴ درجه سانتی‌گراد) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزودن ویتامین E و سلنیوم به جیره، عملکرد لاشه به‌طور قابل توجهی افزایش یافت (Sahin, & Kucuk, 2001). تحقیقات نشان دادند که تنش گرمایی می‌تواند تأثیر مخرب مستقیمی بر خصوصیات لاشه بلدرچین ژاپنی داشته باشد (Batool et al., 2023). همچنین، شرایط تنش گرمایی منجر به کاهش عملکرد لاشه بلدرچین ژاپنی می‌شود (Ciftci et al., 2013). در عین حال، اریشیر و همکاران (Erişir et al., 2018) نشان دادند که تحت تنش گرمایی، وزن قلب بلدرچین افزایش می‌یابد و تفاوتی بین وزن کبد و طحال در گروه‌ها مشاهده نشد. همچنین، آتیا و همکاران (Attia et al., 2016) در مرغ‌های تخم‌گذار گزارش کردند که در شرایط تنش گرمایی، وزن لاشه، درصد کبد و تخمدان کاهش می‌یابد. بارتلت و اسمیت (Bartlett & Smith., 2003) همچنین بیان کردند که تنش گرمایی باعث کاهش وزن اندام در جوجه‌های گوشتی می‌شود. علاوه‌براین، سایر محققین نشان دادند که وزن قلب طیور تحت تأثیر تنش گرمایی قرار می‌گیرد (Al-Sagan et al., 2020).

ساریکا و همکاران (Sarica et al., 2005) گزارش کردند که مکمل ال-کارنیتین به‌طور قابل توجهی بر عملکرد لاشه و وزن نسبی قلب، کبد و سنگدان بلدرچین ژاپنی در سن ۳۵ روزگی تأثیر نمی‌گذارد. در تحقیق دیگری، تغذیه با سیاه‌دانه تأثیری بر وزن لاشه، وزن سرد لاشه و راندمان لاشه نداشت؛ با این حال، اختلاف معنی‌داری در وزن لاشه گرم بین گروه‌ها مشاهده شد. همچنین، در جوجه‌های تغذیه‌شده با سیاه‌دانه، تفاوت معنی‌داری در وزن نسبی بال، پشت و ران‌ها مشاهده نشد (Asghar et al., 2022). وزن نسبی سینه در گروه‌های مصرف‌کننده کنجاله سیاه‌دانه با گروه شاهد متفاوت نبود. وزن نسبی چربی شکمی، کبد، قلب، پانکراس، روده‌ها و سکوم

به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تغذیه با سطوح مختلف کنجاله سیاه‌دانه قرار نگرفت. بنابراین، به‌نظر نمی‌رسد که استفاده از کنجاله سیاه‌دانه تا سطح ۲۰ درصد تأثیر مضر بر پارامترهای فوق‌الذکر داشته باشد (Mousapour, & Salarmoini, 2014). افزایش وزن نسبی سنگدان در جوجه‌های تغذیه‌شده با جیره‌های آزمایشی حاوی کنجاله سیاه‌دانه ممکن است به‌دلیل بیشتر بودن سنگریزه جیره آن‌ها نسبت به گروه شاهد باشد (Mousapour, & Salarmoini, 2014). ابوالسعود (AbouEl-Soud., 2000) گزارش کرد که تغذیه بلدرچین‌ها با یک درصد روغن سیاه دانه در ۲۱ و ۲۸ روزگی باعث افزایش وزن نسبی کبد نسبت به سایر تیمارها می‌گردد. در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های حاوی سیاه‌دانه، تفاوت ناچیزی در وزن نسبی قلب، کبد، طحال، سنگدان و لاشه مشاهده شد. در مورد ویتامین E، تحقیقات نشان داد که تأثیر معنی‌داری بر وزن لاشه، ران، سینه، قلب، ریه، پیش معده و سنگدان ندارد (Alemi et al., 2015).

فراسنجه‌های بیوشیمیایی و ایمنی خون:

اثرات دمای محیطی و تیمارهای آزمایشی در جیره بلدرچین تخم‌گذار ژاپنی بر فراسنجه‌های بیوشیمیایی و ایمنی خون در پایان دوره بازپروری (۱۲۸ روزگی) در جدول ۸ نشان داده شده است. اثرات متقابل دمای محیطی و تیمارهای آزمایشی بر غلظت تری‌گلیسرید، HDL، LDL و درصد هتروفیل معنی‌دار نبود. با این حال، پرندگان تغذیه شده با جیره‌های شاهد و سیاه‌دانه در دمای نرمال و بالا، غلظت کلسترول خون بیشتری را نسبت به سایر تیمارهای آزمایشی داشتند ($P < 0.05$). پرندگان در معرض دمای نرمال و تغذیه با جیره‌های حاوی ویتامین E و ال-کارنیتین نسبت به تغذیه همین جیره‌ها، ولی در دمای بالا درصد لنفوسیت خون بیشتری را نشان دادند ($P < 0.05$). پرندگان در معرض دمای بالا و تغذیه شده با جیره‌های حاوی ال-کارنیتین و ویتامین E نسبت به هتروفیل به لنفوسیت بیشتری در مقایسه با پرندگان در معرض دمای نرمال و تغذیه شده با جیره‌های مختلف آزمایشی داشتند ($P < 0.05$). پرندگان در معرض دمای بالا افزایش تری‌گلیسرید، LDL و درصد هتروفیل و همچنین کاهش HDL خون را نشان دادند ($P < 0.05$).

جدول ۷- اثرات دمای محیطی و تیمارهای آزمایشی بر خصوصیات لاشه (درصد از وزن بدن زنده) بلدرچین تخم‌گذار ژاپنی در پایان دوره تنش گرمایی (۱۰۷ روزگی) و دوره بازپروزی (۱۲۸ روزگی)
Table 7- The effect of ambient temperature and experimental treatments on carcass characteristics (% live body weight) of Japanese laying quails at the end of the heat stress period (107 days old) and the recovery period (128 days old)

پارامترها Parameters	دوره تنش گرمایی Heat stress period				دوره بازپروزی Recovery period			
	بازده لاشه (%) Carcass yield (%)	بازده لاشه خالی (%) Empty carcass yield (%)	قلب (%) Heart (%)	کبد (%) Liver (%)	بازده لاشه (%) Carcass yield (%)	بازده لاشه خالی (%) Empty carcass yield (%)	قلب (%) Heart (%)	کبد (%) Liver (%)
دمای محیطی Ambient temperature								
تنش گرمایی Heat stress	87.77	64.09	0.645 ^a	1.19 ^a	91.40	69.52 ^b	0.681 ^a	1.22 ^a
دمای نرمال Normal temperature	85.20	64.02	0.553 ^b	1.00 ^b	92.47	71.59 ^a	0.609 ^b	1.12 ^b
میانگین خطای استاندارد Standard error of the mean	1.15	0.915	0.018	0.032	0.504	0.551	0.017	0.026
تیمارهای آزمایشی Experiment treatments								
شاهد (بدون افزودنی) Control (without additives)	88.95	64.46	0.559 ^b	1.02	90.80	69.74	0.624 ^b	1.17
سیاه‌دانه Black seed	86.16	64.70	0.548 ^b	1.17	93.05	70.60	0.575 ^b	1.19
ال-کارنیتین L-carnitine	85.44	62.80	0.544 ^b	1.09	91.69	72.13	0.614 ^b	1.18
سیاه‌دانه + ال-کارنیتین Black seed + L-carnitine	87.15	62.14	0.694 ^a	1.17	92.25	70.53	0.669 ^{ab}	1.15
ویتامین E Vitamin E	84.74	66.19	0.650 ^{ab}	1.03	91.87	69.80	0.742 ^a	1.15
میانگین خطای استاندارد Standard error of the mean	1.81	1.44	0.029	0.050	0.797	0.871	0.027	0.041
دمای محیطی × تیمارهای آزمایشی Ambient temperature × experimental treatments								
تنش گرمایی × شاهد Heat stress x control	90.04	65.32	0.662 ^{ab}	1.13	90.00	68.68 ^{ab}	0.676 ^{abc}	1.13

ادامه جدول (۷)									
Continue the Table(7)									
تنش گرمایی × سیاهدانه	88.56	64.20	0.648 ^{abc}	1.26	91.35	66.97 ^b	0.654 ^{abc}	1.27	
Heat stress × black seed									
تنش گرمایی × ال-کارنیتین	85.80	64.49	0.574 ^{abcd}	1.17	91.98	72.95 ^a	0.684 ^{ab}	1.28	
Heat stress × L-carnitine									
تنش گرمایی × سیاهدانه + ال-کارنیتین	88.10	63.53	0.714 ^a	1.28	91.68	69.78 ^{ab}	0.688 ^{ab}	1.23	
Heat stress × black seed + L-carnitine									
تنش گرمایی × ویتامین E	86.32	62.91	0.629 ^{abcd}	1.11	91.98	69.24 ^{ab}	0.701 ^{ab}	1.19	
Heat stress × vitamin E									
دمای نرمال × شاهد	87.84	63.59	0.455 ^{cd}	0.908	91.61	70.79 ^{ab}	0.571 ^{bc}	1.21	
Normal temperature × control									
دمای نرمال × سیاهدانه	83.74	65.21	0.449 ^d	1.08	94.74	74.23 ^a	0.497 ^c	1.12	
Normal temperature × black seed									
دمای نرمال × ال-کارنیتین	85.05	61.12	0.514 ^{bcd}	1.01	91.41	71.30 ^{ab}	0.544 ^{bc}	1.08	
Normal temperature × L-carnitine									
دمای نرمال × سیاهدانه + ال-کارنیتین	86.18	60.75	0.675 ^{ab}	1.05	92.83	71.27 ^{ab}	0.651 ^{abc}	1.07	
Normal temperature × black seed + L-carnitine									
دمای نرمال × ویتامین E	83.15	69.46	0.672 ^{ab}	0.952	91.76	70.35 ^{ab}	0.782 ^a	1.11	
Normal temperature × vitamin E									
میانگین خطای استاندارد	2.57	2.04	0.041	0.071	1.12	1.23	0.039	0.059	
Standard error of the mean									
سطح معنی داری									
P value									
دمای محیطی	0.12	0.96	0.0011	0.0002	0.1402	0.0116	0.0061	0.0079	
Ambient temperature									
تیمارهای آزمایشی	0.52	0.31	0.0013	0.11	0.3919	0.3168	0.0016	0.9335	
Experiment treatments									
دمای محیطی × تیمارهای آزمایشی	0.95	0.11	0.01	0.97	0.4265	0.0161	0.0260	0.1838	
Ambient temperature × experimental treatments									

abc Means within same column with different superscripts differ ($P < 0.05$).
^{a,b,c} میانگین‌های هر ستون با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی دار هستند ($P < 0.05$).

جدول ۸- اثرات دمای محیطی و تیمارهای آزمایشی بر صفات بیوشیمیایی و ایمنی خون بلدرچین تخم‌گذار ژاپنی در پایان دوره بازپروری (۱۲۸ روزگی)
Table 8- The effect of ambient temperature and experimental treatments on blood biochemical and immune traits of Japanese laying quails at the end of the recovery period (128 days old)

پارامترها Parameters	تری گلیسرید - گرم در دسی‌لیتر Tri glyceride (mg/dl)	کلسترول (اصلی گرم در دسی‌لیتر) Cholesterol (mg/dl)	کلسترول HDL - (اصلی گرم در دسی‌لیتر) HDL - Cholesterol (mg/dl)	کلسترول -LDL (اصلی گرم در دسی‌لیتر) LDL - Cholesterol (mg/dl)	هتروفیل (درصد) Heterophil (%)	لنفوسیت (درصد) Lymphocyte (%)	لنفوسیت/هتروفیل Heterophil/ Lymphocyte ratio
دمای محیطی Ambient temperature							
تشن گرمایی Heat stress	172.49 ^a	163.48 ^b	87.96 ^b	59.43 ^a	24.08 ^a	36.40 ^b	0.680 ^a
دمای نرمال Normal temperature	169.49 ^b	166.13 ^a	92.96 ^a	55.76 ^b	21.08 ^b	38.88 ^a	0.550 ^b
میانگین خطای استاندارد Standard error of the mean	0.892	0.914	0.890	0.596	0.238	0.350	0.009
تیمارهای آزمایشی Experiment treatments							
شاهد (بدون افزودنی) Control (without additives)	201.92 ^a	181.06 ^a	78.80 ^c	56.32 ^{bc}	23.20	38.80	0.600
سیاه‌دانه Black seed	178.10 ^b	175.41 ^a	91.30 ^b	53.26 ^c	22.40	37.80	0.602
ال-کارنیتین L-carnitine	153.33 ^d	155.55 ^b	89.50 ^b	67.70 ^a	22.40	37.50	0.609
سیاه‌دانه + ال-کارنیتین Black seed + L-carnitine	160.66 ^c	157.47 ^b	94.40 ^{ab}	58.16 ^b	22.50	37.00	0.613
ویتامین E Vitamin E	160.95 ^c	154.54 ^b	98.30 ^a	52.52 ^c	22.40	37.10	0.620
میانگین خطای استاندارد Standard error of the mean	1.40	1.44	1.40	0.941	0.375	0.549	0.015
دمای محیطی × تیمارهای آزمایشی Ambient temperature × experimental treatment							

Continue the Table(8)							
تشن گرمایی × شاهد	205.39	181.97 ^a	74.80	59.39	24.80	39.20 ^{ab}	0.640 ^{abc}
Heat stress x control							
تشن گرمایی × سیاهدانه	177.20	175.97 ^{ab}	89.00	55.53	23.20	37.20 ^{abc}	0.640 ^{abc}
Heat stress x black seed							
تشن گرمایی × ال-کارنیتین	154.52	144.14 ^c	87.20	69.00	24.20	35.60 ^{bc}	0.696 ^a
Heat stress x L-carnitine							
تشن گرمایی × سیاهدانه + ال-کارنیتین	161.25	157.45 ^{cd}	91.40	59.82	23.60	35.60 ^{bc}	0.669 ^{ab}
Heat stress x black seed + L-carnitine							
تشن گرمایی × ویتامین E	164.11	157.90 ^{cd}	97.40	53.39	24.60	34.40 ^c	0.734 ^a
Heat stress x vitamin E							
شاهد × نرمال	198.45	180.15 ^a	82.80	53.25	21.60	38.40 ^{ab}	0.564 ^{cd}
Normal temperature x control							
شاهد × نرمال × سیاهدانه	178.99	174.85 ^{ab}	93.60	50.98	21.60	38.40 ^{ab}	0.566 ^{bcd}
Normal temperature x black seed							
شاهد × نرمال × ال-کارنیتین	152.15	166.95 ^{bc}	91.80	66.40	20.60	39.40 ^a	0.524 ^d
Normal temperature x L-carnitine							
شاهد × نرمال × سیاهدانه + ال-کارنیتین	160.07	157.50 ^{cd}	97.40	56.49	21.40	38.40 ^{ab}	0.559 ^{cd}
Normal temperature x black seed + L-carnitine							
شاهد × نرمال × ویتامین E	157.80	151.18 ^{de}	99.20	51.65	20.20	39.80 ^a	0.507 ^d
Normal temperature x vitamin E							
میانگین خطای استاندارد	1.99	2.04	1.99	1.33	0.531	0.777	0.022
Standard error of the mean							
سطح معنی داری							
P value							
دمای محیطی	0.0221	0.0475	0.0003	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Ambient temperature							
تیمارهای آزمایشی	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.4931	0.1620	0.8982
Experiment treatments							
دمای محیطی × تیمارهای آزمایشی	0.1759	<0.0001	0.6314	0.5114	0.0865	0.0033	0.0045
Ambient temperature x experimental treatments							

^{a,b,c} Means within same column with different superscripts differ ($P < 0.05$).
^{a,b,c} میانگین‌های هر ستون با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار هستند ($P < 0.05$).

(Beshara, & Rizk, 2022). با افزودن ال-کارنیتین، کلسترول تام از طریق کاهش استرهای کلسترول کاهش می‌یابد و همچنین می‌تواند با افزایش دفع استرول صفاوی یا تبدیل کلسترول به اسید صفاوی همراه باشد (Augustyniak, & Skrzydlewska, 2009). علاوه بر این، ال-کارنیتین فعالیت لیپاز را افزایش می‌دهد و در عوض، فعالیت لیپوپروتئین لیپاز را کاهش می‌دهد، که منجر به افزایش غلظت

مطابق با نتایج مطالعه حاضر، عزیزی چکوساری و همکاران، (Azizi-Chekosari et al., 2021) بی‌ان کردند که مصرف مکمل ال-کارنیتین منجر به کاهش سطح تری‌گلیسیرید و کلسترول و افزایش HDL در جوجه‌های گوشتی می‌شود. همچنین، یک مطالعه دیگر نشان داد که گروه مصرف‌کننده ال-کارنیتین سطح سرمی کلسترول و تری‌گلیسیرید کمتری در مقایسه با گروه شاهد داشتند

بالا، تأثیرات مثبتی بر عملکرد آن‌ها دارد. در شرایط تنش گرمایی، مصرف جیره حاوی سیاه‌دانه + ال-کارنیتین و ویتامین E بهبود قابل توجهی در مصرف خوراک و تولید توده تخم نسبت به گروه شاهد ایجاد کرد. همچنین، استفاده از سیاه‌دانه و ویتامین E بهبود قابل توجهی در ضریب تبدیل غذا به تخم داشت. این نتایج نشان می‌دهد که استفاده از سیاه‌دانه و ال-کارنیتین، به‌عنوان مکمل‌های غذایی، می‌تواند عملکرد تولید تخم و پاسخ به تنش گرمایی را در بلدرچین‌های تخم‌گذار ژاپنی بهبود بخشد و اثرات مضر تنش گرمایی را کاهش دهد. در شرایط تنش گرمایی و بازپروری بلدرچین تخم‌گذار ژاپنی، تغذیه با سیاه‌دانه، ال-کارنیتین و ویتامین E می‌تواند بهبودهایی در صفات لاشه ایجاد کند. همچنین، تغذیه با سیاه‌دانه، ال کارنیتین و ویتامین E می‌تواند بهبود قابل توجهی در پروفیل بیوشیمیایی و ایمنی خون بلدرچین‌های تخم‌گذار ایجاد کند. همچنین، دمای محیطی نیز می‌تواند تأثیرات قابل توجهی بر پروفیل لیپیدی و وضعیت ایمنی بلدرچین‌ها داشته باشد، به‌طوری که دماهای بالا می‌توانند به‌ویژه در ترکیب با تغذیه نامناسب، تغییرات مضر در فراسنجه‌های بیوشیمیایی (افزایش LDL و تری‌گلیسرید و همچنین کاهش HDL) و ایمنی خون (کاهش درصد لنفوسیت و افزایش درصد هتروفیل و نسبت لنفوسیت به هتروفیل) ایجاد کنند. این نتایج می‌تواند به پرورش‌دهندگان و تولیدکنندگان بلدرچین کمک کنند تا جیره غذایی مناسبی را برای مدیریت تنش گرمایی بلدرچین‌های تخم‌گذار ژاپنی انتخاب کنند و بازدهی عملکرد، خصوصیات لاشه و فراسنجه‌های چربی و ایمنی خون را بهبود بخشند.

اسیدهای چرب سرم با تسریع تجزیه تری‌گلیسرید به گلیسرول و اسیدهای چرب می‌شود (Gómez et al., 2006). همچنین، ارسلان و همکاران، (Arslan et al., 2004) گزارش کردند که ویتامین E باعث کاهش تری‌گلیسرید خون در جوجه‌ها می‌شود. همچنین، تنش گرمایی به‌طور قابل توجهی پارامترهای ایمنی بلدرچین ژاپنی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و ممکن است، نسبت بالای هتروفیل به لنفوسیت و تکثیر کم لنفوسیت در بلدرچین تحت تنش گرمایی ناشی از غلظت بالای کورتیکوسترون پلاسما در این گروه آزمایشی باشد (Shini et al., 2010). در مطالعات دیگر، تنش گرمایی باعث افزایش چشمگیر نسبت هتروفیل خون به لنفوسیت و کاهش مقادیر هماتوکریت می‌شود (Lara, & Rostagno, 2013). مایسون و همکاران (Mehaisen et al., 2019) گزارش کردند که تنش گرمایی باعث افزایش تری‌گلیسرید خون در بلدرچین تخم‌گذار ژاپنی می‌شود. علاوه‌براین، در مطالعه دیگری، تنش گرمایی در بلدرچین ژاپنی منجر به کاهش معنی‌دار HDL و افزایش معنی‌دار کلسترول، LDL و تری‌گلیسرید شد (Kalvandi et al., 2019). این تغییرات در پارامترهای خون را می‌توان به این دلیل توضیح داد که تنش گرمایی نیازهای انرژی و سطوح کورتیکوسترون را افزایش می‌دهد و منجر به سطوح بالاتر تری‌گلیسرید و اسیدهای چرب غیر استری شده در پلاسما می‌شود (Shini et al., 2010).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که استفاده از سیاه‌دانه و ال-کارنیتین در جیره غذایی بلدرچین تخم‌گذار ژاپنی تحت دمای نرمال و

References

1. Abd El-Hack, M. E., Mahgoub, S. A., Hussein, M. M., & Saadeldin, I. M. (2018). Improving growth performance and health status of meat-type quail by supplementing the diet with black cumin cold-pressed oil as a natural alternative for antibiotics. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 1157-1167. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-017-0514-0>.
2. Abdou, A., & Rashed, G. G. (2015). Effect of black seed (*Nigella sativa*) and garlic (*Allium sativum*) feed supplements on productive performance and some physiological and immunological responses of Japanese quail. *Egyptian Journal of Nutrition and Feeds*, 18(1), 129-141. <http://dx.doi.org/10.21608/ejnf.2015.104793>.
3. Abedi, P., Vakili, S. T., Mamouei, M., & Aghaei, A. (2017). Effect of different levels of dietary vitamin E on reproductive and productive performances in Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*). In *Veterinary Research Forum*, 8(4), 353-359.
4. Abou-Elkhair, R., Abdo Basha, H., Slouma Hamouda Abd El Naby, W., Ajarem, J. S., Maodaa, S. N., Allam, A. A., & Naiel, M. A. (2020). Effect of a diet supplemented with the *Moringa oleifera* seed powder on the performance, egg quality, and gene expression in Japanese laying quail under heat-stress. *Animals*, 10(5), 809. <http://dx.doi.org/10.3390/ani10050809>.
5. AbouEl-Soud, S. B. (2000). Studies on some biological and immunological aspects in Japanese quail fed diet containing some *Nigella sativa* seeds preparations. *Egyptian Poultry Science Journal*, 20, 757-776.
6. Ahmadi, K., Ebadzade, H. R., Hatami, F., Mohammadnia Afroozi, S. H., Eafandiaripour, E., & Abbas Taghani, R. (2021). *Agricultural Statistics Letter*, 8574431. 156. (In Persian).

7. Al-Beitawi, N. A., El-Ghousein, S. S., & Nofal, A. H. (2009). Replacing bacitracin methylene disalicylate by crushed *Nigella sativa* seeds in broiler rations and its effects on growth, blood constituents and immunity. *Livestock Science*, 125(2-3), 304-307. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2009.03.012>.
8. Alemi, M., Samadi, F., & Samadi, S., (2015). Effect of Artichoke (*Cynara scolymus* L.) leaf powder and vitamin E on performance and some blood parameters of meat type Japanese quail. *Animal Production*, 16(2), 147-155. <http://dx.doi.org/10.22059/jap.2014.52788>.
9. Al-Sagan, A. A., Khalil, S., Hussein, E. O., & Attia, Y. A. (2020). Effects of fennel seed powder supplementation on growth performance, carcass characteristics, meat quality, and economic efficiency of broilers under thermoneutral and chronic heat stress conditions. *Animals*, 10(2), 206. <http://dx.doi.org/10.3390/ani10020206>.
10. AOAC. (2000). Official Methods of Analysis. 17th ed. Arlington (VA): Association of official analytical chemists.
11. Arslan, C., Cital, M., & Saatci, M. (2004). Effects of L-carnitine administration on growth performance, carcass traits and some serum components of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Archiv für Geflügelkunde*, 68, 111-114.
12. Asghar, M. U., Doğan, S. C., Wilk, M., & Korczyński, M. (2022). Effect of dietary supplementation of black cumin seeds (*Nigella sativa*) on performance, carcass traits, and meat quality of Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*). *Animals*, 12(10), 1298. <http://dx.doi.org/10.3390/ani12101298>.
13. Attia, Y. A., Abd El-Hamid, A. E. H. E., Abedalla, A. A., Berika, M. A., Al-Harhi, M. A., Kucuk, O., Sahin, K., & Abou-Shehema, B. M. (2016). Laying performance, digestibility and plasma hormones in laying hens exposed to chronic heat stress as affected by betaine, vitamin C, and/or vitamin E supplementation. *SpringerPlus*, 5, 1-12. <http://dx.doi.org/10.1186/s40064-016-3304-0>.
14. Attia, Y. A., El, A. E. R. E. T., Zeweil, H. S., Hussein, A. S., Qota, E. S. M., & Arafat, M. A. (2008). The effect of supplementation of enzyme on laying and reproductive performance in Japanese quail hens fed *Nigella* seed meal. *The Journal of Poultry Science*, 45(2), 110-115. <http://dx.doi.org/10.2141/jpsa.45.110>.
15. Augustyniak, A., & Skrzydlewska, E. (2009). L-Carnitine in the lipid and protein protection against ethanol-induced oxidative stress. *Alcohol*, 43(3), 217-223. <http://dx.doi.org/10.1016/j.alcohol.2008.12.005>.
16. Aydin, R., Karaman, M., Cicek, T., & Yardibi, H. (2008). Black cumin (*Nigella sativa* L.) supplementation into the diet of the laying hen positively influences egg yield parameters, shell quality, and decreases egg cholesterol. *Poultry Science*, 87(12), 2590-2595. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2008-00097>.
17. Aziza, A. E., Abdelhamid, F. M., Risha, E. F., Elsayed, M. M., & Awadin, W. F. (2019). Influence of *Nigella sativa* and rosemary oils on growth performance, biochemical, antioxidant and immunological parameters, and pathological changes in Japanese quail challenged with *Escherichia coli*. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 28, 354-366. <http://dx.doi.org/10.22358/jafs/114239/2019>.
18. Azizi-Chekosari, M., Bouyeh, M., Seidavi, A., & Ventura, M. R. (2021). Effect of dietary supplementation with L-carnitine and fenofibrate on broiler chickens. *South African Journal of Animal Science*, 51(5), 587-603.
19. Badary, O. A., Abdel-Naim, A. B., Abdel-Wahab, M. H., & Hamada, F. M. (2000). The influence of thymoquinone on doxorubicin-induced hyperlipidemic nephropathy in rats. *Toxicology*, 143(3), 219-226. [http://dx.doi.org/10.1016/S0300-483X\(99\)00179-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0300-483X(99)00179-1).
20. Bartlett, J. R., & Smith, M. O. (2003). Effects of different levels of zinc on the performance and immunocompetence of broilers under heat stress. *Poultry Science*, 82(10), 1580-1588. <http://dx.doi.org/10.1093/ps/82.10.1580>.
21. Batool, F., Bilal, R. M., Hassan, F. U., Nasir, T. A., Rafeeqe, M., Elnesr, S. S., Farag, M. R., Mahgoub, H. A. M., Naiel, M. A. E., & Alagawany, M. (2023). An updated review on behavior of domestic quail with reference to the negative effect of heat stress. *Animal Biotechnology*, 34(2), 424-437. <http://dx.doi.org/10.1080/10495398.2021.1951281>.
22. Beshara, M. M., & Rizk, Y. S. (2022). Impact of supplementing L-carnitine on productive and reproductive performance of mamoura chicken during the inter season. *Egyptian Poultry Science Journal*, 42(2), 171-185. <http://dx.doi.org/10.21608/epsj.2022.249544>.

23. Benzie, I. F., & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), 70-76.
24. Bölükbaşı, Ş. C., Kaynar, Ö., Erhan, M. K., & Urupan, H. (2009). Effect of feeding *Nigella sativa* oil on laying hen performance, cholesterol and some proteins ratio of egg yolk and *Escherichia coli* count in feces. *Archiv für Geflügelkunde*, 73(3), 167-172.
25. Carrol, M. C., & Core, E. (2001). Carnitine. *Compendium: Continuing Education For the Practising Veterinarian-North American Edition*, 23, 45-52.
26. Ciftci, M., Şimşek, U. G., Azman, M. A., I Çerçi, I. H., & Tonbak, F. (2013). The effects of dietary rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) oil supplementation on performance, carcass traits and some blood parameters of Japanese quail under heat stressed condition. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 19(4). <http://dx.doi.org/10.9775/kvfd.2012.8474>.
27. Erişir, Z., Şimşek, Ü. G., Özçelik, M., Baykalır, Y., Mutlu, S. İ., & Çiftçi, M. (2018). Effects of dietary grape seed on performance and some metabolic assessments in Japanese quail with different plumage colors exposed to heat stress. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 47. <http://dx.doi.org/10.1590/rbz4720170172>.
28. Gómez, M. D., Urbina, J. A., López, F., & Rosales, F. H. (2006). L-carnitine-induced modulation of plasma fatty acids metabolism in hyperlipidemic rabbits. *Revista Electrónica de Biomedicina*, (1), 33-41.
29. Hai, L., Rong, D., & Zhang, Z. Y. (2000). The effect of thermal environment on the digestion of broilers. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 83(2), 57-64. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1439-0396.2000.00223.x>.
30. Hamza, R. M. B., AL-Jashami, S. M., & AL-Khafaji, F. R. (2016). Effect of adding different levels of L-carnitine to the diet in qualitative characteristics of the sacrifice of Japanese quail birds exposed to heat stress. *Kufa Journal for Agricultural Sciences*, 8(2).
31. Hassan, I. I., Askar, A. A., & El-Shourbagy, G. A. (2004). Influence of some medicinal plant on performance, physiological and meat quality traits of broiler chicks. *Egyptian Poultry Science*, 24, 247-266.
32. Hidiroglou, N., Gilani, G. S., Long, L., Zhao, X., Madere, R., Cockell, K., Belonge, B., Ratnayake, W. M. N., & Peace, R. (2004). The influence of dietary vitamin E, fat, and methionine on blood cholesterol profile, homocysteine levels, and oxidizability of low density lipoprotein in the gerbil. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 15(12), 730-740. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jnutbio.2004.04.009>.
33. Jaradat, N. (2016). Quantitative estimations for the volatile oil by using hydrodistillation and microwave accelerated distillation methods from *Ruta graveolens* L. And *Ruta chalepensis* L. leaves from Jerusalem area/Palestine. *Moroccan Journal of Chemistry*, 4, 1-6.
34. Kalvandi, O., Sadeghi, A., & Karimi, A. (2019). Methionine supplementation improves reproductive performance, antioxidant status, immunity and maternal antibody transmission in breeder Japanese quail under heat stress conditions. *Archives Animal Breeding*, 62(1), 275-286.
35. Kumar, P., & Patra, A. K. (2017). Beneficial uses of black cumin (*Nigella sativa* L.) seeds as a feed additive in poultry nutrition. *World's Poultry Science Journal*, 73(4), 872-885. <http://dx.doi.org/10.1017/S0043933917000848>.
36. Lara, L. J., & Rostagno, M. H. (2013). Impact of heat stress on poultry production. *Animals*, 3(2), 356-369. <http://dx.doi.org/10.3390/ani3020356>.
37. Leeson, S., & Summers, J. D. (2008). *Commercial Poultry Nutrition*. Fourth ed., Nottingham University Press, UK, pp. 413.
38. Lukanov, H. (2019). Domestic quail (*Coturnix japonica domestica*), is there such farm animal. *World's Poultry Science Journal*, 75(4), 547-558. <http://doi.org/10.1017/S0043933919000631>.
39. Mahmood, S., Hassan, M. M., Alam, M., & Ahmad, F. (2009). Comparative efficacy of *Nigella sativa* and *Allium sativum* as growth promoters in broilers. *International Journal of Agriculture and Biology*, 11(6), 775-778.
40. Mehaisen, G. M., Desoky, A. A., Sakr, O. G., Sallam, W., & Abass, A. O. (2019). Propolis alleviates the negative effects of heat stress on egg production, egg quality, physiological and immunological aspects of laying Japanese quail. *Plos One*, 14(4), e0214839. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0214839>.
41. Mehaisen, G. M., Ibrahim, R. M., Desoky, A. A., Safaa, H. M., El-Sayed, O. A., & Abass, A. O.

- (2017). The importance of propolis in alleviating the negative physiological effects of heat stress in quail chicks. *Plos One*, 12(10), e0186907. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0186907>.
42. Meydani, S. N., & Blumberg, J. B. (1993). Vitamin E supplementation and enhancement of immune responses in the elderly. In "micronutrients in health and disease prevention". *Marcel Dekker Inc. New York*. p. 289, 306.
 43. Mousapour, T., & Salarmoini, M. (2014). Effect of using different levels of *Nigella sativa* meal on the growth performance and meat quality of Japanese quails. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 6(1), 17-24. <http://dx.doi.org/10.22067/ijasr.v6i1.23655>. (In Persian).
 44. Sarica, S., Corduk, M., & Kilinc, K. (2005). The Effect of dietary L-carnitine supplementation on growth performance, carcass traits, and composition of edible meat in Japanese quail (COTURNIX COTURNIX JAPONICA). *Journal of Applied Poultry Research*, 14, 709-715.
 45. Saeid, J. M., Mohamed, A. B., & Al- Baddy, M. A. (2013). Effect of adding garlic powder (*Allium sativum*) and black seed (*Nigella sativa*) in feed on broiler growth performance and intestinal wall structure. *Journal of Natural Sciences Research*, 3(1), 35-41.
 46. Sahin, K., & Kucuk, O. (2001). Effects of vitamin E and selenium on performance, digestibility of nutrients, and carcass characteristics of Japanese quails reared under heat stress (34 C). *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 85(11-12), 342-348. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1439-0396.2001.00340.x>.
 47. Sahin, K., Kucuk, O., Sahin, N., & Gursu, M. F. (2002). Optimal dietary concentration of vitamin E for alleviating the effect of heat stress on performance, thyroid status, acth and some serum metabolite and mineral concentrations in broilers. *Veterinarni Medicina-Praha*-, 47(4), 110-116.
 48. Salam, S., Sunarti, D., & Isroli, I. (2013). Physiological responses of blood and immune organs of broiler chicken fed dietary black cumin powder (*Nigella sativa*) during dry seasons. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 38(3), 185-191. <http://dx.doi.org/10.14710/jitaa.38.3.185-191>.
 49. SAS, 2005. SAS/Stat®User's Guide: Statistics Ver. 6.04, 4 ed. SAS Institute Inc., Cary, NC., U.S.A.
 50. Seidavi, A. R., Laudadio, V., Khazaei, R., Puvača, N., Selvaggi, M., & Tufarelli, V. (2020). Feeding of black cumin (*Nigella sativa* L.) and its effects on poultry production and health. *World's Poultry Science Journal*, 76(2), 346-357. <http://dx.doi.org/10.1080/00439339.2020.1750328>.
 51. Shahmoradi, A., Ghazanfari, S., & Sharifi, S.D. (2023). Effects of L-carnitine and emulsifier in low energy diets on growth performance, nutrient digestibility, blood biochemical parameters and meat oxidative stability of broiler chickens. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 14(4), 531-547. <http://dx.doi.org/10.22067/ijasr.2022.77845.1090>. (In Persian).
 52. Shini, S., Huff, G. R., Shini, A., & Kaiser, P. (2010). Understanding stress-induced immunosuppression: Exploration of cytokine and chemokine gene profiles in chicken peripheral leukocytes. *Poultry Science*, 89(4), 841-851. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2009-00483>.
 53. Swain, B. K., Johri, T. S., & Majumdar, S. (2000). Effect of supplementation of vitamin E, selenium and their different combinations on the performance and immune response of broilers. *British Poultry Science*, 41(3), 287-292. <http://dx.doi.org/10.1080/713654938>.
 54. Toghyani, M., Toghyani, M., Gheisari, A., Ghalamkari, G., & Mohammadrezaei, M. (2010). Growth performance, serum biochemistry and blood hematology of broiler chicks fed different levels of black seed (*Nigella sativa*) and peppermint (*Mentha piperita*). *Livestock Science*, 129(1-3), 173-178. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2010.01.021>.
 55. Torreele, E. L. S., Van Der Sluiszen, A., & Verreth, J. (1993). The effect of dietary L-carnitine on the growth performance in fingerlings of the African catfish (*Clarias gariepinus*) in relation to dietary lipid. *British Journal of Nutrition*, 69(1), 289-299. <http://dx.doi.org/10.1079/BJN19930030>.
 56. Tunsaringkarn, T., Tungjaroenchai, W., & Siri Wong, W. (2013). Nutrient benefits of quail (*Coturnix coturnix japonica*) eggs. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 3(5), 1-8.
 57. Vercese, F., Garcia, E. A., Sartori, J. R., Silva, A. D. P., Faitarone, A. B. G., Berto, D. A., Molino, A. de B., & Pelícia, K. (2012). Performance and egg quality of Japanese quails submitted to cyclic heat stress. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 14, 37-41. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-635X2012000100007>.
 58. Zadeh Adamnejad, H., Ghiasi Ghalekandi, J., & Ebrahimnejad, Y. (2015). Effect of different levels of selenium and vitamin E on blood biochemical parameters in the Japanese quail. *Veterinary Clinical Pathology the Quarterly Scientific Journal*, 9(35), 243-252. (In Persian).



Research Article

Vol. 16, No.1, 2024, p. 125-139

The Effect of Holstein Sire Predicted Transmitting Ability on the Performance of Their Daughters in Isfahan Herds

Rabie Rahbar^{1*}, Rohullah Abdollahpour², Ali Sadeghi-Sefidmazgi³

1- Assistance professor, Department of Agriculture, Payame Noor University (PNU), Tehran, Iran.

2- Assistance professor, Department of Animal Science, Islamic Azad University, Qaemshahr Branch, Mazandaran, Iran.

3- Associate Professor, Department of Animal Science, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

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

How to cite this article:

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

Rahbar, R., Abdollahpour, R., & Sadeghi-Sefidmazgi, A. (2023). The effect of Holstein sire predicted transmitting ability on the performance of their daughters in Isfahan herds. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 16(1), 125-139. (In Persian with English abstract).
<https://doi.org/10.22067/ijasr.2023.82164.1139>

Introduction: one of the most important and practical tools in increasing the production and profit of dairy cattle herds is to determine the exact aims of breeding, suitable genetic selection and breeding of premium cows. Based on animal breeding, breeders should make sure that the difference in the genetic merit of one or several traits leads to the difference in the phenotypic performance of the animal. Therefore, they want to reliably identify and select superior sires within and between breeds. Considering the importance of bulls in dairy herds and the use of their semen on a very wide level, this study aims to compare the information of genetic-economic indicators and productive, reproductive and health traits in the semen catalog of bulls with the actual performance of their daughters in Isfahan herds.

Materials and Methods: In this research, the information of 16 Holstein dairy herds located in Isfahan province during the years 2002 to 2017, was used. The number of productive livestock in the target herds was between 1000 and 5000 heads. Finally, 18,559 cows from the first to the fifth period of lactation, obtained from artificial insemination, which had known sires, were used. The genetic evaluation information of each sire that was used includes predicted transmitting ability (PTA), genetic-economic indicators: lifetime net merit (LNM\$) and lifetime fluid merit (LFM\$), production traits: milk, fat, protein, reproductive traits: sire conception rate (SCR), daughter pregnancy rate (DPR), daughter calving ease (DCE), daughter stillbirth (DSB) and health traits: production life (PL), somatic cell score (SCS), resistance to mastitis disease (Mas), metritis (Met) and retained placenta (RP) was based on the official evaluation of August 2019 by the USA council on dairy cattle breeding. Mixed and generalized linear models were used to assess the relationship between sire's PTA and daughters' record. Sire's PTA were milk, fat, protein, daughter pregnancy rate, production life, somatic cell score, daughter calving ease, daughter stillbirth and lifetime net merit and lifetime fluid merit indices. Daughter records were milk-305, fat-305 and protein-305, open days, calving interval, age of first calving, number of productive days, calf birth weight, somatic cell score, number



©2023 The author(s). This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

<https://doi.org/10.22067/ijasr.2023.82164.1139>

of inseminations per pregnancy, history of dystocia, stillbirth, metritis, retained placenta and mastitis traits. In this study, the analysis of data was done using R software and lme4 and lmerTest software packages.

Results and Discussion: Based on the results, PTA milk and SCR of most of the bulls used in herds were average, while they were lower values for LNM\$ and LFM\$ indices and PTA, Fat, Pro and PL traits and higher values for SCS and DSB traits. Correlation between indices and PTA of different traits of sires showed that the highest correlation was between LNM\$ and LFM\$ indices and the lowest was between SCR and DSB, Milk and SCR and RP and SCR traits. The correlation between sires' PTA and their daughters' performance in productive, reproductive and health traits showed that the correlation level was in the range between -0.19 and 0.16. Also, the regression coefficients of productive, reproductive and health traits of daughters were estimated based on the PTA of their sires in the studied herds, which ranged from -32.273 (between the PTA of daughter calving ease and milk-305) and 3.679 (between PTA fat and milk-305). The estimation of the odds ratio of some traits from sires' PTA on the daughters' health and reproductive (classifiable) traits showed that values were close to one for mastitis resistance, daughters' pregnancy rate and production life traits from sires' PTA which indicates the low effects of sires' PTA on their daughters' performance. However, the estimation of the odds ratio of PTA sires, related to metritis disease resistance, somatic cell score, resistance to retained placental and daughters calving ease traits had inverse relationship with the metritis and retained placental diseases (0.85, 0.67 and 0.74) and direct relationship with dystocia (1.23), respectively. The transmitting ability of sires is predicted based on the performance of their daughters in dairy cattle breeding farms, the data of those farms were available to the semen production company, the difference between conditions such as climate and breeding management of the mentioned herds and the herds of this study, can be affected the interaction of genotype and environment.

Conclusion: In this study, the correlation coefficients between random variables of sires' PTA for productive traits (milk, fat and protein) with their daughters' performance were calculated to be higher compared to reproductive and health traits. Also, the rate of OR of resistance to metritis and RP diseases, SCS and DCE, showed the effects of sires' PTA on the performance of their daughters. Therefore, according to the results, it is possible to take more advantage from sires predicted transmitting ability for milk, fat, protein, DPR and SCS in proper selection of semen and improving the phenotypic performance of daughters. While available information in genetic evaluations of other traits were less reliable, probably due to low heritability or high genetic by environment interactions.

Keywords: Semen, Genetic merit, Dairy cow, Daughters' performance

تأثیر قابلیت انتقال پیش‌بینی شده نرهای هلشتاین روی عملکرد دختران‌شان در گله‌های استان اصفهان

ربیع رهبر^{۱*}، روح‌اله عبدالله‌پور^۲، علی صادقی سفیدمزیگی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۱۶

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۸/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۲۱

چکیده

هدف از این مطالعه، مقایسه اطلاعات شاخص‌های ژنتیکی - اقتصادی و صفات تولیدی، تولیدمثلی و سلامت در کاتالوگ اسپرم گاوهای نر با عملکرد واقعی دختران آن‌ها در جمعیت گاوهای هلشتاین استان اصفهان بود. برای این منظور از اطلاعات ۱۸۵۵۹ گاو ماده مولد در نوبت زایش‌های اول تا پنجم که طی سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۶ از سطح ۱۶ گاوداری صنعتی جمع‌آوری شده بود، استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از مدل‌های مختلط و خطی تعمیم یافته بسته آماری lme4 و lmerTest نرم‌افزار R انجام شد. نتایج نشان داد، شدیدترین میزان همبستگی بین شاخص‌های LNM\$ و LFM\$ (۰/۹۶) و ضعیف‌ترین آن بین صفات SCR با Milk، DSB با SCR و RP با SCR (دامنه بین ۰ تا ۰/۰۱-) بود. میزان همبستگی PTA پدران و عملکرد دختران آن‌ها در صفات تولیدی، تولیدمثلی و سلامت در دامنه بین ۰/۱۹- تا ۰/۱۶ بود. ضرایب تابعیت صفات تولیدی، تولیدمثلی و مرتبط با سلامت دختران براساس PTA پدران آن‌ها در گله‌های مورد مطالعه در دامنه ۳۲/۲۷۳- (بین PTA آسان‌زایی دختری و شیر تصحیح ۳۰۵ روز) و ۳/۶۷۹ (بین PTA چربی و شیر تصحیح ۳۰۵ روز) قرار داشت. همچنین میزان تخمین نسبت شانس صفات مقاومت به بیماری‌های متريت و جفت‌ماندگی، نمره سلول‌های بدنی و آسان‌زایی دختران، بیانگر اثرات PTA پدران روی عملکرد دختران‌شان بود. با توجه به نتایج حاصل، می‌توان از اطلاعات موجود در ارزیابی‌های ژنتیکی برای صفات شیر، چربی، پروتئین، نرخ آبستنی دختران و نمره سلول‌های سوماتیک در انتخاب مناسب اسپرم و بهبود عملکرد فنوتیپی دختران بیشتر بهره برد.

واژه‌های کلیدی: اسپرم، شایستگی ژنتیکی، گاو شیری، عملکرد دختران.

مقدمه

یکی از ابزارهای مهم و کاربردی در افزایش تولید و سودآوری گله‌های گاو شیری، تعیین اهداف دقیق اصلاح نژادی، انتخاب ژنتیکی مناسب و پرورش گاوهای ممتاز است (Chang et al., 2007). با

توجه به اهمیت گاوهای نر در گله‌های گاو شیری و استفاده از اسپرم آن‌ها در سطح بسیار وسیع، تهیه چکیده اطلاعات یا کاتالوگ‌های گاوهای نر انجام شده است. چکیده اطلاعات، در برگیرنده اطلاعات ژنتیکی گاوهای نر برای صفات مختلفی است که توسط یک نژاد خاص منتشر می‌شوند. از جمله اطلاعات شناخته شده شامل شاخص‌های ژنتیکی - اقتصادی (شاخص شایستگی خالص تولید شیر، شاخص شایستگی خالص طول عمر)، صفات تولیدی (شیر، چربی، پروتئین)، صفات مرتبط با سلامت و تولیدمثل دام (طول عمر تولیدی، امتیاز سلول‌های سوماتیک، آسان‌زایی) و صفات تیپ (امتیاز نهایی، صفات خطی و ترکیبی تیپ) می‌باشد (Cranford and Pearson, 2001). اما سوال مهم این است که تا چه اندازه می‌توان به صحت

۱- استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۲- استادیار گروه علوم دامی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قائم شهر، مازندران، ایران

۳- دانشیار گروه علوم دامی، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران،

کرج ایران

(Email: rahbarrabie@pnu.ac.ir)

(*) نویسنده مسئول:

<https://doi.org/10.22067/ijasr.2023.82164.1139>

مواد و روش‌ها

ساختار داده‌ها

در این تحقیق، از اطلاعات ۱۶ گله صنعتی پرورش گاو شیری هلشتاین واقع در استان اصفهان، طی سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۶ استفاده شد. این گله‌ها به دلیل ثبت دقیق اطلاعات تولیدی، تولیدمثلی، زایش، حذف و سوابق بیماری دام‌ها انتخاب شدند. تعداد دام مولد گله‌های مورد نظر بین ۱۰۰۰ تا ۵۰۰۰ راس بود. نهایتاً از ۱۸۵۵۹ راس گاو مربوط به دوره اول تا پنجم شیردهی، حاصل از تلقیح مصنوعی که دارای پدر مشخص بودند، استفاده شد. این گاو‌ها متعلق به ۷۰۴ راس پدر بودند که متوسط تعداد دختران هر پدر ۱۴۰/۰۹ راس با حداکثر تعداد ۱۲۷۳ و حداقل یک دختر بود. با استفاده از شماره ریجستر هر پدر، اطلاعات موردنیاز آن از پایگاه داده-ای سایت DairyBulls.com استخراج شد (www.DairyBulls.com). اطلاعات ارزیابی ژنتیکی هر پدر که مورد استفاده قرار گرفت شامل قابلیت انتقال پیش‌بینی شده (PTA^۱) شاخص‌های ژنتیکی-اقتصادی: شایستگی خالص طول عمر (LNMS) و شایستگی خالص تولید شیر (LFMS)، صفات تولیدی: شیر (Milk)، چربی (Fat)، پروتئین (Pro)، صفات تولیدمثلی: نرخ گیرایی پدر (SCR)، نرخ آبستنی دختران (DPR)، آسان‌زایی دختر (DCE)، مرده‌زایی دختر (DSB) و صفات سلامت: طول عمر تولیدی گاو (PL)، نمره سلول‌های بدنی شیر (SCS)، مقاومت به بیماری ورم پستان (Mas)، متریت (Met) و جفت‌ماندگی (RP) بر پایه ارزیابی رسمی آگوست ۲۰۱۹ شورای اصلاح نژاد گاو شیری آمریکا (USDCDB^۲) بود.

محاسبه و تعریف برخی صفات در گله

برای محاسبه نمره سلول‌های بدنی (SCS) از تبدیل لگاریتمی بر مبنای ۲ تعداد سلول‌های بدنی (SCC) و فرمول $SCS = \log_2 \left(\frac{SCC}{100000} \right) + 3$ (Ali and Shook, 1980) استفاده شد. صفت طول عمر تولیدی به صورت تعداد ماه‌های بین زمان اولین زایش تا زمان حذف گاو از گله تعریف شد (Effa et al., 2013). همچنین صفات مرتبط با بیماری‌ها شامل صفت ورم پستان بالینی به صورت تغییرات غیرطبیعی در پستان و شیر مانند ظاهر آبکی و لخته شدن، صفت متریت به صورت وجود ترشحات رحمی متعفن، آبکی با رنگ قرمز مایل به قهوه‌ای و صفت جفت‌ماندگی به صورت

اطلاعات کاتالوگ‌ها اعتماد داشت و براساس آن‌ها برای این صفات نسبت به انتخاب اسپرم موردنظر اقدام نمود. از منظر اصلاح نژاد دام، پرورش‌دهندگان باید اطمینان پیدا کنند که تفاوت در شایستگی ژنتیکی یک صفت و یا چند صفت منجر به تفاوت در عملکرد فنوتیپی حیوان می‌شود. تعدادی از مطالعات با تجزیه و تحلیل حجم بالایی از داده‌ها در سطح ملی ثابت کرده‌اند که گاوهای با برتری شایستگی ژنتیکی در یک صفت نسبت به گاوهای با ژنتیک پایین‌تر در همان صفت، عملکرد بهتری دارند (Craig et al., 2018; Dunne et al., 2019). پژوهش‌های در مقیاس کوچک‌تر نیز نتایج حاصل از مطالعات در سطح وسیع را تأیید می‌کنند، به طوری که گاوهای با ارزش ژنتیکی بالاتر در یک هدف کلی اصلاح نژاد عملکرد بهتری در مقایسه با هم‌تایان خود با ارزش ژنتیکی پایین‌تر دارند (Coleman et al., 2009; O'Sullivan et al., 2019). بنابراین، پرورش‌دهندگان گاو شیری می‌خواهند با اطمینان، پدران برتر را در داخل و بین نژادها شناسایی و انتخاب کنند (Lopez-Villalobos et al., 2020). تعدادی تحقیقات در زمینه تفاوت در عملکرد فنوتیپی گاوهای شیری در نتیجه تفاوت در ارزش ژنتیکی آن‌ها انجام شده است. گروهی از محققین در سال ۲۰۱۲ با بررسی ۱۱۳۱ گله شیری نژاد هلشتاین ایرلندی دریافتند، گاوهایی که برتری شایستگی ژنتیکی در اهداف اصلاح نژادی دارند، سودآورتر از گاوهای با شایستگی ژنتیکی کمتر هستند (Ramsbottom et al., 2012). بهلولی و همکاران (Bohloul et al., 2013) با مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط بر تولید شیر و اجزای آن در گاوهای هلشتاین ایران با استفاده از مدل تابعیت تصادفی نشان دادند که عملکرد دختران گاوهای نر برای صفات تولیدی در محیط‌های مختلف مورد بررسی، متفاوت است. گروه دیگری از محققین در سال ۲۰۱۷ با بررسی تعدادی از گله‌های گاو شیری در استرالیا جنوبی که طبقه‌بندی گاو‌ها براساس شاخص ملی اصلاح نژاد انجام شده بود، دریافتند که گاوهای با شاخص بالاتر از سودآوری بیشتری نسبت به گاوهای با شاخص پایین‌تر برخوردار هستند (Newton et al., 2017). همچنین، در سال ۲۰۲۰ پژوهشگران دریافتند که انتخاب گاوهای نر با PTA بالا برای صفت نرخ آبستنی دختران، در افزایش بازده تولیدمثلی گله‌های گاو شیری کانادا مؤثر است (Gobikrushanth et al., 2020). باتوجه به اهمیت گاوهای نر در گله‌های گاو شیری و استفاده از اسپرم آن‌ها در سطح بسیار وسیع، این مطالعه با هدف مقایسه اطلاعات شاخص‌های ژنتیکی-اقتصادی و صفات تولیدی، تولیدمثلی و سلامت در کاتالوگ اسپرم گاوهای نر (عملکرد مورد انتظار) با عملکرد واقعی دختران آن‌ها در جمعیت گاوهای هلشتاین استان اصفهان انجام شد. برای این منظور، فرضیه نادرستی مقدار قابلیت انتقال پیش‌بینی شده پدران در صفات مهم اقتصادی به دلیل وجود اثرات متقابل ژنتیک و محیط برای انتخاب اسپرم در مزارع مطالعه شده، مورد آزمون قرار گرفت.

1- Predicted Transmitting Ability

2- USA Council on Dairy Cattle Breeding (www.uscdcb.com)

تعریف شدند، همچنین تعداد تلقیح نیز در دو گروه کمتر از سه یا بیشتر از سه تلقیح دسته‌بندی شدند. میزان ارتباط متغیرهای مستقل بر فنوتیپ‌های دو جمله‌ای به صورت نسبت شانس (OR) با فاصله اطمینان ۹۵ درصد بیان شد. در جدول ۱ اثرات موجود در مدل نهایی برای هر فنوتیپ آمده است.

نتایج

آمار توصیفی صفات تولیدی، تولیدمثلی و سلامت براساس PTA پدران و عملکرد دختران آن‌ها در گله‌های مورد مطالعه به ترتیب در جداول ۲ و ۳ نشان داده شده است.

شکل ۱، توزیع فراوانی دختران گاوهای نر را براساس دامنه‌های چارکی مقادیر شاخص‌ها و PTA صفات مختلف پدران در سه دوره پنج ساله (با معیار فاصله نسلی در گاو شیری) نشان می‌دهد. براساس نتایج حاصل، مقدار PTA شیر و SCR اکثر گاوهای نر مورد استفاده در گله‌ها در حد متوسط بوده است، درحالی که اکثر گاوهای نر مورد استفاده در گله‌های مورد مطالعه، از ارزش‌های پایین شاخص‌های LNM\$ و LFM\$ و PTA صفات Pro، Fat و PL برخوردار بوده و برای صفات SCS و DSB از ارزش‌های بالاتری برخوردار بودند. با در نظر گرفتن توزیع PTA صفات در دوره پنج ساله آخر، اغلب نرهای مورد استفاده در مورد صفات شیر و PL دارای ارزش‌های بالاتر، در مورد شاخص‌های LNM\$ و LFM\$ و صفات چربی و پروتئین شیر و SCR دارای ارزش‌های متوسط و در مورد صفات DCE، DSB، Mas، Met و RP دارای ارزش‌های پایین تر بودند.

نقشه حرارتی ماتریس همبستگی بین مقادیر شاخص‌ها و PTA صفات مختلف پدران در شکل ۲ نشان داده شده است. براساس این نقشه، بیشترین میزان همبستگی بین شاخص‌های LNM\$ و LFM\$ و کمترین آن بین صفات SCR با Milk، DSB، SCR با RP و SCR با SCR بود.

همچنین نقشه حرارتی ماتریس همبستگی PTA پدران و عملکرد دختران آن‌ها در صفات تولیدی، تولیدمثلی و سلامت در شکل ۳ نشان داده شده است.

برآورد ضرایب تابعیت صفات تولیدی، تولیدمثلی و مرتبط با سلامت دختران براساس PTA پدران آن‌ها در گله‌های مورد مطالعه در جدول ۴ ارائه شده است ($P < 0.05$).

همچنین تخمین نسبت شانس برخی صفات از PTA پدران بر صفات (قابل طبقه‌بندی) سلامت و تولیدمثلی دختران آن‌ها در جدول ۵ نشان داده شده است. مقادیر نسبت شانس در دامنه اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار بود. برای صفات مقاومت به ورم پستان، نرخ آبستنی دختران و طول عمر تولیدی از PTA پدران، مقادیر حاصل نزدیک به یک بود که بیانگر اثرات کم PTA پدران روی عملکرد دختران‌شان می‌باشد. اما میزان تخمین نسبت شانس PTA پدران، مربوط به

دمای رکتوم بیش از ۳۹ درجه سانتی‌گراد و عدم رهاسازی غشاهای جنین در مدت ۲۴ ساعت پس از زایمان تعریف شدند (Rodrigo et al., 2014). صفت سخت‌زایی که به عنوان تاخیر یا سختی در زایش تعریف می‌شود، براساس درجه سختی و نیاز به کمک به پنج نمره طبقه‌بندی شد: ۱- زایش بدون کمک ۲- زایش با کمک یک نفر ۳- زایش با کمک دو نفر و یا بیشتر ۴- زایش با کمک ابزار مکانیکی و ۵- زایش با عمل جراحی (Lombard et al., 2007).

تجزیه آماری

در این مطالعه، تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار R انجام شد (R Core Team, 2019). برای ارزیابی رابطه بین PTA پدر برای صفات شیر، چربی، پروتئین، نرخ آبستنی دختران، طول عمر تولیدی، نمره سلول‌های بدنی، آسان‌زایی دختر، مرده‌زایی دختر و شاخص‌های شایستگی خالص طول عمر و شایستگی خالص تولید شیر با عملکرد فنوتیپی دختران در صفات پیوسته شیر، چربی و پروتئین ۳۰۵ روز، تعداد روزهای باز، فاصله گوساله‌زایی، سن اولین زایش، تعداد روزهای تولیدی، وزن تولد گوساله، نمره سلول‌های بدنی و صفات آستانه‌ای تعداد تلقیحات به‌زای آبستنی، سابقه سخت‌زایی، مرده‌زایی، متریت، جفت‌ماندگی و ورم پستان، از مدل‌های مختلط و خطی تعمیم یافته بسته نرم‌افزاری lme4 و lmerTest استفاده شد (Bates et al., 2015). با توجه به همبستگی بالای بین شاخص‌های شایستگی خالص طول عمر و شایستگی خالص تولید شیر با PTA صفات، مدل‌های جداگانه‌ای برای ارزیابی رابطه بین این دو شاخص با عملکرد دختران در نظر گرفته شد. همچنین برای بررسی اثر PTA صفات شیر، چربی و پروتئین روی احتمال بروز پدیده‌ها و بیماری‌های مرتبط با زایش (سخت‌زایی، مرده‌زایی، جفت‌ماندگی، متریت و ورم پستان) از مدل‌های رگرسیون لجستیک چندمتغیره استفاده شد. در تمامی مدل‌های آماری علاوه بر اثر PTA‌های پدری، اثر سن زایش، شکم زایش، سخت‌زایی، دوقلو زایی، مرده‌زایی به عنوان اثرات ثابت و اثر گله - سال - فصل و اثر گاو به عنوان اثرات تصادفی در نظر گرفته شد. پس از آن برای رسیدن به مدل نهایی جهت برآورد آماره‌های مرتبط، انتخاب متغیرهای مستقل به روش برگشتی^۱ صورت گرفت. برای بیان میزان تغییرات فنوتیپ گاوها در اثر PTA پدری برای صفت مورد نظر از ضریب رگرسیون استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل فنوتیپ‌های کیفی از مدل خطی مختلط رگرسیون لجستیک با فرض توزیع دوجمله‌ای استفاده شد، برای این منظور، فنوتیپ‌های چندجمله‌ای نیز به صورت دوجمله‌ای بازتعریف شدند، به طوری که نمرات سخت‌زایی در دو گروه نمره یک و دو یا نمره بالاتر از دو

شاخص‌های LNM\$ و LFM\$ پدران‌شان در جدول ۶ آورده شده- است. براساس ضرایب حاصل، این شاخص‌ها اثرات کم و مشابه‌ای را روی عملکرد اکثر صفات دختران دارند. اما برای صفت مقدار شیر تصحیح ۳۰۵ روز، میزان تأثیر شاخص LFM\$ بیشتر از شاخص LNM\$ بوده‌است.

صفات مقاومت به بیماری متریت، نمره سلول‌های بدنی، مقاومت به جفت‌ماندگی و آسان‌زایی دختران به‌ترتیب با میزان وقوع بیماری‌های متریت و جفت‌ماندگی رابطه عکس (۰/۸۵، ۰/۶۷ و ۰/۷۴) و با میزان بروز سخت‌زایی رابطه مستقیم (۱/۲۳) داشتند. برآورد جداگانه ضرایب تابعیت عملکرد دختران براساس مقادیر

جدول ۱- اثرات ثابت موجود در مدل نهایی برای هر فنوتیپ

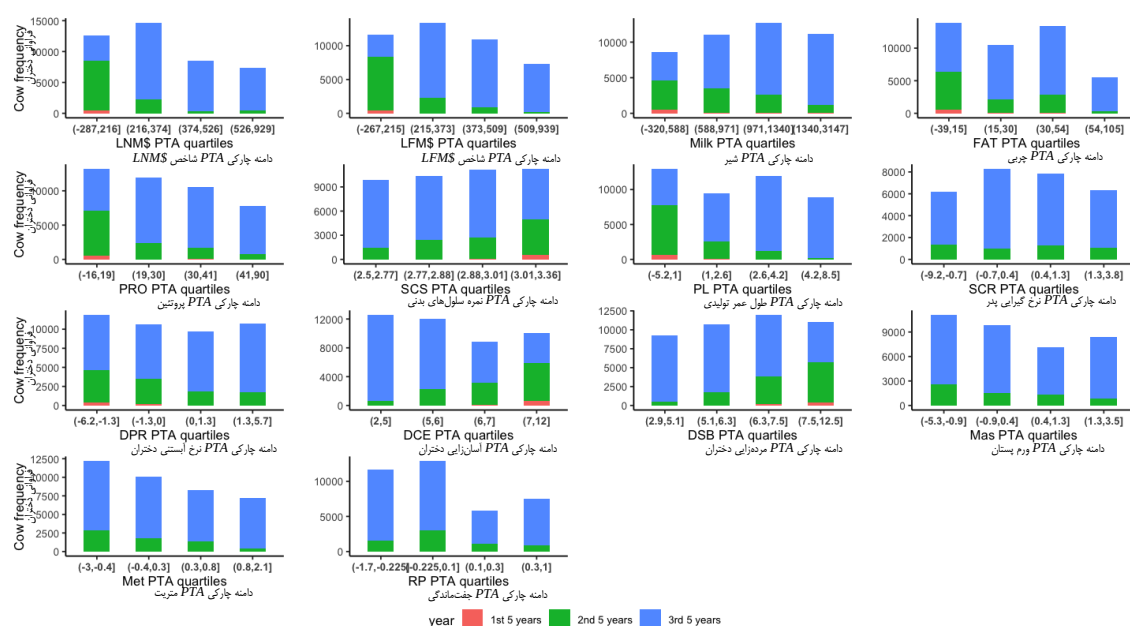
Table 1- Fixed effects included in the final model for each phenotype

Phenotype	متغیرهای توصیفی در مدل نهایی به‌عنوان اثرات ثابت Random variables in final model as fixed effects
شیر ۳۰۵ روز	PTAها (شیر، چربی و پروتئین شیر و آسان‌زایی دختران)، سن زایش، شکم زایش، دوقلو زایی، مرده‌زایی
Milk305	PTAs (milk, fat, protein and dce), calving age, parity, twinning, stillbirth
چربی ۳۰۵ روز	PTAها (چربی و پروتئین شیر، طول عمر و شمارش سلول‌های سوماتیک شیر)، شکم زایش، دوقلو زایی، مرده‌زایی
Fat305	PTAs (fat, protein, pl and scc), parity, twinning, stillbirth
پروتئین ۳۰۵ روز	PTAها (چربی و پروتئین شیر و آسان‌زایی دختران)، سن زایش، شکم زایش، دوقلو زایی، مرده‌زایی
Protein305	PTAs (fat, protein and dce), calving age, parity, twinning, stillbirth
روزهای باز	PTAها (طول عمر، آسان‌زایی دختران و نرخ آبستنی دختران)، سن زایش، شکم زایش، دوقلو زایی، مرده‌زایی، سخت‌زایی
Open days	PTAs (pl, dce and dpr), calving age, parity, twinning, stillbirth, dystocia
فاصله گوساله‌زایی	PTAها (شیر، طول عمر، آسان‌زایی دختران و نرخ آبستنی دختران)، شکم زایش، دوقلو زایی، مرده‌زایی
Calving interval	PTAs (milk, pl, dce and dpr), parity, twinning, stillbirth
سن نخستین زایش	PTAها (شیر، چربی، پروتئین شیر، طول عمر، آسان‌زایی دختران و نرخ آبستنی دختران)
Age of first calving	PTAs (milk, fat, protein, pl, dce and dpr)
طول عمر تولیدی	PTAها (چربی شیر)، سن نخستین زایش، جفت‌ماندگی، سخت‌زایی
Productive life	PTAs (fat), afc, retained placenta, dystocia
وزن تولد گوساله	PTAها (چربی و پروتئین شیر، آسان‌زایی دختران، نرخ آبستنی دختران، شمارش سلول‌های سوماتیک شیر و مرده‌زایی دختران)، شکم زایش، طول آبستنی، سن زایش، دوقلو زایی، مرده‌زایی و سخت‌زایی
Calf birth weight	PTAs (fat, protein, dce, dpr, scc and dsb), parity, gl, calving age, twinning, stillbirth, dystocia
تعداد سلول‌های سوماتیک	PTAها (نمره سلول‌های سوماتیک شیر و ورم پستان)، شکم زایش، سن زایش
Somatic cell count	PTAs (scs and mastitis), parity, calving age
عفونت رحم	PTAها (نمره سلول‌های سوماتیک و آسان‌زایی دختران)، جنسیت گوساله، جفت‌ماندگی، سخت‌زایی، شکم زایش، سن زایش
Uterine infection	PTAs (scs and dce), calf sex, retained placenta, dystocia, parity, calving age
جفت‌ماندگی	PTAها (پروتئین شیر، آسان‌زایی دختران و نرخ آبستنی دختران)، جفت‌ماندگی، دوقلو زایی، سخت‌زایی، شکم زایش، سن زایش
retained placenta	PTAs (protein, dce and dpr), retained placenta, twinning, dystocia, parity, calving age
ورم پستان	PTAها (چربی شیر و آسان‌زایی دختران)، شکم زایش
mastitis	PTAs (fat and dce), parity
تعداد تلقیح (>۳ تلقیح یا بیشتر)	PTAها (چربی شیر، طول عمر، مرده‌زایی دختران، نرخ آبستنی دختران و آسان‌زایی دختران)، شکم زایش، سن زایش
Number of insemination (3> insemination or more)	PTAs (fat, pl, dsb, dpr and dce), parity, calving age
مرده‌زایی	شکم زایش، سخت‌زایی، وزن گوساله
stillbirth	parity, dystocia, calf birth weight
سخت‌زایی (نمره ۱ و ۲ ≥)	PTAها (آسان‌زایی دختران)، جنسیت گوساله، وزن گوساله، روزهای خشک، شکم زایش
Dystocia (score 1 and 2 ≤)	PTAs (dce), calf sex, calf birth weight, dry days, parity

جدول ۲- آمار توصیفی PTA پدران گله‌های مورد مطالعه در صفات مختلف

Table 2- Descriptive statistics on sire's PTA of studied farms in different traits

	شاخص طول عمر LNM\$	شاخص تولید شیر LFM\$	شیر Milk	چربی Fat	پروتئین Pro	ورم- پستان Mas	متريت Met	جفت- ماندگی RP	نمره- سلول- بدنی SCS	طول- عمر تولیدی PL	نرخ- گیرایی پدر SCR	نرخ- آبستنی دختران DPR	آسان- زایی دختران DCE	مرد- زایی دختران DSB
تعداد N.O	98625	98625	98625	98625	98625	80623	80623	80623	98625	98625	58954	98625	98625	98625
میانگین Mean	261.8	272.7	955.4	23.91	24.99	-0.12	-0.00	-0.03	2.93	1.77	0.32	-0.305	6.74	7.05
انحراف معیار SD	207.5	198.3	531.6	23.13	15.41	1.9	0.9	0.4	0.188	2.55	1.60	2.1	1.8	1.96
حداقل Min	-446	-441	-561	-39	-21	-6.4	-3	-1.7	2.37	-5.90	-9.2	-6.90	2	2.6
حداکثر Max	929	939	3147	105	90	6	2	1	3.59	9.20	3.80	6.20	12	14.5



شکل ۱- نمودار میله‌ای توزیع فراوانی دختران گاوهای نر در دامنه‌های چارکی مقادیر PTA پدران برای صفات مختلف در سه دوره پنج ساله

Figure 1- Bar plot of Frequency distribution of daughters of bulls based on quadratic domains of sires PTA in different traits by 3 five years periods

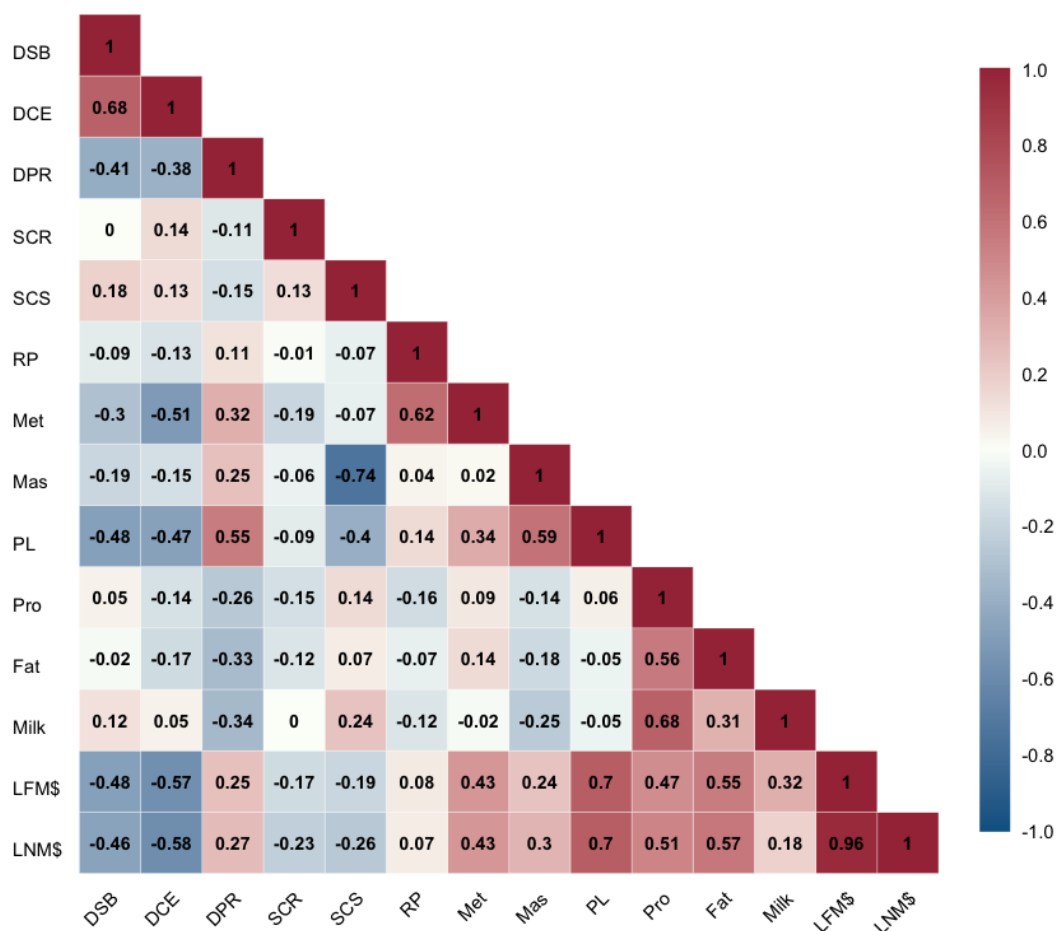
LNM: شاخص شایستگی خالص طول عمر، LFM: شاخص شایستگی خالص تولید شیر، PRO: پروتئین، SCS: نمره سلول‌های بدنی، PL: طول عمر تولیدی، SCR: نرخ گیرایی پدر، DPR: نرخ آبستنی دختران، DCE: آسان‌زایی دختران، DSB: مرده‌زایی دختران، Mas: ورم پستان، Met: متريت، RP: جفت‌ماندگی.

LNM: Lifetime Net Merit, LFM: Lifetime Fluid Merit, PRO: Protein, SCS: Somatic Cell Score, PL: Production Life, SCR: Sire Conception Rate, DPR: Daughter Pregnancy Rates, DCE: Daughter Calving Ease, DSB: Daughter Still Birth, Mas: Mastitis, Met: Metritis, RP: Retained Placenta.

جدول ۳- آمار توصیفی عملکرد دختران گاوهای نر گله‌های مورد مطالعه در صفات مختلف

Table 3- Descriptive statistics on daughters' performance of bulls of studied herds in different traits

	شیر ۳۰۵	چربی ۳۰۵	پروتئین ۳۰۵	نمره- سلول بدنی	طول- عمر تولید	تعداد روز باز	فاصله- گوساله زایی	سن اولین زایش	وزن- تولد گوساله	ورم پستان	متریت	جفت- ماندگی	سخت زایی
	M305	F305	P305	SCS	PL	OD	CI	AFC	CBW	Mas	Met	RP	DYS
تعداد N.O	33666	33625	20164	60401	11396	44518	27371	30147	55913	45242	32272	27841	59940
میانگین Mean	12190.8	364.7	328.3	2.13	25.2	122.4	400.9	723.5	40.3	2.1	1.2	6.7	0.9
انحراف معیار SD	2072.9	107.7	70.9	1.19	16.5	70.6	68.7	63.9	5.3	2.9	2.5	3.3	0.9
حداقل Min	1438	7.7	7.8	-2.21	0	40	330	551	20	0	0	2.5	0.1
حداکثر Max	20857	938	832	5	73.3	350	680	1197	70	10.2	8.2	10.0	3.5

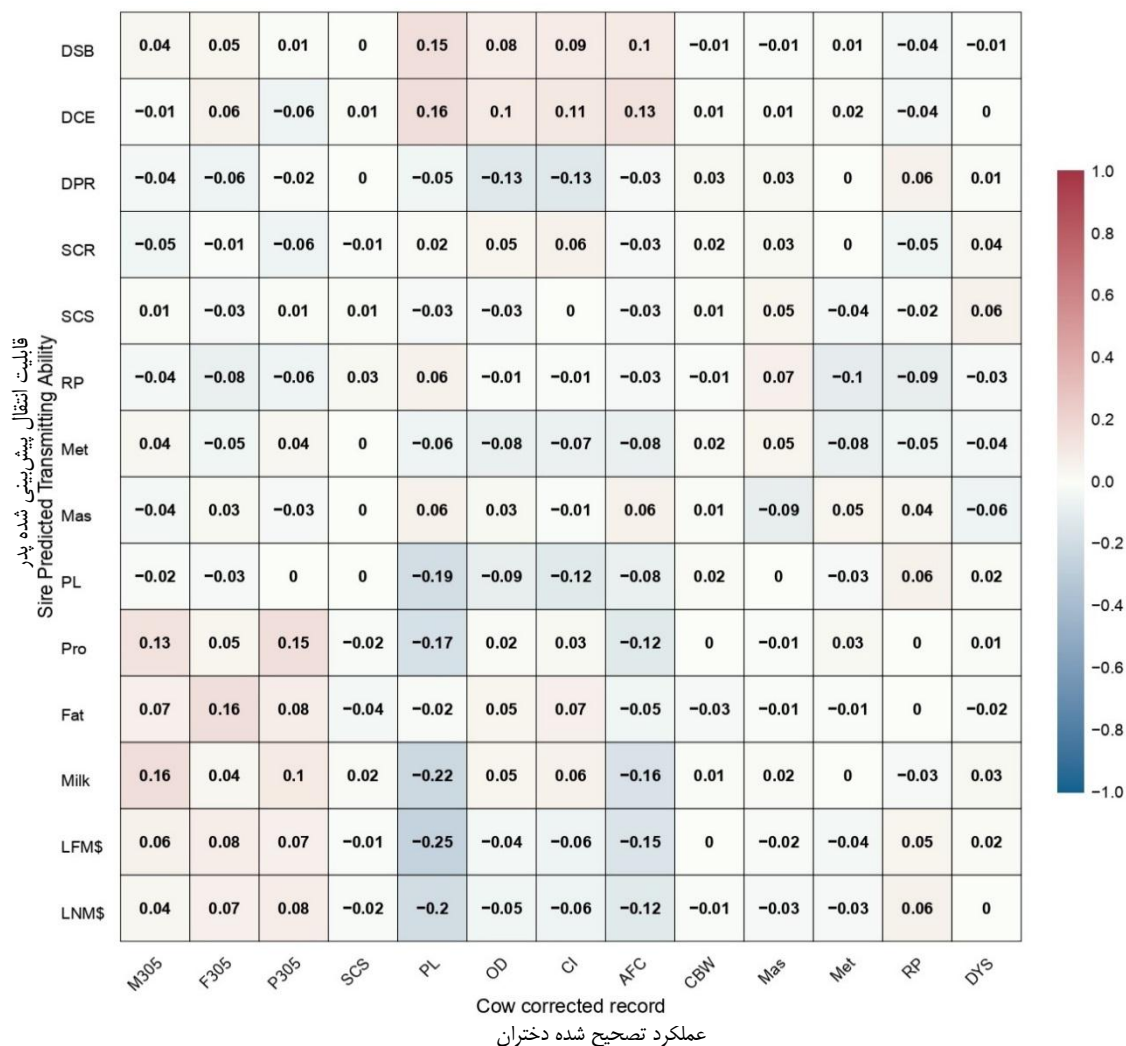


شکل ۲- نقشه حرارتی ماتریس همبستگی مقادیر PTA صفات مختلف پدران

Figure 2- Correlation matrix heatmap of sires PTA in different traits

LNM: شاخص شایستگی خالص طول عمر، LFM: شاخص شایستگی خالص تولید شیر، PL: طول عمر تولیدی، Mas: ورم پستان، Met: متریت، RP: جفت ماندگی، SCS: نمره سلول‌های بدنی، Pro: پروتئین، SCR: نرخ گیرایی پدر، DPR: نرخ آبستنی دختران، DCE: آسان‌زایی دختران، DSB: مرده‌زایی دختران.

LNM: Lifetime Net Merit, LFM: Lifetime Fluid Merit, PL: Production Life, Mas: Mastitis, Met: Metritis, RP: Retained placenta, SCS: Somatic Cell Score, Pro: Protein, SCR: Sire Conception Rate, DPR: Daughter Pregnancy Rates, DCE: Daughter Calving Ease, DSB: Daughter Still Birth.



شکل ۳- نقشه حرارتی ماتریس همبستگی PTA پدران و عملکرد تصحیح شده دختران آن‌ها در شاخص‌ها و صفات مختلف

Figure 3- Correlation matrix heatmap of sires PTA and their daughter corrected performance in different indexes and traits.

LNMS\$: شاخص شایستگی خالص طول عمر، LFM\$: شاخص شایستگی خالص تولید شیر، PL: طول عمر تولیدی، Mas: ورم پستان، Met: متریت، RP: جفت‌ماندگی، SCS: نمره سلول‌های بدنی، Pro: پروتئین، SCR: نرخ گیرایی پدر، DPR: نرخ آبستنی دختران، DCE: آسان‌زایی دختران، DSB: مرده‌زایی دختران.

LNMS: Lifetime Net Merit, LFM: Lifetime Fluid Merit, PL: Production Life, Mas: Mastitis, Met: Metritis, RP: Retained placenta, SCS: Somatic Cell Score, Pro: Protein, SCR: Sire Conception Rate, DPR: Daughter Pregnancy Rates, DCE: Daughter Calving Ease, DSB: Daughter Still Birth.

شانس شاخص‌ها، مربوط به صفت سخت‌زایی بود که شاخص LNMS\$ از نسبت شانس بیشتری نسبت به شاخص LFM\$ برخوردار است. به عبارتی، شاخص LNMS\$ در کاهش وقوع سخت‌زایی مؤثرتر می‌باشد. اما در مورد صفات ورم پستان، جفت‌ماندگی و متریت رابطه معنی‌داری با شاخص‌ها یافت نشد.

جدول ۷، تخمین جداگانه نسبت شانس شاخص‌های LNMS\$ و LFM\$ بر صفات تعداد تلقیح منجر به آبستنی، سخت‌زایی و مرده‌زایی را نشان می‌دهد. مقادیر نسبت شانس در دامنه اطمینان ۹۵ درصد خیلی کم و نزدیک به یک است که بیانگر اثرات کم شاخص‌ها روی این گروه از صفات می‌باشد. بیشترین میزان تخمین نسبت

جدول ۴- برآورد ضرایب تابعیت صفات مختلف دختران و خطای استاندارد آن‌ها (داخل پرانتز) براساس PTA پدران شان در گله‌های مورد مطالعه

Table 4- Estimation of regression coefficients of daughters' different traits and their standard error (in parenthesis) based on their sires PTA in studied herds

متغیر وابسته Dependent*	متغیرهای مستقل (PTA پدران) Independent variables (sires PTA)
شیر ۳۰۵ روز M305	آسان‌زایی دختر (32.273 (8.101) - پروتئین (3.726 (1.402) - چربی (3.679 (0.676) + شیر (0.564 (0.038)
چربی ۳۰۵ روز F305	0.564 (0.038) milk + 3.679 (0.676) fat - 3.726 (1.402) protein - 32.273 (8.101) DCE
پروتئین ۳۰۵ روز P305	طول عمر تولیدی (1.189 (0.296) - نمره سلول بدنی (8.234 (3.393) - پروتئین (0.323 (0.045) - چربی (0.736 (0.029)
تعداد روز باز OD	0.736 (0.029) fat - 0.323 (0.045) protein - 8.234 (3.393) SCS - 1.189 (0.296) PL
فاصله گوساله-زایی CI	آسان‌زایی دختر (0.105 (0.023) - پروتئین (0.374 (0.035) + چربی (0.105 (0.023)
سن اولین زایش AFC	0.105 (0.023) fat + 0.374 (0.035) protein - 0.728 (0.278) DCE
طول عمر تولیدی PL	نرخ آبستنی دختران (2.047 (0.210) - طول عمر تولیدی (0.546 (0.203)
وزن تولد گوساله CBW	-0.546 (0.203) PL - 2.047 (0.210) DPR
نمره سلول بدنی SCS	آسان‌زایی دختر (1.199 (0.205) + نرخ آبستنی دختران (1.910 (0.184) - طول عمر تولیدی (1.297 (0.167) - شیر (0.004 (0.0006)
	-0.004 (0.0006) milk - 1.297 (0.167) PL - 1.910 (0.184) DPR + 1.199 (0.205) DCE
	1.158 + نرخ آبستنی دختران (0.871 (0.203) - طول عمر تولیدی (0.759 (0.182) - پروتئین (0.121 (0.035) - چربی (0.064 (0.017) - شیر (0.0026 (0.001)
	آسان‌زایی دختر (0.226)
	-0.0026 (0.001) milk - 0.064 (0.017) fat - 0.121 (0.035) protein - 0.759 (0.182) PL - 0.871 (0.203) DPR + 1.158 (0.226) DCE
	چربی (0.035 (0.008)
	-0.035 (0.008) fat
	نمره سلول بدنی (0.322 (0.132) - آسان‌زایی دختر (0.288 (0.019) + مرده‌زایی دختر (0.122 (0.016) - پروتئین (0.009 (0.002) + چربی (0.005 (0.001)
	-0.005 (0.001) fat + 0.009 (0.002) protein - 0.122 (0.016) DSB + 0.288 (0.019) DCE - 0.322 (0.132) SCS
	نمره سلول بدنی (0.129 (0.006)
	0.129 (0.006) SCS

جدول ۵- تخمین نسبت شانس (دامنه اطمینان ۹۵٪) برخی صفات از PTA پدران بر صفات (قابل طبقه‌بندی) سلامت و تولیدمثلی دختران آن‌ها در گله‌های مورد مطالعه

Table 5- Estimated odds ratios (95% CI) for some traits of sires PTA on health and reproductive traits (categorical) of their daughters in studied herds

صفات دختران Daughters' traits	قابلیت انتقال پیش‌بینی شده PTA						
	متریت Met	ورم پستان Mas	جفت‌ماندگی RP	نمره سلول بدنی SCS	نرخ آبستنی دختران DPR	آسان‌زایی دختر DCE	طول عمر تولیدی PL
متریت Met	0.85 (0.82 - 0.89)	-	-	0.67 (0.54 - 0.83)	-	-	-
جفت‌ماندگی RP	-	-	0.74 (0.68 - 0.81)	-	-	-	-
ورم پستان Mas	-	0.93 (0.91 - 0.95)	-	-	-	-	-
تعداد تلقیح منجر به آبستنی NI	-	-	-	-	0.98 (0.97 - 0.99)	-	0.97 (0.96 - 0.98)
سخت‌زایی DYS	-	-	-	-	-	1.23 (1.13 - 1.33)	-
مرده‌زایی SB	-	-	-	-	0.96 (0.94 - 0.98)	-	-

جدول ۶- برآورد ضرایب تابعیت صفات مختلف دختران و خطای استاندارد آن‌ها (داخل پرانتز) براساس مقادیر شاخص‌های LNM\$ و LFM\$ پدران‌شان در گله‌های مورد مطالعه

Table 6- Estimation of regression coefficients of daughters' different traits and their standard error (in parenthesis) based on indexes values of their sires LNM\$ and LFM\$ in studied herds

صفات دختران Daughters' traits	شاخص شایستگی خالص طول عمر LNM (\$)	شاخص شایستگی خالص تولیدشیر LFM (\$)
شیر ۳۰۵ روز M305	0.64 (0.08)	0.91 (0.09)
چربی ۳۰۵ روز F305	0.045 (0.004)	0.045 (0.004)
پروتئین ۳۰۵ روز P305	0.021 (0.003)	0.020 (0.003)
تعداد روز باز OD	-0.015 (0.002)	-0.017 (0.002)
فاصله گوساله‌زایی CI	-0.028 (0.002)	-0.031 (0.002)
سن اولین زایش AFC	-0.023 (0.002)	-0.024 (0.003)
طول عمرتولیدی PL	-0.156 (0.03)	-0.168 (0.03)
وزن تولد گوساله CBW	-0.0005 (0.0001)	-0.0006 (0.0001)
نمره سلول‌بدنی SCS	-0.00027 (0.00004)	-0.00021 (0.00005)

جدول ۷- تخمین نسبت شانس (دامنه اطمینان ۹۵ درصد) شاخص‌های LNM\$ و LFM\$ بر صفات تعداد تلقیحات منجر به آبستنی، سخت‌زایی و مرده‌زایی دختران در گله-های مورد مطالعه

Table 7- Estimated odds ratios (95% CI) for LNM\$ and LFM\$ indexes on number of insemination, dystocia and stillbirth traits of daughters in studied herds

صفات دختران Daughters' traits	شاخص شایستگی خالص طول عمر LNM\$	شاخص شایستگی خالص تولید شیر LFM\$
تعداد تلقیح منجر به آبستنی NI	0.99994 (0.99991 – 0.99997)	0.99993 (0.99990 – 0.99997)
سخت‌زایی DYS	0.828 (0.736 – 0.930)	0.9989 (0.9983 – 0.9995)
مرده‌زایی SB	0.9993 (0.9991 – 0.9995)	0.9992 (0.9991 – 0.9994)

بحث

های LNM\$ و LFM\$ و ضعیف‌ترین آن بین صفات SCR با DSB، Milk با SCR و RP با SCR بود. همبستگی PTA پدران و عملکرد دختران آن‌ها در صفات تولیدی، تولیدمثلی و سلامت نشان داد که میزان همبستگی پایین و در دامنه بین ۰/۱۹- تا ۰/۱۶ بود. همچنین ضرایب تابعیت صفات تولیدی، تولیدمثلی و مرتبط با سلامت دختران براساس PTA پدران آن‌ها در گله‌های مورد مطالعه برآورد شد که در دامنه ۳۲/۲۷۳- (بین PTA آسان‌زایی دختری و شیر تصحیح ۳۰۵ روز) و ۳/۶۷۹ (بین PTA چربی و شیر تصحیح ۳۰۵ روز) قرار داشت. گروهی از محققین همبستگی ژنتیکی نامطلوب متوسط تا زیاد را بین فاصله گوساله‌زایی و بسیاری از پارامترهای منحنی شیردهی گزارش کردند، به‌طوری‌که با افزایش تولید، فاصله گوساله‌زایی افزایش

در مطالعه حاضر، به بررسی ارتباط بین PTA صفات و شاخص‌های ژنتیکی-اقتصادی گاوهای نر با صفات تولیدی، تولیدمثلی و سلامت دختران‌شان در گاوهای هلشتاین استان اصفهان پرداخته شد. براساس نتایج حاصل، مقدار PTA شیر و SCR اکثر گاوهای نر مورد استفاده در گله‌ها در حد متوسط بوده است، درحالی‌که برای شاخص‌های LNM\$ و LFM\$ و PTA صفات Pro، Fat و PL از ارزش‌های پایین‌تر و برای صفات SCS و DSB از ارزش‌های بالاتری برخوردار بودند. همبستگی بین مقادیر شاخص‌ها و PTA صفات مختلف پدران نشان داد که شدیدترین میزان همبستگی بین شاخص-

می‌یابد. نتایج آن‌ها نشان داد که شایستگی ژنتیکی بالا برای تولید شیر، اثر منفی روی بازده تولیدمثلی گاوهای شیری دارد، بدون آنکه روی افزایش متریت، برگشتگی شیردان، ورم پستان، جفت ماندگی و بالانس انرژی بعد از زایش اثری داشته باشد. در تحقیقی دیگر نشان داده شده است که شایستگی ژنتیکی بالا برای تولید شیر با کاهش کیفیت تخمک‌گذاری در ارتباط است (Albarran-Portillo and Pollot, 2013). گروه دیگر از محققین گزارش کردند که همبستگی ژنتیکی بین صفات تولیدی و توانایی زنده‌مانی گاوها منفی بود، به طوری که گاوهای با تولید بالا، ظرفیت ژنتیکی پایین‌تری برای زنده‌مانی در طول دوره شیردهی نسبت به گاوهای با تولید پایین داشتند. در تحقیق حاضر، صفت توانایی زنده‌مانی مطالعه نشد اما همبستگی بین صفت طول عمر تولیدی و صفات تولید شیر و چربی، منفی و صفت پروتئین صفر بود. این نتایج نشان داد که گاوهای با تولید بالا انتظار می‌رود که ظرفیت ژنتیکی پایین‌تری برای طول عمر تولیدی داشته باشند (Dematawewa and Berger, 1998). در تحقیقی در سال ۲۰۱۳ نشان داده شد که گاوهای نری که PTA بالا برای صفت شیر و PTA پایین برای صفات چربی و پروتئین شیر دارند، عملکرد تولیدمثلی دختران آن‌ها کاهش می‌یابد. همچنین مشخص شد که دختران گاوهای نری که PTA صفت چربی آن‌ها در چارک بالا قرار دارد، از احتمال مرگ یا حذف کمتری در مقایسه با دختران گاوهای نر با PTA چارک پایین برخوردار هستند. آن‌ها بین PTA صفات تولیدی و بروز بیماری‌های پس از زایش رابطه‌ای پیدا نکردند (Rodrigo et al., 2014). اما در تحقیق حاضر، همبستگی PTA صفت شیر پدران با صفات تعداد روزهای باز و فاصله گوساله‌زایی دختران مثبت و با صفت سن اولین زایش منفی بوده است. بنابراین، گاوهای نری که PTA بالا برای صفت شیر داشتند، تعداد روزهای باز و فاصله گوساله‌زایی بیشتر و سن اولین زایش کمتری نشان دادند. اویکونومی و همکاران (Oikonomou et al., 2013) نشان دادند که گاوهای نری که PTA کمتری برای تولید شیر داشتند، دخترانشان با بروز کمتری برای بیماری‌های زخم کف سم، خط سفید و درماتیت دیجیتال همراه بودند. همچنین PTA گاوهای نر برای صفت تولید پروتئین، عاملی مهم برای بروز بیماری زخم کف سم و خط سفید بود. همبستگی‌های ژنتیکی بین PTA صفات تولیدی گاوهای نر و بروز مشکلات دست و پا نشان می‌دهد که شایستگی ژنتیکی بالاتر برای صفات تولیدی، عامل مهمی در بروز لنگش است. اورتگا و همکاران (Ortega et al., 2017) گزارش کردند که گاوهای نژاد هلشتاین امریکا با PTA بالا برای نرخ آبستنی دختران ($n=989$; $\geq 1/5$)، نرخ آبستنی به اولین تلقیح بیشتر (۴۳٪ در برابر ۲۳٪)، تعداد کمتر تلقیح به‌زای هر گیرایی (۲/۲ در برابر ۳/۳) و تعداد روزهای باز کمتر (۱۱۵ در برابر ۱۶۶) در مقایسه با گاوهای با PTA پایین برای نرخ آبستنی دختران داشتند ($n=1,285$; ≤ 1.0). در پژوهش حاضر، مقدار

همبستگی بین PTA صفت DPR و صفات تعداد روزهای باز و فاصله گوساله‌زایی منفی و برابر ۰/۱۳- بود. مقدار ضریب تابعیت صفت تعداد روزهای باز دختران براساس PTA صفت DPR برابر با ۲/۰۴۷- و برای صفت فاصله گوساله‌زایی برابر با ۱/۹۱۰- به‌دست آمد که بیانگر کاهش حدود دو روز از تعداد روزهای باز و فاصله گوساله‌زایی با افزایش یک درصد در PTA نرخ آبستنی دختران می‌باشد. همچنین مقدار تخمین نسبت شانس PTA صفت DPR بر صفت تعداد تلقیح منجر به آبستنی ۰/۹۸- به‌دست آمد که نشان می‌دهد، با افزایش مقدار PTA صفت DPR، احتمال افزایش تعداد تلقیح منجر به آبستنی کمتر می‌شود. در سال ۲۰۲۰ پژوهشگران دریافتند که همبستگی مثبت و قوی (۰/۸۹) بین PTA گاوهای نر در صفت DPR و نرخ گیرایی گاوها وجود دارد. همچنین آن‌ها روند مثبتی را بین PTA گاوهای نر در صفت DPR و نرخ آبستنی با اولین تلقیح و نرخ آبستنی تا ۱۵۰ روز شیردهی نشان دادند. آن‌ها گزارش کردند که انتخاب گاوهای نر با PTA بالا برای صفت DPR در افزایش بازده تولیدمثلی گله‌های گاو شیری کانادا مؤثر است. درحالی که آن‌ها ارتباطی بین PTA گاوهای نر برای صفت نرخ گیرایی گاو با صفات نرخ آبستنی با اولین تلقیح، نرخ آبستنی تا ۱۵۰ روز شیردهی و نرخ ازدست‌دهی آبستنی پیدا نکردند. همچنین آن‌ها دریافتند که ارتباط مثبتی بین PTA گاوهای نر برای صفات DPR و CCR با صفت تولید شیر معادل بلوغ ۳۰۵ روز دختران وجود دارد، اما مقدار تغییرات فنوتیپی در تولید شیر معادل بلوغ ۳۰۵ روز دختران که براساس تغییرات در PTA گاوهای نر برای این صفات DPR و CCR ایجاد می‌شود، بسیار ناچیز و کم است (Gobikrushanth et al., 2020). در تحقیق حاضر، صفت نرخ گیرایی گاوها مطالعه نشد، اما وجود همبستگی منفی بین PTA صفت DPR و صفات تعداد روزهای باز و فاصله گوساله‌زایی و همچنین محاسبه مقدار کمتر از یک در تخمین نسبت شانس PTA صفت DPR بر صفت تعداد تلقیح منجر به آبستنی، می‌تواند بیانگر وجود ارتباط مثبت بین PTA صفت DPR و نرخ گیرایی گاوها باشند. اما برخلاف تحقیق فوق، ارتباط منفی بین PTA گاوهای نر برای صفات DPR و CCR با صفات تولید شیر، چربی و پروتئین معادل بلوغ ۳۰۵ روز دختران مشاهده شد که البته مقدار همبستگی پایین بود. کوچران و همکاران (Cochran et al., 2013) گزارش کردند که گاوهای نر با PTA بالا برای صفت DPR ($\geq 1/7$)، همبستگی ژنتیکی منفی با صفات تولید شیر (۰/۴۵-)، مقدار چربی (۰/۳۵-) و پروتئین شیر (۰/۳۴-) دارد که از نظر جهت همبستگی، مشابه با تحقیق حاضر بود. تعدادی از یافته‌ها نشان می‌دهند که تنوع ژنتیکی و فنوتیپی زیادی برای صفات باروری در گاوهای هلشتاین آمریکای شمالی وجود دارد و انتخاب گاوهای نر با PTA بالا برای صفات DPR و CCR در جهت بهبود باروری گله مؤثر است (Veronese et al., 2019; Norman et al., 2007). گروهی از محققین دریافتند، دختران گاوهای نری که

عملکرد دختران و قابلیت انتقال پدران در مورد برخی از صفات در مقایسه با برخی گزارش‌ها احتمالاً ناشی از اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط باشد. قابلیت انتقال پدران بر اساس عملکرد دختران آن‌ها در مزارع پرورش گاو شیری پیش‌بینی شده است که داده‌های آن مزارع در اختیار کمپانی تولید اسپرم بوده است، تفاوت میان شرایطی مانند اقلیم و مدیریت پرورشی گله‌های یادشده و گله‌های این مطالعه، می‌تواند در تولید اثر متقابل ژنوتیپ و محیط مؤثر باشند.

نتیجه‌گیری کلی

در این مطالعه، ضرایب همبستگی بین متغیرهای تصادفی PTA پدران برای صفات تولیدی (شیر، چربی و پروتئین) با عملکرد دختران آن‌ها در مقایسه با صفات تولیدمثلی و سلامت، بالاتر محاسبه شد. همچنین میزان تخمین نسبت شانس صفات مقاومت به بیماری‌های متریت و جفت‌ماندگی، نمره سلول‌های بدنی و آسان‌زایی دختران، بیانگر اثرات PTA پدران روی عملکرد دختران‌شان بود. درحالی‌که مقادیر نسبت شانس سایر صفات و شاخص‌های ژنتیکی - اقتصادی بر صفات سلامت و تولیدمثلی دختران نشان داد که اثرات PTA پدران روی عملکرد دختران‌شان در این گروه از صفات کم و ناچیز است. بنابراین، با توجه به نتایج حاصل، می‌توان از مقدار قابلیت انتقال پیش‌بینی شده پدران برای صفات شیر، چربی، پروتئین، نرخ آبستنی دختران و نمره سلول‌های سوماتیک در انتخاب مناسب اسپرم و بهبود عملکرد فنوتیپی دختران بیشتر بهره برد. درحالی‌که اطلاعات موجود در ارزیابی‌های ژنتیکی سایر صفات، احتمالاً به‌دلیل پایین بودن وراثت‌پذیری و یا بالا بودن اثرات متقابل ژنتیک و محیط، از اعتماد کمتری برخوردار بودند.

PTA بالا برای صفات نمره سلول‌های سوماتیک، تولید شیر و پروتئین و PTA پایین برای نرخ آبستنی دختران داشتند، مرگ و میر و حذف تا ۶۰ روز شیردهی بیشتری نشان دادند (Dechow et al., 2012). در پژوهش حاضر، با مطالعه صفت طول عمر تولیدی در دختران مشخص شد که همبستگی ژنتیکی بین PTA گاوهای نر برای صفات نمره سلول‌های سوماتیک، تولید شیر، پروتئین و نرخ آبستنی دختران با صفت طول عمر تولیدی منفی است. بنابراین، انتظار می‌رود با بالا رفتن PTA گاوهای نر در این صفات، میزان طول عمر تولیدی دختران کاهش و میزان حذف افزایش یابد. در مورد صفت DPR، نتایج حاصل با نتایج تحقیق فوق مغایرت داشت. طبق گزارش پژوهشگران در سال ۲۰۰۵ (Tsuruta et al., 2005)، صفت طول عمر، ترکیبی از همه صفاتی است که به‌طور مستقیم با قابلیت زنده‌مانی در گله مرتبط است و تولیدمثل ضعیف (روزهای باز بیش از حد) نیز دلیلی برای حذف می‌باشد. علاوه‌براین آن‌ها همبستگی بین طول عمر تولیدی و روزهای باز را منفی (۰/۲۷- تا ۰/۶۲-) گزارش کردند. همچنین دریافتند که نرخ آبستنی دختران، بالاترین رابطه ژنتیکی را با طول عمر تولیدی دارد. در مطالعه حاضر مشابه تحقیق تسورتا و همکاران، جهت همبستگی بین طول عمر تولیدی و روزهای باز منفی و اما مقدار آن برابر با ۰/۰۹- محاسبه و رابطه نرخ آبستنی دختران و طول عمر تولیدی در حد بالا و برابر ۰/۵۵ برآورد شد. گروه دیگر از محققین در سال ۲۰۰۶ (VanRaden et al., 2006) گزارش کردند که همبستگی بین PTA صفت PL و DPR قوی است ($r=0.64$) که تقریباً مشابه نتایج تحقیق حاضر بود که میزان همبستگی برابر با ۰/۵۵ محاسبه شد. همچنین در تحقیقی مشخص شد که انتخاب گاوهای نر با PTA بالا برای صفت PL، اثر مطلوبی در کاهش میزان مرگ و میر و حذف تا زمان ۶۰ روز شیردهی دختران داشته است (Dechow et al., 2012). مغایرت در شدت یا حتی جهت رابطه میان

References

1. Albarrán-Portillo, B., & Pollott, G. E. (2013). The relationship between fertility and lactation characteristics in Holstein cows on United Kingdom commercial dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 96(1), 635-646. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5632>.
2. Ali, A., & Shook, G. (1980). An optimum transformation for somatic cell concentration in milk. *Journal of Dairy Science*, 63, 487-490. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(80\)82959-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(80)82959-6).
3. Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1-48. <https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>.
4. Bohloulou, M., Shodja, J., & Alijani, S. (2013). Investigation of interaction between genotype and production level in Iranian Holstein dairy cattle using test day records. *Journal of Ruminant Research*, 1, 93-108.
5. Chang, Y. M., Gonzalez-Recio, O., Weigel, K. A., & Fricke, P. M. (2007). Genetic analysis of the twenty-one-day pregnancy rate in us holsteins using an ordinal censored threshold model with unknown voluntary waiting period. *Journal of Dairy Science*, 90, 1987-1997. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-359>.
6. Cochran, S. D., Cole, J. B., Null, D. J., & Hansen, P. J. (2013). Discovery of single nucleotide polymorphisms in candidate genes associated with fertility and production traits in Holstein cattle. *BMC Genetics*, 14, 49. <https://doi.org/10.1186/1471-2156-14-49>.
7. Coleman, J., Pierce, K. M., Berry, D. P., Brennan, A., & Horan, B. (2009). The influence of genetic selection and

- feed system on the reproductive performance of spring-calving dairy cows within future pasture-based production systems. *Journal of Dairy Science*, 92, 5258–5269. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2108>.
8. Craig, H. J. B., Stachowicz, K., Black, M., Parry, M., Burke, C., Meier, S., & Amer, P. (2018). Genotype by environment interactions in fertility traits in New Zealand dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 101, 10991–11003. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14195>.
 9. Cranford, J. L., & Pearson, R. E. (2001). Relationships of sire predicted transmitting ability for somatic cell score with measures of daughter performance. *Journal of Dairy Science*, 84, 1501–1507.
 10. Dechow, C. D., Goodling, R. C., & Rhode, S. P. (2012). The effect of sire selection on cow mortality and early lactation culling in adverse and favorable cow survival environments. *Preventive Veterinary Medicine*, 103, 228–233. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2011.09.020>.
 11. Dematawewa, C. M. P., & Berger, P. J. (1998). Genetic and phenotypic parameters for 305-day yield, fertility, and survival in Holsteins. *Journal of Dairy Science*, 81, 2700–2709. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75827-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75827-8).
 12. Dunne, F. L., McParland, S., Kelleher, M. M., Walsh, S. W., & Berry, D. P. (2019). How herd best linear unbiased estimates affect the progress achievable from gains in additive and nonadditive genetic merit. *Journal of Dairy Science*, 102, 5295–5304. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-16119>.
 13. Effa, K., Hunde, D., Shumiye, M., & Silasie, R. H. (2013). Analysis of longevity traits and lifetime productivity of crossbred dairy cows in the tropical highlands of Ethiopia. *Journal of Cell and Animal Biology*, 7, 138–143. <https://doi.org/10.5897/JCAB2013.0375>.
 14. Gobikrushanth, M., Macmillan, K., Hipkin, D., & Colazo, M. G. (2020). The relationships among sire's predicted transmitting ability for daughter pregnancy rate and cow conception rate and daughter's reproductive performance in Canadian Holstein cows. *Theriogenology*, 149, 117–122. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.03.026>.
 15. Lombard, J. E., Garry, F. B., Tomlinson, S. M., & Garber, L. P. (2007). Impacts of Dystocia on Health and Survival of Dairy Calves. *Journal of Dairy Science*, 90, 1751–1760. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-295>.
 16. Lopez-Villalobos, N., Wiles, P. G., & Garrick, D. J. (2020). Sire selection and genetic improvement of dairy cattle assuming pure market competition. *Journal of Dairy Science*, 103, 4532–4544. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17582>.
 17. Newton, J. E., Goddard, M. E., Phuong, H. N., Axford, M. A., Ho, C. K. M., Nelson, N. C., Waterman, C. F., Hayes, B. J., & Pryce, J. E. (2017). High genetic merit dairy cows contribute more to farm profit: Case studies of 3 Australian dairy herds. *Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics*, 22, 19–22.
 18. Norman, H. D., Wright, J. R., Hubbard, S. M., Kuhn, M. T., & Miller, R. H. (2007). Genetic selection for reproduction: current reproductive status of the national herd: application of selection indexes for dairy producers. pp. 69–78. In: Dairy Cattle Reproductive Conference, Denver.
 19. Oikonomou, G., Cook, N. B., & Bicalho, R. C. (2013). Sire predicted transmitting ability for conformation and yield traits and previous lactation incidence of foot lesions as risk factors for the incidence of foot lesions in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 96(6), 3713–3722. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6308>.
 20. Ortega, M. S., Denicol, A. C., Cole, J. B., Null, D. J., Taylor, J. F., Schnabel, R. D., & Hansen, P. J. (2017). Association of single nucleotide polymorphisms in candidate genes previously related to genetic variation in fertility with phenotypic measurements of reproductive function in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 100, 3725–3734. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12260>.
 21. O'Sullivan, M., Horan, B., Pierce, K. M., McParland, S., O'Sullivan, K., & Buckley, F. (2019). Milk production of Holstein-Friesian cows of divergent Economic Breeding Index evaluated under seasonal pasture-based management. *Journal of Dairy Science*, 102, 2560–2577. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15559>.
 22. Ramsbottom, G., Cromie, A. R., Horan, B., & Berry, D. P. (2012). Relationship between dairy cow genetic merit and profit on commercial spring calving dairy farms. *Animal*, 6, 1031–1039. <https://doi.org/10.1017/S1751731111002503>.
 23. R Core Team. (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
 24. Rodrigo, C. B., Carla, F., Rob, G., & Georgios, O. (2014). The effect of sire predicted transmitting ability for production traits on fertility, survivability, and health of Holstein dairy cows. *Theriogenology*, 81, 257–265. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.09.023>.
 25. Tsuruta, S., Misztal, I., & Lawlor, T. J. (2005). Changing definition of productive life in US Holsteins: Effect on genetic correlations. *Journal of Dairy Science*, 88, 1156–1165. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72782-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72782-X).
 26. VanRaden, P. M., Dematawewa, C. M. B., Pearson, R. E., & Tooker, M. E. (2006). Productive life including all

- lactations and longer lactations with diminishing credits. *Journal of Dairy Science*, 89(8), 3213-3220. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72596-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72596-6).
27. Veronese, A., Marques, O., Moreira, R., Belli, A. L., Bisinotto, R. S., Bilby, T. R., Penagaricano, F., & Chebel, R. C. (2019). Genomic merit for reproductive traits. I: estrous characteristics and fertility in Holstein heifers. *Journal of Dairy Science*, 102, 6624-6638. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15205>.



The Effect of Adding Green Zinc Oxide Nanoparticles to Ram Semen Dilution Medium and Its Effects on Sperm Quality and Microbial Load of Frozen Semen

Ali Khoshvaght ¹, Saeed Zeinoaldini ^{2*}, Mahdi Ganjkanlou ³

1, 2 and 3- Ph.D. Candidate, Associate Professor and Associate Professor, Department of Animal Science, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran, respectively.

*Corresponding Author's Email: zeinoaldini@ut.ac.ir

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

How to cite this article:

Khoshvaght, A., Zeinoaldini, S., & Ganjkanlou, M. (2023). The effect of adding green zinc oxide nanoparticles to ram semen dilution medium and its effects on sperm quality and microbial load of frozen semen. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 16(1), 141-155. (In Persian with English Abstract). <http://doi.org/10.22067/ijasr.2023.82471.1142>

Introduction: Maintaining sperm quality and reducing contaminants will ensure the success of fertilization. The presence of bacterial contamination in the reproductive system of animals and their transfer to the semen causes a decrease in sperm quality and problems of disease transmission through inseminated. During the process of freezing and thawing, cold shock as well as environmental microbial pollution causes sperm quality to decrease. Zinc oxide nanoparticles, in addition to increasing the antioxidant capacity, also have antibacterial effects. The sperm membrane of ruminants are rich in unsaturated fatty acids and Zinc is as a cofactor of biological antioxidant biomolecules that suggested zinc increases protecting cell membrane and other inside organelles. Conventional chemical methods are expensive and require the use of chemical compounds/ solvents as reducing agents, which are toxic and as a risk factor for environment. Green chemistry reduces the risk of pollution at the source level, and instead of producing waste, it can use waste materials as a source of producing nanoparticles. This technology focuses on selecting reactions (for example biological molecules such as polyphenols, flavonoids, carbonyl and protein compounds) that are compatible with the environment.

Materials and Methods: In this research, green zinc oxide (gZnO) nanoparticles are produced from saffron petals. Sperms were collected from 6 Afshari rams and after checking and confirming the quality, the sperms were mixed together in a 4x4 factorial design with 4 levels of antibiotics (0, 50, 75 and 100) recommended percentage and 4 levels of gZnO (0, 7.5, 10 and 12.5) µg/ml were added to the each diluent and entered to the freezing process. In order to check the quality of sperm after freezing CASA system were used. Membrane functionality was measured using osmotic method. The total microbial load was estimated using the colony count on blood-agar medium method.

Results and Discussion: The results showed that 12.5 µg/ml level of gZnO nanoparticles becomes destructive and reduced quality of sperm, but the lower levels of gZnO significantly ($P<0.05$) increased the quality of sperm motility. Rapid progressive motility, progressive motility and total motility were significantly increased at 7.5 and 10 µg/L levels compared to other levels ($P<0.05$). Also, the addition of 7.5 µg/ml of gZnO significantly improved the membrane integrity performance compared to other levels ($P<0.05$). Antibiotic and gZnO significantly



©2023 The author(s). This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

<http://doi.org/10.22067/ijasr.2023.82471.1142>

decreased microbial loaded ($P<0.01$). The strong positive correlation between zinc and both total motility and progressive motility is attributed to zinc's high antioxidant power. Zinc reduces the production of reactive oxygen species and lipid peroxidation, thereby protecting sperm cells from damage. Zinc nanoparticles stabilize the peroxidation of membrane lipids and increase the mitochondrial and functional activity of sperm without having a negative effect on sperm motility parameters. Concentrations higher than 10 $\mu\text{g/ml}$ of gZnO nanoparticles had toxic effects on sperm, which has been noted by other researchers. The use of zinc oxide nanoparticles reduces the amount of antibiotics needed in the production and processing of frozen sperm, reduces the cytotoxicity of both substances, greatly reduces the amount of antibiotic consumption, and increases the antimicrobial effects. The synergistic effects of zinc oxide nanoparticles and antibiotics have recently been given great importance, and in various researches, conjugated antibiotics have been invented. It was shown that the combination of zinc oxide nanoparticles and ampicillin increased the antibiotic power six times and greatly reduced the need for antibiotics.

The addition of zinc oxide nanoparticles to the diluent caused a significant increase in the quality of frozen-thawed sperm, so that the levels of 7.5 and 10 $\text{mg}/\mu\text{L}$ had the greatest improvement in quality after freezing and thawing. The use of concentrations of 7.5 and 10 $\mu\text{g/ml}$ of gZnO nanoparticles along with reducing the consumption of antibiotics to half of the recommended amount has increased the quality of frozen sperm after thawing, reduced antibiotic resistance and finally reduced purchase cost of antibiotics in sperm production centers. studies show that the use of nanoparticles and antibiotics together not only reduced the toxicity of both substances on human cells, but also increased the effectiveness of antibiotics effects. Even the simultaneous use of nanoparticles and antibiotics caused the reversal of antibiotic resistance. Nanoparticles increase the antibiotic concentration at the site of antibiotic-bacterial activity and increase the binding of the antibiotic with the microorganism.

Keywords: Antibiotic, Green Zinc Oxide (gZnO) Nanoparticles, Microbial Loaded

اثر افزودن نانوذرات اکسید روی سبز به محیط رقیق‌کننده منی قوچ و تأثیرات آن بر کیفیت اسپرم و بار میکروبی منی منجمد

علی خوشوقت^۱، سعید زین‌الدینی^{۲*}، مهدی گنج‌خانلو^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۱۰

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۸/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۲۷

چکیده

حفظ کیفیت اسپرم و کاهش آلودگی‌ها تضمین‌کننده موفقیت لقاح خواهد بود. طی فرآیند انجماد و ذوب، شوک سرمایی و همچنین آلودگی‌های میکروبی محیطی سبب کاهش کیفیت اسپرم می‌گردد. نانوذرات اکسید روی علاوه بر افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، اثرات ضد باکتریایی نیز دارد. در این پژوهش، با استفاده از عصاره آبی بقایای دورریز گلبرگ زعفران، نانوذرات اکسید روی سبز تولید شد. از شش رأس قوچ نژاد افشاری اسپرم‌گیری گردید و پس از بررسی و تأیید کیفیت، اسپرم‌ها با هم مخلوط و در قالب طرح فاکتوریل ۴×۴ با چهار سطح آنتی‌بیوتیک (۰، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) توصیه شده و چهار سطح نانوذرات اکسید روی سبز (۰، ۷/۵، ۱۰ و ۱۲/۵ میکروگرم بر میلی‌لیتر) به رقیق‌کننده اضافه و وارد فرآیند انجماد گردید. جهت بررسی کیفیت اسپرم پس از انجماد از فراسنجه‌های به‌دست آمده از سامانه کاسا و عملکرد اسمزی غشا استفاده شد. میزان بار میکروبی کل با استفاده از روش شمارش کلنی برآورد گردید. نتایج نشان داد که سطح ۱۲/۵ میکروگرم بر میلی‌لیتر نانوذرات اکسید روی سبز باعث بروز اثرات تخریبی بر غشای اسپرم و کاهش تحرک در اسپرم گردید؛ اما سطوح پایین‌تر به‌طور معنی‌داری باعث افزایش کیفیت تحرک اسپرم گردید. تحرک پیش‌رونده سریع، تحرک پیش‌رونده و تحرک کل در سطوح ۷/۵ و ۱۰ میکروگرم بر لیتر نسبت به سایر سطوح افزایش معنی‌داری داشت. افزودن ۷/۵ میکروگرم بر میلی‌لیتر نانوذرات اکسید روی سبز باعث بهبود معنی‌دار عملکرد یکپارچگی غشا نسبت به سایر سطوح گردید. اثر آنتی‌بیوتیک و نانوذرات اکسید روی سبز بر بار میکروبی اسپرم مؤثر بود.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌بیوتیک، بار میکروبی، نانوذرات اکسید روی سبز

مقدمه

مقابل ۱۷ پی‌پی‌ام (Ott et al., 1965). روی نقش مهمی در سازمان‌دهی DNA، RNA و پروتئین‌هایی که در ثبات^۴ غشای سلولی و تقسیمات سلولی دخیل‌اند، دارد (Chvapil, 1973). دانشمندان گزارش نمودند که افزودن روی به جیره قوچ‌های جوان میزان تولید اسپرم روزانه را افزایش داد (Underwood and Somers, 1969).

در تولید نانوذرات به‌روش صنعتی معمولاً از مواد سمی همچون حلال‌ها و اسید و بازها استفاده می‌گردد. اخیراً استفاده از عصاره‌های گیاهی جهت تولید نانوذرات به‌کارگیری شده‌اند (Goodarzi et al., 2014). روش‌های شیمیایی معمولی گران هستند و نیاز به استفاده از

حضور آلودگی‌های باکتریایی در دستگاه تولیدمثل دام‌ها و انتقال آن‌ها به مایع منی، سبب کاهش کیفیت اسپرم و مشکلات انتقال بیماری از طریق منی تلقیح شده می‌گردد (Ortega-Ferrusola et al., 2009). محققان نشان دادند که گوسفندان جهت تولید پشم، حفظ باروری در قوچ‌ها و حفظ محتوای روی پلاسمایی حداقل به دو برابر میزان تعیین‌شده برای احتیاجات نگهداری نیازمندند (۳۲ در

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار، و استادیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

(Email: zeinoaldini@ut.ac.ir

*) نویسنده مسئول:

DOI://10.22067/ijasr.2023.82471.1142

یخ‌گشایی دارد (Wu et al., 2015; Berkovitz et al., 2018). افزودن $50\mu\text{M}$ روی به محیط انجماد به ترتیب سبب افزایش ۱۸۴-۲۶ درصد و ۱۳۰ درصد در جنبایی کل و جنبایی پیش‌رونده اسپرم انسان شده است. علاوه‌براین، روی یکپارچگی ژنوم (Tuerk and Blazak and Overstreet, 2009)، استقامت کروموزومی (Kotdawala et al., 2012; Bettger 1982)، غشای پلاسمایی (Kendall et al., 2000; O'Dell, 1981) و ریخت‌شناسی اسپرم را طی فرآیند انجماد محافظت می‌نماید. با توجه به اینکه تحقیقی بر روی اثرات افزودن نانوذرات اکسیدروی سبز در رقیق‌کننده بر کیفیت منی قوچ پس از انجماد و اثرات ضد باکتریایی آن انجام نشده است، لذا این تحقیق انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

تولید نانوذرات روی سبز:

با استفاده از فرآیند سبز (استفاده از فرآورده‌های گیاهی و با استفاده از بیومولکول‌های موجود در عصاره گیاه شامل تانن‌ها، فنل‌ها، پروتئین‌های آزاد و ...) جهت تولید نانوذرات اکسید روی گلبرگ‌های زعفران جمع‌آوری و خشک شد. سپس ۵۰ میلی‌لیتر از عصاره آبی حاصل با محلول ۱۰۰ میلی‌لیتر استات روی دی‌هیدرات 0.02M (به‌عنوان منبع روی) مخلوط گردید و دو تا سه ساعت در دمای $^{\circ}\text{C}$ ۷۰ قرار داده شد. تغییر رنگ محلول را پس از گذشت ۱۰ دقیقه از قهوه‌ای به کرم روشن صورت می‌گیرد. محصول کرم‌رنگ روشن حاصل به‌وسیله سانتریفوژ جمع‌آوری گردید. تغییر رنگ محلول نشان‌دهنده سنتز کامل نانوذرات اکسید روی است. سپس محصول را با آب دو بار تقطیر شسته و در دمای $^{\circ}\text{C}$ ۱۰۰ برای دو ساعت خشک گردید (Ahmadi Shadmehri et al., 2019). خواص ساختاری، مورفولوژیکی و نوری نانوذرات اکسید روی تولید شده از عصاره گلبرگ زعفران با استفاده از روش‌های طیف‌سنجی UV-Vis، TEM و FESEM در آزمایشگاه دانشگاه علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد تهران تعیین گردید. این نانوذرات از لحاظ مورفولوژی شبه کروی و استوانه‌ای با اندازه ذرات یک تا ۵۰ نانومتر با میانگین $22/9$ نانومتر بودند و با بیومولکول‌های موجود در عصاره گلبرگ زعفران پوشیده شده بود (شکل ۱).

اسپرم‌گیری:

از شش سر قوچ نژاد افشاری بالغ و سالم با استفاده از مهبل مصنوعی اسپرم‌گیری گردید و به آزمایشگاه انتقال یافت. ابتدا اسپرم‌ها از نظر آلودگی‌های ماکروسکوپی و همچنین کیفیت تحرک با میکروسکوپ فاز کنتراست ارزیابی گردیدند و در صورت دارا بودن تحرک کل بیش از ۷۰ درصد، نمونه‌ها باهم مخلوط شد. غلظت نمونه

ترکیبات شیمیایی / حلال‌های آلی به‌عنوان عوامل کاهش‌دهنده هستند که سمی می‌باشند و در نتیجه، خطر قابل‌توجهی را برای محیط‌زیست ایجاد می‌کنند. شیمی سبز خطر آلودگی در سطح منبع را کاهش می‌دهد و به‌جای تولید زباله، می‌تواند از مواد دورریز به‌عنوان منبع تولید نانوذرات استفاده کند. این فناوری بر انتخاب واکنش‌هایی که سازگار با محیط هستند، تمرکز می‌کند (Goodarzi et al., 2014). استفاده از عصاره‌های گیاهی به‌شدت نیاز به مواد شیمیایی را کاهش داده‌اند. باید اشاره شود که عصاره‌های گیاهی دارای مولکول‌های زیستی متعددی مثل پلی‌فنول‌ها، فلاونوئیدها، کربونیل و ترکیبات پروتئینی هستند. این ترکیبات زیست مولکولی می‌توانند به‌عنوان عوامل و الگوهای پوشش سبز عمل کنند و بر این اساس، می‌توانند نقش محوری در فرآیند تولید بازی کنند که اثرات سمی کمتری بر روی سلول‌ها دارند (Lam et al., 2021). استفاده از فیتوکاتالیز برای تولید نانوذرات باعث تغییر در اندازه ذرات تولیدی شده که باعث تغییر ظرفیت جذبی و قدرت جذب رادیکال‌های آزاد می‌گردد (López-López et al., 2021). شواهد متعددی وجود دارد که ذرات نانو تولیدشده به‌روش سبز سمیت سلولی کمتری نسبت به ذرات نانو تولیدشده به‌روش شیمیایی دارند (Hua et al., 2014; Shubha et al., 2019).

روی دارای اثر ضد باکتریایی است. نانوذرات اکسید روی باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی را از بین می‌برد و همچنین علیه اسپورها که به دما و فشار بالا مقاوم هستند، مؤثر است (Björndahl et al., 1986). اولین بار در سال ۱۹۲۱ وجود روی در اسپرم گزارش گردید (Bertrand and Vladesco, 1921). از آن زمان، مطالعات گسترده‌ای بر روی نقش Zn^{+2} در تولیدمثل جنس نر انجام شده است. غلظت روی مایع منی با جمعیت اسپرم رابطه دارد (Liu et al., 2006; Mankad et al., 2009). و کمبود تغذیه‌ای روی باعث کاهش کیفیت اسپرم و ناباروری در نرها می‌گردد (Colagar et al., 2009).

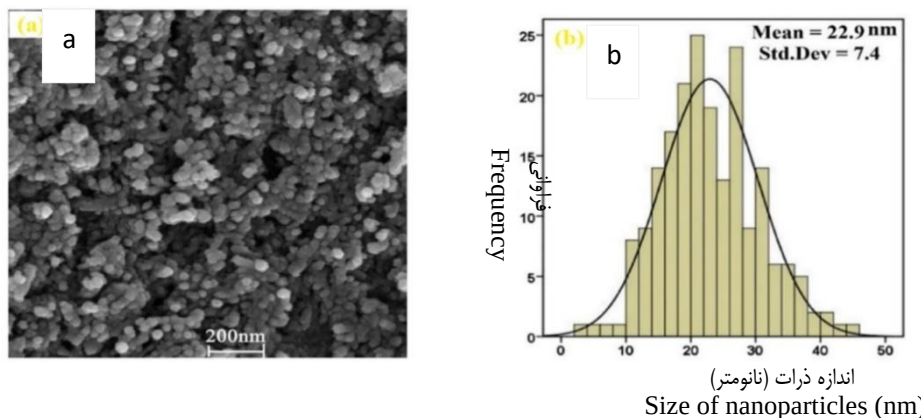
انجماد از راه‌های مختلفی نظیر کاهش ظرفیت لقاح، کاهش تحرک، تغییرات ریخت‌شناسی (مانند دم پیچیده)، کاهش زنده‌مانی (Nallella et al., 2004)، آسیب به غشای سلولی (Critser et al., 1988)، قطعه قطعه شدن DNA (Aitken et al., 2009; Zribi et al., 2010) و کاهش عملکرد میتوکندریایی (O'Connell et al., 2002) بر سلول‌های اسپرم اثر می‌گذارد.

افزودن پیش‌سازهای آنتی‌اکسیدانی مثل روی به محیط انجماد به‌طور گسترده‌ای جهت بهبود ظرفیت لقاح و ممانعت از آسیب‌های اکسیداتیو استفاده می‌گردد (Donnelly et Ching Kuang, 1991; al., 1999).

مطالعات جدید نشان می‌دهند که افزودن روی به انزال مردان قبل از انجمادسازی اثرات مفیدی بر زنده‌مانی و تحرک پس از

فرمول مقدار رقیق‌کننده لازم جهت ۴۰۰ میلیون اسپرم در هر میلی‌لیتر محاسبه گردید.

حاصل با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Spermacue, IMV Corp., Minneapolis, MN, USA) اندازه‌گیری گردید و طبق



شکل ۱- (a) تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی نانوذرات اکسید روی سبز و (b) دیاگرام توزیع اندازه نانوذرات اکسید روی سبز
Figure 1- (a) FE-SEM picture of ZnO₂ nanoparticles and (b) Size distribution diagram of ZnO₂ nanoparticles

(OIE, 2012) (جدول ۱). تیمارها شامل چهار سطح آنتی بیوتیک و چهار سطح نانوذرات اکسید روی بصورت فاکتوریل در ۱۶ تیمار طراحی شد. چهار تیمار آنتی‌بیوتیکی شامل صفر، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ درصد توصیه شده و چهار تیمار نانوذرات اکسید روی سبز شامل غلظت‌های صفر، ۷/۵، ۱۰ و ۱۲/۵ میکروگرم بر میلی‌لیتر بود (Saravanan et al., 2018) (جدول ۲).

پس از رقیق‌سازی اسپرم، به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم ۳۵ درجه سانتی‌گراد باقی ماندند و سپس به مدت دو ساعت در یخچال چهار درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. برای انجماد از پایوت‌های ۰/۵ سی‌سی (شرکت مینی تیوب فرانسه) استفاده گردید قبل از پر شدن پایوت‌ها، شماره تیمار و تاریخ انجماد بر روی پایوت‌ها توسط دستگاه جت پرینتر (IMV) درج گردید. پس از طی زمان دو ساعت با استفاده از دستگاه پرن و بسته‌بندی خودکار (IMV) هر تیمار در پایوت مربوطه پر شد و برای ۱۵ دقیقه در یخچال باقی ماند. سپس به صندوق انجماد انتقال و طبق دستورالعمل دونوان و همکاران (Donovan et al., 2001) که برای سیستم برنامه‌ریزی گردید، پایوت‌ها منجمد و در داخل ازت مایع ذخیره گردید. برای هر آزمایش حداقل سه نمونه در نظر گرفته شد.

ارزیابی پس از انجماد و یخ‌گشایی توسط میکروسکوپ فاز کنتراست متصل به دوربین جهت بررسی با نرم‌افزار کاسا (سیستم آنالیز اسپرم HFT CASA، ساخت شرکت مهندسی هوشمند فن‌آور) و با بزرگنمایی 10x انجام گردید. جهت اندازه‌گیری تحرک اسپرم، براساس داده‌های کاسا و براساس طبقه‌بندی سازمان بهداشت جهانی^۳

جهت کالبره نمودن دستگاه اسپکترومتر، ابتدا ضریب تصحیح را اعمال نموده و سپس با استفاده از دستگاه دایلاتور داخل کیووت‌های مخصوص ۸۰ میکرولیتر نرمال سالین ریخته شد و پس از قرارگیری در جایگاه کیووت در دستگاه اسپکتروفتومتر، این مقدار برابر با صفر در نظر گرفته شد و دستگاه صفر گردید. ۲۰ میکرولیتر از محلول منی با استفاده از دایلاتور^۱ برداشته و با ۸۰ میکرولیتر نرمال سالین مخلوط گردید و در دستگاه قرار داده و دستگاه با استفاده از میزان شکست نور، غلظت اسپرم در مایع منی را نشان می‌دهد.

رقیق‌سازی و انجماد:

جهت رقیق‌سازی اسپرم کوچ از روش پاردی و همکاران (Purdy et al., 2010) استفاده گردید. قبل از افزودن تیمارها، رقیق‌کننده دو بار به مدت ۱۰ دقیقه با (g) ۱۰۰۰۰ سانتریفوژ گردید و مواد جامد جمع شده در انتهای لوله جداسازی و دور ریخته شد. مقدار رقیق‌کننده مورد نیاز به ۱۶ قسمت مساوی تقسیم و طبق تصویر و جدول زیر تیمارها به آن اضافه گردید (شکل ۲).

مقدار توصیه شده آنتی‌بیوتیک توسط سازمان بهداشت جهانی دام^۲ ۵۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر جنتامیسین (Gentamax ساخت شرکت رویان دارو) به علاوه ۳۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر لینکواسپکتین (Lincoject S ساخت شرکت رویان دارو) به همراه ۱۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر تایلوژین (Tyloject 20% ساخت شرکت رازک) بود

1- Diluter

2- The World Organisation for Animal Health (WOAH, founded as OIE)

3- World Health Organization

اسپرم‌ها به گروه‌های تحرک پیش‌رونده سریع (بیشتر از ۲۵ میکرومتر بر ثانیه)، متحرک پیش‌رونده (بین ۵ تا ۲۵ میکرومتر بر ثانیه)، دارای بر ثانیه)، متحرک پیش‌رونده (بین ۵ تا ۲۵ میکرومتر بر ثانیه)، دارای

دم متحرک (کمتر از پنج میکرومتر بر ثانیه) و عدم تحرک (فاقد تحرک) طبقه‌بندی گردید (Mortimer et al., 2022).

جدول ۱- اجزای چهار سطح تیمار آنتی‌بیوتیک (A1-A4) اضافه شده به رقیق‌کننده منی قوچ

Table 1- Components of four antibiotic treatment levels (A1-A4) used to ram semen diluent

سطوح آنتی‌بیوتیک	جنتامایسین (میکروگرم بر میلی‌لیتر)	لینکوسپکتین (میکروگرم بر میلی‌گرم)	تایلوزین (میکروگرم بر میلی‌گرم)
Antibiotic levels	Gentamicin (μg/ml)	Linco-spectin (μg/ml)	Tylosin (μg/ml)
A1	0	0	0
A2	250	150	50
A3	375	225	75
A4	500	300	100

جدول ۲- چهار سطح تیمارهای نانوذرات اکسید روی سبز بکار رفته جهت رقیق سازی منی قوچ

Table 2- Four treatment levels of green zinc oxide nanoparticles used for ram semen dilution

مقدار (میکروگرم بر میلی‌گرم)	سطوح نانوذرات اکسید روی سبز
Amount (μg/mg)	gZnO nanoparticles levels
0	GZnO1
7.5	GZnO 2
10	GZnO 3
12.5	GZnO 4

طرح به این صورت بود:

$$y_{ijk} = \mu + A_i + Z_j + (AZ)_{ij} + e_{ijk}; (i=1,2,3,4; j=1,2,3,4; k=1,2,3)$$

که در آن، μ : میانگین کل اثر، A_i : اثر سطح i ام تیمار آنتی‌بیوتیک، Z_j : اثر سطح j ام نانوذرات اکسید روی، $(AZ)_{ij}$: اثر متقابل میان سطح i ام آنتی‌بیوتیک و سطح j ام نانوذرات اکسید روی و e_{ijk} : مقدار خطای تصادفی می باشد.

نتایج و بحث

تحرک پیش‌رونده سریع:

در تحرک پیش‌رونده سریع اثر نانوذرات اکسید روی ($P < 0.01$) و اثر آنتی‌بیوتیک ($P < 0.05$) معنی‌دار بود و اثرات متقابل معنی‌دار نشد (جدول ۳). سطوح ۷/۵ و ۱۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر نانوذرات اکسید روی سبز به‌صورت معنی‌داری ($P < 0.01$) باعث بهبود درصد اسپرم‌های پیش‌رونده سریع شدند. اثر آنتی‌بیوتیک بر درصد اسپرم‌های پیش‌رونده سریع معنی‌دار ($P < 0.05$) بود، به‌طوری‌که تیمار دارای ۷۵ درصد مقدار آنتی‌بیوتیک دارای کمترین درصد تحرک پیش‌رونده سریع بود و بین سایر سطوح اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. اثرات متقابل تیمارهای دارای ۵۰ درصد و ۷۵ درصد آنتی‌بیوتیک همراه با ۷/۵ و ۱۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر نانوذرات اکسید روی سبز دارای درصد اسپرم پیش‌رونده سریع بیشتری بودند جدول ۳ و جدول ۴).

جهت بررسی عملکرد یکپارچگی غشا از روش آزمون عملکرد یکپارچگی غشا (HOST) استفاده شد (Jeyendran et al., 1992) از هر تیمار سه نمونه مورد ارزیابی قرار گرفت. جهت بررسی قدرت ضد باکتریایی تیمارها از هر تکرار دو نمونه پایوت از هر تیمار به‌صورت تصادفی از انجماد خارج شد و پنج میکرولیتر از نمونه طبق دستورالعمل آزمایشگاه مرکزی جهاد دانشگاهی مشهد رقیق‌سازی و بر روی ظروف آگار- خون گوسفندی کشت داده شد. هر محیط کشت به‌مدت ۲۴ ساعت در انکوباتور ۳۷ درجه سانتی‌گراد باقی ماند و سپس تعداد کلنی‌های تشکیل شده شمارش گردید. مقدار گزارش شده براساس تعداد واحد کلنی تشکیل شده در هر میلی‌لیتر (CFU/ml) اسپرم گزارش گردید (Mitra et al., 2016).

معادله (۱): محاسبه بار میکروبی

$$CFU/ml = ((P1+P2/2) \times 10^3) \times V$$

که در آن، $P1$: تعداد کلنی ظرف اول، $P2$: تعداد کلنی ظرف دوم، 10^3 : مقدار رقیق‌سازی و ضرب V : حجم منی استحصال‌شده از هر قوچ می‌باشند.

روش آماری:

آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی به‌روش فاکتوریل 4×4 با دو عامل اصلی شامل نانوذرات اکسید روی سبز در چهار سطح و آنتی‌بیوتیک در چهار سطح انجام و برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از رویه GLM نرم‌افزار آماری SAS (Ver 9.3) استفاده شد. مقایسه میانگین داده‌ها توسط آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. نمودارها با کمک نرم‌افزار Excel رسم شد. مدل خطی آماری

جدول ۳- تجزیه واریانس تحرک پیش‌رونده سریع اسپرم در منی منجمد-یخ‌گشایی شده

Table 3- ANOVA sources of variation in sperm rapid progressive motility in froze-thawed semen

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	مجموع مربعات نوع سوم Type III SS	میانگین مربعات Mean of squares	آماره F F value	سطح معنی‌داری Pr > F
نانوذرات اکسید روی سبز gZnO nanoparticles	3	1021.17	340.39	39.37	<0.001
آنتی‌بیوتیک Antibiotic	3	77.50	25.83	2.99	0/046
اثر متقابل Interaction	9	109.33	12.15	1.41	0.227

تحرک پیش‌رونده:

اثر تیمار نانوذرات اکسید روی سبز بر اسپرم دارای تحرک پیش‌رونده معنی‌دار ($P < 0/01$) بود، اما اثر آنتی‌بیوتیک و اثرات متقابل در این بخش معنی‌دار نبود (جدول ۴ و جدول ۶).

اسپرم‌های دارای دم متحرک:

اثر سطوح مختلف نانوذرات روی سبز بر اسپرم‌های دارای فقط تحرک دم معنی‌دار ($P < 0/01$) بود، به‌طوری‌که تیمارهای فاقد

نانوذرات اکسید روی سبز و سطح ۱۲/۵ میکروگرم بر میلی‌لیتر دارای بیشترین مقدار بودند. همچنین سطح ۱۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر نانوذرات اکسید روی سبز نسبت به سطح ۷/۵ میکروگرم بر میلی‌لیتر باعث کاهش معنی‌دار ($P < 0/01$) اسپرم دارای فقط تحرک دم گردید. اثر سطوح مختلف آنتی‌بیوتیک بر اسپرم‌های دارای فقط دم متحرک معنی‌دار نبود. اثرات متقابل معنی‌دار بود و سطوح فاقد نانوذرات اکسید روی و سطوح دارای ۱۲/۵ میکروگرم بر میلی‌لیتر به‌طور معنی‌داری باعث افزایش درصد اسپرم‌های دارای فقط دم متحرک گردیدند.

جدول ۴- تجزیه واریانس تحرک پیش‌رونده اسپرم در منی منجمد-یخ‌گشایی شده

Table 3- ANOVA sources of variation in sperm progressive motility in froze-thawed semen

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	مجموع مربعات نوع سوم Type III SS	میانگین مربعات Mean of squares	آماره F F value	سطح معنی‌داری Pr > F
نانوذرات اکسید روی سبز gZnO nanoparticles	3	775.83	285.61	8.10	<0.0004
آنتی‌بیوتیک Antibiotic	3	118.83	39.61	1.24	0.3113
اثر متقابل Interaction	9	273.33	30.59	0.96	0.4914

جدول ۵- تجزیه واریانس تحرک پیش‌رونده کل اسپرم در منی منجمد-یخ‌گشایی شده

Table 5- ANOVA sources of variation in sperm total progressive motility in froze-thawed semen

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	مجموع مربعات نوع سوم Type III SS	میانگین مربعات Mean of squares	آماره F F value	سطح معنی‌داری Pr > F
نانوذرات اکسید روی سبز gZnO nanoparticles	3	3163.17	1054.39	26.44	0.0001>
آنتی‌بیوتیک Antibiotic	3	8.50	2.83	0.07	0.98
اثر متقابل Interaction	9	243.00	27.00	0.68	0.72

درصد اسپرم‌های دارای تحرک پیش‌رونده (سریع + متوسط):

همان‌طور که در جدول ۵ و جدول ۶ نتایج نشان می‌دهد، اثر تیمارها بر تحرک پیش‌رونده کل که شامل بخش تحرک پیش‌رونده سریع و تحرک پیش‌رونده می‌باشد نیز بررسی گردید، به‌طوری‌که اثر نانوذرات اکسید روی بر تحرک پیش‌رونده کل معنی‌دار ($P < 0.01$) بود لیکن اثر آنتی‌بیوتیک و اثرات متقابل بر تحرک پیش‌رونده کل معنی‌دار نبود. اثر غلظت‌های مختلف آنتی‌بیوتیک بر کیفیت تحرک اسپرم معنی‌دار نبود.

اخیراً با افزودن نانوذرات اکسید روی تهیه‌شده به‌روش سبز نشان داده شد که افزودن غلظت‌های ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میکروگرم بر میلی‌لیتر به رقیق‌کننده منی قوچ نسبت به شاهد (فاقد نانوذرات اکسید روی) باعث افزایش کیفیت جنمایی^۱ گردید. در این پژوهش، تحرک کل اسپرم و حرکت پیش‌رونده به‌طور معنی‌داری بهبود یافت (Fadl et al., 2022). در پژوهشی، با افزودن نانوذرات روی به رقیق‌کننده منی در طی فرآیند انجماد اسپرم گاو نیز مشاهده نمودند که نانوذرات روی باعث تثبیت پراکسیداسیون لیپیدهای غشا و افزایش فعالیت میتوکندریایی و عملکردی اسپرم می‌گردد، بدون اینکه اثر منفی بر روی فراسنجه‌های تحرک اسپرم داشته باشد (Jahanbin et al., 2015). این تفاوت در نتایج، به دو دلیل می‌تواند باشد. اول اینکه اختلافات گونه‌ای می‌تواند باعث ایجاد نتایج متفاوت باشد و دوم اینکه منبع نانوذرات روی با هم اختلاف داشت. در پژوهشی دیگر نشان داد که غلظت‌های بیشتر از یک میکرو لیتر در میلی‌لیتر نانوذرات روی اثرات سمی بر اسپرم داشت. در پژوهشی که برای بررسی اثرات روی معمولی، نانوذرات روی شیمیایی و نانوذرات روی سبز بر بهبود کیفیت اسپرم موش انجام شد، نتایج به‌وضوح نشان می‌داد که نانوذرات اکسید روی سبز به‌طور معنی‌داری اثر بهتری نسبت به سایر اشکال روی داشت. آن‌ها نتیجه‌گیری نمودند که نانوذرات اکسید روی سبز نسبت به سایر اشکال روی، در سم‌زدایی سلول‌های اسپرم مؤثرتر عمل می‌کند (Erfani Majd et al., 2021). برخلاف یافته‌های ما نشان داده شده است که افزودن نانوذرات روی صنعتی به رقیق‌کننده منی مردان باعث افزایش معنی‌داری در تحرک کل و تحرک پیش‌رونده اسپرم منجمد- یخ‌گشایی شده نسبت به شاهد نشد، اما در کل اسپرم‌هایی که با نانوذرات روی تیمار شده بودند، عملکرد بهتری نسبت به شاهد داشتند (Isaac et al., 2017).

افزودن ۰/۱ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر نانوذرات اکسید روی به رقیق‌کننده منی قوچ باعث افزایش تحرک پیش‌رونده و تحرک کل گردید و همچنین باعث کاهش نشانگرهای^۲ اکسیداتیو گردید

(Heidari et al., 2018). غلظت روی همبستگی مثبتی با اسپرماتوزوا نرمال از نظر ریخت‌شناسی دارد و با افزایش مقدار اسپرم‌های نرمال، مقدار تحرک و تحرک پیش‌رونده به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یافت (Henkel et al., 1999). آن‌ها نتیجه‌گیری نمودند که روی با ایجاد پل‌های دی‌سولفیدی در دم اسپرم باعث سفت شدن فلاژلوم می‌شود که از پیش‌نیازهای آغاز تحرک اسپرم به‌ویژه تحرک پیش‌رونده می‌باشد. تحقیقی جدید نشان داد که افزودن نانوذرات اکسید روی باعث افزایش سرعت مسیر طی شده اسپرم گردید. در پژوهش آن‌ها که بر روی خروس انجام گرفت، افزودن نانوذرات روی به محلول رقیق‌کننده اثر معنی‌داری بر فراسنجه‌های تحرک نداشت (Zhandi et al., 2020).

در پژوهشی جدید، با افزودن نانوذرات اکسید روی سبز (۰، ۱، ۵ و ۲۵ میکروگرم بر میلی‌لیتر) به رقیق‌کننده اسپرم قوچ و نگهداری آن‌ها در دمای چهار درجه سانتی‌گراد نشان دادند که افزودن یک میکروگرم نانوذرات اکسید روی سبز باعث افزایش تحرک کل و زنده‌مانی اسپرم نسبت به سایر تیمارها شد. همچنین آن‌ها نشان دادند که افزایش غلظت نانوذرات اکسید روی سبز (۲۵ میکروگرم بر میلی‌لیتر) باعث بروز اثرات سمی بر روی اسپرم می‌شود، اما با افزایش نانوذرات اکسید روی میزان تولید H_2O_2 در رقیق‌کننده کاهش می‌یافت (Soltani et al., 2022).

عملکرد یکپارچگی غشا:

اثر تیمار نانوذرات اکسید روی بر عملکرد یکپارچگی غشا معنی‌دار ($P < 0.05$) بود، اما اثر تیمار آنتی‌بیوتیک و اثرات متقابل معنی‌دار نبود (جدول ۷). افزودن ۷/۵ میکروگرم بر میلی‌لیتر نانوذرات اکسید روی سبز به‌طور معنی‌داری ($P < 0.05$) کیفیت عملکرد یکپارچگی غشای اسپرم را نسبت به سایر گروه‌ها افزایش داد (شکل ۲ و جدول ۶). افزودن آنتی‌بیوتیک اثر معنی‌داری بر کیفیت عملکرد غشای اسپرم نداشت.

اگرچه اثر رابطه متقابل معنی‌دار نشد، اما گروه‌های دارای ۷/۵ میکروگرم بر میلی‌لیتر نانوذرات اکسید روی به همراه ۵۰ و ۷۵ درصد آنتی‌بیوتیک باعث حفظ بهتر عملکرد یکپارچگی غشای اسپرم نسبت به سایر گروه‌های تیماری شدند.

جدول ۶- اثرات افزودن نانوذرات اکسید روی سبز و آنتی‌بیوتیک به محیط رقیق‌کننده بر کیفیت اسپرم در منی منجمد- یخ‌گشایی شده

Table 6- Effects of adding green zinc oxide nanoparticles and antibiotics to diluent on sperm quality in froze-thawed semen

تیمارها Treatments		تحرک پیش‌رونده سریع (درصد) (انحراف معیار ± میانگین) Fast progressive motility (%) (std error±Mean)	تحرک پیش‌رونده (درصد) (انحراف معیار ± میانگین) Progressive motility(%) (std error±mean)	تحرک پیش‌رونده سریع + تحرک پیش‌رونده (درصد) (انحراف معیار ± میانگین) Fast progressive motility+ progressive motility (%) (std error±mean)	عملکرد یکپارچگی غشا (درصد) (انحراف معیار ± میانگین) Membrane integrity function (%) (std error±mean)
مقدار آنتی‌بیوتیک (درصد)	0	21.58±0.85 ^b	22.67±1/63 ^a	44.25±1.82 ^a	68.17±1.56 ^a
Amount of antibiotic(%)	50	23.33±0.85 ^a	21.33±1.63 ^a	44.67±1.82 ^a	66.33±1.56 ^a
	75	25.08±0.85 ^a	18.42±1.63 ^a	43.50±1.82 ^a	67.25±1.56 ^a
(µg/ml)	100	22.67±0.85 ^b	21.58±1.63 ^a	44.25±1.82 ^a	66.00±1.56 ^a
مقدار نانوذرات اکسید روی	0	21.17±0.85 ^b	22.17±1.63 ^a	43.33±1.82 ^b	60.92±1.56 ^c
سبز (میکروگرم بر میلی لیتر)	7.5	26.25±0.85 ^a	25.67±1.63 ^a	51.92±1.82 ^a	71.25±1.56 ^a
	10	25.58±0.85 ^a	21.58±1.63 ^a	50.17±1.82 ^a	69.92±1.56 ^{ab}
Amount of gZnO (%) (µg/ml)	12.5	16.67±0.85 ^c	14.58±1.63 ^b	31.25±1.82 ^c	65.67±1.56 ^b
رابطه متقابل آنتی‌بیوتیک × نانوذرات اکسید روی سبز Intractions of antibiotic×gZnO	GZnO0×A0	18.00±1.70 ^e	21.00±3.26 ^{abcd}	39.00±3.65 ^{cde}	59.67±3.12 ^{de}
	GZnO0×A50	20.00±1.70 ^{de}	27.00±3.26 ^{ab}	47.00±3.65 ^{abc}	57.67±3.12 ^e
	GZnO0×A75	23.33±1.70 ^{ce}	18.68±3.26 ^{bcd}	42.00±3.65 ^{bcd}	64.33±3.12 ^e
	GZnO0×A100	23.33±1.70 ^{cd}	22.00±3.26 ^{abcd}	45.33±3.65 ^{abc}	62.00±3.12 ^{cde}
	GZnO7.5×A0	26.00±1.70 ^{bc}	28.33±3.26 ^a	54.33±3.65 ^a	69.67±3.12 ^{abc}
	GZnO7.5×A50	26.67±1.70 ^{bc}	26.33±3.26 ^{ab}	53.00±3.65 ^a	72.67±3.12 ^a
	GZnO7.5×A75	27.67±1.70 ^{abc}	24.00±3.26 ^{abc}	51.67±3.65 ^{ab}	72.67±3.12 ^a
	GZnO7.5×A100	24.67±1.70 ^{cd}	24.00±3.26 ^{abc}	48.67±3.65 ^a	70.00±3.12 ^{abc}
	GZnO10×A0	26.00±1.70 ^{bc}	27.33±3.26 ^{ab}	53.33±3.65 ^a	72.33±3.12 ^{ab}
	GZnO10×A50	30.67±1.70 ^{ab}	16.67±3.26 ^{cd}	47.33±3.65 ^{abc}	71.00±3.12 ^{ab}
	GZnO10×A75	32.33±1.70 ^a	18.33±3.26 ^{bcd}	50.67±3.65 ^{ab}	68.00±3.12 ^{abcd}
	GZnO10×A100	25.33±1.70 ^c	24.00±3.26 ^{abc}	49.33±3.65 ^{abc}	68.33±3.12 ^{abcd}
	GZnO12.5×A0	16.33±1.70 ^e	14.00±3.26 ^d	49.33±3.65 ^{abc}	71.00±3.12 ^{ab}
	GZnO12.5×A50	16.00±1.70 ^e	15.33±3.26 ^{cd}	31.33±3.65 ^a	64.00±3.12 ^{abcde}
	GZnO12.5×A75	17.00±1.70 ^e	12.67±3.26 ^d	29.67±3.65 ^e	64.00±3.12 ^{abcde}
	GZnO12.5×A100	17.33±1.70 ^e	16.33±3.26 ^d	33.67±3.65 ^{de}	63.67±3.12 ^{bcde}

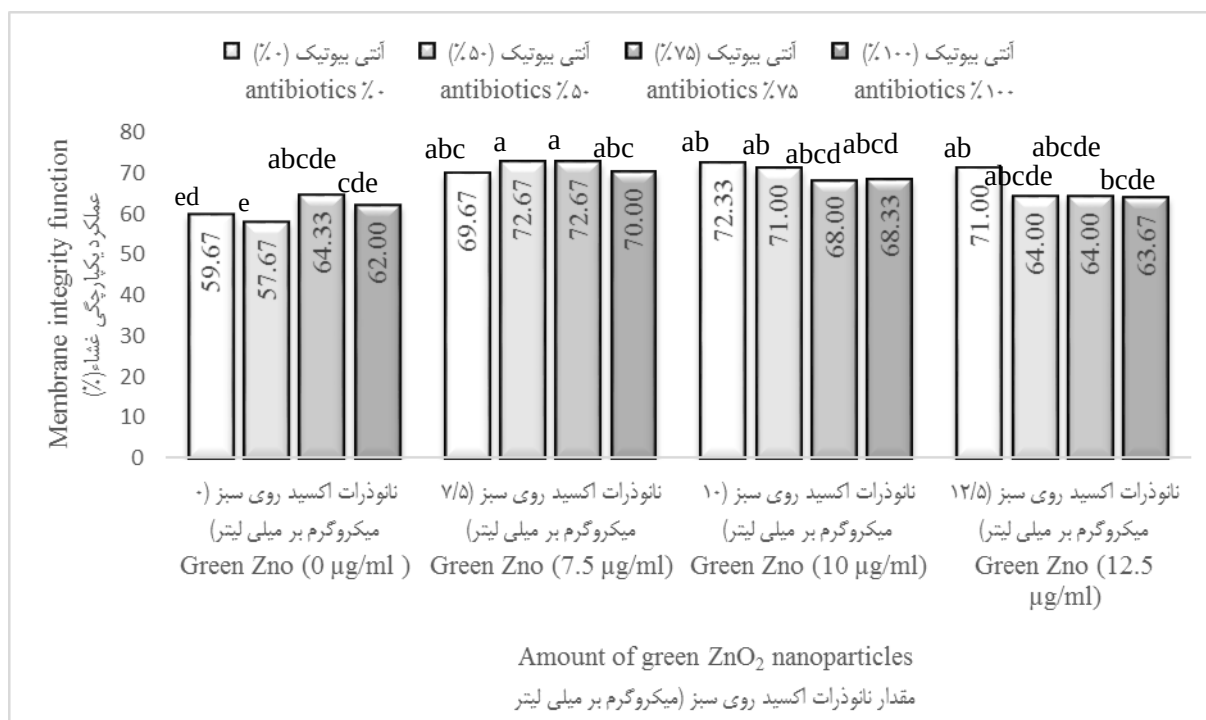
میانگین‌های هر ستون با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی‌دار می باشند (P<0.05).

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

جدول ۷- تجزیه واریانس عملکرد یکپارچگی غشای اسپرم در منی منجمد- یخ‌گشایی شده

Table 7- ANOVA sources of variation in sperm membrane integrity function in froze-thawed semen

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	مجموع مربعات نوع سوم Type III SS	میانگین مربعات Mean of square	آماره F F value	سطح معنی‌داری Pr > F
نانوذرات اکسید روی سبز gZnO nanoparticles	3	784.06	261.35	8.95	0.01
آنتی‌بیوتیک Antibiotic	3	34.23	11.41	0.39	0.76
اثر متقابل Interaction	3	218.52	28.24	0.83	0.79



شکل ۲- اثر سطوح مختلف نانوذرات اکسید روی سبز و آنتی بیوتیک بر عملکرد یکپارچگی غشای اسپرم در منی منجمد- یخ‌گشایی شده میانگین‌های هر ستون با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P < 0.05$).

Figure 2- The effect of different levels of green ZnO₂ nanoparticles and Antibiotics on sperm membrane integrity function (HOST) in froze-thawed semen

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

(Hezavehei et al., 2018). افزودن نانوذرات روی (تهیه شده به روش شیمیایی) به منی خروس باعث بهبود کارکرد غشای پلاسمایی اسپرم گردید (Zhandi et al., 2020) در این پژوهش افزودن یک میکروگرم بر میلی‌لیتر نانوذرات اکسید روی دارای بهترین اثر در بهبود کیفیت غشای پلاسمایی داشت و غلظت بالاتر با اثرات سمی ایجاد شده باعث کاهش این قابلیت می‌شد. آزمایش‌های ما نشان داد که افزودن نانوذرات اکسید روی سبز با غلظت‌های ۷/۵ و ۱۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر باعث بهبود کیفیت غشای اسپرم گردید و سمیت نانوذرات اکسید روی سبز در غلظت ۱۲/۵ میکروگرم بر میلی‌لیتر ظاهر شد. این اختلاف می‌تواند به دلیل منبع مورد استفاده که همان‌طور که قبلاً اشاره شد، فاقد مواد شیمیایی مضر است و همچنین اختلافات گونه‌ای بروز نموده باشد.

افزودن نانوذرات اکسید روی سبز به رقیق‌کننده اسپرم قوچ باعث افزایش عملکرد سلامت غشای اسپرم گردید. آن‌ها نشان دادند که افزودن یک میکروگرم بر میلی‌لیتر نانوذرات اکسید روی سبز به رقیق‌کننده اسپرم قوچ باعث افزایش عملکرد سلامت غشا، افزایش فعالیت سوپراکسید دسموتاز (SOD) و ظرفیت کل آنتی‌اکسیدانی (TAC) و کاهش مالونیل دی‌آلدهید (MDA) نسبت به گروه شاهد و گروه‌های با غلظت بالاتر نانوذرات اکسید روی گردید (Soltani et al., 2018).

فرآیند انجماد باعث افزایش گونه‌های فعال اکسیژن می‌گردد (Aitken, 1995). حضور مواد آنتی‌اکسیدان در سیتوپلاسم سلول‌ها به فراوانی وجود دارد که مانع اثرات زیان‌بار گونه‌های فعال اکسیژن بر سلول‌ها می‌گردند، اما در اسپرم به دلیل اینکه اکثر مواد سیتوپلاسمی خود را در حین تمایز از دست می‌دهد، وجود مواد آنتی‌اکسیدان در رقیق‌کننده باعث بهبود کیفیت اسپرم قوچ در زمان نگهداری طولانی‌مدت می‌گردد (Aisen et al., 2002). ما در پژوهشی نشان دادیم که غشای اسپرم نشخوارکنندگان غنی از اسیدهای چرب غیر اشباع است (Khoshvaght et al., 2016) و این اسیدهای چرب به شدت تحت تأثیر گونه‌های فعال اکسیژن قرار می‌گیرند. نانوذرات اکسید روی احتمالاً در نقش کوفاکتور باعث فعال شدن آنزیم‌های مختلف آنتی‌اکسیدان گردیده و نقش محافظتی در مقابل گونه‌های اکسیژن فعال دارد (Rahman et al., Hosny et al., 2020)؛ همچنین نشان داده شده است که روی نقش پاک‌کنندگی رادیکال‌های آزاد را دارد و با یونیزه نمودن آن‌ها باعث کاهش پراکسیداسیون لیپیدها شده و نشان دادند که نقش فرامحافظتی در مقابل پراکسیداسیون دارد (Sood et al., 2011).

نشان داده شده است که انجماد و ذوب اسپرم باعث آسیب‌های جدی به غشای اسپرم، تحرک، زنده‌مانی و قابلیت باروری می‌گردد

(al., 2022).

بار میکروبی:

اثر تیمار نانوذرات اکسید روی بر بار میکروبی کل معنی‌دار ($P < 0.01$) بود. همچنین اثر تیمار آنتی‌بیوتیک بر بار میکروبی معنی‌دار ($P < 0.01$) بود و اثر وابسته به غلظت داشت. اثرات متقابل نیز معنی‌دار ($P < 0.05$) بود، به‌طوری‌که نشان‌دهنده اثر هم‌افزایی بین نانوذرات اکسید روی سبز و آنتی‌بیوتیک بود (شکل ۳ و جدول ۸). مطالعات محققان نشان داد که افزودن آنتی‌بیوتیک به رقیق‌کننده منی گاو اثری بر کیفیت تحرک اسپرم تازه نداشت، اما در نمونه فاقد آنتی‌بیوتیک پس از انجماد-یخ‌گشایی بار میکروبی به‌صورت معنی‌داری افزایش یافت، اما این افزایش بر روی کیفیت تحرک و عملکرد غشای اسپرم اثری نداشت. اگرچه نتایج آن‌ها به‌وضوح نشان داد که افزودن آنتی‌بیوتیک باعث کاهش معنی‌دار حرکت پیش‌رونده اسپرم در نمونه‌های سرد شده (پنج درجه سانتی‌گراد) شد. همچنین حضور آنتی‌بیوتیک در رقیق‌کننده باعث کاهش کیفیت تحرک اسپرم پس از انجماد-یخ‌گشایی گردید (Gloria et al., 2014). نتایج نشان می‌دهد که استفاده از نانوذرات اکسید روی به‌همراه سفالوپورین‌ها، بتالاکتام‌ها و آمینوگلیکوزیدها باعث افزایش فعالیت آنتی‌بیوتیکی علیه میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا می‌گردد (Gaddad et al., 2010; Mulfinger et al., 2007). مطالعات جدید نشان می‌دهد که استفاده هم‌زمان از نانوذرات و آنتی‌بیوتیک نه‌تنها باعث کاهش سمیت هر دو ماده بر سلول‌های انسانی گردید، بلکه باعث افزایش عملکرد آنتی‌بیوتیکی گردید. حتی استفاده هم‌زمان از نانوذرات و آنتی‌بیوتیک باعث معکوس شدن مقاومت به آنتی‌بیوتیکی گردید. نانوذرات باعث افزایش غلظت آنتی‌بیوتیک در محل فعالیت آنتی‌بیوتیک-باکتری می‌گردد و پیوند آنتی‌بیوتیک با میکروارگانیسم را افزایش می‌دهد (Allahverdiyev et al., 2011). نتایج سایر دانشمندان نیز هم‌راستا با پژوهش حاضر بود و اثرات آنتی‌بیوتیکی در مجاورت نانوذرات اکسید روی افزایش یافت (Sharma et al., Banoee et al., 2010). اثرات هم‌افزایی نانوذرات اکسید روی و آنتی‌بیوتیک‌ها اخیراً بسیار مورد اهمیت قرار گرفته است و در تحقیقات مختلف اقدام به ابداع آنتی‌بیوتیک‌های کونژوگه نموده‌اند (Thakral et al., 2021). در پژوهشی نشان داده شد که ترکیب نانوذرات اکسید روی و آمپی‌سیلین باعث افزایش شش برابری قدرت آنتی‌بیوتیکی گردید و نیاز به آنتی‌بیوتیک را به‌شدت کاهش داد (Reyes-Torres et al., 2019).

در تحقیقی که از نانوذرات اکسید روی تهیه شده از عصاره گیاهی در رقیق‌کننده استفاده شد، نشان دادند که با افزایش میزان نانوذرات اکسید روی محیط‌زیست دوست به رقیق‌کننده کیفیت غشای اسپرم افزایش یافت (Fadl et al., 2022). با افزایش مقدار نانوذرات اکسید روی از ۰ به ۱/۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر مقدار یکپارچگی آکروزوم به‌طور معنی‌داری افزایش یافت.

تحقیقات متعددی نشان داده‌اند که افزودن نانوذرات اکسید روی به محلول رقیق‌کننده منی باعث بهبود عملکرد یکپارچگی غشا در قوچ (Heidari et al., 2018)، گاو (Jahanbin et al., 2021) شتر (Shahin et al., 2020) و انسان (Isaac et al., 2017) می‌گردد. نتایج (Arruda et al., 2021) با نتایج به‌دست آمده از تحقیق ما و همچنین تحقیقات سایر پژوهشگران متفاوت بود. در پژوهش فوق، از غلظت‌های ۱۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر نانوذرات اکسید روی صنعتی در رقیق‌کننده منی قوچ استفاده نمودند که آن‌ها دلیل این تفاوت را به‌دلیل واکنش روی با اجزای رقیق‌کننده بیان نمودند، چون اجزای رقیق‌کننده آن‌ها متفاوت بود، همچنین یکی دیگر از دلایل را اختلافات خاص گونه‌ای^۱ بیان نمودند (Arruda et al., 2021).

در پژوهشی که اثرات نانوذرات اکسید روی سبز و شیمیایی بر محافظت از اسپرم موش انجام شد، نشان داده شد که نانوذرات اکسید روی سبز نسبت به همتای شیمیایی خود اثرات محافظتی بهتر و سمیت کمتری داشت (Erfani Majd et al., 2021).

اکسید روی به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان مانع آسیب به غشای پلاسمایی اسپرم می‌گردد. این خاصیت از طریق دو سازوکار قابل توجیه است: حفاظت از سولفیدریل‌های پروتئینی یا در مخالفت^۲ با فلزهای فعال‌کننده‌های واکنش ردوکس^۳ همچون روی و آهن باعث کاهش تشکیل OH. از H₂O₂ می‌گردد (Powell, 2000).

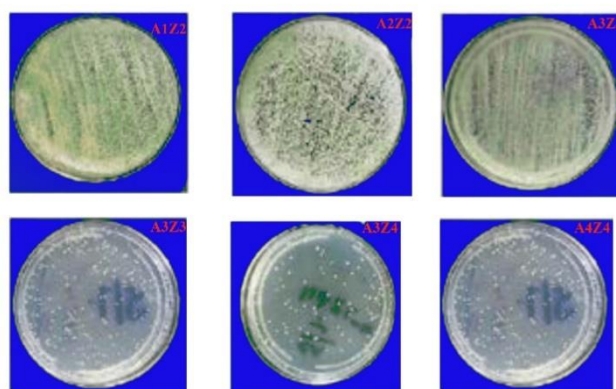
افزودن نانوذرات اکسید روی به منی مردان باعث کاهش معنی‌دار تولید مالون‌دی‌آلدهید^۴ می‌گردد (Isaac et al., 2017). از مالون دی‌آلدهید به‌عنوان نشانه زیستی^۵ پراکسیداسیون غشای سلولی استفاده می‌گردد. مالون دی‌آلدهید در پاسخ به پراکسید شدن لیپیدهای غشا تولید می‌گردد. این تحقیق نشان داد که نانوذرات اکسید روی با کاهش گونه‌های فعال اکسیژن باعث افزایش پایداری غشای اسپرم می‌گردد.

- 1- Species-specific intraction
- 2- Antagonism
- 3- Redox-active transition
- 4- Malondialdehyd (MDA)
- 5- Biomarker

جدول ۸- تجزیه واریانس باریکروبی کل منی منجمد- یخ‌گشایی شده

Table 8- ANOVA sources of variation in total microbial load in froze-thawed semen

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	مجموع مربعات نوع سوم Type III SS	میانگین مربعات Mean of square	آماره F F value	سطح معنی‌داری Pr > F
نانوذرات اکسید روی سبز gZnO nanoparticles	3	301229166.70	100409722.20	47.72	0.0001>
آنتی‌بیوتیک Antibiotic	3	52909722.20	158729166.70	25.15	0.0001>
اثر متقابل Interaction	9	46687500.00	5187500.00	2.47	0.029



شکل ۳- رشد کلنی‌های باکتری در تیمارهای مختلف

Figure 3- The growth of bacterial colonies in different treatments

نتیجه‌گیری کلی

سبز اثرات سمی بر روی اسپرم داشت که توسط سایر پژوهشگران به آن اشاره شده است. استفاده از نانوذرات اکسید روی باعث کاهش مقدار آنتی‌بیوتیک موردنیاز در تولید و فرآیندسازی اسپرم منجمد شده، سمیت سلولی و مقدار مصرف آنتی‌بیوتیک را به شدت کاهش داده و اثرات ضد میکروبی را افزایش می‌دهد. استفاده از نانوذرات اکسید روی سبز در محلول رقیق‌کننده منی علاوه بر افزایش بهبود کیفیت اسپرم منجمد پس از یخ‌گشایی همراه با کاهش مقاومت‌های آنتی‌بیوتیکی می‌تواند باعث کاهش هزینه‌های خرید و نگهداری آنتی‌بیوتیک در مراکز تولید اسپرم منجمد می‌گردد.

همبستگی شدید مثبت بین روی و تحرک کل و تحرک پیش‌رونده به دلیل قدرت بالای آنتی‌اکسیدانی روی، کاهش تولید گونه‌های فعال اکسیژن و کاهش پراکسیداسیون لیپیدی است که از آسیب‌های سلولی ممانعت می‌کند. افزودن نانوذرات اکسید روی به رقیق‌کننده باعث افزایش معنی‌دار کیفیت اسپرم منجمد- یخ‌گشایی شده گردید، به طوری که سطوح ۷/۵ و ۱۰ میلی گرم بر میکرو لیتر دارای بیشترین بهبود در کیفیت پس از انجماد- یخ‌گشایی بودند، اما غلظت‌های بیشتر از ۱۰ میکروگرم بر میلی لیتر نانوذرات اکسید روی

References

- Ahmadi Shadmehri, A., Namvar, F., Miri, H., Yaghmaei, P., & Nakhaei Moghaddam, M. (2019). Assessment of antioxidant and antibacterial activities of zinc oxide nanoparticles, Graphene and graphene decorated by zinc oxide nanoparticles. *International Journal of Nano Dimension*, 10(4), 350-358.
- Aisen, E., Medina, V., & Venturino, A. (2002). Cryopreservation and post-thawed fertility of ram semen frozen in different trehalose concentrations. *Theriogenology*, 57(7), 1801-1808. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(02\)00653-2](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(02)00653-2)
- Aitken, R. J. (1995). Free radicals, lipid peroxidation and sperm function. *Reproduction, Fertility and Development*, 7(4), 659-668. <https://doi.org/10.1071/RD9950659>
- Aitken, R. J., De Iuliis, G. N., & McLachlan, R. I. (2009). Biological and clinical significance of DNA damage in

- the male germ line. *International Journal of Andrology*, 32(1), 46-56. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2605.2008.00943.x>
5. Allahverdiyev, A. M., Abamor, E. S., Bagirova, M., & Rafailovich, M. (2011). Antimicrobial effects of TiO₂ and Ag₂O nanoparticles against drug-resistant bacteria and leishmania parasites. *Future Microbiology*, 6(8), 933-940. <https://doi.org/10.2217/fmb.11.78>
6. Arruda, L. C. P., Tobal, L. F. M., Carneiro, G. F., & Guerra, M. M. P. (2021). Zinc oxide nanoparticles alter the membrane potential of mitochondria from post-thawed ram spermatozoa. *Small Ruminant Research*, 202, 106466. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106466>
7. Banoee, M., Seif, S., Nazari, Z. E., Jafari-Fesharaki, P., Shahverdi, H. R., Moballegh, A., Moghaddam, K. M., & Shahverdi, A. R. (2010). ZnO nanoparticles enhanced antibacterial activity of ciprofloxacin against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*, 93(2), 557-561. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.31615>
8. Berkovitz, A., Allouche-Fitoussi, D., Izhakov, D., & Breitbart, H. (2018). Cryopreservation of human sperm in the presence of Zn²⁺ increases the motility rate. *Journal of Obstetrics and Gynecological Investigations*, 1(1), 6-12. <https://doi.org/10.5114/jogi.2018.73423>
9. Bertrand, G., & Vladesco, M. R. (1921). Role of zinc in reproduction. *Academic of Science*, 173, 176-179.
10. Bettger, W. J., & O'Dell, B. L. (1981). A critical physiological role of zinc in the structure and function of biomembranes. *Life Sciences*, 28(13), 1425-1438. [https://doi.org/10.1016/0024-3205\(81\)90374-X](https://doi.org/10.1016/0024-3205(81)90374-X)
11. Björndahl, L., Kjellberg, S., Roomans, G. M., & Kvist, U. (1986). The human sperm nucleus takes up zinc at ejaculation. *International Journal of Andrology*, 9(1), 77-80. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2605.1986.tb00869.x>
12. Blazak, W., & Overstreet, J. (1982). Instability of nuclear chromatin in the ejaculated spermatozoa of fertile men. *Reproduction*, 65(2), 331-339. <https://doi.org/10.1530/jrf.0.0650331>
13. Ching Kuang, C. (1991). Vitamin E and oxidative stress. *Free Radical Biology and Medicine*, 11(2), 215-232. [https://doi.org/10.1016/0891-5849\(91\)90174-2](https://doi.org/10.1016/0891-5849(91)90174-2)
14. Chvapil, M. (1973). New aspects in the biological role of zinc: a stabilizer of macromolecules and biological membranes. *Life Sciences*, 13(8), 1041-1049. [https://doi.org/10.1016/0024-3205\(73\)90372-X](https://doi.org/10.1016/0024-3205(73)90372-X)
15. Colagar, A. H., Marzony, E. T., & Chaichi, M. J. (2009). Zinc levels in seminal plasma are associated with sperm quality in fertile and infertile men. *Nutrition Research*, 29(2), 82-88. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2008.11.007>
16. Critser, J. K., Huse-Benda, A. R., Aaker, D. V., Arneson, B. W., & Ball, G. D. (1988). Cryopreservation of human spermatozoa. III. The effect of Cryoprotectants on motility**Presented at the Forty-Third Annual Meeting of The American Fertility Society, September 28 to 30, 1987, Reno, Nevada. *Fertility and Sterility*, 50(2), 314-320. [https://doi.org/10.1016/S0015-0282\(16\)60079-1](https://doi.org/10.1016/S0015-0282(16)60079-1)
17. Donnelly, E. T., McClure, N., & Lewis, S. E. (1999). The effect of ascorbate and α -tocopherol supplementation *in vitro* on DNA integrity and hydrogen peroxide-induced DNA damage in human spermatozoa. *Mutagenesis*, 14(5), 505-512. <https://doi.org/10.1093/mutage/14.5.505>
18. Donovan, A. (2001). AI For Sheep Using Frozen-thawed Semen, *End of Project Reports, Teagasc*, URI: <http://hdl.handle.net/11019/1401>.
19. Erfani Majd, N., Hajirahimi, A., Tabandeh, M. R., & Molaei, R. (2021). Protective effects of green and chemical zinc oxide nanoparticles on testis histology, sperm parameters, oxidative stress markers and androgen production in rats treated with cisplatin. *Cell and Tissue Research*, 384(2), 561-575. <https://doi.org/10.1007/s00441-020-03350-2>
20. Fadl, A., Abdelnaby, E., El-seadawy, I., Kotp, M., El-Maaty, A. M. A., & El-Sherbiny, H. (2022). Eco-friendly synthesized zinc oxide nanoparticles improved frozen-thawed semen quality and antioxidant capacity of rams. *Journal of Advanced Veterinary Research*, 12(3), 259-264.
21. Gaddad, S., Thati, V., Roy, A., Ambika Prasad, M., & Shivannavar, C. (2010). Nanostructured zinc oxide enhances the activity of antibiotics against *Staphylococcus aureus*. *J Biosci Technol*, 1, 64-69.
22. Gloria, A., Contri, A., Wegher, L., Vignola, G., Dellamaria, D., & Carluccio, A. (2014). The effects of antibiotic additions to extenders on fresh and frozen-thawed bull semen. *Animal Reproduction Science*, 150(1-2), 15-23. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2014.08.012>
23. Goodarzi, V., Zamani, H., Bajuli, L., & Moradshahi, A. (2014). Evaluation of antioxidant potential and reduction capacity of some plant extracts in silver nanoparticles' synthesis. *Molecular biology Research Communications*, 3(3), 165.
24. Heidari, J., Seifdavati, J., Mohebodini, H., Sharifi, R. S., & Benemar, H. A. (2018). Effect of nano zinc oxide on post-thaw variables and oxidative status of Moghani ram semen. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 25(1).
25. Henkel, R., Bittner, J., Weber, R., Hüther, F., & Miska, W. (1999). Relevance of zinc in human sperm flagella and its relation to motility. *Fertility and Sterility*, 71(6), 1138-1143. [https://doi.org/10.1016/S0015-0282\(99\)00141-7](https://doi.org/10.1016/S0015-0282(99)00141-7)
26. Hezavehei, M., Sharafi, M., Kouchesfahani, H. M., Henkel, R., Agarwal, A., Esmaeili, V., & Shahverdi, A. (2018). Sperm cryopreservation: A review on current molecular cryobiology and advanced approaches. *J*

- Reproductive Biomedicine Online*, 37(3), 327-339. <https://doi.org/10.1016/j.rbmo.2018.05.012>
27. Hosny, N. S., Hashem, N. M., Morsy, A. S., & Abo-Elezz, Z. R. (2020). Effects of organic selenium on the physiological response, blood metabolites, redox status, semen quality, and fertility of rabbit bucks kept under natural heat stress conditions. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 290. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00290>
28. Hua, J., Vijver, M. G., Richardson, M. K., Ahmad, F., & Peijnenburg, W. J. (2014). Particle-specific toxic effects of differently shaped zinc oxide nanoparticles to zebrafish embryos (*Danio rerio*). *Environmental Toxicology Chemistry*, 33(12), 2859-2868. <https://doi.org/10.1002/etc.2758>
29. Isaac, A. V., Kumari, S., Nair, R., Urs, D. R., Salian, S. R., Kalthur, G., Adiga, S. K., Manikkath, J., Mutalik, S., & Sachdev, D. (2017). Supplementing zinc oxide nanoparticles to cryopreservation medium minimizes the freeze-thaw-induced damage to spermatozoa. *Biochemical Biophysical Research Communications*, 494(3-4), 656-662. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2017.10.112>
30. Jahanbin, R., Yazdanshenas, P., Amin Afshar, M., Mohammadi Sangcheshmeh, A., Varnaseri, H., Chamani, M., Nazaran, M. H., & Bakhtiyarizadeh, M. R. (2015). Effect of zinc nano-complex on bull semen quality after freeze-thawing process. *Animal Production*, 17(2), 371-380. <https://doi.org/10.22059/jap.2015.54040> (In Persian)
31. Jahanbin, R., Yazdanshenas, P., Rahimi, M., Hajarizadeh, A., Tvrdá, E., Nazari, S. A., Mohammadi-Sangcheshmeh, A., & Ghanem, N. (2021). In vivo and in vitro evaluation of bull semen processed with zinc (Zn) nanoparticles. *J Biological Trace Element Research*, 199(1), 126-135. <https://doi.org/10.1007/s12011-020-02153-4>
32. Jeyendran, R., Van der Ven, H., & Zaneveld, L. (1992). The hypoosmotic swelling test: an update. *Archives of Andrology*, 29(2), 105-116.
33. Kendall, N., McMullen, S., Green, A., & Rodway, R. (2000). The effect of a zinc, cobalt and selenium soluble glass bolus on trace element status and semen quality of ram lambs. *Animal Reproduction Science*, 62(4), 277-283. [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(00\)00120-2](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(00)00120-2)
34. Khoshvaght, A., Towhidi, A., Zare-Shahneh, A., Noroozi, M., Zhandi, M., Davachi, N. D., & Karimi, R. (2016). Dietary n-3 PUFAs improve fresh and post-thaw semen quality in Holstein bulls via alteration of sperm fatty acid composition. *J Theriogenology*, 85(5), 807-812. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.10.023>
35. Kotdawala, A. P., Kumar, S., Salian, S. R., Thankachan, P., Govindraj, K., Kumar, P., Kalthur, G., & Adiga, S. K. (2012). Addition of zinc to human ejaculate prior to cryopreservation prevents freeze-thaw-induced DNA damage and preserves sperm function. *J Journal of Assisted Reproduction Genetics*, 29(12), 1447-1453. <https://doi.org/10.1007/s10815-012-9894-8>
36. Lam, S. M., Sin, J. C., Zeng, H., Lin, H., Li, H., Chai, Y. Y., Choong, M. K., & Mohamed, A. R. (2021). Green synthesis of Fe-ZnO nanoparticles with improved sunlight photocatalytic performance for polyethylene film deterioration and bacterial inactivation. *J Materials Science in Semiconductor Processing*, 123, 105574. <https://doi.org/10.1016/j.mssp.2020.105574>
37. Liu, D. Y., Sie, B. S., Liu, M. L., Agresta, F., & Baker, H. G. (2009). Relationship between seminal plasma zinc concentration and spermatozoa-zona pellucida binding and the ZP-induced acrosome reaction in subfertile men. *Asian Journal of Andrology*, 11(4), 499.
38. López-López, J., Tejeda-Ochoa, A., López-Beltrán, A., Herrera-Ramírez, J., & Méndez-Herrera, P. (2021). Sunlight photocatalytic performance of ZnO nanoparticles synthesized by green chemistry using different botanical extracts and zinc acetate as a precursor. *J Molecules*, 27(1), 6. <https://doi.org/10.3390/molecules27010006>
39. Mankad, M., Sathawara, N. G., Doshi, H., Saiyed, H. N., & Kumar, S. (2006). Seminal plasma zinc concentration and α -glucosidase activity with respect to semen quality. *Biological Trace Element Research*, 110(2), 97-106. <https://doi.org/10.1385/BTER:110:2:97>
40. Mitra, J., Chowdhury, S., Panda, S., Chakraborty, M., & Singha, A. (2016). Microbiological evaluation of bovine frozen semen samples in West Bengal, India. *Exploratory Animal and Medical Research*, 6(2), 185-191.
41. Mortimer, D., Björndahl, L., Barratt, C. L., Castilla, J. A., Menkveld, R., Kvist, U., Alvarez, J. G., & Haugen, T. B. (2022). *A practical Guide to Basic Laboratory Andrology*. Cambridge University Press. Pp 370. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511729942>
42. Mulfinger, L., Solomon, S. D., Bahadory, M., Jeyarajasingam, A. V., Rutkowsky, S. A., & Boritz, C. (2007). Synthesis and study of silver nanoparticles. *Journal of Chemical Education*, 84(2), 322. <https://doi.org/10.1021/ed084p322>
43. Nallella, K. P., Sharma, R. K., Allamaneni, S. S. R., Aziz, N., & Agarwal, A. (2004). Cryopreservation of human spermatozoa: Comparison of two cryopreservation methods and three cryoprotectants. *Fertility and Sterility*, 82(4), 913-918. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2004.02.126>
44. O'Connell, M., McClure, N., & Lewis, S. E. M. (2002). The effects of cryopreservation on sperm morphology, motility and mitochondrial function. *Human Reproduction*, 17(3), 704-709. <https://doi.org/10.1093/humrep/17.3.704>
45. OIE. (2012). Terrestrial Animal Health Code. In (Vol. 1). OIE.

46. Ortega-Ferrusola, C., González-Fernández, L., Muriel, A., Macías-García, B., Rodríguez-Martínez, H., Tapia, J., Alonso, J., & Peña, F. (2009). Does the microbial flora in the ejaculate affect the freezeability of stallion sperm? *Reproduction in Domestic Animals*, 44(3), 518-522. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01267.x>
47. Ott, E. A., Smith, W. H., Stob, M., Parker, H. E., Harrington, R. B., & Beeson, W. M. (1965). Zinc Requirement of the growing lamb fed a purified diet. *The Journal of Nutrition*, 87(4), 459-463. <https://doi.org/10.1093/jn/87.4.459>
48. Powell, S. R. (2000). The antioxidant properties of zinc. *The Journal of Nutrition*, 130(5), 1447S-1454S. <https://doi.org/10.1093/jn/130.5.1447S>
49. Purdy, P. H., Mocé, E., Stobart, R., Murdoch, W. J., Moss, G. E., Larson, B., Ramsey, S., Graham, J. K., & Blackburn, H. D. (2010). The fertility of ram sperm held for 24 h at 5°C prior to cryopreservation. *Animal Reproduction Science*, 118(2), 231-235. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2009.06.014>
50. Rahman, H., Qureshi, M., & Khan, R. (2014). Influence of dietary zinc on semen traits and seminal plasma antioxidant enzymes and trace minerals of B eetal bucks. *J Reproduction in Domestic Animals*, 49(6), 1004-1007. <https://doi.org/10.1111/rda.12422>
51. Reyes-Torres, M. A., Mendoza-Mendoza, E., Miranda-Hernández, Á. M., Pérez-Díaz, M. A., López-Carrizales, M., Peralta-Rodríguez, R. D., Sánchez-Sánchez, R., & Martínez-Gutierrez, F. (2019). Synthesis of CuO and ZnO nanoparticles by a novel green route: Antimicrobial activity, cytotoxic effects and their synergism with ampicillin. *J Ceramics International*, 45(18), 24461-24468. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2019.08.171>
52. Saravanan, M., Gopinath, V., Chaurasia, M. K., Syed, A., Ameen, F., & Purushothaman, N. (2018). Green synthesis of anisotropic zinc oxide nanoparticles with antibacterial and cytofriendly properties. *Microbial Pathogenesis*, 115, 57-63. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2017.12.039>
53. Shahin, M. A., Khalil, W. A., Saadeldin, I. M., Swelum, A. A.-A., & El-Hairry, M. A. (2020). Comparison between the effects of adding vitamins, trace elements, and nanoparticles to shotor extender on the cryopreservation of dromedary camel epididymal spermatozoa. *Animals*, 10(1), 78. <https://doi.org/10.3390/ani10010078>
54. Sharma, N., Jandaik, S., & Kumar, S. (2016). Synergistic activity of doped zinc oxide nanoparticles with antibiotics: ciprofloxacin, ampicillin, fluconazole and amphotericin B against pathogenic microorganisms. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 88, 1689-1698. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201620150713>
55. Shubha, P., Gowda, M. L., Namratha, K., Manjunatha, H., & Byrappa, K. (2019). *In vitro* and *In vivo* evaluation of green-hydrothermal synthesized ZnO nanoparticles. *Journal of Drug Delivery Science Technology*, 49, 692-699.
56. Soltani, L., Samereh, S., & Mohammadi, T. (2022). Effects of Different concentrations of zinc-oxide nanoparticles on the quality of ram cauda epididymal spermatozoa during storage at 4 °C. *Reproduction in Domestic Animals*, 57(8), 864-875. <https://doi.org/10.1111/rda.14130>
57. Sood, A., Chadha, V. D., & Dhawan, D. K. (2011). Radioprotective Role of Selenium after single-dose radioiodine (131 I) exposure to red blood cells of rats. *J Journal of Environmental Pathology, Toxicology Oncology*, 30(2).
58. Thakral, F., Bhatia, G. K., Tuli, H. S., Sharma, A. K., & Sood, S. (2021). Zinc oxide nanoparticles: From biosynthesis, characterization, and optimization to synergistic antibacterial potential. *Current Pharmacology Reports*, 7(1), 15-25. <https://doi.org/10.1007/s40495-021-00248-7>
59. Tuerk, M. J., & Fazel, N. (2009). Zinc deficiency. *Current Opinion in Gastroenterology*, 25(2).
60. Underwood, E., & Somers, M. (1969). Studies of zinc nutrition in sheep. I. The relation of zinc to growth, testicular development, and spermatogenesis in young rams. *Australian Journal of Agricultural Research*, 20(5), 889-897. <https://doi.org/10.1071/AR9690889>
61. Wu, J., Wu, S., Xie, Y., Wang, Z., Wu, R., Cai, J., Luo, X., Huang, S., & You, L. (2015). Zinc protects sperm from being damaged by reactive oxygen species in assisted reproduction techniques. *Reproductive Biomedicine Online*, 30(4), 334-339. <https://doi.org/10.1016/j.rbmo.2014.12.008>
62. Zhandi, M., Talebnia-Chalanbar, A., Towhidi, A., Sharafi, M., Yousefi, A. R., & Hussaini, S. M. H. (2020). The effect of zinc oxide on rooster semen cryopreservation. *British Poultry Science*, 61(2), 188-194. <https://doi.org/10.1080/00071668.2019.1686125>
63. Zribi, N., Chakroun, N. F., El Euch, H., Gargouri, J., Bahloul, A., & Keskes, L. A. (2010). Effects of cryopreservation on human sperm deoxyribonucleic acid integrity. *Fertility and Sterility*, 93(1), 159-166. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2008.09.038>

Contents

Ruminant Nutrition

- Measuring the Apparent Nutrient Digestibility of Wheat Straw and Wheat Straw Mixed with Rice Hull by using Three Methods of Acid-Insoluble Ash, Acid-Insoluble Lignin and Collecting Total Feces in Camels** 1
Hadi Behzad, Taghi Ghoorchi, Mostafa Hosseinabadi, Jafar Bashtini
- Effects of Organic and Inorganic Zinc Supplements on Performance, Digestibility, Rumen and Blood Parameters in Fattening Lambs** 15
Yadollah Chashnidel, Radman Bakhtiari, Hamidreza Mardani
- Effect of Starter Feed Starch Level on Body Parameters, Blood Metabolites and Functional Parameters of Holstein Dairy Calves** 29
Amir Ali Mahdavi Shahri, Abbas Ali Naserian, Reza Valizadeh, Seyed Hadi Ebrahimi, Amin Darzi lemraski
- Effect Different Levels of Oak Fruit Processed with Sodium Hydroxide and Urea on Ruminal Fermentation, Morphology, Ruminal Degradability and Microbial Protein Synthesis in Crossed Zell and Atabai Fattening Male Lambs** 39
Mohammad Norozi, Yadollah Chashnidel, Mostafa Yousefelahi, Asadolah Teymouri Yanesari
- Performance, Carcass Characteristics, Blood Parameters, Feed Intake and Digestibility of Moghani and Romanov-Moghani Crossbreed Fattening Lambs Fed with Different Energy Levels** 57
Nima Neshane, Hossein Abdi Benemar, Jamal Seifdavati, Farzad Mirzaei Aghjeh Gheshlagh, Abazar Ghanbari Erdi
- The Effect of Chemical Processing Through Steam Flaking or Steam Infrared Flaking of Barley Grain on Physical and Chemical Properties, and Protein and Carbohydrates Fractionation** 69
Amir Honarmand, Seyed Alireza Vakili, Mohsen Danesh Mesgaran, Abdolmansour Tahmasebi

Poultry Nutrition

- The Effect of Adding Commercial Yeast *Saccharomyces Cerevisiae* to the Diet of Japanese Quail on Performance Traits, some Serum Parameters, Morphology and Population of Pathogenic Intestinal Bacteria** 89
Farogh Kargar, Najeebullah Fayaz, Arash Hadavi
- The Effects of Adding Black Seed, L-Carnitine, and Vitamin E on Production Performance, Carcass Characteristics, Blood Biochemical, and Immune Parameters of Japanese Laying Quail under Heat Stress** 101
Atefe Habibi, Shokoufe Ghazanfari, Mohammad Amir Karimi Torshizi, Abdollah Mohammadi Sangcheshmeh

Genetic

- The Effect of Holstein Sire Predicted Transmitting Ability on the Performance of Their Daughters in Isfahan Herds** 125
Rabie Rahbar, Rohullah Abdollahpour, Ali Sadeghi-Sefidmazgi

Physiology

- The Effect of Adding Green Zinc Oxide Nanoparticles to Ram Semen Dilution Medium and Its Effects on Sperm Quality and Microbial Load of Frozen Semen** 141
Ali Khoshvaght , Saeed Zeinoaldini, Mahdi Ganjkanlou

« Scientific Journal»
Iranian Journal of Animal Science Research

Vol. 16

No. 1

2024

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

- Measuring the Apparent Nutrient Digestibility of Wheat Straw and Wheat Straw Mixed with Rice Hull by using Three Methods of Acid-Insoluble Ash, Acid-Insoluble Lignin and Collecting Total Feces in Camels 1
Hadi Behzad, Taghi Ghoorchi, Mostafa Hosseiniabadi, Jafar Bashtini

- Effects of Organic and Inorganic Zinc Supplements on Performance, Digestibility, Rumens and Blood Parameters in Fattening Lambs 15
Yadollah Chashnidel, Radman Bakhtiari, Hamidreza Mardani

- Effect of Starter Feed Starch Level on Body Parameters, Blood Metabolites and Functional Parameters of Holstein Dairy Calves 29
Amir Ali Mahdavi Shabri, Abbas Ali Naserim, Reza Valizadeh, Seyed Hadi Ebrahimi, Amin Darzi Jemraski

- Effect Different Levels of Oak Fruit Processed with Sodium Hydroxide and Urea on Ruminant Fermentation, Morphology, Ruminant Degradability and Microbial Protein Synthesis in Crossed Zell and Atabai Fattening Male Lambs 39
Mohammad Norozi, Yadollah Chashnidel, Mostafa Yousefelihi, Asadolah Teymouri Yanesari

- Performance, Carcass Characteristics, Blood Parameters, Feed Intake and Digestibility of Moghani and Romanov-Moghani Crossbreed Fattening Lambs Fed with Different Energy Levels 57
Nima Neshane, Hossein Abdi Benemar, Jamal Seifdavati, Farzad Mirzaei Aghjeh Gheshlagh, Abazar Ghannari Erdi

- The Effect of Chemical Processing Through Steam Flaking or Steam Infrared Flaking of Barley Grain on Physical and Chemical Properties, and Protein and Carbohydrates Fractionation 69
Amir Honarmand, Seyed Alireza Vakili, Mohsen Danesh Mesgaran, Abdolmansour Tahmasebi

Poultry Nutrition

- The Effect of Adding Commercial Yeast *Saccharomyces Cerevisiae* to the Diet of Japanese Quail on Performance Traits, some Serum Parameters, Morphology and Population of Pathogenic Intestinal Bacteria 89
Farogh Kargar, Najeebullah Fayaz, Arash Hadavi

- The Effects of Adding Black Seed, L-Carnitine, and Vitamin E on Production Performance, Carcass Characteristics, Blood Biochemical, and Immune Parameters of Japanese Laying Quail under Heat Stress 101
Atiye Habibi, Shokoufe Ghazanfari, Mohammad Amir Karimi Torshizi, Abdollah Mohammadi Sangcheshmeh

Genetic

- The Effect of Holstein Sire Predicted Transmitting Ability on the Performance of Their Daughters in Isfahan Herds 125
Rabie Rahbar, Rohallah Abdollahpour, Ali Sadeghi-Sefidmazi

Physiology

- The Effect of Adding Green Zinc Oxide Nanoparticles to Ram Semen Dilution Medium and Its Effects on Sperm Quality and Microbial Load of Frozen Semen 141
Ali Khoshvaght, Saeed Zeinoddini, Mahdi Ganjkanlou