Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Ruminant Research

Print ISSN: 2345 - 4261
Online ISSN: 2345 - 4253

The effect of oral and injectable supplementation of selenium and vitamin E on the performance and some blood parameters of growing Sanjabi lambs

Seyedeh Sanaz Soheili[1], Fardin Hozhabri [2*], Mohammad Mehdi Moeini[3]

[1] PhD candidate, Department of Animal Science, Faculty of Science and Agricultural Engineering, Razi University, Iran
[2] Associate Professor Department of Animal Science, Faculty of Science and Agricultural Engineering, Razi University, Iran, Email: hozhabri@razi.ac.ir
[3] Associate Professor Department of Animal Science, Faculty of Science and Agricultural Engineering, Razi University, Iran

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 11/08/2023
Revised: 12/23/2023
Accepted:12/24/2023

Keywords:
Average daily gain
Gglutathione peroxidase
Total antioxidant capacity

ABSTRACT

Background and Objectives: Several studies have been conducted regarding the importance of the availability of various minerals and vitamins for the growth and performance of livestock. Selenium and vitamin E are among the substances that have attracted the attention of researchers. Different dosses, appropriate time of consumption, and method of use are the aria that have been researched. Although the reports presented are not aligned and, in some cases, contradictions are observed. It has been reported that selenium is an essential mineral for all mammals and is an important component of enzymatic reactions and is present as an essential compound in the structure of selenoproteins in such a way that it is a part of glutathione peroxidase enzyme and plays an important role in the body's antioxidant system. On the other hand, vitamin E also has different functions but related to selenium. This vitamin is part of the body's intracellular defense against the adverse effects of reactive oxygen and free radicals, and as a strong antioxidant in biological systems, it improves the performance of the animal's immune system. Therefore, in this study, the effect of oral and injectable supplementation of selenium and vitamin E on growth performance and some blood parameters of growing lambs was investigated.

Materials and Methods: Eighteen 3-month-old Sanjabi male lambs with an average weight of 19.42 ± 2.85 were kept randomly in three groups with six replications in individual pens for a period of 60 days. Experimental treatments included: control group (basal diet without supplementations), oral group (basal diet + 0.3 mg of selenium in the form of selenomethionine and 50 mg/kg of vitamin E in the form of alpha-tocopherol), injectable group (4 ml injectable supplement; each ml contains 0.5 mg of selenium in the form of sodium selenite and 50 mg of vitamin E in the form of alpha-tocopherol). The lambs were weighed every 15 days and, on the 1st, 30th, and 60th days of the experiment, blood was drawn from the Juglar vein.

Results: There was no statistically significant difference between experimental groups in terms of daily feed consumption, final weight gain and feed conversion ratio. Blood concentrations of zinc, copper and iron were not affected by supplementation. Cholesterol, triglyceride, high, low and very low-density lipoprotein concentrations were not affected by the method of supplementation. The number of red blood cells was not

affected, but the number of white blood cells in the injection group increased significantly compared to the control group on the 60th day of the experiment (P<0.05). In terms of the activities of alanine aminotransferase, aspartate aminotransferase, and superoxide dismutase, no significant difference was observed between the experimental groups, but the activity of glutathione peroxidase on the 30th and 60th days of the experiment and the total antioxidant capacity on the 60th day of the experiment in the group receiving oral supplements were more than other experimental groups (P<0.05). Malondialdehyde index decreased in the groups receiving selenium and vitamin E supplements compared to the control group (P<0.05).

Conclusion: The results of this experiment showed that the use of oral supplements of selenium and vitamin E improved the antioxidant capacity of lambs by both oral and injectable methods, and no significant difference was observed between the two methods. However, due to the convenience of the oral method and the reduction of stress caused by the injection and its non-invasive nature, it is recommended to prescribe an oral supplement.

Cite this article: Soheili, S.S., Hozhabri, F., Moeini, M.M. (2024). The effect of oral and injectable supplementation of selenium and vitamin E on the performance and some blood parameters of growing Sanjabi lambs. *Journal of Ruminant Research*, 12(3), 119-136.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/ejrr.2023.21900.1925
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

پژوهش در نشخوارکنندگان
شاپا چاپی: ۴۲۶۱-۲۳۴۵
شاپا الکترونیکی: ۴۲۵۳-۲۳۴۵

اثر مکمل خوراکی و تزریقی سلنیوم و ویتامین E بر عملکرد رشد و فراسنجه‌های خونی بره‌های سنجابی در حال رشد

سیده ساناز سهیلی[۱]، فردین هژبری[۲*]، محمدمهدی معینی[۳]

[۱] دانشجوی دکتری، گروه علوم دامی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، ایران
[۲] دانشیار گروه علوم دامی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، ایران، رایانامه: hozhabri@razi.ac.ir
[۳] دانشیار گروه علوم دامی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۸/۱۷
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۱۰/۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۳

واژه‌های کلیدی:
افزایش وزن روزانه
ظرفیت آنتی‌اکسیدانی
گلوتاتیون پراکسیداز

چکیده

سابقه و هدف: مطالعات متعددی در خصوص اهمیت در دسترس بودن مواد معدنی مختلف و ویتامین‌ها جهت رشد و عملکرد دام انجام‌شده است. سلنیوم و ویتامین E از جمله موادی هستند که مورد توجه محققین بوده است. مقادیر متفاوت، زمان مناسب مصرف و همچنین روش‌های استفاده از مواردی است که موردتحقیق قرارگرفته است. هر چند گزارش‌های ارائه‌شده همسو نبوده و در مواردی تناقض‌هایی مشاهده می‌شود. گزارش‌شده است که سلنیوم یک ماده معدنی ضروری برای همه پستانداران است و جزء مهمی از واکنش‌های آنزیمی بوده و به‌عنوان یک ترکیب ضروری در ساختار سلنوپروتئین‌ها حضور دارد به نحوی که جزئی از آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز بوده و نقش مهمی در سیستم آنتی‌اکسیدانی بدن ایفا می‌کند. از طرفی، ویتامین E نیز دارای عملکردهای متفاوت ولی مرتبط با سلنیوم است. این ویتامین بخشی از دفاع داخل سلولی بدن در برابر اثرات نامطلوب اکسیژن واکنش‌پذیر و رادیکال آزاد است و به عنوان یک آنتی‌اکسیدان قوی در سیستم‌های زیستی است و باعث بهبود عملکرد سیستم ایمنی دام می‌شود. لذا در این مطالعه اثر مکمل خوراکی و تزریقی سلنیوم و ویتامین E بر عملکرد رشد و برخی فراسنجه‌های خونی بره‌های سنجابی در حال رشد بررسی شد.

مواد و روش‌ها: هجده رأس بره نر سنجابی سه ماهه با میانگین وزن ۲/۸۵ ± ۱۹/۴۲ به‌صورت تصادفی در سه گروه با شش تکرار در جایگاه انفرادی برای مدت ۶۰ روز نگهداری شدند. تیمارهای آزمایشی شامل: گروه شاهد (جیره پایه بدون مکمل)، تیمار خوراکی (جیره پایه به همراه ۰/۳ میلی‌گرم سلنیوم به‌صورت سلنومتیونین و ۵۰ میلی‌گرم ویتامین E به شکل آلفاتوکوفرول در کیلوگرم ماده خشک جیره)، گروه تزریقی (چهار میلی‌لیتر مکمل تزریقی؛ هر میلی‌لیتر حاوی ۰/۵ میلی‌گرم سلنیوم به صورت سلنیت سدیم و ۵۰ میلی‌گرم ویتامین E به شکل آلفاتوکوفرول) بود. بره‌ها دو هفته یک‌بار توزین و در روزهای ۱، ۳۰ و ۶۰ آزمایش، از سیاهرگ وداج خون‌گیری شد.

یافته‌ها: تفاوت آماری معنی‌داری از لحاظ میزان مصرف خوراک روزانه، افزایش وزن نهایی و

ضریب تبدیل خوراک بین گروه‌های آزمایشی وجود نداشت. بین گروه‌های آزمایشی تفاوت آماری معنی‌داری از لحاظ غلظت روی، مس و آهن خون مشاهده نشد. غلظت کلسترول، تری‌گلیسرید، لیپوپروتئین با چگالی زیاد، کم و خیلی‌کم تحت تأثیر روش استفاده از مکمل قرار نگرفتند. از لحاظ میزان فعالیت آنزیم‌های آلانین‌آمینوترانسفراز، آسپارتات‌آمینوترانسفراز و سوپراکسید دیسموتاز بین گروه‌های آزمایشی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز در روزهای ۳۰ و ۶۰ آزمایش و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل در روز ۶۰ آزمایش در گروه دریافت‌کننده مکمل خوراکی بیشتر از گروه‌های آزمایشی دیگر بود (P<۰/۰۵). شاخص مالون‌دی‌آلدهید در گروه‌های دریافت‌کننده مکمل سلنیوم و ویتامین E نسبت به گروه شاهد کاهش یافت (P<۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: نتایج این آزمایش نشان داد استفاده از مکمل سلنیوم و ویتامین E سبب بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدانی بره‌ها به هر دو روش خوراکی و تزریقی شد و تفاوت معنی‌داری بین دو روش مشاهده نشد؛ اما با توجه به راحتی روش خوراکی و کاهش تنش ناشی از تزریق و غیرتهاجمی بودن آن، تجویز مکمل خوراکی توصیه می‌شود.

استناد: سهیلی، سیده ساناز؛ هژبری، فردین؛ معینی، محمد مهدی. (۱۴۰۳). اثر مکمل خوراکی و تزریقی سلنیوم و ویتامین E بر عملکرد رشد و فراسنجه‌های خونی بره‌های سنجابی در حال رشد. *پژوهش در نشخوارکنندگان*، ۱۲(۳)، ۱۳۶-۱۱۹.

DOI: 10.22069/ejrr.2023.21900.1925

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

سلنیوم یک ماده مغذی ضروری برای همه پستانداران است و به عنوان یک آنتی‌اکسیدان برای حفظ غشاهای سلولی است، زیرا یک جزء مهم از واکنش آنزیم گلوتاتیون رداکتاز محسوب می‌شود (Gupta و Gupta، ۲۰۰۰). همچنین، سلنیوم به عنوان یک ترکیب ضروری در ساختار سلنوپروتئین‌ها حضور دارد به نحوی که جزئی از آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز می‌باشد و نقش مهمی در سیستم آنتی‌اکسیدانی بدن ایفا می‌کند (Tórtora-Pérez، ۲۰۱۰). نشان داده شده است که چندین عمل ضروری آنزیم با توجه به عملکرد طبیعی ایمنی، عملکرد تولیدمثل، تبدیل زیستی کبدی، بازچرخش انتقال‌دهنده‌های عصبی، ثبات غشاء و محافظت عضلانی وابسته به سلنیوم می‌باشند (Jeffery، ۲۰۱۸). لذا سلنیوم می‌تواند به‌عنوان یکی از ترکیبات آنتی‌اکسیدان قوی در بدن عمل کند (Abuelo و همکاران، ۲۰۱۶). از طرفی، در اکثر خاک‌ها میزان سلنیوم ۰/۰۱ تا دو میلی‌گرم در کیلوگرم، بسته به منطقه جغرافیایی متغیر است (Dhillon و Dhillon، ۲۰۰۳). بنابر گزارش محققین، کمبود میزان سلنیوم در خاک مناطق مختلف از جمله ایران وجود دارد و کمبود این عنصر در خاک می‌تواند بر غلظت آن در گیاهان رشد کرده در چنین مناطقی مؤثر باشد (Kojouri و Shirazi، ۲۰۰۷؛ Mohri و همکاران، ۲۰۱۱). لذا مصرف مکمل سلنیوم یک روش معمول در این مناطق است، زیرا کمبود این عنصر در خاک باعث کمبود سلنیوم در گیاه خواهد شد (Van Metre و Callan، ۲۰۰۱). محققین گزارش کردند که محتوای سلنیوم خوراک‌های مختلف اندازه‌گیری شده نشان داد که خوراک‌ها مصرفی دام‌ها نمی‌توانند نیاز دام به سلنیوم را تأمین کنند و در شرایط فیزیولوژیکی خاص احتمال بروز کمبود نیاز بیشتر می‌شود (Panahi Dorcheh و همکاران، ۲۰۱۸).

از طرفی، ویتامین E نیز دارای عملکردهای متفاوت ولی مرتبط با سلنیوم است. این ویتامین بخشی از دفاع داخل سلولی بدن در برابر اثرات نامطلوب اکسیژن واکنش‌پذیر و رادیکال آزاد است؛ ویتامین E یک آنتی‌اکسیدان قوی در سیستم‌های زیستی است و باعث بهبود عملکرد سیستم ایمنی دام می‌شود (Van Metre و Callan، ۲۰۰۱). این ویتامین از فرآیند پراکسیداسیون چربی‌ها جلوگیری کرده و از طریق غشای سلولی وظیفه حفاظت در برابر رادیکال‌های آزاد پراکسیل تولیدشده از اکسیداسیون چربی‌ها را بر عهده دارد (Di Giulio و Meyer، ۲۰۰۸). از طرفی، وجود سلنیوم منجر به صرفه‌جویی ویتامین E شده و به ابقای آن در خون کمک می‌کند. ویتامین E نیز با جلوگیری از دفع سلنیوم، باعث صرفه‌جویی در مصرف سلنیوم می‌شود (Van Metre و Callan، ۲۰۰۱). میزان مورداستفاده سلنیوم برای بره‌های در حال رشد ۰/۲۲ تا ۰/۴۴ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک بیان‌شده است (NRC، ۲۰۰۷). هرچند، تحقیقات متعددی جهت بررسی تأثیر مکمل سلنیوم و ویتامین E بر عملکرد رشد دام انجام‌شده ولی نتایج متفاوتی به‌دست‌آمده است؛ برخی محققین بهبود عملکرد رشد در دام‌های موردمطالعه (Shi و همکاران، ۲۰۱۱) و برخی دیگر عدم تأثیر مکمل سلنیوم بر عملکرد دام (Vignola و همکاران، ۲۰۰۹) را گزارش کرده‌اند. همچنین، استفاده از مکمل خوراکی سلنیوم در سطوح مختلف فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز بره‌های نر مهربان را افزایش داد (Alimohammady و همکاران، ۲۰۱۳). در مطالعه‌ای دیگر، استفاده از مکمل خوراکی و تزریقی سلنیوم و ویتامین E سبب افزایش فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز خون بره‌های شیرخوار نژاد دالاق شد؛ همچنین مکمل تزریقی باعث افزایش غلظت تری‌گلیسرید خون شد (Asadi و همکاران، ۲۰۱۸). به

همین منظور، در تحقیق حاضر، اثرات مکمل خوراکی یا تزریقی سلنیوم و ویتامین E بر عملکرد رشد، غلظت‌های روی، مس و آهن سرم خون و برخی فراسنجه‌های خون، آنزیم‌های کبدی و سلول‌های خونی بره‌های نر نژاد سنجابی موردبررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در گوسفندداری پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی پس از تائیدیه کمیته اخلاق کار با حیوانات با شماره IR.Razi.REC.1400.014 اجرا شد. تعداد ۱۸ رأس بره نر سنجابی سه‌ماهه با میانگین وزن ۲/۸۵۷ ± ۱۹/۴۲ در جایگاه انفرادی نگهداری شدند. مدت دو هفته دوره عادت دهی بره‌ها به شرایط محیط آزمایش و برنامه تغذیه‌ای در نظر گرفته شد. دوره اصلی آزمایش به مدت ۶۰ روز بود. بره‌ها توزین و به‌طور تصادفی به سه گروه (هر گروه ۶ تکرار) تقسیم شدند. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱) گروه شاهد (جیره پایه بدون مکمل سلنیوم و ویتامین E)، ۲) گروه خوراکی (جیره پایه به همراه ۰/۳ میلی‌گرم سلنیوم به‌صورت سلنومتیونین و ۵۰ میلی‌گرم ویتامین E در کیلوگرم ماده خشک جیره به شکل آلفاتوکوفرول)، ۳) گروه تزریقی (چهار میلی‌لیتر مکمل تزریقی و هر میلی‌لیتر حاوی ۰/۵ میلی‌گرم سلنیوم به صورت سلنیت‌سدیم و ۵۰ میلی‌گرم ویتامین E به شکل آلفاتوکوفرول) در هفته‌های اول و پنجم آزمایش بود. اجزا و ترکیبات شیمیایی جیره آزمایشی بر اساس جداول احتیاجات غذایی نشخوارکنندگان کوچک (NRC، ۲۰۰۷) تنظیم شد (جدول ۱).

جدول ۱- اجزا و ترکیبات شیمیایی جیره آزمایشی بره‌ها

Table 1- Components and chemical compositions of experimental ration of lambs

اجزای جیره Feed components	(درصد) %	ترکیب شیمیایی جیره Chemical compositions of diet	درصد ماده خشک % DM
یونجه Alfalfa	22.30	ماده خشک Dry matter	90.91
کاه گندم Wheat straw	17.70	پروتئین خام Crude protein	14.4
تفاله چغندر Beet pulp	3.20	خاکستر Ash	6.8
دانه جو Barley grain	21.70	انرژی (مگاکالری بر کیلوگرم ماده خشک)[1]	2.40
دانه ذرت Corn grain	18.90	عصاره نامحلول در شوینده خنثی NDF	37.10
سبوس گندم Wheat bran	7.60	عصاره نامحلول در شوینده اسیدی ADF	14.20
کنجاله سویا Soybean meal	6.30	سلنیوم (میلی‌گرم در کیلوگرم) Se ($mg\ kg^{-1}$)	0.169
اوره Urea	0.99	مس (میلی‌گرم در کیلوگرم) Cu ($mg\ kg^{-1}$)	18.00
نمک Salt	0.29	روی (میلی‌گرم در کیلوگرم) Zn ($mg\ kg^{-1}$)	24.00
کربنات کلسیم Calcium carbonate	0.32	آهن (میلی‌گرم در کیلوگرم) Fe ($mg\ kg^{-1}$)	464.00
بی‌کربنات سدیم Sodium bicarbonate	0.70		

[1] انرژی متابولیسمی جیره پایه بر اساس NRC (۲۰۰۷) برآورد شد.

خوراک‌دهی در دو نوبت (۸ صبح و ۵ بعدازظهر) و به‌صورت آزاد در اختیار دام قرار گرفت. جهت تعیین میزان خوراک مصرفی روزانه، قبل از خوراک‌دهی صبح، باقیمانده خوراک روز قبل جمع‌آوری و میزان آن ثبت شد. جهت تعیین افزایش وزن روزانه، بره‌ها با فاصله دو هفته با اعمال محرومیت قبلی خوراک و آب (۱۲-۱۴ ساعت) توزین شدند. از طریق ورید وداج در روزهای صفر، ۳۰ و ۶۰ آزمایش برای تعیین فراسنجه‌های خونی، خون‌گیری شد. نمونه خون مربوط به هر دام در دو

لوله‌آزمایش مجزا، یکی حاوی ماده ضد انعقاد و دیگری بدون ماده ضد انعقاد ریخته شد. نمونه خون بدون ماده ضد انعقاد پس از انتقال به آزمایشگاه به مدت ۱۵ دقیقه در ۳۰۰۰ دور در دقیقه جهت تهیه سرم سانتریفیوژ شدند. میکروتیوپ‌های محتوی نمونه سرم تا زمان آنالیز در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. تعیین میزان عناصر مس، روی و آهن نمونه‌ها با استفاده از دستگاه ICP[1] در دانشگاه اصفهان، انجام‌شده است. روش تهیه محلول‌ها و نمونه‌های استاندارد مورداستفاده برای هضم نمونه‌ها مطابق با روش Kachuee و همکاران (۲۰۱۹) بود.

شمارش سلول‌های خونی با استفاده از دستگاه اتوماتیک شمارشگر سلول‌های خونی[2] انجام شد. فراسنجه‌های تری‌گلیسرید، کلسترول، لیپوپروتئین‌های با چگالی بالا، پایین و خیلی پایین[3] با استفاده از کیت‌های شرکت پارس آزمون و بر اساس روش توصیه‌شده شرکت و دستگاه اتوآنالایزر[4] اندازه‌گیری شد؛ و شاخص مالون‌دی‌آلدئید جهت سنجش میزان پراکسیداسیون لیپیدها در نمونه سرم خون با استفاده از کیت تجاری شرکت طب پژوهان رازی و بر اساس روش توصیه‌شده شرکت، با استفاده از دستگاه الیزا ریدر[5] اندازه‌گیری شدند. آنزیم‌های کبدی (کیت‌های طب پژوهان رازی، ایران)، آنزیم‌های گلوتاتیون اکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل شاخص مالون‌دی‌آلدئید (کیت‌های شرکت نوند سلامت، ایران) با استفاده از دستگاه الیزا ریدر[6] بر اساس توصیه شرکت سازنده کیت انجام شد.

تجزیه آماری داده‌های مربوط به این طرح در قالب طرح کاملاً تصادفی، با نرم‌افزار SAS (۲۰۰۳) ویرایش ۹/۱ انجام شد. در آنالیز فراسنجه‌های عملکرد، وزن اولیه به‌عنوان متغیر کمکی (کوواریت) در نظر گرفته و در مدل آماری لحاظ شد (رابطه ۱) و با استفاده از رویه GLM نرم‌افزار SAS (۲۰۰۳) ویرایش ۹/۱ در سطح (α=۰/۰۵) تجزیه شدند.

$$Y_{ij}=\mu + T_i + \beta (X_{ij} - \bar{X}) + Eb_{ij}$$

(رابطه ۱) که در این رابطه، Yij = مشاهده تیمار iام در تکرار jام؛ μ = اثر میانگین؛ Ti = اثر تیمار iام؛ β = ضریب رگرسیون؛ =Xij وزن اولیه با میانگین $\bar{X}$ ؛ Ebij = خطای آزمایش است.

فراسنجه‌هایی که در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری شدند و در مورد آن‌ها اثر گروه آزمایشی و دوره مطرح بود، در قالب اندازه‌گیری‌های تکرارشده در واحد زمان و با استفاده از رویه Mixed نرم‌افزار SAS (۲۰۰۳) ویرایش ۹/۱ در سطح (α=۰/۰۵) تجزیه شدند(رابطه ۲).

(رابطه ۲)

$$Y_{ij}=\mu + A_i + B_j + A\times B_{ij} + S_k + Eb_{ijk}$$

که در این رابطه، Yij = مشاهده تیمار iام در تکرار jام؛ μ = اثر میانگین؛ Ti = اثر تیمار iام؛ P_j = اثر دوره؛ $T\times P_{ij}$ = اثرمتقابل تیمار i در دوره j؛ ؛ Eb_{ijk} = خطای آزمایش؛ A_k = اثر حیوان به‌عنوان عامل تصادفی است. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح ۰/۰۵ انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد رشد: نتایج مربوط به تأثیر مکمل‌های سلنیوم و ویتامین E بر مصرف خوراک و عملکرد رشد بره‌ها در جدول ۲ ارائه‌شده است. استفاده از مکمل‌های سلنیوم و ویتامین E تأثیر معنی‌داری بر میزان مصرف خوراک، وزن نهایی، افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل خوراک نداشت. برخی محققین نیز گزارش کردند که استفاده از مکمل سلنیوم در مقادیر ۴، ۸، ۱۲،

1. ICP-OES (Perkin Elmer, DV7300, USA)
2. Cell Counter Sysmex XS-500i
3. High Density Lipoprotein (HDL), Low
4. Hitachi 912, Japan.
5. Bio-Te, USA.
6. ELIISA reader, Bio – Tek, USA

۱۶ و ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره میش آبستن تأثیری بر وزن تولد بره و افزایش وزن روزانه نداشت (Davis و همکاران، ۲۰۰۶). همچنین، استفاده از سطوح ۰/۲، ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم سلنیوم نیز تفاوت معنی‌داری در وزن تولد، افزایش وزن روزانه و وزن نهایی بره‌ها نسبت به گروه شاهد ایجاد نکرد (Cristaldi و همکاران، ۲۰۰۵). گزارش‌شده است، مکمل سلنیوم به میزان ۰/۱۳ و ۰/۴۵ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره تأثیری بر خوراک مصرفی، افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل غذایی بره‌ها نداشت (Vignola و همکاران، ۲۰۰۹). استفاده از ۲۶ میلی‌گرم مکمل سلنیوم به‌صورت سلنیت سدیم و مخمرسلنیوم در جیره گاوهای گوشتی نیز تأثیری بر عملکرد رشد نداشت (Gunter و همکاران، ۲۰۰۳). استفاده از ۰/۲ و ۰/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم مکمل سلنیوم به‌صورت سلنیت سدیم یا مخمر سلنیوم در جیره بره‌های مهربان تأثیری بر افزایش وزن روزانه، میزان مصرف روزانه و ضریب تبدیل خوراک نداشت (Alimohammady و همکاران، ۲۰۱۳). به نظر می‌رسد عدم تفاوت در تیمارهای آزمایشی با گروه شاهد در این گزارش‌ها به سبب کفایت میزان سلنیوم جیره پایه برای بره‌ها باشد. در مطالعه حاضر میزان سلنیوم جیره ۰/۱۶۹ میلی‌گرم در کیلوگرم (جدول ۱) بود و این نشان می‌دهد که بر اساس جدول احتیاجات غذایی (NRC، ۲۰۰۷) کمتر از حداقل نیاز بره‌ها تأمین‌شده است و با توجه به اینکه میکروارگانیسم‌های شکمبه ممکن است سلنیوم را به سلنید تبدیل کنند (Cristaldi و همکاران، ۲۰۰۵) که نامحلول است، انتظار می‌رفت که این مقدار مکمل سلنیوم (۰/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) بتواند تأثیر معنی‌داری برافزایش وزن روزانه بره‌ها داشته باشد. هرچند، گزارش‌شده است استفاده از ۰/۳ میلی‌گرم سلنیوم در جیره بزها باعث افزایش مصرف خوراک و افزایش وزن روزانه بزغاله‌ها شد (Shi و همکاران، ۲۰۱۱).

جدول ۲– تأثیر مکمل خوراکی و تزریقی سلنیوم و ویتامین E بر مصرف خوراک و عملکرد رشد بره‌ها

Table 2. Effect of oral and injectable supplementation of selenium and vitamin E on feed intake and growth performance of lambs

معنی‌داری P-Value	تیمارهای آزمایشی[1] Experimental treatments			فراسنجه Parameter
	تزریقی Injectable	خوراکی Oral	شاهد Control	
0.572	882.8 ±128.6	901.3 ± 172.2	948.5 ± 83.98	مصرف خوراک روزانه (گرم) Daily feed intake (g)
0.790	19.36 ± 1.82	19.56 ± 3.16	19.35 ± 3.57	وزن اولیه (کیلوگرم) Initial weight (kg)
0.985	28.05 ± 3.25	28.37 ± 3.26	27.67 ± 3.99	وزن نهایی (کیلوگرم) Final weight (kg)
0.935	144.8 ± 35.07	146.7 ± 48.28	138.7 ± 42.91	میانگین افزایش وزن روزانه (گرم در روز) Average daily gain (g day^{-1})
0.618	6.420 ±2.10	6.464 ± 1.40	7.291 ± 1.83	ضریب تبدیل خوراک Feed conversion ratio

[1]تیمارهای آزمایشی شامل: ۱) گروه شاهد (جیره پایه بدون مکمل سلنیوم و ویتامین E)، ۲) گروه خوراکی (جیره پایه به همراه ۰/۳ میلی‌گرم سلنیوم به‌صورت سلنومتیونین و ۵۰ میلی‌گرم ویتامین E در کیلوگرم ماده خشک جیره به شکل آلفاتوکوفرول)، ۳) گروه تزریقی (۴ میلی‌لیتر مکمل تزریقی و هر میلی‌لیتر حاوی ۰/۵ میلی‌گرم سلنیوم به صورت سلنیت‌سدیم و ۵۰ میلی‌گرم ویتامین E به شکل آلفاتوکوفرول) در هفته‌های اول و پنجم آزمایش.

[1]Experimental treatments included: 1) Control group (basic diet without selenium and vitamin E supplements), 2) Oral group (basic diet with 0.3 mg of selenium in the form of selenomethionine and 50 mg of vitamin E per kg of dry matter in the form of alpha-tocopherol), 3) Injectable group (4 ml of injectable supplement and each ml containing 0.5 mg of selenium in the form of sodium selenite and 50 mg of vitamin E in the form of alpha-tocopherol) at the first and fifth weeks of the experiment.

غلظت برخی عناصر معدنی خون: غلظت عناصر مس، روی و آهن در سرم خون بره‌ها در جدول ۳ نشان داده‌شده است. استفاده از مکمل سلنیوم و ویتامین E تفاوت معنی‌داری در غلظت‌های مس، روی و آهن سرم بره‌ها در گروه‌های آزمایشی نسبت به شاهد ایجاد نکرد (P>۰/۰۵). گزارش‌شده است تزریق ۰/۲ میلی‌لیتر مکمل سلنیوم- ویتامین E (۳/۸۲ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آلفا-توکوفرول + ۰/۰۲۳ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر سلنیت سدیم) به ازای هر کیلوگرم وزن بدن بره‌های بلوچی تغییری در غلظت‌های آهن، روی و مس پلاسما ایجاد نکرد (Mohri و همکاران، ۲۰۱۱). ولی افزودن ۰/۲ و ۰/۴ گرم در کیلوگرم سلنیوم به جیره بره‌های پرواری مهربان، اثر کاهشی بر غلظت آهن پلاسما داشت (Alimohammady و همکاران، ۲۰۱۳). آهن، مس و روی از جمله عناصر کم‌مصرفی هستند که میزان جذب آن‌ها ممکن است تحت تأثیر سلنیوم قرار گیرد (Panahi Dorcheh و همکاران، ۲۰۱۸). لذا برخی محققین گزارش کردند افزودن سلنیت سدیم و نانوسلنیوم به‌صورت خوراکی به میزان یک‌دهم میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن یا مکمل سلنیوم – ویتامین E به میزان ۰/۰۰۵ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن زنده بره‌های کبوده فارس سبب کاهش غلظت آهن، مس و افزایش غلظت روی پلاسما در دوره‌های مختلف آزمایش شد (Talebi و همکاران، ۲۰۲۲). استفاده از مکمل سلنیوم به صورت سلنیت سدیم نیز سبب کاهش غلظت آهن سرم گوسفند شد (Kojouri و Shirazi، ۲۰۰۷). در گزارش دیگری این محققین بیان کردند، افزودن مکمل سلنیوم به جیره دام سبب افزایش گیرنده‌های ترانسفرین در سطح سلول‌های مغز استخوان شده و ورود ترانسفرین به داخل سلول افزایش می‌یابد که این روند منجر به کاهش غلظت آهن سرم خواهد داشت (Kojouri و همکاران، ۲۰۱۲).

گزارش‌شده است، هر چند تزریق یک‌بار پنج میلی‌لیتر مکمل سلنیوم و ویتامین E (هر میلی‌لیتر حاوی ۰/۵ میلی‌گرم سلنیوم به‌صورت سلنیت سدیم و ۵۰ واحد بین‌المللی ویتامین E به‌صورت آلفاتوکوفرول) به میش‌ها، تغییری در غلظت آهن نسبت به شاهد ایجاد نکرد ولی دو یا سه بار تزریق قبل از آبستنی سبب کاهش آهن و روی و افزایش غلظت مس خون شد (Panahi Dorcheh و همکاران، ۲۰۱۸). از طرفی، افزایش قابل‌توجهی در غلظت مس پلاسمای گوسفندان دریافت‌کننده مکمل سلنیوم و ویتامین E مشاهده‌شده است (Cristaldi و همکاران، ۲۰۰۵). همچنین، غلظت مس گوسفندان دریافت‌کننده سلنیوم در مراتع دارای کمبود مس، نیز افزایش نشان داده است (Jalilian و همکاران، ۲۰۱۲). برخی محققین بیان کردند که همبستگی مثبت بین سلنیوم و مس احتمالاً سبب افزایش غلظت مس خون می‌شود (Kantola و Vartiainen، ۲۰۰۱)؛ هرچند کاهش غلظت آهن با بالا رفتن غلظت مس، ممکن است نشان‌دهنده ارتباط منفی بین مس و آهن باشد (Norouzi و همکاران، ۲۰۱۳). برخلاف این گزارشات، افزودن مکمل تزریقی یا خوراکی سلنیوم و ویتامین E (۰/۱ میلی‌گرم در ۲۰ کیلوگرم وزن بدن) سبب افزایش غلظت آهن خون بره‌های نژاد دالاق شد هرچند تأثیری بر غلظت روی نداشت (Asadi و همکاران، ۲۰۱۸). هرچند میزان سلنیوم خون بره‌ها اندازه‌گیری نشد ولی احتمال دارد با توجه به اینکه با افزایش میزان سلنیوم در سرم، میزان روی در خون کاهش پیدا می‌کند (Pavlata و همکاران، ۲۰۰۵)، عدم‌تغییر در غلظت‌های مس، روی و آهن سرم در تحقیق به خاطر، به دلیل عدم‌تغییر معنی‌دار در غلظت سلنیوم خون بره‌ها باشد.

جدول ۳- تأثیر مکمل خوراکی و تزریقی سلنیوم و ویتامین E بر غلظت مس، روی و آهن خون برههای در حال رشد (میلی‌گرم در لیتر)

Table 3- Effect of oral and injectable supplementation of selenium and vitamin E on blood Cu, Zn and Fe concentrations of growing lambs (mg L^{-1})

	روز	شاهد	خوراکی	تزریقی
	Day	Control	Oral	Injectable
مس Copper	0	0.591 ± 0.085	0.606 ±0.086	0.598 ±0.165
	30	0.516 ± 0.085	0.526 ± 0.076	0.518 ± 0.087
	60	0.516 ±0.098	0.521 ± 0.100	0.511 ±0.104
			P-Value	
		تیمار	زمان	تیمار × زمان
		Treat	Time	Treat× Time
		0.923	0.007	0.999
روی Zinc	0	0.841 ± 0.262	0.845 ± 0.264	0.826 ± 0.298
	30	0.708 ± 0.214	0.726 ± 0.171	0.656 ± 0.206
	60	0.795 ± 0.235	0.769 ± 0.239	0.781 ±0.232
			P-Value	
		تیمار	زمان	تیمار × زمان
		Treat	Time	Treat× Time
		0.879	0.148	0.997
آهن Iron	0	1.575 ±0.249	1.566 ± 0.243	1.420 ± 0.196
	30	1.283 ± 0.165	1.193 ± 0.128	1.301 ± 0.110
	60	2.495 ± 0.219	2.391 ± 0.066	2.378 ± 0.062
			P-Value	
		تیمار	زمان	تیمار × زمان
		Treat	Time	Treat× Time
		0.1467	<0.001	0.244

[1]تیمارهای آزمایشی شامل: ۱) گروه شاهد (جیره پایه بدون مکمل سلنیوم و ویتامین E)، ۲) گروه خوراکی (جیره پایه به همراه ۰/۳ میلی‌گرم سلنیوم به صورت سلنومتیونین و ۵۰ میلی‌گرم ویتامین E در کیلوگرم ماده خشک جیره به شکل آلفاتوکوفرول)، ۳) گروه تزریقی (۴ میلی‌لیتر مکمل تزریقی و هر میلی‌لیتر حاوی ۰/۵ میلی‌گرم سلنیوم به صورت سلنیت‌سدیم و ۵۰ میلی‌گرم ویتامین E به شکل آلفاتوکوفرول) در هفته‌های اول و پنجم آزمایش.

[1]Experimental treatments included: 1) Control group (basic diet without selenium and vitamin E supplements), 2) Oral group (basic diet with 0.3 mg of selenium in the form of selenomethionine and 50 mg of vitamin E per kg of dry matter in the form of alpha-tocopherol), 3) Injectable group (4 ml of injectable supplement and each ml containing 0.5 mg of selenium in the form of sodium selenite and 50 mg of vitamin E in the form of alpha-tocopherol) at the first and fifth weeks of the experiment.

متابولیت‌های بیوشیمیایی خون: نتایج مربوط به برخی متابولیت‌های خون برهها در جدول ۴ نشان دادهشده است. استفاده از سلنیوم و ویتامین E خوراکی یا تزریقی اثری بر غلظت کلسترول و تری‌گلیسرید خون برهها نداشت. به‌طور مشابه، گزارش‌شده است استفاده از ۰/۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سلنیت سدیم و سلنو متیونین نیز اثری بر غلظت کلسترول برهها نداشت (Kumar و همکاران، ۲۰۰۹). ولی استفاده از ۰/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم سلنیوم در گوساله‌های شیرخوار یک‌ماهه باعث کاهش غلظت کلسترول پلاسما شد ولی غلظت لیپوپروتئین با چگالی زیاد، خیلی کم و کم را تحت تأثیر قرار نگرفت (Ebrahimi و همکاران، ۲۰۰۹).

جدول ۴- تأثیر مکمل خوراکی و تزریقی سلنیوم و ویتامین E بر غلظت برخی متابولیت‌های خون (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)

Table 4- Effect of oral and injectable supplementation of selenium and vitamin E on the concentration of some blood metabolites (mg dL^{-1})

تزریقی Injectable	خوراکی Oral	شاهد Control	روز Day	
47.3 ± 3.55	47.8 ± 2.99	47.0 ± 1.41	0	کلسترول Cholesterol
51.5 ± 2.66	51.3 ± 3.55	51.1 ± 2.48	30	
52.1 ± 2.78	53.3 ± 3.20	52.6 ± 2.58	60	
	P-Value			
تیمار × زمان Treat × Time	زمان Time	اثر تیمار Treat		
0.906	<0.001	0.593		
14.5 ± 1.37	15.0 ± 1.26	14.8 ± 1.16	0	تری‌گلیسرید Triglyceride
14.6 ± 1.50	15.1 ± 2.58	15.5 ± 1.81	30	
16.6 ± 1.63	16.8 ± 1.32	15.8 ± 2.38	60	
	P-Value			
تیمار × زمان Treat × Time	زمان Time	اثر تیمار Treat		
0.192	0.002	0.627		
16.3 ± 1.36	16.1 ± 1.16	16.6 ± 1.96	0	لیپوپروتئین با چگالی زیاد High density lipoprotein (HDL)
17.3 ± 2.58	17.8 ± 2.58	17.5 ± 2.57	30	
19.0 ± 1.26	18.1 ± 2.31	19.1 ± 1.47	60	
	P-Value			
تیمار × زمان Treat × Time	زمان Time	تیمار Treat		
0.837	0.0004	0.765		
28.1 ± 3.89	28.6 ± 3.21	29.7 ± 5.17	0	لیپوپروتئین با چگالی کم Low density lipoprotein (LDL)
31.2 ± 3.43	30.4 ± 2.85	30.5 ± 4.13	30	
29.8 ± 2.59	31.8 ± 2.85	30.3 ± 3.93	60	
	P-Value			
تیمار × زمان Treat × Time	زمان Time	تیمار Treat		
0.457	0.026	0.730		
2.90 ± 0.27	3.00 ± 0.25	2.96 ± 0.23	0	لیپوپروتئین با چگالی خیلی کم Very low-density lipoprotein (VLDL)
2.93 ± 0.30	3.03 ± 0.46	3.10 ± 0.32	30	
3.33 ± 0.32	3.36 ± 0.26	3.16 ± 0.46	60	
	P-Value			
تیمار × زمان Treat × Time	زمان Time	تیمار Treat		
0.534	0.008	0.627		

[1]تیمارهای آزمایشی شامل: ۱) گروه شاهد (جیره پایه بدون مکمل سلنیوم و ویتامین E)، ۲) گروه خوراکی (جیره پایه به همراه ۰/۳ میلی‌گرم سلنیوم به صورت سلنومتیونین و ۵۰ میلی‌گرم ویتامین E در کیلوگرم ماده خشک جیره به شکل آلفاتوکوفرول)، ۳) گروه تزریقی (۴ میلی‌لیتر مکمل تزریقی و هر میلی‌لیتر حاوی ۰/۵ میلی‌گرم سلنیوم به صورت سلنیت‌سدیم و ۵۰ میلی‌گرم ویتامین E به شکل آلفاتوکوفرول) در هفته‌های اول و پنجم آزمایش.

[1]Experimental treatments included: 1) Control group (basic diet without selenium and vitamin E supplements), 2) Oral group (basic diet with 0.3 mg of selenium in the form of selenomethionine and 50 mg of vitamin E per kg of dry matter in the form of alpha-tocopherol), 3) Injectable group (4 ml of injectable supplement and each ml containing 0.5 mg of selenium in the form of sodium selenite and 50 mg of vitamin E in the form of alpha-tocopherol) at the first and fifth weeks of the experiment.

همچنین، غلظت‌های تری‌گلیسرید، کلسترول، لیپوپروتئین با چگالی زیاد و خیلی کم در بره‌های دریافت‌کننده مکمل سلنیوم (سلنیت سدیم) به میزان ۰/۲ و ۰/۴ گرم در کیلوگرم تغییری نسبت به گروه شاهد نکرد ولی غلظت لیپوپروتئین با چگالی کم کاهش یافت (Alimohammady و همکاران، ۲۰۱۳). در میش‌های دریافت‌کننده پنج میلی‌لیتر مکمل سلنیوم و ویتامین E به صورت تزریقی میزان کلسترول، تری‌گلیسرید، لیپوپروتئین با چگالی خیلی کم تفاوتی با گروه شاهد نداشت ولی لیپوپروتئین با چگالی زیاد و کم در دو بار تزریق نسبت به شاهد به ترتیب افزایش و کاهش یافتند (Panahi Dorcheh و همکاران، ۲۰۱۸). بااین‌حال، گزارش‌شده است که استفاده از پنج میلی‌لیتر سلنیوم (سلنیت سدیم یک درصد) و ۲۵۰ میلی‌گرم ویتامین E در میش باعث افزایش غلظت لیپوپروتئین با چگالی زیاد شد (Baiomy و Suliman، ۲۰۱۲). Asadi و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که استفاده از مکمل تزریقی سلنیوم و ویتامین E (۰/۱ میلی‌گرم در ۲۰ کیلوگرم وزن بدن) سبب افزایش غلظت تری‌گلیسیرید خون بره‌های شیرخوار نژاد دالاق شد هرچند تأثیری بر غلظت کلسترول و لیپوپروتئین با چگالی کم‌وزیاد نشد. احتمالاً علت تفاوت در نتایج محققین مختلف به سبب تفاوت در سن و نوع دام، جیره پایه با مقادیر متفاوت سلنیوم، نحوه و مدت تجویز مکمل و میزان مکمل استفاده‌شده در آزمایش باشد.

آنزیم‌های کبدی: استفاده از مکمل سلنیوم و ویتامین E به روش‌های خوراکی یا تزریقی در بره‌های در حال رشد تأثیری بر فعالیت آنزیم‌های آلانین‌آمینوترانسفراز و آسپارتات آمینوترانسفراز خون آن‌ها نداشت (جدول ۵). استفاده از ۰/۱۵ و ۰/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم سلنیوم (Kumar و همکاران، ۲۰۰۹) و ۰/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم سلنیوم (به‌صورت سلنیت سدیم یا سلنیوم مخمری)، ۰/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم سلنیوم (سلنیت سدیم) (Alimohamady و همکاران، ۲۰۱۳) در جیره بره‌ها نیز تأثیری بر غلظت این دو آنزیم نداشت. گزارش‌شده است استفاده از ۱/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره سلنیوم هیچ اثر سمی بر متابولیسم بدن بره نداشت و تغییر معنی‌داری در فعالیت آسپارتات آمینوترانسفراز و آلانین آمینوتراسفراز مشاهده نشد (Mousaie و همکاران، ۲۰۱۴). ولی تزریق یک‌بار پنج میلی‌لیتر مکمل سلنیوم و ویتامین E (هر میلی‌لیتر حاوی ۰/۵ میلی‌گرم سلنیوم به‌صورت سلنیت سدیم و ۵۰ واحد بین المللی ویتامین E به‌صورت آلفاتوکوفرول) به میش‌ها، فعالیت آسپارتات آمینوترانسفراز را نسبت به گروه شاهد کاهش داد (Panah Dorcheh و همکاران، ۲۰۱۸)؛ این محققین بیان کردند سلنیوم و ویتامین E با اثر آنتی‌اکسیدانی خود و محافظت از سلول‌های بدن در برابر آسیب‌های اکسیداتیو رادیکال‌های آزاد باعث کاهش سطح سرمی این آنزیم می‌شوند. بره‌های نر نژاد مرینو دریافت‌کننده ۰/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم سلنیوم و ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ویتامین E نسبت به گروه شاهد دارای غلظت آنزیم آسپارتات آمینوترانسفراز کمتر و وضعیت آنتی‌اکسیدانی بهتری بودند (Alhidary و همکاران، ۲۰۱۵).

مصرف زیاد سلنیوم ممکن است باعث افزایش فعالیت آسپارتات آمینوترانسفراز سرم و آسیب بافت کبدی شود (Shi و همکاران، ۲۰۱۸). از طرفی کمبود سلنیوم نیز باعث افزایش میزان آنزیم‌های آلانین آمینوترانسفراز و آسپارتات آمینوترانسفراز خون می‌شود و آسیب به بافت‌هایی نظیر کبد و ماهیچه با افزایش این آنزیم‌ها در سرم خون ارتباط دارد (Davis و همکاران، ۲۰۰۸). بر اساس گزارش‌های این محققین، به نظر می‌رسد که میزان سلنیوم مصرف‌شده توسط بره‌ها در تحقیق حاضر به نحوی بوده است که

سبب تغییرات نامطلوب در غلظت آنـزیم‌هـای کبـدی نشده است.

جدول ۵- تأثیر مکمل خوراکی و تزریقی سلنیوم و ویتامین E بر فعالیت آنزیم‌های آلانین آمینوترانسفراز و آسپارتات آمینوترانسفراز خون برهها (واحد در لیتر)

Table 5- Effect of oral and injectable supplementation of selenium and vitamin E on the activity of alanine aminotransferase and aspartate aminotransferase enzymes in the blood of lambs (units per liter)

	روز Day	شاهد Control	خوراکی Oral	تزریقی Injectable
آلانین آمینوترانسفراز Alanine aminotransferase	0	16.8 ± 2.31	16.6 ±1.96	17.1 ±2.31
	30	17.8 ± 1.94	18.1 ±1.72	18.0 ± 3.03
	60	19.1 ± 1.83	18.5 ± 2.25	18.6 ± 1.50
		P-Value		
		اثر تیمار Treat	زمان Time	تیمار × زمان Treat× Time
		0.932	0.003	0.917
آسپارتات آمینوترانسفراز Aspartate aminotransferase	0	91.1 ± 2.78	91.6 ±3.44	90.83 ±2.78
	30	93.3 ±2.87	94.8 ±2.99	93.5 ± 3.88
	60	95.6 ± 2.73	97.1 ± 1.94	96.3 ± 2.25
		P-Value		
		اثر تیمار Treat	زمان Time	تیمار × زمان Treat× Time
		0.146	<0.001	0.941

[1]تیمارهای آزمایشی شامل: ۱) گروه شاهد (جیره پایه بدون مکمل سلنیوم و ویتامین E)، ۲) گروه خوراکی (جیره پایه به همراه ۰/۳ میلی‌گرم سلنیوم به صورت سلنومتیونین و ۵۰ میلی‌گرم ویتامین E در کیلوگرم ماده خشک جیره به شکل آلفاتوکوفرول)، ۳) گروه تزریقی (۴ میلی‌لیتر مکمل تزریقی و هر میلی‌لیتر حاوی ۰/۵ میلی‌گرم سلنیوم به صورت سلنیت‌سدیم و ۵۰ میلی‌گرم ویتامین E به شکل آلفاتوکوفرول) در هفته‌های اول و پنجم آزمایش.

[1]Experimental treatments included: 1) Control group (basic diet without selenium and vitamin E supplements), 2) Oral group (basic diet with 0.3 mg of selenium in the form of selenomethionine and 50 mg of vitamin E per kg of dry matter in the form of alpha-tocopherol), 3) Injectable group (4 ml of injectable supplement and each ml containing 0.5 mg of selenium in the form of sodium selenite and 50 mg of vitamin E in the form of alpha-tocopherol) at the first and fifth weeks of the experiment.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی: نتایج مربوط بـه فعالیـت آنـزیم گلوتاتیون پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز، شـاخص مالون‌دی‌آلدئید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل در جـدول ۶ نشان داده‌شده اسـت. اسـتفاده از مکمـل سـلنیوم و ویتامین E در مطالعـه حاضـر سـبب افـزایش فعالیـت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز در بـره‌هـا شـد و درروش تجویز خوراکی مکمل نسبت به گروه شـاهد اخـتلاف آماری معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). فعالیت ایـن آنـزیم در روز ۶۰ بیشتر از روز ۳۰ آزمایش بود (P<۰/۰۵). این مطلب نشان می‌دهد، با افزایش تعداد روزهای استفاده از مکمل می‌تواند سبب افزایش پایـدار ایـن آنـزیم در خون بره‌ها شـود. افـزودن مقـدار ۰/۰۱ میلـی‌گـرم در کیلوگرم سلنیوم به جیره پایه حاوی ۰/۰۰۶ میلـی‌گـرم در کیلوگرم سـلنیوم (Qin و همکـاران، ۲۰۰۷)، ۰/۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سلنیوم به صورت سلنیت سـدیم و سلنومتونین (Kumar و همکاران، ۲۰۰۹)، و ۰/۲ یـا ۰/۴ میلـی‌گـرم سـلنیوم بـه شـکل سـلنیت سـدیم (Alimohamady و همکاران، ۲۰۱۳) در جیره برهای پرواری نیز سـبب افـزایش فعالیـت آنـزیم گلوتـاتیون پراکسیداز شد. در مطالعه‌ای دیگر، اسـتفاده از مکمـل خوراکی و تزریقی سلنیوم و ویتامین E (۰/۱ میلی‌گرم در ۲۰ کیلوگرم وزن بدن) باعث افزایش فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز خون برههای شیرخوار نژاد دالاق شـد (Asadi و همکـاران، ۲۰۱۸). همچنـین، افـزودن منابع مختلف سلنیوم به جیره پایه بزها سـبب افـزایش میـزان گلوتـاتیون پراکسـیداز شـد (Shi و همکـاران، ۲۰۱۱). افزایش گلوتاتیون پراکسیداز در گوسـاله‌هـای حاصل از گاوهای دریافـت‌کننـده ۰/۲۶ میلـی‌گـرم در

کیلوگرم سلنیوم نیز مشاهده‌شده است (Beck و همکاران،۲۰۰۵). گزارش‌شده است بین غلظت سلنیوم و فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز ارتباط مستقیمی وجود دارد و یک شاخص مهم برای تعیین وضعیت سلنیوم در دام، فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز است (Puls،۱۹۹۴). آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز در حذف پراکسید هیدروژن حاصل از متابولیسم سلولی و رادیکال‌های آزاد ناشی از اکسیداسیون چربی‌ها نقش مهمی دارد (Ahmed و همکاران، ۲۰۱۶).

تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی از لحاظ فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز مشاهده نشد (جدول ۶). هرچند، فعالیت این آنزیم در روز ۶۰ آزمایش بیشتر از روز ۳۰ آزمایش بود (P<۰/۰۵). ولی افزودن سلنیت سدیم یا نانوسلنیوم به صورت خوراکی به میزان یک‌دهم میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن یا مکمل سلنیوم – ویتامین E به میزان ۰/۰۰۵ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن زنده بره‌های کبوده فارس سبب افزایش فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز و سوپراکسیددیسموتاز شد (Talebi و همکاران، ۲۰۲۲). غلظت مالون‌دی‌آلدئید در بره‌های دریافت‌کننده مکمل سلنیوم و ویتامین E کمتر از بره‌های گروه شاهد بود (P<۰/۰۵). این شاخص در روز ۶۰ آزمایش کمتر از روز ۳۰ آزمایش بود (P<۰/۰۵). شاخص مالون‌دی‌آلدئید یکی از شاخص‌های ارزیابی استرس اکسیداتیو محسوب می‌شود و افزایش فعالیت گلوتاتیون پرکسیداز باعث می‌شود واکنش پراکسیداسیون لیپیدی غیرفعال شده و شاخص مالون‌دی‌آلدئید کاهش یابد (Levy و همکاران، ۱۹۹۹). ظرفیت آنتی اکسیدان کل در بره‌های دریافت‌کننده مکمل سلنیوم و ویتامین E بیشتر از بره‌های گروه شاهد بود و این تفاوت در روش تجویز خوراکی نسبت به گروه شاهد معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل در دام‌های دریافت‌کننده مکمل سلنیوم آلی نسبت به سلنیت سدیم و گروه شاهد گزارش‌شده است (Pechova و همکاران، ۲۰۱۲).

رادیکال‌های آزاد حاصل از اکسیداسیون چربی‌ها سبب ربایش الکترون از لیپیدهای غشای سلولی شده و از این طریق به غشاء آسیب می‌رسانند (Pereira و همکاران، ۱۹۹۵). مالون‌دی‌آلدئید از ترکیباتی است که در ارتباط مستقیم با صدمات وارده به سلول به دنبال استرس اکسیداتیو ایجاد می‌شود و میزان آن شاخصی برای ارزیابی این آسیب‌ها است (Doba و همکاران، ۱۹۸۵). از طرفی، آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز خون با اثرات آنتی‌اکسیدانی نقش مهمی در دفاع از سلول و حذف رادیکال‌های آزاد دارند (Halliwell و Gutteridge، ۱۹۹۰). علاوه بر این آنزیم‌های طبیعی در بدن، ویتامین E و سلنیوم نیز به جهت خاصیت آنتی‌اکسیدانی نقش مهمی در جلوگیری از تشکیل، حذف یا مهار رادیکال‌های آزاد دارند. همچنین، سلنیوم به عنوان یک کوفاکتور در فعالیت متابولیکی آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز عمل می‌کند (Attia و El- Demerdash، ۲۰۰۲). مشابه نتایج تحقیق حاضر، برخی محققین نیز گزارش کردند که سلنیوم سبب افزایش فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز می‌شود (Shen و همکاران، ۲۰۰۰). افزایش پراکسیداسیون چربی‌ها و رادیکال‌های آزاد با افزایش آنزیم‌های کبدی همراه است (Jiang و همکاران، ۲۰۰۹) و گزارش‌شده است که استفاده از سلنیوم در جیره می‌تواند فعالیت رادیکال‌های آزاد در کبد را کاهش دهد (Cai و همکاران، ۲۰۱۲).

جدول ۶- تأثیر مکمل خوراکی و تزریقی سلنیوم و ویتامین E بر فعالیت آنزیم‌های گلوتاتیون پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز، شاخص مالون‌دی‌آلدئید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل

Table 6- Effect of oral and injectable supplementation of selenium and vitamin E on glutathione peroxidase, superoxide dismutase, malondialdehyde index and total antioxidant capacity

تزریقی Injectable	خوراکی Oral	شاهد Control	روز Day	
72.10 ±10.40	77.10 ± 17.80	70.81 ± 8.44	0	گلوتاتیون پراکسیداز (واحد در گرم هموگلوبین) Glutathione peroxidase (U gHb^{-1})
87.90^{ab} ± 7.31	97.01^{a}±17.80	75.80^{b} ±10.6	30	
97.10^{ab} ± 16.10	108.00^{a} ±21.20	81.90^{b} ± 17.4	60	
	P-Value			
تیمار × زمان Treat× Time	زمان Time	اثر تیمار Treat		
0.404	<0.001	0.001		
1261 ± 19	1271 ± 20	1240 ± 22	0	سوپراکسید دیسموتاز (واحد در گرم هموگلوبین) Superoxide dismutase (U gHb^{-1})
1281 ± 43	1296 ± 90	1287 ± 64	30	
1306 ± 55	1310 ± 49	1298 ±69	60	
	P-Value			
تیمار × زمان Treat× Time	زمان Time	اثر تیمار Treat		
0.914	0.003	0.436		
1.51 ± 0.38	1.82 ±0.90	1.60 ± 0.56	0	مالون‌دی آلدئید (نانومول در لیتر) Malondialdehyde (nmol L^{-1})
1.56^{b} ±0.16	1.42^{b} ± 0.20	1.88^{a} ±0.04	30	
1.01^{b} ± 0.04	0.98^{b} ± 0.07	1.51^{a} ±0.09	60	
	P-Value			
تیمار × زمان Treat× Time	زمان Time	اثر تیمار Treat		
0.127	0.006	0.04		
0.28 ±0.05	0.34 ±0.01	0.35 ±0.03	0	ظرفیت آنتی اکسیدان کل (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر) Total antioxidant capacity (mgdL^{-1})
0.33 ± 0.03	0.38 ±0.06	0.32 ±0.02	30	
0.34^{ab}± 0.01	0.36^{a} ±0.02	0.33^{b}± 0.01	60	
	P-Value			
تیمار × زمان Treat× Time	زمان Time	اثر تیمار Treat		
0.223	0.405	0.03		

حروف غیر مشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌دار می باشند (P<۰/۰۵)

[1]تیمارهای آزمایشی شامل: ۱) گروه شاهد (جیره پایه بدون مکمل سلنیوم و ویتامین E)، ۲) گروه خوراکی (جیره پایه به همراه ۰/۳ میلی‌گرم سلنیوم به صورت سلنومتیونین و ۵۰ میلی‌گرم ویتامین E در کیلوگرم ماده خشک جیره به شکل آلفاتوکوفرول)، ۳) گروه تزریقی (۴ میلی‌لیتر مکمل تزریقی و هر میلی‌لیتر حاوی ۰/۵ میلی‌گرم سلنیوم به صورت سلنیت‌سدیم و ۵۰ میلی‌گرم ویتامین E به شکل آلفاتوکوفرول) در هفته‌های اول و پنجم آزمایش.

Different letters in each row indicate statistically significant differences (P<0.05).

[1]Experimental treatments included: 1) Control group (basic diet without selenium and vitamin E supplements), 2) Oral group (basic diet with 0.3 mg of selenium in the form of selenomethionine and 50 mg of vitamin E per kg of dry matter in the form of alpha-tocopherol), 3) Injectable group (4 ml of injectable supplement and each ml containing 0.5 mg of selenium in the form of sodium selenite and 50 mg of vitamin E in the form of alpha-tocopherol) at the first and fifth weeks of the experiment.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش نشان داد استفاده از مکمل سلنیوم و ویتامین E سبب بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدانی بره‌ها به هر دو روش خوراکی (۰/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم سلنیوم (سلنومتیونین) و ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ویتامین E) و تزریقی (چهار میلی‌لیتر مکمل تزریقی؛ هر میلی‌لیتر حاوی ۰/۵ میلی‌گرم سلنیوم به‌صورت سلنیت سدیم و ۵۰ میلی‌گرم ویتامین E) شد و تفاوت معنی‌داری بین دو روش مشاهده نشد. با توجه به‌راحتی روش خوراکی و عدم ایجاد استرس به حیوان تجویز مکمل خوراکی توصیه می‌شود.

References

Abuelo, A., Alves- Nores, V., Hernandez, J., Muiño, R., Benedito, J. L. & Castillo, C. (2016). Effect of parenteral antioxidant supplementation during the dry period on postpartum glucose tolerance in dairy cows. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 30 (3): 892-898. https://doi.org/10.1111/jvim.13922.

Alhidary, I., Shini, S., Al-Jassim, R., Abudabos, A. & Gaughan, J. (2015). Effects of selenium and vitamin E on performance, physiological response, and selenium balance in heat-stressed sheep. *Journal of Animal Science*, 93 (2): 576-588. https://doi.org/10.2527/jas.2014-8419.

Alimohammady, R, Aliarabi, H., Bagari, A. A. & Dezfoulian, A. H. (2013). Influence of different amounts and sources of selenium supplementation on performance, some blood parameters, and nutrient digestibility in lambs. Biological *Trace Element Research*, 154 (1): 45-54. https://doi.org/10.1007/s12011-013-9698-4.

Asadi, M. Toghdary, A. Ghoorchi, T. (2018). The effect of oral and injectable selenium and vitamin E on performance, parameters blood and digestibility of nutrients in suckling lambs of Dalaq breed. *Research on Animal Production*, 9 (20): 79-87. https://doi.org/10.29252/rap.9.20.79. (In Persian).

Attia A. M. & El-Demerdash F. M. (2002). Potent protective effects of melatonin on cypermethrin induced oxidative damage in rats *in vivo*. *Journal of Pest Control and Environmental Science*, 10: 91–104.

Baiomy, A. & Suliman, A. (2012). Effects of zinc, selenium and vitamin e injections on the concentration of fatty acids, conjugated linoleic acid (CLA) isomers and cholesterol in Ossimi ewes blood and milk. *Egyptian Journal of Animal Production*, 49 (2): 135-141. https://doi.org/ 10.21608/EJAP.2012.94328.

Beck, P. A., Wistuba, T. J., Davis, M. E. & Gunter, S. A. (2005). Effects of feeding supplemental organic or inorganic selenium to cow-calf pairs on selenium status and immune responses of weaned beef calves. *The Professional Animal Science*, 21 (2): 114-120. https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)31179-7.

Cai, S., Wu, C., Gong, L. M., Song, Y., Wu, H. & Zhang, L. Y. (2012). Effects of Nano-selenium on performance, meat quality, immune function, oxidation resistance and tissue selenium content in broilers. *Poultry Science*, 91 (10): 2532-9. https://doi.org/10.3382/ps.2012-02160.

Cristaldi, L. A, McDowel, L. R., Buergelt, C. D., Davis, P. A., Wilkinson, N. S. & Martin, F. G. (2005). Tolerance of inorganic selenium in wether sheep. *Small Ruminant Research*, 56: 205-213. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2004.06.001.

Davis, P. A., McDowell, L. R., Wilkinson, N. S., Buergelt, C. D., Van Alstyne, R., Weldon, R.N. & Marshall. T. T. (2006). Effects of selenium levels in ewe diets on selenium in milk and the plasma and tissue selenium concentration of lamb. *Small Ruminant Research*, 65: 14-23. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.06.016.

Davis, P. A., McDowell, L. R., Wilkinson, N. S., Buergelt, C. D., Van Alstyne, R., Weldon, R. N., Marshall, T. T. & Matsuda-Fugisaki, E. Y. (2008). Comparative effects of various dietary levels of Se as sodium selenite or Se yeast on blood, wool, and tissue Se concentrations of whether sheep. *Small Ruminant Research*, 74: 149-158. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2007.05.00.

Dhillon, K. S. & Dhillon, S. K. (2003). Distribution and management of seleniferous soils. Advances in Agronomy, 79 (1): 119-184. https://doi.org/10.1016/S0065-2113(02)79003-2.

Di Giulio, R. T. & Meyer, J. N. (2008). Reactive oxygen species and oxidative stress. In: R.T. Di Giulio and D.E. Hinton (Eds.), The Toxicology of Fishes. CRC Press, Boca Raton, FL. Pp. 273–324.

Doba, T., Burton, G. W. & Ingold, K. U. (1985). Antioxidant and co-antioxidant activity of vitamin C. The effect of vitamin C, either alone or in the presence of vitamin E or a water-soluble vitamin E analogue, upon the peroxidation of aqueous multilamellar phospholipid liposomes. *Biochemistry and Biophysics Journal*, 835 (2): 298–303. https://doi.org/10.1016/0005-2760(85)90285-1.

Ebrahimi, M., Towhidi, A. & Nikkhah, A. (2009). Effect of organic selenium (sel-plex) on thermometabolism, blood chemical composition and weight gain in Holstein suckling calves. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 7: 984-992. https://doi.org/10.5713/ajas.2009.80698.

Gunter, S. A., Beck, P. A. & Phillips, J. M. (2003). Effects of supplementary selenium source on the performance and blood measurements in beef cows and their calves. *Journal of Animal Science*, 81: 856-864. https://doi.org/10.2527/2003.814856x.

Gupta, U. C. & Gupta, S. C. (2000). Selenium in soils and crops, its deficiencies in livestock and humans: *Implications for management. Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 31: 1791–1807. https://doi.org/10.1080/00103620009370538.

Halliwell, B., Gutteridge, J. M. C. (1990). The antioxidants of human extracellular fluids. *Archives of Biochemistry and Biophysics Journal*, 280 (1): 1–8. https://doi.org/10.1016/0003-9861(90)90510-6

Jalilian, M. T., Moeini, M. M. & Karkodi, K. (2012). Effect of selenium and vitamin E supplementation during late pregnancy on colostrum and plasma Se, Cu, Zn and Fe concentrations of fat tail Sanjabi ewes and their lambs. *Acta Agriculturae Slovenica*, 100 (2): 123-129.

Jiang, Z. Y., Lin, Y. C., Zhou, G. L., Luo, L. H., Jiang, S. Q. & Chen, F. (2009). Effects of dietary selenomethionine supplementation on growth performance, meat quality and antioxidant property in yellow broilers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57 (20): 9769-9772. https://doi.org/10.1021/jf902411c.

Kachuee, R., Abdi-Benemar, H., Mansoori, Y., Sánchez-Aparicio, P., Seifdavati, J., Elghandour, M. M. & Salem, A. Z. (2019). Effects of sodium selenite, L-selenomethionine, and selenium nanoparticles during latepregnancy on selenium, zinc, copper, and iron concentrations in Khalkhali Goats and their kids. Biological *Trace Element Research*, 191: 389-402. https://doi.org/10.1007/s12011-018-1618-1.

Kantola, M. & Vartiainen, T. (2001). Changes in selenium, zinc, copper and cadmium contents in human milk during the time when selenium has been supplemented to fertilizers in Finland. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 15 (1): 11-17. https://doi.org/10.1016/S0946-672X(01)80020-1.

Kojouri, G. A., Jahanabadi, S., Shakibaie, M., Ahadi, A.M. & Shahverdi, A.R., (2012). Effect of selenium supplementation with sodium selenite and selenium nanoparticles on iron homeostasis and transferrin gene expression in sheep: a preliminary study. *Research in Veterinary Science*, 93 (1): 275-278. https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2011.07.029.

Kojouri, G. & Shirazi, A. (2007). Serum concentrations of Cu, Zn, Fe, Mo and Co in newborn lambs following systemic administration of vitamin E and selenium to the pregnant ewes. *Small Ruminant Research*, 70 (2): 136-139. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.02.002.

Jeffery, O. H. (2018). Selenium. In: R. C. Gupta, Veterinary Toxicology, Basic and Clinical Principles, Third Edition, Academic Press. Elsevier Inc. Pp. 469. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811410-0.00033-7.

Kumar, M., Garg, A. K., Dass, R. S., Chaturvedi, V. K., Mudgal, V. & Varshney, V. P. (2009). Selenium supplementation influences growth performance, antioxidant status and immune response in lambs. *Animal Feed Sciences and Technology*, 153: 77-87. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2009.06.007.

Levy, U., Zaltzbern, H., Ben-Amotz, A., Kanter, Y. & Aviran, M. (1999). β-Carotene affects antioxidant status in non- insulin dependent mellites. *Pathophysiology*, 6 (3): 157-161. https://doi.org/10.1016/S0928-4680(99)00013-9.

Mohri, M., Ehsani, A., Norouzian, M. A., Bami, M. H. & Seifi, H. A. (2011). Parenteral selenium and vitamin E supplementation to lambs: hematology, serum biochemistry, performance, and relationship with other trace elements. *Biological Trace Element Research*, 139 (3): 308-316. https://doi.org/10.1007/s12011-010-8659-4.

Mousaie, A., Valizadeh, R., Naserian, A. A., Heidarpour, M. & Kazemi Mehrjerdi, H. (2014). Impacts of feeding selenium-methionine and chromium-methionine on performance, serum components, antioxidant status and physiological responses to transportation stress of Baluchi ewe lambs. *Biological Trace Element Research*, 162: 113-123. https://doi.org/10.1007/s12011-014-0162-x.

Norouzi, N., Asri-Rezaei, S., Eftekhari, Z. & Jeloudari Mamaghani, M. (2013). Evaluation of the serum and liver manganese, molybdenum, iron and copper concentrations and their relationships with serum macro-minerals in Holstein dairy cows. *Iranian Journal of Veterinary Clinical Sciences*, 7: 3-12. (In Persian).

NRC (National Research Council). (2007). Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. National Academy Press, Washington, D.C.

Panahi Dorcheh, Z., Aliarabi, H., Farahavar, A., Maleki, M. & Yazdani, H. (2018). The effect of selenium and vitamin e injection times in late pregnant ewes on thyroid hormones metabolism, ewe's blood biochemical parameters and their lamb's performance after birth. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 9 (4): 400-412. https://doi.org/10.22067/ijasr.v1397i1.59749. (In Persian).

Pavlata, L., Podhorsky, A. Pechova, A. & Chomat, P. (2005). Differences in the occurrence of selenium, copper and zinc deficiencies in dairy cows, calves, heifers and bulls. *Veterinární Medicína*. 9: 390-400. https://doi.org/10.17221/5638-VETMED.

Pechova, A., Sevcikova, L., Pavlata, L. & Dvorak, R. (2012). The effect of various forms of selenium supplied to pregnant goats on selected blood parameters and on the concentration of Se in urine and blood of kids at the time of weaning. *Veterinární Medicína*, 57 (8): 394–403. https://doi.org/ 10.17221/6307-VETMED.

Pereira, B., Rosa, L. F., Safi, D. A, Bechara, E. J., Curi, R. (1995). Hormonal regulation of superoxide dismutase, catalase and glutathione peroxidase activities in rat macrophages. *Biochemical Pharmacology*, 50: 2093-2098. https://doi.org/10.1016/0006-2952(95)02116-7.

Puls, R. (1994). Mineral Levels in Animal Health: Diagnostic Data 2nd ed. Sherpa International, Clear Book. P.p.356.

Shen, H., Yang, C., Liu, J. & Ong, C. (2000). Dual role of glutathione in selenite induced oxidative stress and apoptosis in human hepatoma cells. *Free Radical in Biology and Medicine*, 28 (7): 1115-1124. https://doi.org/10.1016/s0891-5849(00)00206-9.

Shi, L., Ren, Y., Zhang, C., Yue, W. & Lei, F. (2018). Effects of maternal dietary selenium (Se-enriched yeast) on growth performance, antioxidant status and haemato-biochemical parameters of their male kids in Taihang goats. *Animal Feed Science and Technology*, 238: 57-65. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.07.002.

Shi, L., Xun, W., Yue, W., Zhang, C., Ren, Y., Shi, L., Wang, Q., Yang, R. & Lei, F. (2011). Effect of sodium selenite, Se-yeast and nano-elemental selenium on growth performance, Se concentration and antioxidant status in growing male goats. *Small Ruminant Research*, 96: 49-52. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2010.11.005.

Talebi, E., Dolatkhah, A. & Asadi Moghadam, R. (2022). Investigation on the effect of different selenium sources on some mineral elements and antioxidants in the blood of Fars Kaboodeh lambs. *Journal of Animal Environment*, 14 (3): 42-54. 10.22034/AEJ.2021.307195.2648. (In Persian).

Tórtora-Pérez, J. L. (2010). The importance of selenium and the effects of its deficiency in animal health. *Small Ruminant Research*, 89 (2-3): 185-192. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.12.042.

Van Metre, D. C. & Callan, R. J. (2001). Selenium and vitamin E. Veterinary Clinics of North America: *Food Animal Practice*, 17 (2): 373-402. https://doi.org/10.1016/S0749-0720(15)30034-7.

Vignola, G., Lambertini, L., Mazzone, G., Giammarco, M., Tassinari, M., Martello, G. & Bertin, G. (2009). Effects of selenium source and level of supplementation on the performance and meat quality of lambs. *Journal of Meat Science*, 81: 678- 685. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.11.009.