14(3) 43-54, Autumn 2022

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

Investigation on the Effect of Different Selenium Sources on Some Mineral Elements and Antioxidants in the Blood of Fars kaboodeh Lambs

Ebrahim Talebi [1*], Aziz Dolatkhah [1], Reza Asadi Moghadam [2]

[1]*Department of Anima Sciences, Darab Branch, Islamic Azad University, Darab, Iran*
[2]*Department of Animal Science, Agriculture and Natural Resources Campus, University of Tehran, Karaj, Iran*

Key Words
Selenium
Mineral
Glutathione peroxidase
Superoxide dismutase
Fars kaboodeh

Abstract

Introduction: Selenium is an essential trace element for many physiological processes, especially for the functioning of the immune and reproductive systems, the metabolism of thyroid hormones, and antioxidant defense. This study was performed to investigate different sources of selenium on some mineral elements and antioxidants in the blood of Fars kaboodeh lambs.

Materials & Methods: In this experiment, sixteen 4-month-old Fars kaboodeh lambs with an average weight of 35±2 kg were used. At the beginning of this study, the lambs used for plaque were first weighed and subjected to clinical examination. The treatments tested included sodium selenite and nano-selenium orally at the rate of one-tenth of a milligram per kilogram of body weight for ten days, vitamin E selenium (injectable at a rate of 0.005 mg per kilogram of live weight), and the control group (without selenium). Water and salt were provided *ad libitum* to the animals. The basic diet was performed twice a day (8:00 am and 6:00 pm) based on racial needs and feeding. The duration of the experiment was 30 days and blood sampling of lambs was performed on the days of the experiment (zero), 10 and 30 days.

Results: The concentrations of iron, copper and zinc under the influence of different sources of selenium showed a significant difference ($P<0.05$). In general, the use of different sources of selenium decreased the concentration of iron, copper and increased the concentration of plasma in different periods of the experiment. Blood selenium of lambs during the experiment also showed a significant difference ($P<0.05$) and its amount increased during the experiment. The activity of glutathione peroxidase and superoxide dismutase also increased under the influence of different sources of selenium ($P<0.05$).

Conclusion: In general, the use of different sources of selenium decreased the concentration of iron and copper in serum in the 1st, 2nd, and 3rd periods and the concentration of zinc in different periods of the experiment showed a significant increase. By raising the expression of transferrin receptors on the surface of tissue cells, selenium enhances the entry of transferrin into the cell by receptor-mediated endocytosis, which reduces the serum iron concentration. On the other hand, iron deficiency affects the production of ceruloplasmin and this protein is responsible for copper transport. Copper changes may have an indirect effect on serum concentrations. The absorption of copper on the intestinal surface is impaired by increasing the synthesis of metallothionein. The use of different sources of selenium caused a continuous supply of selenium and reached the desired level of plasma selenium concentration. The increase in glutathione peroxidase levels is due to a direct correlation between selenium concentration and glutathione peroxidase activity. In general, the use of selenium improves the performance and health of lambs.

* Corresponding Author's email: talebi226@iaudarab.ac.ir
Received: 29 May 2021; Reviewed: 5 July 2021; Revised: 8 September 2021; Accepted: 12 October 2021
(DOI): 10.22034/AEJ.2021.307195.2648

مقاله پژوهشی

بررسی تاثیر منابع مختلف سلنیوم بر روی برخی از عناصر معدنی و آنتی‌اکسیدان‌های خون بره‌های کبوده فارس

ابراهیم طالبی[1*]، عزیز دولتخواه[1]، رضا اسدی‌مقدم[2]

[1] گروه علوم دامی، واحد داراب، دانشگاه آزاد اسلامی، داراب، ایران

[2] گروه علوم دامی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

کلمات کلیدی

سلنیوم
گلوتاتیون پراکسیداز
سوپراکسیدودیسموتاز
کبوده فارس

چکیده

مقدمه: سلنیوم یک عنصر کمیاب ضروری برای بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیکی، به‌ویژه برای عملکرد سیستم‌های ایمنی و تولیدمثل، متابولیسم هورمون‌های تیروئید و هم‌چنین دفاع آنتی‌اکسیدانی است. این مطالعه به‌منظور بررسی منابع مختلف سلنیوم روی برخی از عناصر معدنی و آنتی‌اکسیدان‌های خون بره‌های کبوده فارس انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: در این آزمایش از تعداد ۱٦ راس بره نژاد کبوده فارس ٤ ماهه با متوسط وزن ۲±۳۵ کیلوگرم استفاده گردید. در آغاز این پژوهش بره‌های مورد استفاده از ابتدا پلاک‌کوبی، وزن‌شان ثبت و تحت معاینه بالینی قرار گرفتند. تیمارهای مورد آزمایش شامل سلنیت سدیم و نانوسلنیوم به‌صورت خوراکی به‌میزان یک‌دهم میلی‌گرم به‌ازای هر کیلوگرم وزن بدن به‌مدت ده روز، ویتامین ای سلنیوم (به‌صورت تزریقی به‌میزان ۰/۰۰۵ میلی‌گرم به‌ازای هر کیلوگرم وزن زنده) و گروه شاهد (فاقد سلنیوم) بودند. آب و نمک به‌صورت آزاد در اختیار دام‌ها قرار گرفت. جیره پایه براساس احتیاج نژادی و خوراک‌دهی به‌صورت دو بار در روز (ساعات ۸:۰۰ صبح و ۱۸:۰۰ غروب) انجام شد. مدت آزمایش ۳۰ روز و نمونه‌گیری از خون بره‌ها در روزهای شروع آزمایش (صفر)، ۱۰ و ۳۰ روزگی به‌عمل آمد.

نتایج: غلظت عناصر آهن، مس و روی تحت تاثیر منابع مختلف سلنیوم تفاوت معنی‌داری را نشان داد ($P<0/05$). به‌طور کلی استفاده از منابع مختلف سلنیوم موجب کاهش غلظت آهن، مس و افزایش غلظت روی پلاسما در دوره‌های مختلف آزمایش شد. سلنیوم خون بره‌ها در طی آزمایش نیز با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نشان داد ($P<0/05$) ومیزان آن در طی آزمایش افزایش یافت. فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز و سوپراکسیدودیسموتاز نیز تحت تاثیر منابع مختلف سلنیوم افزایش یافت ($P<0/05$).

نتیجه‌گیری و بحث: به‌طورکلی استفاده از منابع مختلف سلنیوم موجب کاهش غلظت آهن و مس سرم در دوره‌های اول، دوم و سوم گردید و غلظت روی نیز در دوره‌های مختلف آزمایش افزایش معنی‌داری را نشان داد. سلنیوم با افزایش بیان رسپتورهای ترانسفرین در سطح سلول‌های بافت‌ها، ورود ترانسفرین به‌داخل سلول را به‌روش اندوسیتوز با واسطه گیرنده افزایش داده و این امر موجب کاهش غلظت آهن سرم می‌گردد. از طرفی کاهش آهن بر ساخت سرولوپلاسمین تاثیر داشته و این پروتئین، وظیفه انتقال مس را برعهده دارد. تغییرات مس ممکن است یک اثر غیرمستقیم بر غلظت روی سرم داشته باشد. جذب روی درسطح روده توسط مس از طریق افزایش سنتز متالوتیونین، اختلال پیدا می‌کند. استفاده از منابع مختلف سلنیوم سبب تامین مداوم عنصر سلنیوم و به حد مطلوب رسیدن غلظت سلنیوم پلاسما شد. افزایش سطح آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز به‌دلیل، ارتباط مستقیم بین غلظت سلنیوم و فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز است. به‌طورکلی استفاده از سلنیوم سبب عملکرد بهینه بره‌ها و سلامتی آن‌ها را بهبود می‌بخشد.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: talebi226@iaudarab.ac.ir

تاریخ دریافت: ۸ خرداد ۱٤۰۰؛ تاریخ داوری: ۱٤ تیر ۱٤۰۰؛ تاریخ اصلاح: ۱۷ شهریور ۱٤۰۰؛ تاریخ پذیرش: ۲۰ مهر ۱٤۰۰
(DOI): 10.22034/AEJ.2021.307195.2648

مقدمه

با توجه به اهمیت و نقش مواد معدنی در تغذیه دام، ارتقاء سیستم ایمنی و فاکتورهای خونی، شناخت وضعیت عناصر معدنی در مواد غذایی، امری ضروری است. مواد معدنی، مواد مغذی مورد نیاز دام است که در حفظ سلامت، رشد، ایمنی و تولیدمثل دام از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشند (۱). در این میان، سلنیوم (Se) به‌عنوان یک ماده معدنی کم نیاز، در سال‌های اخیر به‌طور چشمگیری توجه محققان تغذیه انسان و دام را به خود معطوف کرده است (۲). نقش این عنصر به‌عنوان یک ماده مغذی در جلوگیری از آسیب کبد در موش، اولین بار توسط Schwarz و Foltz، به‌اثبات رسید (۳). سلنیوم یک عنصر کمیاب غیرفلزی مهم است و برای همه حیوانات ضروری است (۴، ۵، ۶، ۷). مطالعات زیادی در سراسر جهان انجام شده است که نشان می‌دهد نارسایی سلنیوم شایع است (۸) و باعث اختلال در شرایط تولید حیوانات در حال رشد و بالغ، به‌ویژه نشخوارکنندگان می‌شود (۹). بنابراین، گزارش‌های زیادی در مورد تغذیه سلنیوم بر روی نشخوارکنندگان گزارش شده است. سلنیوم فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۱۰، ۱۱، ۱۲)، ضدالتهابی (۶، ۱۳)، ضدسرطان (۱۴)، ضدویروس (۶)، ضدباکتری (۱۵)، ضدقارچ (۱۶) و اثرات ضدانگلی (۱۷) دارد. علاوه بر این، جزء جدایی‌ناپذیر سلنوپروتئین‌ها است که در مجموعه‌ای از فرایندهای مهم فیزیولوژیکی شرکت می‌کنند (۱۸). اولین سلنوآنزیم اثبات شده، گلوتاتیون پراکسیداز (GPx) است (۱۹) که جزء ضروری سیستم آنتی‌اکسیدانی، در ارگانیسم‌های زنده شناخته می‌شود (۲۰). خانواده سلنوپروتئین شامل حداقل ۲۵ پروتئین یوکاریوتی است که بیان ژن آن‌ها بسته به‌میزان سلنیوم بستگی دارد و توسط هورمون‌ها تنظیم می‌شود (۲۱). سلنوپروتئین‌ها در محل فعال خود حاوی سلنیوم بوده که به شکل ۲۱ اسیدآمینه سلنوسیستئین وجود دارند (۲۲). ترکیب سلنوسیستئین در سلنوپروتئین‌ها از مکانیسم منحصر به‌فردی استفاده می‌کند که مستلزم رمزگشایی کدون UGA (۲۳) در mRNA است و معمولاً در خاتمه ترجمه (۲۴) نقش دارد. کدگذاری UGA به شدت به ساختار حلقه ساقه RNA وابسته است و توالی درج (SECIS) سلنوسیستئین در ۳۰ منطقه بدون ترجمه (UTR ۳۰) پیام‌های سلنوپروتئینی یوکاریوتی یافت می‌شود (۲۵). این عنصر با شرکت در ساختمان سلنوپروتئین‌ها نقش مهمی در سیستم آنتی‌اکسیدانی بدن ایفا می‌نماید. آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز به‌عنوان یک سلنوآنزیم در خنثی نمودن پراکسید هیدروژن تولید شده طی متابولیسم سلولی و رادیکال‌های پراکسید حاصل از اکسیداسیون چربی‌ها مؤثر می‌باشد. این آنزیم در ترکیب با گلوتاتیون احیاء شده بوده و گلبول‌های سفید و قرمز را در برابر عوارض ناشی از اکسیداسیون و همولیز توسط پراکسیدها محافظت می‌کند (۲۶) و در حال حاضر حداقل چهار GSH-PX شناسایی شده است (۲۷). کمبود سلنیوم از سنتز و عملکرد GSH-PX که از اکسیداسیون چربی‌ها و پروتئین‌های غشا در برابر پراکسیدهای ایجاد شده در متابولیسم واسطه سلول‌ها محافظت می‌کند، جلوگیری می‌نماید. بنابراین، کمبود سلنیوم به‌ویژه به غشای سلولی و میتوکندریایی آسیب می‌رساند (۲۸، ۲۹). هم‌چنین آنزیم‌های دیدیناز که در تبدیل هورمون تیروکسین به شکل فعال آن یعنی تریدوتیرونین نقش دارند، توسط سلنیوم فعال می‌گردند. این عنصر هم‌چنین به‌واسطه حضور در فعالیت آنتی‌اکسیدان‌هایی نظیر تیوردوکسین ردوکتاز و گلوتاتیون پراکسیداز، نقش مهمی در جلوگیری از اثرات زیانبار تنش‌های اکسیداتیو و محیطی در دام‌ها ایفا می‌کند (۳۰). به واسطه اثرات متابولیک و آنتی‌اکسیدانی سلنیوم، کمبود این ماده معدنی در بدن دام سبب کاهش تولیدات و بروز بیماری‌هایی مانند ماهیچه سفید می‌شود درحالی‌که ازدیاد آن نیز سبب ایجاد مسمومیت شدید و مرگ دام می‌گردد (۳۱). سلنیوم در ترکیبات خوراکی با منشا گیاهی به‌عنوان بخشی از یک ترکیب آلی که عمدتاً سلنومتیونین (SeMet) است، وجود دارد. جذب سلنیوم به‌طور عمده به غلظت و فرم‌های فیزیکوشیمیایی موجود در خاک بستگی دارد. پرورش‌دهندگان طیور برای حفظ عملکرد باروری و تولیدمثل گله، جلوگیری از بیماری‌های انسفالومالاسی تغذیه‌ای، دیاتزاگزوداتیو و آتروفی پانکراس از جیره‌های غنی از سلنیوم استفاده می‌نمایند (۳۲). در اکثر خاک‌ها میزان سلنیوم بین ۰/۱ تا ۲ میلی‌گرم در کیلوگرم، بسته به منطقه جغرافیایی متغیر است (۳۳) و در برخی از کشورها مانند نیوزلند، فنلاند و برخی مناطق چین، سلنیوم قابل دسترس در خاک‌ها به‌طور طبیعی کم است. میزان سلنیوم خاک بستگی به ترکیب سنگ بستر تولیدکننده آن دارد (۳۴). مناطقی که مقدار سلنیوم خاک آن‌ها کم‌تر از ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم باشد را به‌عنوان مناطق دچار کمبود سلنیوم در نظر می‌گیرند. اضافه بودن این عنصر در خاک و خوراک نیز ایجاد مسمومیت می‌نماید. سمیت سلنیوم زمانی تهدیدی جدی است که مقدار بیش‌تری از آن در خاک یافت شود (۲۷، ۳۵). مقدار این عنصر در علوفه‌ها منعکس کننده میزان آن در خاک بوده و دام‌ها برای تأمین نیاز خود با مصرف این گیاهان، دچار کمبود می‌گردند (۳۶). از طرفی میزان سلنیم تحت تاثیر میزان بارندگی و سرعت رشد گیاه نیز می‌باشد. علوفه‌های رشد یافته در مناطق دارای بارندگی زیاد، از سلنیوم کم‌تری برخوردار هستند. محققین نشان دادند که سرعت رشد گیاه با غلظت این عنصر در آن رابطه معکوس دارد. توصیه NRC، برای بره‌های در حال رشد، مقدار ۰/۱ تا ۰/۲ میلی‌گرم سلنیوم در کیلوگرم ماده خشک جیره بوده (۳۷) درحالی‌که NRC، این مقدار را به ۰/۲۲ تا ۰/۴۴ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک افزایش داده است (۳۸). سازمان غذا و

داروی آمریکا و اتحادیه‌اروپا نیز به‌ترتیب حداکثر مقدار افزودن مکمل سلنیومی را به‌مقدار ۰/۳ و ۰/۵ میلی‌گرم سلنیوم در کیلوگرم ماده خشک‌محدود نموده‌است. Shi و همکاران، گزارش‌نمودند که استفاده از سلنیوم در جیره، عملکرد و رشد بزغاله‌های متولد شده را بهبود بخشید (۳۹). Alimohammadi و Aliarabi، گزارش نمودند که افزودن سلنیوم تاثیر معنی‌داری بر ضریب‌تبدیل‌غذای نداشت (۴۰). Domínguez-Vara و همکاران، نیز بر عدم تفاوت معنی‌داری در افزایش وزن، مصرف خوراک و ضریب‌تبدیل‌غذایی در بره‌های دریافت کننده تاکید کردند (۴۱). نتایج مطالعه Qin و همکاران، نشان داد که با افزودن مقدار ۰/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم سلنیوم به جیره پایه حاوی ۰/۰۶ میلی‌گرم در کیلوگرم سلنیوم به‌صورت آلی و معدنی در بره‌های پرواری، فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز خون افزایش یافت (۴۲). Gunter و همکاران، با مصرف سلنیوم در گاوهای آبستن مشاهده نمودند که غلظت سلنیوم و گلوتاتیون پراکسیداز در گوساله‌های مورد آزمایش افزایش یافت. این محققین بیان نمودند که سلنومتیونین، غلظت سلنیوم را بیش‌تر از سلنیت‌سدیم، در گوساله‌ها افزایش داد. ولی بر میزان گلوتاتیون پراکسیداز تاثیر معنی‌داری نداشت (۴۳). در مطالعات دیگر، تغذیه گاوهای هرفورد با استفاده از شربت سلنیوم به صورت هفتگی (۴۴) و مطالعه Beck و همکاران (۴۵) بر افزایش فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز تاکید داشت. Alimohammadi و همکاران، نشان دادند که افزودن سلنیوم به جیره بره‌های پرواری، اثر کاهشی و متمایل به معنی‌داری بر غلظت آهن پلاسما داشت (۴۶). برخی مطالعات گزارش نمودند که سلنیوم در تنظیم متابولیسم آهن ایفای نقش می‌کند و نشان داده شده که در موش‌هایی که برای مدت طولانی غلظت‌های بالای آهن دریافت می‌کردند میزان سلنیوم و فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز در بافت قلب آن‌ها کاهش یافت و با افزودن سدیم سلنات به جیره آن‌ها غلظت آهن بافت قلب و تنش‌های اکسیداتیو کاهش پیدا نمود (۴۷). Pechova و همکاران، نشان دادند که غلظت مس در سرم بزهای دریافت‌کننده سلنیوم افزایش یافت (۴۸). درحالی‌که Mohri و همکاران، با تزریق سلنیوم به بره‌های تازه متولد شده، تغییری در غلظت مس پلاسما مشاهده نکردند (۳۱). با توجه به نتایج متفاوت حاصل از تحقیقات مختلف، این پژوهش به منظور بررسی تاثیر منابع مختلف سلنیوم (نانوذرات‌سلنیوم، سلنیت سدیم، سلنومتیونین و سلنوویت) بر میزان سلنیوم، آهن، مس، روی و برخی از آنتی‌اکسیدان‌های خون بره‌های نژاد کبوده‌فارس به‌انجام رسید.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش از تعداد ۱۶ راس بره نژاد کبوده فارس ۴ ماهه با متوسط وزن ۲±۳۵ کیلوگرم استفاده گردید. بره‌های مورد استفاده از ابتدا پلاک‌کوبی و وزن‌شان ثبت گردید. دام‌های انتخاب شده در آغاز این پژوهش تحت معاینه بالینی قرار گرفتند و از سلامت آن‌ها اطمینان حاصل شد. تیمارهای مورد آزمایش شامل سلنیت سدیم و نانوسلنیوم به‌صورت خوراکی به‌میزان یک‌دهم میلی‌گرم به‌ازای هر کیلوگرم وزن بدن و به‌مدت ده روز، ویتامین ای سلنیوم (به‌صورت تزریقی به‌میزان ۰/۰۰۵ میلی‌گرم به‌ازای هر کیلوگرم وزن زنده) و گروه شاهد (فاقدسلنیوم) بودند. دسترسی به آب و نمک به‌صورت‌آزاد بود. آزمایش ۳۰ روز و نمونه‌گیری از خون بره‌ها در روزهای شروع آزمایش(۰)، ۱۰ و ۳۰ روزگی به‌عمل‌آمد. جیره پایه براساس احتیاج نژادی و با استفاده از نرم‌افزار UFFDA تنظیم گردید (جدول ۱). با توجه به هزینه بالای اندازه‌گیری سلنیوم در نمونه خوراک‌ها، میزان سلنیوم‌جیره پایه اندازه‌گیری‌نشد و مقدار آن‌در خوراک‌های مصرفی نمی‌توانست نیاز دام‌ها را به سلنیوم تامین نماید.

جدول ۱: ترکیب شیمیایی مواد خوراکی و جیره پایه مورد استفاده آزمایش

ترکیب جیره	گرم در کیلوگرم ماده خشک
یونجه	۳۲۰
جو	۵۸۰
کنجاله سویا	۴۰
سبوس گندم	۵۰
مکمل ویتامینی و معدنی	۱۰
ماده خشک	۹۰۹
انرژی قابل متابولیسم (مگاکالری در کیلوگرم ماده خشک)	۲/۷۰
پروتئین خام	۱۳۳
فیبر نامحلول در شوینده اسیدی	۱۸۱
فیبرنامحلول در شوینده خنثی	۳۳۶
عصاره اتری	۱۷/۲
کلسیم	۶/۵
فسفر	۳/۴
سلنیوم (میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک)	۰/۰۶

تهیه نانو ذرات سلنیوم: به‌منظور تهیه ذرات نانوسلنیوم، از روش احیای اکسیدسلنیوم با استفاده از اسیدآسکوربیک بهره گرفته شد. ترکیبات استفاده شده اکسیدسلنیوم و اسید سکوربیک محصول شرکت‌مرک آلمان بودند (۴۹). برای تهیه نانوذرات قرمز رنگ سلنیوم روش‌های شیمیایی و بیولوژیکی متعدد وجود دارد که در این مطالعه از یک‌روش شیمیایی براساس فاز محلول، استفاده گردید. برای شروع واکنش، با اضافه کردن قطره قطره اسیدآسکوربیک به محلول دی اکسیدسلنیوم، ذرات‌قرمز رنگ نانوسلنیوم شروع به شکل‌گیری کرده که موجب تغییر رنگ محلول از حالت بی‌رنگ به قرمز می‌شوند. به منظور جداسازی نانوذرات، محلول‌حاصله را در یک‌محل آرام به‌مدت ۷۲-۴۸ ساعت بدون حرکت قرار داده شد. در این روش از وجود

پلیمرها قابل حل در آب به‌عنوان تثبیت‌کننده‌های موثر و امولسیفایر در سنتز کلوئیدی سلنیوم استفاده شد.

خونگیری و آماده‌سازی نمونه‌ها: در این آزمایش در روزهای صفر، ۱۰ و ۳۰ روزگی از طریق ورید وداج گردنی از تمام بره‌ها خونگیری و نمونه‌های خون به دو لوله جداگانه حاوی هپارین و دیگری بدون هپارین منتقل شدند. نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه به‌مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ (با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه) و پلاسما یا سرم آن‌ها جدا گردید. نمونه‌های سرم و پلاسما تا زمان اندازه‌گیری در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شدند. غلظت‌های روی و سلنیوم پلاسما (۵۰) با دستگاه جذب اتمی (VarianSpectrAA220) و آهن سرم توسط کیت استاندارد اندازه‌گیری شدند. جذب نوری نمونه‌ها در طول موج ۵۶۲ نانومتر قرائت و برای اندازه‌گیری فریتین سرم از ابزار کروماتوگرافی و الکتروفورز استفاده شد، سپس در طول موج ۲۸۰ نانومتر، جذب نوری توسط اسپکتروفتومتر قرائت و غلظت فریتین محاسبه گردید. فعالیت آنزیم‌های گلوتاتیون پراکسیداز و سوپر اکسیددیسموتاز در خون کامل با استفاده از کیت رندوکس (ساخت انگلستان) مطابق با دستورالعمل شرکت سازنده کیت و توسط دستگاه اسپکتروفتومتر به‌ترتیب در طول موج‌های ۳۴۰ و ۵۴۰ نانومتر اندازه‌گیری گردیدند.

تجزیه و تحلیل آماری: طرح مورد آزمایش به‌صورت طرح کاملاً تصادفی بود. مدل آماری طرح به‌صورت زیر می‌باشد:

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

Y_{ij}: مقدار مشاهده شده تیمار iام در تکرار jام، μ: اثر میانگین، T_i: اثر تیمار iام، e_{ij}: اثر خطای آزمایش مربوط به تیمار iام در تکرار jام

کلیه داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم‌افزار Excel ویرایش و برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) با پروک glm استفاده شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ایی دانکن در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ استفاده گردید.

نتایج

اثر منابع مختلف سلنیوم بر غلظت آهن در دوره اول معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). براساس جدول ۲ استفاده از منابع مختلف سلنیوم غلظت آهن پلاسما را نسبت به گروه شاهد کاهش داد به‌طوری‌که استفاده از نانوسلنیوم در مقایسه با منابع دیگر سلنیوم به‌میزان کم‌تری میزان آهن پلاسما را کاهش داد. با افزایش دوره آزمایش، استفاده از ویتامین ای‌سلنیوم تزریقی، غلظت آهن پلاسما را نسبت به گروه شاهد افزایش داد. درحالی‌که غلظت آهن پلاسما در زمان استفاده از سلنیت سدیم خوراکی نسبت به گروه شاهد کاهش معنی‌داری نشان داد. تجزیه و تحلیل نمونه‌های روز ۳۰ آزمایش نشان‌داد که، استفاده از سلنیت سدیم خوراکی غلظت آهن پلاسما را نسبت به گروه شاهد افزایش داد، درحالی‌که غلظت آهن پلاسما در زمان استفاده از ویتامین ای‌سلنیوم تزریقی نسبت به گروه شاهد کاهش معنی‌داری نشان داد (P<۰/۰۵). همان‌طورکه جدول ۲ نشان می‌دهد، بالاترین غلظت آهن پلاسما در کل دوره، مربوط به گروه شاهد بود. استفاده از نانوسلنیوم، غلظت آهن پلاسما را نسبت به سلنیت سدیم خوراکی و ویتامین ای‌سلنیوم تزریقی به نسبت کم‌تری کاهش داد. با توجه به جدول ۳ اثر منابع مختلف سلنیوم بر غلظت مس در دوره اول معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵) اما در دوره دوم در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری را نشان داد (P<۰/۰۵). به‌طوری‌که غلظت مس در زمان استفاده از نانوسلنیوم نسبت به گروه شاهد و سایر منابع سلنیوم بیش‌ترین کاهش را داشته است. ویتامین ای‌سلنیوم تزریقی نسبت به منابع دیگر سلنیوم به نسبت کم‌تری غلظت مس پلاسما را کاهش داد. تجزیه واریانس نمونه‌های خون دوره سوم نیز نشان داد که استفاده از ویتامین ای‌سلنیوم تزریقی، میزان مس پلاسما را نسبت به گروه شاهد و منابع دیگر سلنیوم (سلنیت سدیم و نانو سلنیوم خوراکی) کاهش داد (P<۰/۰۵). اما، بالاترین غلظت مس پلاسما در کل دوره مربوط به گروه شاهد بود. به‌طورکلی، استفاده از ویتامین ای‌سلنیوم تزریقی غلظت مس پلاسما را نسبت به سلنیت سدیم خوراکی و نانوسلنیوم خوراکی به نسبت بیش‌تری کاهش داد. با توجه به جدول ۴، استفاده از منابع مختلف سلنیوم موجب کاهش عنصر روی نسبت به گروه شاهد در دوره اول شد. در بین منابع مورد استفاده سلنیوم، سلنیت سدیم خوراکی بیش‌ترین کاهش غلظت روی پلاسما را درپی داشت درحالی‌که غلظت روی پلاسما در زمان استفاده از منابع دیگر سلنیوم کاهش کم‌تری یافت. استفاده از سلنیت سدیم خوراکی و ویتامین ای‌سلنیوم تزریقی، غلظت روی پلاسما را نسبت به گروه شاهد در دوره دوم آزمایش، افزایش داد. درحالی‌که غلظت روی پلاسما در زمان استفاده از نانوسلنیوم خوراکی نسبت به گروه شاهد کاهش بسیار معنی‌داری نشان داد (P<۰/۰۱). در دوره سوم آزمایش، استفاده از نانوسلنیوم خوراکی غلظت روی پلاسما را نسبت به سایر تیمارها افزایش داد. غلظت روی پلاسما در زمان استفاده از ویتامین ای سلنیوم تزریقی نسبت به گروه شاهد کاهش معنی‌داری نشان داد (P<۰/۰۵). با توجه به نتایج جدول ۴، اثر منابع مختلف سلنیوم بر غلظت روی پلاسما در کل دوره معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵). بیش‌ترین سلنیوم خون بره‌ها، در تیمار سلنیت سدیم خوراکی مشاهده شد (P<۰/۰۱) وگروه شاهد دارای کم‌ترین میزان سلنیوم خون بود (جدول ۵). همین تاثیر در دوره دورم نمونه‌گیری نیز مشاهده گردید. به‌طوری‌که استفاده از سلنیت سدیم خوراکی، غلظت سلنیوم خون

بره‌ها را افزایش داد. با توجه به نتایج جدول ۵، اثر منابع مختلف سلنیوم بر غلظت سلنیوم خون در دوره سوم، معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵). اما در تجزیه واریانس کل دوره روند دوره‌های اول و دوم را تکرار نمود. غلظت سلنیوم خون در کل دوره در زمان استفاده از سلنیت سدیم خوراکی افزایش چشمگیری داشت. استفاده از نانوسلنیوم خوراکی و ویتامین ای‌سلنیوم نیز غلظت سلنیوم خون را نسبت به گروه شاهد افزایش داد. اثر منابع مختلف سلنیوم بر فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز در دوره اول، معنی‌دار بود (P<۰/۰۱). با توجه به شکل ۱، استفاده از منابع مختلف سلنیوم موجب افزایش فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز نسبت به گروه‌شاهد در دوره اول آزمایش شد. در بین منابع مورد استفاده سلنیوم، ویتامین ای‌سلنیوم تزریقی بیش‌ترین افزایش فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز را درپی داشت و نانو سلنیوم خوراکی نسبت به سلنیت سدیم خوراکی، فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز را بیش‌تر تحت تاثیر قرار داد. در دوره دوم آزمایش، استفاده از منابع مختلف سلنیوم موجب افزایش فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز نسبت به گروه شاهد شد (P<۰/۰۱). در بین منابع مورد استفاده سلنیوم، ویتامین ای‌سلنیوم تزریقی بیش‌ترین افزایش فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز را درپی داشت و نانوسلنیوم خوراکی نسبت به سلنیت سدیم خوراکی، فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز را افزایش داد. نتایج تجزیه واریانس دوره سوم آزمایش نیز نشان داد که، در بین منابع مورد استفاده سلنیوم، ویتامین ای‌سلنیوم تزریقی و نانوسلنیوم خوراکی افزایش چشمگیری را در فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز نشان دادند و گروه شاهد دارای کم‌ترین میزان فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز بود (P<۰/۰۱). به‌طورکلی در کل دوره آزمایش، استفاده از منابع مختلف سلنیوم سبب افزایش فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز نسبت به گروه شاهد شد. در بین منابع مورد استفاده، ویتامین ای‌سلنیوم تزریقی و بعد از آن نانوسلنیوم خوراکی افزایش قابل‌توجهی را در فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز نشان دادند (P<۰/۰۱) و گروه شاهد دارای کم‌ترین میزان فعالیت این آنزیم بود. با توجه به شکل ۲، استفاده از منابع مختلف سلنیوم بر فعالیت آنزیم سوپر اکسیددیسموتاز در دوره اول، تفاوت معنی‌داری را نشان داد (P<۰/۰۱). بیش‌ترین میزان فعالیت سوپراکسید دیسموتاز با استفاده از ویتامین ای‌سلنیوم تزریقی مشاهده شد و پس از آن سلنیت سدیم خوراکی قرار داشت. گروه شاهد دارای کم‌ترین میزان فعالیت این آنزیم بود. در دوره دوم آزمایش، در بین منابع مورد استفاده سلنیوم، ویتامین ای‌سلنیوم تزریقی افزایش معنی‌داری را در میزان فعالیت سوپر اکسیددیسموتاز نشان داد و بعد از آن نانوسلنیوم خوراکی دارای بیش‌ترین تاثیر بود. به‌طورکلی در دوره سوم آزمایش، در بین منابع مورد استفاده، تاثیرگذارترین منبع سلنیوم بر فعالیت سوپراکسید دیسموتاز، ویتامین ای‌سلنیوم تزریقی بود و پس از آن، نانوسلنیوم خوراکی قرار داشت (P<۰/۰۱). هم‌چنین نتایج تجزیه واریانس کل دوره آزمایش نشان داد که ویتامین ای‌سلنیوم تزریقی تاثیر قابل‌توجهی بر فعالیت سوپراکسیددیسموتاز داشت و پس از آن نانوسلنیوم خوراکی موجب افزایش فعالیت این آنزیم شد (P<۰/۰۱).

جدول ۲: مقایسه میانگین آهن (میکروگرم در دسی‌لیتر) در اثر مصرف تیمارهای مختلف در دوره‌های مختلف

تیمارهای آزمایشی	میانگین±انحراف استاندارد			
	دوره اول (روز صفر)	دوره دوم (۱۰ روزگی)	دوره سوم (۳۰ روزگی)	کل دوره
سلنیت سدیم خوراکی	۳۰۵±۳/۶۵^{C}	۲۴۶/۵۰±۸/۱۰^{C}	۲۳۴/۲۵±۶/۱۷^{a}	۲۱۷/۹۱۷±۵/۹۷^{c}
نانو سلنیوم خوراکی	۳۴۰±۲/۸۴^{b}	۲۸۷/۲۵±۱/۶۲^{b}	۱۹۰±۱۰/۱۰^{b}	۲۷۲/۵۰±۴/۸۵^{b}
ویتامین ای سلنیوم تزریقی	۲۹۶/۲۵±۵/۷۵^{C}	۳۲۷/۲۵±۶/۳۳^{a}	۱۵۱/۲۵±۱۰/۳۵^{c}	۲۵۸/۲۵۰±۷/۴۷^{c}
گروه شاهد	۴۹۶±۷/۱۷^{a}	۲۹۸/۲۵±۲/۰۶^{b}	۲۱۰/۷۵±۶/۷۱^{b}	۳۲۶±۵/۳۰^{a}
SEM	۵/۳۱	۴/۳۹	۳/۸۲	۴/۱۰.
P value	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	<۰/۰۰۰۱

SEM= خطای معیار میانگین، حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

جدول ۳: مقایسه میانگین مس (میکروگرم در دسی‌لیتر) در اثر مصرف تیمارهای مختلف در دوره‌های مختلف

تیمارهای آزمایشی	میانگین±انحراف استاندارد			
	دوره اول (روز صفر)	دوره دوم (۱۰ روزگی)	دوره سوم (۳۰ روزگی)	کل دوره
سلنیت سدیم خوراکی	۵۶/۲۵±۵/۴۲۴	۶۱/۵۰±۴/۲۰۳^{bc}	۶۱/۲۵±۵/۲۰۴^{a}	۵۹/۶۶۷±۴/۹۴^{bc}
نانو سلنیوم خوراکی	۷۰/۲۵±۴/۶۹۹	۵۹/۷۵±۸/۵۲۴^{c}	۶۳/۷۵±۴/۴۸۱/^{a}	۶۴/۳۵۸±۵/۸۸^{ab}
ویتامین ای سلنیوم تزریقی	۵۲±۷/۷۴۶	۶۶/۷۵±۹/۰۲۳^{b}	۴۷/۵۰±۴/۲۰۳^{b}	۵۵/۱۷۴±۶/۹۸^{c}
گروه شاهد	۶۷±۶/۵۳۳	۷۷±۸/۵۲۴^{a}	۶۰/۵۰±۱۰/۲۷۹^{a}	۶۸/۷۱۶±۸/۴۴^{a}
SEM	۵/۳۸	۳/۴۹	۲/۹۲	۲/۶۵
P value	۰/۰۶۷	۰/۰۳۶	۰/۰۱۸	<۰/۰۰۱۲

SEM= خطای معیار میانگین، حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

جدول ۴: مقایسه میانگین روی (میکروگرم در دسی‌لیتر) در اثر مصرف تیمارهای مختلف در دوره‌های مختلف

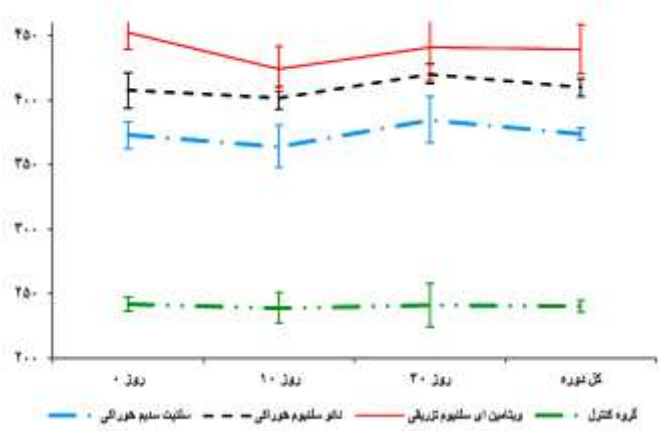
تیمارهای آزمایشی	میانگین±انحراف استاندارد			
	دوره اول (روز صفر)	دوره دوم (۱۰ روزگی)	دوره سوم (۳۰ روزگی)	کل دوره
سلنیت سدیم خوراکی	۷۶±۷/۰۲^{c}	۱۰۴/۲۵±۱/۵۵^{a}	۹۰/۵۰±۱۰/۴۱^{a}	۹۰/۲۵۰±۶/۳۲
نانو سلنیوم خوراکی	۸۹/۷۵±۴/۴۴^{b}	۸۱/۷۵±۱۰/۰۷^{c}	۹۹±۹/۵۲^{a}	۹۰/۱۶۷±۸/۰۰۸
ویتامین ای سلنیوم تزریقی	۹۷/۵۰±۹/۸۸^{ab}	۱۰۴±۸/۰۴^{a}	۷۱±۱/۱۱^{b}	۹۰/۸۳۳±۶/۳۴
گروه شاهد	۱۰۲/۷۵±۸/۲۷^{a}	۹۶/۲۵±۸/۰۱^{b}	۷۵/۲۵±۴/۸۸^{b}	۹۱/۴۱۷±۷/۰۵۱
SEM	۳/۶۰	۳/۴۱	۵/۲۲.	۴/۴۷
P value	<۰/۰۱۷	<۰/۰۰۴	<۰/۰۱۷	<۰/۱

SEM= خطای معیار میانگین، حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

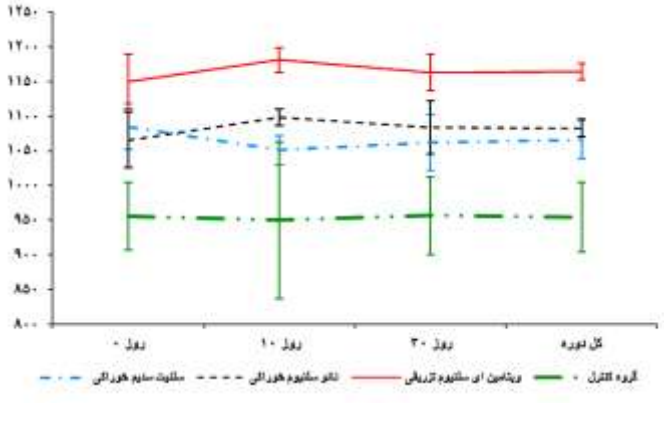
جدول ۵: مقایسه میانگین سلنیوم (میکروگرم در لیتر) در اثر مصرف تیمارهای مختلف در دوره‌های مختلف

تیمارهای آزمایشی	میانگین±انحراف استاندارد			
	دوره اول (روز صفر)	دوره دوم (۱۰ روزگی)	دوره سوم (۳۰ روزگی)	کل دوره
سلنیت سدیم خوراکی	۴۵/۶۵۰±۵/۸۴۵^{a}	۵۰±۵/۷۷^{a}	۲۰±۴/۳۹۷	۳۸/۵۵۰±۵/۳۳^{a}
نانو سلنیوم خوراکی	۲۱/۹۷۵±۴/۷۳۳^{b}	۲۰±۴/۳۹۷^{b}	۲۰±۳/۶۵۱	۲۰/۶۵۸±۴/۲۵^{b}
ویتامین ای سلنیوم تزریقی	۲۰±۴/۳۹۷^{b}	۲۰±۳/۶۵۱^{b}	۲۲/۱۵±۱/۸۸۸	۲۰/۷۱۷±۳/۳۰^{b}
گروه شاهد	۲۰±۳/۶۵۱^{b}	۱۹/۵۰±۳/۴۱۶^{b}	۱۸/۵۰±۱/۹۱۵	۱۹/۳۳۳±۲/۹۹^{b}
SEM	۲/۱۱.	۱/۹۷	۱/۴۱	۱/۸۶
P value	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۴۲	<۰/۰۰۰۱

SEM= خطای معیار میانگین، حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار است (P<۰/۰۵).



شکل ۱: مقایسه میانگین آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز (واحد بین‌المللی در گرم هموگلوبین) در اثر مصرف تیمارهای مختلف در دوره‌های آزمایش



شکل ۲: مقایسه میانگین آنزیم سوپر اکسیدو دیسموتاز (واحد بین‌المللی بر گرم هموگلوبین) در اثر مصرف تیمارهای مختلف در دوره های آزمایش

بحث

نتایج مطالعه حاضر در کل دوره نشان داد که استفاده از منابع مختلف سلنیوم در برهها، موجب کاهش غلظت آهن در پلاسمای خون این حیوانات شد. هم‌سو با نتایج این تحقیق، Alimohammadi و همکاران، بیان کردند که افزودن مقدار ۰/۲ و ۰/۴ پی‌پی‌ام سلنیوم به‌جیره برههای پرواری، اثر کاهشی و متمایل به معنی‌داری بر غلظت آهن پلاسما داشت (۴۶). هم‌چنین Kojouri و همکاران، نشان دادند که استفاده از مکمل سلنیوم به‌صورت سلنیت سدیم، موجب کاهش غلظت آهن سرم شد (۴۷). این محققین دریافتند که استفاده‌از مکمل سلنیوم پس از ۲۰ روز در گوسفند، سطح آهن سرم را کاهش و بیان ژن رسپتورهای ترانسفرین را در سطح سلول‌های مغز استخوان

افزایش داد. احتمالاً سلنیوم با افزایش بیان رسپتورهای ترانسفرین در سطح سلول‌های بافت‌ها، ورود ترانسفرین به‌داخل سلول را به‌روش اندوسیتوز با واسطه گیرنده افزایش می‌دهد و این امر موجب کاهش غلظت آهن سرم می‌گردد. اما زمانی که سلول از آهن اشباع می‌شود رسپتورهای ترانسفرین کاهش یافته و ورود آهن به‌داخل سلول کاهش پیدا می‌کند. این در حالی است که Jalilian و همکاران، در میش‌های دریافت‌کننده مکمل سلنیوم و ویتامین E اختلاف معنی‌داری در غلظت آهن پلاسما مشاهده نکردند (۵۱). هم‌چنین تزریق سلنیوم به تلیسه‌های آبستن نیز اثری بر غلظت آهن آن‌ها نداشت (۵۲). برخی مطالعات پیشنهاد کرده‌اند که سلنیوم در تنظیم متابولیسم آهن نقش دارد. هم‌چنین نشان داده شد که در موش‌هایی که برای مدت طولانی غلظت‌های بالای آهن دریافت می‌کردند میزان سلنیوم و فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز در بافت‌های قلبی آن‌ها کاهش یافت و با افزودن سدیم سلنات به جیره آن‌ها غلظت آهن بافت قلب و تنش‌های اکسیداتیو کاهش پیدا نمود (۴۷). نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از منابع مختلف سلنیوم بر غلظت مس پلاسما اثر کاهشی داشت. این یافته‌ها با نتایج Cristaldi و همکاران، که بیان نمودند، غلظت مس پلاسما در گوسفندان دریافت کننده سلنیوم و ویتامین E به‌طور قابل توجهی افزایش یافته بود (۵۳)، در تضاد است. براساس نتایج Jalilian و همکاران، غلظت مس گوسفندان دریافت‌کننده سلنیوم در مراتع دارای کمبود مس، نیز افزایش یافت (۵۱). یافته‌های Pechova و همکاران نیز به افزایش غلظت مس در سرم بزهای دریافت کننده سلنیوم اشاره دارد (۵۰). درحالی‌که Mohri و همکاران، با تزریق سلنیوم به بره‌های تازه متولد شده تغییری در غلظت مس پلاسما مشاهده نکردند (۳۱). هم‌چنین Aliarabi و Fadayifar، با مصرف قرص‌های آهسته رهش روی، سلنیوم و کبالت اثری بر غلظت مس در بره‌های نر و ماده مهربان مشاهده نکردند (۵۴). تجویز سلنیوم به تلیسه‌های آبستن نیز اثری بر غلظت مس سرم آن‌ها نداشت (۵۲). مطالعات کمی به‌منظور بررسی اثر متقابل سلنیوم و مس در نشخوار کنندگان انجام شده است و بیش‌تر گزارشات نیز به‌صورت تزریق سلنیوم بوده که حذف اثرات احتمالی محیط شکمبه را به‌دنبال داشته است (۳۱). غلظت مس پلاسما در نشخوارکنندگان در دامنه ۰/۵۵ تا ۰/۹۵ میلی‌گرم در لیتر قرار دارد (۳۰). با توجه به رابطه آنتاگونیستی بین عناصر روی و مس، گزارش شده است که غلظت مس سرم در گوساله‌های گاومیش دریافت‌کننده روی به‌میزان ۲۵۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک، کاهش پیدا کرد (۵۵). غلظت بالای روی جیره غذایی سبب تحریک سنتز متالوتیونئین می‌شود که این پروتئین در سلول‌های انتروسیت روده به‌علت میل ترکیبی شدید به روی و مس، مانع جذب هم روی و هم مس می‌شود. عدم تفاوت معنی‌داری در غلظت مس پلاسما در بره‌های دریافت‌کننده سطوح ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ گرم روی در روز به‌صورت سولفات روی و روی متیونین گزارش شده است (۵۶). از طرفی، تفاوت معنی‌داری در غلظت مس پلاسما در گوساله‌های مکمل شده با ۳۵ میلی‌گرم در کیلوگرم روی به‌صورت سولفات روی و روی پروپیونات مشاهده نشد (۵۷). به‌طورکلی استفاده از سلنیت سدیم خوراکی، نانو سلنیوم خوراکی و ویتامین ای‌سلنیوم تزریقی موجب افزایش غلظت روی پلاسما نسبت به گروه شاهد شد. غلظت روی پلاسما در نشخوارکنندگان در محدوده ۰/۸ تا ۱/۴ میلی‌گرم در لیتر قرار دارد (۳۰). هم‌سو با نتایج این تحقیق، در مطالعه‌ای گزارش شد که خوراندن قرص‌های آهسته رهش حاوی روی، کبالت و سلنیوم در گوسفند موجب افزایش غلظت روی پلاسما در مقایسه با گروه شاهد می‌شود (۵۸). تزریق متوالی ۲ دوز سلنیوم و ویتامین E به تلیسه‌های آبستن تغییر معنی‌داری در غلظت روی پلاسمای تلیسه‌ها قبل و بعد از زایمان نداشت (۵۲). در تحقیقی مشابه، افزودن روی به جیره بره‌های نر پرواری، افزایش غلظت روی پلاسمای را به‌دنبال داشت (۵۹). با توجه به هموستازی جذب و متابولیسم روی (۶۰)، افزایش غلظت روی پلاسما با افزودن روی به جیره به‌غیر از حیوانات دچار کمبود روی، بسیار مشکل است (۶۱). اما با درنظر گرفتن این موضوع که ظرفیت ذخیره روی در بدن ضعیف است (۶۲) لذا نیاز است این عنصر به‌طور مداوم از طریق جیره تامین شود. Jalilian و همکاران، بیان نمودند که غلظت روی در میش‌های دریافت‌کننده سلنیوم در مقایسه با گروه شاهد، کاهش معنی‌داری داشت (۵۱). هم‌چنین غلظت روی سرم در تلیسه‌های دریافت‌کننده سلنیوم نیز کاهش یافت (۴۶). آن‌ها بیان کردند زمانی که بیش از ۸۰ میلی‌لیتر یا ۴۰ میلی‌گرم مکمل‌های سلنیوم به تلیسه‌های آبستن داده شود، مکمل روی بیش‌تری باید تجویز شود. این در حالی است که Kojouri و Shirazi، با تجویز سلنیوم و ویتامین E به میش‌های آبستن گزارش نمودند که غلظت روی سرم آن‌ها اختلاف معنی‌داری پیدا نکرد، که دلیل آن احتمالاً به سطح روی و سلنیوم موجود در جیره مربوط باشد (۶۳). تغییرات مس ممکن است یک اثر غیر مستقیم بر غلظت روی سرم گذارد. جذب روی درسطح روده توسط عناصر مس و کادمیوم از طریق افزایش سنتز متالوتیونین، اختلال پیدا می‌کند (۶۴). متالوتیونین شکل ذخیره‌ای عناصر دو ظرفیتی مانند مس و روی (به‌جز آهن) می‌باشد. با افزایش سنتز متالوتیونین دفع روی افزایش یافته و در شرایط کمبود سلنیوم گروه تیول متالوتیونین اکسید می‌شود. در نتیجه دفع ادراری روی کاهش یافته و این عنصر برای واکنش‌های ضروری مورد استفاده قرار می‌گیرد (۵۱). بنابراین می‌توان علت افزایش غلظت روی پلاسمای بره‌ها را کاهش غلظت مس دانست. استفاده از منابع مختلف سلنیوم موجب افزایش غلظت

سلنیوم خون دام‌ها، در کل دوره آزمایش شد. همان‌طورکه در جدول مقایسه میانگین‌ها نشان داده شده، غلظت سلنیوم خون در کل دوره در زمان استفاده از سلنیت سدیم خوراکی افزایش چشمگیری داشت. استفاده از نانوسلنیوم خوراکی و ویتامین ای سلنیوم، غلظت سلنیوم خون را نسبت به گروه شاهد افزایش داد. هم‌سو با نتایج مطالعه حاضر، میش‌های دریافت کننده قرص‌های آهسته‌رهش مس، کبالت و سلنیوم در مقایسه با گروه شاهد غلظت سلنیوم خون بالاتری داشتند (۶۵). هم‌چنین افزودن مقدار ۰/۱۵ میلی‌گرم سلنیوم در کیلوگرم ماده خشک از دو منبع آلی و غیرآلی به جیره پایه حاوی ۰/۱۹ میلی‌گرم سلنیوم در کیلوگرم ماده خشک سبب افزایش غلظت سلنیوم پلاسمای گوسفندان شد (۶۶). در گاوهای تغذیه شده با سلنیوم، غلظت بالاتری از سلنیوم پلاسما را در مقابل گروه شاهد، ثبت گردید (۶۷). هم‌چنین افزودن منابع مختلف سلنیوم به جیره میش‌های آبستن، سبب افزایش غلظت سلنیوم سرم قبل و بعد از زایمان شد (۶۸). تزریق متوالی سلنیوم نیز در ۴ و ۸ هفته قبل از زایمان و ۱ هفته بعد از زایمان به میش‌های آبستن، سبب افزایش غلظت سلنیوم پلاسما در مقایسه با گروه شاهد قبل از زایمان شد. این میش‌ها تا ۵ هفته پس از زایمان غلظت سلنیوم خون بالاتری نسبت به گروه شاهد داشتند (۶۹). گوسفندان با غلظت پلاسمایی ۲۵ تا ۵۳ میکروگرم سلنیوم در لیتر، دچار کمبود شدید سلنیوم بودند اما غلظت پلاسمایی ۱۶۰ تا ۱۷۰ میکروگرم در لیتر، نشان‌دهنده غلظت مناسب سلنیوم در جیره پایه بود (۷۰). بنابراین نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که استفاده از منابع مختلف سلنیوم سبب تامین مداوم عنصر سلنیوم و به حد مطلوب رسیدن غلظت سلنیوم پلاسما شد. تقریبا ۴۰ تا ۵۰ درصد از سلنیوم کل بدن در گلوتاتیون پراکسیداز قرار دارد و وجود این عنصر در بدن سبب افزایش فعالیت این آنزیم به‌میزان ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ برابر می‌شود (۷۱). تزریق سلنیوم و ویتامین E سی روز قبل از زایمان سبب افزایش فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز میش‌های آبستن قبل و بعد از زایمان در مقایسه با گروه شاهد شد (۷۲). میش‌های دریافت‌کننده قرص آهسته رهش مس، کبالت و سلنیوم در قبل از آبستنی و ۳ ماه قبل از زایش نسبت به گروه شاهد، قبل و بعد از زایمان، فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز بالاتری نشان دادند (۶۵). هم‌چنین فعالیت بالاتر آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز با استفاده از قرص‌های آهسته رهش دارای مس، کبالت، سلنیوم و روی (۷۳) در گوسفند تا ۶ ماه پس از خوراندن قرص گزارش شد. بنابراین، ارتباط مستقیمی بین غلظت سلنیوم و فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز در خون وجود دارد و فعالیت این آنزیم به‌عنوان شاخص مهمی برای وضعیت سلنیوم در بدن دام درنظر گرفته می‌شود (۷۴). سلنیوم به‌دلیل حضور در ساختمان آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز نقش مهمی در سیستم آنتی‌اکسیدانی بدن ایفا می‌کند (۳۰، ۷۵، ۷۶). بالاتر بودن فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز در بره‌های دریافت‌کننده منابع مختلف سلنیوم نسبت به گروه شاهد در دوره‌های اول، دوم و سوم کاملاً هم راستا با بالاتر بودن غلظت سلنیوم پلاسما این بره‌ها در این زمان‌ها نسبت به بره‌های گروه شاهد می‌باشد. Qin و همکاران، با افزودن مقدار ۰/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم سلنیوم به جیره پایه حاوی ۰/۰۶ میلی‌گرم در کیلوگرم سلنیوم به صورت آلی و معدنی در بره‌های پرواری، افزایشی در فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز خون مشاهده نمودند (۴۲). این محققین دریافتند که علی رغم افزایش فعالیت این آنزیم با استفاده از منابع آلی و معدنی، اختلاف معنی‌داری بین این دو نوع منبع تامین‌کننده سلنیوم مشاهده ننمودند. مطالعات زیادی در زمینه اثر سلنیوم بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در دام انجام نشده است. فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در پژوهش حاضر در زمان استفاده از منابع مختلف سلنیومی افزایش نشان داد که هم‌راستا با نتایج Ghazanfarpoor و همکاران (۷۷) است. آن‌ها گزارش نمودند که استفاده از مکمل سلنیوم بر غلظت سوپر اکسیددیسموتاز خون بلدرچین‌های تحت تنش گرمایی اثر معنی‌داری داشت. آنیون سوپراکسید، اولین رادیکال آزاد مشتق از اکسیژن است که به‌وسیله سوپراکسید دیسموتاز به اکسیژن و پراکسید هیدروژن تبدیل و خنثی می‌گردد. متعاقباً پراکسیدهیدروژن نیز توسط گلوتاتیون پراکسیداز تبدیل به آب می‌شود (۷۸). مجموعه آنزیمی سوپراکسید دیسموتاز به‌علت اثر مهاری بر تشکیل رادیکال‌های آزاد، اولین خط دفاعی سلول‌ها در برابر مسمومیت ناشی از رادیکال‌های آزاد می‌باشند. بنابراین در شرایط تنش‌های محیطی آنزیم سوپراکسید دیسموتاز یکی از آنزیم‌های مهم برای مقابله با پراکسیداسیون چربی‌های غشا است و تولید رادیکال‌های آزاد O_2 و HO را در خون و بافت کاهش می‌دهد (۷۹). بالاتر بودن فعالیت آنزیم سوپر اکسیددیسموتاز در بره‌های دریافت‌کننده منابع مختلف سلنیوم نسبت به گروه شاهد در دوره‌های اول، دوم و سوم کاملاً هم‌راستا با بالاتر بودن غلظت سلنیوم پلاسما و فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز این بره‌ها در این زمان‌ها نسبت به بره‌های گروه شاهد می‌باشد و افزایش فعالیت این آنزیم مطابق با افزایش سلنیوم پلاسما منطقی به‌نظر می‌رسد. غلظت عناصر آهن، مس و روی تحت تاثیر منابع مختلف سلنیوم معنی‌دار شد. به‌طورکلی استفاده از منابع مختلف سلنیوم موجب کاهش غلظت آهن، مس پلاسما در دوره‌های اول، دوم و سوم گردید و غلظت روی نیز در دوره‌های مختلف آزمایش افزایش نشان داد. غلظت سلنیوم خون بره‌ها در طی آزمایش نیز با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند. میزان سلنیوم خون بره‌ها در طی آزمایش افزایش یافت. فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز نیز تحت تاثیر منابع مختلف

سلنیوم افزایش یافت. به‌طورکلی استفاده از سلنیوم سبب عملکرد بهینه بره‌ها و سلامتی آن‌ها می‌شود.

منابع

1. **Ramírez-Mella, M. and Hernández-Mendo, O., 2010.** Nanotechnology on animal production. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 12(3): 423-429.
2. **Tahami, Z., Dastar, B., Oskoueian, E. and Hashemi, S.R., 2021**. Investigation of the effect of organic and inorganic selenium on the immune system, egg traits and blood parameters in laying hens. Journal of Animal Environment. 13(2): 135-142. DOI: 10.22034/aej.2020. 136308. (In Persian)
3. **Schwarz, K. and Foltz, C.M., 1957.** Selenium as an integral part of factor 3 against dietary necrotic liver degeneration. Journal of the American Chemical Society. 79(12): 3292-3293. https://doi.org/10.1021/ja01569a087.
4. **Butler, G.W. and Peterson, P.J., 1961.** Aspects of the faecal excretion of selenium by sheep. New Zealand Journal of Agricultural Research. 4(5-6): 484-491. https://doi.org/ 10.1080/00288233.1961.10431606
5. **Toy, P., Hatfield, S., Bull, R. and Couri, D., 1978.** The effects of different levels of selenium administered to rats in drinking water on distribution and glutathione peroxidase. Research communications in chemical pathology and pharmacology. 21(1): 115-131.
6. **Rayman, M.P., 2000.** The importance of selenium to human health. The lancet. 356(9225): 233-241. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(00)02490-9
7. **Lu, J. and Holmgren, A., 2009.** Selenoproteins. Journal of Biological Chemistry. 284(2): 723-727. https://doi.org/10. 1074/jbc.R800045200
8. **Wright, E., 1965.** The distribution and excretion of radioselenium in sheep. New Zealand Journal of Agricultural Research. 8(2): 284-291. https://doi.org/10. 1080/00288233.1965.10422358
9. **Davis, P.A., McDowell, L.R., Wilkinson, N.S., Buergelt, C.D., Van Alstyne, R., Weldon, R.N., Marshall, T.T. and Matsuda-Fugisaki, E.Y., 2008.** Comparative effects of various dietary levels of Seas sodium selenite or Se yeast on blood, wool, and tissue Se concentrations of wether sheep. Small Ruminant Research. 74(1-3): 149-158. https://doi.org/ 10.1016/j.smallrumres.2007.05.003
10. **Battin, E.E. and Brumaghim, J.L., 2009.** Antioxidant activity of sulfur and selenium: a review of reactive oxygen species scavenging, glutathione peroxidase, and metal-binding antioxidant mechanisms. Cell biochemistry and biophysics. 55(1): 1-23. https://doi.org/10.1007/s12013-00 9-9054-7
11. **De Camargo, E.V., dos Anjos Lopes, S.T., Costa, M.M., Paim, F., Barbosa, C.S. and Leal, M.L.R., 2010.** Neutrophil oxidative metabolism and haemogram of sheep experimentally infected with Haemonchus contortus and supplemented with selenium and vitamin E. Journal of animal physiology and animal nutrition. 94(5): e1-e6. https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2010.00986.x
12. **Abuelo, A., Alves-Nores, V., Hernandez, J., Muiño, R., Benedito, J.L. and 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
13. **Aaseth, J., Alexander, J., Bjørklund, G., Hestad, K., Dusek, P., Roos, P.M. and Alehagen, U., 2016.** Treatment strategies in Alzheimer's disease: a review with focus on selenium supplementation. Biometals. 29(5): 827-839. https://doi.org/10.1007/s10534-016-9959-8
14. **Peng, F., Guo, X., Li, Z., Li, C., Wang, C., Lv, W., Wang, J., Xiao, F., Kamal, M.A. and Yuan, C., 2016.** Antimutagenic effects of selenium-enriched polysaccharides from pyracantha fortuneana through suppression of cytochrome P450 1A subfamily in the mouse liver. Molecules. 21(12): 1731. https://doi.org/10.3390/molecules 21121731
15. **Cihalova, K., Chudobova, D., Michalek, P., Moulick, A., Guran, R., Kopel, P., Adam, V. and Kizek, R., 2015.** Staphylococcus aureus and MRSA growth and biofilm formation after treatment with antibiotics and SeNPs. International journal of molecular sciences. 16(10): 24656-24672. https://doi.org/10.3390/ijms161024656
16. **Guisbiers, G., Lara, H.H., Mendoza-Cruz, R., Naranjo, G., Vincent, B.A., Peralta, X.G. and Nash, K.L., 2017.** Inhibition of Candida albicans biofilm by pure selenium nanoparticles synthesized by pulsed laser ablation in liquids. Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine. 13(3): 1095-1103. https://doi.org/10.1016/j.nano.2016.10. 011
17. **Mahmoudvand, H., Harandi, M.F., Shakibaie, M., Aflatoonian, M.R., ZiaAli, N., Makki, M.S. and Jahanbakhsh, S., 2014.** Scolicidal effects of biogenic selenium nanoparticles against protoscolices of hydatid cysts. International journal of surgery. 12(5): 399-403. https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2014.03.017
18. **Pascual, A. and Aranda, A., 2013.** Thyroid hormone receptors, cell growth and differentiation. Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects. 1830(7): 3908-3916. https://doi.org/10.1016/j.bbagen.2012.03.012
19. **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

20. **Arthur, J.R., 2001.** The glutathione peroxidases. Cellular and Molecular Life Sciences CMLS. 57(13): 1825-1835. https://doi.org/10.1007/PL00000664

21. **Hatfield, D.L., Tsuji, P.A., Carlson, B.A. and Gladyshev, V.N., 2014.** Selenium and selenocysteine: roles in cancer, health, and development. Trends in biochemical sciences. 39(3): 112-120. https://doi.org/10.1016/j.tibs.2013.12.007

22. **Mehdi, Y., Hornick, J.L., Istasse, L. and Dufrasne, I., 2013.** Selenium in the environment, metabolism and involvement in body functions. Molecules. 18(3): 3292-3311. https://doi.org/10.3390/molecules18033292

23. **Papp, L.V., Lu, J., Holmgren, A. and Khanna, K.K., 2007.** From selenium to selenoproteins: synthesis, identity, and their role in human health. Antioxidants & redox signaling. 9(7): 775-806. https://doi.org/10.1089/ars.2007.1528

24. **Allmang, C. and Krol, A., 2006.** Selenoprotein synthesis: UGA does not end the story. Biochimie. 88(11): 1561-1571. https://doi.org/10.1016/j.biochi.2006.04.015

25. **Berry, M.J., Banu, L., Chen, Y., Mandel, S.J., Kieffer, J.D., Harney, J.W. and Larsen, P.R., 1991.** Recognition of UGA as a selenocysteine codon in type I deiodinase requires sequences in the 3′ untranslated region. Nature. 353(6341): 273-276. https://doi.org/10.1038/353273a0

26. **Ahmed, Z., Malhi, M., Soomro, S.A., Gandahi, J.A., Arijo, A., Bhutto, B. and Qureshi, T.A., 2016.** Dietary selenium yeast supplementation improved some villi morphological characteristics in duodenum and jejunum of young goats. J Anim Plant Sci. 26(2): 382-387.

27. **Allan, C.B., Lacourciere, G.M. and Stadtman, T.C., 1999.** Responsiveness of selenoproteins to dietary selenium. Annual review of nutrition. 19(1): 1-16. https://doi.org/10.1146/annurev.nutr.19.1.1

28. **Combs Jr, G.F. and Combs, S.B., 1986.** The role of selenium in nutrition. Academic pres. Inc. New York. 532 p.

29. **Behne, D. and Kyriakopoulos, A., 2001.** Mammalian selenium-containing proteins. Annual review of nutrition. 21(1): 453-473. https://doi.org/10.1146/annurev.nutr.21.1.453

30. **Suttle, N.F., 2010.** Mineral nutrition of livestock. Cabi.

31. **Mohri, M., Ehsani, A., Norouzian, M.A., Bami, M.H. and 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

32. **Pappas, A.C. and Zoidis, E., 2012.** The role of selenium in chicken physiology: new insights. Chicken: physiology, diseases and farming practices. Nova Science Publishers Inc., New York, NY. 51-69.

33. **Dhillon, K.S. and Dhillon, S.K., 2003.** Distribution and management of seleniferous soils. Advances in agronomy. 79(1): 119-184.

34. **Mikkelsen, R.L., Page, A.L. and Bingham, F.T., 1989.** Factors affecting selenium accumulation by agricultural crops. Selenium in Agriculture and the Environment. 23: 65-94.

35. **Driscoll, D.M. and Copeland, P.R., 2003.** Mechanism and regulation of selenoprotein synthesis. Annual review of nutrition. 23(1): 17-40.

36. **Ruttle, J.L. and Smith, G.S., 1976 January.** Effect of selenium on feedlot gains of lambs. In Journal of Animal Science. 43(1): 333-333. 1111 North Dunlap Ave, Savoy, Il 61874: Amer Soc Animal Science.

37. **National Research Council. 1985.** Nutrient requirements of sheep (Vol. 5). National Academies Press.

38. **National Research Council. 2001.** Nutrient requirements of dairy cattle: 2001. National Academies Press.

39. **Shi, L., Xun, W., Yue, W., Zhang, C., Ren, Y., Shi, L., Wang, Q., Yang, R. and 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(1): 49-52. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2010.11.005

40. **Alimohammadi, R. and Aliarabi, H., 2013.** Effect of different levels of selenium supplement on performance, blood metabolites and nutrients digestibility in Mehraban feedlot lambs. Iranian Journal of Animal Science Research. 5: 48-55.

41. **Domínguez-Vara, I.A., González-Muñoz, S.S., Pinos-Rodríguez, J.M., Bórquez-Gastelum, J.L., Bárcena-Gama, R., Mendoza-Martínez, G., Zapata, L.E. and Landois-Palencia, L.L., 2009.** Effects of feeding selenium-yeast and chromium-yeast to finishing lambs on growth, carcass characteristics, and blood hormones and metabolites. Animal Feed Science and Technology. 152(1-2): 42-49. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2009.03.008

42. **Qin, S., Gao, J. and Huang, K., 2007.** Effects of different selenium sources on tissue selenium concentrations, blood GSH-Px activities and plasma interleukin levels in finishing lambs. Biological Trace Element Research. 116(1): 91-102. https://doi.org/10.1007/BF02685922

43. **Gunter, S.A., Beck, P.A. and 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(4): 856-864. https://doi.org/10.2527/2003.814856x

44. **Rowntree, J.E., Hill, G.M., Hawkins, D.R., Link, J.E., Rincker, M.J., Bednar, G.W. and Kreft Jr, R.A., 2004.** Effect of Se on selenoprotein activity and thyroid hormone metabolism in beef and dairy cows and calves. Journal of Animal Science. 82(10): 2995-3005. https://doi.org/10.2527/2004.82102995x

45. **Beck, P.A., Wistuba, T.J., Davis, M.E. and Gunter, S.A., 2003.** Effect of selenium supplementation of beef cows on

supplementation. Assiut Veterinary Medical Journal. 18: 91-100.

56. **Abdelrahman, M.M., Al-Rayyan, N.A.M., Awawdeh, F.T. and Alazzeh, A.Y., 2003.** The effect of dietary levels of zinc-methionine on the performance of growing Awassi lambs. Pakistan Journal of Biological Sciences. 6: 979-983.

57. **Mandal, G.P., Dass, R.S., Isore, D.P., Garg, A.K. and 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

58. **Kendall, N.R., Mackenzie, A.M. and Telfer, S.B., 2012.** The trace element and humoral immune response of lambs administered a zinc, cobalt and selenium soluble glass bolus. Livestock Science. 148(1-2): 81-86. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.05.013

59. **Fadayifar, A., Aliarabi, H., Tabatabaei, M.M., Zamani, P., Bahari, A., Malecki, M. and Dezfoulian, A.H., 2012.** Improvement in lamb performance on barley based diet supplemented with zinc. Livestock Science. 144(3): 285-289. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.12.002

60. **Cousins, R.B., Fischer, P.W.F., L'Abbé, M.R., Cockell, K.A. and Gibson, R.S., 1997.** Differential mRNA display, competitive polymerase chain reaction and transgenic approaches to investigate zinc-responsive genes in animals and man. In Proceedings of the Ninth International Symposium Trace Elements in Man and Animal (TEMA 9). 849-852.

61. **Miller, W.J., 1969.** Absorption, tissue distribution, endogenous excretion, and homeostatic control of zinc in ruminants. The American journal of clinical nutrition. 22(10): 1323-1331. https://doi.org/10.1093/ajcn/22.10.1323

62. **McDowell, L.R., 2000.** Vitamin B12. Vitamins in Animal and Human Nutrition. Iowa State Univ. Press, Ames. 523-563.

63. **Kojouri, G.A. and 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(2-3): 136-139. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.02.002

64. **Dameron, C.T. and Harrison, M.D., 1998.** Mechanisms for protection against copper toxicity. The American journal of clinical nutrition. 67(5): 1091S-1097S. https://doi.org/10.1093/ajcn/67.5.1091S

65. **Zervas, G., Telfer, S.B., Carlos, G. and Anderson, P., 1988.** The effect of soluble-glass boluses containing copper, cobalt and selenium on the blood composition of ewes. Animal Feed Science and Technology. 21(1): 23-29. https://doi.org/10.1016/0377-8401(88)90016-8

66. **Kumar, N., Garg, A.K., Dass, R.S., Chaturvedi, V.K., Mudgal, V. and Varshney, V.P., 2009.** Selenium supplementation influences growth performance, immune responses of weaned beef calves. J. Anim. Sci. 81(8).

46. **Alimohamadi, R., Aliarabi, H., Bahari, A. and 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

47. **Kojouri, G.A., Jahanabadi, S., Shakibaie, M., Ahadi, A.M. and 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

48. **Pechova, A., Sevcikova, L., Pavlata, L. and 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). https://doi.org/10.1007/s12011-010-8884-x

49. **Zhang, J., Wang, H., Bao, Y. and Zhang, L., 2004.** Nano red elemental selenium has no size effect in the induction of seleno-enzymes in both cultured cells and mice. Life sciences. 75(2): 237-244. https://doi.org/10.1016/j.lfs.2004.02.004

50. **Pechova, A., Misurova, L., Pavlata, L. and Dvorak, R., 2009.** The influence of supplementation of different forms of zinc in goats on the zinc concentration in blood plasma and milk. Biological trace element research. 132(1): 112-121. https://doi.org/10.1007/s12011-009-8389-7

51. **Jalilian, M.T., Moeini, M.M. and 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.

52. **Moeini, M.M., Kiani, A., Karami, H. and Mikaeili, E., 2011.** The effect of selenium administration on the selenium, copper, iron and zinc status of pregnant heifers and their newborn calves.

53. **Cristaldi, L.A., McDowell, L.R., Buergelt, C.D., Davis, P.A., Wilkinson, N.S. and Martin, F.G., 2005.** Tolerance of inorganic selenium in wether sheep. Small Ruminant Research. 56(1-3): 205-213. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2004.06.001

54. **Aliarabi, H. and Fadayifar, A., 2014.** Effect of slow release blouse of zinc, selenium and cobalt on performance, blood metabolites and digestibility of nutrients in male Mehraban lambs. Iranian Journal of Animal Science Research. 7(1): 23-33 (In Persian).

55. **Attia, A.N., Awadalla, S.A., Esmail, E.Y. and Hady, M.M., 1987.** Role of some microelements in nutrition of water buffalo and its relation to production. 2. Effect of zinc

antioxidant status and immune response in lambs. Animal Feed Science and Technology. 153(1-2): 77-87. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2009.06.007

67. **Ivancic Jr, J. and Weiss, W.P., 2001.** Effect of dietary sulfur and selenium concentrations on selenium balance of lactating Holstein cows. Journal of Dairy Science. 84(1): 225-232. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74472-4

68. **Trávníček, J., Racek, J., Trefil, L., Rodinová, H., Kroupová, V., Illek, J., Doucha, J. and Písek, L., 2008.** Activity of glutathione peroxidase (GSH-Px) in the blood of ewes and their lambs receiving the selenium-enriched unicellular alga Chlorella. Group (Number of ewes= 5), 100(E1). E2.

69. **Hefnawy, A.E., Youssef, S., Aguilera, P.V., Rodríguez, C.V. and Pérez, J.L., 2014.** The relationship between selenium and T3 in selenium supplemented and nonsupplemented ewes and their lambs. Veterinary Medicine International. https://doi.org/10.1155/2014/105236

70. **Ullrey, D.E., Light, M.R., Brady, P.S., Whetter, P.A., Tilton, J.E., Henneman, H.A. and Magee, W.T., 1978.** Selenium supplements in salt for sheep. Journal of Animal Science. 46(6): 1515-1521. https://doi.org/10.2527/jas1978.4661515x

71. **Burk R.F. and Hill K.E. 2009.** Selenoprotein P-expreasion, functions, and role in mammal. Biochem Biophys Acta. 1790(11): 1441-1447.

72. **Lacetera, N., Bernabucci, U., Ronchi, B. and Nardone, A., 1999.** The effects of injectable sodium selenite on immune function and milk production in Sardinian sheep receiving adequate dietary selenium. Veterinary research. 30(4): 363-370.

73. **Kendall, N.R., Jackson, D.W., Mackenzie, A.M., Illingworth, D.V., Gill, I.M. and Telfer, S.B., 2001.** The effect of a zinc, cobalt and selenium soluble glass bolus on the trace element status of extensively grazed sheep over winter. Animal Science. 73(1): 163-169. https://doi.org/10.1017/S135772980005815X

74. **Puls, R., 1988.** Mineral levels in animal health. Diagnostic data. Sherpa International.

75. **Tukmechi, A. and Shahraki, R., 2013.** The Effect of feeding with Selenium enriched *Saccharomyces cerevisiae* on the growth and resistant of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) against environmental stresses and *Yersinia ruckeri*. Journal of Animal Environment. 4(4): 49-58. (In Persian)

76. **Shabani, R., Fakhraei, J., Mansoori Yarahmadi, H. and Seidavi, A., 2020.** The effects of various sources of selenium supplements on performance, carcass characteristics, the population of ileum bacteria, blood parameters, liver enzymes, hormonal activities, and antioxidant activities of blood plasma in broiler chickens. Journal of Animal Environment. 12(3): 85-96. (In Persian)

77. **Ghazanfarpoor, R., Talebi, E., Ghasemi, F. and Haghighat Jahormi, M., 2012.** The effect of nanoselenium and sodium selenite on blood glutathione peroxidase and superoxide dismutase in quails under heat stress, National conference of non-active defenses in the agricultural sector, Qeshm.

78. **Matés, J.M., Pérez-Gómez, C. and De Castro, I.N., 1999.** Antioxidant enzymes and human diseases. Clinical biochemistry. 32(8): 595-603. https://doi.org/10.1016/S0009-9120(99)00075-2

79. **Kucuk, O., Sahin, N., Sahin, K., Gursu, M.F., Gulcu, F., Ozcelik, M. and Issi, M., 2003.** Egg production, egg quality, and lipid peroxidation status in laying hens maintained at a low ambient temperature (6 C) and fed a vitamin C and vitamin E-supplemented diet. Veterinární Medicína. 48(12): 33. https://doi.org/10.17221/5747-VETMED