



Effect of Different Sources of Selenium Supplementation to Milk on Growth and Health of Holstein Suckling Calves

Jafar Khalili¹, Daryoush Alipour^{2✉}, Hassan Aliarabi³

1. Department of Animal Science, Faculty of agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran. E-mail: khalijafar.1357@yahoo.com
2. Corresponding Author, Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, Bu Ali Sina University, Hamedan, Iran. E-mail: alipourd@basu.ac.ir
3. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran. E-mail: h_aliarabi@basu.ac.ir

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article	This study was conducted to investigate the effect of organic and inorganic selenium supplementation on the performance and health of suckling Holstein calves. Forty-five male and female suckling Holstein calves with an average weight of 39.63±5.10 kg and 4 d old were used. The experimental treatments included: 1) control treatment (milk without supplement); 2) treatment containing 12.5 mg of sodium selenite supplement added to milk; and 3) treatment containing 62.5 mg of selenomethionine supplement added to milk. Daily feed intake, body weight, and skeletal indices were measured every two weeks. Blood samples were also taken to determine blood parameters on days 0, 35, and 70 of age. Selenium supplementation in inorganic and organic forms to the milk didn't affect the dry matter intake of starter (P>0.05) and total dry matter intake (P>0.05). However, the calves final weight increased significantly by organic selenium supplementation. Also, calves receiving inorganic and organic selenium had higher daily weight gain (P<0.05). Nevertheless, feed efficiency also increased with organic selenium supplementation (P<0.05). Among the skeletal growth indices, the withers height and heart girth tended to increase with selenium addition to milk, and the heart girth was highest in the organic. Rectal temperature, ear disposition, and nasal discharge score were similar among treatments (P>0.05). Serum alanine aminotransferase was 17.6, 16.2, and 15.4 U/L in the control, inorganic, and organic treatments, respectively, and was significantly reduced by adding organic selenium to milk. Also, adding inorganic or organic selenium to milk, reduced serum alkaline phosphatase concentration (P<0.05). Total antioxidant capacity was higher in the treatment receiving organic selenium (P<0.05). Overall, adding organic selenium to milk of suckling Holstein calves increased performance and feed efficiency.
Article history: Received: 2 January 2025 Received in revised form: 13 April 2025 Accepted: 23 April 2025 Published online: Autumn 2025	
Keywords: Growth, Selenium, Selenomethionine, Sodium selenite, Suckling calves.	
Cite this article: Khalili, J., Alipour, D. & Aliarabi, H. (2025). Effect of Different Sources of Selenium Supplementation to Milk on Growth and Health of Holstein Suckling Calves. <i>Iranian Journal of Animal Science</i> , 56 (3), 689-705. DOI: https://doi.org/10.22059/ijas.2025.387362.654050	



© The Author(s).

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijas.2025.387362.654050>

Extended Abstract

Introduction

Successful breeding of replacement heifers is essential to ensure the sustainability of dairy farms and future milk production. In the modern dairy industry, calves are reared artificially and early feeding programs have been widely studied to improve their performance during the preweaning period. Selenium is one of the most important trace elements essential for many vital body functions in livestock production. To meet animal requirements for selenium, feeds are usually supplemented with either mineral forms of selenium (sodium selenate or selenite) or organic forms, mainly consisting of selenomethionine. In monogastric species, the greater bioavailability and efficacy of organic forms compared to inorganic forms have been extensively studied. Therefore, the aim of this study was to investigate the effect of organic and inorganic selenium supplementation on the performance and health of suckling Holstein calves.

Material and method

Forty-five male and female suckling Holstein calves with an average weight of 39.63 ± 5.10 kg and 4 d old were randomly assigned to one of the experimental treatments in individual cages in a randomized complete design. The experimental treatments included: 1) control treatment (milk without supplement); 2) treatment containing 12.5 mg of sodium selenite supplement added to milk; and 3) treatment containing 62.5 mg of selenomethionine supplement added to

milk. All the experimental diets were balanced to meet the nutrient requirements of the dairy calves according to the recommendations of the National Research Council (NRC, 2001). Daily feed intake, body weight, and skeletal indices were measured every two weeks. Blood samples were also taken to determine blood parameters on days 0, 35, and 70 of age. Data were analyzed using SAS software.

Result

The present study was conducted to investigate the effect of organic and inorganic selenium supplementation on the performance and health of suckling Holstein calves. Forty-five suckling Holstein calves with an average weight of 39.63 ± 5.10 kg and an age of 4 d were randomly assigned to one of the experimental treatments in individual cages in a randomized complete design. The experimental treatments included: 1) control treatment (milk without supplement); 2) treatment containing 12.5 mg of sodium selenite supplement added to milk; and 3) treatment containing 62.5 mg of selenomethionine supplement added to milk. Selenium supplementation in inorganic and organic forms to the milk of suckling calves did not affect the dry matter intake of starter ($P > 0.05$) and total dry matter intake ($P > 0.05$). However, the final weight of calves increased significantly by organic selenium supplementation. Also, calves receiving selenium with inorganic and organic forms had higher daily weight gain ($P < 0.05$). On the other hand, feed efficiency also increased with the supplementation of organic selenium ($P < 0.05$). Among the skeletal growth indices, the withers height and heart girth of suckling calves tended to increase with the addition of selenium to milk, and the heart girth was highest in the organic group (0.91 vs. 90.5 and 89.6 cm for inorganic and control, respectively). Rectal temperature, ear disposition, and nasal discharge score were similar among treatments ($P > 0.05$). However, the fecal consistency score in the control, inorganic, and organic groups was 1.39, 1.29, and 1.23, respectively, and was significantly different. Also, the eye discharge score in the organic group was lower than the control group (1.11 vs. 1.25). Serum alanine aminotransferase was 17.6, 16.2, and 15.4 U/L in the control, inorganic, and organic treatments, respectively, and was significantly reduced by adding organic selenium to milk. Also, adding selenium to milk, either inorganic or organic form, reduced serum alkaline phosphatase concentration ($P < 0.05$). Total antioxidant capacity was higher in the treatment receiving organic selenium ($P < 0.05$). Blood zinc, copper, iron, phosphorus, and calcium concentrations of calves were not affected by the addition of inorganic and organic forms of selenium to milk ($P > 0.05$). Overall, adding organic selenium to milk of suckling Holstein calves increased performance and feed efficiency.

Conclusion

Selenium supplementation in the milk of Holstein suckling calves, whether in mineral or organic form, resulted in higher daily weight gain. However, organic selenium added to milk in the form of selenomethionine also increased feed efficiency. Among skeletal growth indices, withers height and heart girth tended to increase with selenium supplementation in milk. Both organic and inorganic selenium supplementation in milk improved fecal consistency, and selenomethionine supplementation also improved eye health. Overall, according to the results of the present study, selenium supplementation in the form of selenomethionine in milk increases performance and feed efficiency of suckling calves.

Author Contributions

Jafar Khalili: Investigation, Writing - Original Draft.

Daryoush Alipour: Conceptualization, Validation, Supervision, Writing - Review & Editing, Project administration.

Hsasan Aliarabi: Formal Analysis, Writing - original draft

Data Availability Statement

This article contains all the data that were created or evaluated during the research.

Acknowledgements

The authors would like to sincerely thank the members of the Faculty of Veterinary Medicine and Urmia University Research Council for the approval and support of this research.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

اثر افزودن منابع مختلف سلنیوم به شیر بر رشد و سلامت گوساله‌های شیرخوار هلستاین

جعفر خلیلی^۱ | داریوش علیپور^۲ | حسن علی عربی^۳

۱. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران. رایانامه: khalilijafar.1357@yahoo.com

۲. نویسنده مسئول، گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران. رایانامه: alipour@basu.ac.ir

۳. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران. رایانامه: h_aliarabi@basu.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	پژوهش حاضر به منظور ارزیابی افزودن سلنیوم آلی و معدنی بر عملکرد و سلامت گوساله‌های شیرخوار هلستاین صورت گرفت. تعداد ۴۵ راس گوساله نر و ماده هلستاین شیرخوار با میانگین وزن $39/63 \pm 5/10$ کیلوگرم و سن ۴ روز مورد آزمایش قرار گرفتند تیمارهای آزمایشی شامل: (۱) تیمار شاهد (شیر بدون افزودنی)، (۲) تیمار حاوی ۱۲/۵ میلی‌گرم مکمل سلنیت سدیم اضافه شده به شیر و (۳) تیمار حاوی مکمل ۶۲/۵ میلی‌گرم سلنومیتونین اضافه شده به شیر بودند. مصرف خوراک روزانه، وزن بدن و شاخص‌های اسکلتی هر دو هفته یکبار اندازه‌گیری شدند. همچنین، جهت تعیین فراسنجه‌های خونی در روزهای صفر، ۳۵ و ۷۰ روزگی خون‌گیری به عمل آمد. افزودن سلنیوم معدنی و آلی به شیر، مصرف ماده خشک خوراک آغازین ($P > 0/05$) و کل ماده خشک مصرفی ($P > 0/05$) را تحت تاثیر قرار نداد. اما، وزن نهایی گوساله‌ها با افزودن سلنیوم آلی افزایش معنی‌داری یافت همچنین، گوساله‌های دریافت‌کننده سلنیوم معدنی و آلی، افزایش وزن روزانه بالاتری داشتند ($P < 0/05$). در همین سو، بازده استفاده از خوراک نیز با افزودن سلنیوم آلی افزایش یافت ($P < 0/05$). از میان شاخص‌های رشد اسکلتی، ارتفاع جدوگاه و دور سینه با افزودن سلنیوم به شیر تمایل به افزایش داشتند و دور سینه در گروه آلی بالاترین بود. دمای رکتوم، نمره سلامت گوش، نمره سلامت بینی در بین تیمارها مشابه بود ($P > 0/05$). آلانین آمینوترانسفراز سرم در تیمارهای شاهد، معدنی و آلی به ترتیب ۱۷/۶، ۱۶/۲ و ۱۵/۴ واحد در لیتر بود و با افزودن سلنیوم آلی به شیر به طور معنی‌داری کاهش یافت. همچنین، افزودن سلنیوم معدنی و آلی به شیر سبب کاهش غلظت آلکالین فسفاتاز سرم شد ($P < 0/05$). ظرفیت آنتی‌اکسیدانتی کل در تیمار دریافت‌کننده سلنیوم آلی بالاتر بود ($P < 0/05$). در نتیجه، افزودن سلنیوم آلی به شیر گوساله‌های شیرخوار هلستاین سبب افزایش عملکرد و بازده استفاده از خوراک شد.

کلیدواژه‌ها:

رشد، سلنیوم، سلنومیتونین، سلنیت سدیم، گوساله‌های شیرخوار.

استناد: خلیلی، جعفر؛ علیپور، داریوش و علی عربی، حسن (۱۴۰۴). اثر افزودن منابع مختلف سلنیوم به شیر بر رشد و سلامت گوساله‌های شیرخوار هلستاین. نشریه علوم دامی

ایران، ۵۶ (۳)، ۶۸۹-۷۰۵. DOI: <https://doi.org/10.22059/ijas.2025.387362.654050>



© نویسندگان.

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijas.2025.387362.654050>

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

مقدمه

پرورش موفقیت‌آمیز و مناسب تلیسه‌های جایگزین برای تضمین پایداری مزارع گاو شیری و تولید شیر آینده امری ضروری است. اما، بیماری‌ها در مرحله بدو تولد، به دلیل هزینه‌های مرتبط با تلفات گوساله، درمان‌ها و اثرات طولانی مدت بر تولید، به طور قابل توجهی شرایط اقتصادی صنعت گاو شیری را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در صنعت گاو شیری مدرن، گوساله‌ها به صورت مصنوعی پرورش می‌یابند و برنامه‌های تغذیه اولیه به طور گسترده برای بهبود عملکرد آن‌ها در طول دوره پیش از شیرگیری مورد مطالعه قرار گرفته است (Soberon *et al.*, 2012). فرآیندهای فیزیولوژیکی یک دام، از جمله سیستم ایمنی، می‌تواند تا حد زیادی تحت تأثیر در دسترس بودن مواد مغذی و مواد معدنی کم‌مصرف باشد که برای فرآیندهای بیوشیمیایی متعدد، از جمله پاسخ ایمنی، تکثیر سلولی و رشد اسکلتی و به ویژه برای تازه متولد شده‌ها ضروری هستند (Carroll and Forsberg, 2007).

سلیوم یکی از مهم‌ترین عناصر کم‌مصرف ضروری برای بسیاری از اعمال حیاتی بدن در تولیدات دامی به دلیل نقش‌های فیزیولوژیکی متنوع است. سلیوم یک جزء ساختاری از حداقل ۲۵ سلنوپروتئین به عنوان سلنوسیستین در محل کاتالیزوری فعال آن‌ها است (Kryukov *et al.*, 2003). با توجه به نقش فیزیولوژیکی متنوع سلنوپروتئین‌ها، مقدار بهینه‌ای از سلیوم در خوراک دام مورد نیاز است تا از عملکرد مناسب ایمنی و عملکرد تولید اطمینان حاصل شود (Qazi *et al.*, 2019). برای برآوردن نیازهای حیوانی به سلیوم، به خوراک‌ها معمولاً مکمل اشکال معدنی سلیوم (سلنات یا سلنیت سدیم) یا اشکال آلی که عمدتاً سلنومتیونین را تشکیل می‌دهند، افزوده می‌شوند. در گونه‌های تک معده‌ای، فراهمی زیستی و اثربخشی بیشتر اشکال آلی در مقایسه با اشکال معدنی به طور گسترده مورد بررسی قرار گرفته است (Surai and Fisinin, 2016; Surai *et al.*, 2018). به طور مشابه، نتایج به‌دست‌آمده از گونه‌های نشخوارکننده نیز کارایی زیستی بیشتر اشکال آلی را در مقایسه با اشکال معدنی نشان داده‌اند (Juniper *et al.*, 2006; Phipps *et al.*, 2008; Gong *et al.*, 2014). این کارایی زیستی بهبود یافته اشکال آلی مستقیماً به غلظت سلنومتیونین مکمل سلیوم به جای غلظت سلیوم کل آن مرتبط است (Juniper *et al.*, 2019). در حال حاضر روند رو به رشدی برای مکمل‌های اشکال آلی سلیوم وجود دارد، با نظرسنجی اخیر گزارش شده است که ۹۰ درصد از متخصصان تغذیه مورد بررسی از اشکال سلیوم با قابلیت زیستی بهتر استفاده می‌کنند (Duplessis *et al.*, 2023). منابع آلی سلیوم یک جایگزین امیدوارکننده برای بهبود وضعیت سلیوم (Sun *et al.*, 2017) و جذب ظاهری (Wei *et al.*, 2019) هستند. علاوه بر این، سلیوم آلی کم‌تری از طریق ادرار دفع می‌شود و میزان اتلاف معدنی و تجمع آن در محیط را کاهش می‌دهد (Cruickshank *et al.*, 2024). در میان اشکال مختلف، تغذیه با مخمر سلیوم برای افزایش غلظت سلیوم در شیر (Ortman and Pehrson, 1999; Guyot *et al.*, 2007) و خون (Pehrson *et al.*, 2007; Guyot *et al.*, 1999) گاو مؤثرترین بود. مکمل سلیوم هم‌چنین منجر به بهبود فعالیت فاگوسیتیک ماکروفاژها (Salles *et al.*, 2014)، افزایش بازده انتقال ایمونوگلوبولین (Kamada *et al.*, 2007) و غلظت تری‌یدوتیرونین (T3) بیشتر در خون شده است (Awadeh *et al.*, 1998; Guyot *et al.*, 2011). همه این موارد برای جلوگیری از بیماری و مرگ و میر گوساله مورد نیاز است.

به گفته پژوهشگران (Kamada *et al.*, 2007)، گوساله‌ها در بدو تولد دچار کمبود سلیوم هستند و مکمل‌های معدنی در این مرحله از زندگی باعث تامین سریع سلیوم می‌شود که به توسعه سیستم ایمنی حیوان کمک می‌کند. با این حال، ماده خشک مصرفی در این مرحله اولیه زندگی بسیار کم است و شیر تقریباً منبع تمام مواد مغذی است، اما تنها حاوی میانگین ۰/۰۲ تا ۰/۱۵ میلی‌گرم سلیوم در هر کیلوگرم ماده غذایی است. از طرفی، نتایج پژوهش‌ها در رابطه با اشکال آلی و معدنی سلیوم در حیوان متفاوت است. با توجه به موارد گفته شده، هدف از پژوهش حاضر ارزیابی اثر افزودن سلیوم آلی و معدنی بر عملکرد و سلامت گوساله‌های شیرخوار هلشتاین می‌باشد.

پیشینه پژوهش

پژوهشگران (Kamada et al., 2007) دریافتند که ۴ بار تغذیه آغوز با ۱/۰ میلی گرم بر کیلوگرم سلیوم یا یک دوز واحد ۳/۰ میلی گرم بر کیلوگرم سلیوم در اولین تغذیه باعث بهبود جذب IgG در گوساله‌های شیری شد. نویسندگان پیشنهاد کردند که مکمل سلیوم می‌تواند پینوسیتوز IgG را در سلول‌های اپیتلیال روده افزایش دهد. با این حال، افزایش غلظت سلیوم در آغوز گاوهایی که با سلیوم آلی تغذیه می‌شوند، احتمالاً برای افزایش جذب IgG در گوساله‌های شیری کافی نیست (Ogilvie et al., 2023)، همان‌طور که پژوهشگران دیگر (Kamada et al., 2007) نیز پیشنهاد کردند. جالب توجه است که پژوهشگران یک همبستگی مثبت متوسط بین غلظت سلیوم و غلظت IgG در آغوز پیدا کردند (Ogilvie et al., 2023).

ادغام سلنوآمینواسیدها، به ویژه سلنومتیونین، در پروتئین‌های کارژین شیر، بیشتر تفاوت در غلظت سلیوم در شیر یا آغوز گاوهایی را که با مخمر سلنیزه شده تغذیه می‌کنند، توضیح می‌دهد (Knowles et al., 1999). نشان داده است که مکمل‌های غذایی با سلیوم آلی پاسخ ایمنی گوساله‌های شیری را بهبود می‌بخشد (Salles et al., 2014). پاسخ پارامتر ایمنی برتر در گوساله‌های مکمل شده با سلیوم آلی به شیردان مشاهده شد. علاوه بر این، مکمل سلیوم عملکرد حیواناتی را که تشخیص اسهال داشتند، حفظ کرد (Salles et al., 2014). به طور مشابه، تغذیه با یونجه غنی شده با سلیوم در گوساله‌های گوشتی باعث بهبود ایمنی در برابر باکتری اشرشیاکلی شد (Hall et al., 2013). گلوکز سلنیزه شده (به عنوان شکل آلی) مشابه مخمر غنی شده با سلیوم سبب کاهش غلظت مالون دی‌آلدهید (MDA) در سرم و بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدانتی سرم شد (Bai et al., 2022).

در یک مطالعه بر روی گوساله‌های گوشتی (Guyot et al., 2007)، افزایش وزن روزانه و شیوع بیماری‌ها، پس از تولد در گوساله‌های متولد شده از مادرهایی که با منابع مختلف (سدیم سلنیت و سلنومتیونین) و دوزهای مختلف (۰/۱ و ۰/۵ میلی گرم در کیلوگرم) از سلیوم تغذیه شده بودند، مقایسه شد. گوساله‌ها از مادران خود شیر می‌خوردند و سلیوم را از طریق آغوز و شیر دریافت کردند. اما، تغذیه مکمل‌های مواد معدنی کم‌مصرف در زایش برای مادرها متوقف شد. تفاوت معنی‌داری تا ۷۵ روز پس از تولد به نفع گوساله‌های دریافت کننده شیر از مادرهای تغذیه شده با مکمل سلیوم آلی مشاهده شد. در مطالعه دیگری، مکمل مادری باعث بهبود سلامتی و رشد گوساله در گاوهای شیری شد (Hall et al., 2014)، اما در آن‌جا بیان شد که ادامه مکمل سلیوم تا زمان از شیرگیری ضروری نیست. بنابراین، آن مطالعه (Hall et al., 2014) نتوانست پاسخ دهد که آیا پس از زایش، مکمل خوراکی سلیوم می‌تواند باعث بهبود عملکرد گوساله‌های شیری شود یا خیر. بنابراین، مطالعات بیشتر نیاز است تا نشان دهد که آیا مصرف مکمل‌های اشکال مختلف سلیوم در شیر باعث بهبود سلامت و رشد گوساله می‌شود.

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر در کشت و صنعت پگاه همدان (دارای ۱۲۰۰ راس مولد) از فروردین تا خرداد ۱۴۰۳ انجام شد. تعداد ۴۵ راس گوساله نر و ماده هلشتاین شیرخوار با میانگین وزن 39.63 ± 5.10 کیلوگرم و سن ۴ روز به طور تصادفی، در قفس‌های انفرادی به یکی از تیمارهای آزمایشی اختصاص یافتند. تیمارهای آزمایشی شامل: (۱) تیمار شاهد (شیر بدون افزودنی) (۲) تیمار حاوی ۱۲/۵ میلی گرم مکمل سلنیت سدیم اضافه شده به شیر و (۳) تیمار حاوی مکمل ۶۲/۵ میلی گرم سلنومتیونین اضافه شده به شیر بودند. این مقادیر، با هدف تأمین ۰/۳ میلی گرم سلیوم به صورت روزانه به شیر مصرفی گوساله‌ها اضافه می‌شد. سلنومتیونین مورد استفاده در این پژوهش از شرکت خوشه صنعتی زیست فناوری آرکا تهیه شد. گوساله‌ها پس از تولد از مادر جدا شده و در قفس‌های انفرادی نگهداری شدند. از روز تولد تا سه روزگی، گوساله‌ها به میزان ده درصد وزن بدن آغوز دریافت کردند. پس از آن، تا ۱۴ روز با سطل مخصوص، ۴ لیتر شیر در ۲ وعده خوراکی در روز در ساعت‌های ۰۷:۳۰ و ۱۶:۰۰ دریافت کردند. حجم شیر از ۱۵ تا ۵۶ روزگی به میزان ۶ لیتر در روز افزایش و سپس تا روز از شیرگیری (۷۰ روزگی) به میزان ۳ لیتر در روز کاهش یافت. بستر گوساله‌ها از جنس کاه بود. خوراک آغازین گوساله به‌طور آزاد در اختیار گوساله‌ها قرار داده شد و

مصرف روزانه از چهار روزگی ثبت و یادداشت شد. ترکیب خوراک آغازین برای همه گوساله‌ها در کل دوره یکسان بود. خوراک آغازین براساس توصیه‌های شورای تحقیقات ملی (NRC, 2001) گوساله‌های شیری تنظیم شد. جدول ۱ مواد خوراکی تشکیل دهنده و ترکیب شیمیایی خوراک آغازین و جدول ۲ ترکیب شیمیایی شیر را نشان می‌دهد. برای بررسی عملکرد رشد، وزن بدن به صورت هر دو هفته یک بار به وسیله ترازوی دیجیتال ثبت شد و میانگین افزایش وزن روزانه بر حسب گرم از تقسیم اختلاف بین وزن‌کشی‌ها بر تعداد روزهای سپری شده محاسبه شد. بازده خوراک از تقسیم میانگین افزایش وزن روزانه بر میانگین ماده خشک مصرفی کل روزانه هر گوساله محاسبه شد. شاخص‌های اسکلتی شامل ارتفاع از جدوگاه، ارتفاع هیپ، عرض هیپ، دور سینه، دور شکم و طول بدن هر دو هفته یک بار با استفاده از متر استاندارد اندازه‌گیری شد. به منظور تعیین فراسنجه‌های خونی از سیاهرگ و داج گردنی گوساله‌ها به وسیله لوله‌های ونوجکت دارای خلاء بدون ماده ضد انعقاد در روزهای صفر، ۳۵ و ۷۰ روزگی خون‌گیری به عمل آمد. نمونه‌های خون به مدت ۱۵ دقیقه و با ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شده و نمونه‌های سرم پس از جداسازی در دمای ۲۰- درجه سلسیوس نگهداری شدند. غلظت گلوکز، تری‌گلیسرید، کلسترول، لیپوپروتئین‌های با چگالی بالا (HDL)، پروتئین کل، آلبومین، کراتینین، آسپاراتات آمینوترانسفراز (AST)، آلانین آمینوترانسفراز (ALT)، آلکالین فسفاتاز (ALP)، کراتین فسفوکیناز، نیتروژن اوره‌ای خون (BUN)، هورمون محرک تیروئید (TSH)، تری‌یدوتیرونین (T₃) و تیروکسین (T₄)، کلسیم، فسفر و آهن با استفاده از کیت‌های پارس آزمون (Pars Azmun Diagnostics, Tehran, Iran)، روی و مس توسط کیت‌های بایرکس فارس (Biorexfars, Shiraz, Iran) بر اساس روش‌های آنزیمی و نورسنجی و ایمونوگلوبولین G با استفاده از کیت پارس آزمون و بر اساس روش ایمونوتوربیدیمتریک توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (Genway, UK) اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری مالون‌دی‌آلدهید و ظرفیت کل آنتی‌اکسیدانتی از کیت‌های شرکت تالی ژن به ترتیب با استفاده از روش TBA (تیوباربیتوریک اسید) و FRAP (توان احیاکنندگی آهن فریک پلاسما) توسط دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد.

همچنین برای بررسی وضعیت سلامت گوساله‌ها، دمای رکتوم، امتیاز مدفوع، نمره‌های وضعیت سلامت گوش، چشم و بینی گوساله‌ها به طور چهار روز در هفته و بر اساس روش ارائه شده به وسیله دانشگاه ویسکانسین مورد ارزیابی قرار گرفت (www.vetmed.wisc.edu/dms/fapm/fapmtools/calves.htm).

داده‌های کیفی این آزمایش نظیر امتیاز مدفوع، نمره‌های وضعیت سلامت گوش، چشم و بینی با استفاده از آزمون غیر پارامتریک کروسکال-والیس آنالیز شد. داده‌های کمی این آزمایش بر پایه طرح کاملاً تصادفی، با استفاده از دستور داده‌های تکرار در زمان Repeated Measurement از رویه Mixed و با استفاده از ساختار کوواریانس Structure Covariance (CS) مورد آنالیز قرار گرفت. مقایسات میانگین با استفاده از آزمون دانکن در سطح معنی داری ۵ درصد انجام شد. اثرات تیمارها به عنوان اثرات اصلی، اثر گوساله به عنوان اثر تصادفی و اثر دوره به عنوان اثر تکرار شونده و وزن بدن، فراسنجه‌های خونی و شاخص‌های رشد اسکلتی گوساله‌ها در ابتدای آزمایش به عنوان کوواریت (متغیر کمکی) در نظر گرفته شد. داده‌ها به صورت میانگین حداقل مربعات گزارش شدند و سطح احتمال معنی‌داری در مساوی و کمتر از ۰/۰۵ و تمایل به معنی‌داری در سطح احتمال بزرگتر از ۰/۰۵ و کوچکتر و مساوی ۰/۱ مشخص شد. مدل آماری مورد استفاده جهت پردازش داده‌های این آزمایش:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + H_j + (TH)_{ij} + A_k + \beta (BW - \bar{x}) + e_{ijkl}$$

که Y_{ij} : مقدار مشاهده، μ : میانگین کل، T_i : اثر تیمار، H_j : اثر زمان، $(TH)_{ij}$: اثر متقابل تیمار در زمان، A_k : اثر حیوان، $\beta (BW - \bar{x})$: وزن اولیه به عنوان متغیر کمکی و e_{ijkl} : خطای باقی‌مانده می‌باشد.

¹ thiobarbitoric

² Ferric Reducing Ability of Plasma

جدول ۱. اجزای تشکیل دهنده و ترکیب شیمیایی خوراک آغازین

مقدار	ترکیبات شیمیایی	درصد	اقلام خوراکی
۹۴/۸	ماده خشک (درصد)	۵	یونجه
۹۲/۷	ماده آلی (درصد)	۳	کاه
۱۲/۹	انرژی قابل متابولیسم (مگاژول بر کیلوگرم)	۹	دانه جو
۱۷/۸۳	پروتئین خام (درصد)	۴۶	دانه ذرت
۱۷/۰	الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصد)	۲۶	کنجاله سویا
۷/۴	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (درصد)	۴/۵	سبوس گندم
۷/۳۰	خاکستر (درصد)	۰/۷	نمک
۰/۷۵	کلسیم	۱/۴	مکمل معدنی
۰/۴۳	فسفر	۱/۵	مکمل ویتامینه
۰/۱۷	منیزیم	۱/۴	جوش شیرین
۰/۳۴۱	سلنیوم (میلی گرم در کیلوگرم)	۰/۵	کربنات کلسیم
۶۰/۲۲	مس (میلی گرم در کیلوگرم)	۰/۳	اکسید منیزیم
۵۳/۲۹	روی (میلی گرم در کیلوگرم)	۰/۳	توکسین بایندر
۹۰/۲۵	آهن (میلی گرم در کیلوگرم)	۰/۴	دی کلسیم فسفات

جدول ۲. ترکیب مواد مغذی شیر (درصد وزن)

درصد	ترکیب
۳/۴۵	چربی
۳/۱۱	پروتئین
۴/۶۰	لاکتوز
۱۲/۲۵	کل مواد جامد
۸/۸۰	کل مواد جامد بدون چربی

یافته‌های پژوهشی

افزودن سلنیوم به شکل معدنی و آلی به شیر گوساله‌های شیرخوار، مصرف ماده خشک خوراک آغازین ($P>0.05$)، ماده خشک شیر ($P>0.05$) و کل ماده خشک مصرفی ($P>0.05$) را تحت تاثیر قرار نداد (جدول ۳). اما، وزن نهایی گوساله‌ها با افزودن سلنیوم آلی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۳). در صورتی که بین تیمار معدنی و شاهد تفاوتی مشاهده نشد. همچنین، گوساله‌های دریافت کننده سلنیوم به شکل معدنی و آلی، افزایش وزن روزانه بالاتری داشتند ($P<0.05$). در همین جهت، بازده خوراک نیز با افزودن سلنیوم آلی افزایش یافت ($P<0.05$). زمان اثر معنی‌داری بر مصرف خوراک آغازین، کل ماده خشک مصرفی و افزایش وزن روزانه داشت.

نتایج مربوط به شاخص‌های رشد اسکلتی گوساله‌ها در جدول ۴ نشان داده شده است. ارتفاع جدوگاه و دور سینه گوساله‌های شیرخوار با افزودن سلنیوم به شیر تمایل به افزایش داشتند و دور سینه در گروه آلی بالاترین بود (۹۱/۰ در مقابل ۹۰/۵ و ۸۹/۶ سانتی‌متر به ترتیب برای معدنی و شاهد). اما، ارتفاع و عرض هیپ، دور شکم و طول بدن تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند ($P>0.05$). اثر زمان برای همه شاخص‌های رشد اسکلتی معنی‌دار بود.

جدول ۳. اثر افزودن سلنیوم معدنی و آلی به شیر بر مصرف ماده خشک و عملکرد گوساله‌های شیرخوار هلشتاین

سطح احتمال			SEM	تیمارهای آزمایشی ^۱			
تیمار×زمان	زمان	تیمار		آلی	معدنی	شاهد	
مصرف ماده خشک (گرم در روز)							
۰/۸۸	<۰/۰۰۰۱	۰/۶۱	۶۰/۴	۹۸۸	۱۰۴۷	۱۰۳۱	خوراک آغازین
۰/۹۷	<۰/۰۰۰۱	۰/۸۲	۵۵/۱	۵۸۲	۵۶۲	۵۷۲	ماده خشک شیر
۰/۹۰	<۰/۰۰۰۱	۰/۷۹	۱۶۸/۵	۱۵۷۰	۱۶۰۹	۱۶۰۳	کل ماده خشک مصرفی
وزن بدن (کیلوگرم)							
–	–	۰/۷۶	۰/۹۷	۳۹/۱	۳۹/۸	۴۰/۰	وزن اولیه
–	–	۰/۰۴	۲/۱۷	۸۹/۸ ^a	۸۷/۸ ^{ab}	۸۲/۱ ^b	وزن نهایی
۰/۱۴	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱	۴۴/۹	۷۰۹ ^a	۶۷۵ ^a	۵۹۹ ^b	افزایش وزن روزانه (گرم در روز)
–	–	۰/۰۰۶	۰/۰۱۸	۰/۴۵۳ ^a	۰/۴۲۰ ^{ab}	۰/۳۷۳ ^b	بازده خوراک ^۲

^۱ تیمارهای آزمایشی شامل: (۱) تیمار شاهد (شیر بدون افزودنی)، (۲) تیمار حاوی ۱۲/۵ میلی‌گرم مکمل سلنیت سدیم اضافه شده به شیر و (۳) تیمار حاوی مکمل ۶۲/۵ میلی‌گرم سلنومیتونین اضافه شده به شیر.

^۲ بازده خوراک: نسبت افزایش وزن روزانه (کیلوگرم) به کل ماده خشک مصرفی (کیلوگرم)

^{a-b} حروف لاتین متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد است.

جدول ۴. اثر افزودن سلنیوم معدنی و آلی به شیر بر شاخص‌های رشد اسکلتی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین

سطح احتمال		تیمار	SEM	تیمارهای آزمایشی ^۱			صفت (سانتی‌متر)
تیمار×زمان	زمان			آلی	معدنی	شاهد	
۰/۷۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۸	۰/۸۷	۸۵/۴	۸۵/۷	۸۴/۶	ارتفاع جدوگاه
۰/۷۸	<۰/۰۰۰۱	۰/۱۷	۱/۰۵	۸۹/۶	۹۰/۱	۸۸/۹	ارتفاع هیپ
۰/۲۵	<۰/۰۰۰۱	۰/۱۳	۰/۲۸	۱۴/۱	۱۴/۳	۱۳/۹	عرض هیپ
۰/۹۹	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۹	۱/۱۳	۹۱/۰	۹۰/۵	۸۹/۶	دور سینه
۰/۹۳	<۰/۰۰۰۱	۰/۳۱	۱/۵۲	۹۹/۴	۹۷/۸	۹۸/۵	دور شکم
۰/۹۹	<۰/۰۰۰۱	۰/۱۶	۱/۲۱	۸۱/۹	۸۱/۴	۸۰/۵	طول بدن

^۱ تیمارهای آزمایشی شامل: (۱) تیمار شاهد (شیر بدون افزودنی)، (۲) تیمار حاوی ۱۲/۵ میلی‌گرم مکمل سلنیت سدیم اضافه شده به شیر و (۳) تیمار حاوی مکمل ۶۲/۵ میلی‌گرم سلنومیتونین اضافه شده به شیر.

^{a-b} حروف لاتین متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد است.

دمای رکتوم، امتیاز گوش، امتیاز بینی در بین تیمارها مشابه بود ($P > 0.05$ ؛ جدول ۵). اما، امتیاز مدفوع و امتیاز چشم بین تیمارها تفاوت معنی‌دار نشان داد (جدول ۵). امتیاز مدفوع در گروه شاهد، معدنی و آلی به ترتیب، ۱/۳۹، ۱/۲۹ و ۱/۲۳ بود. امتیاز چشم در گروه آلی پایین‌تر از گروه شاهد بود (۱/۱۱ در مقابل ۱/۲۵)، اما، هر دو گروه تفاوتی با گروه معدنی (امتیاز ۱/۱۸) نداشتند.

جدول ۵. اثر افزودن سلنیوم معدنی و آلی به شیر بر ارزیابی سلامت گوساله‌های شیرخوار هلشتاین

صفت	تیمارهای آزمایشی ^۱			SEM	سطح احتمال
	شاهد	معدنی	آلی		
دمای رکتوم، درجه سلسیوس	۳۸/۴	۳۸/۸	۳۸/۵	۰/۱۸	۰/۳۷
امتیاز مدفوع	۱/۳۹ ^a	۱/۲۹ ^b	۱/۲۳ ^b	۰/۰۹۸	۰/۰۰۴
امتیاز گوش	۱/۱۵	۱/۱۲	۱/۱۴	۰/۰۲۷	۰/۷۸
امتیاز چشم	۱/۲۵ ^a	۱/۱۸ ^{ab}	۱/۱۱ ^b	۰/۰۳۵	۰/۰۵
امتیاز بینی	۱/۲۳	۱/۱۹	۱/۲۰	۰/۰۳۶	۰/۶۷

^۱ تیمارهای آزمایشی شامل: (۱) تیمار شاهد (شیر بدون افزودنی)، (۲) تیمار حاوی ۱۲/۵ میلی گرم مکمل سلنیت سدیم اضافه شده به شیر و (۳) تیمار حاوی مکمل ۶۲/۵ میلی گرم سلنومیتونین اضافه شده به شیر.

^{a-b} حروف لاتین متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد است.

جدول ۶. اثر افزودن سلنیوم معدنی و آلی به شیر بر فراسنجه‌های خونی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین

فراسنجه	تیمارهای آزمایشی ^۱			SEM	انحراف	سطح احتمال	
	شاهد	معدنی	آلی			تیمار	زمان
گلوکز (mg/dL)	۹۵/۳	۱۰۱/۵	۹۹/۷	۵/۴۸	۱۸/۳	۰/۵۱	۰/۰۰۴
تری‌گلیسرید (mg/dL)	۲۷/۷	۲۷/۶	۲۹/۳	۱/۰۷	۸/۲۲	۰/۷۶	۰/۱
کلسترول (mg/dL)	۱۰۰/۸	۹۹/۲	۹۲/۳	۴/۰۴	۳۱/۳	۰/۶۲	۰/۰۰۱
لیپوپروتئین با چگالی بالا (mg/dL)	۴۹/۲	۵۳/۹	۴۹/۵	۱/۵۸	۱۲/۳	۰/۳۵	۰/۰۰۳
پروتئین کل (g/dL)	۷/۲۶	۷/۱۸	۷/۴۸	۰/۰۸۵	۰/۶۵۷	۰/۳۳	۰/۰۷
آلبومین (g/dL)	۳/۶۸	۳/۵۰	۳/۵۶	۰/۰۴	۰/۳۱۶	۰/۱۸	۰/۱۹
کراتینین (mg/dL)	۱/۲۴	۱/۳۰	۱/۲۴	۰/۰۳	۰/۲۰۹	۰/۹۸	۰/۵۳
آسپارات آمینوترانسفراز (U/L)	۷۰/۸	۶۶/۲	۶۴/۹	۱/۴۲	۱۱/۰	۰/۲۱	۰/۱۱
آلانین آمینوترانسفراز (U/L)	۱۷/۶ ^a	۱۶/۲ ^{ab}	۱۵/۴ ^b	۰/۳۷	۲/۸۶	۰/۰۴	۰/۸۲
آلکالین فسفاتاز (U/L)	۱۱۱۱ ^a	۷۹۷ ^b	۸۶۸ ^b	۹۴/۳	۳۲۱/۹	۰/۰۰۴	۰/۶۴
کراتین فسفوکیناز (U/L)	۱۷۹/۲	۱۹۰/۹	۱۸۶/۵	۲۳/۲	۷۱/۱	۰/۸۸	۰/۷۳
ایمونوگلوبولین G (g/L)	۱۹/۹	۲۲/۲	۲۱/۹	۰/۶۸	۵/۲۶	۰/۱۹	<۰/۰۰۰۱
نیترژن اوره‌ای خون (mg/dL)	۲۰/۰	۱۶/۹	۱۹/۷	۱/۹۰	۶/۲۱	۰/۲۱	۰/۴۸
مالون‌دی‌آلدهید (nmol/mL)	۲/۵۳	۲/۴۹	۲/۲۸	۰/۲۰	۰/۶۷۲	۰/۴۱	۰/۰۰۸
ظرفیت آنتی‌اکسیدانتی کل (mmol Fe ²⁺ /L)	۰/۶۰۴ ^b	۰/۶۴۷ ^{ab}	۰/۶۸۲ ^a	۰/۰۲۹	۰/۱۰۶	۰/۰۳	۰/۰۰۵
هورمون محرک تیروئید (U/L)	۳۸۴	۳۹۳	۴۱۴	۲۵/۰	۷۸/۰	۰/۴۵	۰/۵۳
T3 (ng/mL)	۱/۱۲	۱/۱۱	۱/۲۴	۰/۱۲	۰/۴۰۴	۰/۵۲	۰/۰۸
T4 (μg/dL)	۵/۴۴	۵/۷۱	۶/۰۹	۰/۴۵	۱/۴۸	۰/۳۵	۰/۰۲

تیمارهای آزمایشی شامل: (۱) تیمار شاهد (شیر بدون افزودنی)، (۲) تیمار حاوی ۱۲/۵ میلی گرم مکمل سلنیت سدیم اضافه شده به شیر و (۳) تیمار حاوی مکمل ۶۲/۵ میلی گرم سلنومیتونین اضافه شده به شیر.

^{a-b} حروف لاتین متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد است.

اثر افزودن اشکال مختلف سلیوم به شیر بر فراسنجه‌های خونی گوساله‌ها در جدول ۶ ارائه شده است. فراسنجه‌های خونی مورد آزمایش به جز ALT، ALP و TAC در بین تیمارهای آزمایشی مشابه بودند ($P > 0.05$). آلانین آمینوترانسفراز در تیمارهای شاهد، معدنی و آلی به ترتیب، ۱۷/۶، ۱۶/۲ و ۱۵/۴ واحد در لیتر بود و با افزودن سلیوم آلی به شیر به طور معنی‌داری کاهش یافت. همچنین، افزودن سلیوم به شیر چه به شکل معدنی و چه آلی سبب کاهش غلظت ALP سرم شد ($P < 0.05$). ظرفیت آنتی‌اکسیدانتی کل در تیمار دریافت کننده سلیوم آلی بالاتر بود ($P < 0.05$). غلظت روی، مس، آهن، فسفر و کلسیم خون گوساله‌ها تحت تاثیر افزودن اشکال معدنی و آلی سلیوم به شیر قرار نگرفت ($P > 0.05$) که در جدول ۷ قابل مشاهده است. اثر زمان برای گلوکز، کلسترول، HDL، ایمونوگلوبولین G، MDA، TAC، T_4 ، مس و آهن معنی‌داری و برای پروتئین کل و T_3 تمایل به معنی‌داری را نشان داد. اثر متقابل تیمار در زمان نیز فقط برای TAC معنی‌دار بود.

جدول ۷. اثر افزودن سلیوم معدنی و آلی به شیر بر غلظت برخی از مواد معدنی خون گوساله‌های شیرخوار هلشتاین

ماده معدنی	شاهد	معدنی	آلی	SEM	تیمارهای آزمایشی ^۱		سطح احتمال
					تیمار	زمان	تیمار × زمان
روی (mg/L)	۱/۰۹	۱/۰۰	۱/۰۱	۰/۱	۰/۶۰	۰/۶۷	۰/۳۲
مس (mg/L)	۰/۸۳۳	۰/۸۱۷	۰/۷۸۰	۰/۰۳۳	۰/۲۷	۰/۰۰۱	۰/۱۵
آهن (mg/L)	۰/۸۲۱	۰/۸۵۶	۰/۸۴۰	۰/۰۶۷	۰/۸۸	۰/۰۲	۰/۶۷
فسفر (mg/dL)	۷/۳۴	۷/۸۶	۷/۶۸	۰/۴۴	۰/۴۹	۰/۱۲	۰/۷۰
کلسیم (mg/dL)	۱۰/۹	۱۰/۶	۱۰/۹	۰/۲۳	۰/۴۲	۰/۱۰	۰/۲۸

تیمارهای آزمایشی شامل: (۱) تیمار شاهد (شیر بدون افزودنی)، (۲) تیمار حاوی ۱۲/۵ میلی گرم مکمل سلنیت سدیم اضافه شده به شیر و (۳) تیمار حاوی مکمل ۶۲/۵ میلی گرم سلنومیتوین اضافه شده به شیر.

^{a-b} حروف لاتین متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد است.

بحث

میانگین افزایش وزن روزانه در گوساله‌های دریافت کننده اشکال مختلف سلیوم بالاتر از شاهد بود اما در هر دو گروه مشابه بود. گوساله‌های دریافت کننده مکمل سلیوم نسبت به حیوانات شاهد با ۱/۶۰۹ و ۱/۵۷۰ کیلوگرم ماده خشک مصرفی به ازای هر کیلوگرم افزایش وزن، بازده استفاده از خوراک بالاتری داشتند. بازده استفاده از خوراک بالاتر به میزان ۰/۴۲۰ در گوساله‌های معدنی و ۰/۴۵۲ در گوساله‌های آلی نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد که منجر به تمایل به افزایش دور سینه و ارتفاع از جدوگاه شد (جدول ۴) که این شاخص‌های رشد اسکلتی نشان‌دهنده بهبود در رشد حیوانات هستند. اما، تاثیری بر ارتفاع و عرض هیپ، دور شکم و طول بدن مشاهده نشد که با نظر پژوهشگران (Mehdi and Dufrasne, 2016) در این مورد که مکمل سلیوم اثری بر تحریک رشد گوساله ندارد، مطابقت دارد. پژوهشگران (Salles et al., 2014) بیان کردند که مکمل سلیوم به عنوان یک محرک رشد عمل نمی‌کند و افزایش دور سینه را به افزایش وزن روزانه در گوساله‌های دریافت کننده سلیوم نسبت دادند. در تضاد با این آزمایش، محققان (Jenkins and Hidirolou, 1986)، ۰/۲، ۱/۰، ۳/۰، ۵/۰ و ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم سلنات سدیم را به جایگزین شیر گوساله اضافه کردند و هیچ تفاوتی در افزایش وزن روزانه یا بازده خوراک تا غلظت ۵ میلی گرم در کیلوگرم پیدا نکردند؛ اما، کاهش در ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم مشاهده شد. محققان دیگر (Juniper et al., 2008) هیچ تفاوتی را در عملکرد گوساله‌ها مشاهده نکردند که آن‌ها ۱۰ برابر حداکثر مقدار مجاز مخمر سلیوم مجاز توسط اتحادیه اروپا برای خوراک گوساله (۰/۱۵ تا ۵/۶ میلی گرم سلیوم در کیلوگرم ماده خشک) به دلیل نگرانی در مورد سمیت احتمالی اضافه کردند. درحالی‌که، در پژوهش روی گاوهای گوشتی (Spears et al., 1986)، افزایش وزن با سطح مصرف ۰/۱۸ میلی گرم سلیوم در هر کیلوگرم ماده خشک (به شکل سلنات سدیم) گزارش شد. در همان مطالعه، آن دسته از

حیواناتی که ۰/۴۰ میلی گرم سلیوم به ازای هر کیلوگرم ماده خشک دریافت کرده بودند، هیچ تفاوتی در عملکرد نشان ندادند. در صورتی که در پژوهش حاضر، با افزایش غلظت سلیوم به شکل آلی و معدنی، افزایش وزن مشاهده شد که همسو با نتایج برخی پژوهشگران در رابطه با اثرات سلیوم بر افزایش وزن در گوسفند (Cárdenas-Ramírez et al., 2023)، بز (Yue et al., 2009) و گوساله‌های شیرخوار (Wichtel et al., 1996; Ebrahimi et al., 2009) و در تضاد با سایر پژوهش‌ها روی گوساله‌های نر اخته هانوو (Lee et al., 2007) و اثر سلیوم مادری بر افزایش وزن گاوها و گوساله‌های آن‌ها (Swecker et al., 2003; Gunter et al., 1998; Awadeh et al., 1996; Lacetera et al., 1989) بود. این پژوهش‌ها روی گوساله نر اخته بوده و سایرین هم بر روی اثر مصرف مادری بوده است و می‌تواند علت تفاوت در این باشد که سلیوم مصرفی مادری تا حدی در گوساله ذخیره شده و تا یک سن می‌تواند پاسخگوی نیاز آن باشد. علت اثر سلیوم بر افزایش وزن را می‌توان مرتبط با اثر آن بر غلظت هیپوفیزی هورمون رشد (Arthur et al., 1990) مرتبط دانست.

نشان داده شده است که تجویز سلیوم و ویتامین ای بالاتر از سطوح توصیه شده باعث تقویت سیستم ایمنی بسیاری از گونه‌های حیوانی می‌شود زیرا این مواد مغذی به فاگوسیتوز ناشی از ماکروفاژها و نوتروفیل‌ها کمک می‌کنند (McDowell, 1992). مطالعاتی که نقش سلیوم را در توسعه سیستم ایمنی گوساله‌ها بررسی می‌کنند، به ویژه آن‌هایی که به متابولیسم اکسیداتیو ماکروفاژها و نوتروفیل‌ها می‌پردازند، کم هستند. مطالعات موجود رابطه بین سلیوم و افزایش غلظت ایمونوگلوبولین خون را در گوساله‌های تازه متولد شده مادرهایی که قبل از زایش مکمل این ماده معدنی را دریافت کرده بودند، ارزیابی کرده اند (Rowntree et al., 2004; Weiss and Hogan, 2005; Guyot et al., 2007). افزایش سلیوم و ایمونوگلوبولین G در خون گوساله‌هایی مشاهده شد که آغوز با سلیوم افزوده شده را تغذیه کردند (Kamada et al., 2007). نویسندگان پیشنهاد کردند که مکمل سلیوم می‌تواند پینوسیتوز ایمونوگلوبولین G را در سلول‌های اپیتلیال روده افزایش دهد. اما، در پژوهش دیگر (Mohrekeshe et al., 2018)، ایمونوگلوبولین‌ها در خون گوساله و آغوز تحت تأثیر مکمل‌های مخمر سلیوم قرار نگرفت. نویسندگان خاطرنشان کردند که در آن آزمایش، زمان کوتاه ۳ هفته‌ای پیش از زایش مکمل مادر را می‌توان به عنوان دلیلی بر عدم تأثیر غلظت ایمونوگلوبولین‌ها در آغوز و خون گوساله‌ها در نظر گرفت. این امکان وجود دارد که ۳ هفته زمان بسیار کوتاهی برای پوشش میزان ترن‌آور ایمونوگلوبولین G باشد.

پیش از این گزارش شده بود که افزودن سلیوم اثر معنی‌داری بر وضعیت سلامت گوساله و امتیازهای مرتبط با آن ندارد (Zarei et al., 2019). درحالی‌که در پژوهش حاضر، دمای رکتوم و امتیاز گوش و بینی تحت تأثیر افزودن سلیوم قرار نگرفتند. اما، امتیاز مدفوع با افزودن سلیوم به شکل آلی و معدنی کاهش یافت و امتیاز چشم در گروه آلی پایین‌ترین بود که می‌تواند به سبب وضعیت ایمنی بهبود یافته‌تر باشد. همان‌طور که در پژوهش‌های پیشین نشان داده شده است که مکمل سلیوم سبب بهبود ایمنی در گاو شده (Gerloff, 1992; Smith et al., 1997; Hachemi et al., 2023) و در گوساله عملکرد سیستم ایمنی را بلافاصله از بدو تولد تا ۳۰ روزگی افزایش می‌دهد، که دوره‌ای است که با افزایش بروز عفونت‌ها به دلیل سیستم ایمنی ضعیف حیوان مشخص می‌شود. همچنین، نشان داده شده است که وضعیت سلامت کلی حیوانات، بهبود سلامت دستگاه گوارش و تنظیم سیستم ایمنی را ارتقاء می‌دهد (Arshad et al., 2021) که یافته‌های پژوهش حاضر را تایید می‌کند. از طرفی نیز، در پژوهش حاضر افزایش در ظرفیت آنتی‌اکسیدانتی کل مشاهده شد که حاکی از بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدانتی است. در واقع این ماده معدنی به عنوان یک آنتی‌اکسیدانت مهم مشتق شده از خوراک (Ullah et al., 2020) با نقش در سنتز سلنوپروتئین‌ها در سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانتی دخیل می‌باشد (Labunsky et al., 2014; Han et al., 2021) و از این طریق سبب بهبود در وضعیت کلی عملکرد گوساله شده است.

مشابه با نتایج پژوهش حاضر، در بسیاری از پژوهش‌ها، استفاده از منابع مختلف مکمل‌های سلیوم، معدنی یا آلی، تأثیری بر غلظت گلوکز، کلسترول، HDL، پروتئین کل، آلبومین، نیتروژن اوره‌ای خون نداشت (Shinde et al., 2009; Mohri et al., 2011; Alimohamady et al., 2013). درحالی‌که، سایرین گزارش کردند که به دلیل اثر شبه انسولین سلیوم، استفاده

از مکمل‌های سلنیوم باعث کاهش سطح گلوکز سرم در گوساله‌های شیرده یک ماهه (Ebrahimi et al., 2009) و بره (Shi et al., 2014) می‌شود که با نتایج پژوهش حاضر هم‌سویی ندارد. از طرفی، در یک پژوهش دیگر (Mousaie et al., 2017)، بهبود پروتئین کل، کلسترول و گلوکز سرم بزغاله‌ها در پاسخ به مکمل سلنیوم در جیره غذایی مادر مشاهده شد. علاوه بر این، در گاوهای نر شیری استفاده از مکمل سدیم سلنیت پوشش‌دار شده سبب تری‌گلیسرید، گلوکز، پروتئین کل و آلومین خون بهتر در مقایسه با سدیم سلنیت و گروه شاهد شد و بدون تاثیر بر غلظت کلسترول بود (Liu et al., 2020). از طرفی، استفاده از سلنیوم به همراه روی در میش اثری بر غلظت تری‌گلیسرید و کراتینین بره‌های متولد شده آن‌ها نداشت (Khorrami et al., 2024) که در توافق با یافته‌های ما بود. این اختلاف می‌تواند به دلیل تفاوت در میزان سلنیوم در جیره پایه، گونه، نژاد و سن حیوان باشد. از آنجایی که فعالیت‌های AST، ALT و کراتین فسفوکیناز در پلاسما یا سرم خون به‌طور معمول برای ارزیابی آسیب کبدی و عضلانی اندازه‌گیری می‌شوند (Alimohamady et al., 2013)، کاهش سطح ALT و ALP با افزودن سلنیوم آلی به شیر می‌تواند سبب بهبود در وضعیت سلامت کبدی شده باشد. در تضاد با نتایج پژوهش حاضر، برخی پژوهشگران در بره (Vignola et al., 2007; Kumar et al., 2009) و گوساله‌های نر گاو میش (Mudgal et al., 2008) هیچ تفاوتی بین منابع آلی و معدنی سلنیوم برای فعالیت‌های ALT و AST گزارش نکردند. از سوی دیگر، فعالیت ALT و AST بالاتری در گوساله‌های بوفالو که با ۸/۵۴ میلی‌گرم در کیلوگرم سلنیوم مکمل شده بودند در یک پژوهش (Singh et al., 2002) گزارش شد، درحالی‌که در پژوهشی دیگر (Arthur et al., 1988)، کاهش فعالیت ALT در گاوهای تغذیه شده با جیره غذایی دارای کمبود سلنیوم (۰/۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) نشان داده شد. اما، در تطابق با یافته‌های پژوهش حاضر، محققان (Sun et al., 2017) کاهش ALT را هنگام تغذیه هیدروکسی سلنومیتوین در مقایسه با شکل غیر آلی سلنیوم مشاهده کردند. برعکس، طی یک پژوهش (Li et al., 2019) هیچ تاثیری بر AST در هنگام تغذیه با افزایش مقادیر هیدروکسی سلنومیتوین نشان ندادند، اما نتایج پژوهش دیگر (Hachemi et al., 2023) روند خطی افزایش AST را با افزایش مقادیر هیدروکسی سلنومیتوین گزارش کردند و تفاوتی با شکل معدنی در سطح پایین‌تر نداشتند. همچنین، در این پژوهش، ALT با مصرف سلنیت سدیم پایین‌تر از منبع آلی بود و ALP بین تیمارها مشابه بود. نتایج در رابطه با اثر سلنیوم مصرفی و شکل آن بر غلظت ALT، AST و ALP در بین پژوهش‌ها، گوناگون می‌باشد که تفاوت‌ها بیشتر می‌تواند مربوط به سطح مصرف، دوره و یا طول مدت آن و خود حیوان باشد. پژوهشگران (Jung et al., 2023) گزارش کردند که تجویز ویتامین ای و سلنیوم سبب افزایش سطح وضعیت آنتی‌اکسیدانتی کل می‌شود که در تطابق با یافته‌های ما بود که نشان داد افزودن سلنیوم به شیر سبب بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدانتی می‌شود. اما، در رابطه با غلظت MDA تفاوتی بین تیمارها مشاهده نشد که مشابه با نتایج سایر محققان (Juniper et al., 2019) در رابطه با گوساله‌های متولد شده از مادران دریافت کننده سلنیوم بود. در کل، تفاوت‌ها در نتایج فراسنجه‌های خونی را می‌توان با گونه، سن و مرحله زندگی حیوان و سطح و اشکال مورد استفاده سلنیوم مرتبط دانست. پیش‌تر گزارش شده است که مکمل سلنیوم سبب افزایش غلظت T3 و کاهش غلظت T4 می‌شود (Arthur et al., 1988; Wichtel et al., 1996). درحالی‌که در پژوهش ما هم‌چون سایر پژوهشگران (Mudgal et al., 2008)، اثری بر غلظت هورمون‌های تیروئیدی مشاهده نشد، که می‌تواند به دلیل تفاوت در سطوح سلنیوم جیره پایه باشد. زیرا در آن مطالعات سطوح سلنیوم جیره پایه بسیار پایین، ۰/۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم (Arthur et al., 1988) و ۰/۰۲ تا ۰/۰۳ میلی‌گرم در کیلوگرم (Wichtel et al., 1996) بود. در مقابل، جیره پایه در آزمایش ما دارای سطوح بسیار بالاتری از سلنیوم (۰/۳۴۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود. همان‌طور که مشاهده شد، غلظت مواد معدنی سرم (کلسیم، فسفر، روی، مس و آهن) در پژوهش حاضر تحت تاثیر افزودن سلنیوم به شیر گوساله‌های هلشتاین قرار نگرفت که با سایر پژوهش‌ها در مورد بی‌تاثیر بودن افزودن سلنیوم بر غلظت کلسیم (Kumar et al., 2009)، فسفر (Kumar et al., 2009)، آهن (Khorrami et al., 2021)، مس (Mohri et al., 2011) و روی (Ogilvie et al., 2023) و روی (Ogilvie et al., 2023; Alimohammadi and Aliarabi, 2013) هم‌سویی داشت.

نتیجه‌گیری

افزودن سلنیوم به شیر گوساله‌های شیرخوار هلشتاین چه به صورت معدنی و چه آلی، سبب افزایش وزن روزانه بالاتر شد. اما، سلنیوم آلی افزوده شده به شیر به شکل سلنومیتونین، بازده غذایی را نیز افزایش داد. از میان شاخص‌های رشد اسکلتی، ارتفاع جدوگاه و دور سینه با افزودن سلنیوم به شیر تمایل به افزایش داشتند. افزودن سلنیوم آلی و معدنی به شیر سبب بهبود قوام مدفوع و افزودن سلنومیتونین هم‌چنین سبب بهبود سلامت چشم شد. ظرفیت آنتی‌اکسیدانتی کل بالاتر و آلانین آمینوترانسفراز سرم پایین‌تر به دنبال افزودن سلنیوم آلی رخ داد. پژوهش‌های بیشتر با سطوح متفاوت وسایر اشکال سلنیوم برای نتایج متناسب‌تر توصیه می‌شود. اما، در کل، با توجه به نتایج پژوهش حاضر، افزودن سلنیوم به شکل سلنومیتونین به شیر سبب بهبود وضعیت سلامت و افزایش عملکرد و بازده غذایی گوساله‌های شیرخوار می‌شود.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آنهاست.

مشارکت نویسندگان

مشارکت نویسندگان در مقاله مستخرج از پایان‌نامه تقریباً به شکل زیر باشد:
نویسنده اول: تهیه و آماده‌سازی نمونه‌ها، انجام آزمایش و گردآوری داده‌ها، انجام محاسبات، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، تحلیل و تفسیر اطلاعات و نتایج، تهیه پیش‌نویس مقاله
نویسنده دوم: استاد راهنمای پایان‌نامه، طراحی پژوهش، نظارت بر مراحل انجام پژوهش، بررسی و کنترل نتایج، اصلاح، بازبینی و نهایی‌سازی مقاله
نویسنده سوم: استاد مشاور پایان‌نامه، مشارکت در طراحی پژوهش، نظارت بر پژوهش، مطالعه و بازبینی مقاله

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

حامی مالی

مقاله حاضر با حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه بوعلی سینا انجام شد.
حمایت مالی از این پژوهش از طرف دانشگاه بوعلی سینا، دانشکده کشاورزی در قالب پژوهانه پایان‌نامه دانشجویی نویسنده اول و همچنین پژوهانه برای سایر نویسندگان انجام شده است.

سپاسگزاری

مقاله بایستی تشکر و قدردانی داشته باشد. نمونه جملات:
از مرکز کشت و صنعت پگاه (ملایر) به خاطر همکاری در اجرای پژوهش حاضر سپاسگزاری می‌شود.
از داوران محترم به خاطر ارائه نظرهای ساختاری و علمی سپاسگزاری می‌شود.

REFERENCES

- Alimohammadi, R. and Aliarabi. 2013. Effects of different level of selenium and performance, blood metabolites and nutrient digestibility in Mrhraban meal lambs. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 5, 48-55 (In Persian).
- Alimohamady, R., Aliarabi, H., Bahari, A., & Dezfoulan, 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, 45-54.
- Arshad, M. A., Ebeid, H. M., & Hassan, F. U. (2021). Revisiting the effects of different dietary sources of selenium on the health and performance of dairy animals: a review. *Biological Trace*

- Element Research*, 199(9), 3319-3337.
- Arthur, J. R., Morrice, P. C., & Beckett, G. J. (1988). Thyroid hormone concentrations in selenium deficient and selenium sufficient cattle. *Research in Veterinary Science*, 45(1), 122-123.
- Arthur, J. R., Nicol, F., Rae, P. W. H., & Beckett, G. J. (1990). Effects of selenium deficiency on the thyroid gland and on plasma and pituitary thyrotrophin and growth hormone concentrations in the rat. *Clinical Chemistry and Enzyme Communications*, 3, 209-214.
- Awadeh, F. T., Kincaid, R. L., & Johnson, K. A. (1998). Effect of level and source of dietary selenium on concentrations of thyroid hormones and immunoglobulins in beef cows and calves. *Journal of Animal Science*, 76(4), 1204-1215.
- Bai, X., Li, F., Li, F., & Guo, L. (2022). Different dietary sources of selenium alter meat quality, shelf life, selenium deposition, and antioxidant status in Hu lambs. *Meat Science*, 194, 108961.
- Cárdenas-Ramírez, L. R., Sánchez del Real, C., Ruíz-Flores, A., Pérez-Hernández, G., López-Ordaz, R., Vite-Cristóbal, C., & López-Ordaz, R. (2023). Effect of selenium source on productive behavior, serum and muscle selenium content, and serum level of albumin, α -, β -and δ -globulins in Pelibuey sheep. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 14(2), 476-487.
- Carroll, J. A., & Forsberg, N. E. (2007). Influence of stress and nutrition on cattle immunity. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 23(1), 105-149.
- Cruikshank, K. M., Hatew, B., Gehman, A. M., Koenig, K. M., Ribeiro, E. S., McBride, B. W., & Steele, M. A. (2024). The effect of supplementary selenium source on apparent and true absorption, retention, performance, and selenium status in lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*.
- Duplessis, M., Wright, T. C., & Bejaei, M. (2023). A survey of Canadian dairy nutritionists to assess current trace element formulation practices. *Journal of Dairy Science*, 106(6), 4030-4041.
- 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*, 22(7), 984-992.
- Gong, J., Ni, L., Wang, D., Shi, B., & Yan, S. (2014). Effect of dietary organic selenium on milk selenium concentration and antioxidant and immune status in midlactation dairy cows. *Livestock Science*, 170, 84-90.
- 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(4), 856-864.
- Guyot, H., de Oliveira, L. A., Ramery, E., Beckers, J. F., & Rollin, F. (2011). Effect of a combined iodine and selenium supplementation on I and Se status of cows and their calves. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 25(2), 118-124.
- Guyot, H., Spring, P., Andrieu, S., & Rollin, F. (2007). Comparative responses to sodium selenite and organic selenium supplements in Belgian Blue cows and calves. *Livestock Science*, 111(3), 259-263.
- Hachemi, M. A., Sexton, J. R., Briens, M., & Whitehouse, N. L. (2023). Efficacy of feeding hydroxy-selenomethionine on plasma and milk selenium in mid-lactation dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 106(4), 2374-2385.
- Hall, J. A., Bobe, G., Vorachek, W. R., Estill, C. T., Mosher, W. D., Pirelli, G. J., & Gamroth, M. (2014). Effect of supranutritional maternal and colostral selenium supplementation on passive absorption of immunoglobulin G in selenium-replete dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 97(7), 4379-4391.
- Hall, J. A., Bobe, G., Vorachek, W. R., Hujeriletu, Gorman, M. E., Mosher, W. D., & Pirelli, G. J. (2013). Effects of feeding selenium-enriched alfalfa hay on immunity and health of weaned beef calves. *Biological Trace Element Research*, 156, 96-110.
- Han, L., Pang, K., Fu, T., Phillips, C. J., & Gao, T. (2021). Nano-selenium supplementation increases selenoprotein (Sel) gene expression profiles and milk selenium concentration in lactating dairy cows. *Biological Trace Element Research*, 199, 113-119.
- Jung, D.J.S., Kim, D.H., Beak, S.H., Cho, I.G., Hong, S.J., Lee, J., Lee, J.O., Kim, H.J., Malekkhahi,

- M. and Baik, M., 2023. Effects of vitamin E and selenium administration on transportation stress in pregnant dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, 106(12), pp.9576-9586.
- Juniper, D. T., Phipps, R. H., Givens, D. I., Jones, A. K., Green, C., & Bertin, G. (2008). Tolerance of ruminant animals to high dose in-feed administration of a selenium-enriched yeast. *Journal of Animal Science*, 86(1), 197-204.
- Juniper, D. T., Phipps, R. H., Jones, A. K., & Bertin, G. (2006). Selenium supplementation of lactating dairy cows: effect on selenium concentration in blood, milk, urine, and feces. *Journal of Dairy Science*, 89(9), 3544-3551.
- Juniper, D.T., Rymer, C. and Briens, M., 2019. Bioefficacy of hydroxy-selenomethionine as a selenium supplement in pregnant dairy heifers and on the selenium status of their calves. *Journal of Dairy Science*, 102(8), pp.7000-7010.
- Kamada, H., Nonaka, I., Ueda, Y., & Murai, M. (2007). Selenium addition to colostrum increases immunoglobulin G absorption by newborn calves. *Journal of Dairy Science*, 90(12), 5665-5670.
- Khorrami, Z., Aliarabi, H., Farahavar, A., & Fadayifar, A. (2021). The Effect of Slow-Release Bolus of Zinc and Selenium or Daily Feeding of Salts of These Elements on the Performance of Pregnant Ewes and Their Lambs. *Research on Animal Production*, 12(31), 77-89. (In Persian)
- Khorrami, Z., Aliarabi, H., Farahavar, A., & Fadayifar, A. (2024). Effect of pre and postpartum maternal supplementation of zinc and selenium via slow-release glass bolus or the element salts on feed intake and some blood parameters in ewes and their lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 311, 115949.
- Knowles, S. O., Grace, N. D., Wurms, K., & Lee, J. (1999). Significance of amount and form of dietary selenium on blood, milk, and casein selenium concentrations in grazing cows. *Journal of Dairy Science*, 82(2), 429-437.
- Kryukov, G. V., Castellano, S., Novoselov, S. V., Lobanov, A. V., Zehtab, O., Guigó, R., & Gladyshev, V. N. (2003). Characterization of mammalian selenoproteomes. *Science*, 300(5624), 1439-1443.
- Kumar, N., 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 Science and Technology*, 153(1-2), 77-87.
- Labunskyy, V. M., Hatfield, D. L., & Gladyshev, V. N. (2014). Selenoproteins: molecular pathways and physiological roles. *Physiological Reviews*, 94(3), 739-777.
- Lacetera, N., Bemabucci, U., Ronchi, B., & Nardone, A. (1996). Effects of selenium and vitamin E administration during a late stage of pregnancy on colostrum and milk production in dairy cows, and on passive immunity and growth of their offspring. *American Journal of Veterinary Research*, 57(12), 1776-1780.
- Lee, S. H., Park, B. Y., Yeo, J. M., Lee, S. S., Lee, J. H., Ha, J. K., & Kim, W. Y. (2007). Effects of different selenium sources on performance, carcass characteristics, plasma glutathione peroxidase activity and selenium deposition in finishing Hanwoo steers. *Asian-australasian Journal of Animal Sciences*, 20(2), 229-236.
- Liu, Y. J., Zhang, Z. D., Dai, S. H., Wang, Y., Tian, X. F., Zhao, J. H., ... & Huo, W. J. (2020). Effects of sodium selenite and coated sodium selenite addition on performance, ruminal fermentation, nutrient digestibility and hepatic gene expression related to lipid metabolism in dairy bulls. *Livestock Science*, 237, 104062.
- McDowell, L. R. (1992). Minerals in animal and human nutrition. Academic Press, Gainesville, FL.
- Mehdi, Y., & Dufrasne, I. (2016). Selenium in cattle: a review. *Molecules*, 21(4), 545.
- Mohrekesh, M., Shahraki, A. F., Ghalamkari, G. R., & Guyot, H. (2018). Effects of three methods of oral selenium-enriched yeast supplementation on blood components and growth in Holstein dairy calves. *Animal Production Science*, 59(2), 260-265.
- 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, 308-316.

- Mousaie, A., Valizadeh, R., Naserian, A. A., Heidarpour, M., & Mehrjerdi, H. K. (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.
- Mudgal, V., Garg, A. K., Dass, R. S., & Varshney, V. P. (2008). Effect of selenium and copper supplementation on blood metabolic profile in male buffalo (*Bubalus bubalis*) calves. *Biological Trace Element Research*, 121, 31-38.
- Ogilvie, L., Van Winters, B., Mion, B., King, K., Spricigo, J. F. W., Karrow, N. A., ... & Ribeiro, E. S. (2023). Effects of replacing inorganic salts of trace minerals with organic trace minerals in the diet of prepartum cows on quality of colostrum and immunity of newborn calves. *Journal of Dairy Science*, 106(5), 3493-3508.
- Ortman, K., & Pehrson, B. (1999). Effect of selenate as a feed supplement to dairy cows in comparison to selenite and selenium yeast. *Journal of Animal Science*, 77(12), 3365-3370.
- Pehrson, B., Ortman, K., Madjid, N., & Trafikowska, U. (1999). The influence of dietary selenium as selenium yeast or sodium selenite on the concentration of selenium in the milk of suckler cows and on the selenium status of their calves. *Journal of Animal Science*, 77(12), 3371-3376.
- Phipps, R. H., Grandison, A. S., Jones, A. K., Juniper, D. T., Ramos-Morales, E., & Bertin, G. (2008). Selenium supplementation of lactating dairy cows: effects on milk production and total selenium content and speciation in blood, milk and cheese. *Animal*, 2(11), 1610-1618.
- Plowden, J., Renshaw-Hoelscher, M., Engleman, C., Katz, J., & Sambhara, S. (2004). Innate immunity in aging: impact on macrophage function. *Aging Cell*, 3(4), 161-167.
- Qazi, I. H., Angel, C., Yang, H., Zoidis, E., Pan, B., Wu, Z., ... & Zhou, G. (2019). Role of selenium and selenoproteins in male reproductive function: a review of past and present evidences. *Antioxidants*, 8(8), 268.
- Rowntree, J. E., Hill, G. M., Hawkins, D. R., Link, J. E., Rincker, M. J., Bednar, G. W., & 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.
- Salles, M. S. V., Zanetti, M. A., Junior, L. C. R., Salles, F. A., Azzolini, A. E. C. S., Soares, E. M., ... & Valim, Y. M. L. (2014). Performance and immune response of suckling calves fed organic selenium. *Animal Feed Science and Technology*, 188, 28-35.
- Surai, P. F., & Fisinin, V. I. (2016). Selenium in sow nutrition. *Animal Feed Science and Technology*, 211, 18-30.
- Shi, L., Ren, Y., Zhang, C., Yue, W., & Lei, F. (2017). Effects of maternal dietary selenium (Se-enriched yeast) on growth performance, antioxidant status and haemato-biochemical parameters of their male kids in Taihang black goats. *Animal Feed Science and Technology*, 231, 67-75.
- Shinde, P. L., Dass, R. S., & Garg, A. K. (2009). Effect of vitamin E and selenium supplementation on haematology, blood chemistry and thyroid hormones in male buffalo (*Bubalus bubalis*) calves. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 18(2), 241-256.
- Singh, R., Randhawa, S. S., & Dhillon, K. S. (2002). Changes in blood biochemical and enzyme profile in experimental chronic selenosis in buffalo calves (*Bubalus bubalis*). *The Indian Journal of Animal Sciences*, 72(3).
- Smith, K. L., Hogan, J. S., & Weiss, W. P. (1997). Dietary vitamin E and selenium affect mastitis and milk quality. *Journal of Animal Science*, 75(6), 1659-1665.
- Soberon, F., Raffrenato, E., Everett, R. W., & Van Amburgh, M. E. (2012). Prewaning milk replacer intake and effects on long-term productivity of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 95(2), 783-793.
- Spears, J. W., Harvey, R. W., & Segerson, E. C. (1986). Effects of marginal selenium deficiency and winter protein supplementation on growth, reproduction and selenium status of beef cattle. *Journal of Animal Science*, 63(2), 586-594.
- Sun, P., Wang, J., Liu, W., Bu, D. P., Liu, S. J., & Zhang, K. Z. (2017). Hydroxy-selenomethionine: A novel organic selenium source that improves antioxidant status and selenium concentrations in milk and plasma of mid-lactation dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100(12), 9602-9610.

- Swecker Jr, W. S., Eversole, D. E., Thatcher, C. D., Blodgett, D. J., Schurig, G. G., & Meldrum, J. B. (1989). Influence of supplemental selenium on humoral immune responses in weaned beef calves. *American Journal of Veterinary Research*, 50(10), 1760-1763.
- Ullah, H., Khan, R. U., Tufarelli, V., & Laudadio, V. (2020). Selenium: An essential micronutrient for sustainable dairy cows production. *Sustainability*, 12(24), 10693.
- Vignola, G., Lambertini, L., Giammarco, M., Pezzi, P., & Mazzone, G. (2007). Effects of Se supplementation on growth rate and blood parameters in lambs. *Italian Journal of Animal Science*, 6(sup1), 383-385.
- Wei, J. Y., Wang, J., Liu, W., Zhang, K. Z., & Sun, P. (2019). Effects of different selenium supplements on rumen fermentation and apparent nutrient and selenium digestibility of mid-lactation dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 102(4), 3131-3135.
- Wichtel, J. J., Craigie, A. L., Freeman, D. A., Varela-Alvarez, H., & Williamson, N. B. (1996). Effect of selenium and iodine supplementation on growth rate and on thyroid and somatotropic function in dairy calves at pasture. *Journal of Dairy Science*, 79(10), 1865-1872.
- Yue, W., Zhang, C., Shi, L., Ren, Y., Jiang, Y., & Kleemann, D. O. (2009). Effect of supplemental selenomethionine on growth performance and serum antioxidant status in Taihang Black goats. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 22(3), 365-370.
- Zarei, M., Seifdavati, J., Ghorbani, G. R., Abdi Benemar, H., Seyed Sharifi, R., & Karimi, A. (2019). The Effect of Different Sources of Selenium on Performance, Health, Growth Factor and Some Blood Parameters of Holstein Dairy Calves. *Research on Animal Production*, 10(26), 48-55. (In Persian).