Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Research on Animal Production, Vol. 17, Issue 1, 2026 p: 86-99

OPEN ACCESS

Research Paper

Effects of Different Zinc Levels in Milk on the Performance, Skeletal Growth, Blood, and Ruminal Parameters of Holstein Suckling Calves

Shaghayegh Soleymani[1], Abolfazl Zali[2], Mahdi Ganjkhanlou[3] and Hasan Rouhanipour[4]

1- Master's degree, Department of Animal Science University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran, (Corresponding author: sh.soleymani1374@ut.ac.ir)
2- Professor, Department of Animal Science, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
3- Professor, Department of Animal Science University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
4- Master's degree, Department of Animal and Poultry Science, Faculty of Agricultural Technology, University of Tehran, Pakdasht, Iran

Received: 25 August, 2025 Revised: 05 November, 2025 Accepted: 08 December, 2025

Extended Abstract

Background: Zinc (Zn) is one of the essential minerals for the health and productivity of growing calves because this mineral is important for metabolism, growth, immune and defense systems, and antioxidant status. Zn has an essential role in the regulation of many metabolic processes, and its deficiency results in low appetite and, consequently, decreased feed intake. Therefore, it is of strong interest for producers, feed manufacturers, veterinarians, and scientists. The National Research Council (2021) recommends 70 mg/kg of Zn for calves at 30 days of age, while the amount of this element is commonly low in the soil of many regions of Iran. Therefore, plants that grow in these soils have a low level of Zn concentration, and when they are consumed as animal feed, can cause a wide range of complications due to Zn deficiency, among which growth abnormality is one of the most obvious signs. Zn supplementation may improve the health and performance of suckling calves. However, the use of high Zn concentrations in the diet may affect the digestion, absorption, and use of other nutrients in the diet and potentially lead to environmental pollution due to the excess excretion of Zn in feces. Thus, the use of Zn sources above bioavailability has a special place. Recently, organic and hydroxy forms of minerals in animal feed supplements have attracted substantial interest from feed manufacturers and animal producers because they have higher Zn bioavailability than inorganic salts. This study aimed to evaluate the effect of Zn in milk on the performance, skeletal growth, and blood and ruminal parameters of Holstein suckling calves.

Methods: To study the effect of adding milk-soluble zinc on the blood and metabolic status of Holstein calves, 30 calves were used in a completely randomized design. The animals were evaluated using three types of diets: 1) a basal diet (containing 53.29 mg/kg of Zn DM), 2) a basal diet+milk containing 20 mg/kg of Zn DM as oxide, and 3) a basal diet + milk containing 40 mg/kg of Zn DM as sulfate, with 10 replications.

Results: Body weight and feed intake were higher in calves fed the basal diet with milk containing 40 mg/kg of Zn DM as sulfate than in those fed the basal diet without Zn supplementation at 31 days old ($P < 0.05$). Height, hip width, chest girth, length, and feces score were higher in calves fed the basal diet with milk containing 40 mg/kg of Zn DM as sulfate than in calves fed the basal diet without Zn supplementation at 31 days old ($P < 0.05$). Alkaline phosphatase was higher in calves fed a basal diet + milk containing 20 mg/kg of Zn DM as oxide than in calves fed a basal diet + milk containing 40 mg/kg of Zn DM as sulfate ($P < 0.05$).

Conclusion: According to the results of this experiment, the use of a basal diet with milk containing 40 mg/kg of zinc as zinc sulfate, based on the need in the milk of Holstein calves, improves body weight, feed intake, and fecal score, leading to an increase and improvement in skeletal growth and health parameters. By understanding the factors affecting serum alkaline phosphatase enzyme activity due to the use of a basal diet + milk containing 20 mg/kg of zinc as

Copyright ©2026 Soleymani et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License which allows users to read, copy, distribute and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

zinc oxide in Holstein suckling calves, it is possible to more effectively measure the activity of this enzyme for disease diagnosis. Therefore, the use of a basal diet with milk containing 40 mg/kg of zinc as zinc sulfate in calves is recommended to improve the metabolic status of the animal.

Keywords: Feces score, Holstein calves, Performance, Zn oxide, Zn sulfate

How to Cite This Article: Soleymani, S., Zali, A., Ganjkhanlou, M., & Rouhanipour, H. (2026). Effects of Different Zinc Levels in Milk on the Performance, Skeletal Growth, Blood, and Ruminal Parameters of Holstein Suckling Calves. *Res Anim Prod,* 17(1), 86-99. DOI: 10.61882/rap.2026.1515

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مقاله پژوهشی

تاثیر سطوح مختلف عنصر روی در شیر بر پاسخ‌های عملکردی، رشد اسکلتی و فراسنجه‌های خونی و شکمبه‌ای گوساله‌های شیرخوار هلشتاین

شقایق سلیمانی[۱]، ابوالفضل زالی[۲]، مهدی گنج خانلو[۳] و حسن روحانی‌پور[۴]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم دامی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران، (نویسنده مسوول: sh.soleymani1374@ut.ac.ir)
۲- استاد، گروه علوم دامی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۳- استاد، گروه علوم دامی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۴- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم دام و طیور، پردیس فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۰۳ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۸/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۱۷
صفحه: ۸۶ تا ۹۹

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: روی (Zn) از جمله مهمترین مواد معدنی برای سلامتی و بهره‌وری از گوساله‌های در حال رشد است زیرا این ماده معدنی برای متابولیسم، رشد، سیستم ایمنی و دفاعی و وضعیت آنتی‌اکسیدانی حائز اهمیت است و به‌عنوان یک عامل ضد التهاب و ضد اسهال شناخته شده است. عنصر روی نقش مهمی در تنظیم بسیاری از فرآیندهای متابولیک دارد و کمبود آن سبب کاهش اشتها و خوراک مصرفی می‌شود. از این رو، این عنصر مورد توجه پرورش‌دهندگان دام، تولیدکنندگان خوراک، دانشمندان و دامپزشکان قرار گرفته است. انجمن ملی پژوهش‌ها (۲۰۲۱) ۷۰ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی را برای گوساله‌های در حال رشد با سن ۳۰ روزگی پیشنهاد کرده است. سطح روی در خاک‌ها بسیاری از مناطق ایران کم است. لذا گیاهانی که در این خاک‌ها پرورش می‌یابند سطح پایینی از غلظت روی را دارند و وقتی به‌عنوان خوراک دام مصرف می‌شوند می‌توانند سبب طیف گسترده‌ای از عوارض ناشی از کمبود روی شوند که ناهنجاری در رشد یکی از بارزترین نشانه‌های آن است. بنابر این، مکمل‌سازی جیره با روی ممکن است سبب بهبود رشد و سلامت گوساله‌های شیرخوار شود. استفاده از غلظت بالای روی در جیره ممکن است بر هضم، جذب و استفاده از سایر مواد مغذی در جیره تأثیر بگذارد و به‌طور بالقوه منجر به آلودگی محیطی ناشی از دفع اضافی روی در مدفوع شود؛ بنابر این، استفاده از منابع روی با زیست‌فراهمی بالاتر از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. در سال‌های اخیر، اشکال آلی و معدنی برخی منابع معدنی در مکمل‌های خوراک دام به‌دلیل زیست‌فراهمی بالای آنها مورد توجه تولیدکنندگان خوراک و پرورش‌دهندگان دام قرار گرفته است. بنابر این، هدف از این پژوهش، بررسی اثر عنصر روی در شیر بر پاسخ‌های عملکردی، رشد اسکلتی و فراسنجه‌های خونی و شکمبه‌ای گوساله‌های شیرخوار هلشتاین بود.

مواد و روش‌ها: اثر افزودن سطوح مختلف عنصر روی محلول در شیر بر پاسخ‌های عملکردی، رشد اسکلتی و فراسنجه‌های خونی و شکمبه‌ای با استفاده از تعداد ۳۰ راس گوساله شیرخوار هلشتاین در آزمایشی در قالب طرح کاملا تصادفی با سه نوع جیره شامل: ۱- جیره شاهد (جیره آغازین حاوی ۵۳/۲۹ میلی‌گرم روی/کیلوگرم ماده خشک مصرفی همراه با شیر معمولی)، ۲- جیره آغازین همراه با دریافت شیر حاوی ۲۰ میلی‌گرم روی/کیلوگرم ماده خشک مصرفی به‌صورت اکسید روی، و ۳- جیره آغازین همراه با دریافت شیر حاوی ۴۰ میلی‌گرم روی/کیلوگرم ماده خشک مصرفی به صورت سولفات روی و ۱۰ تکرار به مدت ۶۱ روز در ایستگاه آموزشی و پژوهشی گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران بررسی شد. گوساله‌ها در طول زمان شیرخوارگی در جایگاه‌های انفرادی (۱/۲×۲/۸ متر) ضدعفونی شده که هر جایگاه مجهز به سطل خوراک و آبخور مجزا و دارای بستری از کلش بود نگهداری و روزانه با دو وعده شیر در ساعات ۸:۰۰ و ۱۶:۰۰ به میزان ۲/۵ کیلوگرم تغذیه می‌شدند. لازم به ذکر است که غلظت روی شیر ۲ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک بود که همه تیمارها به صورت یکسان آن را دریافت کردند. میزان خوراک مصرفی به‌صورت روزانه محاسبه شد. وزن بدن با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۲۰۰ گرم (مدل MH-200، چین) و رشد اسکلتی گوساله‌ها (طول بدن، ارتفاع بدن از جدوگاه و کپل، محیط شکم و دور قفسه سینه) با استفاده از متر استاندارد در گوساله‌های آزمایشی هر ۱۵ روز یکبار در بدو تولد و روزهای ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۱ اندازه‌گیری گردیدند. سلامت گوساله‌ها شامل اسکوربندی مدفوع روزانه بر اساس روش ارائه شده چهار نمره‌ای دانشگاه ویسکانسین از عدد یک تا پنج نمره‌دهی و بررسی گردید. نمونه خون گرفته شده در دو لوله جداگانه یکی حاوی هپارین برای به‌دست آوردن پلاسما و دیگری بدون هپارین برای به‌دست آوردن سرم ریخته شد. نمونه‌های پلاسما و سرم تا زمان اندازه‌گیری فراسنجه‌های مورد بررسی، در دمای منفی ۸۰ درجه سانتیگراد نگهداری شدند. غلظت روی، آلکالین آمینوترانسفراز و فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم با استفاده از کیت‌های تجاری اندازه‌گیری شدند. داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با نرم‌افزار SAS اندازه گیری شدند.

یافته‌ها: وزن بدن و خوراک مصرفی در گوساله‌هایی که با جیره آغازین همراه با شیر حاوی ۴۰ میلی‌گرم روی/کیلوگرم ماده خشک مصرفی به‌صورت سولفات روی تغذیه شدند بیشتر از گوساله‌های تغذیه‌شده با جیره شاهد در سن ۳۱ روزگی بودند ($P < ۰/۰۵$). قد، عرض هیپ، دور سینه، طول و اسکور مدفوع در گوساله‌هایی که با جیره آغازین همراه با شیر حاوی ۴۰ میلی‌گرم روی/کیلوگرم ماده خشک مصرفی به‌صورت سولفات روی تغذیه شدند بیشتر از گوساله‌های تغذیه‌شده جیره شاهد در سن ۶۱ روزگی بودند ($P < ۰/۰۵$). آلکالین فسفاتاز در گوساله‌هایی که با جیره آغازین بدون عنصر روی همراه با دریافت شیر حاوی ۲۰ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی به‌صورت اکسید روی تغذیه شدند بیشتر از گوساله‌های تغذیه‌شده با جیره آغازین بدون عنصر روی همراه با دریافت شیر حاوی ۴۰ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی به صورت سولفات روی بود ($P<۰/۰۵$).

نتیجه‌گیری: براساس نتایج این آزمایش، اثر تغذیه جیره آغازین بدون عنصر روی همراه با دریافت شیر حاوی ۴۰ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی به صورت سولفات روی در گوساله‌های هلشتاین سبب بهبود وزن بدن، خوراک مصرفی و اسکور مدفوع و منجر به افزایش و بهبود فراسنجه‌های رشد اسکلتی و سلامتی می‌شود. با شناخت عوامل موثر بر میزان فعالیت سرمی آنزیم آلکالین فسفاتاز بر اثر استفاده از جیره آغازین بدون عنصر روی همراه با دریافت شیر حاوی ۲۰ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی به‌صورت اکسید روی در گوساله‌های هلشتاین می‌توان به‌طور مؤثرتری از اندازه‌گیری فعالیت این آنزیم برای تشخیص بیماری‌ها استفاده نمود. بنابر این، استفاده از جیره آغازین بدون عنصر روی همراه با دریافت شیر حاوی ۴۰ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی به‌صورت سولفات روی درگوساله‌های نژاد هلشتاین به‌منظور بهبود وضعیت متابولیکی حیوان توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اسکور مدفوع، اکسید روی، سولفات روی، عملکرد، گوساله هلشتاین.

مقدمه

با توجه به این که پرورش گوساله از مهم‌ترین و حساس‌ترین برنامه‌های مدیریتی در مزارع پرورش گاو است و گوساله‌ها در سال‌های آینده عامل اصلی سوددهی مزارع هستند، لذا به کار بردن راهکارهای تغذیه‌ای صحیح برای رشد و سلامت بهتر آنها از اهمیت به‌سزایی برخوردار است (Rezaei & Kargar, 2023). نظر به رشد سریع جمعیت و نیاز به تأمین مواد غذایی، اهمیت پرورش گاو و گوسفند و بز به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع تامین‌کننده پروتئین حیوانی بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. برای دستیابی به تولید مطلوب و اقتصادی در پرورش این دام‌ها در یک برنامه تغذیه‌ای باید نیازهای غذایی دام، کیفیت مواد خوراکی و زمان مصرف آن‌ها مورد توجه قرار گیرد. به‌عبارت دیگر، زمانی می‌توان حداکثر تولید را انتظار داشت که علاوه بر رعایت موارد بهداشتی، نیازهای غذایی دام نیز تامین شوند (Begna & Masho, 2024). مواد معدنی کم‌مصرف کمتر از ۰/۱ درصد وزن یک موجود زنده را تشکیل می‌دهند، اما آن‌ها برای عملکرد طبیعی ضروری هستند و برای سنتز خون، ساختار هورمون‌ها، عملکرد تولید مثلی طبیعی، سنتز ویتامین‌ها و یکپارچگی و حفظ سیستم ایمنی مورد نیاز هستند (Godswill *et al.,* 2020). انجمن تحقیقات ملی آمریکا (NRC, 2001) سطح روی مورد نیاز گوساله‌های در حال رشد را ۷۰ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی پیشنهاد کرده است. با این وجود، مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده نیاز روی در موجودات زنده غلظت این عنصر در خاک و گیاهان آن منطقه است. گزارش شده است که غلظت عنصر روی در خاک‌های سطحی ایران، کمتر از ۰/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم است و لذا گیاهانی که در این خاک‌ها رشد می‌کنند و به‌عنوان خوراک دام مصرف می‌شوند، با کمبود عنصر روی مواجه خواهند بود و این امر اهمیت توجه به تغذیه تکمیلی عنصر مذکور در دام‌ها را نشان می‌دهد (Alloway, 2008). روی فلزی است نرم و سفید با قابلیت چکش‌خواری با جلای خاکستری متمایل به آبی، قابل حل در اسیدها و بازها و غیر قابل حل در آب است و همچنین روی دومین عنصر کمیاب در بدن حیوان است که در بدن قابل ذخیره نیست. عنصر روی در بسیاری از فرآیندهای حیاتی موجود زنده مانند تنفس سلولی، استفاده از اکسیژن توسط سلول‌ها، تولید مثل، حفظ یکپارچگی غشا سلول و حذف رادیکال‌های آزاد، سنتز DNA و RNA، متابولیسم کربوهیدرات‌ها و سنتز پروتئین و هموگلوبین نقش دارد (Jomova *et al.,* 2022). از مهم‌ترین آنزیم‌های روی در پستانداران می‌توان به کربوکسی پپتیدازها، فسفاتازها، الکل دهیدوژنازها، کربونیک آنهیدراز و سوپراکسید دیسموتاز اشاره کرد (Fariduddin *et al.,* 2022). ریز مغذی روی به‌عنوان یک جز اساسی در جیره گاوهای شیری برای حفظ سلامتی و عملکرد آن‌ها شناخته شده است. پژوهشگران گزارش کرده‌اند که مکمل‌سازی جیره با روی تأثیر مثبتی بر افزایش تولید شیر، وضعیت آنتی اکسیدانی و سیستم ایمنی گوساله‌ها دارد (Wei *et al.,* 2019; Feldmann *et al.,* 2019). اما استفاده از سطوح بالای روی در جیره ممکن است بر هضم، جذب و استفاده از سایر مواد مغذی در جیره تأثیر بگذارد و به طور بالقوه منجر به آلودگی محیطی ناشی از دفع اضافی روی در مدفوع شود. یون روی (Zn^{+2}) آزادشده در شکمبه می‌تواند کمپلکس‌های نامحلول با مواد مغذی و متابولیت‌های غذایی تشکیل دهد یا به‌سرعت در سلول‌های میکروارگانیسم‌ها گنجانده شود و سبب کاهش روی قابل جذب در روده شود؛ بنابر این، استفاده از منابع روی با زیست‌فراهمی بالاتر از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است (Shaeffer *et al.,* 2017). در سال‌های اخیر، اشکال آلی عناصر معدنی در مکمل‌های خوراک دام، توجه عمده تولیدکنندگان خوراک و پرورش‌دهندگان دام را به‌خود جلب کرده است. تاکنون، پژوهش‌های زیادی در رابطه با منابع آلی و غیر آلی روی در نشخوارکنندگان انجام شده‌اند که نتایج حاصل بیانگر به‌کارگیری منابع آلی نسبت به منابع معدنی هستند، به گونه‌ای که مکمل‌سازی جیره با روی آلی اثرات مفیدی بر ماده خشک مصرفی و افزایش وزن روزانه گوساله‌های شیرخوار داشته است (Adab *et al.,* 2020). و رایت و اسپیرز (Wright & Spears, 2004) گزارش کردند که مصرف ۲۰ میلی‌گرم عنصر روی در هر کیلوگرم از ماده خشک جیره، سبب بهبود افزایش وزن روزانه در گاوهای نر شد. سیف‌دواتی و همکاران (Seifdavati *et al.,* 2018) گزارش کردند که مصرف مقادیر ۳۰ و ۶۰ میلی‌گرم عنصر روی در هر کیلوگرم ماده خشک جیره سبب بهبود افزایش وزن در گوساله‌های شیرخوار شد. مطابق جداول استاندارد غذایی، نیاز گوساله‌های در حال رشد به عنصر روی روزانه در حدود ۳۳ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره است، اما از آنجایی که غلظت این عنصر در شیر گاو در حدود ۳ تا ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم است، لذا مصرف روزانه شیر در حیوانات شیرخوار، پاسخگوی نیاز این گوساله‌ها به عنصر روی نیست و این امر می‌تواند باعث کاهش تولید دام، رشد، تولید مثل یا شیردهی شود (NRC, 2001). در آزمایشی گزارش شد که استفاده از سطوح بالای (۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) مکمل‌های آلی و معدنی روی سبب کاهش خوش‌خوراکی جیره به‌عنوان عامل اصلی کاهش مصرف خوراک در گوساله‌های پرواری شد (Malcolm-Callis *et al.,* 2000). در آزمایشی گزارش شد که افزودن ۳۰ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی از منابع آلی و معدنی به جیره پایه (حاوی ۱۹/۷۹ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی) گوساله‌های شیرخوار سبب کاهش غلظت تری‌گلیسرید، کلسترول و لیپوپروتئین با چگالی پایین و لیپوپروتئین با چگالی بالا شد (Wu *et al.,* 2004). امروزه نحوه ساخت و شکل‌های مختلفی از مواد معدنی کم‌مصرف تولید می‌شود. این شرایط موجب شده است که دامپروران و مصرف‌کنندگان مکمل‌های دامی در استفاده از نوع مناسب این مواد همواره با چالش و تردید مواجه باشند. در سال‌های اخیر، تمایل در استفاده از مواد معدنی کیلاته یا آلی در تغذیه نشخوارکنندگان به میزان قابل توجهی افزایش یافته است. این تمایل به واسطه‌ی گزارش‌های مختلف مبنی بر بهبود رشد، تولیدمثل و سلامتی در نشخوارکنندگان تغذیه شده با مواد معدنی کیلاته شده ایجاد شده است. با توجه به اثرات فیزیولوژیکی منتسب به عنصر روی، به نظر می‌رسد که افزودن این ترکیب با شیوه محلول در شیر و تغذیه به

گوساله‌های شیرخوار هلشتاین در جهت بهبود صفات عملکردی گوساله‌های شیرخوار کارآمد خواهد بود. در این آزمایش، تاثیر سطوح مختلف عنصر روی در شیر بر پاسخ‌های عملکردی، رشد اسکلتی و فراسنجه‌های خونی و شکمبه‌ای گوساله‌های شیرخوار هلشتاین بررسی شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در ایستگاه آموزشی و پژوهشی گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران واقع در محمدشهر کرج در سال ۱۳۹۹ انجام شد. تعداد ۳۰ راس گوساله شیرخوار (۱۵ راس نر و ۱۵ راس ماده) نژاد هلشتاین با میانگین وزن تقریبی ۲±۳۶ کیلوگرم در آزمایشی در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تیمار و ۱۰ تکرار به‌مدت ۶۱ روز توزیع گردیدند. گوساله‌ها در طول زمان شیرخوارگی در جایگاه‌های انفرادی (۱/۲×۲/۸ متر) ضدعفونی شده که هر جایگاه مجهز به سطل خوراک و آبخور مجزا و دارای بستری از کلش بود نگهداری و روزانه با دو وعده شیر در ساعات ۸:۰۰ و ۱۶:۰۰ به میزان ۲/۵ کیلوگرم تغذیه می‌شدند. لازم به ذکر است که غلظت روی شیر ۲ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک بود که همه تیمارها به صورت یکسان آن را دریافت کردند. برای اطمینان از دریافت تمام مقدار در نظر گرفته شده توسط گوساله‌ها، افزودنی مکمل روی محلول در آب به شیر (وعده صبح) گوساله‌ها اضافه شد. تیمارهای آزمایش شامل: ۱- جیره شاهد بدون افزودنی مکمل روی (دریافت شیر معمولی همراه با جیره آغازین حاوی ۵۳/۲۹ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی)، ۲- جیره آغازین بدون عنصر روی همراه با دریافت شیر حاوی ۲۰ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی به‌صورت اکسید روی شرکت آریانا (حاوی ۵۳ درصد روی)، و ۳- جیره آغازین بدون عنصر روی همراه با دریافت شیر حاوی ۴۰ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی به صورت سولفات روی بود. جیره آغازین و آب تازه از روز اول آزمایش به صورت آزاد در اختیار گوساله‌ها قرار گرفت. گوساله‌ها از روز اول آزمایش با جیره حاوی ۹۲ درصد کنسانتره، ۵ درصد یونجه مرغوب و ۳ درصد کاه گندم تغذیه شدند. مواد خوراکی و اجزای تشکیل‌دهنده جیره‌های آزمایشی و ترکیب شیمیایی آنها در جدول ۱ گزارش شده‌اند. مکمل روی به صورت پودر جامد سولفات روی (ساخت شرکت Sumchun pure chemical، کره جنوبی) بود که بر اساس ماده خشک شیر وزن شد و در ابتدا به صورت محلول در آب در آمد و سپس بر اساس مقدار موردنظر برای هر راس گوساله به شیر آن‌ها اضافه و از طریق شیر نوبت صبح به مصرف گوساله‌ها رسید. ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام و خاکستر جیره بر اساس روش AOAC (AOAC, 2000) و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و الیاف نامحلول در شوینده خنثی به روش ون‌سوئست و همکاران (Van Soest *et al.,* 1991) بدون افزودن تیوسولفات و آلفا آمیلاز اندازه‌گیری شدند. غلظت‌های عناصر روی، آهن و مس در خوراک و شیر پس از هضم توسط دستگاه جذب اتمی (مدل SpectrAA220Variant، ساخت استرالیا) تعیین شدند (Salama *et al.,* 2003). با توجه به تغذیه گوساله‌ها به‌صورت انفرادی در طول دوره آزمایشی، میزان خوراک مصرفی به صورت روزانه محاسبه شد. به این منظور، مقدار خوراک ریخته شده در سطل هر گوساله به‌طور روزانه ثبت شد و باقیمانده خوراک هر روز، صبح روز بعد جمع‌آوری و توزین و سپس خوراک تازه در سطل غذا ریخته می‌شد. وزن بدن با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۲۰۰ گرم (مدل MH-200، چین) و رشد اسکلتی گوساله‌ها (طول بدن، ارتفاع بدن از جدوگاه و کپل، محیط شکم و دور قفسه سینه) با استفاده از متر استاندارد در گوساله‌های آزمایشی هر ۱۵ روز یکبار در بدو تولد و روزهای ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۱ اندازه‌گیری گردیدند. بررسی سلامت گوساله‌ها شامل اسکوربندی مدفوع روزانه بر اساس روش ارائه شده چهار نمره‌ای دانشگاه ویسکانسین از عدد یک تا پنج نمره‌دهی و بررسی گردیدند (Jamali *et al.,* 2020). به‌طوری‌که به بهترین وضعیت سلامت امتیاز صفر و به بدترین وضعیت سلامت امتیاز ۵ داده شد. ضریب تبدیل غذایی با تقسیم خوراک مصرفی هر گوساله در هر دوره بر میزان افزایش وزن بدن به‌دست آمد (رابطه ۱).

رابطه ۱) افزایش وزن (کیلوگرم)/خوراک مصرفی (کیلوگرم) = ضریب تبدیل غذایی

نمونه‌گیری از خون و تعیین فراسنجه‌های خونی در روزهای ۷، ۳۱ و ۶۱ آزمایش ۴ ساعت بعد از تغذیه وعده صبح، از تمام گوساله‌ها از رگ گردن (سیاهرگ وداج) خونگیری شد. برای جداسازی سرم خون در آزمایشگاه، ابتدا نمونه‌های خون به‌مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند و سرم جداشده به داخل میکروتیوب‌های ۱ میلی‌لیتری منتقل و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. غلظت‌های گلوکز، کلسترول، تری-گلیسرید، آلبومین و پروتئین کل با استفاده از کیت تجاری (پارس آزمون، ایران) و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل CS-400، ژاپن) اندازه‌گیری شدند. در هفته آخر آزمایش، مایع شکمبه سه ساعت پس از خوراک صبحگاهی و توسط لوله مری و پمپ خلاء (مدل HL-JN07، ژاپن) جمع‌آوری شد. مایع شکمبه مربوط به هر گوساله با استفاده از پارچه متقال ۴ لایه صاف شد و pH آن با استفاده از دستگاه pHمتر پرتابل میلواکی (مدل MILWAUKEE MW102، رومانی) اندازه‌گیری شد. یک نمونه با استفاده از اسید هیدروکلریک (۰/۲ نرمال) تیمار و جهت اندازه‌گیری غلظت نیتروژن آمونیاکی و اسید چرب فرار در فریزر نگهداری شد. برای اندازه‌گیری نیتروژن آمونیاکی از دستگاه میکروپلتریدر (مدل BIOTEK ELX800TS Elisa Reader، آمریکا) با استفاده از روش فنول هیپوکلرایت استفاده شد (Broderick & Kang, 1980)، نمونه‌ها با سرعت ۴۵۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ (مدل TD4C، چین) شدند و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر خوانش انجام گرفت.

قبل از آنالیز واریانس، نرمال‌بودن داده‌های حاصل با آزمون Shapiro-Wilk و Proc univariate بررسی شد و داده‌ها پس از تبدیلات لازم و مرتب‌سازی با نرم‌افزار (Excel، نسخه ۲۰۲۴) و با استفاده از نرم‌افزار آماری (SAS، نسخه ۹/۴)، به‌صورت طرح کاملا تصادفی و با رویه مدل‌های خطی عمومی (General Liner Models) برای رابطه ۲ مورد تجزیه و

تحلیل آماری قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها به کمک آزمون توکی در سطح معنی‌داری پنج درصد مقایسه شدند. برای داده‌های با تکرار در فواصل زمانی آنالیز به‌صورت Repeated measurement رویه MIXED و داده‌های بدون تکرار با رویه GLM آنالیز گردیدند. داده‌های سلامت گوساله‌ها، با توجه به این‌که داده‌های حاصل به‌صورت داده‌های دسته‌بندی شده بودند، با استفاده از رویه Logistic در نرم‌افزار آماری (SAS، نسخه ۹/۴) آنالیز شدند. همچنین، با توجه به معنی‌داری وزن اولیه گوساله‌ها برای صفت وزن نهایی، کوواریت شدند اما سن ورود به طرح گوساله‌ها معنی‌دار نبود لذا از مدل حذف شدند.

رابطه ۲) $Y_{ijk}= \mu+ T_i+ P_j+ T_i\times P_j+ e_{ijk}$

در این رابطه، Y_{ijK} مقدار مشاهده تیمار iام در تکرار jام؛ μ میانگین مشاهدات؛ T_i اثر تیمار iام؛ P_j اثر دوره زمانی؛ $T_i\times P_j$ اثر متقال تیمار و دوره و e_{ijk} خطای آزمایشی بود.

نتایج و بحث

تاثیر مقادیر مختلف عنصر روی بر صفات عملکردی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین در جدول (۲) گزارش شده است. سطوح عنصر روی محلول در شیر بر افزایش وزن روزانه، ضریب تبدیل غذایی و شیر مصرفی تاثیر معنی‌داری نداشتند ($P > ۰/۰۵$). وزن بدن و خوراک مصرفی در گوساله‌هایی که با جیره آغازین بدون عنصر روی همراه با دریافت شیر حاوی ۴۰ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی به صورت سولفات روی تغذیه شدند بیشتر از گوساله‌های تغذیه شده با جیره شاهد بدون افزودنی مکمل روی در سن ۳۱ روزگی بودند ($P < ۰/۰۵$).

جدول ۱- مواد خوراکی و ترکیبات شیمیایی جیره‌های آزمایشی

Table 1. Ingredient and nutrient composition of experiment diets

ماده خوراکی Ingredient	مقدار (درصد)
دانه ذرت (7.20 درصد پروتئین) Corn grain (7.20 % protein)	46.03
کنجاله سویا (44.54 درصد پروتئین) Soybean meal(44.54 % protein)	21.03
دانه جو (12.50 درصد پروتئین) Barley grain(12.50 % protein)	10.00
سبوس گندم (16.37 درصد پروتئین) Wheat Bran (16.37 % protein)	5.00
گلوتن ذرت (60 درصد پروتئین) Corn gluten (60 % protein)	3.00
پودر چربی کلسیمی Calcium fat powder	1.00
پرمیکس ویتامینی و معدنی[1] Vitamin and Mineral permix[1]	2.00
جوش شیرین Sodium bicarbonate	2.00
نمک Salt	0.50
کربنات کلسیم Calcium carbonate	0.80
دی کلسیم فسفات Di-calcium phosphate	0.54
توکسین بایندر Binder toxin	0.10
علف خشک Alfalfa	5.00
کاه گندم Straw	3.00
ترکیبات شیمیایی محاسبه شده Calculated chemical compositions	
انرژی متابولیسمی[2] (مگاکالری/کیلوگرم) Metabolizable energy[2] (mcal/kg)	2.96
پروتئین خام (گرم در کیلوگرم) Croud protein (g/kg)	16.55
چربی خام (گرم در کیلوگرم) CF (g/kg)	3.60
ماده خشک (درصد) DM (%)	97.72
ماده آلی (درصد) OM (%)	92.10
خاکستر (درصد) Ash (%)	5.62
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (درصد ماده خشک) ADF (%DM)	4.60
الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصد ماده خشک) NDF (%DM)	13.80
روی (میلی‌گرم/کیلوگرم ماده خشک) Zn (Mg/kg DM)	53.29
مس (میلی‌گرم/کیلوگرم ماده خشک) Cu (Mg/kg DM)	60.22
آهن (میلی‌گرم/کیلوگرم ماده خشک) Fe (Mg/kg DM)	90.25
مواد مغذی اندازه‌گیری شده در شیر Nutrients measured in milk	
چربی (درصد) Fat (%)	2.89
پروتئین خام (درصد) Croud protein (%)	3.11
لاکتوز (درصد) Lactose (%)	4.60
کل مواد جامد (درصد) Fat (%)	11.48
روی (میلی‌گرم/کیلوگرم) Total solids (%)	2.85
مس (میلی‌گرم/کیلوگرم ماده خشک) Cu (Mg/kg DM)	0.15
آهن (میلی‌گرم/کیلوگرم ماده خشک) Fe (Mg/kg DM)	0.27

[1] مقدار ویتامین و مواد معدنی تامین شده توسط مکمل (میلی‌گرم در کیلوگرم جیره): ویتامین A (۲۵۰۰۰۰ واحد بین‌المللی)، ویتامین D_3 (۵۰۰۰۰ واحد بین‌المللی)، ویتامین E (۱۵۰۰ واحد بین‌المللی)، منگنز ۲/۲۵ گرم، کلسیم ۱۲۰ گرم، روی ۷/۷ گرم ، فسفر ۲۰ گرم، منیزیم ۲۰/۵ گرم، سدیم ۱۸۶ گرم، آهن ۱/۲۵ گرم، گوگرد ۳ گرم، مس ۱/۲۵ گرم، کبالت ۱۴ میلی‌گرم، ید ۵۶ میلی‌گرم، سلینوم ۱۰ میلی‌گرم.

[1] Vitamin and mineral premix supplied (mg per kilogram of diet): Vitamin A, 250,000 IU., Vitamin D_3, 50,000 IU., Vitamin E, 1500 IU., manganese oxide 2.25 g., calcium iodate 120 g., zinc oxide 7.7 g., pH ospH orus 20 g, magnesium 20.5 g, sodium 186 g, iron 1.25 g, sulfur 3 g, ferrous sulfate 1.25 g., cobalt 14 mg, iodine 56 mg, sodium selenite, 10 mg.

[2] محاسبه شده بر اساس NRC (۲۰۰۱).

[2] Calculated based on NRC (2001).

جدول ۲- تاثیر سطوح مختلف عنصر روی بر عملکرد گوساله‌های شیرخوار هلشتاین
Table 2. The effect of different levels of zinc on the performance of Holstein suckling calves

P-value	*SEM	3	2	1	تیمار[۱] Treatment
					وزن بدن (کیلوگرم) Body weight (kg)
0.604	1.198	38.60	37.10	37.15	۰ روزگی 0 day of age
0.041	1.523	50.20[a]	46.01[ab]	44.60[b]	۳۱ روزگی 31 days of age
0.616	2.465	79.60	76.65	76.46	۶۱ روزگی 61 days of age
0.773	3.321	56.13	53.28	53.74	کل دوره Total period
					افزایش وزن روزانه (کیلوگرم/روز) Daily weight gain (kg/d)
0.255	0.054	0.37	0.29	0.24	۳۱ روزگی 31 days of age
0.670	0.065	0.95	0.98	1.03	۶۱ روزگی 61 days of age
0.881	0.043	0.66	0.64	0.63	کل دوره Total period
					خوراک مصرفی (کیلوگرم/ روز) Feed intake (kg/d)
0.031	0.042	0.44[a]	0.39[ab]	0.28[b]	۳۱ روزگی 31 days of age
0.272	0.108	1.35	1.21	1.10	۶۱ روزگی 61 days of age
0.454	0.177	0.89	0.80	0.69	کل دوره Total period
					ضریب تبدیل غذایی Food conversion ratio
0.845	0.376	1.88	1.72	1.57	۳۱ روزگی 31 days of age
0.387	0.112	1.45	1.27	1.25	۶۱ روزگی 61 days of age
0.650	0.198	1.66	1.48	1.42	کل دوره Total period
					شیر مصرفی (سی‌سی) Milk consumed (cc)
0.461	0.032	0.64	0.64	0.64	کل دوره Total period
<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	زمان Time

[a-b] تفاوت ارقام در هر ستون با حروف نامشابه، معنی‌دار است (*P* < ۰/۰۵).

[a-b] Means with different lowercase letters in rows are significantly different (P < 0.05).

SEM* : خطای استاندارد میانگین‌ها.

*SEM: Standard error of the mean

[۱] تیمارهای آزمایش شامل: ۱- جیره شاهد بدون افزودنی مکمل روی (دریافت شیر معمولی همراه با جیره آغازین حاوی ۵۳/۲۹ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی)، ۲- جیره آغازین بدون عنصر روی همراه با دریافت شیر حاوی ۲۰ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی به صورت اکسید روی، ۳- جیره آغازین بدون عنصر روی همراه با دریافت شیر حاوی ۴۰ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی به صورت سولفات روی.

[1] Experiment treatments include 1) a basal diet (containing 53.29 mg/kg of Zn DM), 2) a basal diet+milk containing 20 mg/kg of Zn DM as oxide, and 3) a basal diet+milk containing 40 mg/kg of Zn DM as sulfate.

تاثیر مقادیر مختلف عنصر روی بر فراسنجه‌های رشد اسکلتی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین در جدول (۳) گزارش شده است. قد، عرض هیپ، دور سینه و طول در گوساله‌هایی که با جیره آغازین بدون عنصر روی همراه با دریافت شیر حاوی ۴۰ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی به‌صورت سولفات روی تغذیه شدند بیشتر از گوساله‌های تغذیه شده جیره شاهد بدون افزودنی مکمل روی در سن ۶۱ روزگی بودند (۰/۰۵ > P). افزایش کل در قد گوساله‌هایی که با جیره آغازین بدون عنصر روی همراه با دریافت شیر حاوی ۴۰ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی به‌صورت سولفات روی تغذیه شدند بیشتر از گوساله‌های تغذیه‌شده با جیره آغازین بدون عنصر روی همراه با دریافت شیر حاوی ۲۰ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی به صورت اکسید روی بود (۰/۰۵ > P). همچنین، افزایش کل در عرض هیپ، دور سینه و طول بدن گوساله‌هایی که با جیره آغازین بدون عنصر روی همراه با دریافت شیر حاوی ۴۰ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی به صورت سولفات روی تغذیه شدند بیشتر از گوساله‌های تغذیه شده جیره شاهد بدون افزودنی مکمل روی بود (۰/۰۵ > P).

جدول ۳- تاثیر سطوح مختلف عنصر روی بر رشد اسکلتی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین

Table 3. The effect of different levels of zinc on the skeletal growth of Holstein suckling calves

P-value	*SEM	3	2	1	تیمار[۱] Treatment
					قد (سانتی‌متر) Height (cm)
0.590	11.510	63.80	62.40	51.70	۰ روزگی 0 day of age
0.994	11.332	67.40	68.10	66.10	۳۱ روزگی 31 days of age
0.044	9.635	85.30[a]	83.50[ab]	72.90[b]	۶۱ روزگی 61 days of age
0.456	6.509	72.17	71.33	63.53	کل دوره Total period
0.038	3.564	21.50[a]	21.10[b]	21.20[ab]	افزایش کل Total gain
					عرض هیپ (سانتی‌متر) Hip width (cm)
0.611	2.643	10.60	14.30	11.90	۰ روزگی 0 day of age
0.960	2.587	15.30	15.80	14.80	۳۱ روزگی 31 days of age
0.044	2.209	21.00[a]	19.20[ab]	14.90[b]	۶۱ روزگی 61 days of age
0.239	1.498	15.63	16.43	12.93	کل دوره Total period
0.040	1.434	10.40[a]	4.90[ab]	3.00[b]	افزایش کل Total gain
					دور سینه (سانتی‌متر) Chest circumference (cm)
0.567	11.587	45.60	63.30	52.50	۰ روزگی 0 day of age
0.954	11.421	69.30	69.10	64.80	۳۱ روزگی 31 days of age
0.034	10.543	96.20[a]	86.20[ab]	66.50[b]	۶۱ روزگی 61 days of age
0.256	6.721	70.37	72.87	61.26	کل دوره Total period
0.046	10.440	50.60[a]	22.90[ab]	14.00[b]	افزایش کل Total gain
					طول (سانتی‌متر) Length (cm)
0.561	10.243	40.80	56.20	45.80	۰ روزگی 0 day of age
0.943	10.221	63.30	61.20	58.30	۳۱ روزگی 31 days of age
0.040	9.521	86.20[a]	77.20[ab]	61.40[b]	۶۱ روزگی 61 days of age
0.254	6.020	63.43	64.87	55.16	کل دوره Total period
0.037	7.036	45.40[a]	21.00[ab]	15.60[b]	افزایش کل Total gain
<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	زمان Time

[a-b] تفاوت ارقام در هر ستون با حروف نامشابه، معنی‌دار است ($P < ۰/۰۵$).

[a-b] Means with different lowercase letters in rows are significantly different ($P < 0.05$).

SEM* : خطای استاندارد میانگین‌ها.

*SEM: Standard error of mean.

[۱] تیمارهای آزمایش شامل: ۱- جیره شاهد بدون افزودنی مکمل روی (دریافت شیر معمولی همراه با جیره آغازین حاوی ۵۳/۲۹ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی)، ۲- جیره آغازین بدون عنصر روی همراه با دریافت شیر حاوی ۲۰ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی به صورت اکسید روی، ۳- جیره آغازین بدون عنصر روی همراه با دریافت شیر حاوی ۴۰ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی به صورت سولفات روی.

[1] Experiment treatments include: 1) a basal diet (containing 53.29 mg/kg of Zn DM), 2) a basal diet+milk containing 20 mg/kg of Zn DM as oxide, and 3) a basal diet+milk containing 40 mg/kg of Zn DM as sulfate.

تاثیر مقادیر مختلف عنصر روی بر اسکور مدفوع و نرخ تنفس گوساله‌های شیرخوار هلشتاین در جدول (۴) گزارش شده است. تاثیر مقادیر مختلف عنصر روی بر نرخ تنفس معنی‌دار نبود ($P > ۰/۰۵$). اسکور مدفوع در گوساله هایی که با جیره آغازین بدون عنصر روی همراه با دریافت شیر حاوی ۴۰ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی به‌صورت سولفات روی تغذیه شدند بیشتر از گوساله های تغذیه شده جیره شاهد بدون افزودنی مکمل روی در سن ۶۱ روزگی بود ($P < ۰/۰۵$).

جدول ۴- تاثیر سطوح مختلف عنصر روی بر اسکور مدفوع و نرخ تنفس گوساله‌های شیرخوار هلشتاین

Table 4. The effect of different levels of zinc on the fecal score and respiration rate of Holstein suckling calves

P-Value	*SEM	3	2	1	تیمار[۱] Treatment
0.014	0.133	3.89[a]	3.79[ab]	3.34[b]	اسکور مدفوع Feces score
0.096	1.023	26.90	24.20	24.10	نرخ تنفس (تنفس/ دقیقه) Respiratory rate (breaths/minute)
< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	زمان Time

[a-b] تفاوت ارقام در هر ستون با حروف نامشابه، معنی‌دار است ($P < ۰/۰۵$).

[a-b] Means with different lowercase letters in rows are significantly different ($P < 0.05$).

SEM* : خطای استاندارد میانگین‌ها.

*SEM: Standard error of mean.

[۱] تیمارهای آزمایش شامل: ۱- جیره شاهد بدون افزودنی مکمل روی (دریافت شیر معمولی همراه با جیره آغازین حاوی ۵۳/۲۹ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی)، ۲- جیره آغازین بدون عنصر روی همراه با دریافت شیر حاوی ۲۰ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی به صورت اکسید روی، ۳- جیره آغازین بدون عنصر روی همراه با دریافت شیر حاوی ۴۰ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی به صورت سولفات روی.

[1] Experiment treatments include 1) a basal diet (containing 53.29 mg/kg of Zn DM), 2) a basal diet+milk containing 20 mg/kg of Zn DM as oxide, and 3) a basal diet+milk containing 40 mg/kg of Zn DM as sulfate.

تاثیر مقادیر مختلف عنصر روی بر pH مایع و نیتروژن آمونیاکی شکمبه گوساله‌های شیرخوار هلشتاین در جدول (۵) گزارش شده است. اثر گروه‌های آزمایشی بر pH مایع و نیتروژن آمونیاکی شکمبه معنی‌دار نبود ($P > ۰/۰۵$).

جدول ۵- تاثیر سطوح مختلف عنصر روی بر ازت آمونیاکی و pH مایع شکمبه گوساله‌های شیرخوار هلشتاین
Table 5. The effect of different levels of zinc on the rumen pH and ammonia concentration of Holstein suckling calves

P-Value	*SEM	3	2	1	Treatment [1] تیمار
0.551	0.265	6.80	6.60	7.02	Hydrogen peroxide پراکسید هیدروژن
0.280	1.767	7.83	6.91	3.88	Ammonia nitrogen (mg/dl) نیتروژن آمونیاکی (میلی‌گرم / دسی لیتر)

[a-b] تفاوت ارقام در هر ستون با حروف نامشابه، معنی‌دار است ($P < ۰/۰۵$).
[a-b] Means with different lowercase letters in rows are not significantly different ($P < 0.05$).

SEM* : خطای استاندارد میانگین‌ها.
*SEM: Standard error of mean.

[1] تیمارهای آزمایش شامل: ۱- جیره شاهد بدون افزودنی مکمل روی (دریافت شیر معمولی همراه با جیره آغازین حاوی ۵۳/۲۹ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی)، ۲- جیره آغازین بدون عنصر روی همراه با دریافت شیر حاوی ۲۰ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی به صورت اکسید روی، ۳- جیره آغازین بدون عنصر روی همراه با دریافت شیر حاوی ۴۰ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی به صورت سولفات روی.
[1] Experiment treatments include 1) a basal diet (containing 53.29 mg/kg of Zn DM), 2) a basal diet+milk containing 20 mg/kg of Zn DM as oxide, and 3) a basal diet+milk containing 40 mg/kg of Zn DM as sulfate.

تاثیر مقادیر مختلف عنصر روی بر فاکتورهای خونی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین در جدول (۶) گزارش شده است. سطوح عنصر روی محلول در آب بر غلظت گلوکز، کلسترول و تری‌گلیسرید، پروتئین کل، آلبومین، اوره و روی تاثیر معنی‌داری نداشتند ($P > ۰/۰۵$). آلکالین فسفاتاز در گوساله‌هایی که با جیره آغازین بدون عنصر روی همراه با دریافت شیر حاوی ۲۰ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی به‌صورت اکسید روی تغذیه شدند بیشتر از گوساله‌های تغذیه شده با جیره آغازین بدون عنصر روی همراه با دریافت شیر حاوی ۴۰ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی به‌صورت سولفات روی بود ($P < ۰/۰۵$).

جدول ۶- تاثیر سطوح مختلف عنصر روی بر فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون در گوساله‌های شیرخوار هلشتاین
Table 6. The effect of different levels of zinc on blood biochemical parameters of Holstein suckling calves

P-Value	*SEM	3	2	1	Treatment [1] تیمار
0.812	7.965	76.75	79.75	82.25	Glucose (mg/dl) گلوکز (میلی‌گرم/دسی لیتر)
0.513	8.754	97.75	89.75	83.01	Cholesterol (mg/dl) کلسترول (میلی‌گرم/دسی لیتر)
0.190	5.476	40.75	28.50	26.75	Triglycerides (mg/dl) تری‌گلیسرید (میلی‌گرم/دسی لیتر)
0.414	0.132	4.67	4.90	4.65	Total protein (g/dl) پروتئین کل (گرم/دسی لیتر)
0.438	0.065	2.65	2.70	2.77	Albumin (g/dl) آلبومین (گرم/دسی لیتر)
0.235	2.964	17.37	24.02	24.08	Urea (mg/dl) اوره (میلی‌گرم/دسی لیتر)
0.601	5.902	72.55	64.57	71.47	Zinc (µg/dl) روی (میکروگرم/دسی لیتر)
0.044	38.391	573.25[b]	718.50[a]	663.01[ab]	Alkaline phosphatase (u/l) آلکالین فسفاتاز (واحد در لیتر)

[a-b] تفاوت ارقام در هر ستون با حروف نامشابه، معنی‌دار است ($P < ۰/۰۵$).
[a-b] Means with different lowercase letters in rows are significantly different ($P < 0.05$).

SEM* : خطای استاندارد میانگین‌ها.
*SEM: Standard error of mean.

[1] تیمارهای آزمایش شامل: ۱- جیره شاهد بدون افزودنی مکمل روی (دریافت شیر معمولی همراه با جیره آغازین حاوی ۵۳/۲۹ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی)، ۲- جیره آغازین بدون عنصر روی همراه با دریافت شیر حاوی ۲۰ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی به صورت اکسید روی، ۳- جیره آغازین بدون عنصر روی همراه با دریافت شیر حاوی ۴۰ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی به صورت سولفات روی.
[1] Experiment treatments include 1) a basal diet (containing 53.29 mg/kg of Zn DM), 2) a basal diet+milk containing 20 mg/kg of Zn DM as oxide, and 3) a basal diet+milk containing 40 mg/kg of Zn DM as sulfate.

تاثیر مقادیر مختلف عنصر روی بر اسیدهای چرب آزاد در جدول (۷) گزارش شده است. اثر گروه‌های آزمایشی بر اسیدهای چرب آزاد معنی‌دار نبود ($P > ۰/۰۵$).

جدول ۷- تاثیر سطوح مختلف عنصر روی بر اسیدهای چرب آزاد در گوساله‌های شیرخوار هلشتاین
Table 7. The effect of different levels of zinc on free fatty acids (FFA) of Holstein suckling calves

P-Value	*SEM	3	2	1	Treatment [1] تیمار
0.821	2.209	64.60	63.59	62.60	Acetic acid (%) استیک اسید (درصد)
0.480	2.498	21.86	24.97	26.28	Propionic acid (%) پروپیونیک اسید (درصد)
0.462	1.295	9.73	7.78	7.55	Butyric acid (%) بوتیریک اسید (درصد)
0.824	0.232	2.04	2.22	2.23	Isobutyric acid (%) ایزو بوتیریک اسید (درصد)
0.922	0.114	0.64	0.70	0.65	Valeric acid (%) والریک اسید (درصد)
0.546	0.210	1.44	1.34	1.09	Isovaleric acid (%) ایزو والریک اسید (درصد)
0.710	0.254	100.31	100.61	100.39	Total volatile fatty acids مجموع اسیدهای چرب فرار

[a-b] تفاوت ارقام در هر ستون با حروف نامشابه، معنی‌دار است ($P < ۰/۰۵$).
[a-b] Means with different lowercase letters in rows are significantly different ($P < 0.05$).

SEM* : خطای استاندارد میانگین‌ها.
*SEM: Standard error of mean.

[1] تیمارهای آزمایش شامل: ۱- جیره شاهد بدون افزودنی مکمل روی (دریافت شیر معمولی همراه با جیره آغازین حاوی ۵۳/۲۹ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی)، ۲- جیره آغازین بدون عنصر روی همراه با دریافت شیر حاوی ۲۰ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی به صورت اکسید روی، ۳- جیره آغازین بدون عنصر روی همراه با دریافت شیر حاوی ۴۰ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی به صورت سولفات روی.
[1] Experiment treatments include 1) a basal diet (containing 53.29 mg/kg of Zn DM), 2) a basal diet+milk containing 20 mg/kg of Zn DM as oxide, and 3) a basal diet+milk containing 40 mg/kg of Zn DM as sulfate.

رایت و اسپیرز (Wright & Spears, 2004) گزارش کردند که در گوساله‌های نر (با میانگین وزن ۱۴۸/۱۰ و ۱۸۳/۵۰ کیلوگرم) دریافت‌کننده ۲۰ میلی‌گرم عنصر روی در هر کیلوگرم ماده خشک جیره، افزایش وزن روزانه به طور معنی‌داری بیشتر از گروه شاهد بود. ماندال و همکاران (Mandal *et al.,* 2007) گزارش کردند که به‌ترتیب مصرف ۲۵ و ۳۵ میلی‌گرم عنصر روی در هر کیلوگرم ماده خشک جیره، تفاوتی در ضریب تبدیل غذایی گاوهای نر نداشت و بهبود عملکرد رشدی مانند وزن بدن احتمالا ناشی از افزایش زیست‌فراهمی عنصر روی بود. احتمالاً عنصر روی به فرم آلی متفاوت‌تر از فرم معدنی متابولیز می‌شود و درنتیجه آن برخی فرایندهای متابولیکی می‌توانند تغییر کنند و باعث افزایش وزن بدن شوند. یکی از علایم اولیه کمبود عنصر روی در جیره، کاهش اشتها و به‌دنبال آن کاهش مصرف خوراک است. علت تاثیر عنصر روی بر اشتها، ممکن است از طریق اثر این عنصر بر بیان ژن‌های کنترل کننده اشتها باشد. وجود مقدار و شکل مناسب روی بیان ژن موثر در تنظیم اشتها (هورمون کوله‌سیتوکنین) را کاهش می‌دهد (Cousin *et al.,* 2003)، زیرا مقدار تولید و ترشح هورمون‌ها و آنزیم‌هایی که در کنترل اشتها نقش دارند تحت تاثیر کمبود عنصر روی تغییر می‌کنند. یکی از این آنزیم‌ها، آنزیم پیروات کیناز است و بیان ژن این آنزیم توسط هورمون انسولین تنظیم می‌شود. کمبود عنصر روی حساسیت این آنزیم را نسبت به هورمون انسولین کاهش می‌دهد و سبب می‌شود تا کاتابولیسم کربوهیدارت‌ها در بدن کاهش یابد و منجر به کاهش اشتها گردد (Zaboli & Elyasi, 2021). عنصر روی بیان ژن لپتین (هورمون سیتوکینی که توسط بافت چربی ترشح می‌شود) را کاهش می‌دهد، به‌عنوان پیام‌آور عمل می‌کند و بیان پیروات کیناز که یک آنزیم مهم در مسیر استفاده از انرژی است را فعال می‌کند که توسط انسولین تنظیم می‌شود. همچنین، کمبود عنصر روی در بدن سبب کاهش تولید و ترشح هورمون رشد و فاکتور رشد شبه انسولین (IGF-1) می‌شود. این دو هورمون در رشد و افزایش وزن بدن تاثیر زیادی دارند (Cousins *et al.,* 2003). ثبات در غلظت نوروترانسمیترها در مغز در هنگام وجود مقدار کافی روی گزارش شده است که ممکن است عامل دومی در افزایش اشتها و مصرف بیشتر خوارک و در نتیجه افزایش وزن در گوساله‌های شیرخوار باشد (kwun *et al.,* 2007).

بررسی متوسط افزایش در تغییرات دور شکم و قفسه سینه در تیمارها می‌تواند نشان‌دهنده افزایش ظرفیت بدن و در نتیجه تفاوت در میزان خوراک مصرفی و افزایش وزن روزانه در بین گوساله ها باشد. همان طور که در جدول ۲ نشان داده شده است، بیشترین میانگین مصرف خوراک و میانگین افزایش وزن روزانه مربوط به جیره آغازین بدون عنصر روی همراه با دریافت شیر حاوی ۴۰ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی به صورت سولفات روی است. عنصر روی به عنوان یکی از مواد معدنی کلیدی در فرآیندهای کراتینه شدن شناخته شده است و غلظت بیشتری از روی در کراتین سخت‌تر دیوار سم در مقایسه با کراتین نرم‌تر در پاشنه وجود دارد (Tomlinson *et al.,* 2004). Khuntia و Chaudhary (۲۰۰۰) گزارش کردند که افزایش زیست‌فراهمی عناصر معدنی از جمله کلسیم، منیزیسم و فسفر در نتیجه مصرف مکمل روی سبب افزایش میزان رشد اسکلتی گوساله‌های شیرخوار شد. Duffy و همکاران (۲۰۲۳) نیز گزارش کردند که استفاده از عنصر روی در جیره گوساله‌ها منجر به افزایش عددی وزن لاشه و کاهش تولید گوشت شد و این موضوع نشان‌دهنده اثر عناصر معدنی بر رشد استخوانی گوساله‌ها است. موسوی حق‌شناس و همکاران (Mousavi-Haghshenas *et al.,* 2022) نسبت به گروه شاهد در اندازه قطر شکم، عرض و ارتفاع لگن گوساله‌هایی که در خوراک آغازین و یا به شیر آنها اکسید روی اضافه شد، تغییرات معنی‌داری مشاهده نکردند. دیواره استخوان نشخوارکنندگان در مقایسه با حیوانات تک‌معده‌ای دارای مقدار قابل‌توجهی روی است و این امر می‌تواند باعث افزایش قد حیوان و بهبود فاکتورهای اسلکتی شود (Baggott *et al.,* 1988).

اسکوربندی مدفوع می‌تواند ابزار مفیدی برای پرورش دهندگان گاو شیری باشد، چرا که مدفوع تازه معرف وضعیت سلامتی و شرایط تغذیه‌ای گاو شیری است (Petrovski *et al.,* 2022). هنوز مکانیسم دقیقی که چرا منابع و اشکال عنصر روی باعث کاهش قوام و شل بودن مدفوع می‌شوند مشخص نشده است، اما کاهش نفوذپذیری روده یک مکانیسم احتمالی است، زیرا روده اولین مانع برای عوامل بیماری‌زای خارجی است (Deitch & Berg, 1987). عنصر روی برای عملکرد طبیعی سد روده‌ای و بازسازی اپیتلیوم روده آسیب‌دیده ضروری است. گزارش شده است که عنصر روی به‌طور موثری از تخریب یکپارچگی روده، ایجاد عفونت و بیماری‌های مزمن التهابی روده جلوگیری می‌کند یا آن ها را کاهش می‌دهد (Sturniolo *et al.,* 2001). احتمالا اثر بخشی عنصر روی برای قوام مدفوع با بهبود عملکرد آنزیم‌های حاشیه مسواکی و افزایش ترمیم مخاط روده مرتبط است. با توجه به تاثیر مثبت جیره آغازین بدون عنصر روی همراه با دریافت شیر حاوی ۴۰ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی به‌صورت سولفات روی بر افزایش خوراک مصرفی روزانه، می‌توان به این نتیجه رسید که مکانیسم‌هایی غیر از نفوذپذیری روده مسئول اثرات مثبت عنصر روی در دوره های پرخطر مانند استرس و از شیر گرفتن هستند و از این طریق موجب بهبود شرایط روده گوساله‌های شیرخوار شده است. نقش غشای مخاطی، افزایش ایمنی با واسطه سلول و اصلاح مکانیسم های ترشح و جذب الکترولیت داخل شکمی است که به عنوان شیوه‌های بالقوه عملکرد مکمل عنصر روی گزارش شده است (Hoque *et al.,* 2009). در مطالعه‌ای گزارش شد که خطر ابتلا به اسهال در گوساله‌های هلشتاینی که با ۱۴/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم کیلات روی–متیونین تغذیه شدند، کاهش یافت (Feldmann *et al.,* 2019). بر خلاف نتایج تحقیق حاضر، گلوور و همکاران (Glover *et al.,* 2013) هیچ اثر مفیدی از تغذیه جیره‌های حاوی ۲۰ میلی‌گرم اکسید روی برای قوام مدفوع در گوساله‌های هلشتاین گزارش نکردند. موافق با نتایج پژوهش حاضر، در آزمایشی با تغذیه ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم کیلات روی–متیونین در جیره گاوهای شیری تاثیری مفیدی بر نرخ تنفس گزارش نشد (Marins *et al.,* 2019).

pH شکمبه به اسیدهای چرب فرار (VFA) و نیتروژن آمونیاکی تخمیرشده در شکمبه بستگی دارد. با توجه به الگوهای تغییر ناسازگار بین pH شکمبه و VFA همراه با نیتروژن آمونیاکی بدون تأثیر در بین منابع روی، استنباط می‌شود که pH شکمبه ممکن است تحت تأثیر برخی عوامل دیگر مانند pKa منابع روی که در pH خنثی به عنوان اسید عمل می‌کنند، قرار گیرد (Vafaee *et al.,* 2023). در آزمایشی گزارش شد که تزریق سطوح ۲۵۰ و ۴۷۰ میلی‌گرم در کیلوگرم از مکمل روی به شکمبه گوساله‌های ماده سبب کاهش pH مایع شکمبه در ۲ ساعت پس از تزریق مکمل روی شد، در حالی که در ۶ ساعت پس از تزریق، pH مایع شکمبه در گروه‌های دریافت‌کننده روی، بالاتر از گروه شاهد بود (Arelovich *et al.,* 2000). Wang و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که مقدار ۱۰ و ۲۰ میکروگرم از مکمل در هر میلی‌لیتر از مایع شکمبه سبب کاهش pH مایع شکمبه شد. عوامل مختلفی مانند نسبت علوفه به کنسانتره، غلظت اسید لاکتیک، اسیدهای چرب فرار و آمونیاک و همچنین ظرفیت بافری شکمبه بر pH مایع شکمبه اثر دارند (Dijkstra *et al.,* 2012). موافق با نتایج ما، گزارش شد که استفاده از مکمل روی در جیره گوساله‌های شیرخوار میزان نیتروژن آمونیاکی را تحت تاثیر قرار نداد (Wang *et al.,* 2013). با توجه به این که عنصر روی سبب کاهش تجزیه پروتئین در شکمبه می‌شود و پروتئین عبوری را افزایش می‌دهد، لذا عنصر روی می‌تواند بر متابولیسم پروتئین در بدن تاثیرگذار باشد (Rink & Kirchner, 2000). استفاده از منابع مختلف با غلظت ثابت روی بدون تأثیر نیتروژن آمونیاکی احتمالا نشان دهنده تعادل بین نیتروژن آمونیاکی تخریب شده از پروتئین غذایی و بیوسنتز پروتئین باکتریایی است و از طرفی باکتری‌های شکمبه برای رشد نیاز به تجزیه کربوهیدرات به نیتروژن دارند. آمونیاک، اسیدهای آمینه آزاد و برخی پپتیدهای کوتاه اشکال اولیه نیتروژنی هستند که به سلول‌های باکتری منتقل می‌شوند، که عمدتاً از تجزیه پروتئین خوراک تولید می‌شوند. بنابر این، تا حدی عملکرد باکتری‌ها و اندازه‌گیری پروتئین باکتریایی ممکن است بازده بیشتر میکروبی را در ترکیب و فعالیت تخمیر مانند تجزیه‌پذیری ماده خشک و تولید اسیدهای چرب فرار نشان دهند. گزارش شده است که استفاده از عنصر روی در جیره اثری بر قابلیت هضم مواد مغذی بخصوص پروتئین خام نداشت (Zaboli *et al.,* 2013). همچنین، عدم اثر استفاده از این عنصر در جیره بر سطح اوره خون توجیهی بر این موضوع است. به احتمال زیاد، روند افزایش غلظت آمونیاک به دلیل هیدرولیز اوره است. در مطالعه‌ای گزارش شد که استفاده از سطوح بالای مکمل روی سبب کاهش غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه گوساله‌ها از طریق کاهش تجزیه اوره خون شد (Arelovich *et al.,* 2000). با توجه به این که غلظت نیتروژن آمونیاکی با افزایش تجزیه پروتئین‌ها در شکمبه و یا کاهش استفاده از آن توسط باکتری‌ها جهت ساخت پروتئین میکروبی، افزایش می‌یابد، عدم تغییر در غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه در پژوهش حاضر می‌تواند بیانگر توازن بین نیتروژن آمونیاکی تولیدشده از تجزیه پروتئین‌ها با ساخت پروتئین میکروبی و جذب آمونیاک توسط شکمبه باشد (Wang *et al.,* 2013).

با توجه به این که تفاوتی بین گروه‌های آزمایشی مختلف به لحاظ غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه وجود نداشت، بنابر این عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین غلظت اوره خون نیز قابل انتظار است، زیرا بخش زیادی از نیتروژن اوره‌ای خون در دام‌های نشخوارکننده از منشأ آمونیاک آزادشده در شکمبه است (Getahun *et al.,* 2019). اوره یک جایگزین کم‌هزینه برای تأمین پروتئین برای نشخوارکنندگان است، زیرا تخمیر میکروبی در شکمبه، اوره را به پروتئینی با کیفیت بالا تبدیل می‌کند که می تواند توسط حیوان میزبان جذب شود و به سرعت در شکمبه هیدرولیز می‌شود، که منجر به افزایش غلظت NH_3 در شکمبه می‌شود که ممکن است بیشتر از میزان قابل استفاده میکروب‌های شکمبه باشد. بنابر این، کاهش سرعت تخریب اوره در شکمبه می‌تواند از نظر کارآیی سنتز پروتئین میکروبی بسیار مفید باشد. عنصر روی از تجزیه پروتئین شکمبه در هنگام تغذیه با جیره‌های حاوی یونجه کمتر جلوگیری می‌کند (Brown *et al.,* 2000). غلظت پروتئین کل سرم خون تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. مشابه با نتایج این پژوهش، در آزمایش دیگری که بر روی گوساله‌ها انجام شد، استفاده از مکمل روی تغییری در غلظت پروتئین تام خون ایجاد نکرد (Sobhanirad & Naserian, 2012). آنزیم آلکالین فسفاتاز در بافت‌های کبد، استخوان، کلیه، مخاط روده و جفت شناسایی شده است. در دام‌های سالم، منشا آلکالین فسفاتاز خون عمدتا از بافت‌های کبدی و استخوانی است. آلکالین فسفاتاز باعث فعالیت در متابولیسم استخوانی، عملکرد سلول‌های کبدی و خنثی‌سازی اندوتوکسین‌ها خواهد شد و اندازه‌گیری مقدار این آنزیم در خون گاوهای شیری به عنوان روش احتمالی تشخیص بیماری‌هایی نظیر مشکلات استخوانی، آسیب‌های کبدی، تجمع چربی در کبد و اسیدوز تحت حاد شکمبه است (Tajik & Tahvili, 2011). مشخص شده است که برخی عوامل از قبیل نوع جیره مصرفی دام‌ها، طول دوره، مصرف جیره حاوی مواد دانه‌ای، مواد معدنی مانند کلسیم و روی در بدن دام می‌توانند بر روی مقدار آنزیم آلکالین فسفاتاز در خون تاثیر بگذارند. از سوی دیگر، تجمع چربی در کبد گاوهای پرتولید به علت بالانس منفی انرژی در دوره پیک تولید شیر می‌تواند سبب افزایش فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز در گاوهای پرتولید شود. قدرت کلاتاسیون منابع روی آلی ممکن است یکی از عوامل کلیدی باشد که بر کارآیی آن‌ها در پاسخ ایمنی تأثیر می‌گذارد. آلکالین فسفاتاز متالوآنزیم حاوی روی است که در شرایط کمبود روی کاهش می‌یابد (Ma *et al.,* 2020). استفاده از مکمل روی اثر معنی‌داری بر آلکالین فسفاتاز سرم نداشت و احتمالا این عدم پاسخ می‌تواند یا به دلیل بالا بودن روی موجود در خوراک پایه و یا به دلیل طول دوره ناکافی مصرف جیره‌های آزمایشی برای بروز نشانه‌های کاهش آلکالین فسفاتاز سرم باشد (Mandal *et al.,* 2007). مطابق با نتایج به دست آمده از این پژوهش در استفاده از محلول‌های روی بر فراسنجه‌های خونی، گزارش شده است که استفاده از منابع آلی

و معدنی روی تاثیری بر گلوکز، کلسترول و تری‌گلیسرید خون نداشت (Sobhanirad & Naserian, 2012).

بر خلاف نتایج ما، آرلوویچ و همکاران (Arelovich *et al.,* 2000) گزارش کردند که اضافه کردن مقادیر زیاد عنصر روی به جیره (۲۵۰ تا ۱۱۴۲ میلی‌گرم در هر کیلوگرم ماده خشک جیره) سبب افزایش غلظت اسید پروپیونیک در شکمبه شد و این افزایش توانست اثرات مثبت بر افزایش وزن حیوان داشته باشد. تولید اسیدهای چرب فرار در شکمبه به نوع جیره مربوط می‌شود و عمدتا ناشی از تخریب فیبر و سایر کربوهیدرات‌های جیره است (Wang *et al.,* 2013). افزودن مکمل روی به جیره با تغییر نسبت اسیدهای چرب فرار در مایع شکمبه می‌تواند فرآیند تخمیر شکمبه را تحت تاثیر قرار دهد. این تغییر بیشتر در اولین ساعت پس از تغذیه مشهود است و ممکن است به دلیل کاهش نسبت استیک اسید و افزایش همزمان پروپیونیک اسید در ۳۰ دقیقه پس از تغذیه، به جیره‌های دارای عنصر روی اضافی کمک کند (Eryavuz & Dehority, 2009). از طرف دیگر، تولید پروپیونات که پیش‌ماده اصلی برای تولید گلوکز است در پاسخ به غلظت بالای عنصر روی در شکمبه افزایش می‌یابد (Arelovich *et al.,* 2000). گزارش شده است که میزان اضافی روی بر غلظت آمونیاک شکمبه تأثیر نمی‌گذارد و احتمالا روی اضافی بر میزان هیدرولیز اوره در شکمبه تأثیر نمی‌گذارد (Karimi *et al.,* 2018). در پژوهش حاضر، استفاده از مکمل روی در گوساله‌ها، غلظت اسیدهای چرب فرار شکمبه را تحت تاثیر قرار نداد، به‌عبارت دیگر، مقدار عنصر روی در جیره پایه گوساله‌ها برای تخمیر مناسب شکمبه کافی بود و لذا مصرف مکمل روی تاثیری بر آن نداشت.

نتیجه‌گیری کلی

براساس نتایج حاصل از این پژوهش، اثر تغذیه جیره آغازین بدون عنصر روی همراه با دریافت شیر حاوی ۴۰ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی به صورت سولفات روی در گوساله‌های هلشتاین سبب بهبود وزن بدن و خوراک مصرفی و اسکور مدفوع شد که این امر منجر به افزایش و بهبود فراسنجه‌های رشد اسکلتی و سلامتی گردید. با شناخت عوامل موثر بر میزان فعالیت سرمی آنزیم آلکالین فسفاتاز بر اثر استفاده از جیره آغازین بدون عنصر روی همراه با دریافت شیر حاوی ۲۰ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی به صورت اکسید روی در گوساله‌های هلشتاین می‌توان به طور موثرتری از اندازه‌گیری فعالیت این آنزیم برای تشخیص بیماری‌ها استفاده نمود. بنابر این، استفاده از جیره آغازین بدون عنصر روی همراه با دریافت شیر حاوی ۴۰ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی به صورت سولفات روی در گوساله‌های نژاد هلشتاین به منظور بهبود وضعیت متابولیکی حیوان توصیه می‌شود. انجام مطالعات بیشتر نیز در این زمینه توصیه می‌شود.

تشکر و قدردانی

از دانشگاه تهران–پردیس کشاورزی و منابع طبیعی به خاطر حمایت مالی و تجهیزات آزمایشگاهی و از مدیریت محترم ایستگاه آموزشی و پژوهشی گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران جهت در اختیار قرار دادن محل پرورش برای اجرای این طرح تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

Adab, M., Mahjoubi, E., Yazdi, M. H., & Collier, R. J. (2020). Effect of supplemental dietary Zinc and its time of inclusion on pre-weaning phase of Holstein heifer calves: Growth performance and health status. *Livestock Science, 231*, 103891. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.103891

Alloway, B. J. (2008). Zinc in Soils and Crop Nutrition. *International Zinc Association and International Fertilizer Association, 16*.

AOAC. (2000). Association of Official Analytical Chemist (I. W. H. e. O. m. o. a. o. A. International, Ed. 17 ed.). *Maryland-Gaithersburg, USA*. [Google Scholar]

Arelovich, H. M., Owens, F. N., Horn, G. W., & Vizcarra, J. A. (2000). Effects of supplemental zinc and manganese on ruminal fermentation, forage intake, and digestion by cattle fed prairie hay and urea. *Journal of Animal Science, 78*(11), 2972-2979. https://doi.org/10.2527/2000.78112972x

Baggott, D. G., Bunch, K. J., & Gill, K. R. (1988). Variations in some inorganic components and pH ysical properties of claw keratin associated with claw disease in the British Friesian cow. *British Veterinary Journal, 144*(6), 534-542. https://doi.org/10.1016/0007-1935(88)90023-1

Begna, R., & Masho, W. (2024). Valuation of livestock population and national feed security to enhance livestock productivity in Ethiopia. *Veterinary Medicine and Science, 10*(3), e1415. https://doi.org/10.1002/vms3.1415

Broderick, G. A., & Kang, J. H. (1980). Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and in vitro media. *Journal of Dairy Science, 63*(1), 64-75. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(80)82888-8

Brown, M. S., Krehbiel, C. R., Galyean, M. L., Remmenga, M. D., Peters, J. P., Hibbard, B., & Moseley, W. M. (2000). Evaluation of models of acute and subacute acidosis on dry matter intake, ruminal fermentation, blood chemistry, and endocrine profiles of beef steers. *Journal of Animal Science, 78*(12), 3155-3168. https://doi.org/10.2527/2000.78123155x

Cousins, R. J., Blanchard, R. K., Popp, M. P., Liu, L., Cao, J., Moore, J. B., & Green, C. L. (2003). A global view of the selectivity of zinc deprivation and excess on genes expressed in human THP-1 mononuclear cells. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 100*(12), 6952-6957. https://doi.org/10.1073/pnas.0732111100

Deitch, E. A., & Berg, R. (1987). Bacterial translocation from the gut: a mechanism of infection. *The Journal of Burn Care & Rehabilitation, 8*(6), 475-482.

Dijkstra, J., Ellis, J. L., Kebreab, E., Strathe, A. B., López, S., France, J., & Bannink, A. (2012). Ruminal pH regulation and nutritional consequences of low pH. *Animal Feed Science and Technology, 172*(1-2), 22-33. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.12.005

Duffy, R., Yin, M., & Redding, L. E. (2023). A review of the impact of dietary zinc on livestock health. *Journal of Trace Elements and Minerals, 5*, 100085. https://doi.org/10.1016/j.jtemin.2023.100085

Eryavuz, A., & Dehority, B. A. (2009). Effects of supplemental zinc concentration on cellulose digestion and cellulolytic and total bacterial numbers in vitro. *Animal Feed Science and Technology, 151(*3-4), 175-183. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2009.01.008

Fariduddin, Q., Saleem, M., Khan, T. A., & Hayat, S. (2022). Zinc as a versatile element in plants: an overview on its uptake, translocation, assimilatory roles, deficiency and toxicity symptoms. *Microbial Biofertilizers and Micronutrient Availability*, *7*, 137-158.http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-76609-2_7

Feldmann, H. R., Williams, D. R., Champagne, J. D., Lehenbauer, T. W., & Aly, S. S. (2019). Effectiveness of zinc supplementation on diarrhea and average daily gain in pre-weaned dairy calves: A double-blind, block-randomized, placebo-controlled clinical trial. *PLoS One, 14*(7), e0219321. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219321

Getahun, D., Alemneh, T., Akeberegn, D., Getabalew, M., & Zewdie, D. (2019). Urea metabolism and recycling in ruminants. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research, 20*(1), 14790-14796. https://doi.org/10.26717/BJSTR.2019.20.003401

Godswill, A. G., Somtochukwu, I. V., Ikechukwu, A. O., & Kate, E. C. (2020). Health benefits of micronutrients (vitamins and minerals) and their associated deficiency diseases: A systematic review. *International Journal of Food Sciences, 3*(1), 1-32.

Glover, A. D., Puschner, B., Rossow, H. A., Lehenbauer, T. W., Champagne, J. D., Blanchard, P. C., & Aly, S. S. (2013). A double-blind block randomized clinical trial on the effect of zinc as a treatment for diarrhea in neonatal Holstein calves under natural challenge conditions. *Preventive Veterinary Medicine, 112*(3-4), 338-347. https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2013.09.001

Hoque, K. M., Sarker, R., Guggino, S. E., & Tse, C. M. (2009). A new insight into pathopH ysiological mechanisms of zinc in diarrhea. *Annals of the New York Academy of Sciences, 1165(*1), 279-284. https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.04442.x

Jamali, M., Mirzaei Aghjehgheshlagh, F., Seifdavati, J., Navidshad, B., Seyedsharifi, R., & Valizadeh Yonjalli, R. (2020). Effect of Different Levels of Probiotics and Organic Acid Supplements on Performance, Skeletal Growth, Nutrition Activity, Blood and Immune Metabolites in Holstein Calves. *Iranian Journal of Animal Science Research, 12*(3), 307-322. https://doi.org/10.22067/ijasr.v12i3.79924

Jomova, K., Makova, M., Alomar, S. Y., Alwasel, S. H., Nepovimova, E., Kuca, K., & Valko, M. (2022). Essential metals in health and disease. *Chemico-Biological Interactions, 367*, 110173. https://doi.org/10.1016/j.cbi.2022.110173

Karimi, A., Hosseini, S. K., Nemati, Z., & Sheikhlou, M. R. (2018). Effects of different zinc sources on productive performance and egg quality, blood parameters and immune response in Japanese layer quail. *Research on Animal Production, 9*(20), 27-35. http://dx.doi.org/10.29252/rap.9.20.27 [In Persian]

Khuntia, A., & Chaudhary, L. C. (2002). Performance of male crossbred calves as influenced by substitution of grain by wheat bran and the addition of lactic acid bacteria to diet. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 15*(2), 188-194. https://doi.org/10.5713/ajas.2002.188

Kwun, I. S., Cho, Y. E., Lomeda, R. A. R., Kwon, S. T., Kim, Y., & Beattie, J. H. (2007). Marginal zinc deficiency in rats decreases leptin expression independently of food intake and corticotropH in-releasing hormone in relation to food intake. *British Journal of Nutrition, 98*(3), 485-489. https://doi.org/10.1017/S0007114507730763

Mandal, G. P., Dass, R. S., Isore, D. P., Garg, A. K., & Ram, G. C. (2007). Effect of zinc supplementation from two sources on growth, nutrient utilization and immune response in male crossbred cattle (Bos indicus× Bos taurus) bulls. *Animal Feed Science and Technology, 138*(1), 1-12. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.09.014

Ma, F., Wo, Y., Li, H., Chang, M., Wei, J., Zhao, S., & Sun, P. (2020). Effect of the source of zinc on the tissue accumulation of zinc and jejunal mucosal zinc transporter expression in Holstein dairy calves. *Animals, 10*(8), 1246. https://doi.org/10.3390/ani10081246

Marins, T. N., Monteiro, A. P., Weng, X., Guo, J., Orellana Rivas, R. M., Bernard, J. K., & Tao, S. (2019). Response of lactating dairy cows fed different supplemental zinc sources with and without evaporative cooling to intramammary lipopolysaccharide infusion: intake, milk yield and composition, and hematologic profile. *Journal of Animal Science, 97*(5), 2053-2065. https://doi.org/10.1093/jas/skaa323

Mousavi-Haghshenas, M. A., Hashemzadeh, F., Ghorbani, G. R., Ghasemi, E., Rafiee, H., & Ghaffari, M. H. (2022). Trace minerals source in calf starters interacts with birth weights to affect growth performance. *Scientific Reports, 12*(1), 18763. https://doi.org/10.1038/s41598-022-23459-4

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2021). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*.

Malcolm-Callis, K. J., Duff, G. C., Gunter, S. A., Kegley, E. B., & Vermeire, D. A. (2000). Effects of supplemental zinc concentration and source on performance, carcass characteristics, and serum values in finishing beef steers. *Journal of Animal Science, 78*(11), 2801-2808. https://doi.org/10.2527/2000.78112801x

Petrovski, K. R., Cusack, P., Malmo, J., & Cockcroft, P. (2022). The Value of 'Cow Signs' in the Assessment of the Quality of Nutrition on Dairy Farms. *Animals, 12*(11), 1352. https://doi.org/10.3390/ani12111352

Rezaei, H., & Kargar, S. (2023). Effect of Milk Replacer Plane of Nutrition on Intake, Weight Gain, and Skeletal Growth in Cold-Stressed Newborn Holstein Calves. *Research on Animal Production*, *14*(4), 33-41. https://doi.org/10.61186/rap.14.42.33 [In Persian]

Rink, L., & Kirchner, H. (2000). Zinc-altered immune function and cytokine production. *The Journal of Nutrition, 130*(5), 1407S-1411S. https://doi.org/10.1093/jn/130.5.1407S

Salama, A. A., Caja, G., Albanell, E., Such, X., Casals, R., & Plaixats, J. (2003). Effects of dietary supplements of zinc-methionine on milk production, udder health and zinc metabolism in dairy goats. *Journal of Dairy Research, 70*(1), 9-17. https://doi.org/10.1017/S0022029902005708

Seifdavati, J., Jahan Ara, M., Seyfzadeh, S., Abdi Benamar, H., Mirzaei Aghjehgheshlagh, F., Seyedsharifi, R., & Vahedi, V. (2018). The Effects of zinc oxide nano particles on growth performance and blood metabolites and some serum enzymes in Holstein suckling calves. *Iranian Journal of Animal Science Research, 10*(1), 23-33. https://doi.org/10.22067/ijasr.v10i1.62376

Shaeffer, G. L., Lloyd, K. E., & Spears, J. W. (2017). Bioavailability of zinc hydroxychloride relative to zinc sulfate in growing cattle fed a corn-cottonseed hull-based diet. *Animal Feed Science and Technology, 232*, 1-5. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.07.013

Sobhanirad, S., & Naserian, A. A. (2012). Effects of high dietary zinc concentration and zinc sources on hematology and biochemistry of blood serum in Holstein dairy cows. *Animal Feed Science and Technology, 177*(3-4), 242-246. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.06.007

Sturniolo, G. C., Di Leo, V., Ferronato, A., D'Odorico, A., & D'Incà, R. (2001). Zinc supplementation tightens "leaky gut" in Crohn's disease. *Inflammatory Bowel Diseases, 7*(2), 94-98. https://doi.org/10.1097/00054725-200105000-00003

Tajik, J., & Tahvili, S. (2011). Serum alkaline phosphatase and amylase activities in subacute ruminal acidosis in dairy cows. *Asian Journal of Animal Sciences, 5*, 153-157. http://dx.doi.org/10.3923/ajas.2011.153.157

Tomlinson, D. J., Mülling, C. H., & Fakler, T. M. (2004). Invited review: formation of keratins in the bovine claw: roles of hormones, minerals, and vitamins in functional claw integrity. *Journal of Dairy Science, 87*(4), 797-809. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73223-3

Vafaee, F., Chaji, M., & Khorasani, O. (2023). Comparison of the Effect of using Chemical Buffer and Acid-Consuming Bacteria on Digestibility and Fermentation, Growth Performance and Meat Quality of Lambs Fed with High Concentrate Diets. *Research on Animal Production. 14*(1), 66-77. https://doi.org/10.61186/rap.14.39.66 [In Persian]

Van Soest, P. V., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science, 74*(10), 3583-3597. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2

Wang, R. L., Liang, J. G., Lu, L., Zhang, L. Y., Li, S. F., & Luo, X. G. (2013). Effect of zinc source on performance, zinc status, immune response, and rumen fermentation of lactating cows. *Biological Trace Element Research, 152*, 16-24. https://doi.org/10.1007/s12011-012-9585-4

Wei, J., Ma, F., Hao, L., Shan, Q., & Sun, P. (2019). Effect of differing amounts of zinc oxide supplementation on the antioxidant status and zinc metabolism in newborn dairy calves. *Livestock Science, 230*, 103819. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.103819

Wright, C. L., & Spears, J. W. (2004). Effect of zinc source and dietary level on zinc metabolism in Holstein calves. *Journal of Dairy Science, 87*(4), 1085-1091. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73254-3

Wu, Y., Sun, Z., Che, S., & Chang, H. (2004). Effects of zinc and selenium on the disorders of blood glucose and lipid metabolism and its molecular mechanism in diabetic rats. *Journal of Hygiene Research, 33*(1), 70-73. [In Persian]

Zaboli, K., & Elyasi, M. J. (2021). Effects of different amounts of zinc on performance and some blood and ruminal parameters in Holstein suckling calves. *Journal of Ruminant Research, 9*, 93-106. https://doi.org/10.22069/ejrr.2021.19197.1794