

تأثیر تغذیه شیر غنی شده با مکمل‌های معدنی، آلی و نانوذرات کروم بر عملکرد، شاخص‌های رشد اسکلتی، قوام مدفوع و هماتولوژی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین در شرایط تنش گرمایی

امیر احمدی خطیر^{۱*}، تقی قورچی^۲، عبدالحکیم توغدری^۳ و محمد اسدی^۴

۱- دانشجوی دکتری، ۲- استاد ۳- استادیار و ۴- دانش‌آموخته دکتری گروه تغذیه دام و طیور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

نویسنده مسئول: امیر احمدی خطیر

ahmady1182@yahoo.com

The effect of feeding milk enriched of inorganic, organic and chromium nanoparticles supplements on performance, skeletal growth indices, hematology and immunoglobulin of *Holstein* suckling calves

Amir Ahmadikhatir^{1*}, Taghi Ghoorchi², Abdolhakim Toghdory³ and Mohammad Asadi⁴

1: Ph.D. Student, 2: Professor, 3: Assistant Prof, and 4: Ph.D. Graduated, Dept. of Animal and Poultry Nutrition, Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources

Corresponding Author : Amir Ahmadikhatir

ahmady1182@yahoo.com

تأثیر تغذیه شیر غنی شده با مکمل‌های معدنی، آلی و نانوذرات کروم بر عملکرد، شاخص‌های رشد اسکلتی، قوام مدفوع و هماتولوژی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین در شرایط تنش گرمایی

چکیده

پژوهش حاضر به منظور بررسی تأثیر تغذیه شیر غنی شده با مکمل‌های معدنی، آلی و نانوذرات کروم بر عملکرد، شاخص‌های رشد اسکلتی، قوام مدفوع و هماتولوژی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین در شرایط تنش گرمایی انجام شد. سی و دو رأس گوساله با میانگین وزنی 37 ± 3 کیلوگرم در قالب طرح کاملاً تصادفی به چهار تیمار آزمایشی با هشت تکرار اختصاص یافتند. تیمارهای آزمایشی شامل ۱- گروه شاهد (شیر فاقد مکمل کروم)، ۲- شیر حاوی ۳ میلی گرم کروم به شکل معدنی به ازای هر روز، ۳- شیر حاوی ۳ میلی گرم کروم به شکل کروم-متیونین به ازای هر روز و ۴- شیر حاوی ۳ میلی گرم کروم به شکل نانو ذرات کروم به ازای هر روز بودند. نتایج نشان داد که غنی‌سازی شیر با مکمل کروم به شکل نانو ذرات، سبب افزایش وزن نهایی، افزایش وزن روزانه، مصرف ماده خشک و شاخص‌های رشد اسکلتی و کاهش ضریب تبدیل غذایی شد ($P < 0.05$). هزینه خوراک مصرفی به ازای هر کیلوگرم افزایش وزن گوساله‌ها تفاوت معنی داری نداشت اما هزینه خوراک مصرفی تیمارهای دریافت کننده نانو ذرات کروم نسبت به سایر تیمارها کاهش یافت. قوام مدفوع، تعداد دام مبتلا به اسهال و روزهای ابتلا به اسهال در گوساله‌های مصرف کننده شکل‌های مختلف کروم نسبت به گروه شاهد کاهش یافت ($P < 0.05$). تیمارهای دریافت کننده نانو ذرات کروم نسبت به سایر تیمارها مقدار گلوبول قرمز و هموگلوبین بالاتری را نشان داد ($P < 0.05$). ایمونوگلوبولین G و ایمونوگلوبولین M تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت؛ بطوریکه تیمار دریافت کننده نانوذرات کروم بیشترین مقدار نسبت به سایر تیمارها را نشان داد و همچنین کمترین مقدار ایمونوگلوبولین مختص گروه شاهد بود ($P < 0.05$). به طور کلی، افزودن ۳ میلی گرم مکمل کروم به شیر به ویژه به شکل‌های کروم-متیونین و نانوذرات در گوساله‌های تحت تأثیر تنش گرمایی توصیه می‌شود.

کلیدواژه: ایمونوگلوبولین، کروم، گوساله شیرخوار، وضعیت اسهال، هماتولوژی.

The effect of feeding milk enriched of inorganic, organic and chromium nanoparticles supplements on performance, skeletal growth indices, hematology and immunoglobulin of Holstein suckling calves

abstract

The present study was conducted to the effect of feeding milk enriched of inorganic, organic and chromium nanoparticles supplements on performance, digestibility of nutrients, nutritional behaviors and microbial protein synthesis of Holstein Suckling calves under heat stress conditions. Thirty-two calves with an average weight of 37 ± 3 kg were assigned to 4 experimental treatments with 8 replications in a completely randomized design. The experimental treatments included 1- control group (milk without chromium supplementation), 2- milk containing 3 mg of chromium in mineral form per day, 3- milk containing 3 mg of chromium in the form of chromium-methionine per day, and 4- milk containing 3 mg of chromium in the form of chromium nanoparticles per day. The results showed that milk enrichment with chromium nanoparticles increased final weight, daily weight gain, dry matter intake and skeletal growth indices and decreased feed conversion ratio ($P > 0/05$). There was no significant difference in feed intake cost per kilogram of daily weight gain of calves, but the feed intake cost of treatments receiving chromium nanoparticles was reduced compared to other treatments. Fecal consistency, number of animals with diarrhea and days of diarrhea in calves consuming different forms of chromium decreased compared to the control group ($P > 0/05$). Treatments receiving chromium nanoparticles showed higher red blood cell and hemoglobin levels than other treatments ($P > 0/05$). Immunoglobulin G and immunoglobulin M were affected by the experimental treatments, such that the treatment receiving chromium nanoparticles showed the highest levels compared to other treatments, and the lowest level of immunoglobulin was specific to the control group ($P > 0/05$). In general, the use of chromium, especially in the forms of chromium-methionine and chromium nanoparticles, is recommended in calves affected by heat stress.

Keywords: chromium, fecal consistency, hematology, immunoglobulin, Suckling calve.

مقدمه

آینده‌ی مزرعه گاوشیری و احداث یک گله‌ی سودآور، نتیجه پرورش صحیح گوساله‌های شیرخوار گله می‌باشد؛ لذا توجه به عوامل تغذیه، محیط و بیماری که تأثیر زیادی بر کاهش مرگ‌ومیر و ضرر اقتصادی مزرعه از تولد تا زمان از شیرگیری دارد، از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد (رمضانی و همکاران، ۱۳۹۷). گوساله شیرخوار معمولاً در معرض بیشترین اثر و تغییرات متابولیکی قرار می‌گیرد و تأمین نیازهای کمی و کیفی آن، با منابع و سطوح مناسب، امری ضروری به‌شمار می‌آید (عبداللهی و همکاران، ۱۳۹۸). از طرفی، از مهم‌ترین عوامل تنش‌زا که تأثیر مخربی بر رشد و بهره‌وری دام می‌گذارند، تنش گرمایی می‌باشد (Sejian و همکاران، ۲۰۱۸). دمای بالا می‌تواند سبب کاهش مصرف خوراک، رشد و آسایش دام و همچنین اختلال در ظرفیت سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی شود (Broucek و همکاران، ۲۰۰۸؛ Puertollano و همکاران، ۲۰۱۱). استفاده از بهبوددهنده‌های متابولیکی نظیر موادمعدنی، می‌تواند موجب بهبود عملکرد رشد و تقویت سیستم ایمنی دام شود (Dikemen، ۲۰۰۷). موادمعدنی با

توجه به نقش‌های متعددی که دارند، می‌توانند به عنوان کوفاکتور آنزیمی یا مشارکت در فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی باعث بهبود سلامت و عملکرد دام شوند (NRC، ۲۰۰۵؛ Domínguez-Vara و همکاران، ۲۰۰۹). استفاده از کروم به عنوان بهبوددهنده متابولیکی، از راهکارهای بهینه‌سازی شرایط از طریق بهبود سوخت و ساز مواد مغذی و رفع یا کاهش شرایط تنش، می‌باشد (اسدی و همکاران، ۱۴۰۳a). کروم در سوخت و ساز کربوهیدرات، پروتئین و چربی‌ها بسیار حائز اهمیت بوده و با شرکت در ساختمان کرومودولین، موجب تقویت عمل انسولین از طریق بهبود اتصال آن به گیرنده سلولی خود می‌باشد (Pavlat و Pechova، ۲۰۰۷)؛ تقویت پیام‌رسانی انسولین باعث افزایش سنتز و کاهش نرخ تجزیه پروتئین‌ها، بهبود بازده جابجایی اسیدهای آمینه و افزایش سنتز لیپیدها و انرژی آزاد کربوهیدرات‌ها می‌شود (Dębski و همکاران، ۲۰۰۴). همچنین کروم با افزایش تولید ایمینوگلوبولین سرم خون و تعدیل پاسخ ایمنی، موجب بهبود کارایی سیستم ایمنی می‌شود (سیف‌زاده و همکاران، ۱۳۹۹). Uyanik (۲۰۰۱)، گزارش داد که مصرف کروم در خوراک گوساله‌های تحت تنش گرمایی سبب افزایش وزن و بهبود ضریب تبدیل غذایی گوساله شد. بهبود میانگین افزایش وزن روزانه در بزهای تغذیه شده با جیره حاوی کروم مشاهده شد (Halдар و همکاران، ۲۰۰۹). محققان به نتیجه رسیدند که، فعالیت ایمونولوژیکی مکمل کروم باعث کاهش تأثیر منفی استرس گرمایی در نشخوارکنندگان شده (Qi و همکاران، ۲۰۱۸) و اثرات مثبت مکمل کروم بر عملکرد رشد، بیشتر اوقات خود را در شرایط تنش نشان می‌دهد (Besong و همکاران، ۲۰۰۱؛ اسدی و همکاران، ۱۴۰۳c).

کروم به سه شکل معدنی، آلی و نانو ذرات کروم در تغذیه دام استفاده می‌شود. کروم آلی زیست‌فراهمی ۲۵ درصدی دارد (Moreira و همکاران، ۲۰۲۰) اما زیست‌فراهمی کروم معدنی ۰/۵ درصد بوده (Lee و Oh، ۲۰۰۵) که به سبب این زیست‌فراهمی پایین و سمی بودن آن، استفاده از کروم معدنی توصیه نمی‌گردد (اسدی و همکاران، ۱۴۰۳b). از طرفی، پژوهشگران بسیاری براین باورند که معمولاً زیست‌فراهمی فرم معدنی عناصر کمتر از فرم‌های نانو و کمپلکس‌های آلی عناصر می‌باشد (Hill و Li، ۲۰۱۷؛ Phan و همکاران، ۲۰۱۹) و احتمالاً به سبب زیست‌فراهمی مطلوب، از نانوذرات آلی جهت افزایش ارزش غذایی سیستم‌های خوراکی استفاده خواهد شد (Hassan و همکاران، ۲۰۱۷؛ Kargar و همکاران، ۲۰۱۸). با توجه به اثرات کروم بر متابولیسم‌های حیاتی و سیستم ایمنی دام، و با در نظر گرفتن مقدار ناچیز کروم موجود در شیر، پژوهشی با عنوان تأثیر غنی‌سازی شیر با فرم‌های مختلف مکمل کروم بر عملکرد، شاخص رشد اسکلتی، قوام مدفوع، ایمنی و هماتولوژی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین تحت تنش گرمایی صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در شرکت شیر و گوشت مهدشت ساری و در تابستان ۱۴۰۳ انجام گرفت. ۳۲ رأس گوساله شیرخوار هشتاین از دو روز پس از تولد، با میانگین وزن 37 ± 3 در قالب طرح کاملاً تصادفی به چهار تیمار آزمایشی با هشت تکرار اختصاص یافتند. طول دوره این پژوهش، ۶۳ روز بود. گوساله‌ها پس از تولد به مدت دو روز تحت مراقبت‌های ویژه بهداشتی و دریافت آغوز قرار گرفتند و سپس در چهار تیمار با هشت تکرار بر پایه طرح کاملاً تصادفی وارد طرح آزمایشی شدند. تیمارها شامل: ۱) شاهد (هیچ مکمل کرومی به شیر مصرفی گوساله‌ها افزوده نشد)، ۲) افزودن ۳ میلی گرم مکمل کروم معدنی به شیر مصرفی (۳) افزودن ۳ میلی گرم مکمل کروم به شکل کروم-متیونین به شیر مصرفی و ۴) افزودن ۳ میلی گرم مکمل کروم به شکل نانو ذرات کروم به شیر مصرفی بود. کروم در هر سه شکل مختلف از شرکت توسعه مکمل زیست فناور آریانا، مشهد، ایران تهیه گردید.

گوساله‌ها در طول دوره به صورت روزانه به مقدار ۱۰ درصد وزن بدن، در دو نوبت ۷ صبح و ۷ عصر شیر دریافت کردند؛ پیش از تغذیه شیر، مکمل‌های کروم مربوط به هر تیمار در شیر کاملاً حل شد و به مصرف گوساله‌ها رسید. جیره غذایی آغازین مورد استفاده و مواد مغذی در جدول ۱ آمده است. گوساله‌ها در طول آزمایش به طور آزاد به آب و خوراک دسترسی داشتند.

جدول ۱. مواد تشکیل دهنده و ترکیب شیمیایی جیره آغازین

اجزای تشکیل جیره آغازین (درصد ماده خشک)		ترکیب شیمیایی	
یونجه	۱۰/۰۰	ماده خشک (درصد)	۸۷/۳۱
کنجاله سویا	۳۰/۶۰	انرژی متابولیسمی (کیلوکالری/کیلوگرم)	۳/۲۷
دانه ذرت	۳۲/۹۰	پروتئین خام (درصد)	۲۱/۶۹
دانه جو	۱۸/۰۰	فیبر نامحلول در شوینده خنثی (درصد)	۲۷/۱۵
فول فت سویا	۲/۷۰	فیبر نامحلول در شوینده اسیدی (درصد)	۲۰/۰۹
مکمل معدنی-ویتامینی	۲/۲۰	عصاره اتری (درصد)	۰/۹۴
جوش شیرین	۱/۳۰	خاکستر (درصد)	۶/۵۵
اکسید منیزیم	۰/۴۰	کلسیم (درصد)	۰/۸۱
کربنات کلسیم	۱/۴۰	فسفر (درصد)	۰/۵۱
توکسین بایندر	۰/۵۰	کروم (میلی گرم/کیلوگرم)	۰/۶۷

به منظور بررسی فاکتورهای عملکردی و بررسی تغییرات وزنی روزانه و کل، گوساله‌ها هر ۲۱ روز وزن کشی شدند؛ خوراک آغازین روزانه بصورت آزاد داده شد و مصرف آب تمیز و تازه نیز بصورت آزاد به گوساله‌ها عرضه شده و باقی مانده خوراک برای هر دام در هر روز توزین و ثبت می‌شد. خوراک مصرفی هر دام نیز از تفاوت جیره داده

شده و پس آخور باقی مانده هر دام محاسبه گردید. همچنین افزایش مقدار خوراک داده شده به دام‌ها براساس پس آخور هر دام در روز بعد مشخص می‌شد. به‌طوری که اگر دام در سه روز متوالی پس آخور کمتر از ۱۰ درصد باقی می‌گذاشت، خوراک دام افزایش می‌یافت (Asadi و همکاران، ۲۰۲۲).

$$\text{میانگین افزایش وزن روزانه} = \frac{\text{مصرف ماده خشک}}{\text{ضریب تبدیل غذایی}}$$

برای محاسبه تغییرات وزن، وزن کشتی دام‌ها به‌صورت هفتگی، پس از ۱۶ ساعت محرومیت غذایی با استفاده از ترازوی دیجیتال صورت گرفت. شاخص‌های بدنی شامل وزن، عرض لگن، ارتفاع از جدوگاه، طول بدن و اندازه دورسینه، عمق سینه، فاصله دو شاخ، فاصله دو چشم و عرض پوزه هر ۲۱ روز به‌وسیله متر و کولیس طبق روش Khan و همکاران، (۲۰۰۷) اندازه‌گیری شد.

مصرف ماده خشک از فرمول زیر بدست آورده شد:

$$\% ۸۸ \times \text{خوراک آغازین مصرفی} + \% ۱۲ \times \text{مصرف شیر} = \text{مصرف ماده خشک}$$

به‌منظور محاسبه هزینه خوراک مصرفی گوساله‌ها، هزینه کل خوراک به‌همراه اشکال مکمل کروم نسبت به افزایش وزن روزانه، مصرف ماده خشک کل دوره و وزن نهایی در تیمارهای مختلف در ابتدا به‌صورت ریالی محاسبه شد، اما با توجه به وضعیت تغییر قیمت‌ها به‌صورت روزانه و به دلار تبدیل شد.

سه روز در هفته به‌صورت تصادفی مدفوع گوساله‌ها مورد ارزیابی گرفت. نمره‌های مدفوع بر اساس ۱- نرمال و سفت، ۲- شل اما با جنبه کلی سالم، ۳- بسیار شل، بدون جدایی آبکی و ۴- آبکی خواهد بود و اگر برای دو روز متوالی یا بیشتر نمره‌های ۳ و ۴ دیده‌شد، اسهال در نظر گرفته می‌شد (slanzon و همکاران، ۲۰۱۹).

در روز پایانی پژوهش، ۳ ساعت پیش از تغذیه صبح، از رگ و داج ۵ رأس گوساله از هر تیمار خونگیری انجام شد. حدود ۳ میلی‌لیتر خون نیز به لوله‌های حاوی محلول EDTA انتقال داده شد و برای آزمایش هماتولوژی منظور شد و بلافاصله در داخل یخ به آزمایشگاه انتقال یافت. پارامترهای هماتولوژی از جمله گلبول‌های سفید خون، نوتروفیل، ائوزینوفیل، لنفوسیت و مونوسیت اندازه‌گیری شد و گلبول‌های قرمز خون، هموگلوبین، هماتوکریت، حجم متوسط

گلبول‌های قرمز، میانگین هموگلوبین‌های سلولی و میانگین غلظت هموگلوبین‌های سلولی نیز شمارش و محاسبه گردید. همچنین غلظت ایمنوگلوبین سرم به روش الایزا (X-Bio، بلژیک) تعیین شد.

در نهایت اطلاعات حاصل از آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و ۸ تکرار می‌باشد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS ویرایش ۹/۱ (۲۰۰۱) صورت گرفت. مدل آماری و فرضیات آزمایش به صورت زیر بود و مقایسات میانگین‌ها با آزمون توکی در سطح معنی داری ۵ درصد انجام شد. برای تجزیه و تحلیل اطلاعات از مدل آماری زیر و رویه GLM استفاده شد:

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

Y_{ij} = مقدار مشاهده تیمار i ام در تکرار j ام

μ = اثر میانگین

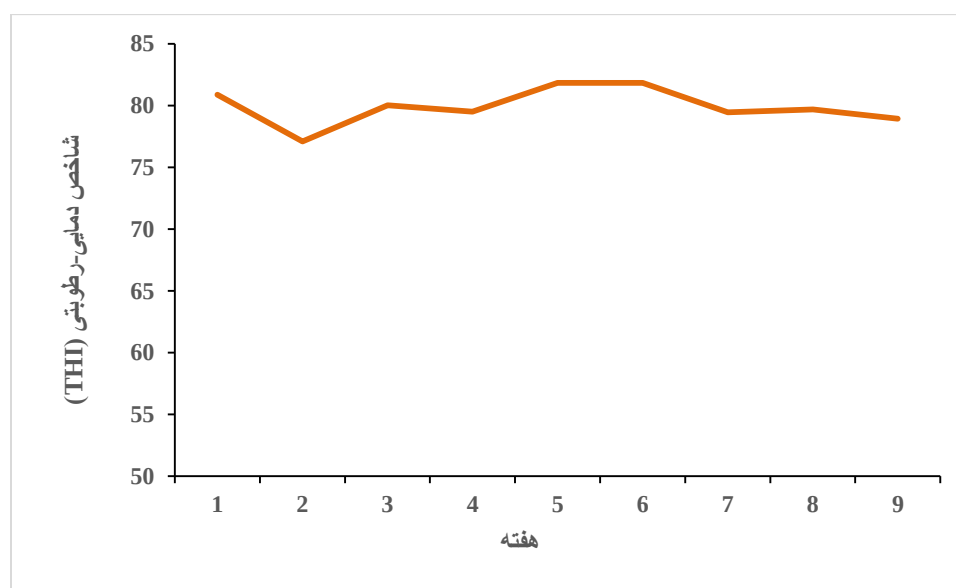
T_i = اثر تیمار i ام

e_{ij} = اثر خطای آزمایشی مربوط به تیمار i ام در تکرار j ام

شاخص دمایی-رطوبتی (THI)

جهت محاسبه شاخص دمایی-رطوبتی از داده‌های اداره هواشناسی شهرستان ساری استفاده شد. پژوهش حاضر بین ماه‌های تیر تا شهریور انجام شد که در شکل ۱ آمده است. داده‌های بدست آمده شامل حداکثر، حداقل و میانگین دما و درصد رطوبت نسبی روزانه بود که بر اساس فرمول Alfano (۲۰۱۱) محاسبه گردید:

$$THI = 0.46 + (14/4 - \text{بیشینه دما}) \times (100 / \text{کمینه رطوبت نسبی}) + \text{بیشینه دما} \times 0.8$$



نتایج و بحث

نتایج مربوط به تأثیر غنی‌سازی شیر با مکمل کروم بر عملکرد گوساله‌های شیرخوار در جدول ۲ نشان داده شده است. با توجه به مطالعه حاضر افزایش وزن کل دوره، میانگین افزایش وزن روزانه، مصرف ماده خشک کل دوره و وزن نهایی در تیمار مصرف‌کننده شیر غنی شده با مکمل نانو ذرات کروم نسبت به سایر تیمارها افزایش یافت ($P < 0.05$). همچنین ضریب تبدیل غذایی در تیمار مصرف‌کننده شیر غنی شده با مکمل نانو ذرات کروم کمتر از سایر تیمارها بوده است ($P < 0.05$). همچنین Kargar و همکاران (۲۰۱۸) بیان داشتند که افزودن مکمل کروم آلی به شیر سبب بهبود مصرف خوراک در گوساله‌های شیرخوار می‌شود. همچنین سیفعلی‌نسب و همکاران (۱۳۹۸) گزارش کردند که افزودن ۳ میلی‌گرم کروم آلی به جیره بره‌ها نسبت به ۱/۵ میلی‌گرم کروم آلی وزن نهایی بیشتری را در پی دارد. در مطالعه Mousaie و همکاران (۲۰۱۴) آمده است که افزودن مکمل کروم آلی به جیره گوسفندان سبب افزایش مصرف خوراک و میانگین افزایش وزن روزانه شد. همچنین Bell و همکاران (۲۰۰۵) در تحقیق خود نشان دادند که افزودن مکمل فرم آلی به جیره پایه، افزایش وزن گوساله‌های پرواری را به‌طور خطی افزایش می‌دهد. در تضاد با پژوهش حاضر، Ghorbani و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که مصرف مکمل کروم-میتوین در شیر مصرفی گوساله بر مصرف خوراک آغازین و ماده خشک مصرفی کل دوره تأثیری نداشت. عدم معنی‌داری افزایش وزن و مصرف خوراک در گوساله‌های مصرف‌کننده کروم در گزارشات Kraidees و همکاران (۲۰۰۹) و Bunting و همکاران (۱۹۹۴) نیز آمده است. در پژوهشی گزارش شده است که تغذیه مکمل معدنی کروم در گوساله‌ها تأثیر معنی‌داری بر وزن نهایی، افزایش وزن روزانه و مصرف ماده خشک نداشته است (Ryan و همکاران، ۲۰۱۵). اشکال مختلف کروم با توجه به تفاوت در نرخ جذب از دستگاه گوارش می‌تواند در غلظت‌های مختلف اثرات متفاوتی بر عملکرد رشد دام داشته باشد و همچنین شرایط آب و هوایی و دمای محیط نیز می‌تواند بر عملکرد رشد دام و پاسخ آن به مصرف کروم تأثیرگذار باشد (Soltan، ۲۰۱۰). با در نظر گرفتن نقش کروم در متابولیسم کربوهیدرات‌ها و لیپیدها در سلول‌های بدن و ترشح انسولین و تأثیر مثبت آن بر رشد و سرعت رشد (اسدی و همکاران، ۱۴۰۳a)، می‌توان به این نتیجه رسید که احتمالاً استفاده از کروم در تغذیه گوساله‌ها، بویژه نانو ذرات کروم که قابلیت دسترسی و هضم و جذب بهتری دارند، افزایش مصرف خوراک و به دنبال آن بهبود در عملکرد گوساله‌ها را به همراه داشته است (Kargar و همکاران، ۲۰۱۸). نتایج مختلف می‌تواند به دلیل نوع گونه، شکل و سطح مکمل کروم، سن حیوان و توسعه دستگاه گوارش حیوان باشد.

جدول ۲- تأثیر غنی سازی شیر با مکمل کروم بر عملکرد گوساله های شیرخوار

P-Value	SEM	تیمارهای آزمایشی				عملکرد
		نانو ذرات کروم	کروم- متیونین	کروم معدنی	شاهد	
۰/۳۰۴۸	۱/۳۸۷	۳۷/۰۰	۳۸/۵۰	۳۶/۷۵	۳۶/۲۵	وزن تولد (کیلوگرم)
۰/۰۰۰۱	۰/۶۲۹	۹/۷۸ ^a	۸/۵۲ ^b	۸/۴۶ ^b	۸/۰۴ ^b	افزایش وزن ۱-۲۱ (کیلوگرم)
۰/۰۰۰۱	۴۴/۷۶۹	۴۶۵/۷۱ ^a	۴۰۵/۷۱ ^b	۴۰۲/۸۵ ^b	۳۸۲/۸۵ ^b	افزایش وزن روزانه ۱-۲۱ (گرم)
۰/۸۷۹۹	۳۵/۶۰۴	۶۳۲/۷۹	۶۳۹/۰۸	۶۳۰/۶۲	۶۱۷/۴۴	مصرف ماده خشک ۱-۲۱ (گرم)
۰/۰۰۶۴	۰/۰۹۸	۱/۳۵ ^a	۱/۵۷ ^b	۱/۵۶ ^b	۱/۶۱ ^b	ضریب تبدیل غذایی ۱-۲۱
۰/۴۷۵۵	۲/۴۸۹	۴۶/۷۸	۴۷/۰۲	۴۵/۲۱	۴۴/۲۹	وزن روز ۲۱ (کیلوگرم)
۰/۴۱۸۷	۰/۷۴۱	۱۰/۸۱	۱۰/۳۲	۱۰/۲۸	۹/۴۹	افزایش وزن ۲۲-۴۲ (کیلوگرم)
۰/۰۰۰۱	۲۹/۳۳۳	۵۱۴/۷۶ ^a	۴۹۱/۴۲ ^{ab}	۴۸۹/۵۱ ^{ab}	۴۵۱/۹۰ ^b	افزایش وزن روزانه ۲۲-۴۲ (گرم)
۰/۰۰۰۱	۹۷/۰۴۴	۱۴۵۶/۰۰	۱۴۳۳/۱۳	۱۴۱۶/۸۸	۱۳۸۸/۶۲	مصرف ماده خشک ۲۲-۴۲ (گرم)
۰/۱۵۱۲	۰/۲۱۶	۲/۸۳	۲/۹۱	۲/۸۹	۳/۰۷	ضریب تبدیل غذایی ۲۲-۴۲
۰/۰۳۱۱	۳/۰۴۱	۵۷/۵۹ ^a	۵۷/۳۴ ^a	۵۵/۴۹ ^{ab}	۵۳/۷۸ ^b	وزن روز ۴۲ (کیلوگرم)
۰/۰۰۰۱	۰/۸۹۹	۱۳/۷۷ ^a	۹/۵۶ ^b	۹/۶۱ ^b	۱۰/۷۱ ^b	افزایش وزن ۴۳-۶۳ (کیلوگرم)
۰/۰۰۰۱	۳۸/۷۱۴	۶۵۵/۷۱ ^a	۵۹۰/۹۵ ^b	۴۵۷/۶۲ ^c	۵۱۰/۰۰ ^c	افزایش وزن روزانه ۴۳-۶۳ (گرم)
۰/۰۰۰۱	۱۱۵/۹۲	۲۰۱۶/۱۷ ^a	۱۷۸۰/۶۸ ^b	۱۷۴۷/۴۱ ^b	۱۸۲۶/۸۴ ^b	مصرف ماده خشک ۴۳-۶۳ (گرم)
۰/۰۰۰۱	۰/۰۹۸	۳/۰۷ ^b	۳/۰۱ ^b	۳/۸۱ ^a	۳/۵۸ ^a	ضریب تبدیل غذایی ۴۳-۶۳
۰/۰۲۴۷	۱/۸۹۹	۷۱/۳۶ ^a	۶۶/۹۰ ^b	۶۴/۱۰ ^b	۶۴/۴۹ ^b	وزن نهایی ۶۳ (کیلوگرم)
۰/۰۰۱۱	۱/۴۷۹	۳۴/۳۶ ^a	۲۸/۴۰ ^b	۲۷/۳۵ ^b	۲۸/۲۴ ^b	افزایش وزن کل دوره ۱-۶۳ (کیلوگرم)
۰/۰۰۰۱	۳۴/۲۸۸	۵۴۵/۳۹ ^a	۴۵۰/۷۹ ^b	۴۳۴/۱۲ ^b	۴۴۸/۲۵ ^b	افزایش وزن روزانه ۱-۶۳ (گرم)
۰/۰۰۰۱	۴۷/۱۱۱	۱۳۴۵/۳۹ ^a	۱۲۸۵/۷۱ ^b	۱۲۶۴/۱۹ ^b	۱۲۴۴/۲۷ ^b	مصرف ماده خشک ۱-۶۳ (گرم)
۰/۰۰۳۳	۰/۰۷۹	۲/۴۶ ^b	۲/۸۵ ^a	۲/۹۱ ^a	۲/۷۷ ^a	ضریب تبدیل غذایی ۱-۶۳

^{a-b}: حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار می باشد ($P < 0.05$).

SEM: خطای استاندارد میانگین ها

نتایج مربوط به تأثیر غنی سازی شیر با مکمل کروم بر شاخص های رشد اسکلتی گوساله های شیرخوار در جدول ۳ نشان داده شده است. مطالعه حاضر نشان می دهد که تا روز ۴۲ اختلاف معنی داری بین شاخص های رشد اسکلتی گوساله های گروه های مختلف وجود داشت ($P > 0.05$) اما در روز ۶۳ دوره، طول بدن، ارتفاع جدوگاه، محیط شکم، محیط قفسه سینه و فاصله دو شاخ در گوساله های دریافت کننده نانو ذرات کروم بیشتر از سایر گوساله ها بود

(P<۰/۰۵). در پژوهشی اثرات مکمل کروم بر عملکرد رشد گوساله‌های شیرخوار هلشتاین تحت استرس گرمایی نشان داد که استفاده از مکمل کروم در گوساله‌های شیر خوار نتوانست سبب بهبود عملکرد وزن و رشد اسکلتی در گوساله‌های شیرخوار شود (سیف‌زاده و همکاران، ۱۳۹۹). در مطالعه‌ای Marcondesand و Silva (۲۰۲۱) بیان کردند که در طول دوره شیرخواری، اندازه بدن عمدتاً تحت تأثیر پتانسیل ژنتیکی، تغذیه و سیاست مدیریتی است. نتایج به دست آمده از این پژوهش با گزارشات Kargar و همکاران (۲۰۱۸) همخوانی دارد.

جدول ۳- تأثیر غنی‌سازی شیر با مکمل کروم بر شاخص‌های رشد اسکلتی گوساله شیرخوار

P-Value	SEM	تیمارهای آزمایشی			شاخص اسکلتی (سانتی متر)
		نانو ذرات کروم	کروم-متیونین	کروم معدنی	
روز اول					
۰/۶۷۶۷	۲/۴۴۷	۷۹/۸۴	۸۰/۰۲	۷۹/۱۹	۷۸/۴۴
۰/۷۴۹۱	۲/۶۹۹	۷۱/۵۵	۷۲/۶۰	۷۲/۱۱	۷۱/۶۹
۰/۶۱۹۷	۱/۷۶۱	۸۱/۴۳	۸۰/۸۹	۸۱/۰۰	۸۰/۱۲
۰/۵۶۲۲	۲/۷۵۵	۷۸/۰۹	۷۸/۷۱	۷۹/۴۱	۷۸/۵۵
۰/۴۱۰۲	۰/۱۱۲	۸/۹۴	۹/۰۷	۹/۰۲	۸/۸۸
۰/۵۰۸۸	۰/۱۲۷	۹/۸۶	۹/۷۴	۹/۷۸	۹/۶۶
۰/۸۴۲۷	۰/۰۶۶	۵/۲۳	۵/۲۹	۵/۱۹	۵/۲۴
روز ۲۱					
۰/۲۴۱۱	۲/۴۱۹	۹۱/۸۷	۹۱/۶۲	۸۹/۵۵	۸۸/۱۶
۰/۴۸۷۷	۱/۹۸۸	۸۰/۹۸	۸۱/۰۲	۷۹/۷۲	۷۸/۶۹
۰/۷۴۰۲	۲/۴۱۷	۸۹/۶۱	۸۸/۴۷	۸۷/۲۰	۸۶/۲۸
۰/۱۱۱۴	۲/۲۲۶	۹۰/۷۹	۹۰/۲۸	۸۹/۵۲	۸۸/۴۲
۰/۷۹۶۰	۰/۶۴۴	۱۰/۲۴	۱۰/۰۱	۹/۹۸	۹/۷۴
۰/۲۴۸۹	۰/۴۷۸	۱۱/۹۲	۱۱/۷۹	۱۱/۰۰	۱۰/۸۶
۰/۷۴۷۰	۰/۴۲۱	۵/۴۷	۵/۴۸	۵/۴۲	۵/۳۳
روز ۴۲					

۰/۶۹۰۱	۲/۴۴۶	۱۰۸/۰۳	۱۰۷/۰۳	۱۰۴/۱۸	۱۰۲/۰۰	طول بدن
۰/۵۱۲۰	۲/۸۴۸	۹۵/۹۲	۹۴/۸۱	۹۳/۷۶	۹۲/۴۷	ارتفاع جدوگاه
۰/۱۸۴۷	۴/۰۰۱	۱۰۶/۹۲	۱۰۵/۷۴	۱۰۴/۰۱	۱۰۲/۷۴	محیط شکم
۰/۴۷۴۷	۴/۶۲۲	۱۰۲/۸۸	۱۰۳/۰۰	۱۰۱/۱۹	۹۹/۴۶	محیط قفسه سینه
۰/۵۵۴۴	۰/۲۱۶	۱۲/۹۶	۱۱/۹۹	۱۱/۵۶	۱۱/۲۷	فاصله دو شاخ
۰/۶۹۲۲	۰/۴۴۴	۱۲/۲۱	۱۱/۹۶	۱۱/۹۲	۱۱/۷۴	فاصله چشم‌ها
۰/۱۶۸۹	۰/۰۹۹	۶/۲۴	۶/۱۷	۶/۰۹	۵/۹۲	عرض پوزه
روز ۶۳						
۰/۰۲۱۲	۲/۸۴۷	۱۲۱/۷۶ ^a	۱۱۶/۵۴ ^{ab}	۱۰۸/۲۲ ^b	۱۰۶/۷۵ ^b	طول بدن
۰/۰۱۷۷	۲/۵۴۸	۱۱۱/۱۲ ^a	۹۸/۰۸ ^b	۹۹/۸۹ ^b	۹۷/۱۴ ^b	ارتفاع جدوگاه
۰/۰۰۰۱	۱/۰۱۲	۱۱۵/۹۲ ^a	۱۰۹/۱۲ ^b	۱۰۸/۰۰ ^b	۱۰۶/۵۵ ^b	محیط شکم
۰/۰۰۰۱	۴/۵۵۴	۱۱۴/۶۰ ^a	۱۱۰/۰۸ ^{ab}	۱۰۶/۰۰ ^b	۱۰۵/۰۴ ^b	محیط قفسه سینه
۰/۰۳۳۱	۰/۴۹۴	۱۴/۵۶ ^a	۱۳/۲۱ ^{ab}	۱۲/۷۷ ^b	۱۲/۴۱ ^b	فاصله دو شاخ
۰/۷۹۴۰	۰/۲۰۱	۱۴/۰۶	۱۳/۷۴	۱۳/۴۱	۱۲/۷۲	فاصله چشم‌ها
۰/۶۶۱۲	۰/۰۸۸	۶/۷۴	۶/۶۱	۶/۵۲	۶/۲۹	عرض پوزه

^{a-b}: حروف غیر مشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشد ($P < 0.05$).

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها

نتایج مربوط به تأثیر غنی‌سازی شیر با مکمل کروم بر وضعیت سلامت و اسهال گوساله‌های شیرخوار در جدول ۴ نشان داده شده است. دمای رکتوم، نرخ تنفس و ضربان قلب تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت ($P > 0.05$). قوام مدفوع، تعداد دام مبتلا به اسهال و روزهای ابتلا به اسهال در گوساله‌های مصرف‌کننده شکل‌های مختلف کروم نسبت به گروه شاهد کاهش یافت ($P < 0.05$). همسو با پژوهش حاضر، در مطالعه‌ای نشان داده شد که استفاده از مکمل آلی کروم-متیونین بر شاخص‌های سلامت گوساله‌های شیرخوار هلشتاین، مکمل کردن جیره با کروم تأثیر معنی‌داری بر دمای رکتوم نداشت همچنین آنها بیان داشتند که کروم سبب کاهش نمره مدفوع می‌شود (Yari و همکاران، ۲۰۱۰). در راستا با نتایج حاضر اسدی و همکاران (۱۴۰۳) بیان داشتند که استفاده از شکل‌های معدنی، آلی و نانو ذرات کروم سبب کاهش ابتلا به اسهال بره‌های تازه متولد شده افشاری می‌شود. همچنین در پژوهشی دیگر با بررسی اثرات کروم بر روی گاوهای شیری تأثیر معنی‌داری در دمای رکتوم مشاهده نکردند (Mirzaei و همکاران، ۲۰۱۱). در مطالعه‌ای دیگر نتایج نشان دادند که تغذیه مکمل کروم در گوساله‌های پرواری تحت تنش گرمایی تأثیر معنی‌داری را در دمای رکتوم ایجاد نکرد (Kegley و همکاران، ۱۹۹۵). در پژوهشی دیگر نتایج نشان

داد که استفاده از مکمل کروم در جیره گوساله‌ها پرواری سبب افزایش تعداد تنفس شد (Ghorbani و همکاران، ۲۰۱۲). در پژوهشی گزارش شد که استفاده از مکمل کروم در گوساله‌های شیرخوار سبب کاهش تعداد تنفس و افزایش قوام مدفوع در مقایسه با گروه شاهد شد (Habibi و همکاران، ۲۰۱۹). یکی از مهمترین بیماری‌ها در گوساله‌های شیرخوار اسهال است که باعث مرگ و میر گوساله‌ها شده و بر سلامت و اقتصاد گله تأثیر می‌گذارد (Ghosh و همکاران، ۲۰۱۱). قوام مدفوع تا حد زیادی به محتوای آب بستگی دارد و تابعی از رطوبت خوراک و میانگین زمان ماندگاری خوراک در دستگاه گوارش حیوانات است (Kononoff و همکاران، ۲۰۱۶). در هفته‌های اول زندگی که مصرف خوراک آغازین بسیار کم است اسکور مدفوع و اسهال گوساله‌ها به عوامل فیزیولوژیکی، محیطی، بهداشتی و مدیریتی بستگی دارد و کمتر تحت تأثیر نوع و ترکیب خوراک آغازین قرار می‌گیرد (اسدی و همکاران، ۱۴۰۰). همسو با نتایج حاضر Ishikawa (۱۹۹۳) در یک مطالعه بر گوساله‌های شیرخوار مشاهده کرد که سطوح سلنیوم و کروم در گوساله‌های مبتلا به اسهال مداوم پایین بوده است. او گزارش کرد که در این گوساله‌ها هیچ‌گونه پاتوژن اختصاصی قابل تشخیص وجود نداشته است. همه‌ی گوساله‌های مبتلا به اسهال نسبت به درمانی که در آن از سلنیوم و کروم استفاده شده بود پاسخ مثبت دادند لذا در موارد اسهال‌های مداوم گوساله‌ها می‌توان کمبود این دو ماده‌ی آنتی اکسیدان را نیز مد نظر داشت. همچنین، مطالعات بر روی گوساله‌های تحت استرس‌های قطع شیر، حمل و نقل و محدودیت مصرف نیز نشان داد که استفاده از کروم در خوراک آنها موجب بهبود عملکرد سیستم ایمنی و کاهش ابتلا به بیماری‌های تنفسی و اسهال می‌شود (Spears، ۲۰۰۰).

جدول ۴- تأثیر غنی‌سازی شیر با مکمل کروم بر امتیاز مدفوع گوساله‌های شیرخوار

P-Value	SEM	تیمارهای آزمایشی				شاهد
		نانو ذرات کروم	کروم-متیونین	کروم معدنی	کروم معدنی	
۰/۱۴۱۱	۰/۷۴۹	۳۷/۹۴	۳۸/۲۹	۳۸/۴۴	۳۹/۱۹	دمای رکتوم (سانتی‌گراد)
۰/۰۹۸۸	۲/۵۶۵	۵۰/۰۱	۵۱/۶۰	۵۲/۱۲	۵۵/۷۸	نرخ تنفس (تعداد در دقیقه)
۰/۰۸۱۱	۴/۹۵۵	۱۲۵/۱۶	۱۲۸/۶۵	۱۲۲/۷۴	۱۱۷/۰۸	ضربان قلب (تعداد در دقیقه)
۰/۰۰۰۱	۰/۰۵۷	۱/۳۵ ^c	۱/۸۲ ^b	۲/۱۱ ^{ab}	۲/۴۱ ^a	قوام مدفوع
۰/۰۰۱۱	۰/۰۱۸۹	۲/۰۰ ^c	۳/۰۰ ^b	۳/۰۰ ^b	۴/۰۰ ^a	تعداد دام مبتلا به اسهال
۰/۰۰۰۴	۰/۲۵۱	۱/۵۰ ^c	۲/۵۰ ^b	۲/۲۵ ^b	۳/۰۰ ^a	روزهای ابتلا به اسهال

^{a-b}: حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشد ($P < 0.05$).

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها

نتایج مربوط به تأثیر غنی‌سازی شیر با مکمل کروم بر هماتولوژی گوساله‌های شیرخوار در جدول ۵ نشان داده شده است. مقدار گلبول قرمز، هموگلوبین و هماتوکریت خون گوساله‌ها تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت بطوریکه تیمارهای دریافت‌کننده نانو ذرات کروم نسبت به سایر تیمارها مقدار گلبول قرمز و هموگلوبین بالاتری را نشان داد ($P < 0.05$) همچنین مقدار هماتوکریت خون گوساله‌های دریافت‌کننده کروم به شکل‌های کروم-متیونین و نانو ذرات کروم نسبت به تیمار شاهد و کروم معدنی مقدار بالاتری را نشان داد ($P < 0.05$). اما سایر فراسنجه‌های هماتولوژی شامل پلاکت، حجم متوسط هموگلوبین، میانگین هموگلوبین سلولی، میانگین غلظت هموگلوبین، گلبول سفید، نوتروفیل، ائوزینوفیل، مونوسیت و لنفوسیت تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت ($P > 0.05$). همسو با پژوهش حاضر، در مطالعه‌ای نشان داده شد که استفاده از مکمل کروم به شکل‌های معدنی، آلی و نانو ذرات در میش‌های افشاری سبب افزایش مقدار گلبول قرمز، هموگلوبین و هماتوکریت خون نسبت به گروه شاهد می‌شود (اسدی و همکاران، ۱۴۰۳). گزارش شده است که شمارش خون کل لکوسیت‌ها و لنفوسیت‌ها و نسبت نوتروفیل به لنفوسیت در بزهای تغذیه شده با مکمل کروم افزایش یافته است (Haldar و همکاران، ۲۰۰۹). به‌طور مشابه، گزارش شده است که لنفوسیت‌ها و نوتروفیل‌ها در گوساله‌هایی که از مکمل کروم تغذیه می‌کنند، افزایش یافته است (Arthington و همکاران، ۱۹۹۷). بطور کلی نتایج پژوهشگران نشان می‌دهند که استفاده از کروم سبب بهبود ایمنی می‌شود (Rahmani و همکاران، ۲۰۱۷؛ Moonsie و Mowat، ۱۹۹۳؛ Kegley و Spears، ۱۹۹۵)؛ در حالی که برخی دیگر اثر مکمل کروم را بر پاسخ ایمنی در نشخوارکنندگان مطالعه کرده‌اند و گزارش کرده‌اند که مکمل کروم هیچ تأثیری بر پاسخ‌های ایمنی و عملکرد نوتروفیل نداشته است (Faldyna و همکاران، ۲۰۰۳؛ Yuan و همکاران، ۲۰۱۴؛ Kafilzadeh و همکاران، ۲۰۱۲؛ Bernhard و همکاران، ۲۰۱۲). طبق گزارش Bhattacharya و همکاران (۲۰۰۶)، حیوانات در مواجهه با استرس گرمایی مزمن، واسطه‌های متابولیک خون را از دست می‌دهند و در نتیجه غلظت هموگلوبین و هماتوکریت کاهش می‌یابد. گلبول‌های قرمز مسئول اکسیژن رسانی بافت هستند، بنابراین هر چه تعداد گلبول‌های قرمز بیشتر باشد به‌طور مستقیم بر ظرفیت اکسیژن رسانی بافت تأثیر می‌گذارد. نتایج نشان می‌دهد فعالیت ایمونولوژیکی مکمل کروم سبب کاهش تأثیر منفی استرس حرارتی و بهبود سیستم ایمنی در نشخوارکنندگان می‌شود (Qi و همکاران، ۲۰۱۸). اگرچه مسیر خاصی که کروم سیستم ایمنی را بهبود می‌بخشد هنوز مشخص نشده است، مطالعات نشان داد که کروم باعث کاهش سطوح سرم کورتیزول می‌شود (Besong و همکاران، ۲۰۰۱؛ Depew و همکاران، ۱۹۹۸؛ Kafilzadeh و همکاران، ۲۰۱۲). مشخص شده است که کورتیزول بالاتر با مهار تولید و عملکرد آنتی‌بادی‌ها و کاهش تعداد و فعالیت لنفوسیت‌ها، سرکوب‌کننده سیستم ایمنی است (Sordillo و Aitken، ۲۰۰۹). همچنین، انسولین و کورتیزول به‌طور متضاد بر متابولیسم عمل می‌کنند و به خوبی

ثابت شده است که مکمل کروم پتانسیل افزایش سطح انسولین را دارد (Abdelnour و همکاران، ۲۰۱۹). بنابراین، این آنتاگونیست و تغییر متابولیسم عمومی بدن توسط کروم فرآورده‌های تولید، تکثیر و فعال سازی سلول‌های ایمنی و همچنین مقاومت بدن در برابر بیماری‌ها شود. تناقض بین مطالعات انجام شده به نظر می‌رسد به عوامل دیگری مانند نوع و شدت موقعیت استرس‌زا که حیوان در آن قرار می‌گیرد، جیره پایه، نوع دام و شکل شیمیایی مکمل کروم در تعدیل پاسخ ایمنی هومورال دخیل است.

جدول ۵- تأثیر غنی‌سازی شیر با مکمل کروم بر هماتولوژی خون گوساله‌های شیرخوار

P-Value	SEM	تیمارهای آزمایشی				هماتولوژی خون
		شاهد	کروم معدنی	کروم-متیونین	نانو ذرات کروم	
۰/۰۰۰۱	۰/۸۷۷	۱۰/۱۰ ^b	۱۰/۸۷ ^b	۱۱/۰۱ ^b	۱۲/۹۶ ^a	گلبول قرمز (تعداد کل / لیتر)
۰/۰۰۰۱	۱/۰۰۴	۹/۰۰ ^b	۱۰/۲۲ ^b	۱۰/۴۱ ^b	۱۲/۷۸ ^a	هموگلوبین (میلی مول / لیتر)
۰/۰۰۰۱	۰/۰۲۹	۰/۲۶ ^b	۰/۳۱ ^b	۰/۴۸ ^a	۰/۵۲ ^a	هماتوکریت (L/L)
۰/۶۲۴۷	۴۹/۵۵۴	۸۰۶/۲۴	۸۱۴/۱۷	۷۹۹/۷۸	۸۱۰/۵۵	پلاکت (گرم / لیتر)
۰/۷۴۸۱	۳/۸۷۴	۳۸/۹۹	۳۹/۱۴	۴۰/۵۶	۴۰/۹۲	حجم متوسط هموگلوبین (فمتومول)
۰/۷۹۶۶	۰/۰۱۱	۰/۶۷	۰/۷۲	۰/۶۹	۰/۷۱	میانگین هموگلوبین سلولی (فمتولیت)
۰/۶۲۲۲	۲/۴۱۱	۲۸/۸۷	۲۹/۶۶	۲۷/۰۹	۲۹/۷۴	میانگین غلظت هموگلوبین (میلی مول / لیتر)
۰/۴۸۹۷	۱/۰۲۴	۱۱/۰۸	۱۱/۷۸	۱۲/۶۳	۱۲/۶۸	گلبول سفید (گرم / لیتر)
۰/۸۴۷۷	۰/۳۲۷	۱۰/۸۵	۱۱/۲۷	۱۲/۸۹	۱۱/۰۸	نوتروفیل (درصد)
۰/۷۴۸۹	۱/۹۶۷	۲۴/۵۶	۲۶/۱۲	۲۶/۳۳	۲۷/۲۷	ائوزینوفیل (درصد)
۰/۳۱۱۱	۰/۰۱۷	۲/۷۴	۲/۶۸	۲/۵۹	۲/۶۲	مونوسیت (درصد)
۰/۵۴۵۴	۳/۴۱۲	۵۹/۱۴	۵۷/۴۴	۵۶/۰۰	۵۷/۲۷	لنفوسیت (درصد)

^{a-b}: حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشد ($P < 0/05$).

نتایج مربوط به تأثیر غنی‌سازی شیر با مکمل کروم بر ایمونوگلوبولین خون گوساله‌های شیرخوار در جدول ۶ آمده- است. ایمونوگلوبولین G و ایمونوگلوبولین M تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت بطوریکه تیمار دریافت کننده نانوذرات کروم بیشترین مقدار نسبت به سایر تیمارها را نشان داد و همچنین کمترین مقدار ایمونوگلوبولین مختص گروه شاهد بود ($P < 0.05$). همسو با پژوهش حاضر اسدی و همکاران (۱۴۰۳) نشان دادند که دریافت اشکال مختلف کروم سبب افزایش ایمونوگلوبولین سرم بره‌های شیرخوار نسبت به گروه شاهد می‌شود. همچنین افزایش ایمونوگلوبولین G و ایمونوگلوبولین M تحت تأثیر دریافت نانو ذرات کروم در گزارش Moonsie-Shageer و Mowat (۱۹۹۳) نیز آمده‌است. همسو با پژوهش حاضر نشان داده‌شد، که مکمل کروم باعث بهبود غلظت ایمونوگلوبولین تام پلاسما و ایمونوگلوبولین G در گوساله‌های گاومیش شد (Deka, ۲۰۱۳). در تضاد با این نتایج، Kegley و همکاران (۱۹۹۷) بیان داشتند که کروم تأثیر معنی‌داری بر ایمونوگلوبولین M گوساله‌های تحت تنش حمل و نقل ندارد. همچنین در گزارش Terramoccia و همکاران (۲۰۰۵) افزایش ایمونوگلوبولین و کاهش سطح کورتیزول خون و بهبود وضعیت ایمنی گوساله‌های گاومیش تحت تأثیر دریافت کروم آمده‌است. پژوهشگران گزارش کردند که افزودن ۱ میلی گرم در هر کیلو گرم ماده خشک جیره مکمل کروم، تأثیرات مثبتی بر ایمنی سلولی و ایمنی هومورال در گوساله‌های گاومیش تحت استرس حرارتی دارد. آن‌ها نشان دادند که در گوساله‌های گاومیش دریافت کننده کروم نسبت به تیمار شاهد، افزایش تکثیر مقادیر لنفوسیت B و T، فعالیت فاگوسیتوز نوتروفیل‌ها و ایمونوگلوبولین پلاسما وجود دارد (Kumar و همکاران، ۲۰۱۵).

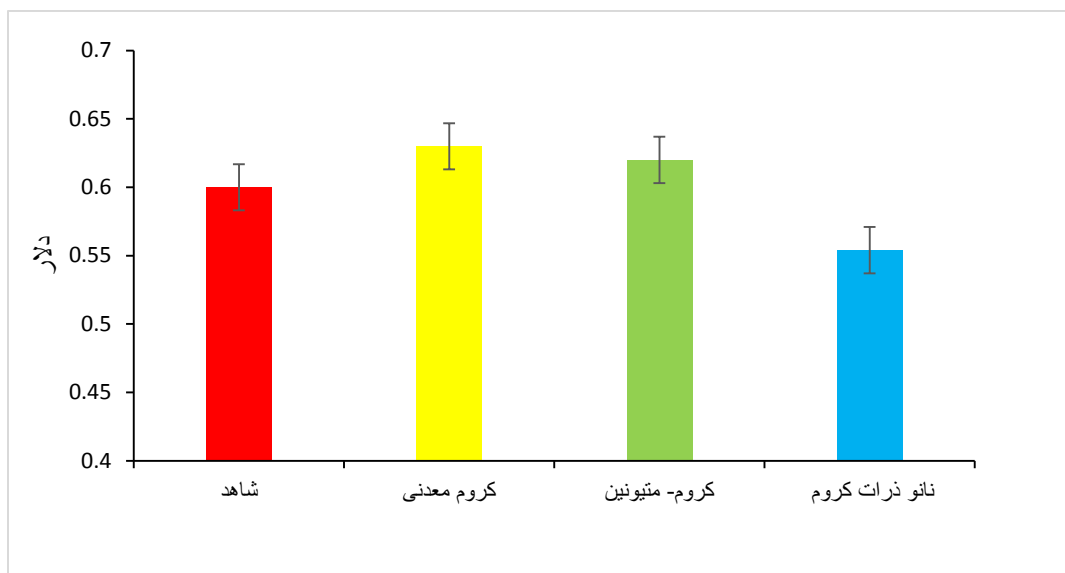
جدول ۶- تأثیر غنی‌سازی شیر با مکمل کروم بر ایمونوگلوبولین خون گوساله‌های شیرخوار

P-Value	SEM	تیمارهای آزمایشی				ایمونوگلوبولین خون
		نانو ذرات کروم	کروم- متیونین	کروم معدنی	شاهد	
۰/۰۰۰۱	۱/۱۱۷	۱۴/۲۸ ^a	۱۱/۷۱ ^b	۱۰/۹۷ ^b	۹/۱۵ ^c	ایمونوگلوبولین G (میلی گرم / میلی لیتر)
۰/۰۰۰۱	۰/۰۵۵	۱/۱۲ ^a	۰/۹۸ ^b	۰/۸۷ ^{bc}	۰/۸۱ ^c	ایمونوگلوبولین M (میلی گرم / میلی لیتر)

^{a-b}: حروف غیر مشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشد ($P < 0.05$).

SEM : خطای استاندارد میانگین‌ها

نتایج مربوط به تأثیر غنی‌سازی شیر با مکمل کروم بر هزینه خوراک مصرفی به ازای هر کیلوگرم افزایش وزن گوساله‌ها در جدول ۷ نشان داده شده است. با توجه به مطالعه حاضر هزینه کل خوراک، میانگین افزایش وزن روزانه، مصرف ماده خشک کل دوره و وزن نهایی در تیمارهای مختلف اختلاف معنی داری نداشت، اما هزینه کل خوراک در تیمار مصرف‌کننده شیرغنی شده با مکمل نانوذرات کروم نسبت به سایر تیمارها با توجه به مقدار خوراک مصرفی کمتر و افزایش سرعت رشد، کاهش یافت.



شکل ۷. هزینه خوراک مصرفی به ازای هر کیلوگرم افزایش وزن گوساله‌ها

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که غنی‌سازی شیر با مکمل کروم به شکل نانو ذرات سبب افزایش وزن نهایی، افزایش وزن روزانه، مصرف ماده خشک و شاخص‌های رشد اسکلتی، مقدار گلبول قرمز، هماتوکریت و هموگلوبین و بهبود ضریب تبدیل غذایی شد. قوام مدفوع، تعداد دام مبتلا به اسهال، روزهای ابتلا به اسهال و ایمونوگلوبولین در گوساله‌های مصرف‌کننده شکل‌های مختلف کروم بهبود یافت. براساس نتایج حاصل، افزودن ۳ میلی گرم مکمل کروم به شیر مصرفی گوساله‌های تازه بدنیا آمده به‌ویژه به شکل نانوذرات کروم جهت بهبود سلامت و عملکرد گوساله‌ها، توصیه می‌شود.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از گروه علوم دامی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به واسطه فراهم نمودن امکانات آزمایشگاهی و شرکت شیر و گوشت مهدشت ساری به واسطه در اختیار گذاشتن امکانات مزرعه‌ای پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

اسدی، م.، قورچی، ت.، توغدری، ع.، رجبی علی آبادی، ر.، ایری توماج، ر. و صحنه، م. (۱۴۰۰). مقایسه مقدار سلیوم و ویتامین E توصیه شده در NRC و ARC به دو روش خوراکی و تزریقی بر عملکرد، قابلیت هضم، برخی از متابولیت‌های خونی و شاخص‌های رشد اسکلتی گوساله‌های شیر خوار هلشتاین. پژوهش‌های علوم دامی (دانش کشاورزی)، ۳۱(۲): ۵۷-۶۹.

<https://doi.org/10.22034/as.2021.36647.1526>

اسدی، م.، قورچی، ت. و توغدری، ع. (۱۴۰۳). اثر شکل‌های مختلف کروم بر مصرف خوراک، فراسنجه‌های شکمبه‌ای و متابولیت‌های خونی میش‌های افشاری طی دوره انتقال و بره‌های آنها در شرایط تنش گرمایی. تحقیقات تولیدات دامی، ۱۳(۱): ۲۹-۴۷.

<https://doi.org/10.22124/ar.2023.24356.1763>

اسدی، م.، قورچی، ت. و توغدری، ع. (۱۴۰۳). اثر شکل‌های مختلف کروم بر تغییرات وزنی و آزمون تحمل گلوکز و انسولین میش‌های افشار در دوره انتقال تحت تأثیر تنش گرمایی. تولیدات دامی، ۲۶(۱): ۳۳-۴۴.

<https://doi.org/10.22059/jap.2024.365589.623760>

اسدی، م.، قورچی، ت. و توغدری، ع. (۱۴۰۳). تأثیر استفاده از شکل‌های مختلف کروم بر فراسنجه‌های هماتولوژی و وضعیت آنتی‌اکسیدانی میش‌های افشار در دوره انتقال و بره‌های آنها تحت تأثیر تنش گرمایی. علوم دامی ایران، ۵۵(۳): ۵۴۷-۵۶۳.

<https://doi.org/10.22059/ijas.2024.364592.653965>

سیف زاده، ص.، سیف دواتی، ج.، صحرایی، م.، رزم آذر، و. و بهکش نوشهری، ف. (۱۳۹۹). بررسی اثرات کروم -متیونین بر عملکرد رشد، فراسنجه‌های خونی و سلامت گوساله‌های شیرخوار هلشتاین تحت استرس گرمایی. نشریه پژوهش در نشخوارکنندگان، ۸(۲): ۱۰۹-۱۲۴.

<https://doi.org/10.22069/ejrr.2020.17667.1735>

سیفعلی نسب، ا.، موسائی، ا.، ستایی مختاری، م. و دوماری، ح. (۱۳۹۸). تأثیر مکمل آلی کروم بر عملکرد رشد، قابلیت هضم مواد مغذی، برخی فراسنجه‌های تخمیری شکمبه و متابولیت‌های خون در بره‌های پرواری. پژوهش‌های تولیدات دامی، ۱۰(۲): ۶۵-۷۴.

<http://dx.doi.org/10.29252/rap.10.23.65>

رمضانی، م.، سیف دواتی، ج.، سیف زاده، ص.، عبدی بنمار، ح. و رزم آذر، و. (۱۳۹۷). اثرات اسید لینولئیک مزدوج و ویتامین C بر عملکرد رشد، غلظت برخی متابولیت‌ها و شمارش سلول‌های خونی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین. نشریه پژوهش در نشخوار کنندگان، ۱۰۱-۱۱۶. <https://doi.org/10.22069/ejrr.2018.14986.1634>

عبداللهی، م.، رضائی، ج. و فضائی، ح. (۱۳۹۸). تأثیر منابع روی بر پروتئین میکروبی، ایموگلوبولین‌ها (M و A)، و فراسنجه‌های نیتروژنی خون گوساله‌های هلشتاین. نشریه پژوهش در نشخوار کنندگان، ۱۷-۳۲. <https://doi.org/10.22069/ejrr.2019.16018.1669>

- Abdelnour, S. A., Abd El-Hack, M. E., Khafaga, A. F., Arif, M., Taha, A. E., and Noreldin, A. E. (2019). Stress biomarkers and proteomics alteration to thermal stress in ruminants: A review. *Journal of thermal biology*, 79, 120-134 <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.12.013>.
- Arthington, J. D., Corah, L. R., Minton, J. E., Elsasser, T. H. and Blecha, F. (1997). Supplemental dietary chromium does not influence ACTH, cortisol, or immune responses in young calves inoculated with bovine herpesvirus-1. *Journal of animal science*. 75(1): 217-223. <https://doi.org/10.2527/1997.751217x>.
- Alfano, F. R. D. A. and Palella BI Riccio, G. (2011). Thermal environment assessment reliability using temperature-humidity indices. *Industrial Health*. 49(1): 95-106. <https://doi.org/10.2486/indhealth.ms1097>.
- Bell, A. W., Greenwood, P. L. and Ehrhardt, R. A. 2005. Regulation of metabolism and growth during prenatal growth. In: D. G. Burrin and H. J. Mersmann (ed.) *Biology of Metabolism in Growing Animals*. Elsevier Limited, Edinburgh, U.K.
- Bernhard, B. C., Burdick, N. C., Rounds, W., Rathmann, R. J., Carroll, J. A., Finck, D. N. and Johnson, B. J. (2012). Chromium supplementation alters the performance and health of feedlot cattle during the receiving period and enhances their metabolic response to a lipopolysaccharide challenge. *Journal of Animal Science*. 90(11): 3879-3888 <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4981>.
- Besong, S., Jackson, J. A., Trammell, D. S. and Akay, V. (2001). Influence of supplemental chromium on concentrations of liver triglyceride, blood metabolites and rumen VFA profile in steers fed a moderately high fat diet. *Journal of Dairy Science*. 84: 1679-1685. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74603-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74603-6).
- Besong, S., Jackson, J.A., Trammell, D.S. and Akay, V. (2001). Influence of supplemental chromium on concentrations of liver triglyceride, blood metabolites and rumen VFA profile in steers fed a moderately high fat diet. *Journal of Dairy Science*, 84: 1679-1685. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74603-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74603-6).
- Bhattacharya, A, Rahman, M. M., Mccarter, R., O'Shea, M. and Fernandes, G. (2006). Conjugated linoleic acid and chromium lower body weight and visceral fat mass in high-fat-diet-fed mice *Lipids*. 41: 437-444. <https://doi.org/10.1007/s11745-006-5117-3>.
- Broucek, J., Kisac, P., Uhrincat, M., Hanus, A. and Benc, F. (2008). Effect of high temperature on growth performance of calves maintained in outdoor hutches. *Journal of Animal Feed Science and Technology*, 17: 139-146. <https://doi.org/10.22358/jafs/66477/2008>.
- Bunting, L., Fernandez, J., Thompson, D. and Southern, L. (1994). Influence of chromium picolinate on glucose usage and metabolic criteria in growing Holstein calves. *Journal of Animal Science*. 72(6): 1591-1599. <https://doi.org/10.2527/1994.7261591x>.

- Deka RS (2013) Effect of chromium supplementation on immuneendocrine parameters, nutrient utilization and productive performance in lactating buffaloes. Ph.D. *thesis submitted to National Dairy Research Institute, Karnal, Haryana, India.* [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74583-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74583-3)
- Dikeman, M.E. (2007). Effects of metabolic modifiers on carcass traits and meat quality. *Journal of Meat Science*, 77: 121-135. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.04.011>
- Domínguez-Vara, I.A., González-Muñoz, S.S., Pinos-Rodríguez, J.M., Bórquez-Gastelum, J.L., Bárcena-Gama, R., Mendoza-Martínez, G., Zapata, L.E. and Landois-Palencia, L.L. (2009). Effect of feeding selenium-yeast and chromium-yeast to finishing lambs on growth, carcass characteristics, and blood hormones and metabolites. *Journal of Animal Feed Science and Technology*, 152: 42-49. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2009.03.008>.
- Dębski, B., Zalewski, W., Gralak, M. A. and Kosla, T. (2004). Chromium-yeast supplementation of chicken broilers in an industrial farming system. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 18(1): 47-51. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2004.02.003>.
- Depew, C. L., Bunting, L. D., Fernandez, J. M. and Tompson, D. L. (1998). Performance and metabolic response of young Dairy Calves Fed Diets supplemented with chromium Tripicolinate. *Journal of Dairy Science*. 8: 2916-2923. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75853-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75853-9).
- Faldyna, M., Pechova, A. and Krejci, J. (2003). Chromium supplementation enhances antibody response to vaccination with tetanus toxoid in cattle. *Journal of Veterinary Medicine Series B*, 50(7): 326-331. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0450.2003.00680.x>.
- Habibi, Z., Karimi-Dehkordi, S., Kargar, S. and Sadeghi, M. (2019). Grain source and chromium supplementation: Effects on health, metabolic status, and glucose insulin kinetics in Holstein heifer calves. *Journal of Dairy Science*. 102. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16619>.
- Haldar, S., Mondal, S., Samanta, S. and Ghosh, T. K. (2009). Effects of dietary chromium supplementation on glucose tolerance and primary antibody response against des petits ruminants in dwarf Bengal goats (*Capra hircus*). *Journal of Animal Science*. 3: 209-217. <https://doi.org/10.1017/S1751731108003418>
- Hassan, F.A, Mahmoud, R. and El-Araby, I.E. (2017). Growth performance, serum biochemical, economic evaluation and IL6 gene expression in growing rabbits fed diets supplemented with zinc nanoparticles. *Zagazig Veterinary Journal*, 45(3): 238-249. <https://doi.org/10.21608/zvzj.2017.7949>.
- Hill, E. K. and Li, J. (2017). Current and future prospects for nanotechnology in animal production. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 8(1): 1-13. <https://doi.org/10.1186/s40104-017-0157-5>.
- Ghorbani, A., Sadri, H., Alizadeh, A.R. and Bruckmaier, R.M. (2012). Performance and metabolic responses of Holstein calves to supplemental chromium in colostrum and milk. *Journal of Dairy Science*. 95: 5760- 5769.
- Ghosh, S., Mehla, R.K., Sirohi, S.K. and Tomar, S.K. (2011). Performance of crossbred calves with dietary supplementation of garlic extract. *Animal physiology and Animal Nutrition*, 95: 449-455. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2010.01071.x>.
- Ishikawa, H. (1993). Calf diarrhea accompanied with decrease of serum tocopherol and Sn concentrations in Japanese Black Cattle of a breeding farm. *The Tohoku Journal Veterinary Clinics* 16: 13-17. <https://doi.org/10.22034/as.2021.36647.1526>.

- Khan, M.A., Lee, H.J., Lee, W.S., Kim, H.S., Kim, S.B., Ki, K.S., Park, S.J., Ha, J.K., and Choi, Y.J. (2007). Starch source evaluation in calf starter: I. Feed consumption, body weight gain, structural growth, and blood metabolites in Holstein calves. *Journal of Dairy Science*. 90(11): 5259-5268. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0338>.
- Kargar, S., Mousavi, S., Karimi-Dehkordi, M. and Ghaffari, M.H, (2018). Growth performance, feeding behavior, health status, and blood metabolites of environmentally heat-loaded Holstein dairy calves fed diets supplemented with chromium. *Journal of Dairy Science*, 101: 1-12. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14154>.
- Kargar S, Mousavi F and Karimi-Dehkordi S (2018a). Effects of chromium supplementation on weight gain, feeding behaviour, health and metabolic criteria of environmentally heat-loaded Holstein dairy calves from birth to weaning. *Archives of Animal Nutrition* 72, <https://doi.org/10.1080/1745039X.2018.1510157>.
- Kegley E.B, Spears JW and Brown TT (1997) Effect of shipping and chromium supplementation on performance, immune response, and disease resistance of steers. *J Anim Sci* 75:1956–1964. <https://doi.org/10.2527/1997.7571956x>.
- Kegley, E.B, and Spears, J. W. (1995). Immune response, glucose metabolism, and performance of stressed feeder calves fed inorganic or organic chromium. *Journal of Animal Science*. 73: 2721-2726. <https://doi.org/10.2527/1995.7392721x>.
- Kafilzadeh, F. and Targhibi, M. R. (2012). Effect of chromium supplementation on productive and reproductive performances and some metabolic parameters in late gestation and early lactation of dairy cows. *Biological trace element research*. 149(1): 42-49. <https://doi.org/10.1007/s12011-012-9390-0>.
- Kumar, M., Kaur, H., Deka, R. S., Mani, V., Tyagi, A. K. and Chandra, G. (2015). Dietary inorganic chromium in summer-exposed buffalo calves (*Bubalus bubalis*): effects on biomarkers of heat stress, immune status, and endocrine variables. *Biological trace element research*. 167: 18-27. <https://doi.org/10.1007/s12011-015-0272-0>.
- Kraidees, M.S., Al-Haidary, I.A., Mufarrej, S.I., Al-Saiady, M.Y., Metwally, H.M. and Hussein, M.F. (2009). Effect of supplemental chromium levels on performance, digestibility and carcass characteristics of transport-stressed lambs. *Asian Australasian Journal of Animal Science*. 22: 1124-1132. <https://doi.org/10.5713/ajas.2009.80385>.
- Kegley, E. and Spears, J. 1995. Immune response glucose metabolism and performance of stressed feeder calves fed inorganic or organic chromium. *Journal of Animal Science*. 73(9): 2721-2726. <https://doi.org/10.2527/1995.7392721x>.
- Kononoff, P., J. Heinrichs, and G. Varga. (2016). Using manure evaluation to enhance dairy cattle nutrition. Technical Bulletin of The Pennsylvania State University, College of Agriculture Science, Cooperative Extension: DAS 02-51. *Department of Dairy and Animal Science*, The Pennsylvania State University, University Park.
- Marcondes, M.I. and Silva, A.L. (2021). Determination of energy and protein requirements of preweaned dairy calves: A multistudy approach. *Journal of Dairy Science*, 104(11): 11553-11566. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20272>.
- Marcondes, M.I. and Silva, A.L. (2021). Determination of energy and protein requirements of preweaned dairy calves: A multistudy approach. *Journal of Dairy Science*, 104(11): 11553-11566. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20272>.

- Mirzaei, M., Ghorbani, G., Khorvash, M., Rahmani, H. and Nikkhah, A. (2011). Chromium improves production and alters metabolism of early lactation cows in summer. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 95(1):81-89.
- Moazeni zadeh, M. H., Towhidi, A., Zhandi, M. and Rezayazdi, K. (2023). Effects of supplementation of some trace minerals on growth performance, biochemical, enzymatic, antioxidant, hormonal and hematological parameters in Holstein suckling calves. *Journal of Ruminant Research*, 11(1), 75-92. <https://doi.org/10.22069/ejrr.2022.20590.1863>.
- Moreira, P.S.A., Palhari, C. and Berber, R.C.A. (2020). Dietary chromium and growth performance animals: a review. *Scientific Electronic Archives*, 13(7): 59-66. <https://doi.org/10.36560/13620201151>.
- Mousaie, A., Valizadeh, R., Naserian, A. A., Heidarpour, M. and Kazemi Mehrjerdi, H. (2014). [Impacts of feeding selenium-methionine and chromiummethionine on performance, serum components, antioxidant status and physiological responses to transportation stress of Baluchi ewe lambs. Biological Trace Element Research. 162: 113–123. http://dx.doi.org/10.1007/s12011-014-0162-x](http://dx.doi.org/10.1007/s12011-014-0162-x)
- NRC. (2005). Mineral Tolerance of Animals. National Academies Press, Washington, DC. USA. 183 Pp.
- Ohh, S. J., and Lee, J. Y. (2005). Dietary chromium-methionine chelate supplementation and animal performance. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 18(6): 898-907. <https://doi.org/10.5713/ajas.2005.898>.
- Phan, T.T.V., Huynh, T.C., Manivasagan, P., Mondal, S. and Oh, J. (2020). An up-to-date review on biomedical applications of palladium nanoparticles. *Nanomaterials*, 10(1): 66. <https://doi.org/10.3390/nano10010066>.
- Puertollano, M.A., Puertollano, E., De Cienfuegos, G.A. and De Pablo, M.A. (2011). Dietary antioxidants: immunity and host defense. *Current Topics in Medicinal Chemistry*, 11: 1752–1766. <https://doi.org/10.2174/156802611796235107>.
- Qi, Z., Gao, J., Zhao, C., Zhang, Y., Liu, Y., Wang, X. and Li, H. (2018). PSXVII-30 Effects of dietary supplementation of yeast chromium and dihydropyridine on serum biochemical indices and HSP70 mRNA expression of lactating dairy cows in summer. *Journal of Animal Science*. 96(3): 448-449. <https://doi.org/10.1093/jas/sky404.979>.
- Pechova, A., and Pavlata, L. 2007. Chromium as an essential nutrient: a review. *Veterinary Medicine*, 52 (1):1-18. <https://doi.org/10.17221/2010-VETMED>.
- Rahmani, M., Golian, A., Kermanshahi, H. and Bassami, M. R. (2017). Effects of curcumin and nanocurcumin on growth performance, blood gas indices and ascites mortalities of broiler chickens reared under normal and cold stress conditions. *Italian Journal of Animal Science*. 16: 438–446. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2017.1290510>.
- Ryan, A.W., Kegley, E.B., Hawley, J., Powell, J.G., Hornsby, J.A., Reynolds, J. L. and Laudert, S.B. (2015). Supplemental trace minerals (zinc, copper, and manganese) as sulfates, organic amino acid complexes, or hydroxy trace-mineral sources for shipping-stressed calves. *The Professional Animal Scientist*, 31(4): 333-341. <https://doi.org/10.15232/pas.2014-01383>.
- Sejian, V., Bhatta, R., Gaughan, J., Dunshea, F., & Lacetera, N. (2018). Adaptation of animals to heat stress. *Animal*, 12(s2), s431-s444. <https://doi.org/10.1017/S1751731118001945>.
- Soltan, M. A. (2010). Effect of dietary chromium supplementation on productive and reproductive performance of early lactating dairy cows under heat stress. *Journal of*

- Animal Physiology and Animal Nutrition*. 94: 264-272. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2008.00913.x>.
- Spears, J. W. (2000). Micronutrients and immune function in cattle. *Proceedings of the Nutrition Society*. 59(4): 587-594. <https://doi.org/10.1017/s0029665100000835>.
- Sordillo, L. M. and Aitken, S. L. (2009). Impact of oxidative stress on the health and immune function of dairy cattle. *Vet Immunol Immunopathol*, 128: 104-109. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2008.10.305>.
- Slanzon, G.S., Toledo, A.F., Silva, A.P., Coelho, M.G., da Silva, M.D., Cezar, A.M. and Bittar, C.M.M. (2019). Red propolis as an additive for preweaned dairy calves: Effect on growth performance, health, and selected blood parameters. *Journal of Dairy Science*, 102(10): 8952-8962. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16646>.
- Terramoccia S, Bartocci S, Lillini E (2005) Milk yield and immune response of periparturient and early lactation friesian cows fed diets supplemented with a high level of amino-acid chelated chromium. *Asian Austral J Anim* 8:1098-1104. <https://doi.org/10.5713/ajas.2005.1098>.
- Uyanik, F. (2001). The effects of dietary chromium supplementation on some blood parameters in sheep. *Journal of Biological Trace Element Research*, 84: 93-101. <https://doi.org/10.1385/BTER:84:1-3:093>.
- Yari, M., Nikkhah, A., Alikhani, M., Khorvash, M., Rahmani, H. and Ghorbani, G. (2010). Physiological calf responses to increased chromium supply in summer. *Journal of Dairy Science*. 93(9): 4111-4120. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2568>.
- Yuan, K., Vargas-Rodriguez, C. F., Mamedova, L. K., Muckey, M. B., Vaughn, M. A., Burnett, D. D. and Bradford, B. J. (2014). Effects of supplemental chromium propionate and rumen-protected amino acids on nutrient metabolism, neutrophil activation, and adipocyte size in dairy cows during peak lactation. *Journal of dairy science*. 97(6): 3822-3831. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7770>