Journal of Animal Biology, Spring 2024; 16(3):175-183

Research Article

Effects of Replacing Mineral Selenium Supplement with Selenium Nanoparticles on Feed Digestibility and Ruminal Parameters of suckling Dairy Calves

Mohammad Karimi*, Mahdi Ganjkhanlou, Farhang Fatehi

Department of Animal Science, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
* Corresponding author: mk3433967@gmail.com

Received: 24 October 2023 Accepted: 27 November 2023

DOI: 10.22034/ascij.2023.1999716.1556

Abstract

This study aimed to investigate the effects of replacing mineral selenium supplement with nano-selenium particles in feeding infant calves and its effects on nutrient digestibility and, rumen fermentation characteristics. The number of 32 newborn Holstein calves with an average body weight of 37.85 ± 4.35 kg in the form of a completely randomized design with 4 treatments (eight calves in each treatment) for 83 days according to the supplemental consumption of milk or drinking water with sources different selenium were placed. Treatments include: 1) mineral selenium: providing 0.3 mg of selenium per kilogram of dry matter with sodium selenite source, 2) Low level of nano selenium: providing 0.15 mg of selenium per kilogram of dry matter with nanoparticles prepared from selenium source, 3 (Medium level of nano-selenium: providing 0.3 mg of selenium per kilogram of dry matter with nanoparticles prepared from selenium source, 4) High level of nano-selenium: providing 0.45 mg of selenium per kilogram of dry matter with nanoparticles prepared from selenium source. The results showed that improve the digestibility of protein and insoluble fibers in neutral detergent with nano-selenium. Ruminal ammonia nitrogen concentration in calves fed with rations supplemented with nano-selenium tended to decrease (p = 0.08) in a quadratic way, and its average level was the lowest. Acetate concentration for calves fed nano-selenium decreased (p < 0.01), while propionate concentration increased (p < 0.05) for calves fed nano-selenium. The results of this study showed that nano-selenium was effective in improving feed digestibility.

Keywords: Nano-selenium, Sodium selenite, Holstein calf, Feed digestibility.

زیست‌شناسی جانوری، سال شانزدهم، شماره سوم، بهار ۱۴۰۳، صفحات ۱۸۳-۱۷۵

مقاله پژوهشی

اثرات جایگزینی مکمل سلنیوم معدنی با نانوذرات سلنیوم بر قابلیت هضم جیره و متابولیت‌های شکمبه‌ای گوساله‌های شیرخوار

محمد کریمی*، مهدی گنج خانلو، فرهنگ فاتحی

گروه علوم دامی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

*مسئول مکاتبات: mk3433967@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۰۶

DOI: 10.22034/ascij.2023.1999716.1556

چکیده

هدف از این مطالعه بررسی اثرات جایگزینی مکمل سلنیوم معدنی با ذرات نانو سلنیوم در تغذیه گوساله‌های شیرخوار و اثرات آن بر قابلیت هضم مواد مغذی و ویژگی‌های تخمیر شکمبه گوساله‌های شیرخوار بود. تعداد ۳۲ راس گوساله هلشتاین تازه متولد شده با میانگین وزن بدن ٤/۳۵ ± ۳۷/۸۵ کیلوگرم در قالب طرح کاملاً تصادفی با ٤ تیمار (هشت گوساله در هر تیمار) به مدت ۸۳ روز با توجه به مصرف مکمل شیر یا آب آشامیدنی با منابع مختلف سلنیوم قرار گرفتند. تیمارهای شامل: ۱- سلنیوم معدنی: ارائه ۰/۳ میلی‌گرم سلنیوم در هر کیلوگرم ماده خشک با منبع سلنیت سدیم، ۲- سطح پایین نانو سلنیوم: ارائه ۰/۱۵ میلی‌گرم سلنیوم در هر کیلوگرم ماده خشک با منبع نانوذرات تهیه شده از سلنیوم، ۳- سطح متوسط نانو سلنیوم: ارائه ۰/۳ میلی‌گرم سلنیوم در هر کیلوگرم ماده خشک با منبع نانوذرات تهیه شده از سلنیوم، ٤- سطح بالای نانوسلنیوم: ارائه ۰/٤۵ میلی‌گرم سلنیوم به ازای هر کیلوگرم ماده خشک با منبع نانوذرات تهیه شده از سلنیوم. نتایج نشان داد قابلیت هضم پروتیئن و الیاف نامحلول در شوینده خنثی با نانوسلنیوم بهبود بخشید. غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه در گوساله‌های تغذیه‌شده با جیره‌های مکمل شده با نانوسلنیوم تمایل به کاهش (p =۰/۰۸) بصورت درجه دوم داشت که سطح متوسط آن کمترین مقدار بود. غلظت استات برای گوساله‌های تغذیه‌شده با نانوسلنیوم در مقایسه با سلنیوم معدنی کاهش یافت (p <۰/۰۱)، در حالی که غلظت پروپیونات با تغذیه نانوسلنیوم به گوساله‌ها افزایش یافت (p <۰/۰۵). نتایج این مطالعه نشان داد که نانوسلنیوم در بهبود قابلیت هضم خوراک موثر بود.

کلمات کلیدی: نانوسلنیوم، سلنیت سدیم، گوساله هلشتاین، قابلیت هضم خوراک.

مقدمه

همگام با پیشرفت رو به رشد فن‌آوری‌ها در عرصه تغذیه دام، محصولات جدیدی وارد بازار شده که نیازمند به تحقیق و مقایسه با محصولات متداول قبلی است (۲). از بین مواد مغذی در تغذیه دام، فراهمی مواد معدنی همواره مورد بحث متخصّصان تغذیه دام می‌باشد چرا که مواد معدنی به اندازه ویتامین‌ها مهم هستند و برای فرآیندهای بسیاری در بدن، به ویژه تعادل مایع، حفظ و نگهداری از استخوان‌ها و دندان‌ها، انقباض عضلانی و عملکرد سیستم عصبی ضروری می باشند (۸). مواد معدنی به اندازه ویتامین‌ها از اهمیت بالایی برخوردارند و برای فرآیندهای بسیاری در بدن، به ویژه تعادل مایع، حفظ

و نگهداری از استخوان‌ها و دندان‌ها، انقباض عضلانی و عملکرد سیستم عصبی و همین طور سیستم ایمنی بدن ضروری هستند. از آنجایی که گوساله‌های تازه متولد شده هیچ آنتی‌بادی در جریان خون خود ندارند، سیستم ایمنی آن‌ها از نظر عملکردی نابالغ است (۳). اگرچه این مشکل از طریق انتقال ایمونوگلوبولین‌ها از طریق آغوز مادر به گوساله پس از تولد، حل می‌شود (٤)، اما بهرحال گوساله‌های تازه متولد شده مستعد ابتلا به بیماری‌های هستند که سیستم ایمنی آنها را به چالش می‌کشد. سلنیوم، به عنوان یک عنصر کمیاب غذایی ضروری، نقش بیولوژیکی مهمی در سلامت و عملکرد رشد گاو و گاو شیری دارد (۱۱). عملکرد این عنصر با فعالیت سلنوآنزیم‌های دخیل در تولیدمثل، فعال شدن هورمون تیروئید، مکانیسم ردوکس تنظیمی وابسته به Se، هموستاز انرژی، تولید DNA و فعالیت ضد رادیکال‌های آزاد در برابر آسیب DNA مرتبط است (۹، ١٤، ١٥). چندین نوع منبع سلنیوم در نشخوارکنندگان برای برآوردن نیازهای این عنصر استفاده شده است (۲۰، ۲۲). سدیم غیر آلی سلنیت منبع مرسوم سلنیوم است که در خوراک دام استفاده می‌شود. اخیراً نانو سلنیوم به دلیل زیست فراهمی بالا و سمیت کم، توجه بسیاری را به خود جلب کرده است (۲۱). زیرا این ذرات نانومتری دارای ویژگی‌های جدیدی از جمله سطح بسیار ویژه، سطح فعالیت بالا، مراکز سطحی فعال بیشمار، کارایی کاتالیکی بالا و توانایی جذب قوی و سمیت پایین می‌باشد (۱۹). محققان اثر سلنیت سدیم، مخمر سلنیت و نانو سلنیوم را بر عملکرد رشد، غلظت سلنیوم و وضعیت آنتی اکسیدانی در رشد بزهای نر را گزارش نمودند که میانگین افزایش وزن روزانه در گروه‌های دریافت کننده نانو سلنیوم و مخمر سلنیوم بیشتر از سایر گروه‌ها بود. این محققین بیان نمودند که مکمل‌های غذایی نانو سلنیوم می‌تواند در مقایسه با غیر آلی به طور موثرتری مورد استفاده قرار گیرد. از طرفی سلنیوم برای حفظ باروری حیوانات نر ضروری می‌باشد (١٦). با توجه به موارد ذکر شده و لزوم بررسی تأثیر نانو ذرات سلنیوم جیره دام‌ها بر سلامت آن‌ها، تحقیق حاضر با هدف بررسی مطالعه سنتز نانو ذرات سلنیوم نسبت به مکمل سلنیت سدیم از نظر افزایش قابلیت هضم مواد مغذی و تخمیر شکمبه گوساله‌های شیرخوار انجام شده است.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در ایستگاه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران انجام شد. تمام مراحل آزمایشی براساس دستورالعمل استفاده از حیوانات آزمایشی و مطابق با الزامات کمیته اخلاق و محیط زیست حیوانات دانشگاه تهران بود. در طول آزمایش میانگین دما در ایستگاه تحقیقاتی بین ۲۱ تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی بین ٦٠ تا ٦٩ درصد بود.

تیمارهای آزمایشی، گوساله‌ها و مدیریت تغذیه: مطالعه حاضر با استفاده از ۳۲ رأس گوساله هلشتاین (تعداد ١٦ رأس نر و تعداد ١٦ رأس ماده)، با میانگین وزن بدن ٤/٣٥ ± ۳۷/۸۵ کیلوگرم، از روز ۳ تا ۸۳ اجرا شد. گوساله‌ها به‌طور تصادفی در جایگاه‌های جداگانه (۱/۳ × ۲/۵ متر) پوشیده با شن و ماسه نگهداری شدند که هر ٢٤ ساعت یکبار تجدید می‌شد. بلافاصله پس از تولد، گوساله‌ها از مادران چند شکم‌زا سالم خود جدا، وزن و به جایگاه‌های جداگانه منتقل شدند. گوساله‌ها در ۱۲ ساعت اول زندگی با ٦ لیتر آغوز (۳ لیتر در ۱ ساعت پس از تولد و ۳ لیتر در ۱۲ ساعت پس از اولین تغذیه) تغذیه شدند. آغوز برای ۲ روز اول زندگی تغذیه شد. از روز ۳ تا ۱۰، گوساله‌ها حدود ٤ لیتر در روز شیر کامل (۱۰ درصد وزن اولیه بدن) را در سطل‌های آلومینیومی در ۲ بار

تغذیه روزانه در ساعت ۰۹۰۰ و ۱۸۰۰ ساعت و ۷/۶ لیتر در روز (۲۰ درصد وزن اولیه بدن) از روز ۱۱ تا ۵۲ دریافت کردند. به دنبال آن ۳ لیتر در روز (۸ درصد وزن اولیه) از روز ۵۳ تا ۶۵ دریافت کردند. مصرف استارتر گوساله روزانه با وزن کردن تفاوت بین میزان استارتر ارائه شده و میزان باقیمانده ثبت شد. گوساله‌ها در روزهای ۳، ۶۵ و ۸۳ آزمایش وزن شدند. گوساله‌ها پس از بررسی وضعیت سلامت طبیعی به طور تصادفی در روز ۳ سن شان با تیمارهای آزمایشی آزمایشی تغذیه شدند. چهار تیمار (هشت گوساله در هر تیمار) با توجه به مکمل مصرفی شیر با منابع مختلف سلنیوم اختصاص داده شد. سلنیوم معدنی: ارائه ۰/۳میلی‌گرم سلنیوم در هر کیلوگرم ماده خشک با سلنیت سدیم، سطح پایین نانوسلنیوم: ارائه ۰/۱۵ میلی‌گرم سلنیوم در هر کیلوگرم ماده خشک با نانوذرات تهیه شده از سلنیوم، سطح متوسط نانو سلنیوم: ارائه ۰/۳ میلی‌گرم سلنیوم در هر کیلوگرم ماده خشک با نانوذرات تهیه شده از سلنیوم، سطح بالای نانوسلنیوم: ارائه ۰/۴۵ میلی‌گرم سلنیوم به ازای هر کیلوگرم ماده خشک با نانوذرات تهیه شده از سلنیوم. سلنیت سدیم به عنوان منبع معدنی سلنیوم از نوع تجاری (حاوی ۴۵/۸۵ درصد سلنیوم) و نانوذرات سلنیوم مطابق با ژانگ و همکاران (۲۰۰۴) تهیه شد. برای برآوردن دوزهای تجویز شده روزانه به ازای هر کیلوگرم مصرف ماده خشک (ماده خشک استارتر + ماده خشک شیر) در طول دوره قبل از شیرگیری، غلظت‌های مورد نیاز مکمل‌های سلنیوم تجاری با توجه به خلوص محصولات مورد استفاده تهیه شد و در وعده شیر صبحگاهی در هر سطل حل شد. گوساله‌ها در طول دوره پس از شیرگیری، مکمل سلنیوم به صورت خوراکی از طریق همان روش در آب آشامیدنی تجویز شد. شیر کامل به صورت هفتگی نمونه برداری شد و با استفاده از دستگاه آنالیز شیر (Delta Instruments CombiScope FTIR 600HP) از نظر چربی، پروتئین، لاکتوز و کل جامد آنالیز گردید. میانگین ترکیب شیر ارائه شده ۰/۰۹ ± ۳/۱۲ درصد چربی، ۰/۰۷ ± ۳/۰۹ درصد پروتئین، ۰/۰۶ ± ۴/۶۱ درصد لاکتوز و ۰/۵۵ ± ۱۱/۲درصد کل جامد بود. همه گوساله‌ها در روز ۶۵ از شیر گرفته شدند و تا ۸۳ سالگی در مطالعه باقی ماندند. خوراک آغازین با استفاده از سیستم کربوهیدرات و پروتئین خالص کرنل (CNCPS؛ نسخه ۶/۵، دانشگاه کرنل، ایتاکا، نیویورک، ایالات متحده آمریکا) برای برآوردن نیازهای مواد مغذی فرموله شد. مواد تشکیل دهنده و ترکیب شیمیایی جیره استارتر در (جدول ۱) ارائه شده است. خوراک استارتر به طور آزاد تغذیه شدند و مجاز بود تا حداقل ۱۰ درصد در یک دوره ۲۴ ساعته اضافه ارائه گردد. گوساله‌ها در طول دوره آزمایشی دسترسی آزاد به آب داشتند. سلامت گوساله روزانه توسط دامپزشک بررسی می‌شد و هیچ نشانه بالینی بیماری سیستمیک یا مرگ و میر در طول آزمایش نداشتند.

نمونه‌برداری و آنالیز شیمیایی: بقایای جیره غذایی استارتر روزانه در ساعت ۰۷۳۰ جمع‌آوری و ثبت شد و استارتر تازه در ساعت ۰۹۰۰ تغذیه شد. نمونه‌های فرعی از خوراک‌ها و باقیمانده‌ها، خشک شده و کاملاً مخلوط و در آسیاب (شرکت Ogaw Seiki، توکیو، ژاپن) آسیاب شدند تا از الک ۱ میلی‌متری عبور کنند و تا تجزیه و تحلیل شیمیایی در دمای ۲۰- درجه سانتیگراد ذخیره شدند. برای تعیین قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی، نمونه‌های مدفوع در ۶، ۱۲ و ۱۸ ساعت پس از صرف غذای صبح طی ۴ روز متوالی از روز ۶۹ تا ۷۲ جمع‌آوری شد. نمونه‌های مدفوع در آون با هوای اجباری و دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت خشک شدند، و سپس در آسیاب چکشی با الک ۱ میلی‌متری آسیاب شدند. مقدار کمی

از نمونه‌های خشک شده مدفوع جمع آوری شده برای هر گوساله در طی ٤ روز متوالی برای بدست آوردن یک نمونه ترکیبی برای هر حیوان مخلوط شد. نمونه‌های خوراک و مدفوع برای تعیین خاکستر، پروتئین خام، چربی خام طبق روش‌های AOAC آنالیز شدند. میزان NDF بدون سولفیت سدیم و α-آمیلاز مطابق روش ون سوست و همکاران (۱۹۹۱) آنالیز گردید. خاکستر نامحلول در اسید به عنوان یک نشانگر داخلی در خوراک (تصحیح شده برای بقایا) و نمونه‌های مدفوع برای اندازه‌گیری قابلیت هضم ظاهری کل مواد مغذی (OM، CP، EE و NDF) استفاده شد.

نمونه برداری مایع شکمبه و تجزیه و تحلیل اسیدهای چرب فرار: در روز ۷۰ مطالعه با استفاده از لوله مری نصب شده به پمپ خلاء، مایع شکمبه (۳۰ میلی لیتر) (۳ تا ٤ ساعت پس از تغذیه صبح؛ در ساعت ۱۱۰۰ تا ۱۲۰۰) جمع‌آوری شد. ۱۰ میلی‌لیتر اول برای از بین بردن آلودگی احتمالی بزاق دور ریخته شد. pH مایع شکمبه صاف شده بلافاصله با استفاده از یک pH متر قابل حمل مدل ۲٦٥ (Orion Research Inc., Beverly, MA) اندازه‌گیری شد. مقدار ۱۰ میلی‌لیتر از مایع شکمبه فیلتر شده در لوله‌های پلی‌اتیلن ۱۵ میلی‌لیتری حاوی ۲ میلی لیتر اسید متافسفریک ۲۵ درصد (وزنی بر حجم) برای تجزیه اسیدهای چرب فرار (VFA) نگهداری شد. ۱۰ میلی‌لیتر دیگر مایع شکمبه فیلتر شده با ۱ میلی‌لیتر محلول ۵ درصد (٤PO3V/V H) مخلوط شد و در دمای ۲۰- درجه سانتیگراد تا تجزیه و تحلیل نیتروژن آمونیاکی نگهداری شد. پس از ذوب شدن در دمای اتاق، نمونه‌های شکمبه برای VFA با استفاده از گاز کروماتوگرافی (model GC-PU4410; Philips, Amsterdam, The Netherlands) تجزیه و تحلیل شدند. برای اندازه‌گیری غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه، نمونه‌های فرعی مایع شکمبه در ۱۵۰۰۰ × g (٤ درجه سانتیگراد، ۲۰ دقیقه) سانتریفیوژ شدند. سپس غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه مایع رویی با استفاده از روش فنل-هیپوکلریت اصلاح شده و آنالیز شد.

تحلیل آماری: تفاوت بین تیمارها با استفاده از LSMEENS با بیانیه PDIFF تعیین شد. اهمیت آماری در $p \leq ۰/۰۵$ و روند در $p = ۰/۰۵$ تا $p \leq ۰/۱۰$ اعلام شد. قابلیت هضم مواد مغذی، ویژگی‌های تخمیر شکمبه و همه متغیرهای ذکر شده در بالا که در طول دوره‌های خاصی اندازه‌گیری شدند (به استثنای کلی) به عنوان یک طرح کاملا تصادفی با استفاده از روش GLM MODEL (موسسه SAS، ۲۰۱۳) طبق مدل زیر تجزیه و تحلیل شدند: $Yij = \mu + Ti + \varepsilon ij$ که Yij= مشاهدات متغیرهای وابسته. μ= میانگین کلی؛ T= اثر ثابت درمان؛ و εij = خطای باقیمانده تصادفی می‌باشد.

جدول ۱- اجزاء و ترکیب شیمیایی (درصد ماده خشک) استارتر آزمایشی مورد استفاده در تغذیه گوساله‌های هلشتاین

Table 1. Ingredients and chemical composition (percentage of dry matter: DM) of the experimental starter used in feeding Holstein calves.

Ingredient	Value
Alfalfa hay, chopped	10.0
Barley grain, ground	4.50
Corn grain, cracked	45.0
Wheat bran	6.93
Soybean meal, 45% CP	24.3
Corn gluten meal	2.70
Fat powder	0.90

Calcium carbonate	1.35
Dicalcium phosphate	0.18
Sodium bicarbonate	0.90
Sodium chloride	0.45
Bentonite powder	0.45
Toxin binder	0.27
Magnesium oxide	0.27
Vitamin and mineral mix[1]	1.80
Nutrient composition [% of DM]	
DM [% as fed]	90.0
Crude protein	20.2
NDF	16.9
Ether extract	3.80
Ash	5.60
Calcium[2]	1.12
Phosphorus[2]	0.54
Se (mg/kg of DM)	0.22
ME (Mcal/kg)[b]	2.98

[1] هر کیلوگرم مکمل حاوی ۸۰۰۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین A، ۱۰۰۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین D، ۲۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین E، ۵ گرم منگنز، ۱۰۰ گرم کلسیم، ۶ گرم روی، ۲۰ گرم فسفر، ۴۰ گرم منیزیم، ۳۰ گرم Na، ۰/۱۵گرم آهن، ۲۰ گرم S، ۴۰ میلی گرم Co، ۲ گرم مس و ۸۰ میلی گرم I. [2] با استفاده از سیستم کربوهیدرات و پروتئین خالص کرنل، نسخه ۶/۵ (CNCPS) محاسبه شده است.

[1] Contained per kilogram of supplement: 800,000 IU of vitamin A, 100,000 IU of vitamin D, 2,000 IU of vitamin E, 5 g of Mn, 100 g of Ca, 6 g of Zn, 20 g of P, 40 g of Mg, 30 g of Na, 0.15 g of Fe, 20 g of S, 40 mg of Co, 2 g of Cu, and 80 mg of I. [2] Calculated using the Cornell Net Carbohydrate and Protein System, version 6.5 (CNCPS).

نتایج

قابلیت هضم خوراک: قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی و چربی خام در گوساله‌های تغذیه شده با جیره‌های مکمل نانوسلنیوم تحت تاثیر قرار نگرفت. در حالیکه قابلیت هضم پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی با مکمل نانوسلنیوم افزایش یافت. قابلیت هضم ناده خشک تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت اما مصرف نانوسلنیوم بصورت عددی باعث افزایش قابلیت هضم ماده خشک گردید (جدول ۲). قابلیت هضم پروتئین خام بصورت درجه دوم تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت، بطوریکه نانوسلنیوم در سطح متوسط نسبت به سلنیت سدیم بطور معنی‌داری باعث افزایش قابلیت هضم پروتئین خام گردید ($p <$ ۰/۰۱). نتایج این مطالعه نشان داد که فیبر نامحلول در شوینده خنثی بطور معنی‌دار و بصورت خطی تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت. افزایش سطح نانوسلنیوم بطور خطی باعث افزایش قابلیت هضم فیبر نامحلول در شوینده خنثی تسبت به سلنیت سدیم گردید ($p <$ ۰/۰۱).

تخمیر شکمبه‌ای: مقادیر pH شکمبه، غلظت نیتروژن آمونیاکی و اسیدهای چرب فرار در جدول ۳ ارائه شده است. pH شکمبه و اسیدهای چرب کل در گوساله‌های که با جیره‌های حاوی نانوسلنیوم تغذیه شده بودند در مقایسه با گوساله‌های که در طول آزمایش با جیره مکمل سلنیت سدیم تغذیه شده بودند، تحت تأثیر قرار نگرفت. غلظت نیتروژن آمونیاکی تمایل به کاهش در گوساله‌هایی داشت که با جیره‌های مکمل نانوسلنیوم تغذیه شدند. غلظت استات برای گوساله‌های تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی نانوسلنیوم در مقایسه با سلنیت سدیم بصورت خطی و درجه دوم کاهش یافت ($p <$ ۰/۰۱). در حالی که غلظت پروپیونات در گوساله‌های تغذیه شده با

نانوسلنیوم نسبت به سلنیت سدیم بطور خطی و درجه دوم افزایش یافت. نسبت استات به پروپیونات برای گوساله‌های تغذیه‌شده با جیره‌های مکمل نانوسلنیوم نسبت به گوساله‌های که با جیره مکمل سلنیت سدیم تغذیه شده‌اند بطورت خطی و درجه دوم کاهش یافت ($p < ۰/۰۱$). اسیدهای چرب فرار بوتیرات، والرات و اسیدهای چرب با زنجیره شاخه دار با گوساله‌های که با جیره‌های نانوذرات سلنیوم تغذیه شدند، تحت تأثیر قرار نگرفتند.

جدول ۲- تاثیر منابع مختلف سلنیوم روی قابلیت هضم مواد مغذی در گوساله‌های شیرخوار هلشتاین

Table 2. The effects of different sources of selenium on digestibility of nutrients in Holstein suckling calves

Digestibility of nutrients (%)	Sodium selenite	Nano selenium			SEM	Linear	Quadratic	Cubic
		Low	Medium	High				
Dry matter	71.53	71.91	73.00	71.94	0.633	0.42	0.26	0.32
Organic matter	73.26	73.37	74.47	73.53	0.653	0.52	0.43	0.31
Crude protein	68.90[ab]	71.04[a]	69.62[ab]	67.09[b]	1.187	0.21	0.05	0.64
Crude Fat	61.26	64.32	63.52	57.43	3.200	0.40	0.16	0.92
Insoluble fiber in neutral detergent	61.49[b]	62.96[ab]	67.96[ab]	67.60[a]	2.570	0.01	0.97	0.55

جدول ۳- تاثیر نانو سلنیوم روی فراسنجه‌های شکمبه‌ای در گوساله‌های شیرخوار هلشتاین

Table 3. The effects of different sources of selenium on rumen metabolites in Holstein suckling calves

Item	Sodium selenite	Nano selenium			SEM	Linear	Quadratic	Cubic
		Low	Medium	High				
pH of rumen	6.23	6.39	6.33	6.16	0.129	0.60	0.21	0.87
Ammonia nitrogen (mg/dL)	7.21	6.15	5.91	6.57	0.473	0.316	0.08	0.96
Total volatile fatty acids (mmol/L)	91.30	88.95	83.46	81.27	5.40	0.16	0.98	0.79
Volatile fatty acids (moles per 100 moles)								
Acetate	60.49[a]	55.51[b]	55.07[b]	57.37[b]	0.980	0.03	0.01>	0.69
Propionate	29.97[b]	34.15[a]	34.96[a]	33.91[a]	0.969	0.01>	0.01	0.74
Butyrate	5.92	6.66	6.48	5.97	0.275	0.97	0.03	0.65
Valrate	0.63	0.81	0.82	0.48	0.154	0.55	0.10	0.80
Branched chain fatty acids	2.99	2.86	2.65	2.27	0.317	0.11	0.69	0.95
Acetate:propionate ratio	2.04[a]	1.63[b]	1.59[b]	1.69[b]	0.084	0.01>	0.01>	0.57

بحث

افزایش راندمان خوراک با مکمل ذرات نانوسلنیوم ممکن است به دلیل افزایش قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی و پروتئین خام در استفاده از مکمل نانوسلنیوم باشد. در طول دوره قبل یا بعد از شیرگیری رشد اسکلتی و وزن بدن در مطالعه حاضر به دلیل مصرف خوراک مشابه، تحت تأثیر جایگزینی منبع معدنی سلنیوم با نانوذرات آن قرار نگرفت. این نتایج با نتایج مطالعات قبلی مطابق بود (۵، ۱۲). علاوه بر این، محققین در سال ۱۹۸۹ هیچ پاسخ مثبتی در استفاده از مکمل غذایی گوساله‌های نر در حال رشد با سلنیت سدیم به همراه ویتامین E مشاهده نکردند. عملکرد پایین رشد با مکمل نانوسلنیوم سطح ۰/۴۵ میلی‌گرم نانوسلنیوم بر کیلوگرم ماده خشک به جای سلنیت سدیم سوال برانگیز بود و احتمالاً ترن اور بیشتر سلنیوم را در این گروه‌ها نشان داد (۳). جنکینز و هیدیروگلو (۱۹۸۶) گزارش کردند که مکمل جایگزین شیر خشک بدون چربی با ۱۰ پی‌پی‌ام سلنیت سدیم تا سن شیرگیری باعث کاهش افزایش وزن روزانه و راندمان خوراک شد اما آنها هیچ تفاوتی در افزایش روزانه یا بازده خوراک تا غلظت ۵ پی‌پی‌ام

پیدا نکردند. این مطالعه تایید کرد که کاهش عملکرد گوساله در جایی بین ۵ تا ۱۰ پی‌پی‌ام سلنیوم شروع شد (٦). جونیپر و همکاران (۲۰۰۸) به دلیل نگرانی در مورد سمیت احتمالی سلنیوم، ۱۰ برابر حداکثر مقدار مجاز برای سلنیوم مخمر توصیه شده توسط اتحادیه اروپا برای خوراک گوساله را تجویز کردند (۰/۱۵ تا ۵/٦ میلی‌گرم سلنیوم در کیلوگرم ماده خشک) اما هیچ تفاوتی را در عملکرد گوساله‌ها مشاهده نکردند (۷). مهدی و دوفراسن (۲۰۱٦) نشان دادند که دوز سلنیوم نقش مستقیمی در تقویت و تحریک رشد گوساله‌ها ندارد (۹). سالز و همکاران (۲۰۱٤) مشاهده کردند که مکمل سلنیوم به عنوان یک محرک رشد عمل نمی کند و اثرات مثبت مکمل سلنیوم هنگامی که گوساله‌ها با کمبود سلنیوم مواجه می شوند مشاهده می‌گردد (۱۳). pH شکمبه، غلظت نیتروژن آمونیاکی و اسیدهای چرب فرار همواره به عنوان نشانگرهای مهم برای ارزیابی اکوسیستم و عملکرد شکمبه استفاده شده است، در حالی که وضعیت فعالیت باکتری‌های هضم کننده فیبر را می‌توان از این طریق استنباط کرد. به خوبی مستند شده است که pH پایین شکمبه با جلوگیری از اتصال باکتری به دیواره سلولی گیاه، هضم فیبر را مهار می‌کند (۱۰). در مطالعه حاضر، pH شکمبه تحت تاثیر مکمل‌های غذایی منابع مختلف سلنیوم در طول آزمایش قرار نگرفت. این نتیجه با نتایج لیو و همکاران (۲۰۰۷) همخوانی داشت که pH شکمبه را با مکمل‌سازی با مقادیر مختلف Sel-Plex گزارش کردند، در حالی که مطالعات دیگر نشان داده‌اند که مکمل سلنیوم یا نانوسلنیوم، تخمیر شکمبه را به سمت تولید پروپیونات تغییر می‌دهد، همانطور که با کاهش استات نسبت به پروپیونات نشان داده می‌شود (۱۸، ۱۵، ۱۹). نیتروژن آمونیاکی شکمبه عمدتاً از تجزیه پروتئین خوراک در شکمبه به دست می‌آید و توسط باکتری‌ها برای ادغام در پروتئین میکروبی استفاده می‌شود (۵، ۱۲). تمایل به کاهش نیتروژن آمونیاکی را می‌توان با غلظت بالاتر پروپیونات شکمبه پشتیبانی کرد که انرژی و اسکلت کربنی را برای سنتز پروتئین میکروبی فراهم می‌کند. تمایل به افزایش استفاده از آمونیاک شکمبه با یافته‌های وانگ و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت داشت که کاهش محتوای نیتروژن آمونیاکی را با مکمل مخمر حاوی سلنیوم گزارش کردند. با این حال، یافته‌های مطالعات قبلی نشان داد که مکمل سلنیوم باعث افزایش کل باکتری‌ها، کل قارچ‌های بی‌هوازی، کل تک یاخته‌ها، و کل متانوژن‌ها (۱، ۲۱) گردید. در توافق با آن مشاهدات، مکمل سلنیوم الگوهای تخمیر شکمبه را از استات به پروپیونات تغییر داد که منجر به نسبت مولی بالاتر پروپیونات شد و نسبت استات: پروپیونات کاهش یافت.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که با تغذیه نانوذرات سلنیوم، قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی و پروتئین خام افزایش یافت. با تغذیه نانو ذرات سلنیوم در گوساله‌های شیرخوار، نیتروژن آمونیاکی شکمبه تمایل به کاهش و استات کاهش یافت اما پروپیونات افزایش نشان داد که منجر به کاهش نسبت استات به پروپیونات شد. نتایج نشان داد که نانوذرات سلنیوم در تغذیه گوساله‌های شیر خوار، قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی و پروتئین خام و سطح پروپیونات شکمبه را بهبود بخشید.

منابع

1. Annison E.F., Bryden W.L. 1998. Perspectives on ruminant nutrition and metabolism I. Metabolism in the rumen. *Nutrition Research Reviews*, 11:173–198.

2. AOAC International. 2002. Official Methods of Analysis. 17th ed. AOAC International, Arlington, VA.

3. Droke E.A., Loerch S.C. 1989. Effects of parenteral selenium and vitamin E on performance, health and humoral immune response of steers new to the feedlot environment. Journal of Animal Science, 67:1350–1359.

4. Goff J.P. 2006. Major advances in our understanding of nutritional influences on bovine health. *Journal of Dairy Science*, 89:1291-1301.

5. Gunter S.A., Beck P.A., Phillips J.M. 2003. Effects of supplementary selenium source on the performance and blood measurements in beef cows and their calves. *Journal of Animal Science*, 81:856–864.

6. Jenkins K.J., Hidiroglou M. 1986. Tolerance of the preruminant calf for selenium in milk replacer. Journal of Dairy Science, 69:1865-1870.

7. Juniper DT, Phipps RH, Givens DL, Jones AK, Green C and Bertin G 2008. Tolerance of ruminants animals to high dose in-feed administration of a selenium-enriched yeast. *Journal of Animal Science*, 86:197–204.

8. Liu Y., Zhang Z., Dai S., Wang Y., Tian X., Zhao J., Wang C., Liu Q., Guo G., Huo W. 2020. Effects of sodium selenite and coated sodium selenite addition on performance, ruminal fermentation, nutrient digestibility and hepatic gene expression related to lipid metabolism in dairy bulls. *Livestock Science*, 237:104062.

9. Mehdi Y., Dufrasne I. 2016. Selenium in cattle: a review. *Molecules*, 21(4):545-559.

10. Mould F.L., Orskov E.R., Mann S.O. 1984. Associative effects of mixed feeds. I. Effects, type and level of supplementation and the influence of the rumen fluid pH on cellulolysis in vivo and dry matter digestion of various roughages. *Animal Feed Science and Technology*, 10:15-30.

11. Rodríguez A.M., Valiente S.L., Brambilla C.E., Fernández E.L., Maresca S. 2020. Effects of inorganic selenium injection on the performance of beef cows and their subsequent calves. *Research in Veterinary Science*, 133:117-123.

12. Rowntree J.E., Hill G.M., Hawkins D.R., Link J.E., Rincker M.J., Bednar G.W., Kreft Jr R.A. 2004. Effect of Se on selenoprotein activity and thyroid hormone metabolism in beef and dairy cows and calves. *Journal of Animal Science*, 82:2995-3005.

13. Salles M.S.V., Zanetti M.A., Junior L.C.R., Salles F.A., Azzolini A.E.C.S., Soares E.M., Faccioli L.H., Valim Y.M.L. 2014. Performance and immune response of suckling calves fed organic selenium. *Animal Feed Science and Technology*, 188:28-35.

14. SAS Institute. 2013. SAS User's Guide. Retrieved on 25 March. 2019. from https://support.sas.com/documentation/cdl/en/procstat/66703/PDF/default/procstat.pdf.

15. Shi D., Liao S., Guo S., Li H., Yang M., Tang Z. 2015. Protective effects of selenium on aflatoxin B1-induced mitochondrial permeability transition, DNA damage, and histological alterations in duckling liver. *Biological Trace Element Research*, 163:162-168.

16. Shinde P.L., Dass R.S., Garg A.K. 2009. Effect of vitamin E and selenium supplementation on hematology, blood chemistry and thyroid hormones in male buffalo (Bubalus bubalis) calves. *Animal Feed Science and Technology*, 18:241-256.

17. Van Soest P.J., Robertson J.B., Lewis B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74:3583-3597.

18. Wang C., Liu Q., Yang W.Z., Dong Q., Yang X.M., He D.C., Zhang P., Dong K.H., Huang Y.X. 2009. Effects of selenium yeast on rumen fermentation, lactation performance and feed digestibility

in lactating dairy cows. *Livestock Science*, 126:239-244.

19. Wei J.Y., Wang J, Liu W., Zhang K.Z., Sun P. 2019. Effects of different selenium supplements on rumen fermentation and apparent nutrient and selenium digestibility of mid-lactation dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 102:3131-3135.

20. Wichtel J.J., Craigie A.L., Freeman D.A., Varela-Alvarez H., Williamson N.B. 1996. Effect of selenium and iodine supplementation on growth rate, hyroid and somatotropic function in dairy calves at pasture. *Journal of Dairy Science*, 79:1865-1872.

21. Zhang J., Wang H., Bao Y., Zhang L. 2004. Nano red elemental selenium has no size effect in the induction of seleno-enzymes in both cultured cells and mice. *Life Science*, 75:237-244.

22. Zhang Z.D., Wang C., Du H.S., Liu Q., Guo G., Huo W.J., Zhang J., Zhang Y.L., Pei C.X., Zhang S.L. 2020. Effects of sodium selenite and coated sodium selenite on lactation performance, total tract nutrient digestion and rumen fermentation in Holstein dairy cows. *Animal*, 14:2091-2099.