DOI: 10.22055/ivj.2024.484522.2745

ارزیابی اثر نانوکروم و کروم بر اسیدهای چرب غیر استریفیه، بتاهیدروکسی بوتریک اسید و گلوکز خون گاوهای پرتولید هلشتاین

علی بهمنی‌قایدی[۱]، افشین جعفری‌دهکردی[۲*]، عبدالناصر محبی[۲] و محمدرضا اصلانی[۳]

[۱] دانشجوی دکترای تخصصی بیماری‌های داخلی دام‌های بزرگ، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
[۲] دانشیار گروه علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
[۳] استاد گروه علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۷/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۹/۲۸

چکیده

کروم، به عنوان یک عنصر کمیاب ضروری، نقش حیاتی در تنظیم متابولیسم گلوکز و بهبود عملکرد دام، به ویژه گاوهای شیری، ایفا می‌کند. تعادل منفی انرژی و اختلال در متابولیسم گلوکز چالش عمده در صنعت گاوداری است که به طور مستقیم بر سلامت و تولید شیر گاو تأثیر می‌گذارند. هدف از این مطالعه، بررسی اثرات نانوکروم و کروم در بهبود وضعیت متابولیکی گاوهای شیری و افزایش بهره‌وری تولید است. تعداد ۳۶ رأس گاو شیری هلشتاین پرتولید انتخاب شدند. گاوها به طور تصادفی به سه گروه ۱۲ تایی تقسیم شدند: گروه کنترل، گروه نانوکروم و کروم که به ترتیب ۰/۱ میلی‌گرم نانوکروم پیکولینات و ۰/۱ میلی‌گرم کروم پیکولینات به ازای هر کیلوگرم وزن متابولیکی بدن به صورت خوراکی به مدت ۳ هفته دریافت کردند. نمونه‌های خون از ورید وداج در روزهای صفر (قبل از شروع آزمایش)، ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ از تمامی گاوها جهت اندازه‌گیری اسیدهای چرب غیر استریفیه ([Non-esterified fatty acids [NEFA)، بتا هیدروکسی بوتیریک اسید ([β-Hydroxybutyric acid [BHBA) و گلوکز اخذ شد. در هر دو گروه دریافت‌کننده کروم و نانو کروم، سطح گلوکز خون در روزهای ۲۱ و ۲۸ به طور قابل‌توجهی کمتر از گروه کنترل بود. میزان NEFA در گروه نانوکروم در مقایسه با کروه کنترل در روزهای ۲۱ و ۲۸، کاهش معنی‌دار را نشان داد. در مقایسه با گروه کنترل در روزهای ۱۴، ۲۱ و ۲۸ کاهش معنی‌دار BHBA در گروه‌های دریافت کننده کروم و نانوکروم مشاهده گردید. همچنین، بین گروه‌های کروم و نانوکروم در روزهای ۲۱ و ۲۸ تفاوت معنی‌داری در سطح BHBA مشاهده گردید. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که استفاده از مکمل‌های کروم، به ویژه نانو کروم، می‌تواند به عنوان ابزاری مؤثر برای بهبود سلامت و عملکرد دام‌ها مورد استفاده قرار گیرد. با انجام مطالعات بیشتر و گسترده‌تر، می‌توان از این یافته‌ها برای توسعه استراتژی‌های تغذیه‌ای بهتر و افزایش بهره‌وری در صنعت دامداری استفاده کرد.

کلمات کلیدی: کروم، نانوکروم، گاو، گلوکز، بتاهیدروکسی بوتیرایک اسید، اسیدهای چرب غیر استریفیه

مقدمه

گاوهای شیری پرتولید به دلیل تولید بالای شیر، نقش مهمی در اقتصاد کشاورزی ایفا می‌کنند. با این حال، این گاوها به دلیل فشارهای فیزیولوژیکی ناشی از تولید شیر بالا، مستعد ابتلا به بیماری‌های مختلف، به ویژه بیماری‌های مرتبط با تعادل منفی انرژی و اختلال در متابولیسم کربوهیدرات‌ها هستند. بیماری‌های مرتبط با تعادل منفی

* نویسنده مسئول: افشین جعفری‌دهکردی، دانشیار گروه علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
E-mail: jafari-a@sku.ac.ir

© 2020 by the authors. Licensee SCU, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

انرژی و اختلال در متابولیسم کربوهیدرات‌ها نه تنها باعث کاهش تولید شیر و مرگ و میر دام می‌شوند، بلکه هزینه‌های درمانی قابل توجهی نیز به دامداران تحمیل می‌کنند. تعادل انرژی و بهبود روند متابولیسم کربوهیدرات‌ها در گاوهای شیری تأثیر مستقیمی بر اقتصاد گله دارد. کاهش تولید شیر، افزایش هزینه‌های درمان، افزایش تلفات و کاهش کیفیت شیر، همگی به کاهش سودآوری گله منجر می‌شوند (Davis and Collier, 1985). پیش‌گیری از بیماری‌های مرتبط با تعادل منفی انرژی در گاوهای شیری پرتولید، یک ضرورت اقتصادی است. با اتخاذ اقدامات پیش‌گیرانه مناسب، می‌توان سلامت گله را بهبود بخشید، تولید شیر را افزایش داد و در نهایت به افزایش سودآوری گله کمک کرد (Stofkova, 2009). شیردهی، مکانیسم‌های هموستازی نشخوارکنندگان را به چالش می‌کشد، به ویژه آن که تعادل انرژی را هم باید کنترل کنند. میزان تولید شیر در غدد پستانی با بالانس انرژی به طور مستقیم مرتبط است. در گاوهای شیری برون ده قلب در دوران بارداری و شیردهی در مقایسه با دوره خشک افزایش می‌یابد، که احتمالا به دلیل افزایش نیاز به تأمین انرژی برای تولید شیر و رشد جنین و همچنین همراه با بیماری‌های مرتبط با بالانس منفی انرژی و اختلال در متابولیسم گلوکز است (Zarifi et al, 2012). رژیم غذایی اکثر گاوهای شیری در زمان زایمان به شدت تغییر می‌کند و از رژیم غذایی عمدتاً مبتنی بر علوفه به رژیم غذایی غنی از کنسانتره تبدیل می‌شود. تولید شیر پس از زایمان و سازگاری‌های تغذیه‌ای لازم، یک وضعیت فیزیولوژیکی تعادل منفی انرژی را القا می‌کند. در سال‌های اخیر، انتخاب ژنتیکی و بهبود تغذیه، تولید شیر را در گاوها افزایش داده است. با این حال، افزایش تولید شیر در بسیاری از کشورها با کاهش باروری همراه بوده است (Stofkova, 2009). شرایط فیزیولوژیکی مرتبط با تأمین ناکافی انرژی، گاوهای شیری را مستعد ابتلا به بیماری‌های متابولیکی و میکروبی مانند تب شیر، اندومتریت، کتوز، جابجایی شیردان و جفت ماندگی می‌کند (Drackley, 1999).

کروم، به عنوان یک عنصر کمیاب ضروری، نقش حیاتی در تنظیم متابولیسم گلوکز و بهبود عملکرد دام، به ویژه گاوهای شیری، ایفا می‌کند. مطالعات نشان داده‌اند که کروم می‌تواند به بهبود رشد، تولیدمثل و مقاومت در برابر استرس در دام‌ها کمک کند. تعادل منفی انرژی و اختلال در متابولیسم گلوکز چالش عمده در صنعت گاوداری است که به طور مستقیم بر سلامت و تولید شیر گاو تأثیر می‌گذارند. این مشکلات به ویژه در دوره انتقال شدت می‌یابند. کروم هچنین می‌تواند به افزایش تولید شیر، بهبود کیفیت شیر و کاهش وقوع بیماری‌های متابولیکی در گاوهای شیری کمک کند. این تأثیر به دلیل بهبود استفاده از مواد مغذی، کاهش استرس و بهبود عملکرد تولیدمثلی است. کروم در طبیعت به صورت‌های مختلفی یافت می‌شود، اما فرم سه ظرفیتی (Cr^{+3}) آن به عنوان ایمن‌ترین و قابل جذب‌ترین فرم برای موجودات زنده شناخته شده است. در سال‌های اخیر، استفاده از نانوذرات کروم نیز مورد توجه قرار گرفته است. نانوذرات کروم به دلیل سطح تماس بالا و خواص فیزیکوشیمیایی منحصر به فرد، ممکن است جذب و زیست‌فراهمی بالاتری نسبت به کروم آلی داشته باشند (Mousavi et al, 2019; Panda et al, 2022).

هدف اصلی این مطالعه، بررسی اثرات نانوکروم و کروم در بهبود وضعیت متابولیکی گاوهای شیری و افزایش بهره‌وری تولید است. با درک بهتر تأثیر این عناصر بر شاخص‌های بیوشیمیایی کلیدی، می‌توان از آن‌ها به عنوان یک ابزار مدیریتی برای بهبود سلامت و عملکرد گاوهای شیری استفاده کرد.

مواد و روش کار

در این پژوهش، فرآیند تولید نانوذرات کروم به روش اولتراسونیک مورد بررسی قرار گرفت. مقدار مشخصی از پودر کروم با استفاده از ترازو وزن شده و به ۳۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. سپس، مخلوط به مدت ۳۰ دقیقه با استفاده از همزن مغناطیسی همگن شد. آب مقطر به عنوان حلال استفاده شد تا امکان تشکیل امولسیون پایدار و

یکنواخت فراهم شود. مراحل سنتز نانوکروم به ترتیب عبارت بود از:

۱- هموژناسیون: محلول حاصل به مدت ۶۰ دقیقه با استفاده از هموژنایزر با سرعت بالا همگن شد تا ذرات کروم به اندازه‌های کوچک‌تر شکسته شوند و توزیع اندازه ذرات یکنواخت‌تر شود.

۲- سونیکاسیون: محلول همگن شده به مدت ۲۰ دقیقه تحت تابش امواج فراصوت قرار گرفت. امواج فراصوت باعث ایجاد حباب‌های کاویتاسیون شده و در نتیجه، ذرات کروم به اندازه نانومتر شکسته شدند.

۳- سانتریفیوژ و خشک کردن: محلول حاوی نانوذرات کروم به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس، رسوب حاصل به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق خشک شد.

۴- اندازه‌گیری اندازه ذرات: اندازه و توزیع اندازه ذرات نانوکروم سنتز شده با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری اندازه ذرات (دستگاه دینامیک لایت اسکترینگ و میکروسکوپ الکترونی) تعیین شد.

۵- بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نانوذرات با استفاده از پراش پرتو ایکس (XRD) و میکروسکوپ الکترونی (FE-SEM).

XRD: این روش برای تعیین ساختار کریستالی، اندازه کریستالیت‌ها و فازهای موجود در نانوذرات استفاده می‌شود. با تابش پرتو ایکس به نمونه، الگوی پراش حاصل می‌شود که حاوی اطلاعات دقیقی در مورد ساختار اتمی نمونه است. در این روش هر چه پیک تیز تر و ارتفاع آن بلند تر باشد نشان دهنده آن است که ترکیب تقارن بیش‌تری دارد و اگر پیک‌های پهن با ارتفاع کوتاه وجود داشته باشند نشان دهنده تقارن کم‌تر ترکیب می‌باشد (Figure 1).

FE-SEM: این روش برای مشاهده مورفولوژی سطح نانوذرات، اندازه ذرات و توزیع اندازه ذرات استفاده می‌شود. با استفاده از پرتو الکترونی، تصاویر سه بعدی با وضوح بالا از سطح نمونه تهیه می‌شود (Figure 2).

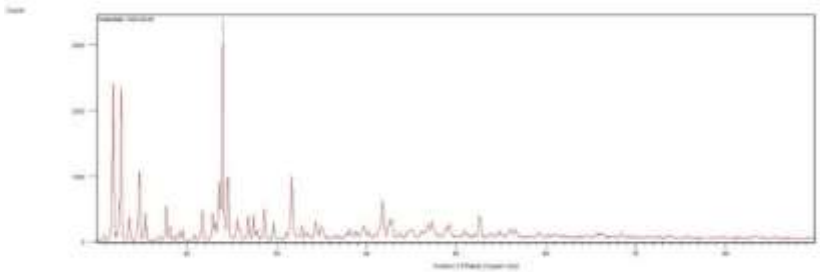

Figure 1: Results of XRD (X-ray diffraction) analysis for chromium nanoparticles, X-ray diffraction pattern of nanoparticles

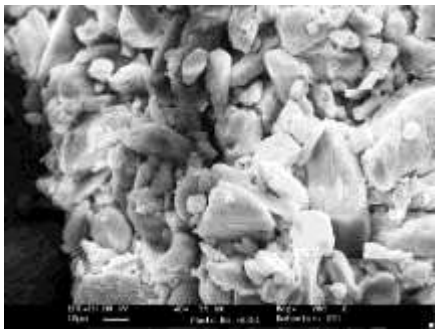

Figure 2: FE-SEM micrograph of chromium nanoparticle synthetized

با مراجعه به یکی از گاوداری‌های صنعتی از گاوهای پرتولید هلشتاین فاقد هرگونه بیماری که در یک بهاربند بسر می‌بردند و از نظر شکم زایش، نمره بدنی، روزهای شیردهی (روز شیر دهی ۴±۳۰) و جیره غذایی در شرایط یکسان بودند، ۳۶ رأس گاو انتخاب می‌شود. مبنای انتخاب گاو پرتولید میزان تولید شیر در یک دوره شیردهی ۳۰۵ روزه که برابر با ۱۰۶۰۰ کیلوگرم شیر است، در نظر گرفته شد. گاوها به طور تصادفی به سه گروه ۱۲ تایی که شامل گروه کنترل، گروه دریافت کننده نانوکروم به میزان ۰/۱ میلی‌گرم نانوکروم پیکولینات به ازای هر کیلوگرم وزن متابولیکی بدن خوراکی به مدت سه هفته و گروه دریافت کننده کروم به میزان ۰/۱ میلی‌گرم کروم پیکولینات به ازای هر کیلوگرم وزن متابولیکی بدن (کیلوگرم وزن بدن به توان ۰/۷۵) خوراکی به مدت سه هفته تقسیم شدند (Mirzaei et al, 2011). نمونه‌های خون از ورید وداج در روزهای صفر (قبل از شروع آزمایش)، ۷، ۱۴ و ۲۱ و ۲۸ از تمامی گاوها اخذ شد. سپس، غلظت اسیدهای چرب غیر استریفیه (NEFA)، بتا هیدروکسی بوتیریک اسید (BHBA) و گلوکز در سرم خون اندازه‌گیری شد. گلوکز با استفاده از کیت‌های تجاری شرکت بایورکس فارس، شیراز، ایران تعیین شد. غلظت NEFA و BHBA با استفاده از کیت‌های تجاری شرکت راندوکس انگستان که حساسیت آن برای NEFA و BHBA به ترتیب برابر با ۰/۰۷۲ و ۰/۱۰۰ میلی‌مول در لیتر بود، با دستگاه اتوآنالایزر (BT1500، ایتالیا) اندازه‌گیری شد. در نهایت برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم افزار SPSS استفاده شد. برای مقایسه گروه‌ها و نیز مقایسه تغییرات فراسنجه‌های مورد نظر در طول زمان از آزمون آنالیز واریانس استفاده گردید. سطح معنی داری $P\leq0.05$ به عنوان معیار معنی‌دار بودن از لحاظ آماری در نظر گرفته شد.

نتایج

سطح گلوکز خون در گروه کنترل روند افزایشی داشت به طوری که در روزهای ۲۱ و ۲۸ این افزایش معنی‌دار ($P<0.05$) بود. در مقابل، میزان گلوکز خون در گروه دریافت‌کننده مکمل کروم تغییرات قابل توجهی نداشت و روند ثابتی را طی کرد. در گروه دریافت‌کننده نانوذرات کروم، کاهش معنی‌داری در سطح گلوکز خون در روز ۲۸ نسبت به روز صفر مشاهده شد ($P<0.05$). همچنین، در هر دو گروه دریافت‌کننده کروم و نانوذرات کروم، سطح گلوکز خون در روزهای ۲۱ و ۲۸ به طور قابل توجهی کمتر از گروه کنترل بود (Table 1).

Table 1: Blood glucose level in the different groups (Mean±SEM)

Glucose (mg/dl)					
	Day0	7th	14th	21th	28th
Control	54.11±1.05	56.2±1.52	57.72±2.68	66.77±1.26a	65.9±2.61a
Chromium	53±2.02	51.77±1.37	52.09±1.3	51.27±1.02*	52.27±1.01*
Nano-Cr	55.08±2.09	52±1.58	52.75±1.2 a12	49.08±1.05 *	47.00±1.02a*

a Significant as compared with day 0 within each group
* Significant as compared with control group

در گروه شاهد، میزان NEFA در روزهای ۲۱ و ۲۸ نسبت به روز صفر افزایش معنی‌داری را نشان داد ($P<0.05$). بر خلاف گروه شاهد، در گروه‌های دریافت‌کننده کروم و نانوکروم، روند کلی کاهش سطح NEFA مشاهده شد. هر چند این کاهش در گروه کروم از نظر آماری معنی‌دار نبود، اما در گروه نانوکروم، کاهش سطح NEFA در روز ۲۸ نسبت به روز صفر کاملاً معنی‌دار بود ($P<0.05$). همچنین، مقایسه گروه‌های نانوکروم و شاهد در روزهای ۲۱ و ۲۸، کاهش معنی‌دار سطح NEFA در گروه نانوکروم را تأیید کرد (Table 2).

Table 2: Blood NEFA level in the different groups (Mean±SEM)

NEFA (mM/l)					
	Day0	7th	14th	21th	28th
control	0.31±0.03	0.33±0.04	0.33±0.07	0.42±0.07a	0.42±0.01a
Chromium	0.28±0.03	0.33±0.06	0.28±0.04	0.27±0.03	0.27±0.01
Nano-Cr	0.29±0.03	0.28±0.06	0.25±0.07	0.25±0.03*	0.20±0.04a*

a Significant as compared with day 0 within each group
* Significant as compared with control group

در گروه شاهد، سطح بتاهیدروکسی بوتیرات (BHBA) در روزهای ۱۴ و ۲۱ نسبت به روز صفر افزایش معنی‌داری ($P<0.05$) داشت. بر خلاف گروه شاهد، در گروه‌های دریافت‌کننده مکمل کروم و نانوکروم، روند کلی کاهش سطح BHBA مشاهده شد. این کاهش در همه زمان‌های اندازه‌گیری (روزهای ۱۴، ۲۱ و ۲۸) نسبت به روز صفر در هر دو گروه دریافت کننده مکمل معنی‌دار بود ($P<0.05$).

علاوه بر این، مقایسه این دو گروه با گروه شاهد در روزهای ۱۴، ۲۱ و ۲۸ گویای کاهش معنی‌دار سطح BHBA بود. همچنین، بین گروه‌های کروم و نانوکروم در روزهای ۲۱ و ۲۸ تفاوت معنی‌داری در سطح BHBA مشاهده شد ($P<0.05$)، که نشان‌دهنده اثر متفاوت این دو مکمل بر متابولیسم کتون‌ها است (Table 3).

Table 3: Blood BHBA level in the different groups (Mean±SEM)

BHBA (mM/l)					
	Day0	7th	14th	21th	28th
control	0.52±0.03	0.55±0.07	0.59±0.07a	0.58±0.01a	0.55±0.07
Chromium	0.51±0.09	0.53±0.13	0.42±0.02a*	0.42±0.02a*	0.40±0.02a*
Nano-Cr	0.53±0.02	0.51±0.03	0.44±0.05a*	0.33±0.03ab*	0.35±0.01ab*

a Significant as compared with day 0 within each group
* Significant as compared with control group
* Significant as compared with chromium group

بحث

نیازهای کروم در انسان و حیوانات مزرعه به خوبی شناخته شده است به طوری که در طول استرس این نیاز افزایش می‌یابد. مطالعه حاضر نشان داد که کروم و به ویژه نانوذرات کروم می‌توانند تأثیر قابل توجهی بر کنترل سطح گلوکز خون داشته باشند. به طوری که در گروه دریافت‌کننده نانوذرات کروم کاهش معنی‌داری در سطح گلوکز خون در روز ۲۸ نسبت به روز صفر مشاهده گردید. همچنین، در مقایسه با گروه کنترل، سطح گلوکز خون در گروه نانوذرات کروم در روزهای ۲۱ و ۲۸ به طور قابل توجهی کمتر بود. این یافته‌ها نشان می‌دهند که نانوذرات کروم نسبت به کروم تأثیرگذاری بیشتری بر تنظیم سطح گلوکز خون داشته باشند. علت آن ممکن است به دلیل اندازه کوچک‌تر و جذب بهتر نانوذرات کروم در روده باشد که حاصل آن افزایش میزان کروم در خون خواهد بود. همچنین نانوذرات کروم ممکن است توزیع بهتری در بافت‌های مختلف بدن داشته باشند و در نتیجه به طور مؤثرتر بر متابولیسم گلوکز تأثیر بگذارند. نانوذرات کروم نیز با تداخل در مسیرهای سیگنالینگ سلولی، حساسیت سلول‌ها به انسولین را افزایش می‌دهند. مطالعات گسترده نشان داده‌اند که کروم به عنوان یک عنصر کمیاب ضروری، می‌تواند نقش قابل توجهی در تنظیم متابولیسم گلوکز در نشخوارکنندگانی مانند گاو، گوسفند و بز ایفا کند. شواهد

موجود حاکی از آن است که کروم با تقویت عملکرد انسولین و بهبود حساسیت سلولی به این هورمون، به کنترل سطح قند خون کمک می‌کند (Aguirre et al, 2002). Kitchalong و همکاران (۱۹۹۵) در مطالعات خود بر روی گوسفند و گوساله به ترتیب کاهش پاسخ گلوکز به آزمون تحمل گلوکز وریدی و افزایش سرعت پاکسازی گلوکز را در حیواناتی که با رژیم حاوی کروم تغذیه شده بودند، مشاهده کردند. همچنین، مطالعات دیگری بر روی خوک‌ها نشان داده‌اند که مکمل‌دهی با ترکیبات مختلف کروم، از جمله پیکولینات کروم و نانوپیکولینات کروم، منجر به بهبود قابل توجهی در حساسیت به انسولین و کاهش مقاومت به انسولین شده است (Amoikon et al, 1995; Hung et al, 2014 ;2020). مکانیسم‌های مولکولی این اثرات پیچیده بوده و به نظر می‌رسد که کروم با تقویت سیگنالینگ انسولین در بافت‌های هدف مانند عضله اسکلتی و بافت چربی، به افزایش جذب گلوکز توسط سلول‌ها کمک می‌کند. با این حال، نتایج مطالعات در این زمینه همواره یکسان نبوده است. به طوری که Sano و همکاران (۲۰۰۰) در مطالعه‌ای بر روی گوسفند، اثر معنی‌داری از مکمل کروم بر حساسیت به انسولین مشاهده نکردند. این تفاوت‌ها ممکن است به عوامل متعددی از جمله نوع ترکیب کروم، دوز مصرفی، وضعیت تغذیه‌ای حیوان، نژاد، سن و شرایط محیطی بستگی داشته باشد. همچنین، برهمکنش‌های پیچیده بین کروم و سایر مواد مغذی و عوامل فیزیولوژیکی نیز می‌تواند بر اثربخشی مکمل‌دهی با کروم تأثیرگذار باشد. Borgs و Mallard (۱۹۹۸) پیشنهاد کرده‌اند که اثرات کروم ممکن است در شرایط استرس، مانند استرس گرمایی، برجسته‌تر شود. این یافته نشان می‌دهد که کروم می‌تواند به عنوان یک عامل محافظتی در برابر عوارض ناشی از استرس در حیوانات عمل کند. با وجود تفاوت‌های موجود در نتایج مطالعات مختلف، نتایج حاصل از مطالعه حاضر نشان می‌دهد که کروم و نانوکروم می‌توانند به بهبود متابولیسم گلوکز خون در گاوهای پر تولید هلشتاین کمک کنند. همچنین، بررسی اثرات ترکیبی کروم و نانوکروم با سایر مواد مغذی و عوامل مدیریتی می‌تواند به توسعه استراتژی‌های تغذیه‌ای مؤثرتر برای بهبود سلامت و عملکرد متابولیکی نشخوارکنندگان کمک کند. نتایج حاصل از تحقیقات Wu و همکاران در سال ۲۰۲۱ نشان داد که کروم به عنوان یک عامل هم‌افزایی در متابولیسم انرژی عمل می‌کند. با بهبود حساسیت سلول‌ها به انسولین، کروم به انتقال گلوکز به سلول‌ها کمک می‌کند (Wu et al, 2021). پژوهش حاضر نشان داد که کروم و نانوکروم باعث می‌شوند سلول‌ها گلوکز خون را بهتر جذب کنند و در نتیجه این امر نیاز بدن به تولید اجسام کتونی مانند BHBA را کاهش می‌دهد. Bakr و همکاران در سال ۲۰۲۳ در تحقیقی که در گاوهای هلشتاین انجام دادند به این نتیجه رسیدند که مکمل‌های خوراکی کروم سبب کاهش معنی‌دار گلوکز سرم می‌شود که با مطالعه حاضر مطابقت دارد. پژوهش حاضر نشان داد که کروم و به ویژه نانوذرات کروم می‌تواند بر سطح NEFA در خون تأثیر قابل توجهی داشته باشد. افزایش بیش از حد NEFA منجر به آسیب بافت‌ها شده و در نتیجه مقاومت به انسولین و سایر اختلالات متابولیکی ایجاد می‌شود. در مطالعه حاضر در گروه کنترل، سطح NEFA به مرور زمان افزایش یافت که مهمترین علت آن قرار گرفتن دام در پیک تولید است. در گروه‌های دریافت‌کننده کروم و نانوکروم، روند کلی کاهش سطح NEFA مشاهده شد. پس می‌توان بیان نمود که کروم و به ویژه نانوذرات کروم منجر به کاهش سطح NEFA در خون می‌شوند. نکته قابل توجه این است که کاهش سطح NEFA در گروه دریافت‌کننده نانوذرات کروم به طور معنی‌داری بیشتر از گروه دریافت‌کننده کروم بود. بنابراین، نانوذرات کروم در مقایسه با کروم سبب کاهش بیش‌تر میزان NEFA شده‌اند. نانوذرات کروم ممکن است توزیع بهتری در بافت‌های مختلف بدن داشته باشند و در نتیجه به طور مؤثرتر بر متابولیسم چربی‌ها تأثیر بگذارند. همچنین نانوذرات کروم ممکن است با تداخل در مسیرهای سیگنالینگ سلولی، به بهبود متابولیسم چربی‌ها و کاهش تولید NEFA کمک کنند. نشخوارکنندگان در شرایط

استرس یا عدم دسترسی کافی به مواد مغذی قرار دارند، اغلب دچار تعادل انرژی منفی می‌شوند (Armstrong et al, 1961). تعادل انرژی منفی با مجموعه‌ای از تغییرات متابولیکی پیچیده همراه است که یکی از بارزترین آن‌ها افزایش غلظت NEFA در خون است. این افزایش به دلیل تجزیه بافت چربی و آزادسازی اسیدهای چرب به جریان خون رخ می‌دهد. ارتباط مستقیمی بین شدت تعادل انرژی منفی و میزان افزایش NEFA در خون وجود دارد. علاوه بر این، مطالعات نشان داده‌اند که یک رابطه خطی بین میزان تحویل NEFA به بافت‌ها، جذب آن‌ها توسط بافت‌ها و نرخ اکسیداسیون آن‌ها در بدن وجود دارد. میزان NEFA در خون معمولاً در طول تعادل انرژی منفی افزایش می‌یابند (Dunshea et al, 1990). Assis و همکاران (۲۰۲۱) به درستی نشان دادند که اگر چه مکمل کروم به طور کلی تغییرات چشم‌گیری در ترکیب کلی شیر ایجاد نمی‌کند، اما تأثیرات قابل توجهی بر برخی پارامترهای خونی، به ویژه NEFA دارد. کاهش غلظت NEFA در خون گاوهای دریافت‌کننده مکمل کروم، نشان‌دهنده بهبود حساسیت به انسولین در بافت چربی است. افزایش حساسیت به انسولین منجر به افزایش جذب گلوکز توسط سلول‌های چربی و در نتیجه، افزایش لیپوژنز و کاهش لیپولیز می‌شود. این تغییرات متابولیکی، بهینه‌سازی تقسیم انرژی در بدن را به دنبال دارد و در نهایت می‌تواند به افزایش تولید شیر منجر شود. نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان داد که میزان NEFA در گروه نانوکروم نسبت به گروه کروم کاهش بیش‌تری داشت. این نتایج نشان می‌دهد که ذرات نانوکروم بر اساس تغییراتی که یافته‌اند به مقدار بیش‌تری از دستگاه گوارش جذب و یا نفوذ درون سلولی بیش‌تری داشته باشند. مطالعه حاضر نشان داد که کروم و به ویژه نانوذرات کروم می‌تواند بر سطح BHBA در خون تأثیر قابل توجهی داشته باشد. BHBA یکی از اجسام کتونی است که در کبد تولید می‌شود و به عنوان منبع انرژی برای بدن به کار می‌رود. در تحقیق انجام شده، در گروه کنترل، سطح BHBA به مرور زمان افزایش یافت. این افزایش نشان می‌دهد که در شرایط عادی و بدون مصرف مکمل، سطح BHBA ممکن است به دلایل مختلفی مانند رژیم غذایی، پیک تولید یا اختلال در متابولیسم کربوهیدرات‌ها افزایش یابد. در مقابل، در گروه‌های دریافت‌کننده مکمل کروم و نانوکروم، روند کلی کاهش سطح BHBA مشاهده شد. این کاهش در هر دو گروه در مقایسه با گروه کنترل معنی‌دار بود. پس می‌توان بیان نمود که کروم و به ویژه نانوذرات کروم می‌تواند به کاهش سطح BHBA در خون کمک کند.

کروم و نانوکروم ممکن است به بهبود حساسیت سلول‌ها به انسولین کمک کنند. با بهبود حساسیت به انسولین، سلول‌ها می‌توانند قند خون را بهتر جذب کنند و در نتیجه نیاز بدن به تولید اجسام کتونی مانند BHBA **کاهش** می‌یابد. کروم و نانوکروم ممکن است بر متابولیسم چربی‌ها تأثیر گذاشته و به کاهش تولید اجسام کتونی کمک کنند. افزایش بیش از حد سطح BHBA می‌تواند منجر به افزایش روند التهابی در بدن، کتواسیدوز و آسیب کلیوی شود. یافته‌های مطالعه حاضر گویای این است که کروم و نانوکروم می‌توانند به کاهش سطح BHBA و بهبود وضعیت متابولیکی بدن کمک کنند (Alshaikh et al, 2002). Al-Haidary و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که مکمل‌های ارگانیک کروم سبب افزایش تبدیل پروپیونات به گلوکز و نیز افزایش لاکتوز شیر می‌شود. نتایج حاصل از این مطالعه با پژوهش حاضر مطابقت داشت و هر دو مطالعه بر نقش کروم در فرایندهای متابولیکی تأکید داشتند. مطالعه حاضر نیز نشان داد که کروم و نانوکروم در کنترل سطح گلوکز خون و بهبود متابولیسم چربی‌ها بسیار مؤثر می‌باشند. نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان می‌دهد که مکمل‌دهی با نانوکروم و کروم غذایی می‌تواند به طور مؤثری از افزایش سطح BHBA و NEFA در خون گاوها جلوگیری کند. این ترکیبات با تنظیم متابولیسم انرژی و کاهش تجزیه بافت چربی، به حفظ تعادل انرژی در گاوها کمک می‌کنند. در نتیجه، استفاده از این ترکیبات باعث کاهش بروز بیماری‌های متابولیکی مرتبط با افزایش BHBA و NEFA می‌شوند. BHBA به عنوان یکی از مهم‌ترین اجسام کتونی،

در شرایط متابولیکی خاص در نشخوارکنندگان بالغ تولید می‌شود. هنگامی که انرژی مورد نیاز بدن از طریق کربوهیدرات‌ها تأمین نمی‌شود، بدن به تجزیه چربی‌های ذخیره شده روی می‌آورد. در این فرآیند، اسیدهای چرب آزاد شده در کبد به اجسام کتونی از جمله BHBA تبدیل می‌شوند. افزایش غلظت BHBA در خون نشانه‌ای از ناکافی بودن تأمین انرژی از طریق کربوهیدرات‌ها و بسیج چربی‌ها برای تولید انرژی است. این وضعیت معمولاً در شرایطی مانند گرسنگی طولانی مدت، کمبود علوفه با کیفیت بالا، بیماری‌های متابولیکی و استرس رخ می‌دهد. تولید بیش از حد BHBA می‌تواند منجر به کتوز شود که یک اختلال متابولیکی جدی در نشخوارکنندگان است و می‌تواند به کاهش تولید شیر، کاهش باروری و حتی مرگ حیوان منجر شود (Mirzaei et al, 2011).

در مطالعه‌ای که توسط Ghorbani و همکاران (۲۰۱۲) صورت گرفت محققان متوجه شدند که مکمل کروم باعث کاهش BHBA در خون گوساله‌ها می‌شود. این کاهش در چندین نقطه زمانی از جمله ۷۲ ساعت پس از تولد و در هفته‌های اول تا ششم پس از تولد مشاهده شد. کاهش سطح BHBA در این مطالعه نشان می‌دهد که مکمل کروم ممکن است به بهبود وضعیت متابولیکی گوساله‌ها و کاهش تولید اجسام کتونی کمک کند. نتایج حاصل از مطالعه حاضر و مطالعه Ghorbani و همکاران (۲۰۱۲) نشان می‌دهند که مکمل کروم و به ویژه نانوکروم می‌تواند به عنوان یک ابزار مؤثر برای کاهش سطح BHBA در خون و بهبود وضعیت متابولیکی آن‌ها مورد استفاده قرار گیرد. با انجام مطالعات بیش‌تر، می‌توان از این یافته‌ها برای بهبود تغذیه دام و افزایش بهره‌وری در صنعت دامداری استفاده کرد.

در یک مطالعه سیستماتیک فراتحلیل که توسط Malik و همکاران در سال ۲۰۲۴ در مورد استفاده از مکمل کروم در جیره غذایی گاوهای شیری و اثرات آن بر فراسنجه‌های بیوشیمایی خون صورت گرفت، علت وجود اختلاف در اثرات کروم بر فراسنجه‌های بیوشیمایی خون را در تحقیقات مختلف به وزن بدن گاوها، مدت خوراندن مکمل کروم، نوع مکمل استفاده شده و دوره زمانی شیر دهی ربط داده‌اند. همچنین این محققین بیان داشتند که مکمل کروم در دوره انتقال در گاوهای شیری سبب کاهش غلظت NEFA می‌شود. ولی غلظت گلوکز خون، انسولین، کورتیزول و پروتئین تام سرم تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که استفاده از مکمل‌های کروم، به ویژه نانو ذرات کروم، می‌تواند به عنوان یک ابزار مؤثر برای بهبود سلامت و عملکرد دام‌ها مورد استفاده قرار گیرد. با انجام مطالعات بیش‌تر و گسترده‌تر، می‌توان از این یافته‌ها برای توسعه استراتژی‌های تغذیه‌ای بهتر و افزایش بهره‌وری در صنعت دامداری استفاده کرد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه شهرکرد به خاطر تأمین هزینه های مطالعه قدردانی به عمل می‌آید.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافعی وجود ندارد.

منابع مالی

منابع مالی این مطالعه توسط معاونت پژوهشی دانشگاه شهرکرد تأمین شد.

منابع

Aguirre, V., Werner, E. D., Giraud, J., Lee, Y. H., Shoelson, S. E., & White, M. F. (2002). Phosphorylation of Ser307 in insulin receptor substrate-1 blocks interactions with the insulin receptor and inhibits insulin action. *Journal of Biological Chemistry*, *277*(2), 1531-1537 .

Al-Haidary, A., Alsoghair, A., & Alshaikh, M. (2003). Influence of niacin supplementation on thermoregulatory responses and performance of Holstein cattle during the summer months. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 15, 3-25 .

Alshaikh ,M., Alsiadi, M., Zahran, S., Mogawer, H., & Aalshowime, T. (2002). Effect of feeding yeast culture from different sources on the performance of lactating Holstein cows in Saudi Arabia. *Asian-Australasian Journal of Animal sciences*, *15*(3), 352-356 .

Amoikon, E., Fernandez, J., Southern, L., Thompson Jr, D., Ward, T., & Olcott, B. (1995). Effect of chromium tripicolinate on growth, glucose tolerance, insulin sensitivity, plasma metabolites, and growth hormone in pigs. *Journal of Animal Science*, *73*(4), 1123-1130.

Armstrong, D., Steele, R., Altszuler, N., Dunn, A., Bishop, J. d., & De Bodo, R. (1961). Regulation of plasma free fatty acid turnover. *American Journal of Physiology-Legacy Content*, *201*(1), 9-15.

Assis, J.R. (2021). Chromium in performance and metabolism of dairy cow. *Scientific Electronic Archives 14*(1):100-107.

Bakr, M. H., Abd Elazeim, M. G., Abd El Rahman, M., Olafadehan, O. A., & Kholif, A. E. (2023). Chocolate byproducts and protected fats enriched with chromium to replace corn in diets of early lactation Holstein cows: feed utilization, blood profile, and lactational performance. *Annals of Animal Science*, *23*(4), 1119-1129 .

Borgs, P., & Mallard, B. (1998). Immune-endocrine interactions in agricultural species: chromium and its effect on health and performance. *Domestic Animal Endocrinology*, *15*(5), 431-438 .

Davis, S., & Collier, R. (1985). Mammary blood flow and regulation of substrate supply for milk synthesis. *Journal of Dairy Science*, *68*(4), 1041-1058 .

Drackley, J. K. (1999). Biology of dairy cows during the transition period :The final frontier? *Journal of Dairy Science*, *82*(11), 2259-2273 .

Dunshea, F., Bell, A., & Trigg, T. (1990). Non-esterified fatty acid and glycerol kinetics and fatty acid re-esterification in goats during early lactation. *British Journal of Nutrition*, *64*(1), 133-145.

Ghorbani, A., Sadri, H., Alizadeh, A., & Bruckmaier, R. (2012). Performance and metabolic responses of Holstein calves to supplemental chromium in colostrum and milk. *Journal of Dairy Science*, *95*(10), 5760-5769 .

Hung, A.T., Leury, B.J., Sabi, M.A., Lien, T.F., & Dunshea, F.R. (2014). Dietary chromium picolinate of varying particle size improves carcass characteristics and insulin sensitivity in finishing pigs fed low-and high-fat diets. *Animal Production Science*, *55*(4), 454-460 ..

Hung, A.T., Leury, B. J., Sabin, M.A., Fahri, F., DiGiacomo, K., Lien, T.F., & Dunshea, F. R. (2020). Nano chromium picolinate improves gene expression associated with insulin signaling in porcine skeletal muscle and adipose tissue. *Animals*, *10*(9), 1-14.

Kitchalong, L., Fernandez, J., Bunting, L., Southern, L., & Bidner, T. (1995). Influence of chromium tripicolinate on glucose metabolism and nutrient partitioning in growing lambs. *Journal of Animal Science*, *73*(9), 2694-2705 .

Malik, M.I., Jonker, A., Raboisson, D., Song, B., Rashid, M.A., Sun, X. (2024). Effects of dietary chromium supplementation on blood biochemical parameters in dairy cows: A multilevel meta-analytical approach. *Journal of Dairy Science*, *107*(1):288-303.

Mirzaei, M., Ghorbani, G., Khorvash, M., Rahmani, H., & 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 .

Mousavi, F., Karimi-Dehkordi, S., Kargar, S., & Ghaffari, M. (2019). Effect of chromium supplementation on growth performance, meal pattern, metabolic and antioxidant status and insulin sensitivity of summer-exposed weaned dairy calves. *Animal*, *13*(5), 968-974 .

Panda, P ,.Verma, H. K., Lakkakula, S., Merchant, N., Kadir, F., Rahman, S., Rao, P. V. (2022). Biomarkers of oxidative stress tethered to cardiovascular diseases. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, *2022*(1), 1-15.

Rhoads, R., La Noce, A., Wheelock, J., & Baumgard, L. (2011). Alterations in expression of gluconeogenic genes during heat stress and exogenous bovine somatotropin administration. *Journal of Dairy Science*, *94*(4), 1917-1921 .

Sano, H., Konno, S., & Shiga, A. (2000). Chromium supplementation does not influence glucose metabolism or insulin action in response to cold exposure in mature sheep. *Journal of Animal Science, 78*(11), 2950-2956 .

Stofkova, A. (2009). Leptin and adiponectin: from energy and metabolic dysbalance to inflammation and autoimmunity. *Endocrine Regulations, 43*(4), 157-168 .

Wheelock, J. B., Rhoads, R. P., VanBaale, M. J., Sanders, S. R., & Baumgard, L. H. (2010). Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science, 93*(2), 644-655 .

Wu, Z.Z., Peng, W.C., Liu, J.X., Xu, G.Z., & Wang, D.M. (2021). Effect of chromium methionine supplementation on lactation performance, hepatic respiratory rate and anti-oxidative capacity in early-lactating dairy cows. *Animal, 15*(9), 1-7.

Zarifi, M., Buczinski, S., Rezakhani, A., Dezfouli, M. R. M., & Khonsha, A. (2012). Effect of lactation on functional and morphological echocardiographic variables in adult dairy cows. *Journal of Veterinary Cardiology, 14*(3), 415-421.

Received: 20.10.2024
Accepted: 18.12.2024

Vol. 20, No. 4, Winter, 2025 **Original Article**
DOI: 10.22055/ivj.2024.484522.2745

Evaluation of the effect of nano chromium and chromium on the blood level of glucose, BHBA and NEFA in high-producing dairy Holstein cattle

Ali Bahmani Ghayedi[1], Afshin Jafari-Dehkordi[2*], Abdonnaser Mohebbi[2] and Mohammad Reza Aslani[3]

[1] DVSc Student in Large Animal Internal Medicine, Faculty of Veterinary Medicine, Shahrekord University, Shahrekord, Iran

[2] Associate Professor, Department of Clinical Science, Faculty of Veterinary Medicine, Shahrekord University, Shahrekord, Iran

[3] Professor, Department of Pathobiological Science, Faculty of Veterinary Medicine, Shahrekord University, Shahrekord, Iran

Received: 20.10.2024 Accepted: 18.12.2024

Abstract

Chromium is an essential trace element that is vital in regulating glucose metabolism and improving animal performance, especially in dairy cattle. Negative energy balance and disturbance in glucose metabolism are major challenges in dairy cattle, which directly affect cow's health and milk production. This study aimed to investigate the effects of nano chromium and chromium in improving the metabolic status of dairy cattle and increasing production efficiency. A total of 36 high-producing Holstein dairy cows were selected**.** The cows were randomly divided into three groups: the control group, the nano chromium group, and the chromium group, which respectively received 0.1 mg/Kg MW (metabolic weight) nano chromium picolinate and 0.1 mg/Kg MW of chromium picolinate orally for 3 weeks. Blood samples were taken from the jugular vein on days 0 (before the start of the experiment), 7, 14, 21 and 28 to measure non-esterified fatty acids, beta-hydroxybutyric acid and glucose. The blood glucose level in both groups receiving chromium and nano chromium was significantly lower than the control group on days 21 and 28. The amount of NEFA in the nano chromium group showed a significant decrease on days 21 and 28 compared to the control group. A significant decrease in BHBA was observed in the chromium and nano chromium groups on days 14, 21 and 28 compared to the control group. Also, a significant difference in BHBA level was observed between chromium and nano chromium groups on days 21 and 28. The results of this research showed that the use of chromium supplements, especially chromium nanoparticles, can be used to improve the health and performance of livestock. By conducting more studies, these findings can be used to improve nutrition and increase performance in the cattle dairy farms.

Key words: Chromium, Nano chromium, Cow, Glucose, NEFA, BHBA

[*] **Corresponding Author**: Afshin Jafari-Dehkordi, Associate Professor, Department of Clinical Science, Faculty of Veterinary Medicine, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
E-mail: jafari-a@sku.ac.ir

© 2020 by the authors. Licensee SCU, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).