

اثر مکمل آلی کروم بر فراسنجه‌های خونی، اکسیداسیون چربی عضله راسته و میزان آن در بافت‌های بدن بزغاله نر مهبادی

علی امامی^{۱*}، مهدی گنج خانلو^۲، ابوالفضل زالی^۳ و محمد شریفی^۴

۱- دانشجوی دکتری تغذیه دام دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند

۲- استادیار گروه علوم دامی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۳- دانشیار گروه علوم دامی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۴- دانشجوی دکتری تغذیه دام دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی اثرات مکمل کروم بر عملکرد، پارامترهای خونی، اکسیداسیون چربی عضله راسته و میزان این عنصر در بافت‌های بدن بزغاله‌های نر مهبادی انجام شد. ۳۲ رأس بزغاله مهبادی (۴ تا ۵ ماهه با میانگین وزن اولیه 22 ± 2 کیلوگرم) در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ سطح از مکمل کروم (۱ بدون مکمل، ۲، ۳، ۴) میلی‌گرم کروم در روز تغذیه شدند. جیره پایه یکسان بود و آزمایش ۹۴ روز به طول انجامید. بزغاله‌ها در جایگاه انفرادی قرار گرفته، هر ۲۱ روز وزن کشی شده و در انتهای آزمایش کشتار شدند. میانگین ماده خشک مصرفی و افزایش وزن روزانه تحت تأثیر مکمل کروم قرار نگرفت، در حالی که سطح ۱/۵ میلی‌گرم کروم در روز باعث بهبود ضریب تبدیل شد ($P < 0.05$). مکمل کروم تأثیری بر غلظت انسولین و تری‌گلیسرید در آزمون اپی نفرین نداشت، اگرچه سطح ۱۵۰۰ میکروگرم کروم در روز باعث کاهش پیک غلظت گلوکز خون شد ($P < 0.05$). با افزایش مدت زمان نگهداری گوشت در سردخانه (تا ۲ ماه بعد از کشتار)، شاخص اکسیداسیون چربی به طور معنی‌داری افزایش یافت. مکمل کروم (به خصوص سطح ۱/۵ میلی‌گرم کروم در روز) به طور معنی‌داری باعث کاهش میزان اکسیداسیون چربی عضله راسته در ۲ ماه بعد از ذخیره‌سازی در سردخانه شد ($P < 0.05$). میزان اکسیداسیون در ماه اول تحت اثر مکمل کروم کاهش یافته اما این اثر معنی‌دار نبود. میزان کروم پلاسما، جگر، کلیه و عضله راسته به طور معنی‌داری با افزودن کروم متیونین به جیره افزایش یافت ($P < 0.05$). نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که، مکمل کروم باعث بهبود عملکرد، کاهش میزان اکسیداسیون چربی عضله راسته و افزایش محتوای کروم در خون و بافت‌های مختلف بزغاله‌های مهبادی شد.

کلمات کلیدی: بزغاله مهبادی، کروم متیونین، اکسیداسیون چربی، ضریب تبدیل غذایی.

مقدمه

کیفیت گوشت شده است (تقیانی و همکاران، ۲۰۰۶). استفاده از کروم در جیره بره در حال رشد، جوجه گوشتی، گوساله و بره پرواری از طریق مصرف بهبود مصرف گلوکز باعث افزایش عملکرد شده است (بانتینگ و همکاران، ۱۹۹۴؛ چانگ و همکاران، ۱۹۹۴؛ کیتچالونگ و همکاران، ۱۹۹۵). با توجه به این که اثرات مثبت ثبت شده‌ی مکمل کروم بر عملکرد و کیفیت گوشت نشخوارکنندگان مبتنی بر مطالعات محدود می‌باشد، و این که در این راستا در مورد بز تحقیقات بسیار محدودتر بوده است، بنابراین در این مطالعه اثر مکمل آلی کروم متیونین بر عملکرد، پارامترهای خونی، اکسیداسیون چربی عضله راسته و میزان این عنصر در بافت‌های بدن بزغاله‌های نر مهابادی ارزیابی گردید.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به مدت ۹۴ روز (۱۰ روز عادت دهی و ۸۴ روز دوره‌ی پرورابندی) با تعداد ۳۲ رأس بزغاله نر نژاد مهابادی ۴ تا ۵ ماهه و با میانگین وزن اولیه 22 ± 2 کیلوگرم در ایستگاه تحقیقاتی علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، انجام گرفت. بزغاله‌های مورد آزمایش به طور تصادفی در جایگاه‌های انفرادی که به طور آزاد به آب و خوراک دسترسی داشتند، نگهداری شدند. در ابتدای دوره پرورابندی ویتامین B کمپلکس (۲ میلی‌لیتر)، ویتامین AD3E (۳ میلی‌لیتر) تزریق و شربت آلبندازول جهت جلوگیری از بروز عفونت انگلی به بزغاله‌ها خوراندند و مایه کوبی علیه آنترتوکسمی انجام گرفت. آزمایش شامل چهار تیمار با سطوح مختلف مکمل کروم متیونین (AVAILA Cr 1000، شرکت ZINPRO، آمریکا) با یک جیره پایه بود: سطح ۱) بدون مکمل، سطح ۲) ۰/۵، سطح ۳) ۱ و سطح ۴) ۱/۵ میلی‌گرم کروم به ازای هر دام در روز (هر کیلوگرم از مکمل دارای ۱۰۰۰ میلی‌گرم کروم سه ظرفیتی بود که برای تأمین ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌گرم کروم در روز به ترتیب ۰/۵، ۱ و ۱/۵ گرم از مکمل کروم کلیت شده با متیونین با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۱ گرم وزن کشی و به صورت مخلوط شده با ۵۰ گرم جو آسیاب شده قبل از وعده غذایی صبح به بزغاله‌ها خوراندند می‌شد). جیره پایه بزغاله‌ها برای حداکثر رشد و تأمین احتیاجات غذایی توصیه شده توسط انجمن ملی تحقیقات آمریکا (NRC2007) تنظیم گردید (جدول ۱) و به صورت خوراک کاملاً مخلوط (TMR)

در سال‌های اخیر، مطالعات تغذیه‌ای انجام شده نشان داده‌اند که عنصر کروم در حالت اکسیداسیونی ۳ بار مثبت، نقش مهمی در متابولیسم چربی و کربوهیدرات در پستانداران ایفا می‌کند (وینسنت، ۲۰۰۱). کروم باعث افزایش حساسیت به انسولین و بهبود علائم دیابت نوع دوم در انسان شده است (وینسنت، ۲۰۰۴). این عنصر در قالب کمپلکسی به نام عامل تحمل گلوکز (GTP) با بالا بردن تحمل گلوکز و حساسیت سلول‌های بدن به انسولین میزان انرژی بیشتری برای تولید و رشد دام فراهم می‌کند (سوانسون و همکاران، ۲۰۰۰). میزان کروم در مواد غذایی ۰/۱ الی ۴/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک است، که غلات در محدوده پایین‌تر و علوفه‌ها در حد بالاتر دامنه قرار دارند. انجمن ملی تحقیقات آمریکا (NRC¹2007) حداکثر سطح قابل تحمل اکسید و کلرید کروم را به ترتیب ۳۰۰۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بیان کرده است. انواع مختلفی از مکمل‌های معدنی و آلی کروم در مطالعات مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج حاصل از پژوهش‌های مختلف نشان داده است که، اشکال آلی کروم و مخصوصاً شکل آلی کروم کلیت شده با آمینواسید قابلیت دسترسی بالاتری نسبت به دیگر انواع کروم دارا می‌باشد (پیچ و همکاران، ۱۹۹۳). کروم در تغذیه خوک به عنوان عنصر ضروری شناخته شده است، هر چند که میزان نیاز به این عنصر به صورت دقیقی مشخص نشده است (مونی و کرومول، ۱۹۹۹). نتایج حاصل از تحقیقات گذشته نشان می‌دهد که استفاده از مکمل کروم آلی باعث افزایش محتوای کروم اندام‌های مختلف در خوک شده است، که خود نمایانگر بالا بودن میزان جذب و زیست‌فراهمی این شکل از کروم می‌باشد (وانگ و همکاران، ۲۰۱۲). مکمل آلی کروم باعث افزایش وزن و بهبود بازدهی غذایی در گوساله‌های تحت تنش نقل و انتقال شده و همچنین افزایش تولید شیر، ماده خشک مصرفی و وزن متابولیکی در گاوهای تحت تنش زایمان با استفاده از مکمل کروم مشاهده شده است (هایرلی و همکاران، ۲۰۰۱). همچنین مکمل معدنی کروم در بز ضریب تبدیل و افزایش وزن را بهبود داده است (هالدار و همکاران، ۲۰۰۶). استفاده از مکمل کروم آلی در تغذیه جوجه گوشتی از طریق افزایش محتوای پروتئین و کاهش میزان اکسیداسیون چربی عضله سینه و ران در زمان نگه داری گوشت در سردخانه باعث بهبود

1.National Research Council (NRC)

بافت‌های بدن سپس به روش اندرسون و همکاران (۱۹۹۶) و با استفاده از دستگاه جذب اتمی (AA-6600, Shimadzu) مورد آنالیز قرار گرفت. برای بررسی اثر کروم بر میزان اکسیداسیون چربی عضله راسته تست TBARS در زمان ۱ و ۲ ماه بعد از کشتار به روش استربائر و همکاران (۱۹۹۰) انجام گرفت.

تجزیه و تحلیل داده‌های بدست آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ و رویه MIXED و GLM انجام گرفت. قبل از تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار مینی تب نسخه ۱۴ به جهت نرمال‌سازی داده‌ها استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون توکی در سطح ۵٪ انجام گرفت. مدل آماری طرح

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + A_k + L_j + e_{ijkl}$$

Y_{ijkl} = مقادیر مشاهده شده صفت مورد اندازه گیری، μ = میانگین صفات اندازه گیری شده، T_i = اثر i امین سطح مکمل، A_k = اثر تصادفی k امین حیوان، L_j = اثر وزن اولیه (متغیر کمکی) e_{ijkl} = اثرات باقیمانده

در حد اشتها^۱ در دو نوبت (در ساعت ۷:۰۰ و ساعت ۱۷:۰۰) در اختیار بزغاله‌ها قرار می‌گرفت. ماده خشک مصرفی و پس-آخور بزغاله‌ها به طور روزانه ثبت می‌گردید. از خوراک در طول دوره آزمایش سه بار نمونه‌گیری شد و ترکیبات شیمیایی مواد خوراکی بر طبق روش‌های AOAC (۱۹۹۰) تعیین گردید. جیره پایه حاوی ۰/۸۳ میلی‌گرم کروم سه ظرفیتی در هر کیلوگرم ماده خشک بود (جدول ۱). وزن بدن به صورت انفرادی در روزهای صفر، ۲۱، ۴۲، ۶۳ و ۸۴ آزمایش در ساعت ۷ صبح بعد از ۱۶ ساعت محرومیت از خوراک اندازه‌گیری گردید. برای اندازه‌گیری میزان کروم موجود در خون بلافاصله بعد از وزن کشی، خون‌گیری با استفاده از لوله‌های ۵ میلی‌لیتر تحت خلأ همراه با ماده ضد انعقاد هپارین انجام شد. به منظور بررسی اثر مکمل کروم بر متابولیسم گلوکز در شرایط تنش، مطابق با روش کانکو و همکاران (۱۹۹۷) اقدام به انجام آزمون اپی‌نفرین (epinephrine challenge test) شد. برای انجام این آزمون در روز ۸۰ از آزمایش، ۵ رأس بزغاله از هر تیمار به طور تصادفی انتخاب، و بعد از ۱۶ ساعت محرومیت از خوراک در ساعت ۶ صبح ابتدا وزن کشی و سپس در ورید وداج آن‌ها کنتراهای استریل کار گذاشته شد و به وسیله‌ی چسب‌های مخصوص روی پوست گردن تثبیت گردید. برای حفظ کارایی کتتر، مسیر کتتر با محلول سدیم سیترات ۶ درصد شست و شو می‌گردید. بعد از ۶۰ دقیقه استراحت دام‌ها، یک نمونه خون قبل از آزمون جمع‌آوری شد. نمونه‌های خون از کتتر جمع‌آوری و بلافاصله در لوله‌های خلاء دار ۵ میلی‌لیتری حاوی ماده انعقاد تخلیه می‌گردید. ۳۰ دقیقه بعد از آن، یعنی در زمان صفر آزمون، اپی‌نفرین هیدروکلرید (۴ میکروگرم به ازای هر کیلوگرم وزن زنده) به صورت داخل رگی به بزغاله‌ها تزریق شد و سپس نمونه‌های خون در دقایق ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۵۰ بعد از تزریق از طریق کتتر جمع‌آوری گردید. نمونه‌های خون به آزمایشگاه منتقل و پلاسما آن‌ها استخراج و متعاقباً از نظر میزان گلوکز، انسولین و تری‌گلیسرید بررسی گردیدند. بزغاله‌ها در پایان آزمایش پس از ۱۶ ساعت محرومیت از خوراک، کشتار شدند. بلافاصله بعد از کشتار نمونه‌هایی از قلب، کلیه، جگر و عضله راسته جمع‌آوری و تا زمان آزمایش در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. محتوی کروم در پلاسما و

جدول ۱- مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره پایه

درصد	ترکیبات
۱۶/۴۹	یونجه
۸/۳۲	ذرت سیلو شده
۵/۱۹	کاه گندم
۵۰/۶۵	دانه جو
۹/۰۹	سیوس گندم
۴/۵۵	کنجاله کلزا
۲/۲۱	کنجاله سویا
۱/۳	کرینات کلسیم
۰/۹۱	مکمل معدنی- ویتامینی ^۱
۰/۷۸	بیکرینات سدیم
۰/۵۲	نمک
ترکیبات شیمیایی ^۲	
۲/۴۱	انرژی قابل متابولیسم (مگا کالری در کیلوگرم ماده خشک)
۸۰/۷۸	ماده خشک
۱۳/۵	پروتئین خام
۲/۶	عصاره اتری
۳۶/۶	دیواره سلولی (NDF)
۹/۰	خاکستر
۰/۸۹	کلسیم
۰/۴۹	فسفر
۰/۸۳	کروم (میلیگرم در کیلوگرم ماده خشک)

۱- کیلوگرم مکمل ویتامینی دارای ۶۰۰ هزار واحد بین المللی ویتامین A، ۲۰۰ هزار واحد بین المللی ویتامین D، ۲۰۰ میلی گرم ویتامین E، ۲۵۰۰ میلی گرم آنتی اکسیدان، ۱۹۵ گرم کلسیم، ۸۰ گرم فسفر، ۲۱۰۰۰ میلی گرم منیزیم، ۲۲۰۰ میلی گرم منگنز، ۳۰۰۰ میلی گرم آهن، ۳۰۰ میلی گرم مس، ۳۰۰ میلی گرم روی، ۱۰۰ میلی گرم کبالت، ۱۲۰ میلی گرم ید و ۱/۱ میلی گرم سلنیوم بود.

۲- بر حسب درصدی از ماده خشک

نتایج و بحث

داده‌های مربوط به وزن نهایی، میانگین افزایش وزن روزانه^۱، ماده خشک مصرفی و ضریب تبدیل غذایی در جدول ۲ نشان داده شده است. تجزیه آماری داده‌ها نشان داد که سطوح مختلف مکمل آلی کروم اثر معنی داری بر وزن نهایی و کل افزایش وزن بزغاله‌ها نداشت، همچنین میانگین ماده خشک مصرفی روزانه نیز بین بزغاله‌ها مشابه بود (تقریباً ۱ کیلوگرم). میانگین افزایش وزن روزانه بزغاله‌ها که سطوح ۱ تا ۴ مکمل آلی کروم را مصرف کرده بودند در کل آزمایش به ترتیب ۱۲۰، ۱۱۰، ۱۳۰ و ۱۴۰ گرم در روز بود که تفاوت معنی داری با یکدیگر نداشتند. بررسی ضریب تبدیل غذایی بزغاله‌ها نشان دهنده بهبود معنی دار ضریب تبدیل غذایی در سطح

۱۵۰۰ میکروگرم کروم در مقایسه با سایر تیمارها می‌باشد (ضریب تبدیل غذایی سطح ۱ تا ۴ به ترتیب: ۸/۶۴، ۹/۵۴، ۸/۱۸ و ۷/۷۷) ($P < 0.05$).

موافق با نتایج آزمایش حاضر، استفاده از سطوح مختلف مکمل کروم (صفر، ۰/۲۵، ۰/۳۷۵ و ۰/۵ میلی گرم) در خوراک‌دهی روزانه گوسفند تأثیری بر افزایش وزن، وزن ابتدا و انتهای دوره‌ی پروار و ماده خشک مصرفی نداشت (دلاگو و همکاران، ۲۰۰۱). در مطالعه‌ای که روی گوساله‌پرواری انجام گرفت (۲۰۰۱)، مکمل کروم تأثیری بر افزایش وزن و ماده خشک مصرفی گوساله‌ها نداشت (گکلی و همکاران، ۲۰۰). مکمل کروم معدنی باعث بهبود ضریب تبدیل و افزایش وزن در بزهای بنگالی شد، اما تأثیری بر ماده خشک مصرفی نداشت است که با نتایج آزمایش حاضر در توافق می‌باشد (هالدار و همکاران،

۲۰۰ میکروگرم کروم در کیلوگرم تأثیری بر افزایش وزن روزانه، خوراک مصرفی و ضریب تبدیل غذایی، مشاهده نکردند (چانگ و موات، ۱۹۹۲). همچنین تغذیه بره‌های شال با سطوح مختلف مکمل کروم آلی و معدنی تأثیری بر افزایش وزن روزانه، ماده خشک مصرفی و بازده غذایی نداشت (تهرانی و همکاران، ۲۰۰۵). بهبود افزایش وزن و ضریب تبدیل غذایی در آزمایش حاضر نشان دهنده نقش کروم از طریق انسولین بر جذب گلوکز و تأمین انرژی لازم برای رشد می‌باشد (بونتینگ و همکاران، ۱۹۹۴).

۲۰۰۹). ونک و همکاران (۱۹۹۵) نشان دادند که مکمل کروم اثری بر ماده خشک مصرفی خوک نداشت اما باعث بهبود ضریب تبدیل شد. همچنین پائول و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که استفاده از مکمل معدنی کروم کلرید در بزهای بنگالی باعث بهبود ضریب تبدیل و افزایش وزن شده است. اما مخالف با نتایج حاضر، لین و همکاران (۱۹۹۳) و آمویکون و همکاران (۱۹۹۵) بود که با استفاده از مکمل کروم پیکولینات (Crpic) در دامنه ۴۰۰ تا ۸۰۰ میکروگرم کروم در کیلوگرم خوراک در تغذیه خوک، تغییری در افزایش وزن و ضریب تبدیل غذایی مشاهده نکردند. تغذیه گوساله‌های تحت تنش نقل و انتقال در یک دوره‌ی پروار ۶۸ روزه با جیره‌ی حاوی

جدول ۲- میانگین صفات وزن نهایی، کل افزایش وزن، افزایش وزن روزانه، ماده خشک مصرفی روزانه و ضریب تبدیل غذایی بزغاله‌های تغذیه شده با سطوح مختلف مکمل کروم

صفات مورد مطالعه	سطوح مکمل ۱				اشتباه معیار میانگین	سطح معنی داری
	۰	۰/۵	۱	۱/۵		
وزن نهایی (کیلوگرم)	۳۲/۱۹	۳۱/۳۲	۳۲/۶۲	۳۲/۹۵	۱/۶۴	۰/۹۱
کل افزایش وزن (کیلوگرم)	۱۰/۷۵	۹/۸۳	۱۱/۳۸	۱۲/۳۳	۰/۷۲	۰/۱۱
میانگین افزایش وزن روزانه (کیلوگرم)	۰/۱۲۰	۰/۱۰۹	۰/۱۲۷	۰/۱۳۷	۰/۱۰	۰/۱۱
ماده خشک مصرفی روزانه (کیلوگرم)	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۲	۱/۰۶	۰/۰۳	۰/۶۴
ضریب تبدیل غذایی	۸/۶۴ ^{ab}	۹/۵۴ ^a	۸/۱۸ ^{ab}	۷/۷۷ ^b	۰/۴۷	۰/۰۲

۱. میلی‌گرم کروم به ازای هر دام در روز

*a, b حروف غیر مشابه در هر ردیف، تفاوت معنی دار بین تیمارها را نشان می‌دهد.

به غشای سلول‌ها آسیب وارد می‌شود (تقیانی و همکاران، ۲۰۰۶). ساهین و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که مکمل سازی جیره طیور با مکمل کروم (۴۰۰ میکروگرم کروم در کیلوگرم جیره) به تنهایی یا همراه با اسید اسکوربیک باعث افزایش غلظت ویتامین C و E، و کاهش میزان مالون دی‌آلدهید در سرم جوجه‌های تحت تنش گرمایی می‌شود. همچنین کروم در بافت‌های زنده خاصیت آنتی‌اکسیدانی از خود نشان داده است مکمل کروم نیکوتینات و پیکولینات باعث کاهش میزان TBARS کبدی در موش شده است. کروم و روی هر کدام به تنهایی و یا به صورت ترکیب با هم نقش آنتی‌اکسیدانی مناسبی در مردان بالغ تونسی مبتلا به دیابت نوع دو داشته‌اند (پرس و همکاران، ۱۹۹۷).

در مطالعه حاضر با افزایش مدت زمان نگه داری گوشت از ۱ تا ۲ ماه میزان اکسیداسیون چربی به طور معنی داری افزایش یافته است ($P < 0.05$). مکمل کروم به طور معنی داری باعث کاهش میزان اکسیداسیون چربی عضله راسته در ۲ ماه بعد از کشتار شده ($P < 0.05$), همچنین میزان اکسیداسیون در ماه اول تحت اثر مکمل کروم کاهش یافته اما این اثر معنی دار نبوده است. مطالعه‌ای مبتنی بر اثر مکمل کروم بر اکسیداسیون چربی در نشخوارکنندگان یافت نشد، اما در آزمایشی که روی جوجه‌های تحت تنش گرمایی انجام شد نتایج مشابهی با نتایج ما به دست آمد، و مکمل آلی کروم باعث کاهش میزان اکسیداسیون چربی گوشت سینه و ران شده است (تقیانی و همکاران، ۲۰۰۶). مکمل کروم از طریق فاکتور تحمل گلوکز باعث تنظیم فعالیت انسولین و تنظیم پراکسیداسیون می‌شود (مرتز، ۱۹۹۳). مشخص شده زمانی که غلظت آنتی‌اکسیدان‌های ویتامینی (ویتامین C و E) کاهش یابد میزان اکسیداسیون در پلاسما و بافت‌ها افزایش می‌یابد و

جدول ۳- تأثیر تغذیه سطوح مختلف مکمل کروم بر اکسیداسیون چربی عضله راسته (میلی گرم مالون دی آلدئید به کیلوگرم گوشت)

سطح معنی داری	اشتباه معیار میانگین	سطوح مکمل ^۱				زمان بعد از کشتار
		۱/۵	۱	۰/۵	۰	
۰/۰۸	۰/۱۹	۱/۱۱	۱/۱۵	۱/۴۳	۱/۷۷	۱ ماه بعد از کشتار
۰/۰۱	۰/۱	۱/۵ ^b	۱/۶۹ ^{ab}	۱/۹۵ ^a	۲/۰۴ ^a	۲ ماه بعد از کشتار

۱. میلی گرم کروم به ازای هر دام در روز

* a, b حروف غیر مشابه در هر ردیف، تفاوت معنی دار بین تیمارها را نشان می‌دهد.

میزان کروم موجود در جگر، کلیه و عضله راسته تحت اثر تیمارهای آزمایشی افزایش یافت. مشابه با نتایج آزمایش حاضر مکمل آلی کروم باعث افزایش میزان کروم موجود در جگر، کلیه و گوشت خوک (وانگ و همکاران، ۲۰۱۲) و موش شده است (ژا و همکاران، ۲۰۰۷). همچنین آندرسون و همکاران (۱۹۹۶) گزارش کردند که ۹ منبع مختلف کروم به طور معنی داری باعث افزایش میزان کروم در بافت‌های مختلف موش شده است. همچنین این محققین گزارش کردند در اثر مکمل سازی جیره با مکمل کروم، بیشترین میزان کروم به ترتیب در جگر، کلیه و عضله مشاهده شده است که با نتایج حاصل از آزمایش حاضر همخوانی دارد. کروم جذب شده بیشتر از طریق کلیه دفع می‌شود، که می‌تواند دلیل بالا بودن محتوای کروم در کلیه باشد (بورل و همکاران، ۱۹۸۴).

به منظور بررسی اثر کروم در شرایط تنش زا آزمون تزریق اپی‌نفرین انجام گرفت، که نتایج حاصل از این آزمون در جدول ۵ نشان داده شده است. همان طوری که در جدول ۵ مشاهده می‌شود غلظت تری گلیسرید و انسولین خون در طی آزمون اپی‌نفرین تحت تأثیر مکمل کروم قرار نگرفت ($P > 0.05$). همچنین بررسی میزان گلوکز خون بعد از تزریق اپی‌نفرین نشان داد که، تنها در زمان ۳۰ دقیقه بعد از تزریق، میزان گلوکز خون به طور معنی داری تحت تأثیر سطح ۱۵۰۰ میکروگرم کروم کاهش یافته است ($P < 0.05$). بیشترین غلظت گلوکز خون ۳۰ دقیقه بعد از تزریق اپی‌نفرین مشاهده شد. مشابه با نتایج حاصل از آزمایش حاضر، مکمل کروم تأثیری بر غلظت تری گلیسرید، انسولین و گلوکز خون درگوسفند (جنتری و همکاران، ۱۹۹۹) و بز (هالدار و همکاران، ۲۰۰۷) در طی آزمون اپی‌نفرین نداشته است. کاهش حداکثر غلظت گلوکز ۳۰ دقیقه پس از تزریق اپی‌نفرین در سطح ۱/۵ میلی گرم کروم، می‌تواند با تأمین انرژی در شرایط تنش زا و استرس باعث بهبود عملکرد دام شود. کاهش پیک غلظت گلوکز و افزایش سرعت پاک شدن گلوکز طی آزمون

اثر سطوح مختلف مکمل کروم بر میزان کروم پلاسما، جگر، کلیه و عضله راسته در جدول ۴ نشان داده شده است. محتوای کروم پلاسما، جگر، کلیه و عضله راسته در این آزمایش با افزایش جیره افزایش پیدا کرده است و بالاترین میزان کروم موجود در پلاسما و بافت‌های بدن در سطح ۱/۵ میلی گرم کروم مشاهده شد ($P < 0.05$).

غلظت سرمی یا پلاسمایی کروم شاخص مناسبی از وضعیت کروم در بدن موجود زنده نمی‌باشد، به این دلیل که غلظت کروم در بافت‌ها چند برابر بالاتر از خون می‌باشد. به نظر نمی‌رسد که تعادلی بین کروم ذخیره‌ای در بافت و غلظت کروم در خون وجود داشته باشد. تنها در مواردی که میزان مصرف کروم بالاست میزان غلظت کروم در خون تا حدودی نشان دهنده میزان مصرف این عنصر می‌باشد. با وجود این غلظت سرمی کروم ممکن است شاخص مفیدی از تماس با سطوح بالای کروم سه یا شش ظرفیتی حاصل از صنایع باشد (راندل و همکاران، ۱۹۸۷). افزایش سطوح سرمی کروم از ۰/۱۳ تا ۰/۵ نانوگرم در میلی لیتر بعد از مکمل کردن ۲۰۰ میکروگرم کرومیم کلراید در کیلوگرم به مدت ۲ تا ۳ ماه مشاهده شده است. عکس العمل نسبی کروم که تغییر در غلظت سرمی کروم یک ساعت بعد از بارگیری گلوکز می‌باشد به عنوان شاخصی از وضعیت کروم پیشنهاد شده است، با وجود این مشاهده شده که این معیار ممکن است شاخص قابل اعتمادی از وضعیت کروم نباشد (کانکو و همکاران، ۱۹۸۷). در این آزمایش، غلظت کروم پلاسما به طور معنی داری با اثر مکمل کروم افزایش یافته است ($P < 0.05$). مطالعات مربوط به غلظت کروم در بافت‌ها و مایعات بدن محدود می‌باشند اما گزارش شده است که مکمل معدنی کروم باعث افزایش غلظت کروم در خون انسان (آندرسون و همکاران، ۱۹۸۵) و بزغاله (هالدار و همکاران، ۲۰۰۹) شده است، اما اثری بر غلظت کروم در خون تلیسه‌های هلستاین نداشته است (بیسواس و همکاران، ۲۰۰۶). در این آزمایش

نشان‌دهنده افزایش حساسیت به انسولین توسط مکمل آلی کروم باشد (کاهن و همکاران، ۱۹۷۸).

تحمل گلوکز نیز در گوسفند و بز تحت تأثیر مکمل آلی کروم گزارش شده است، که حاکی از نقش مؤثر این عنصر در متابولیسم گلوکز می‌باشد (بانتینگ و همکاران، ۱۹۹۴؛ هالدان و همکاران، ۲۰۰۶). کاهش پیک گلوکز در این آزمایش می‌تواند

جدول ۴ - تأثیر تغذیه سطوح مختلف مکمل کروم بر محتوای کروم پلاسما، جگر، کلیه و عضله راسته بزغاله‌های مهادی

سطح معنی داری	اشتباه معیار میانگین	سطوح مکمل ۱				میزان کروم
		۱/۵	۱	۰/۵	۰	
۰/۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۶۵ ^a	۰/۰۶۱ ^b	۰/۰۵۸ ^b	۰/۰۵۸ ^b	پلاسما (ug/dlit)
۰/۰۱	۴/۰۹	۱۴۰/۶۲ ^a	۱۰۷/۴۳ ^b	۸۵/۱۱ ^c	۶۱/۶۲ ^d	کلیه (ng/g)
۰/۰۲	۵/۴۱	۱۶۰/۸۳ ^a	۱۵۱/۵۱ ^a	۱۲۲/۴۷ ^b	۱۱۰/۳۱ ^b	جگر (ng/g)
۰/۰۳	۳/۱۷	۹۸/۱۱ ^a	۵۲/۱۸ ^b	۴۸/۴۱ ^b	۴۶/۵۸ ^b	عضله راسته (ng/g)

۱. * میلی گرم کروم به ازای هر دام در روز

* a, b حروف غیر مشابه در هر ردیف، تفاوت معنی دار بین تیمارها را نشان می‌دهد.

جدول ۵ - تأثیر تغذیه مکمل کروم بر غلظت متابولیت‌های پلاسمای خون بزغاله‌های مهادی در طی آزمون اپی نفرین

سطح معنی داری	اشتباه معیار میانگین	سطوح مکمل ۱				زمان (دقیقه)	صفات مورد مطالعه
		۱/۵	۱	۰/۵	۰		
۰/۷۵	۰/۲۵	۳/۱۱	۳/۳۱	۳/۲۰	۲/۹۴	-۳۰	گلوکز (mmol/l)
۰/۱۱	۰/۱۳	۳/۱۸	۳/۳۷	۳/۱۳	۳/۰۶	۰	
۰/۰۵	۰/۳۱	۶/۸۹ ^b	۷/۵۸ ^{ab}	۷/۳۶ ^{ab}	۸/۰۱ ^a	۳۰	
۰/۵۵	۰/۲۱	۵/۵۰	۵/۷۴	۵/۵۸	۵/۸۱	۶۰	
۰/۷۴	۰/۱۷	۴/۳۸	۴/۴۴	۴/۶۱	۴/۵۴	۹۰	
۰/۴۴	۰/۲۵	۳/۷۶	۳/۸۶	۳/۸۲	۳/۹۱	۱۲۰	
۰/۵۱	۰/۰۷۳	۰/۶۱	۰/۵۸	۰/۶۹	۰/۶۳	-۳۰	تری گلیسرید (mmol/l)
۰/۶۴	۰/۰۶۱	۰/۷۵	۰/۷۱	۰/۷۹	۰/۷۹	۰	
۰/۲۱	۰/۰۴۶	۰/۶۵	۰/۶۱	۰/۶۸	۰/۷۱	۳۰	
۰/۳۱	۰/۰۵۵	۰/۷۰	۰/۵۹	۰/۶۱	۰/۶۵	۶۰	
۰/۱۲	۰/۰۴۱	۰/۵۹	۰/۵۳	۰/۵۴	۰/۶۳	۹۰	
۰/۱۸	۰/۰۳۸	۰/۵۱	۰/۴۴	۰/۴۷	۰/۴۹	۱۲۰	
۰/۴۰	۰/۴۲	۷/۲۱	۷/۰۹	۷/۳۵	۷/۶۷	-۳۰	انسولین (UIU/ml)
۰/۳۵	۰/۲۱	۷/۱۸	۷/۳۴	۷/۴۱	۷/۶۰	۰	
۰/۶۵	۰/۳۹	۱۲/۶۱	۱۲/۸۴	۱۲/۷۰	۱۳/۰۵	۳۰	
۰/۳۸	۰/۳۲	۱۰/۸۹	۱۱/۲۵	۱۱/۰۴	۱۱/۴۱	۶۰	
۰/۱۹	۰/۳۶	۹/۹۱	۱۰/۳۴	۱۰/۷۵	۱۰/۱۲	۹۰	
۰/۱۴	۰/۲۴	۸/۸۹	۹/۱۵	۹/۲۴	۹/۳۵	۱۲۰	

۱. میلی گرم کروم در روز به ازای هر دام

* a, b حروف غیر مشابه در هر ردیف، تفاوت معنی دار بین تیمارها را نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این آزمایش نشان می‌دهد که استفاده از مکمل کروم در جیره بزغاله‌های مه‌بادی باعث بهبود عملکرد شده است که این نتایج را می‌توان به نقش کروم از طریق افزایش حساسیت به انسولین و بهبود مصرف گلوکز نسبت داد. مکمل کروم باعث افزایش میزان کروم خون، جگر، کلیه و عضله راسته شده، که احتمالاً به دلیل بالا بودن فراهمی این نوع مکمل می‌باشد. همچنین بررسی داده‌های حاصل از این آزمایش نشان داد که، مکمل کردن جیره بزغاله‌های مه‌بادی

با کروم متیونین به طور معنی داری با کاهش میزان اکسیداسیون چربی عضله راسته طی نگه داری در سردخانه باعث بهبود کیفیت گوشت شد.

سپاسگزاری

از کلیه همکارانی که در ایستگاه آموزشی- پژوهشی و آزمایشگاه تغذیه گروه علوم دامی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در اجرای این تحقیق همکاری کردند تشکر می‌گردد.

منابع

- Amoikon, E., Fernandez, J., Southern, L., Thompson Jr, D., Ward, T. and 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: 1123-1130.
- Anderson, R A., Bryden, N A., Polansky, M. M. and Gautschi, K., 1996. Dietary chromium effects on tissue chromium concentrations and chromium absorption in rats. *The Journal of Trace Elements in Experimental Medicine*. 9: 11-25.
- Anderson, R. A. and Kozlovsky, A S., 1985. Chromium intake, absorption and excretion of subjects consuming self-selected diets. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 41: 1177-1183.
- AOAC .,1995. Official methods of analysis. (16th Edition). Arlington VA, USA: Association of Official Analytical Chemists.
- Biswas, P., Haldar, S., Pakhira, M C., Ghosh, T K and Biswas, C., 2006. Efficiency of nutrient utilization and reproductive performance of pre-pubertal anestrus dairy heifers supplemented with inorganic and organic chromium compounds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 86: 804-815.
- Borel, J S., Majerus, T C., Polansky, M M., Moser, P. B. and Anderson, R A., 1984. Chromium intake and urinary chromium excretion of trauma patients. *Biological Trace Element Research*. 6: 317-326.
- Bunting, L., Fernandez, J., Thompson Jr, D. and Southern, L., 1994. Influence of chromium picolinate on glucose usage and metabolic criteria in growing Holstein calves. *Journal of Animal Science*. 72: 1591-1599.
- Chang, X., Mallard, B. A. and Mowat, D. N., 1994. Proliferation of peripheral blood lymphocytes of feeder calves in response to chromium. *Nutrition Research*. 14: 851-864.
- Chang, X. and Mowat, D., 1992. Supplemental chromium for stressed and growing feeder calves. *Journal of Animal Science*. 70: 559-565.
- Dallago, B., McManus, C., Caldeira, D., Lopes, A., Paim, T., Franco, E., Borges, B., Teles, P., Correa, P. and Louvandini, H., 2011. Performance and ruminal protozoa in lambs with chromium supplementation. *Research in Veterinary Science*. 90: 253-256.
- Esterbauer, H. and Cheeseman, K. H., 1990. Determination of aldehydic lipid peroxidation products: Malonaldehyde and 4-hydroxynonenal. *Methods in Enzymology*. 186: 407-421.
- Gentry, L., Fernandez, J., Ward, T., White, T., Southern, L., Bidner, T., Thompson Jr, D., Horohov, D., Chapa, A. and Sahl, T., 1999. Dietary protein and chromium tripicolinate in Suffolk wether lambs: effects on production characteristics, metabolic and hormonal responses, and immune status. *Journal of Animal Science*. 77: 1284-1294.
- Haldar, S., Ghosh, T., Pakhira, M and De, K. 2006. Effects of incremental dietary chromium (Cr³⁺) on growth, hormone concentrations and glucose clearance in growing goats (*Capra hircus*). *Journal of Agricultural Science-Cambridge*. 144: 269-278.
- Haldar, S., Mondal, S., Samanta, S. and Ghosh, T. K., 2009. Performance Traits and Metabolic Responses in Goats (*Capra hircus*) Supplemented with Inorganic Trivalent Chromium. *Biological Trace Element Research*. 131: 110-123.
- Haldar, S., Samanta, S., Banarjee, R., Sharma, B. and Ghosh, T., 2007. Glucose tolerance and serum concentrations of hormones and metabolites in goats (*Capra hircus*) fed diets supplemented with inorganic and organic chromium salts. *Animal*. 1: 347-356.

- Hayirli, A., Bremmer, D., Bertics, S., Socha, M. and Grummer, R., 2001. Effect of chromium supplementation on production and metabolic parameters in periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 84: 1218-1230.
- Kaneko, J. J., Kaneko, J., Harvey, J. and Bruss, M., 1997. Carbohydrate metabolism and its diseases. *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*. 4: 44-85.
- Kegley, E., Galloway, D. and Fakler, T., 2000. Effect of dietary chromium-L-methionine on glucose metabolism of beef steers. *Journal of Animal Science*. 78: 3177-3183.
- Kitchalong, L., Fernandez, J., Bunting, L., Southern, L. and Bidner, T., 1995. Influence of chromium tripicolinate on glucose metabolism and nutrient partitioning in growing lambs. *Journal of Animal Science*. 73: 2694-2705.
- Lee, D. N., Wu, F. Y., Cheng, Y. H., Lin, R. S. and Wu, P. C., 2003., Effects of dietary chromium picolinate supplementation on growth performance and immune responses of broilers. *Asian Australian Journal of Animal Science*. 16: 227-233.
- Mertz, W. 1993. Chromium in human nutrition: a review. *Journal of Nutrition*. 123:626-33.
- Mooney, K. and Cromwell, G., 1999. Efficacy of chromium picolinate on performance and tissue accretion in pigs with different lean gain potential. *Journal of Animal Science*. 77: 1188-1198.
- Mostafa-Tehrani, A., Ghorbani, G., Zare-Shahneh, A. and Mirhadi, S., 2006. Non-carcass components and wholesale cuts of Iranian fat-tailed lambs fed chromium nicotinate or chromium chloride. *Small Ruminant Research*. 63: 12-19.
- Page, T., Southern, L., Ward, T. and Thompson Jr, D., 1993. Effect of chromium picolinate on growth and serum and carcass traits of growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science*. 71: 656-662.
- Paul, T. K., Haldar, S. and Ghosh, T. K., 2005. Growth performance and nutrient utilization in black Bengal bucks (*Capra hircus*) supplemented with graded doses of chromium as chromium chloride hexahydrate. *Journal of Veterinary Science*. 6: 33-41.
- Preuss, H., Grojec, P., Lieberman, S. and Anderson, R., 1997. Effects of different chromium compounds on blood pressure and lipid peroxidation in spontaneously hypertensive rats. *Clinical Nephrology*. 47: 325-332.
- Randall, J. A. and Gibson, R. S., 1987. Serum and urine chromium as indices of chromium status in tannery workers. In *Serum and urine chromium as indices of chromium status in tannery workers*, Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine. Society for Experimental Biology and Medicine (New York, NY), 16-23: Royal Society of Medicine.
- Ronald Kahn, C., 1978. Insulin resistance, insulin insensitivity, and insulin unresponsiveness: a necessary distinction. *Metabolism*. 27: 1893-1902.
- Sahin, K., Sahin, N. and Kucuk, O. 2003., Effects of chromium, and ascorbic acid supplementation on growth, carcass traits, serum metabolites, and antioxidant status of broiler chickens reared at a high ambient temperature (32 C). *Nutrition Research*. 23: 225-238.
- Swanson, K., Harmon, D., Jacques, K., Larson, B., Richards, C., Bohnert, D. and Paton, S., 2000. Efficacy of chromium-yeast supplementation for growing beef steers. *Animal Feed Science and Technology*. 86: 95-105.
- Toghyani, M., Shivazad, M., Gheisari, A. and Zarkesh, S., 2006. Performance, carcass traits and hematological parameters of heat-stressed broiler chicks in response to dietary levels of chromium picolinate. *International Journal of Poultry Science*. 5: 65-69.
- Vincent, J. B., 2001. The bioinorganic chemistry of chromium (III). *Polyhedron*. 20: 1-26.
- Vincent, J. B., 2004. Recent developments in the biochemistry of chromium (III). *Biological Trace Element Research*. 99: 1-16.
- Wang, M. Q., Wang, C., Li, H., Du, Y. J., Tao, W. J., Ye, S. S. and He, Y. D., 2012. Effects of Chromium-Loaded Chitosan Nanoparticles on Growth, Blood Metabolites, Immune Traits and Tissue Chromium in Finishing Pigs. *Biological Trace Element Research*. 1-7.
- Wenk, C., Gebert, S. and Pfirter, H., 1995. Chromium supplements in the feed for growing pigs: influence on growth and meat quality. *Archives of Animal Nutrition*. 48: 71-81.
- Zha, L., Wang, M., Xu, Z. and Gu, L., 2007. Efficacy of chromium (III) supplementation on growth, body composition, serum parameters, and tissue chromium in rats. *Biological Trace Element Research*. 119: 42-50.