



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

نشریه پژوهش در نشخوارکنندگان

جلد نهم، شماره اول، ۱۳۹۷

<http://ejrr.gau.ac.ir>

بررسی اثر مکمل‌های مختلف مس بر عملکرد، برخی فراسنجه‌های خون و پاسخ ایمنی همورال در بره‌های نرسنجایی

فریدین هژبری^۱، مهین دارابی^۲ و محمدمهدی معینی^{۱*}

^۱دانشیار و ^۲دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۱/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۲/۱۷

چکیده

سابقه و هدف: مس از عناصر کم‌مصرف می‌باشد که در بسیاری از فرآیندهای مهم بدن حضور دارد و نقش حیاتی ایفا می‌کند. کمبود مس در برخی نواحی جهان یک مشکل عمده در نشخوارکنندگان محسوب می‌شود. به همین منظور در تنظیم جیره غذایی گوسفند برای جبران کمبود مس معمولاً از مکمل‌های تغذیه‌ای استفاده می‌شود. بنابراین، پژوهش حاضر به منظور ارزیابی اثر دو فرم مکمل مس بر عملکرد، برخی فراسنجه‌های خونی و صفات لاشه بره‌های نرسنجایی طراحی شد.

مواد و روش‌ها: تعداد ۱۵ راس بره نر (۳۶۰۴±۳/۳۸ کیلوگرم؛ ۳-۴ ماهه) در سه گروه پنج راسی در قالب طرح کاملاً تصادفی در جایگاه انفرادی به مدت ۹۰ روز نگهداری شدند. تیمارها شامل جیره پایه (شاهد، محتوی ۵/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم مس) بدون مکمل مس، جیره پایه+۱۵ میلی‌گرم مس- لایزین در کیلوگرم ماده خشک و جیره پایه+۱۵ میلی‌گرم نانومس در کیلوگرم ماده خشک بودند. مکمل‌ها روزانه به همراه جیره پایه در اختیار بره‌ها قرار گرفتند. در روزهای صفر، ۶۰، ۳۰ و ۹۰ آزمایش از ورید وداج بره‌ها خونگیری به عمل آمد و میزان مس و روی پلاسما، میزان سرولوپلاسمین سرم، فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام، شاخص مالون‌دی‌آلدهید، شمارش تفریقی گلبول‌های سفید خون و هماتوکریت تعیین گردید. در پایان آزمایش، تعداد ۳ راس بره از هر گروه به روش استاندارد ذبح گردید و از بافت‌های چهارسر ران، کبد، کلیه و طحال برای اندازه‌گیری میزان مس، نمونه‌برداری شد.

یافته‌ها: استفاده از مکمل مس در فرم‌های مختلف تأثیری بر عملکرد رشد بره‌ها نداشت. استفاده از مکمل مس تأثیری بر فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل نداشت ولی شاخص مالون‌دی‌آلدهید سرم خون در مقایسه با گروه شاهد کمتر بود ($P<0/05$). درصد هماتوکریت در بره‌های تغذیه شده با جیره حاوی مکمل مس نسبت به گروه شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت ($P>0/05$) ولی درصد لنفوسیت در بره‌های دریافت‌کننده مس- لایزین و درصد نوتروفیل در بره‌های گروه نانومس کمترین بود ($P<0/05$). افزودن مکمل مس- لیزین به جیره غلظت مس پلاسما را نسبت به گروه‌های شاهد و مکمل نانو مس افزایش داد ($P<0/01$) و غلظت روی پلاسما روند کاهشی داشت ($P>0/05$). همچنین مکمل نمودن جیره با مس تأثیر معنی‌داری بر غلظت سرولوپلاسمین نداشت. میزان ذخیره عنصر مس در بافت‌های کبد و طحال گروه‌های دریافت‌کننده مکمل مس نسبت به گروه شاهد بیشتر بود ($P<0/05$).

*مسئول مکاتبه: hozhabri@razi.ac.ir

نتیجه‌گیری: در مجموع نتایج نشان داد که استفاده از مکمل مس به فرم‌های آلی یا نانو تأثیر معنی‌داری بر عملکرد رشد بره‌ها نداشت. علاوه بر این وضعیت آنتی‌اکسیدانی و سیستم همورال بره‌ها نیز تحت تأثیر قرار نگرفت هرچند سبب بهبود شاخص مالون‌دی‌آلدئید سرم خون شد.

واژه‌های کلیدی: مس آلی، نانو مس، سرولوپلاسمین، آنتی‌اکسیدان

مقدمه

ممکن است باعث افزایش نیاز مس شوند. همچنین نوع مکمل مس مورد استفاده بر میزان کارایی آن در بدن حیوانات مؤثر است. مطالعات نشان می‌دهد که استفاده از مکمل نانومس در مقایسه با سولفات مس، سبب بهبود رشد و عملکرد و همچنین کاهش مس مدفوع می‌شود (۱۵). از طرفی زیست‌فراهمی بالاتر منابع آلی نسبت به منابع غیرآلی (۲۳)، نیاز غذایی روزانه را کمتر کرده و در نتیجه یک نوع دوستی با طبیعت محسوب می‌شود زیرا دفع مواد معدنی از طریق مدفوع و ورود به محیط را کمتر می‌کند (۳۱). همچنین به دلیل افزایش زیست‌فراهمی منابع آلی در برابر منابع معدنی عناصر کم‌مصرف، استفاده از شکل آلی این عناصر بیشتر مورد توجه است (۱۶). به همین منظور، در این پژوهش دو فرم آلی و نانوی مکمل مس مورد مطالعه قرار گرفت و سعی شده است تفاوت‌های اثر این دو فرم مکمل مس بر عملکرد رشد و برخی فراسنجه‌های خونی بره‌های نر سنجابی مورد بررسی و مطالعه قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش با استفاده از ۱۵ راس بره نر سنجابی ۳-۴ ماهه با میانگین وزنی $26/04 \pm 3/38$ کیلوگرم در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار و پنج تکرار در مزرعه پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی انجام شد. قبل از شروع آزمایش، از قرص‌های ضد انگل دستگاه گوارش استفاده شد. جیره غذای پایه بر اساس احتیاجات غذایی توصیه

مس از عناصر کم مصرف می‌باشد که در بسیاری از فرآیندهای مهم بدن حضور دارد و نقش حیاتی ایفا می‌کند. کمبود مس در برخی نواحی جهان یک مشکل عمده در نشخوارکنندگان محسوب می‌شود (۴۲). آنزیم‌هایی چون سرولوپلاسمین، سیتوکروم سی‌اکسیداز، مس- روی سوپراکسید دیسموتاز و چندین آنزیم دیگر در بافت‌های پستانداران به مس وابسته هستند (۴۶). نقش مس در فعالیت این آنزیم‌ها سبب گردیده است که این عنصر در عملکرد فیزیولوژیکی دام نظیر خون‌سازی، سلامت سیستم ایمنی، محافظت در برابر اکسیدان‌ها و عملکردهای دیگر، نقش مهمی داشته باشد. کمبود مس در خاک می‌تواند روی میزان مس موجود در گیاهانی که در این مناطق رشد می‌کنند اثر گذاشته و سبب پایین بودن مقدار مس در این گیاهان شود (۴۶). از طرفی کمبود مس در مناطق مختلف کشور تایید شده است (۱۹). با وجود این، احتیاجات مس در گوسفند آن قدر به عوامل جیره‌ای و ژنتیکی وابسته است که بدون مشخص کردن وضعیت آنها تعیین احتیاجات حیوان دشوار خواهد بود (۳۰). به همین منظور در تنظیم جیره غذایی گوسفند برای جبران کمبود مس معمولاً از مکمل‌های تغذیه‌ای استفاده می‌شود. هرچند مقدار مس مورد نیاز، به وضعیت فیزیولوژیکی و رژیم غذایی حیوان وابسته است. اما عوامل دیگری مانند مقدار مولیبدن و گوگرد جیره غذایی نیز جذب و یا زیست‌فراهمی آنرا در بدن تحت تأثیر قرار داده و

شده توسط انجمن تحقیقات ملی (۳۰) به غیر از مس تنظیم شد. ترکیب شیمیایی اجزای جیره که در جدول ۱ گزارش شده است بر اساس توصیه انجمن متخصصین شیمی تجزیه (۳) تعیین گردید. بعد از دو هفته عادت پذیری حیوانات به جیره پایه و توزین بره‌ها، به‌طور تصادفی به ۳ گروه و هرگروه شامل ۵ بره تقسیم شدند. تیمارها شامل گروه اول جیره پایه بدون مکمل مس (محتوی ۵/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم مس، شاهد)، گروه دوم جیره پایه به‌علاوه ۶۰ میلی‌گرم لیزین-مس با خلوص ۲۵ درصد در کیلوگرم ماده خشک (۱۵ میلی‌گرم مس خالص در کیلوگرم ماده خشک) و گروه سوم جیره پایه به علاوه ۱۵ میلی‌گرم نانومس به ازای هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی روزانه بودند. غذادهی به حیوانات روزانه در دو نوبت صبح و بعدازظهر انجام شد. مکمل‌ها به‌صورت محلول تهیه و در نوبت صبح در اختیار بره‌ها قرار گرفتند. در روزهای صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ آزمایش، قبل از خوراک‌دهی نوبت صبح، خون از ورید و داج تمام بره‌ها گرفته و به دو لوله یکی حاوی ماده ضد انعقاد^۱ و دیگری بدون آن، منتقل شد.

جهت شمارش افتراقی گلبول‌های سفید، گسترش خونی تهیه و پس از رنگ‌آمیزی با رنگ

گیمسا و با میکروسکوپ نوری شمارش انجام شد. از نمونه خون حاوی ماده ضد انعقاد برای تعیین هماتوکریت به روش میکروهماتوکریت، استفاده شد. میزان سرولوپلاسمین سرم خون و فعالیت آنزیم سوپراکسیددیس‌موتاز خون با استفاده از کیت (بایرکس، فرانسه) تعیین شد. اندازه‌گیری وضعیت آنتی‌اکسیدانی تام سرم طبق روش بلیوس (۱۹۵۸) انجام شد (۶). اندازه‌گیری میزان مالون دی‌آلدئید جهت سنجش میزان پراکسیداسیون لیپیدها در نمونه سرم خون به روش پلیسر و همکاران (۱۹۹۶) انجام شد (۳۳). جهت اندازه‌گیری میزان مس و روی در پلاسمای خون از دستگاه جذب اتمی^۲ استفاده شد (۳). غلظت مس و روی در نمونه‌های هضم شده به ترتیب در طول موج ۳۲۴/۸ و ۲۱۳/۹ نانومتر قرائت گردید. در پایان دوره آزمایش، تعداد سه راس بره از هر گروه به روش استاندارد ذبح گردید و از بافت‌های چهارسر ران، کبد، کلیه و طحال برای اندازه‌گیری میزان مس نمونه‌برداری شد نمونه‌های کبد، کلیه و سایر بافت‌ها به روش راموس و همکاران (۲۰۱۲) هضم شدند و مواد معدنی نمونه‌های بافت‌ها به کمک دستگاه جذب اتمی تعیین شد و در طول موج ۳۲۴/۸ نانومتر بر اساس منحنی استاندارد قرائت گردید (۳۴).

جدول ۱: اجزاء و ترکیب شیمیایی جیره پایه.

Table 1. Composition of basal diet.

درصد (%)	Parameter	فراسنجه
	Diet ingredients	اجزاء جیره پایه
57.5	Alfalfa hay	یونجه
15	Corn	ذرت
15	Barley	جو
10	Soya meal	کنجاله سویا
0.5	Sodium bicarbonate	بی کربنات سدیم
0.5	Salt	نمک
1.5	Di-calcium phosphate	دی کلسیم فسفات
	Diet composition	ترکیب شیمیایی جیره
90	Dry matter	ماده خشک (درصد)
2.50	Metabolisable energy (Mcal/kgDM)	انرژی متابولیسمی (مگا کالری / کیلوگرم ماده خشک)*
14.5	Crude protein	پروتئین خام (درصد)
0.87	Calcium	کلسیم (درصد)
0.49	Phosphorus	فسفر (درصد)
0.19	Sulphur	سولفور (درصد)
5.6	Cu (mg/kgDM)	مس (میلی گرم / کیلوگرم ماده خشک)
24.93	Zn (mg/kgDM)	روی (میلی گرم / کیلوگرم ماده خشک)
1.86	Mo (mg/kgDM)	مولیبدن (میلی گرم / کیلوگرم ماده خشک)

* محاسبه شده بر اساس انجمن تحقیقات ملی (۳۰).

زمان، ϵ_{ijk} اثر اشتباه آزمایشی بودند. برای میانگین وزن زنده در انتهای دوره، وزن زنده اولیه بره به عنوان متغیر کمکی (کوواریت) در نظر گرفته و در مدل آماری وارد گردید. مقایسات میانگین‌ها با استفاده از آزمون کم‌ترین تفاوت معنی‌دار صورت گرفت. مدل آماری که برای این صفات استفاده گردید به شکل زیر بود: $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \delta_{ij} + b(x - \bar{x}) + \epsilon_{ij}$ که در آن Y_{ij} آمین مشاهده از i آمین تیمار، μ میانگین مشاهدات، τ_i اثر i آمین تیمار، $b(x - \bar{x})$ اثر متغیر کمکی (کوواریت)، δ_{ij} اشتباه تصادفی با میانگین صفر و واریانس δ^2 (واریانس حیوانات آزمایشی)، ϵ_{ij} اثر خطای آزمایش بودند.

داده‌ها با نرم‌افزار آماری SAS ویرایش ۹/۴ مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند (۳۸). داده‌های مربوط به عملکرد و فراسنجه‌های خونی که در ماه‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته بودند با استفاده از رویه Mixed و به صورت اندازه‌گیری‌های تکرار شده در واحد زمان، تجزیه و تحلیل شدند. برای این صفات از مدل آماری زیر استفاده شد:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \delta_{ij} + tk + (\tau \times t)ik + \epsilon_{ijk}$$

که در آن Y_{ijk} مشاهده مربوط به تیمار i در تکرار k ، μ میانگین مشاهدات، τ_i اثر i آمین تیمار، δ_{ij} اشتباه تصادفی با میانگین صفر و واریانس δ^2 (واریانس حیوانات آزمایشی)، t_k اثر k آمین زمان، $(\tau \times t)ik$ اثر متقابل i آمین تیمار و k آمین

نتایج و بحث

عملکرد: اثر مکمل مس بر وزن نهایی، میانگین خوراک مصرفی و ضریب تبدیل خوراک معنی دار نبود (جدول ۱) اما افزایش وزن روزانه در بین تیمارهای آزمایشی اختلاف داشت ($P < 0/01$) به طوری که تیمارهای حاوی مس میانگین افزایش وزن کمتری در مقایسه با تیمار شاهد داشتند. مطالعات نشان دادند که منابع آلی مس بهتر از منابع معدنی بر عملکرد مؤثرند و کمپلکس عناصر معدنی کم مصرف با مولکولهای زیست‌فراهمی بالاتری نسبت به عناصر معدنی کم مصرف به تنهایی دارند (۲۳) در تحقیق حاضر عدم تأثیر معنی دار مکمل‌های مس بر وزن نهایی، احتمالاً به دلیل میزان مس موجود در جیره پایه باشد که برای تأمین نیاز دام‌ها کافی بوده است. مطابق با نتایج تحقیق حاضر، گزارش‌های مشابهی مبنی بر عدم تأثیر مکمل‌های آلی و معدنی مس بر عملکرد رشد بره‌های نر (۱ و ۴) و در بزغاله‌های از شیر گرفته شده (۲۵) مشاهده می‌شود. گزارش شده است که افزودن ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم منابع آلی مس به جیره پایه دارای مقادیر کافی روی در بره‌های نر مهربان، تغییری در میزان افزایش وزن روزانه نداشت (۱). هرچند، افزودن مس به میزان ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره در بزهای کشمیری، سبب افزایش وزن روزانه نسبت به گروه شاهد شد (۴۹). همچنین افزودن مس آلی به میزان ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره بره‌های نژاد زندی سبب بهبود افزایش وزن روزانه بره‌ها نسبت به گروه شاهد شد (۱۹). نتایج تحقیقات متعدد نشان می‌دهد که در صورت تأمین بودن نیاز دام، مکمل نمودن جیره با مس اضافی تأثیر چندانی بر افزایش وزن روزانه بره‌ها ندارد، هرچند افزودن مقادیر بیشتر ممکن است تأثیر منفی بر نیاز سایر مواد معدنی نظیر روی داشته باشد. با این وجود، گزارش شده است که افزودن مس تا ۳۰

میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک تأثیری بر میانگین خوراک مصرفی روزانه بزغاله‌های از شیر گرفته، نداشت (۲۵). علی‌عربی و همکاران (۲۰۱۱) نیز عدم تأثیر مکمل آلی مس بر ضریب تبدیل خوراک بره‌ها را مورد تأکید قرار داده است (۱). از طرفی بر خلاف این نتایج، گزارش شده است که به دنبال مکمل نمودن جیره بره‌های زندی با مس آلی، ضریب تبدیل خوراک مصرفی افزایش یافت (۱۹). با توجه به این که مطالعات کمی به بررسی مکمل نانومس در گوسفند پرداخته است، گونزالس و همکاران (۲۰۰۹) به این نتیجه رسیدند که مکمل نانومس در مقایسه با سولفات مس سبب بهبود رشدخوک و کاهش مس مدفوع شد (۱۵). هرچند، گزارش شده است که افزودن ۲۰ میلی‌گرم مس در هر کیلوگرم ماده خشک جیره در بزهای کشمیری، افزایش وزن روزانه بالاتری نسبت به گروه شاهد داشتند (۴۹).

غلظت مواد معدنی پلاسما: افزودن مکمل آلی مس، غلظت مس پلاسما را تحت تأثیر قرار داد ($P < 0/01$). هرچند مشابه این روند در مورد افزودن مکمل نانو مس به جیره خوراکی مشاهده نشد و تغییری در غلظت مس پلاسما بین بره‌های دریافت‌کننده جیره شاهد و دریافت‌کننده مکمل نانومس مشاهده نشد (جدول ۳). غلظت مس پلاسما در نشخوارکنندگان بین ۰/۵۵-۰/۹۵ میلی‌گرم در لیتر گزارش شده است (۴۵). کاملاً مشخص است که غلظت مس پلاسما در بره‌های دریافت‌کننده مکمل لیزین- مس از این مقدار بالاتر رفته و تا حدود ۱/۵۸۲ میلی‌گرم در لیتر نیز رسیده است. نکته حائز اهمیت در این است که این مقدار از مس می‌تواند زمینه‌ساز مسمومیت با مس باشد ولی هیچ‌گونه علائم بالینی مسمومیت با مس شامل ضعف، بی‌اشتهایی، زردی و اسهال در بره‌ها تا پایان دوره آزمایش مشاهده نشد.

جدول ۲: اثر مکمل‌های نانومس و لیزین-مس بر عملکرد بره‌های نر.

Table 2. The effect of Nano Cu and Cu-lysine on male lamb performance.

تیمار Treatment	وزن اولیه (کیلوگرم) Initial Wt (kg)	وزن نهایی (کیلوگرم) Final Wt (kg)	افزایش وزن (گرم در روز) Daily gain(gday ⁻¹)	خوراک مصرفی (گرم در روز) feed Intake(gday ⁻¹)	ضریب تبدیل خوراک Feed efficiency
شاهد Control	25.87	45.02	214.83 ^a	1387	7.08
نانومس Nano Cu	26.15	43.94	195.51 ^b	1379	7.39
مس-لیزین Cu-Lys	26.11	43.90	197.00 ^b	1394	7.36
SEM	3.36	3.98	3.16	9.02	0.08
P - value	0.99	0.82	0.005	0.52	0.06

حروف متفاوت در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌های مختلف آزمایشی است ($P < 0.05$).

می‌توان این‌گونه برداشت کرد که میزان روی کافی جیره پایه در شروع آزمایش در بسیاری از موارد نتیجه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. با این حال، افزودن سطوح پائین مس رابطه آنتاگونیستی با روی نشان نداده است که با نتایج مطالعه ایکرت و همکاران (۱۹۹۹) که نشان دادند در میش‌های دریافت‌کننده سطوح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ گرم مس در کیلوگرم ماده خشک به شکل مکمل‌های آلی و معدنی، تأثیری بر زیست‌فراهمی روی در طول دوره ۷۳ روزه نداشته است، همخوانی دارد (۸). از طرفی افزودن مکمل مس به جیره بره‌های سنجابی با افزایش طول دوره آزمایش سبب افزایش غلظت مس پلاسما از ۱/۰۹ به ۱/۶۵ میلی‌گرم در لیتر شد در حالی که غلظت روی پلاسما در دوره مشابه از ۱/۰۱ به ۰/۶۳ میلی‌گرم در لیتر (جدول ۳) کاهش یافت. در واقع این روند احتمالاً بیانگر نوعی رقابت ضعیف بین مس و روی باشد به نحوی که بالا رفتن غلظت مس در خون سبب کاهش غلظت روی شده است.

با توجه به شواهد موجود، افزودن مکمل مس سبب افزایش غلظت مس پلاسما می‌شود؛ حال آنکه زیست‌فراهمی و جذب مس در مکمل‌های آلی نسبت به مکمل‌های معدنی بالاتر است (۱۶). به‌طور مشابه، با افزایش سطح مکمل مس در جیره بزغاله‌ها، غلظت مس سرم افزایش یافت (۴۱). هرچند بهاری و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که مکمل‌های آلی و معدنی مس تأثیری بر غلظت مس پلاسما بره‌های نر مهربان نداشتند (۴). محققین دیگر نیز تغییر معنی‌داری در غلظت مس پلاسما به ترتیب در بزها و گاوهای نر مشاهده نکردند (۱۰ و ۴۲). همچنین در میش افزایش سطح مکمل مس تأثیری بر غلظت مس پلاسما نداشت (۸). از طرفی افزودن مکمل مس به جیره تأثیر معنی‌داری بر غلظت روی پلاسما در بره‌های نر سنجابی نداشت ($P > 0.05$) هرچند در بره‌های دریافت‌کننده مکمل لیزین-مس روند کاهشی در غلظت روی مشاهده شد. غلظت روی پلاسما در نشخوارکنندگان بین ۰/۸ تا ۱/۴ میلی‌گرم در لیتر گزارش شده است (۴۶). از نتایج آزمایش‌های متعدد

جدول ۳: اثر مکمل‌های معدنی بر غلظت‌های مس و روی پلاسما در بره‌های نرسنجایی.

Table 3. The effect of mineral supplements on plasma concentrations of Cu and Zn in Sanjabi lambs.

غلظت روی (میلی گرم برلیتر) Zn (mgL ⁻¹)	غلظت مس (میلی گرم برلیتر) Cu (mgL ⁻¹)	فراسنجه parameters	تیما
		Treatment	شاهد
0.722	1.307 ^b	Control	نانومس
0.779	1.325 ^b	Nano Cu	لیزین-مس
0.776	1.582 ^a	Cu-Lys	
0.02	0.03	SEM	
0.07	0.003	P – value	
		period (day)	دوره (روز)
1.09 ^a	1.09 ^c	0	
0.77 ^b	1.48 ^b	30	
0.62 ^c	1.39 ^b	60	
0.63 ^c	1.65 ^a	90	
0.02	0.03	SEM	
0.001	0.001	P – value	

حروف متفاوت در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌های مختلف آزمایشی است ($P < 0.05$).

به افزایش آسیب‌های ناشی از محصولات تنش اکسیداتیو می‌شود (۱۴).

در طول دوره ۹۰ روزه آزمایش نیز مکمل‌های مس تأثیری بر فعالیت سوپراکسیددیسموتاز نداشتند. دزفولیان و همکاران (۲۰۱۲) افزایشی در فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز در اوایل دوره مشاهده نمودند و دلیل آن را میزان مولیبدن جیره دانستند ولی در طول دوره، فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز کاهش یافت (۷). در مطالعه حاضر میزان مولیبدن جیره حدوداً یک سوم میزان مس بود که مطابق گزارش و توصیه محققین (۴۶) بود. کاهش فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز به دنبال استفاده از مکمل مس در جیره، مشاهده شده است (۳۷). هر چند محققین دیگری گزارش نمودند که افزودن مکمل مس سبب افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز شد

فعالیت آنزیمی: فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز با افزودن مکمل‌های مختلف تأثیر قرار نگرفت (جدول ۴). گلبول‌های قرمز دارای یک جزء آزاد مس می‌باشند که اتصال ضعیفی با پروتئین برقرار کرده و یک جزء دیگر مس که اتصال پایدارتری با سوپراکسیددیسموتاز دارند. حدود ۶۰ درصد مس موجود در گلبول‌های قرمز مرتبط با سوپراکسیددیسموتاز است. فعالیت سوپراکسیددیسموتاز اندازه‌گیری حساسی از وضعیت مس نیست زیرا فعالیت سوپراکسیددیسموتاز با کمبود مصرف خوراکی مس کاهش نمی‌یابد مگر آنکه غلظت پلاسمایی مس و سرولوپلاسمین کاهش یابد (۲۱). آنزیم سوپراکسیددیسموتاز در ساختمان خود حاوی عنصر مس و روی بوده و کاهش فعالیت این آنزیم در غشای سلول‌های بدن از جمله گلبول‌های قرمز منجر

تأثیر قرار نگرقت ولی روند تغییرات مشابه با روند تغییرات آنزیم سوپراکسیددیسموتاز بود (۱). ظرفیت کل آنتی‌اکسیدانی تنها وابسته به فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز نیست و آنزیم‌های دیگری شامل کاتالاز و گلوکاتیون پراکسیداز و دیگر آنتی‌اکسیدان‌ها شامل ویتامین E، آلبومین، بتاکاروتن نیز در این امر دخیل هستند (۲۶). در مطالعه‌ای افزودن مکمل مس در کل سبب افزایش میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام سرم شد، اما روند تغییرات آن مشابه روند تغییرات آنزیم سوپراکسیددیسموتاز بود و در کل در اواخر دوره کاهش یافت (۷). در گوسفند، تحقیقات زیادی روی ظرفیت کل آنتی‌اکسیدانی انجام نشده است و نتایج گزارش شده، بسیار محدود می‌باشند.

افزودن مکمل‌های مس سبب کاهش شاخص مالون‌دی‌آلدئید شد ($P < 0/01$). فرم مکمل مس تأثیری بر غلظت این شاخص نداشت و بین دو گروه مس آلی و مس نانو اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴). مالون‌دی‌آلدئید محصول نهایی پراکسیداسیون چربی‌ها می‌باشد (۱۸). استرس اکسیداتیو در بدن، نشان‌دهنده عدم تعادل بین تولید گونه‌های اکسیژن فعال و توان دفاع آنتی‌اکسیدانی برای سم‌زدایی این واسطه‌های فعال می‌باشد. افزایش گونه‌های اکسیژن فعال موجب آسیب به اجزای سلولی مانند پروتئین‌ها، لیپیدها و اسیدهای نوکلئیک می‌شود. استرس اکسیداتیو بیش از حد می‌تواند منجر به آپوپتوز و نکروز شود (۳۵). عدم تنظیم متابولیسم گونه‌های اکسیژن فعال میتوکندریایی و بعضی آسیب‌ها مانند آسیب آندوتلیال (۴۸) و دیابت (۲۸) ثابت شده است. گونه‌های فعال اکسیژن با اثرات سمی خود منجر به پراکسیداسیون لیپیدهای غشائی و تولید مالون‌دی‌آلدئید می‌گردند (۴۷).

فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل در طول دوره آزمایش تغییر

(۴۰). ولی برخی محققین گزارش نمودند که با افزودن مکمل مس به جیره، علی‌رغم افزایش غلظت مس پلاسما، تأثیری بر فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز نداشت (۱).

میزان سرولوپلاسمین سرم با افزودن مکمل‌های مختلف مس تحت تأثیر قرار نگرقت (جدول ۴). هرچند در گروه‌های دریافت‌کننده مکمل مس میزان سرولوپلاسمین بیشتر بود اما از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین گروه‌های آزمایشی وجود نداشت ($P > 0/05$). مس در ارتباط با سرولوپلاسمین است و از اینرو در گوسفند نیز مانند سایر دام‌ها فعالیت سرولوپلاسمین همبستگی نزدیکی با مس سرم دارد؛ هرچند در تحقیق دیگری همبستگی معنی‌داری بین میزان مس پلاسما و سرولوپلاسمین سرم دیده نشد (۵). این محققین اشاره نمودند که رابطه مس پلاسما با سرولوپلاسمین همواره یک رابطه خطی نیست و افزایش مس تا یک حدی سبب افزایش سرولوپلاسمین شده و پس از آن ممکن است اثر منفی بر فعالیت آن بگذارد. در مطالعات گزارش شده در مورد بره‌ها (۴) و میش‌ها (۷ و ۸)، نتایج حاکی از افزایش میزان سرولوپلاسمین سرم هنگام استفاده از مکمل‌های آلی مس دارد.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل سرم با استفاده از مکمل نانو مس تمایل به افزایش نشان داد ($P > 0/05$) ولی مکمل آلی مس تغییر محسوسی در این فراسنجه ایجاد نکرد. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل سرم، به‌عنوان شاخص جامع برای تعیین کارایی سیستم‌های دخیل در فرایند آنتی‌اکسیدانی بدن تعیین می‌شود. در واقع ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل، برآوردی ساده جهت توصیف موازنه پویا بین پرواکسیدان‌ها و آنتی‌اکسیدان‌های خون دام مورد مطالعه است (۱۳). گزارش شده است که افزودن مکمل روی با و یا بدون مس، میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل سرم تحت

معنی‌داری نداشت و تحت تأثیر مکمل مس قرار نگرفت (جدول ۴). غلظت مالون‌دی‌آلدئید در روزهای ۳۰ و ۶۰ نسبت به روزهای صفر و ۹۰ روند افزایشی داشت ($P > 0.05$). میزان سرولوپلاسمین در روز ۳۰ افزایش یافت اما با روزهای ۶۰ و ۹۰ اختلاف قابل ملاحظه نداشت این در حالی بود که در پایان دوره (روز ۹۰) میزان این فراسنجه روند کاهشی نشان داد.

جدول ۴: اثر مکمل‌های معدنی بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (واحد در میلی‌لیتر)، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل (میلی‌مول در لیتر)، میزان سرولوپلاسمین (میلی‌گرم در دسی‌لیتر) و شاخص مالون‌دی‌آلدئید (نانومول بر میلی‌لیتر).

Table 4. The effect of mineral supplementation on activity of superoxide dismutase (unit ml^{-1}), total antioxidant capacity (mmol l^{-1}), ceruloplasmin content (mg dl^{-1}) and malondialdehyde index (nmol l^{-1}).

فراسنجه	سرولوپلاسمین	سوپراکسید دیسموتاز	مالون‌دی‌آلدئید	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل	Parameter
	Cp	DOS	MDA	TAC	Treatment
تیمار شاهد	19.41	0.7098	1.80 ^a	5.15	Control
نانومس	19.66	0.7098	1.49 ^b	5.26	Nano Cu
لیزین-مس	19.88	0.7088	1.54 ^b	5.16	Cu-Lys
	0.244	0.002	0.062	0.03	SEM
	0.26	0.40	0.01	0.07	P- value
دوره (روز)					Period (day)
0	19.66 ^{ab}	0.7087	1.57	5.22	0
30	20.39 ^a	0.7096	1.63	5.19	30
60	19.70 ^{ab}	0.7105	1.84	5.20	60
90	19.28 ^b	0.7091	1.42	5.16	90
	0.284	0.0004	0.082	0.033	SEM
	0.06	0.39	0.08	0.68	P- value

حروف متفاوت در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌های مختلف آزمایشی است.

بین اثرات مکمل‌های آلی و معدنی مس بر فراسنجه‌های خونی می‌باشد (۴). با افزایش سن بره‌ها طی دوره‌های آزمایش، درصد هماتوکریت افزایش یافت (جدول ۵). همچنین گزارش شده است که هیچ‌کدام از دو منبع پروتئینات مس و سولفات مس بر میزان هموگلوبین و هماتوکریت تأثیرگذار نبودند ولی استفاده از سطوح ۲۰ به‌جای ۱۰ گرم در کیلوگرم، بر میزان این دو فراسنجه تأثیر معنی‌دار داشتند (۷).

فراسنجه‌های خونی: درصد هماتوکریت تحت تأثیر مکمل‌های مختلف مس قرار نگرفت و تفاوتی بین گروه‌های آزمایشی از لحاظ این فراسنجه وجود نداشت (جدول ۵). محدوده طبیعی هماتوکریت ۴۷-۲۵ درصد گزارش شده است (۲۰). در مطالعه حاضر میزان هماتوکریت خون در همین دامنه قرار داشت. مسمومیت با مس موجب کم‌خونی همولیتیک و کاهش مقادیر فراسنجه‌هایی چون تعداد گلبول‌های قرمز، هموگلوبین و هماتوکریت می‌شود (۱۱). نتایج بهاری و همکاران (۲۰۱۲) نیز حاکی از عدم تفاوت

به طوری که ساخت DNA در بافت های لنفاوی ممکن است بر اثر کمبود آهن و روی دچار اختلال شود (۳۶). همچنین گزارش شده است که مس، آهن و روی برای برای بلوغ طبیعی لنفوسیت ها و تنظیم عملکرد سیستم ایمنی ضروری است (۲). گزارش هایی که در مورد مقادیر طبیعی فراسنجه های خون و ایمنی گوسفندان نژادهای مختلف وجود دارد، نشان دهنده متفاوت بودن این مقادیر دارد. بر اساس نتایج مطالعه حاضر، درصد مونوسیت و لنفوسیت با افزایش سن، بالا رفت و درصد نوتروفیل کاهش یافت. همچنین گزارش شده است که درصد لنفوسیت های خون به تدریج با افزایش سن افزایش می یابد (۹). در گوساله ها نیز با افزایش سن، درصد نوتروفیل ها کاهش می یابد (۳۲). هرچند نیکبخت بروجنی و طالبی (۲۰۰۰) اظهار نمودند که افزایش سن بره ها با افزایش تعداد گلبول های سفید و افزایش نوتروفیل ها و لنفوسیت ها همراه است و این افزایش می تواند به دلیل تقویت سیستم ایمنی و برخورد با عوامل عفونی باشد (۲۹).

در گوساله، بره و بزغاله در روزهای ابتدایی بعد از تولد، درصد نوتروفیل ها بیشتر از لنفوسیت ها است و نوزاد نشخوارکننده حیات خود را با لنفوسیت کمتر نسبت به نوتروفیل آغاز می کند ولی از هفته دوم بعد از تولد، تعداد لنفوسیت ها بیشتر می شود به طوری که نسبت بین نوتروفیل به لنفوسیت در بره و گوساله به ۰/۵ و در بزغاله به ۰/۶ می رسد ولی از ماه سوم لنفوسیت ها ۷۰-۸۰ درصد گلبول های سفید خون را شامل می شوند. هرچند با افزایش سن، مقادیر لنفوسیت ها و نوتروفیل ها کم می شود ولی همچنان درصد لنفوسیت ها بیشتر از نوتروفیل ها می باشد (۳۹).

در سنین پس از شیرگیری، گلبول های قرمز خون افزایش می یابد که به دلیل فعالیت خون سازی در گوسفند است (۲۹). مقادیر هماتوکریت بالا در حیوانات جوان تر ممکن است به دلیل هیجان ها، فعالیت های عضلانی و ترس باشد که این فعالیت باعث ترشح بیشتر آدرنالین و در نتیجه انقباض طحال می شود و در نهایت باعث ترشح بیشتر گلبول های قرمز به جریان خون می شود و هماتوکریت افزایش می یابد (۱۲). همچنین بین دوره های مختلف آزمایش، تفاوت معنی داری از لحاظ درصد هماتوکریت خون بره های نر سنجابی وجود داشت ($P < 0/01$)؛ به طوری که، درصد هماتوکریت در اواخر دوره به مراتب بیشتر از اوایل دوره بود. اثر دوره بر شمارش گلبول های سفید خون نیز معنی دار بود. روند تغییرات در اجزای گلبول های سفید متفاوت بود؛ به طوری که درصد نوتروفیل در دو گروه شاهد و آلی بیشتر از گروه مس نانو بود و از نظر آماری اختلاف معنی داری با یکدیگر داشتند ($P < 0/01$). درصد لنفوسیت روندی کاملاً بر عکس نوتروفیل ها داشت به نحوی که درصد لنفوسیت ها در حضور نانو مس کمترین بود ($P < 0/01$) ولی مکمل مس آلی تغییری در درصد این فراسنجه در مقایسه با گروه شاهد ایجاد نکرد. درصد مونوسیت ها در حضور مکمل های مس تمایل به افزایش داشت ($P > 0/05$). نسبت نوتروفیل به لنفوسیت ها تحت تاثیر مکمل نانو مس قرار گرفت به نحوی که این نسبت با افزودن مکمل نانو مس کاهش یافت ($P < 0/05$) ولی لیزین- مس تأثیری بر این فراسنجه در مقایسه با گروه شاهد نداشت. علاوه بر نقش مس در بهبود پاسخ و عملکرد ایمنی، گزارش های زیادی مبنی بر ضرورت دو عنصر روی و آهن جهت کارکرد مناسب سیستم ایمنی وجود دارد؛

جدول 5: اثر مکمل‌های معدنی بر هماتوکریت و گلبول‌های سفید خون.

Table 5. The effect of mineral supplementation on hematocrit and with blood cells.

نوتروفیل به لنفوسیت	مونوسیت	لنفوسیت	نوتروفیل	هماتوکریت	فراسنجه
Neutrophil to Lymphocyte	Monocyte (%)	Lymphocyte (%)	Neutrophil (%)	Hematocrit (%)	Parameter
					Treatment تیمار
1.60 ^{ab}	2.73	37.85 ^a	60.85 ^a	25.90	شاهد
					Control
1.55 ^b	3.43	38.07 ^a	59.80 ^b	26.75	نانومس
					Nano Cu
1.65 ^a	3.30	36.60 ^b	60.05 ^a	26.85	لیزین-مس
					Cu-Lys
0.03	0.20	0.62	0.22	2.62	SEM
0.04	0.09	0.02	0.02	0.66	P- value
					دوره (روز) Period (day)
1.73 ^a	2.85 ^b	36.04 ^c	61.33 ^a	24.60 ^b	0
1.64 ^b	3.05 ^{ab}	36.85 ^b	60.80 ^a	25.60 ^b	30
1.59 ^b	3.13 ^{ab}	37.60 ^b	59.60 ^b	27.40 ^a	60
1.45 ^c	3.86 ^a	39.40 ^a	56.73 ^c	28.40 ^a	90
0.02	0.24	0.38	0.24	0.59	SEM
0.001	0.007	0.001	0.001	0.001	P – value

حروف متفاوت در هرستون بیانگر وجود اختلاف معنی دار بین گروه‌های مختلف آزمایشی است.

می‌دهد. البته اطلاعات محدودی در رابطه با زیست‌فراهمی منابع آلی و معدنی عناصر کم مصرف در گوسفند وجود دارد (۳۱). شکل غیر ارگانیک مواد معدنی برای جذب و ماندگاری مناسب نیست، شکل ارگانیک آنها در مقایسه با شکل غیر آلی کاملاً جذب و در بافت‌ها باقی می‌ماند، این امر کارایی، ایمنی و تولیدمثل را افزایش می‌دهد (۴۳). در مطالعاتی که با استفاده از دام‌های مختلف انجام شده است، میزان غلظت بافتی مس و روی با استفاده از منابع آلی نسبت به منابع غیر آلی بیشتر افزایش یافته است (۱۷ و ۴۴). شاخص‌های مقادیر بافتی، فعالیت آنزیمی و جذب روده‌ای برای تعیین زیست‌فراهمی نسبی استفاده می‌شوند (۳۱). لذا نتایج تحقیق‌های متعدد نشان‌دهنده زیست‌فراهمی بالاتر منابع آلی نسبت به منابع غیر آلی است که به دنبال آن نیاز غذایی روزانه کمتر شده و در نتیجه آن یک نوع دوستی با طبیعت محسوب ایجاد می‌شود زیرا دفع مواد معدنی از طریق مدفوع و ورود به محیط زیست کاهش می‌یابد (۳۱). کبد عضو

ذخیره مس در بافت‌های مختلف: میزان ذخیره عنصر مس در بافت‌های عضله چهار سر ران و کلیه‌ها در سه گروه شاهد، نانومس و لیزین-مس تفاوتی از لحاظ آماری نداشتند (جدول ۶). هرچند، میزان ذخیره عنصر مس در بافت کبد در گروه دریافت‌کننده مکمل مس نسبت به گروه شاهد تفاوت داشت ($P < 0.05$)؛ به‌نحوی که در بره‌های دریافت‌کننده مکمل‌های نانو و آلی بیشتر از بره‌های گروه شاهد بود. در بافت طحال بره‌های دریافت‌کننده مکمل نیز میزان عنصر مس بیشتر از گروه شاهد بود ($P < 0.01$)؛ هرچند این میزان در گروه تغذیه‌شده با مکمل نانومس از لحاظ آماری بیشتر از گروه تغذیه شده با مکمل لیزین-مس بود ($P < 0.01$).

با توجه به این‌که گوشت یک ماده ضروری در رژیم غذایی انسان است و منبع ارزشمند برخی عناصر ضروری نظیر مس، روی، آهن و سلنیوم می‌باشد (۲۴)؛ این مسئله اهمیت بررسی غلظت این مواد را در عضلات مختلف و همچنین امعا و احشاء نشان

نتیجه‌گیری: در مجموع نتایج آزمایش نشان که استفاده از مکمل مس به فرم‌های آلی و نانو در سطح ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک علاوه بر اینکه تاثیر معنی‌داری بر عملکرد رشد بره‌ها نداشت، وضعیت آنتی‌اکسیدانی و صفات ایمنی بره‌ها را نیز تحت تاثیر قرار نداد هرچند سبب بهبود شاخص مالون‌دی‌آلدئید سرم خون شد.

کلیدی در حفظ تعادل مس است. مس جذب شده به سرعت توسط کبد مورد سوخت و ساز قرار گرفته و مقدار اضافی آن از طریق صفرا دفع می‌شود. تجمع مس در کبد زمانی اتفاق می‌افتد که میزان آن از ظرفیت دفع صفراوی تجاوز نماید (۲۲). در میان بافت‌های بدن، کبد، خون، طحال، شش‌ها و مغز استخوان به‌طور ویژه‌ای به تفاوت‌ها در مصرف غذایی مس واکنش نشان می‌دهند در حالی که غدد داخلی، عضلات و قلب کمتر تحت تاثیر قرار می‌گیرند (۲۲).

جدول ۶: اثر مکمل‌های معدنی بر میزان ذخیره مس (میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک) در بافت‌های مختلف.

Table 6. The effect of mineral supplements on deposited Cu (mgKgDM⁻¹) in the different tissues.

P – value	SEM	Treatments گروه‌های آزمایشی			Tissue	بافت
		مس- لیزین Cu – Lys	مس نانو Nano Cu	شاهد Control		
0.93	0.45	1.36	1.24	1.36	Quadriceps femoris muscle	چهار سر ران
0.05	0.16	1.67 ^a	1.75 ^a	0.82 ^b	Liver	کبد
0.14	0.09	1.89	1.39	1.21	Kidney	کلیه
0.01	0.01	0.73 ^b	0.86 ^a	0.60 ^c	Spline	طحال

حروف متفاوت در هر ردیف بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌های مختلف آزمایشی است.

منابع

1. Aliarabi, H., Tabatabaee, M.M., Fadayifar, A., Torkashvan, S., Bahari, A.A., Zamani, P., Alipour, D., and Dezfoulian, A.H. 2011. The effect of addition of organic zinc supplementation with and or without Cu on performance plasma minerals profile and some enzyme activity in male Mehraban lambs. Journal of Animal Science Researches. 21: 111-121. (In Persian)
2. Allan, J.I., Kay, N.E., and McClain, C.J. 1981. Severe zinc deficiency in humans, associate with reversible T lymphocyte dysfunction. Annals Internal Medicine. 95: 154-157.
3. AOAC. 1990. Official Methods of Analysis, 15th Edition. Association of Official Analytical Chemists, Washington. D.C.
4. Bahari, A. 2012. The effect of level and kind of Cu supplementation on haematology parameters, ceruloplasmin and plasma concentration of Cu, Zn and Fe in male Mehraban lambs. Iranian Journal of Animal Science. 43: 161-174. (In Persian)
5. Blakley, B.R., and Hamilton, D.L. 1985. Ceruloplasmin as an indicator of copper status in cattle and sheep. Canadian Journal of Comparative Medicine. 49: 405-408.
6. Blois, M.S. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature. 181: 1199 – 1200.
7. Dezfoulian, A.H., Aliarabi, H., Tabatabaei, M.M., Zamani, P., Alipour, D., Bahari, A., and Fadayifar, A. 2012. Influence of different levels and sources of copper supplementation on

- performance some blood parameters, nutrient digestibility and mineral balance in lambs. *Journal of Livestock Science*. 147: 9–19.
8. Eckert, G.E., Greene, L.W., Carstens, G.E., and Ramsey, W.S. 1999. Copper status of ewes fed increasing amounts of copper from copper sulfate or copper proteinate. *Journal of Animal Science*. 77: 244-249.
 9. Egbe-Nwiyi, T.N, Nwaosu, S.C., and Salami, H.A. 2000. Haematological values of apparently healthy sheep and goats as influenced by age and sex in arid zone of Nigeria. *African Journal of Biomedical Research*. 3: 109 –115.
 10. Engle, T.E., and Spears, J.W. 2000. Effects of dietary copper concentration and source on performance and copper status of growing and finishing steers. *Journal of Animal Science*. 78: 2446-2451.
 11. Fenger, C.K., Hoffsis, G.F., and Kociba, G.J. 1992. Idiopathic immune-mediated hemolytic anemia in a calf. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 201: 97-99.
 12. Gartner, R.J.W., Callow, L.L., Granzien, C.K., and Pepper, P.M. 1969. The concentration of blood constituents in relation to handling of cattle. *Research Veterinary Science*. 10: 7-12.
 13. Ghiselli, A., Serafini, M., Natella, F., and Scaccini, C. 2000. Total antioxidant capacity as a tool to assess redox status: critical view and experimental data. *Journal of Free Radical Biology and Medicine*. 29: 1106–1114.
 14. Glass, G.A., and Gershon, D. 1984. Decreased enzymic protection and increased sensitivity to oxidative damage in erythrocytes as a function of cell and donor aging. *Biochemistry Journal*. 218: 531–537.
 15. Gonzales-Eguia, A., Chao-Ming, F., Fu-Yin, L., and Tu-Fa, L. 2009. Effects of Nano-copper on copper availability and nutrients digestibility, growth performance and serum traits of piglets. *Journal of Livestock Science*. 126: 122-129.
 16. Harmon, R.J. 2000. When chelated minerals are justified *Kentucky Ruminant Nutrition*, Pp: 47-54.
 17. Hatfield, P.G., Swenson, C.K., Kott, R.W., Ansotegui, R.P., Roth, N.J., and Robinson, B.L. 2001. Zinc and copper status in ewes supplemented with sulfate- and amino acid-complexed forms of zinc and copper. *Journal of Animal Sciences*. 79: 261.266.
 18. Holvet, P. 2008. Relationship between metabolic syndrome, oxidative stress and inflammation and cardiovascular disease. *Verhandelingen- Koninklijke Academie voor Geneeskunde van België*. 70: 193-219.
 19. HosianPour, N., Nourozian, M.A., and Afzalzadeh, A. 2014. The effect of different sources of Cu on gas production parameters and nutrient digestibility in Zandi sheep. *Journal of Animal Production*. 16: 93-101. (In Persian)
 20. Jain, N.C. 2000. *Schalm's Veterinary Hematology*. 5th edition, Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins. 1075-1084.
 21. Kincaid, R.L., and Rock, M.J. 1999. Selenium intakes during late gestation on immunoglobulins and thyroid hormones in sheep. *FASEB Journal*. 13: 42-49.
 22. Leach, R.M., Rosenblum, C.I., Amman, M.J., and Burdette, J. 1990. Broiler chickens fed low-calcium diets increased sensitivity to copper toxicity. *Journal of Poultry Science*. 69: 1905-1910.
 23. Lim, H.S., and Paik, I.K. 2006. Effects of dietary supplementation of copper chelates in the form of methionine, chitosan and yeast in laying hens. *Asian-Australian Journal of Animal Science*. 19: 1174-1178.
 24. Lopez, A., M., Bedito, J.L, Miranda, M, Castillo, C., Hernandez, J., and Shore, R.F. 2002. Contribution of cattle products to dietary intake of trace and toxic elements in Galicia, Spain. *Food Additives Contaminants*. 19: 533-541.
 25. Luginbuhl, J.M., Poore, M.H., Spears, J.W., and Brown, T.T. 2000. Effect of dietary copper level on performance and copper status of growing meat goats. *Sheep and Goat Research Journal*. 16: 65-71.

26. Miller, N.J., and Rice-Evans C. 1997. Factors influencing the antioxidant activity determined by the ABTS^{•+} radical cation assay. *Free Radical Research*. 26: 195-199.
27. Mohri, M., Jannatabadi, A.A., and Aslani, M.R. 2005. Studies on haemoglobin polymorphism of two breeds of Iranian sheep and its relationship to concentrations of iron, copper, haemoglobin, and RBC number. *Veterinary Research Communications*. 29: 305-312.
28. Naudi, A., Jove, M., Ayala, V., Cassanye, A., Serrano, J., Gonzalo, H., Boada, J., Prat, J., Portero-Otin, M., and Pamplona, R. 2012. Cellular dysfunction in diabetes as maladaptive response to mitochondrial oxidative stress. *Experimental Diabetes Research*. 20: 1-14.
29. Nikbakht Brojeni, G.R., and Talebi, M.A. 2000. Determination of hematological values Lori Bakhtiari sheep. *Journal of Veterinary Research*. 55: 2-9 (In Persian)
30. NRC. 2007. *Nutrient Requirements of Small Ruminants Sheep, Goats, Cervids, and new world camelids*. National Academy Press, Washington, D.C.
31. Pal, D.T., Gowda, N.K.S., Prasad, C.S., Amarnath, R., Bharadwaj, U., SureshBabu, G., and Sampath, K.T. 2010. Effect of copper and zinc-methionine supplementation on bioavailability, mineral status and tissue concentrations of copper and zinc in ewes. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 24: 89-94.
32. Panivivat, R., Kegley, E.B., Penington, J.A., Kellogg, D.W., and Krumpelman, S.L. 2004. Growth performance and health of dairy calves bedded with different types of materials. *Journal of Dairy Science*. 87: 3736 – 3745.
33. Placer, Z.A., Cushman, L.L., and Johnson, B.C. 1966. Estimation of product of lipid peroxidation (malondialdehyde) in biochemical systems. *Annual Biochemistry*. 16: 359-364.
34. Ramos, A., Cabrera, M.C., and Saadoun, A. 2012. Bioaccessibility of Se, Cu, Zn, Mn and Fe, and heme iron content in unaged and aged meat of Hereford and Braford steers fed pasture. *Meat Science*. 91: 116-124.
35. Rosenfeldt, F., Wilson, M., Lee, G., Kure, C., Ou, R., Braun, L., and de Haan, J. 2013. Oxidative stress in surgery in an ageing population: pathophysiology and therapy. *Experimental Gerontology*. 48: 45-54.
36. Rothenbacher, H., and Sherman, A.R. 1980. Target organ pathology in iron-deficient suckling rats. *Journal of Nutrition*. 110: 1648-1654.
37. Sansinanea, A.S., Silvia, I., Cerone, DVM., Quiroga, M., and Auza, N. 1993. Antioxidant capacity of erythrocytes from sheep chronically poisoned by copper. *Nutrition Research*. 13: 891-899.
38. SAS. 2004. *User's Guide: Statistics, Version 9.2*. SAS Institute, Inc., Cary, NC.
39. Schalm, O.W., Jain, N.C., and Carroll, E.J. 1975. *Veterinary Hematology*. 3rd ed., Philadelphia. 487-556.
40. Senthilkumar, P., Nagalakshmi, D., Ramana Reddy, Y., and Sudhakar, K. 2009. Effect of different level and source of copper supplementation on immune response and copper dependent enzyme activity in lambs. *Journal of Trophy Animal Health Production*. 41: 645-653.
41. Solaiman, S.G., Maloney, M.A., Qureshi, M.A., Davis, G., and D'Andrea, G. 2001. Effects of high copper supplements on performance, health, plasma copper and enzymes in goats. *Journal of Small Ruminant Research*. 41: 127-139.
42. Solaiman, S.G., Shoemaker, C.E., and D'Andrea, G.H. 2006. The effect of high dietary Cu on health, growth performance, and Cu status in young goats. *Journal of Small Ruminant Research*. 66: 85-91.
43. Spears, J.W. 1996. Organic trace minerals in ruminant nutrition. *Journal of Animal Feed Science and Technology*. 5: 151–163.
44. Spears, J.W. 2003. Trace mineral bioavailability in ruminants. *Journal of Nutrition*. 133: 1506–1509.
45. Suttle, N.F. 1994. Meeting the copper requirements of ruminants. P 173–188, In: P.C. Garnsworthy and D.J.A. Cole (eds), *Recent Advances in Animal Nutrition*. Nottingham University Press, Nottingham.

46. Underwood, E.J., and Suttle, N.F. 1999. The mineral nutrition of livestock. 3rd edition. CABI Publishing Company. New York. 283-3423.
47. Videla, L.A., Rodrigo, R., Orellana, M., Fernandez, V., Tapia, G., Quinones, L., Varela, N., Contreras, J., Lazarte, R., Csendes, A., Rojas, J., Maluenda, F., Burdiles, P., Diaz, J.C., Smok, G., Thielemann, L., and Poniachik, J. 2004. Oxidative stress-related parameters in the liver of non-alcoholic fatty liver disease patients. *Clinical Science*. 106: 261-268.
48. Widlansky, M.E., and Gutterman, D.D. 2011. Regulation of endothelial function by mitochondrial reactive oxygen species. *Antioxidant Redox Signal*. 15: 1517-30.
49. Zhang, W., Wang, R., Kleemann, D.O., Lu, D., Zhu, X., Zhang, C., and Jia, Z. 2008. Effects of dietary copper on nutrient digestibility, growth performance and plasma copper status in Cashmere goats. *Journal of Small Ruminant Research*. 74: 188-193.



Assessing the various copper supplements effect on performance, some blood parameters and humoral immune response of male Sanjabi lambs

*F. Hozhabri¹, M. Darabi² and M.M. Moeini¹

¹Associate Prof., and ²M.Sc. Gratuated, Dept. of Animal Science, Faculty of Agriculture,
Razi University

Received: 01/31/2018; Accepted: 05/07/2017

Abstract

Background and objectives: Copper is a microelement that is present in many important processes in the body and plays a vital role. Copper deficiency in some parts of the world is a major problem in ruminants. For this reason, dietary supplements are commonly used to regulate the diet of sheep to compensate for copper deficiency. Therefore, this study was carried out to evaluate the effects of two forms of copper supplement on performance, some blood parameters and carcass traits of male Sanjabi lambs.

Materials and methods: A total of 15 male lambs (26.04±3.38 Kg, 3-4 months) in three groups of five placed in individual pens for a period of 90 days using completely randomized design. The treatments included: (1) basal diet (containing 5.6 mg Cu/kg DM; control) without supplementary Cu, (2) basal diet + 15 mg/kg DM Cu- Lys and (3) basal diet + 15 mg/kg DM Nano-Cu. Supplements on a daily basis were allocated to the lambs along with basal diet. Blood samples were taken from jugular vein on days zero, 30, 60 and 90 and the concentration of plasma Cu and Zn, serum ceruloplasmin level, superoxide dismutase enzyme activity (SOD), total antioxidant capacity (TAC), malondialdehyde index (MDA), differential count of white blood cells and hematocrit was determined. At the end of the experiment, three lambs were slaughtered from each group using standard method. Samples from quadriceps muscle, liver, kidney and spleen were taken to measure the level of Cu and some carcass traits.

Results: The use of Cu supplement in various forms had no effect on growth performance of lambs. Copper supplementation had no effect on SOD and TAC, but the MDA index of blood serum was lower compared to the control ($P<0.05$). Hematocrit in lambs fed diets containing Cu supplements were not significantly different than the control but the percentage of lymphocyte in lambs received organic Cu and neutrophil percentage in lambs of Nano Cu group were lowest ($P<0.05$). Addition of Cu-Lys to the diet increased plasma Cu concentration compared to control and Nano-Cu groups ($P<0.01$) and plasma Zn concentration tended to decrease ($P>0.05$). Also, supplementation of diet with Cu had no effect on ceruloplasmin concentration, significantly. The amount of copper deposited in liver and spleen tissues of Cu supplemented groups were higher than those of the control ($P<0.05$).

Conclusion: In general, the results showed that the uses of Cu supplement in the form of organic or Nano did not influence growth performance. In addition, antioxidant status and humoral systems of lambs were not affected; however, malondialdehyde index was improved.

Keywords: Antioxidant, Ceruloplasmin, Nano copper, Organic copper

*Corresponding author: hozhabri@razi.ac.ir