نشریه پژوهش در نشخوارکنندگان
جلد پنجم، شماره اول، ۱۳۹۶
http://ejrr.gau.ac.ir

اثر افزودن کروم آلی و الکارنیتین به جیره بره‌های پرواری بر عملکرد، متابولیسم گلوکز و برخی فراسنجه‌های خونی

محمود مسیبی[۱]، *حسن‌علی عربی[۲] و عباس فرح‌آور[۳]
[۱]دانشجوی دکتری، [۲]دانشیار و [۳]استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینای همدان
تاریخ دریافت: ۹۵/۹/۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۲/۱۹

چکیده

سابقه و هدف: کروم در متابولیسم نشخوارکنندگان نقش مهمی ایفا می‌کند. شرایطی مانند افزایش سرعت رشد، تنش و زیست فراهمی پائین کروم در منابع خوراکی، منجر به تخلیه ذخایر کروم بدن شده و اختلالات متابولیکی و کاهش عملکرد رشد رخ می‌دهد. الکارنیتین نیز ترکیبی است که از اسیدهای آمینه لیزین و متیونین ساخته می‌شود و در بسیاری از فرآیندهای متابولیکی دخالت دارد و با تأثیر بر متابولیسم لیپیدها در افزایش راندمان تولید انرژی موثر است. هنگام استفاده توأم کروم و الکارنیتین در جیره برخی گونه‌های حیوانی، اثر متقابل مثبتی بر متابولیسم کربوهیدات‌ها و لیپیدها مشاهده شده است. بنابراین هدف از این آزمایش بررسی اثر استفاده از کروم آلی (به شکل کروم-متیونین) و الکارنیتین به‌عنوان مکمل در جیره غذایی بره‌های پرواری بر عملکرد رشد، متابولیسم گلوکز و برخی فراسنجه‌های خونی بود.

مواد و روش‌ها: این آزمایش به‌مدت ۶۰ روز با تعداد ۲۴ رأس بره نر نژاد مهربان با میانگین سن ۳ تا ۴ ماه در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و ۶ تکرار انجام شد. تیمارها شامل: ۱-تیمار شاهد) فقط جیره پایه دریافت کرد؛ ۲-تیمار کروم) دریافت ۵۰۰ میکروگرم کروم به ازای هر راس بره در روز؛ ۳-تیمار الکارنیتین) دریافت ۵۰۰ میلی‌گرم الکارنیتین به ازای هر راس بره در روز؛ ۴-تیمار کروم- الکارنیتین) دریافت توأم کروم و الکارنیتین با غلظت‌های ذکر شده در تیمار۲ و ۳ بودند. مکمل‌ها به‌صورت سرک به جیره پایه اضافه شدند. عملکرد بره‌ها و فراسنجه‌های خونی و مایع شکمبه اندازه‌گیری شد. بدین منظور در پایان آزمایش قبل از وعده

*نویسنده مسئول: h_aliarabi@yahoo.com

غذایی صبح نمونه خون و مایع شکمبه اخذ شد. جهت ارزیابی متابولیسم گلوکز، از هر تیمار ۴ راس بره به‌طور تصادفی برای تست تحمل گلوکز انتخاب و به ازای هر کیلوگرم وزن زنده ۰/۵ میلی‌لیتر دکستروز ۵۰ درصد درون ورید وداج تزریق و در زمان‌های ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ دقیقه بعد خونگیری گردید. غلظت گلوکز در نقاط زمانی (دقیقه) پس از انفوزیون گلوکز، سرعت زدوگی پلاسما از گلوکز، زمان رسیدن به نصف و سطح زیر منحنی محاسبه شد.

یافته‌ها: میزان خوراک مصرفی، افزایش وزن روزانه، ضریب تبدیل غذایی، غلظت آمونیاک شکمبه و اسیدهای چرب فرار کل در هیچ‌یک از تیمارها، باهم اختلاف معنی‌داری نداشت (P>۰/۰۵). اثر متقابل الکارنیتین و کروم برای فراسنجه‌های عملکردی و همچنین غلظت آمونیاک شکمبه و اسیدهای چرب فرار کل نیز معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵). لیپوپروتئین با چگالی بالا در تیمار ۲ و ۴ به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار۱ و۳ بالاتر بود (P<۰/۰۵) اما اثر متقابل الکارنیتین و کروم برای لیپوپروتئین با چگالی بالا معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵). فعالیت آنزیم آلانین آمینوترانسفراز در تیمار ۳ و ۴ نسبت به تیمار ۱ و ۲ کمتر بود (P<۰/۰۵). سایر فراسنجه‌های متابولیکی تحت تاثیر تیمارها قرار نگرفت. غلظت پلاسمایی گلوکز ۱۲۰ دقیقه بعداز تزریق گلوکز در تیمار۲ نسبت به تیمار ۴ کمتر بود (P<۰/۰۵) اما در سایر زمان‌ها بین تیمارها تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. اثر متقابل الکارنیتین و کروم در زمان‌های ۴۰ و ۱۲۰ دقیقه پس از تزریق گلوکز معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). سرعت زدودگی پلاسما از گلوکز و مدت زمان رسیدن به نصف بین تیمارها یکسان بود (P>۰/۰۵). سطح زیر منحنی در تیمار ۳ نسبت به تیمار ۱ و ۴ بطور معنی‌داری کمتر بود (P<۰/۰۵). اثر متقابل الکارنیتین و کروم برای سطح زیر منحنی معنی‌دار بود (P<۰/۰۵) اما برای سرعت زدودگی گلوکز و زمان رسیدن گلوکز به نصف معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: نتایج این پژوهش نشان داد، مکمل‌سازی جیره بره‌های پرواری نژاد مهربان با کروم و الکارنیتین (با غلظت‌های مورد استفاده در این پژوهش) تاثیری بر عملکرد پرواری ندارد اما منجر به افزایش میزان لیپوپروتئین با چگالی بالای خون و بهبود متابولیسم گلوکز گردید.

واژه‌های کلیدی: کروم، الکارنیتین، مقاومت انسولینی، بره‌های پرواری

مقدمه

کروم ماده معدنی ضروری و کم مصرفی است کـه در متابولیسـم کربوهیـدرات، لیپیـد، پـروتئین و اسیدهای نوکلئیک نقش دارد (۳۸ و ۳۹). کروم جزئی از فاکتور تحمل گلوکز اسـت کـه میـل ترکیبـی گیرنده‌های انسولین را به هورمون انسولین افزایش می‌دهد و سبب افـزایش حساسـیت گیرنـده‌هـا بـه انسولین می‌گردد (۴۷). کمبود کروم منجر به مقاومت انسولینی و برخی اختلالات لیپیدی می‌شـود کـه با مکمل کروم بهبود می‌یابند (۳۳). عوامل مختلفی مانند زیسـت فراهمـی پـائین کـروم در خـوراک و افزایش دفع ناشی از تنش می‌توانند وضعیت کروم را در حیوانات به مخاطره اندازند. با توجـه زیسـت فراهمی پائین کروم در خوراک‌ها و بسیاری از منابع معدنی کروم، جذب کروم بسیار کم است که منجر به رقیق شدن کروم در بدن می‌شود و این وضعیت با افزایش سرعت رشد بویژه در گونه‌ها و نژادهایی که سرعت رشد بالاتری دارند تشدید می‌گردد. میزان زیست فراهمی کروم در منابع غذایی انسان کمتر از ۰/۵ درصد تخمین زده شده است و احتمالا میزان آن در حیوانات نیـز بیشـتر از ایـن مقـدار نیسـت (۶۴). کروم نقش مهمی در متابولیسم نشخوارکنندگان ایفا می‌کند (۵ و ۳۴). افزایش سرعت رشد و کم بودن زیست فراهمی کروم در منابع خوراکی منجر به پیشرفت اختلالات متابولیکی و کـاهش عملکـرد رشد خواهد شد. به‌طور کلی پذیرفته شده است که منابع آلی کروم زیست فراهمی بالاتری نسـبت بـه منابع معدنی آن دارند. امروزه تنوع زیادی از منابع آلی کروم در دنیا وجود دارد که انتظار مـی‌رود ایـن منابع زیست فراهمی و نیز اثرات متابولیکی متفاوت داشته باشند. به عنوان مثال گزارش شده است کـه فراسنجه‌های مربوط به متابولیسم گلوکز در بزهای تیمار شده از نوع کروم آلی (کروم- مخمـر) نسـبت به شکل معدنی[1] پس از تزریـق درون رگـی گلـوکز در تسـت تحمـل گلـوکز[2] بهبـود مـی‌یابـد (۲۵). مکمل‌سازی جیره با ۵۰۰ و ۱۰۰۰ پی‌پی‌بی (بخش در بیلیون) کروم به شکل کروم پیکولینـات تـاثیری بر رشد و یا بهبود خصوصیات لاشه در بره‌هـای پـرواری نداشـت (۴۵). در بـره‌هـای در حـال رشـد مکمل‌سازی جیره با ۲۵۰ پی‌پی‌بی (بخش در بیلیون) کروم به شکل کروم پیکولینات تـاثیری بـر نـرخ زدوده شدن گلوکز از پلاسما و زمان رسیدن به نصف ($t_{1/2}$) پس از تست تحمل گلوکز به روش تزریق درون رگی نداشت اما میزان انسولین افزایش و گلوکز ناشتا و برخی از فراسنجه‌هـای متـابولیکی ماننـد

1. $CrCl_3$
2. IVGGT: Intravenous Glucose Tolerance Test

اسیدهای چرب غیراستریفه[1] کاهش یافت (۳۵). نوع پاسخ به مکمل‌سازی جیره با کروم علاوه بر میزان زیست فراهمی، به نوع نژاد حیوان، گونه حیوانی، نوع جیره غذایی و فرم آلی یا معدنی کروم بستگی دارد (۶، ۵۲ و ۶۴).

الکارنیتین ترکیبی است که از اسیدهای آمینه لیزین و متیونین ساخته می‌شود و در بسیاری از فرآیندهای متابولیکی دخالت داشته و با تأثیر بر متابولیسم لیپیدها در افزایش راندمان تولید انرژی موثر است (۱۰ و ۴۶). استفاده توأم کروم و الکارنیتین، متابولیسم لیپیدها را در جوجه‌های گوشتی تحت تاثیر قرار داد (۶۸). همچنین استفاده توأم کروم و الکارنیتین در خوک‌های آبستنی که فقط یکبار در روز خوراک‌دهی می‌شدند، به‌طور هم‌افزایی فراسنجه‌ها و هورمون‌های خونی و وضعیت انرژی را تحت تاثیر قرار داد و در خوک‌های در حال رشد منجر به بالانس نیتروژن، کاهش چربی بدنی و افزایش ابقاء پروتئین و بهبود عملکرد رشد شد (۱۱، ۲۶ و ۶۹). در بره‌های پرواری نیز استفاده توأم کروم (به شکل کروم–مخمر) و الکارنیتین منجر به کاهش چربی محوطه شکمی و کنترل بهتر متغییرهای لیپیدی و گلوکز شد (۷۲). اگرچه مکانیسم دقیق تاثیر توأم الکارنیتین و کروم مشخص نشده است، اما گمان می‌رود این دو افزودنی خوراکی، وضعیت انرژی بدن را از طریق افزایش حساسیت بافت‌ها به انسولین توسط کروم و افزایش راندمان تولید انرژی از چربی‌ها توسط الکارنیتین بهبود می‌بخشند (۴۱ و ۴۷). علاوه بر آن شواهدی نیز مبنی بر نقش الکارنیتین در کاهش گلوکز خون در انسان وجود دارد (۴۲ و ۵۹). با توجه به اینکه اشکال مختلف کروم زیست فراهمی متفاوتی دارند و همچنین نوع پاسخ حیوان به مکمل‌سازی جیره با کروم به نوع نژاد حیوان، گونه حیوانی، و نوع جیره غذایی بستگی دارد و در مورد اثرات مکمل‌سازی جیره با کروم آلی (به شکل کروم–متیونین) و الکارنیتین بر عملکرد و وضعیت متابولیکی در بره‌های پرواری نژاد مهربان مستندات علمی وجود ندارد، هدف این مطالعه بررسی اثر استفاده از الکارنیتین و کروم–میتونین در جیره بره‌های پرواری‌نژاد مهربان بر عملکرد پرواری، متابولیسم گلوکز و برخی فراسنجه‌های خونی در فصل تابستان بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه دامپروری دانشگاه بوعلی سینای همدان با ۲۴ رأس بره نر نژاد مهربان ۳ تا ۴ ماهه با میانگین وزنی ۱/۹۵± ۳۰/۹۶ کیلوگرم که از سلامت عمومی کامل برخوردار بودند انجام شد. تمام بره‌ها به‌صورت انفرادی تغذیه می‌شدند و در تمام دوره آزمایش دسترسی آزاد به آب و غذا

1. Non-Esterified Fatty Acid

داشتند. آزمایش پس از یک دوره سازگاری ۱۴ روزه، به‌مدت ۲ ماه در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و ۶ تکرار انجام شد. همه بره‌ها با جیره پایه مشابه تغذیه شدند و مکمل‌های مورد آزمایش به جیره پایه افزوده می‌شد. مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره پایه در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱: اجزای جیره و ترکیبات شیمیایی آن

Table 1. Diet ingredients and chemical composition

مقدار	Ingredients	اجزاء جیره (برحسب درصد ماده خشک)
35	Alfalfa	یونجه
57	Barley Grain	دانه جو
3	Soybean Meal	کنجاله سویا
5	Wheat Bran	سبوس گندم
Diet Chemical Composition		**ترکیبات شیمیایی جیره**
84.79	Dry Matter (%)	ماده خشک (درصد)
2.66	ME (Mcal/day)[1]	انرژی متابولیسمی (مگاکالری در روز)[۱]
13.57	Crud Protein (%DM)	پروتئین خام (درصد ماده خشک)
27.27	NDF (%DM)	الیاف نامحلول در محلول پاک کننده خنثی (درصد ماده خشک)
15.39	ADF(%DM)	الیاف نامحلول در محلول پاک کننده اسیدی (درصد ماده خشک)
1.61	Chromium (ppm)	کروم (پی‌پی‌ام)
19.73	Zinc(ppm)	روی (پی‌پی‌ام)
2.91	Copper (ppm)	مس (پی‌پی‌ام)
394.74	Iron (ppm)	آهن (پی‌پی‌ام)
5.4	Calcium (ppm)	کلسیم (پی‌پی‌ام)
3.9	Phosphorus (ppm)	فسفر (پی‌پی‌ام)
1800.3	Vitamin A (I/U)	ویتامین آ (واحد بین‌المللی)
153.9	Vitamin E (I/U)	ویتامین ای (واحد بین‌المللی)

۱- انرژی متابولیسمی، کلسیم، فسفر و ویتامین‌ها با استفاده از جداول احتیاجات غذایی NRC (2007) محاسبه گردید.

1.Metablizable Energy, Calcium, Phosphorus and vitamins were calculated base on NRC (2007).

تیمارهای آزمایشی شامل: ۱- تیمار شاهد (جیره پایه) ۲- تیمار کروم (۵۰۰ میکروگرم کروم به شکل کروم-متیونین در هر روز به ازای هر راس بره)، ۳- تیمار الکارنیتین (۵۰۰ میلی گرم الکارنیتین در هر روز به ازای هر راس بره) و ۴- تیمار کروم به علاوه الکارنیتین (۵۰۰ میکروگرم کروم و ۵۰۰ میلی‌گرم الکارنیتین در هر روز به ازای هر راس بره) بودند. مکمل کروم با نام تجاری آویلا کروم بود که از شرکت سنا دام پارس تهیه شد و مکمل الکارنیتین به‌صورت الکارنتین محافظت نشده با نام تجاری کارنیکینگ بود که از شرکت لهمان آلمان تهیه شدند و به‌صورت سرک به جیره پایه اضافه می‌شدند. غلظت‌های مورد استفاده کروم و الکارنیتین در این پژوهش بر اساس یافته‌های پژوهش‌های پیشین بر روی حیوانات مزرعه‌ای انتخاب شده است. میزان کروم، روی، مس و آهن جیره پایه با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد.

بره‌ها هر دو هفته یکبار توزین و خوراک مصرفی روزانه و باقی‌مانده آن اندازه‌گیری می‌شد. در پایان آزمایش میزان خوراک مصرفی، افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل غذایی محاسبه گردید. به منظور اندازه‌گیری غلظت کل اسیدهای چرب فرار و آمونیاک شکمبه، دو ساعت بعد از خوراک‌دهی با استفاده از پمپ خلاء مایع شکمبه گرفته شد و پس از صاف نمودن نمونه، مایع استحصالی به نسبت ۱ به ۸ با اسید ارتوفسفریک (که شامل ۲۰ درصد حجمی از اسیدارتوفسفوریک (۲۵ درصد) بود)، مخلوط و تا زمان اندازه‌گیری فراسنجه‌ها در فریزر و در دمای منفی ۲۰ درجه سانتیگراد نگهداری شد. غلظت کل اسیدهای چرب فرار توسط دستگاه مارخام و به روش بارنت و رید (۱۹۵۷) و میزان آمونیاک با روش برودریک و کانگ (۱۹۸۰) و به کمک دستگاه اسپکتوفتومتری (مدل Varincary 100، ساخت استرالیا) اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری فراسنجه‌های خونی، ناشتا از همه بره‌ها از طریق سیاهرگ وداج خونگیری شد. نمونه خون‌ها درون لوله‌های حاوی هپارین (جهت تهیه پلاسما) و لوله‌های بدون ماده ضد انعقاد (جهت تهیه سرم) ریخته شد و سپس برای مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتیگراد با ۲۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ و نمونه سرم و پلاسمای آنها جدا گردید. به منظور ارزیابی وضعیت متابولیسم گلوکز در اواخر دوره پرواری، تست تحمل گلوکز به روش تزریق درون‌رگی گلوکز بر اساس روش کیتچالانک و همکاران (۱۹۹۵) انجام شد (۱۰). برای این منظور ابتدا ۵ دقیقه قبل از تزریق گلوکز، خونگیری انجام شد. سپس نیم میلی‌گرم گلوکز به ازای هر کیلوگرم وزن زنده (به شکل دکستروز ۵۰ درصد تزریقی، با نام تجاری گلوکوجکت، شرکت داروسازی ابوریحان) در مدت ۳۰ ثانیه به درون سیاهرگ وداج تزریق شد و متعاقب آن در زمان‌های ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰،

۸۰،۶۰، ۱۰۰، ۱۲۰ دقیقه بعد از تزریق به میزان ۳ میلی‌لیتر در هر بار خونگیری شد. تمامی نمونه‌های سرم و پلاسما پس از جداسازی، تا زمان اندازه‌گیری فراسنجه‌ها در فریزر و در دمای منفی ۲۰ نگهداری شد. فراسنجه‌های خونی توسط کیت‌های مربوطه (شرکت پارس آزمون، ایران) و به کمک دستگاه اسپکتوفتومتری اندازه‌گیری شد. نرخ زدودگی پلاسما از گلوکز بر اساس معادله۱ و زمان رسیدن به نصف ($t_{1/2}$) از طریق معادله ۲ محاسبه گردید (۴۱).

$$CR = \frac{[\ln(ta)-\ln(tb)]}{tb-ta} \times 100$$ معادله ۱)

$$t_{1/2} = \frac{0.693}{CR} \times 100$$ معادله ۲)

در معادلات ۱ و ۲، CR نرخ زدودگی پلاسما از گلوکز بر حسب درصد در دقیقه، ta غلظت گلوکز در زمان a، tb غلظت گلوکز در زمان b و $t_{1/2}$ زمان رسیدن غلظت گلوکز به نصف برحسب دقیقه و ۰/۶۹۳ مقدار ثابت لگاریتم طبیعی عدد ۲ است. مساحت زیر منحنی (AUC) نیز از طریق محاسبه هندسی مساحت ذوزنقه و به کمک نرم افزار اکسل محاسبه گردید.

داده‌های عملکردی و فراسنجه‌های متابولیکی به روش آنالیز واریانس یک‌طرفه با استفاده از نرم‌افزار SAS ورژن ۹/۴ و رویه‌های GLM، MIX تجزیه و تحلیل شد. مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون توکی و در سطح معنی‌داری ۵ درصد صورت گرفت. قبل از آنالیز واریانس به منظور اطمینان از همگنی واریانس باقیمانده‌ها و صحت مقایسه میانگین‌ها، آزمون نرمال بودن باقیمانده داده‌ها با استفاده از تست شاپیرو- ویلک انجام شد. داده‌های تست تحمل گلوکز با استفاده از اندازه‌گیری‌های تکرار شده در واحد زمان آنالیز شد. مدل آماری ۱ استفاده شده برای عملکرد رشد و مدل آماری ۲ استفاده شده برای تست تحمل گلوکز شامل موارد ذیل بود:

$$Y=\mu+A_i+B_j+AB_{ij}+b(W)_f+ E_{ijf}$$ مدل ۱)

که در آن مولفه‌ها به‌ترتیب از چپ به راست؛ میانگین، سطح الکارنیتین، سطح کروم، بر هم کنش الکارنیتین و کروم، ضریب تابعیت صفت از وزن آغازین (وزن آغازین در هر تکرار) و خطا می‌باشند.

$$Y=\mu+A_i+B_j+AB_{ij}+T_b+AT_{ib}+BT_{jb}+ABT_{ijb}+EA+EB$$ مدل ۲)

که در آن مولفه‌ها به‌ترتیب از چپ به راست؛ میانگین، سطح الکارنیتین، سطح کروم، برهم کنش الکارنیتین با کروم، زمان، الکارنیتین در زمان، کروم در زمان، الکارنیتین در کروم در زمان، خطای اصلی و خطای فرعی می‌باشند.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به عملکرد بره‌ها در جدول ۲ ارایه شده است. در این پژوهش با مکمل کردن جیره پایه با کروم و الکارنیتین به تنهایی در میزان مصرف خوراک، وزن نهایی، افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل غذایی بره‌ها تغییر معنی‌داری مشاهده نشد (P>۰/۰۵). کیتچالونگ و همکاران (۳۵) با مکمل‌سازی جیره پایه بره‌های پرواری نژاد سافولک با ۲۵۰ پی‌پی‌بی (بخش در بیلیون) کروم پیکولینات برای مدت ۸۵ روز تاثیر معنی‌داری بر میزان مصرف خوراک، وزن نهایی، افزایش وزن روزانه مشاهده نکردند. نتایج مشابهی توسط سامسل و اسپیرز (۱۹۸۹)، جنتری و همکاران (۱۹۹۹) و سانچزمندوزا و همکاران (۲۰۱۴) در گوسفند، چنگ و موات (۱۹۹۲)، چنگ و همکاران (۱۹۹۲) در گوساله نر و بونتینگ و همکاران (۱۹۹۴) در گوساله‌های شیری، تیان و همکاران (۲۰۱۴) در خوک (۲۳،۵۲-۶۰) و در مقابل نتایج متناقضی توسط بیبرکروگر (۲۰۱۶) و آماتا و آدنجومو (۲۰۱۴) در گوساله نر، هالدار و همکاران (۲۰۰۶) در بز (۸ و ۲۷) گزارش شده است. احتمالاً کروم در شرایط طبیعی بجای بهبود عملکرد رشد می‌تواند با توزیع مناسب مواد مغذی در بافت‌های مختلف سبب کاهش میزان ذخیره چربی و افزایش بافت ماهیچه‌ای گردد (۵۳ و ۶۱)، اما در زمان وجود تنش، بهبود عملکرد رشد مشاهده می‌شود (۲۸). نتایج مطالعات اخیر نشان داده‌اند که افزودن کروم به جیره در بز منجر به کاهش بیان ژن‌های دخیل در ساخت لیپیدها می‌گردد و پیشنهاد شده است که کروم با افزایش فعالیت انسولین انرژی دریافتی از خوراک را به سمت رشد و تولید ماهیچه سوق می‌دهد (۵۴). اگرچه تاثیر میزان زیست فراهمی کروم، نوع نژاد حیوان، گونه حیوانی و نوع جیره غذایی و فرم آلی یا معدنی کروم و مقدار مصرف روزانه نبایستی نادیده گرفته شود (۶، ۵۲ و ۶۴).

در این پژوهش مکمل کردن جیره پایه بره‌ها با الکارنیتین تاثیری بر فراسنجه‌های عملکرد نداشت (P>۰/۰۵). عملکرد رشد در پاسخ به افزودن الکارنیتین به جیره در نشخوارکنندگان متغییر است. صلح جو و همکاران (۵۵) با مکمل‌سازی جیره پایه بره‌های پرواری نژاد قزل با ۰/۵، ۱ و ۱/۵ گرم در روز الکارنیتین محافظت شده برای مدت ۸۰ روز تاثیر معنی‌داری بر میزان مصرف خوراک، وزن نهایی، افزایش وزن روزانه مشاهده نکردند. همچنین مکمل‌سازی جیره با الکارنیتین به همراه جیره معمولی بر تولید شیر در گاو یا بازدهی رشد در بره پرواری تاثیر معنی‌داری نداشت که با یافته‌های این پژوهش سازگار می‌باشند (۱۹ و ۴۰). در مقابل وایت و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که با مکمل‌سازی جیره پایه بره‌های پرواری با ۱۰۰ پی‌پی‌ام الکارنیتین محافظت شده و محافظت نشده سرعت رشد

افزایش می‌یابد و الکارنیتین محافظت شده نسبت به محافظت نشده تاثیر بیشتری برسرعت رشد در بره‌های پرواری دارد که با یافته‌های این پژوهش مغایرت دارد (۷۰). بهبود سرعت رشد احتمالا به افزایش قابلیت هضم توسط الکارنیتین بستگی دارد. لاکونت و همکاران (۴۰) مشاهده کردند که الکارنیتین محافظت شده و محافظت نشده در گاوهای شیری منجر به افزایش قابلیت هضم اسیدهای چرب جیره می‌شود. فروزنده و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که افزودن ۱۰۰ میلی‌گرم الکارنیتین به ازای هر کیلوگرم جیره به‌صورت سرک در بره‌های پرواری نژاد افشاری، تاثیری بر مصرف خوراک نداشت اما قابلیت هضم عصاره اتری را افزایش داد و قابلیت هضم پروتئین خام گرایش به افزایش داشت (۲۱). احتمالاً افزایش الکارنیتین جیره می‌تواند نیاز به ساخت الکارنیتین را کاهش دهد و S-آدنوزین میتونین را برای ساخت فسفاتیدیل کولین ذخیره کند. این مولکول برای تشکیل میسل، هضم لیپید و انتقال آن در روده کوچک ضروری است. همچنین الکارنیتین نقش ناشناخته‌ای در جذب اسیدهای چرب دارد (۲۱،۴۰).

افزودن کروم و الکارنیتین باهم به جیره پایه بره‌ها در این پژوهش تاثیری بر عملکرد نداشت و اثر متقابلی از آنها نیز مشاهده نشد (P>۰/۰۵). در مورد عملکرد رشد در پاسخ به مکمل الکارنیتین و کروم باهم در نشخوارکنندگان شواهد علمی وجود ندارد. در طیور گوشتی نیز افزودن ۴۰۰ میکروگرم در کیلوگرم کروم و ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم الکارنیتین باهم به جیره تاثیر معنی‌داری بر فراسنجه‌های عملکرد مشاهده نشد (۶۸).

جدول ۲- اثر سطوح مختلف الکارنیتین و کروم بر عملکرد بره‌ها[1]

Table 2. Effect of different levels of L-carnitine and Chromium on growth performance in lambs[1].

ضریب تبدیل خوراک Feed Conversion Rate	تغییرات وزن پایان دوره Change of Final body weight (Kg)	میانگین خوراک مصرفی روزانه Average daily Feed Intake (Kg/day)	میانگین افزایش وزن روزانه Average Daily Gain (Kg/day)	تیمارها Treatments
				کروم[2]، Cr [2]
8.20	10.99	1.48	0.18	0
7.61	10.62	1.37	0.18	500
0.303	0.773	0.062	0.013	SEM
				الکارنیتین[3]، LC[3]
8.19	10.26	1.39	0.17	0
7.62	11.35	1.46	0.19	500
0.303	0.773	0.062	0.013	SEM
				تیمار، Treat

شاهد، Control	0.16	1.42	9.89	8.63
کروم، Cr	0.18	1.37	10.62	7.74
الکارنیتین، LC	0.20	1.54	12.08	7.77
الکارنیتین× کروم، LC×Cr	0.179	1.38	10.61	7.48
SEM	0.018	0.081	1.101	0.434
P-value				
الکارنیتین، LC	0.33	0.48	0.33	0.21
کروم، Cr	0.73	0.22	0.73	0.19
الکارنیتین × کروم، LC×Cr	0.33	0.53	0.33	0.49
تیمار، Treat	0.55	0.44	0.55	0.36
همبسته، Covariate	0.046	0.22	0.46	0.027

[1]حروف متفاوت در هر ستون و هر بخش نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار است (P≤۰/۰۵). [2]میکروگرم کروم به شکل کروم-متیونین در هر روز به ازای هر راس بره، [3]میلی‌گرم الکارنیتین محافظت نشده در هر روز به ازای هر راس بره.

[1]Means with different superscript letters in column and section are significantly different (P<0.05). [2] Microgram chromium (Cr) in diet in form of chromium- Methionine (Cr-Met) daily per lamb, [3] MilligramL-carnitine (LC) a rumen unprotected form daily per lamb.

فراسنجه‌های مایع شکمبه: در این پژوهش با مکمل کردن جیره پایه با کروم و الکارنیتین به تنهایی و یا هر دو باهم تاثیری بر غلظت آمونیاک و اسیدهای چرب فرار[1] مایع شکمبه مشاهده نشد (P>۰/۰۵). بسانگ و همکاران (۴) با افزودن کروم به جیره گوساله‌های پرواری تغییری در میزان کل اسیدهای چرب فرار شکمبه مشاهده نکردند، اگرچه در آزمون گاز، با افزایش غلظت کروم میزان تولید کل اسیدهای چرب فرار تحت تاثیر قرار گرفت. همچنین هاریسون و همکاران (۳۰) پس از مکمل‌سازی جیره گاوهای شیری فیستوله با کروم مخمر برای مدت ۶ هفته تاثیری بر میزان غلظت کل اسیدهای چرب و آمونیاک شکمبه مشاهده نکردند. آنها پیشنهاد نمودند که دلیل تغییرات کم در غلظت آمونیاک و جمعیت میکروبی پایداری زیاد تخمیر شکمبه‌ای در گاوهای دریافت کننده کروم مخمر است. لاکونت و همکاران (۴۰) با تزریق داخل شیردانی الکارنیتین و یا مصرف دو بار در روز آن دریافتند که غلظت VFA و در هر دو روش میل به افزایش داشت. در آزمایشی الکارنیتین سبب کاهش اوره شکمبه‌ای شده است. گزارش شده است که الکارنتیتن محافظت نشده در شکمبه تجزیه می‌شود و میزان فیبر جیره سرعت تجزیه آنرا تسریع می‌کند. در تایید این موضوع گزارش شده است که در گاوهای چرا کننده و بره‌های تغذیه شده با جیره

1. Volatile fatty acids (VFAs)

پرکنسانتره، نرخ رشد به دلیل افزایش فرار الکارنیتین از شکمبه، افزایش می‌یابد (۷۰). نوع منبع کروم (کروم آلی یا معدنی) نیز بر خصوصیات شکمبه موثر است (۶).

جدول ۳- اثر سطوح مختلف الکارنیتین و کروم بر برخی فراسنجه‌های شکمبه در بره‌ها[۱]

Table 3.Effect of L-carnitine and Chromium on some of rumen fluid parameters in feedlot lambs[1]

کل اسیدهای چرب فرار (میلی‌مول در لیتر) Volatile Fatty acids (mmol/l)	آمونیاک (میلی‌مول در لیتر) Ammonia (mmol/l)	تیمارها Treatments
		کروم[۲]، Cr [2]
84.87	7.64	0
85.66	7.71	500
1.460	0.494	SEM
		الکارنیتین[۳]، LC[3]
84.79	7.64	0
85.75	7.72	500
1.460	0.494	SEM
		تیمار، Treat
84.25	7.51	شاهد، Control
85.33	7.77	کروم، Cr
85.50	7.78	الکارنیتین، LC
86.00	7.65	الکارنیتین×کروم، LC×Cr
2.062	0.699	SEM
		P Value
0.64	0.91	الکارنیتین، LC
0.70	0.92	کروم، Cr
0.88	0.78	الکارنیتین×کروم، LC×Cr
0.94	0.99	تیمار، Treat

[۱]حروف متفاوت در هر ستون و هر بخش نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار است (P≤۰/۰۵). [۲] میکروگرم کروم به شکل کروم-متیونین در هر روز به ازای هر راس بره، [۳]میلی‌گرم الکارنیتین محافظت نشده در هر روز به ازای هر راس بره.

[1]Means with different superscript letters in column and section are significantly different (P≤ 0.05). [2] Microgram chromium (Cr) in diet in form of chromium- Methionine (Cr-Met) daily per lamb, [3]Milligram L-carnitine (LC) a rumen unprotected form daily per lamb.

تحقیقات بسیار کمی در رابطه با تأثیر الکارنیتین بر روی قابلیت هضم صورت گرفته است. در مطالعه لاکونت و همکاران (۱۹۹۵) تجویز ۶ گرم در روز الکارنیتین در گاوهای ابتدای دوره شیردهی قابلیت هضم ظاهری در کل دستگاه گوارش را بهبود داد. اما در مطالعه لاکونت و همکاران (۱۹۹۶) قابلیت هضم ظاهری برای پروتئین خام، دیواره سلولی، دیواره سلولی بدون همی سلولز و ماده آلی، سلولز، همی سلولز و انرژی خام به‌صورت خطی کاهش یافت. پی اچ شکمبه نیز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت که نتایج آنها با نتایج وایت و همکاران (۲۰۰۲) همخوانی داشت. احتمالاً نتیجه حاضر را می‌توان به نوع جیره مصرفی و نوع کروم استفاده شده در این آزمایش ارتباط داد.

فراسنجه‌های پلاسما

گلوکز و تری‌گلیسرید: در این پژوهش افزودن کروم و الکارنیتین و یا هردو باهم به جیره بره‌ها تاثیری بر غلظت پلاسمایی گلوکز ناشتا نداشت (P>۰/۰۵). اگرچه اثر متقابل کروم والکارنیتین برای گوکز ناشتا میل به معنی‌داری داشت اما معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵). مکمل‌سازی جیره گاوهای گوشتی نژاد هلشتاین با کروم-متیونین تاثیری بر غلظت گلوکز نداشت (۴۴). در مقابل مکمل‌سازی جیره بره‌ها با ۲۰۰ پی‌پی‌بی (بخش در بیلیون) کروم، کاهش کمی در روز ۵۵ در گلوکز مشاهده شد (۶۱).

در این پژوهش افزودن کروم و الکارنیتین و یا هر دو باهم به جیره بره‌ها تاثیری بر غلظت پلاسمایی تری‌گلیسرید نداشت و اثر متقابل کروم و الکارنیتین نیز معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵). شواهد علمی نشان داده‌اند که مکمل کروم منجر به کاهش تری‌گلیسرید می‌شود (۴۹). در گاوهای گوشتی تغذیه شده با کروم پیکولینات (۸۰۰ میکروگرم در کیلوگرم جیره)، غلظت تری‌گلیسرید کاهش یافت (۴). همچنین مکمل‌سازی جیره بره‌ها با ۲۰۰ پی‌پی‌بی کروم، منجر به کاهش تری‌گلیسرید شد (۶۱). در بیماران دیابتی نیز مکمل نمودن جیره غذایی با کروم کاهش تری‌گلیسرید را گزارش نموده‌اند (۳۱). به هر حال در برخی مطالعات نیز تغییرات معنی‌داری در غلظت تری‌گلیسرید پلاسما مشاهده نشده است (۱۴). کروم از طریق ارتباط دادن کرومودولین[1] با رسپتورهای انسولین، ورود گلوکز را به درون سلول‌های چربی[2] افزایش می‌دهد و منجر به افزایش لیپوژنز می‌گردد (۴۸). کرومودولین یک الیگوپپتید است که با تحریک مسیر تیروزین کیناز منجر به طولانی شدن فعالیت کینازی می‌شود که نتیجه آن

1. Chromodulin
2. Adipocytes

افزایش بیان گلوکز ترانسپورتر نوع-۴ و به دنبال آن جذب گلوکز به درون سلول‌های چربی جهت لیپوژنز است (۶۳).

نشان داده شده است که افزودن ۵۰۰ میلی‌گرم الکارنیتین به جیره میش برای مدت ۳ هفته، باعث کاهش میزان تری‌گلیسرید می‌شود (۴۷). این اثر الکارنیتین می‌تواند با تحریک متابولیسم لیپید بواسطه انتقال گروه آسیل از میان غشای میتوکندری همراه باشد. در برخی مطالعات مصرف توام کروم و الکارنیتین تاثیری بر غلظت تری‌گلیسرید پلاسما نداشت (۶۹). استفاده توام کروم و الکارنیتین غلظت تری‌گلیسرید را در جوجه‌های گوشتی کاهش داد و اثر متقابل نیز معنی‌دار بود (۶۵). احتمالاً نوع جیره غذایی و گونه حیوانی بر نتایج موثر است.

کلسترول کل، لیپوپروتئین‌های با چگالی بالا و پائین: در این پژوهش افزودن کروم به تنهایی و یا همراه با الکارنیتین به جیره برهها به‌طور معنی‌داری لیپوپروتئین با چگالی بالا را نسبت به کنترل افزایش داد ($P<۰/۰۵$). اما اثر متقابل معنی‌دار نبود ($P>۰/۰۵$). غلظت کلسترول و لیپوپروتئین با چگالی پائین نیز بین تیمارها متفاوت نبود ($P>۰/۰۵$). تاثیر کروم بر کلسترول خون توسط محققین مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این مطالعات نیز متناقض می‌باشد. برخی از آنها گزارش کرده‌اند که کروم سطح کلسترول را تحت تاثیر قرار نمی‌دهد (۳۷). برخی نیز افزایش یا کاهش سطح این متابولیت را گزارش کرده‌اند (۵۶ و ۶۶). برخی شواهد علمی نشان داده‌اند که مکمل کروم منجر به افزایش لیپوپروتئین با چگالی بالا و کاهش کلسترول و لیپوپروتئین با چگالی پایین می‌شود (۴۹). مکمل‌سازی جیره برهها با ۲۰۰ و ۴۰۰ پی‌پی‌بی (بخش در بیلیون) کروم، منجر به افزایش لیپوپروتئین با چگالی بالا در روز ۴۰ شد (۶۱). در گاوهای گوشتی تغذیه شده با کروم پیکولینات (۸۰۰ میکروگرم در کیلوگرم جیره)، غلظت لیپوپروتئین با چگالی بالا افزایش و لیپوپروتئین با چگالی پایین کاهش یافت (۴). نتایج مشابهی نیز توسط سانگ و همکاران در گاوهای گوشتی تغذیه شده با ۴۰۰ پی‌پی‌بی (بخش در بیلیون) کروم- متیونین گزارش شده است (۵۸). در مقابل مصرف روزانه ۲۰۰ میکروگرم کروم در انسان برای مدت ۱۲ هفته تاثیری بر کلسترول، لیپوپروتئین با چگالی پایین و بالا مشاهده نشد (۲). افزودن ۵۰۰ میلی‌گرم الکارنیتین به جیره میش‌های شیرده منجر به کاهش کلسترول، تری‌گلیسرید و اوره پس از سه هفته شد (۱۵). اثبات شده است که الکارنیتین قادر است اسیدهای چرب آزاد، و اجسام کتونی را در

گاوهایی که از کتوز و اسیدهای چرب آزاد رنج می‌برند کاهش دهد (۴۰). این اثر الکارنیتین به تحریک متابولیسم لیپیدها از طریق انتقال گروههای آسیل از غشاءهای میتوکندی مربوط می‌شود.

پروتئین کل، آلبومین و نیتروژن اوره‌ای خون: فعالیت آنزیم آلانین آمینوترانسفراز در تیمار ۳ و ۴ نسبت به تیمار ۱ و ۲ کمتر بود (P<۰/۰۵). در این پژوهش افزودن کروم و الکارنیتین و یا هردو باهم به جیره بره‌ها تاثیری معنی‌داری بر غلظت پلاسمایی کلسترول، لیپوپروتئین با چگالی پایین، پروتئین کل و آلبومین نداشت (P>۰/۰۵). همانند نتایج پژوهش حاضر مکمل‌سازی جیره بره‌ها با ۲۰۰ و ۴۰۰ پی‌پی‌بی (بخش در بیلیون) کروم، تغییر معنی‌داری در کلسترول، لیپوپروتئین با چگالی پایین، پروتئین کل و آلبومین ایجاد نکرد (۶۱). در برخی مطالعات اثر تیمار الکارنیتین پروتئین کل خون تغییری نداشته ولی در مقدار آلبومین خون افزایش مشاهده شده است (۵۷) در مقابل برخی نیز تغییر معنی‌داری در مقدار آلبومین مشاهده نکردند (۱۷). افزایش مقدار پروتئین کل و آلبومین ممکن است به دلیل بهبود اثرات آنابولیک الکارنیتین باشد (۱۸). در برخی از مطالعات، غلظت اوره پلاسما متاثر از مکمل الکارنیتین نبود و در برخی کاهش غلظت اوره پلاسما را گزارش کردند (۱۵ و ۱۹). گزارش شده است که الکارنیتین تاثیری بر نیتروژن اوره پلاسما در گاوهای چرا کننده ندارد (۷۰). همچنین هیل (۱۹۹۵) گزارش داد که الکارنیتین بر سطوح نیتروژن اوره پلاسما در گاوهای تغذیه شده با علوفه و مکمل شده با ذرت و کنجاله سویا تاثیر نداشته است (۲۹). برخی مطالعات گزارش کرده‌اند که در نشخوارکنندگان الکارنیتین می‌تواند آمونیاک بالای خون را که ناشی از مسمومیت آمونیاکی بوده کاهش دهد (۵۱).

آنزیم‌های شاخص آسیب بافتی: در این پژوهش فعالیت آنزیم آلانین آمینوترانسفراز در تیمار الکارنیتین و تیمار الکارنیتین بهمراه کروم نسبت به تیمارشاهد و تیمار کروم کمتر بود (P<۰/۰۵). همانند نتایج پژوهش حاضر مکمل‌سازی جیره بره‌ها با ۲۰۰ و ۴۰۰ پی‌پی‌بی (بخش در بیلیون) کروم، تغییر معنی‌داری در سطح ترانسفرازهای خون (آسپارتات و آلانین آمینو ترانسفراز گاماگلوتامیل ترانسفراز) دیده نشد (۶۱). سمیت کروم کلراید و کروم پیکولینات در موش صحرایی مورد مطالعه قرار گرفته است. در بررسی‌های بافت‌شناسی کبد و کلیه در موش‌های صحرایی تغذیه شده با ۱۰۰ میلی‌گرم کروم به ازای هر کیلوگرم جیره با هر دو شکل کروم (کروم کلراید و کروم پیکولینات) هیچگونه تفاوت قابل تشخیصی یافت نشد. حیوانات دریافت کننده مکمل کروم میزان بالایی کروم در

کبد و کلیه خود داشتند. همچنین تفاوت معنی‌داری نیز در سطح ترانسفرازهای خون آنها دیده نشد (۱). در مقابل پل و همکاران گزارش کردند که مکمل کروم سبب افزایش فعالیت آلکالین فسفاتاز می‌شود (۲۰). در برخی مطالعات اخیر با روش‌های پیشرفته رنگ‌آمیزی و تصویربرداری، تشکیل کروم شش ظرفیتی از کروم سه ظرفیتی را در سلول‌های چربی کشت داده شده گزارش نموده است (۳۲ و ۶۷) که احتمالا نگرانی‌ها را از مصرف مکمل کروم در آینده بیشتر نماید. کروم شش ظرفیتی اثرات کارسینوژنیک دارد. اگرچه در این پژوهش میزان آلانین آمینو ترانسفراز در تیمار الکارنیتین و تیمار الکارنیتین بهمراه کروم از نظر آماری کاهش نشان می‌دهد اما براساس مقادیر مرجع[1] در آزمایشات کیلینیکی حیوانات مزرعه‌ای، میزان آلانین آمینو ترانسفراز خارج از محدوده طبیعی فیزیولوژیک نمی‌باشد.

هنگام مکمل‌سازی الکارنیتین نیز تغییری در سطح این آنزیم‌ها گزارش نشده است. مثلاً در میش‌های تغذیه شده با الکارنیتین آسپارتات و آلانین آمینو ترانسفراز تغییرات معنی‌داری را نشان نداد (۱۵). فعالیت آنزیم گاما گلوتامیل‌ترانسفراز در این پژوهش بین تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری نداشت ($P<۰/۰۵$). نشخوارکنندگان و اسب دامنه مرجع کوچکی برای آنزیم گاما گلوتامیل‌ترانسفراز دارند. بنابراین این آنزیم از حساسیت نسبتا بهتری نسبت به آلکالین فسفاتاز (که دامنه مرجع وسیعی دارد) برخوردار است (۳۶). بنابراین ممکن است شاخص مهمی برای آسیب‌های بافتی احتمالی توسط کروم باشد.

بر اساس نتایج تست تحمل گوکز غلظت پلاسمایی گلوکز در زمان ۱۲۰ دقیقه بعد از تزریق درون رگی گلوکز در تیمار کروم نسبت به تیمار الکارنیتین بهمراه کروم کمتر بود اما در سایر زمان‌ها بین تیمارها تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. اثر متقابل تیمار الکارنیتین بهمراه کروم ۴۰ و ۱۲۰ دقیقه پس از تزریق گلوکز معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$). اگرچه میانگین گلوکز در تیمار الکارنیتین بهمراه کروم بالاتر از تیمار کروم بود.

1. Reference Value Range

جدول ۴- اثر سطوح مختلف الکارنیتین و کروم بر برخی از فراسنجه‌های متابولیکی دربره‌ها[۱]

Table 4. Effect of L-carnitine and Chromium on some of metabolic parameters in lambs

فراسنجه‌ها Parameters تیمار Treat	گلوکز ناشتا[۲] FBS (mg/dl)[2]	تری گلیسرید[۳] TG (mg/dl)[3]	لیپوپروتئین با چگالی پائین[۴] LDL-C (mg/dl)[4]	لیپوپروتئین با چگالی بالا[۵] HDL-C (mg/dl)[5]	کلسترول کل[۶] Total Chol (mg/dl)[6]	نیتروژن اوره‌ای خون[۷] BUN (mg/dl)[7]	آلبومین Albomin (g/dl)	پروتین کل Total protein (g/dl)	آلکالین فسفاتاز[۸] ALP (U/L)[8]	آسپارتات آمینو ترانسفراز[۹] AST (U/L)[9]	آلانین آمینو ترانسفراز[۱۰] ALT (U/L)[10]	گاما گلوتامیل ترانسفراز[۱۱] GGT (U/L)[11]
کروم[۱۲]، Cr [12]												
0	60.75	21.39	38.79	7.43 [b]	51.31	30.98	3.75	4.63	44.25	12.2	18.29 [a]	12.75
500	55.77	21.64	37.30	9.99 [a]	52.11	35.77	3.44	4.58	38.54	9.23	14.64 [b]	13.27
SEM	2.177	1.633	3.789	0.435	3.965	1.689	0.151	0.129	3.685	0.935	0.795	0.921
الکارنیتین[۱۳]، LC[13]												
0	60.27	20.43	39.39	8.42	52.61	33.28	3.71	4.81 [a]	47.16	12.26 [a]	18.62 [a]	12.51
500	56.25	22.60	36.70	9.00	50.81	33.47	3.49	4.40 [b]	35.63	9.17 [b]	14.31 [b]	13.52
SEM	2.177	1.640	3.771	0.435	3.947	1.689	0.151	0.128	3.685	0.935	0.799	0.926
تیمار، Treat												
شاهد، Control	65.78	19.85	43.24	6.72 [b]	53.91	31.06	3.79	4.94	55.89	14.88	20.98 [a]	12.43
کروم، Cr	54.75	21.00	35.53	10.12[a]	51.31	35.52	3.62	4.68	38.44	9.64	16.25 [ab]	12.57
الکارنیتین، LC	55.72	22.92	34.34	8.13[ab]	48.71	30.90	3.71	4.31	32.61	9.52	15.60 [b]	13.07

13.98	13.02 [b]	8.82	38.64	4.48	3.27	36.04	52.91	9.86 [a]	39.07	22.28	56.78	الکارنیتین×کروم، LC×Cr
1.311	1.130	1.325	5.393	0.182	0.215	2.472	5.607	0.616	5.358	2.319	3.114	SEM
												مقادیر P، P Value
0.45	0.0015	0.042	0.051	0.042	0.38	0.94	0.75	0.36	0.62	0.42	0.21	الکارنیتین، LC
0.69	0.017	0.053	0.33	0.82	0.16	0.073	0.88	0.0008	0.78	0.92	0.13	کروم، Cr
0.77	0.37	0.11	0.044	0.27	0.54	0.89	0.55	0.19	0.26	0.71	0.076	الکارنیتین × کروم، LC×Cr
0.82	0.004	0.053	0.089	0.14	0.40	0.28	0.92	0.0042	0.67	0.81	0.12	تیمار، Treat
0.69	0.0096	0.45	0.39	0.31	0.44	0.13	0.46	0.023	0.13	0.24	0	همبسته، Covariate

[۱]حروف متفاوت در هر ستون و بخش نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار است (P≤۰/۰۵)، [۲] گلوکز ناشتا، [۳] تری گلیسرید، [۴]لیپوپروتئین با چگالی پائین، [۵]لیپوپروتئین با چگالی بالا، [۶]کلسترول کل، [۷]نیتروژن اوره‌ای خون، [۸]آلکالین فسفاتاز، [۹] آسپارتات

آمینو ترانسفراز،[۱۰] آلانین آمینو ترانسفراز، [۱۱] گلوتامیل ترانسفراز، [۱۲] میکروگرم کروم به شکل کروم-متیونین در هر روز به ازای هر راس بره، [۱۳]میلی‌گرم الکارنیتین محافظت نشده در هر روز به ازای هر راس بره.

[1] Means with different superscript letters in each column and section indicate significant different (P≤0.05). [2]Fasting Blood Sugar, [3]Triglycerides, [4]Low-Density Lipoprotein Cholesterol, [5]High-Density Lipoprotein Cholesterol, [6]Total Cholesterol, [7]Blood Urea Nitrogen, [8] Alkaline Phosphatase [9]Aspartate aminotransferase, [10]Alanin aminotransferase, [11]Gamma Glutamyltransferase, [12]Microgram chromium (Cr) in diet in form of chromium- Methionine (Cr-Met) daily per lamb,[13]Milligram L-carnitine (LC) a rumen unprotected form daily per lamb.

جدول ۵- اثر سطوح مختلف الکارنیتین و کروم بر غلظت پلاسمایی گلوکز در بره ها پس از تست تحمل گلوکز به‌روش تزریق درون‌رگی گلوکز[۱]

Table 5. Effect of L-carnitine and Chromium on plasma glucose concentration in lambs after intravenous glucose tolerance test[1]

تیمار Treat	غلظت گلوکز در نقاط زمانی (دقیقه) پس از انفوزیون گلوکز(میلی‌گرم بر دسی‌لیتر) Glucose Concentration Time points (min) after Glucose Infusion (mg/dl)									
	-5	5	10	20	30	40	60	80	100	120
کروم[۲]، Cr [2]										
0	65.82	268.53	229.54	195.76	174.86	148.45	127.74	97.17	79.63	62.26
500	65.23	297.39	235.34	205.8	186.7	152	122.95	93.57	74.8	63.23
SEM	2.071	13.100	7.901	6.140	4.910	5.671	4.503	5.991	3.283	1.471
الکارنیتین[۳]، LC[3]										
0	65.11	279.21	231.9	201.06	180.34	152.46	120.99	92.12	76.55	61.03
500	65.94	286.71	232.98	200.51	181.21	148	129.70	98.62	77.89	64.46
SEM	2.071	13.100	7.901	6.140	4.910	5.671	4.503	5.991	3.283	1.471
تیمار، Treat										
شاهد، Control	67.36	260.37	223.07	196.38	173.12	141.47	122.21	97.17	79.93	63.43[ab]
کروم، Cr	62.86	298.06	240.73	205.73	187.56	163.45	119.77	87.07	73.17	58.63[b]
الکارنیتین، LC	64.28	276.7	236.01	195.15	176.59	155.44	133.26	97.17	79.33	61.09[ab]
الکارنیتین × کروم، LC×Cr	67.60	296.72	229.95	205.86	185.84	140.56	126.14	100.08	76.44	67.83[a]
SEM	2.932	17.511	11.000	8.693	7.102	8.022	6.362	8.470	4.651	2.080
مقادیر P، P Value										
الکارنیتین، LC	0.78	0.684	0.92	0.95	0.902	0.58	0.196	0.46	0.77	0.12
کروم، Cr	0.84	0.135	0.62	0.27	0.117	0.66	0.46	0.67	0.32	0.65
الکارنیتین × کروم، LC×Cr	0.207	0.631	0.31	0.93	0.717	0.040	0.71	0.45	0.68	0.016
تیمار، Treat	0.607	0.462	0.731	0.721	0.436	0.179	0.489	0.728	0.726	0.048

[۱]حروف متفاوت در هر ستون و هر بخش نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار است (P≤۰/۰۵)، [۲]میکروگرم کروم به شکل کروم-متیونین در هر روز به ازای هر راس بره، [۳]میلی‌گرم الکارنیتین محافظت نشده در هر روز به ازای هر راس بره.

[1]Means with different superscript letters in each column and section indicate significant different (P≤0.05). [2]Microgram chromium (Cr) in diet in form of chromium- Methionine (Cr-Met) daily per lamb, [3]Milligram L-carnitine (LC) a rumen unprotected form daily per lamb.

تاثیر استفاده از الکارنیتین و کروم و یا هر دو بر کینیتیک گلوکز پلاسما در بره‌های پرواری پس از تست تحمل گلوکز در جدول ۶ نشان داده شده است. سرعت زدودگی پلاسما از گلوکز و همچنین مدت زمان رسیدن به نصف ($t_{1/2}$) در همه تیمارها یکسان بود (P>۰/۰۵) اما سطح زیر منحنی (AUC) در تیمار الکارنیتین و تیمار کروم از زمان صفر تا ۱۲۰ دقیقه بعد از تزریق گلوکز نسبت به تیمار شاهد و تیمار کروم به‌علاوه الکارنیتین کمتر بود. همچنین اثر متقابل تیمار الکارنیتین بهمراه کروم بر سطح زیر منحنی به شدت معنی‌دار بود (P>۰/۰۵). اثر متقابل تیمار الکارنیتین بهمراه کروم بر سرعت زدودگی گلوکز و زمان رسیدن گلوکز به نصف میل به معنی‌داری داشت.

جدول ۶- تاثیر استفاده از الکارنیتین و کروم بر کینیتیک گلوکز پلاسما در بره‌ها پس از تست تحمل گلوکز به روش تزریق درون‌رگی گلوکز[1].

Table 5. Effect of L-carnitine and Chromium on plasma glucose kinetic in feedlot lambs after intravenous glucose tolerance test[1]

سطح زیر منحنی گلوکز (۰ تا ۱۲۰ دقیقه)، دقیقه×میلی‌گرم بر دسی‌لیتر Area Under the Curve (0 to 120 min), min.mg/dl	زمان رسیدن گلوکز به نصف (دقیقه) Glucose half-life و $t_{1/2}$(min)	سرعت زدودگی گلوکز (درصد در دقیقه) Clearance Rates (% per min)[2]	تیمار Treat
			کروم[۲]، Cr [2]
866.25	64.39	1.07	0
870.00	62.18	1.12	500
6.139	1.341	0.023	SEM
			الکارنیتین[۳]، LC[3]
882.5	61.99	1.12	0
853.75	64.59	1.07	500
6.139	1.341	0.023	SEM
			تیمار، Treat
907.5 [a]	64.73	1.07	شاهد، Control
857.5 [bc]	59.25	1.17	کروم، Cr
825 [c]	64.06	1.08	الکارنیتین، LC
[ab]882.5	65.11	1.07	الکارنیتین ×کروم، LC×Cr
8.682	1.907	0.033	SEM
			P Value
0.006	0.2	0.17	الکارنیتین، LC

کروم، Cr	0.21	0.27	0.67
الکارنیتین ×کروم، LC×Cr	0.11	0.11	0.0001
تیمار، Treat	0.12	0.15	0.0001

[1]حروف متفاوت در هر ستون و هر بخش نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار است (P≤۰/۰۵)، [2] میکروگرم کروم به شکل کروم-متیونین در هر روز به ازای هر راس بره، [3]میلی‌گرم الکارنیتین محافظت نشده در هر روز به ازای هر راس بره.

[1] Means with different superscript letters in each column and section indicate significant different (P≤0.05), [2]Microgram chromium (Cr) in diet in form of chromium- Methionine (Cr-Met) daily per lamb, [3]Milligram L-carnitine (LC) a rumen unprotected form daily per lamb.

بر اساس نتایج تست تحمل گوکز غلظت پلاسمایی گلوکز در زمان ۱۲۰ دقیقه بعد از تزریق درون‌رگی گلوکز در تیمار کروم نسبت به الکارنیتین بهمراه کروم کمتر بود. اگرچه اثر متقابل تیمار الکارنیتین بهمراه کروم، ۴۰ و ۱۲۰ دقیقه پس از تزریق گلوکز معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). اما میانگین تیمار الکارنیتین بهمراه کروم بالاتر از تیمار کروم بود. تاثیر استفاده از الکارنیتین و کروم و یا هر دو بر کینیتیک گلوکز پلاسما در این آزمایش معنی‌دار بود. سرعت زدودگی پلاسما از گلوکز و همچنین مدت زمان رسیدن به نصف ($t_{1/2}$) در همه تیمارها یکسان بود (P>۰/۰۵). کیتچالانگ و همکاران (۳۵) و فورنا و همکاران (۲۲) نیز تغییری در سرعت زدودگی پلاسما از گلوکز و مدت زمان رسیدن به نصف در بره‌های تغذیه شده با کروم پیکولینات مشاهده نکردند. در مقابل امامی و همکاران (۲۰) با مکمل‌سازی جیره بزغاله‌های نر مهابادی با ۱/۵ میلی گرم کروم-متیونین در روز، افزایش سرعت زدودگی پلاسما از گلوکز و کاهش مدت زمان رسیدن به نصف مشاهده کردند. احتمالاً نشخوارکنندگان نسبت به غیرنشخوارکنندگان حساسیت کمتری به انسولین دارند (۹). سطح زیر منحنی گلوکز (AUC) در تیمار الکارنیتین و تیمار کروم از زمان صفر تا ۱۲۰ دقیقه بعد از تزریق گلوکز نسبت به تیمار شاهد و تیمار کروم به‌علاوه الکارنیتین کمتر بود. همچنین اثر متقابل تیمار الکارنیتین بهمراه کروم بر سطح زیر منحنی به شدت معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). اثر متقابل تیمار الکارنیتین بهمراه کروم بر سرعت زدودگی گلوکز و زمان رسیدن گلوکز به نصف میل به معنی‌داری داشت. گزارش شده است که با مکمل نمودن جیره خوک‌ها با ۳۰۰ (بخش در بیلیون) کروم پیکولینات، غلظت گلوکز و انسولین خون پس از تست تحمل گلوکز کاهش می‌یابد. کروم جزئی از فاکتور تحمل گلوکز است که میل ترکیبی گیرنده‌های انسولین را به لیگاند خود افزایش می‌دهد و سبب افزایش حساسیت گیرنده‌ها به انسولین می‌گردد و از ترشح زیاد انسولین از سلول‌های بتای پانکراس جلوگیری می‌کند

(۴۷). انسولین از طریق تحریک برداشت گلوکز در بافت‌های حساس بـه انسـولین منجـر بـه افـزایش ساخت گلیکوژن، لیپوژنز و کاهش گلوکوتئوژنز می‌شود (۷۱). میزان انسولین کمتـر نشـان دهنـده ایـن است که برای پاکسازی گلوکز از پلاسما انسولین کمتـری نیـاز اسـت و ایـن بـدین معنـی اسـت کـه حساسیت بافت‌ها به انسولین زیاد است. کمبود کروم منجر به مقاومت انسولینی می‌شود کـه بـا مکمـل کروم بهبود می‌یابند (۳۳). احتمالا کروم منجر کاهش میزان چربی ذخیـره‌ای مـی‌شـود و بـدین طریـق میزان مقاومت به انسولین کمتر می‌گردد (۵۴). بافت چربی با آزادسازی فاکتورهای التهابی مانند عامـل نکروز توموری آلفا[1] حساسیت گیرنده‌های انسولین را به لیگاند خود کم می‌کنـد (۱۶). شـواهدی نیـز مبنی بر نقش الکارنیتین در هموستازی گلوکز و حساسیت به انسولین در مطالعات درون‌تنی و برون‌تنی وجود دارد (۵۰). تزریق داخل وریدی الکارنیتین منجر به افزایش سطح گلوکز پلاسما شده است (۲۴). الکارنیتین فعالیت کمپلکس پیرورات دهیدروژناز را در میتوکندری‌های سلول‌هـای ماهیچـه‌ای افـزایش می‌دهد و منجر به ساخت استیل کارنیتین می‌گردد (۶۲). هنگام کمبود کارنیتین، رقابـت آن بـا پیـروات برای بتا اکسیداسیون اسیدهای چرب کاهش می‌یابد و در نتیجه تجمع استیل‌کوآنزیم آ منجـر بـه مهـار آلوستریک کمپلکس پیرورات دهیدروژناز می‌شود. با مهار پیروات دهیدروژناز، برداشت گلوکز توسـط سلول و ورود به مسیر گلیکولیز کاهش یافته و مقاومت انسولینی رخ می‌دهد (۴۳). در بره‌های پرواری استفاده توام کروم (به شکل کروم-مخمر) و الکارنیتین منجر به کاهش چربی محوطه شـکمی و کنتـرل بهتر متغییرهای لیپیدی و گلوکز شد (۷۲). با توجه به اینکه در فرآیند پـروار معمـولا حیوانـات جهـت حداکثر بازدهی جیره پر انرژی دریافت می‌کنند و همچنین نگهداری متمرکـز از فعالیـت فیزیکـی آنهـا جلوگیری می‌کند، احتمال انباشت چربی اضافی در بافت‌ها افزایش می‌یابد و این موضوع بر حساسـیت بافت‌ها به انسولین تاثیر می‌گذارد. بنابراین احتمالا دلیل میل به معنی‌داری گوکز ناشـتا هنگـام افـزودن مکمل کروم و الکارنیتین به این مساله نیز مربوط باشد و ممکن استفاده از غلظت‌های بالاتر الکـارنیتین و یا شکل محافظت شده آن در برابر میکروارگانیسم‌ها تاثیر معنی‌داری از آن مشاهده گردد.

1. Tumor Necrosis Factor alpha

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد، مکمل‌سازی جیره بره‌های پرواری نژاد مهربان با کروم و الکارنیتین (با غلظت‌های مورد استفاده در این پژوهش) تاثیری بر عملکرد پرواری ندارد اما منجر به افزایش میزان لیپوپروتئین با چگالی بالا و بهبود برخی فراسنجه‌های متابولیسم گلوکز می‌شود.

منابع

1.Anderson, R.A., Bryden, N.A., and Polansky, M.M. 1997. Lack of toxicity of chromium chloride and chromium picolinate in rats. J. Am Coll. Nutr. 16:3.273-279.

2.Anderson, R.A., Polansky, M.M., Bryden, N.A., Bhathena, S.J., and Canary, J.J. 1987. Effects of supplemental chromium on patients with symptoms of reactive hypoglycemia. J. Metab. 36: 351-355.

3.Amata, I., and Adejumo, D. 2014. Growth efficiency and carcass characteristics of growing male cows fed diets supplemented with organic chromium yeast. J. Anim. Sci. 7: 3003-3011.

4.Besong, S., Jackson, J.A., Trammell, D.S., and Akay, V. 2001. Influence of supplemental chromium on concentrations of liver triglyceride, blood metabolites and rumen VFA profile in steers fed a moderately high fat diet1. J. Dairy Sci. 84: 7. 1679-1685.

5.Burton, J., Mallard, B., and Mowat, D. 1993. Effects of supplemental chromium on immune responses of periparturient and early lactation dairy cows. J. Anim. Sci. 71: 6.1532-1539.

6.Broderick, G., and Kang, J. 1980. Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and in vitro media. J. Dairy Sci. 63: 1.64-75.

7.Bunting, L., Fernandez, J., Thompson, D., and Southern, L. 1994. Influence of chromium picolinate on glucose usage and metabolic criteria in growing Holstein calves. J. Anim. Sci. 72: 6.1591-1599.

8.Bibber-Krueger, V., Axman, J., Gonzalez, J., Vahl, C., and Drouillard, J. 2016. Effects of yeast combined with chromium propionate on growth performance and carcass quality of finishing steers. J. Anim. Sci. 94:7.3003-3011.

9.Brockman, R.P., and Laarveld, B. 1986. Hormonal regulation of metabolism in ruminants; a review. Livest. Prod. Sci. 14: 4.313-334.

10.Blanchard, G., Paragon, B.M., Milliat, F., and Lutton, C. 2002. Dietary L-carnitine supplementation in obese cats alters carnitine metabolism and decreases ketosis during fasting and induced hepatic lipidosis. J. Nutr. 132: 2.204-210.

11.Cho, W., Han, I., Chae, B., Han, Y., Ha, J., and Odle, J. 2000. Effects of chromium picolinate, L-carnitine and thyroxine on the performance, nutrient digestibility and nitrogen balance in pigs weaned at 21 days of age. J. Anim. Feed Sci. 9: 4.633-645.
12.Chang, X., and Mowat, D. 1992. Supplemental chromium for stressed and growing feeder calves. J. Anim. Sci. 70: 2.559-565.
13. Chang, X., Mowat, D., and Spiers, G. 1992. Carcass characteristics and tissue-mineral contents of steers fed supplemental chromium. Canadian. J. Anim. Sci. 72: 3.663-669.
14.Chowdhury, S., Pandit, K., Roychowdury, P., and Bhattachary, A. 2003. Role of chromium in human metabolism, with special reference to type 2 diabetes. J. Assoc. Physicians. India. 51: 701-705.
15.Citil, M., Karapehlivan, M., Erdogan, H.M., Yucayurt, R., Atakisi, E., and Atakisi, O. 2009. Effect of orally administered L-carnitine on selected biochemical indicators of lactating Tuj-ewes. J. Small. Rumin. Res. 81: 2–3.174-177.
16.Costa, R.M., Neves, K.B., Mestriner, F.L., Louzada-Junior, P., Bruder-Nascimento, T., and Tostes, RC. 2016. TNF-α induces vascular insulin resistance via positive modulation of PTEN and decreased Akt/eNOS/NO signaling in high fat diet-fed mice. J. Cardio. Diabetolog. 15: 1.119.
17.Chapa, A., Fernandez, J., White, T., Bunting, L., Gentry, L., Lovejoy, J., and Owen, K. 2001. Influence of dietary carnitine in growing sheep fed diets containing non-protein nitrogen. J. Small Rum. Res. 40: 1.13-28.
18.Duranay, M., Akay, H., Yilmaz, F.M., Şeneş, M., Tekeli, N., and Yücel, D. 2006. Effects of L-carnitine infusions on inflammatory and nutritional markers in haemodialysis patients. J. Nephrol. Dial. Transplant. 21: 11.3211-3214.
19.DeRouen, S., Fernandez, J., Bunting, L., and Blum, S. 1998. Influence of L-carnitine on growth and blood metabolic criteria of calves fed broiler litter-corn rations. J. Anim. Sci. 76: 322.
20.Emami, A., G.M., and Zali, A. 2015. Effect of different levels of chromium methionine supplementation on growth performance, meat oxidative stability and ruminal metabolites of male goat kids. Biol. Trace. Elem. Res. 164: 1.50-57.
21.Foroozandeh, A., Amini, H., Ghalamkari, G., Shahzeydi, M., and Nasrollahi, S. 2014. The effect of fat type and L-carnitine administration on growth, feed digestibility and blood metabolites of growing Afshari lambs. J. Live. Sci. 164: 67-71.
22.Fornea, J., Bunting, L., Fernandez, J., Depew, C., and Southern, L. 1994. Chromium picolinate has minimal effects on glucose usage of lambs in either normal or diabetic states. J. Anim. Sci. 72: 1.257.

23.Gentry, L., Fernandez, J., Ward, T., White, T., Southern, L., Bidner, T., and Thompson, D. 2001. Effects of L-carnitine on nitrogen retention and blood metabolites of growing steers and performance of finishing steers. J. Anim. Sci. 79: 1. 254-260.
24.Chapa, A., and Sahlu, T. 1999. Dietary protein and chromium tripicolinate in Suffolk wether lambs: Hormonal responses, and immune status. J. Anim. Sci. 77: 1284-1294.
25.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. J. Anim. Sci. 164:67-71.
26.Heo, K., Odle, J., Han, I.K., Cho, W., Seo, S., van, Heugten, E., and Pilkington, D.H. 2000. Dietary L-carnitine improves nitrogen utilization in growing pigs fed low energy, fat-containing diets. J. Nutr. 1307: 1809-1814.
27. Haldar, S., Ghosh, T., Pakhira, M., and De, K. 2006. Effects of incremental dietary chromium (Cr 3+) on growth, hormone concentrations and glucose clearance in growing goats (Capra hircus). J. Agri. Res. 144: 03.269-280.
28.Huang, Y., Yang, J., Xiao. F., Lloyd, K., and Lin, X. 2016. Effects of supplemental chromium source and concentration on growth performance, carcass traits, and meat quality of broilers under heat stress conditions. J. Biol. Trace. Elem. Res. 170: 1.216-223.
29.Hill, G.M., and Blum, S.A .1995. Carnitine supplementation of feedlot heifer and steer diets. J. Anim. Sci. 73 (suppl.1):34.
30.Harrison, G.A., Hemken, R.W., Dawson, K.A., Harmon, R.J., and Barker, K.B. 1988. Influence of addition of yeast culture supplement to diets of lactating cows on ruminal fermentation and microbial populations 1. J. Dairy Sci. 71: 11.2967-2975.
31.Joseph, E., DiSilvestro, R., and deBlanco, E.C. 2015. Triglyceride lowering by chromium picolinate in type 2 diabetic people. J. Nutr. 2: 24-28.
32.Jackson, P.G., Cockcroft , P.D., and Elmhurst, S. 2008. Clinical examination of farm animals. ISBN: 978-0-632-05706-1.
33.Jeejeebhoy, K.N., Chu, R., Marliss, E., Greenberg, GR., and Bruce-Robertson, A. 1977. Chromium deficiency, glucose intolerance, and neuropathy reversed by chromium supplementation, in a patient receiving long-term total parenteral nutrition. Americ. J. Clin. Nutr. 30: 4.531-538.
34.Kegley, E., and Spears, J. 1995. Immune response, glucose metabolism, and performance of stressed feeder calves fed inorganic or organic chromium. J. Anim. Sci. 73: 9.2721-2726.
35.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. J. Anim. Sci. 73: 9.2694-2705.

36.Kaneko, J.J., Harvey, J.W., and Bruss, M.L. 2008. Clinical Biochemistry of Domestic Animals. Academic press.
37.Kim, B.G., Lindemann, M.D., and Cromwell, G.L. 2010. Effects of dietary chromium (III) picolinate on growth performance, respiratory rate, plasma variables, and carcass traits of pigs fed high-fat diets.J. Biol. Trace. Elem. Res. 133: 2.181-196.
38.Komorowski, J.R., Tuzcu, M., Sahin, N., Juturu, V., Orhan, C., Ulas, M., and Sahin, K. 2012. Chromium picolinate modulates serotonergic properties and carbohydrate metabolism in a rat model of diabetes.J. Biol. Trace. Elem. Res. 149: 1.50-56.
39.Krzysik, M., Grajeta, H., Prescha, A., and Weber, R. 2011. Effect of cellulose, pectin and chromium (III) on lipid and carbohydrate metabolism in rats. J. Trace. Elem. Med. Biol. 25: 2.97-102.
40.LaCount, D., Drackley, J., and Weigel, D. 1995. Responses of dairy cows during early lactation to ruminal or abomasal administration of L-carnitine. J. Dairy sci. 78: 8.1824-1836.
41.Matthews, J., Southern, L., Fernandez, J., Pontif, J., Bidner, T., and Odgaard, R. 2001. Effect of chromium picolinate and chromium propionate on glucose and insulin kinetics of growing barrows and on growth and carcass traits of growing-finishing barrows. J. Anim. sci. 79: 8.2172-2178.
42.Mingrone, G., Greco, AV., Capristo, E., Benedetti, G., Giancaterini, A., Gaetano, AD., and Gasbarrini, G. 1999. L-carnitine improves glucose disposal in type 2 diabetic patients. J. Americ. Coll. Nutr. 18: 1.77-82.
43.Muoio Deborah, M., Noland Robert, C., Kovalik, J.P., Seiler Sarah, E., Davies Michael, N., DeBalsi, Karen L., Ilkayeva, Olga R., Stevens Robert, D. 2012. Muscle-Specific deletion of carnitine acetyltransferase compromises glucose tolerance and metabolic flexibility. j. Cell. Metab. 15: 5.764-777.
44.Nejad, J.G., Lee, B.H., Kim, B.W., Ohh, S.J., and Sung, K.I. 2016. Effects of chromium methionine supplementation on blood metabolites and fatty acid profile of beef during late fattening period in holstein steers. Asia. Austra. J. Anim. sci. 29: 3.378.
45.Olsen, Q., Rule, D., Field, R., Snowder, G., and Hu, C. 1996. Dietary chromium-picolinate does not influence growth or carcass composition in feedlot lambs.J. Sheep and Goat. Res. 4: 1614-1614.
46.Owen, K., Nelssen, J., Goodband, R., Weeden, T., and Blum, S. 1996. Effect of L-carnitine and soybean oil on growth performance and body composition of early-weaned pigs. J. Anim. sci. 74: 7.1612-1619.
47.Owen, K., Jit, H., Maxwell, C., Nelssen, J., and Goodband, R. 2001. Dietary L-carnitine suppresses mitochondrial branched-chain keto acid dehydrogenase activity and enhances protein accretion and carcass characteristics of swine. J. Anim. sci. 79: 12.3104-3112.

48.Pechova, A., and Pavlata, L. 2007. Chromium as an essential nutrient: a review. Vetr. Medic. Phar. 52: 1.1.
49.RA, A. 1995. Chromium, glucose tolerance, and lipid metabolism. J. Advan. Medic. 8: 37.
50.Ringseis, R., Keller, J., and Eder, K. 2012. Role of carnitine in the regulation of glucose homeostasis and insulin sensitivity: evidence from in vivo and in vitro studies with carnitine supplementation and carnitine deficiency. Eur. J. Nutr. 51: 1.1-18.
51.Rebouche, C.J., and Paulson, D.J. 1986. Carnitine metabolism and function in humans. Annu. Rev. Nutr. 6: 1.41-66.
52.Samsell, L.J., and Spears, J.W. 1989. Chromium supplementation effects on blood constituents in lambs fed high or low fiber diets. J. Nutr. Res. 9: 8.889-899.
53.Sanchez-Mendoza, B., Aguilar-Hernandez, A., and Lopez-Soto, M.A. 2015. Effects of high-level chromium methionine supplementation in lambs fed a corn-based diet on the carcass characteristics and chemical composition of the longissimus muscle. Turk. J. Veter. Anim. Sci. 39: 3.376-379.
54.Sadeghi, M., Panah, M.J.N., Bakhtiarizadeh, M.R., and Emami, A. 2015. Transcription analysis of genes involved in lipid metabolism reveals the role of chromium in reducing body fat in animal models. J. Tra. Elem. Medic. 32: 45-51.
55.Solhjoo, A., Rowghani, E., Bayat, A., and Zamiri, M. 2014. The effect of rumen protected L-carnitine on feedlot performance, carcass characteristics and blood metabolites in Iranian fat-tailed Ghezel lambs. Res. Opin. Anim. Vet. Sci. 4: 4.192-197.
56.Shelton, J.L., Payne, R.L., Johnston, S.L., Bidner, T.D., Southern, L.L., and Odgaard, R.L. 2003. Effect of chromium propionate on growth, carcass traits, pork quality, and plasma metabolites in growing-finishing pigs. J. Anim. Sci. 81: 2515-2524.
57.Savica, V., Santoro, D., Mazzaglia, G., Ciolino, F., and Monardo, P. 2005. L-carnitine infusions may suppress serum C-reactive protein and improve nutritional status in maintenance hemodialysis patients. J. Ren. Nutr. 15: 2.225-230.
58.Sung, K.I., Nejad, J.G., Hong, S.M., Ohh, S.J., Lee, B.H., and Peng, J.L. 2015. Effects of forage level and chromium-methionine chelate supplementation on performance, carcass characteristics and blood metabolites in Korean native (Hanwoo) steers. J. Anim. Sci. Technol. 57:1.1.
59.Tamamogullari, N., Silig, Y., Icagasioglu, S., and Atalay, A.1999. Carnitine deficiency in diabetes mellitus complications. J. Diabetes. Complications. 13: 5.251-253.
60.Tian, Y.Y., Zhang, L.Y., Dong, B., Cao, J., Xue, J.X., and Gong, L.M. 2014. Effects of chromium methionine supplementation on growth performance,

serum metabolites, endocrine parameters, antioxidant status, and immune traits in growing pigs. J. Biol. Trace. Elem. Res. 162: 1.3.134-141.
61. Uyanik, F. 2001. The effects of dietary chromium supplementation on some blood parameters in sheep.J. Biol. Trace. Elem. Res. 84: 1.3.93-101.
62. Uziel, G., Garavaglia, B., and Di Donato, S. 1988. Carnitine stimulation of pyruvate dehydrogenase complex (PDHC) in isolated human skeletal muscle mitochondria. J. Muscle Nerve. 11: 7.720-724.
63. Vincent, J.B .2015. Is the pharmacological mode of action of chromium (III) as a second messenger. Biol. Trace. Elem. Res. 166:1.7-12.
64. Vincent, J. 2011. The nutritional biochemistry of chromium (III). J. Biol. Trace. Elem. Res. 166: 1.7-12.
65. 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. J. Biol. Trace. Elem. Res. 149: 2.197-203.
66. Wang, M., Wang, C., Du, Y., Li, H., Tao, W., Ye, S., He, Y.,and Chen, S .2014. Effects of chromium-loaded chitosan nanoparticles on growth, carcass characteristics, pork quality, and lipid metabolism in finishing pigs. J. Live. Sci. 161: 123-129.
67. Wu, L.E., Levina, A., Harris, H.H., Cai, Z., Lai, B., Vogt, S., James, D.E.,and Lay, PA .2016. Carcinogenic chromium (VI) compounds formed by intracellular oxidation of chromium (III) dietary supplements by adipocytes. J. Ange. Chem. 128: 5.1774-1777.
68. Wang, J., Du, R., Qin, J., Wang, S., Wang, W., Li, H., and Pang, Q. 2003. Effect of yeast chromium and L-carnitine on lipid metabolism of broiler chickens. Asian Australa. J. Anim. Sci. 16: 12.1809-1815.
69. Woodworth, J., Tokach, M., Nelssen, J., Goodband, R., Dritz, S., Koo, S., Minton, J., and Owen, K. 2007. Influence of dietary L-carnitine and chromium picolinate on blood hormones and metabolites of gestating sows fed one meal per day. J. Anim. sci. 85: 10.2524-2537.
70. White, T., Fernandez, J., Harding, G., Williams, C., Bateman, H., Bidner, T., Derouen, P., and Froetschel, M. 2002. Influence of L-carnitine on performance and ruminal and blood metabolites of grazing calves and finishing lambs. J. Anim. Sci. 18: 1.59-65.
71. Weekes, T. 1991. Hormonal Control of Glucose. Metabolism. 9.(????????)
72. Zhou, B., Wang, H., Luo, G., Niu, R., and Wang, J. 2013. Effect of dietary yeast chromium and L-carnitine on lipid metabolism of sheep. J. Biol. Trace. Elem. Res. 155: 2.221-227.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. of Ruminant Research, Vol. 5(1), 2017
http://ejrr.gau.ac.ir

Effect of adding organic chromium and L-carnitine to feedlot lamb's diet on performance, glucose metabolism and some blood parameters

M. Mosayebi[1], *H. Aliarabi[2] and A. Farahavar[3]
[1]Ph.D. student, [2]Associate Prof., [3]Asistant Prof., Dept. of Animal Science, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

Received: 11/29/2016; Accepted: 05/09/2017

Abstract

Background and objective: Chromium (Cr) plays an important role in ruminant's metabolism. Situations such as accelerating growth, stress and low bioavailability of Cr in feedstuffs, result in depletion of chromium stores of body, therefore, metabolic disorders and growth retardation occurs. In addition, L-carnitine (LC), a compound of lysine and methionine, is involved in many metabolic processes. It affects energy production and performance by influencing lipid metabolism. Using Cr and LC together, a positive interaction has been reported on lipids and carbohydrates metabolism in some species. Therefore, the aim of this study was to evaluate the effect of organic chromium in form of chromium methionine (Cr-Met) and L-carnitine as a dietary supplement for feedlot lambs on growth performance, glucose metabolism and some blood parameters.

Material and methods: This experiment was performed for 60 days with twenty-four 3-4 month-old male lambs in a completely randomized design (CRD) with four treatments of six lambs each. The treatments were included: 1- control (basal diet) 2- treatment of chromium (Cr) (500 µg Cr per lamb per day) 3- treatment of L-carnitine (LC) (500 mg L-carnitine per lamb per day) 4- treatment of chromium and L-carnitine (Cr × LC) (500 µg Cr and 500 mg of LC per lamb per day). Supplements were added to the basal diet as topdress. At the end of experiment, feed intake, average daily gain (ADG) and feed conversion ratio (FCR) were calculated. In order to evaluate blood metabolites and rumen liquid parameters, blood and rumen liquid samples were taken at the end of experiment. Four lambs randomly were selected from each groups for intravenous glucose tolerance test (IVGTT). For this purpose, 0.5 ml/Kg BW dextrose (50%) was infused and blood

*Corresponding author; h_aliarabi@yahoo.com

samples were taken at 5, 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100 and 120 min after glucose infusion, Then glucose clearance rate (CR), half-life ($t_{1/2}$) and area under curve (AUC) was calculated.

Results: Feed intake, ADG and FCR and also rumen volatile fatty acids and ammonium was not different between treatments (P>0.05). Interactions of chromium and L-carnitine for performance parameters and also rumen volatile fatty acids and ammonium were not significant (P>0.05). High density lipoproteins (HDL) in treatments two and four was significantly higher in compared to treatments three and one (P<0.05). However, interaction of chromium and L-carnitine for HDL was not significant (P>0.05). Activity of alanine aminotransferase (ALT) was lower in treatments three and four than treatments one and two (P<0.05). However, other parameters were not affected by treatments. Plasma glucose concentration after 120 min intravenous glucose infusion was lower in treatment two in compared to treatment four (P<0.05). But there were not significant differences in other time points. Interaction of chromium and L-carnitine at 40 and 120 min after glucose infusion was significant (P<0.05). Glucose clearance rate and $t_{1/2}$ were same in all treatments (P>0.05). Area under curve was lower in treatment three in compared to treatment one and four (P<0.05). Interaction of chromium and L-carnitine for AUC was significant (P<0.05). However, interaction of chromium and L-carnitine for CR and $t_{1/2}$ wasn't significant (P>0.05).

Conclusion: Results of this experiments showed that, adding chromium and L-carnitine to feedlot lambs diet (the concentrations used in this study) did not impact fattening performance, but resulted in an increase in HDL and improvement of glucose metabolism.

Keywords: Chromium, L-carnitine, Insulin resistance, Lambs