Archive of SID.ir

Animal Production Research

Vol. 13, No. 1, 2024 (29-47)
doi: 10.22124/AR.2023.24356.1763
eISSN: 2538-6107 pISSN: 2252-0872

University of Guilan

RESEARCH PAPER OPEN ACCESS

Effect of different forms of chromium on feed intake, rumen parameters, and blood metabolites of Afshari ewes during transition period and their lambs under the influence of heat stress

M. Asadi[1*], T. Ghoorchi[2], A. Toghdory[3]

1. Ph.D. Student, Department of Animal and Poultry Nutrition, Faculty of Animal Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
2. Professor, Department of Animal and Poultry Nutrition, Faculty of Animal Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
3. Assistant Professor, Department of Animal and Poultry Nutrition, Faculty of Animal Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

(Received: 27-04-2023 – Revised: 08-10-2023 – Accepted: 31-10-2023)

Introduction: During the time around parturition, animals make many metabolic adjustments to support the transition from pregnancy to lactation. Before giving birth, animals are subjected to a lot of metabolic effects, to prepare the physiological conditions of the body in the time after giving birth and during lactation. In addition, dairy cattle produce milk more than their ability to consume energy, as a result, they are in a negative energy balance at the beginning of lactation, which may reduce the longevity of the cattle in the herd and increase the rate of elimination of dairy cattle. Heat stress in late pregnancy is aggravated by energy restriction. In such conditions, the use of management and nutritional methods will reduce the problems during the transfer period and heat stress. One of the ways to optimize the productive and reproductive conditions of livestock, through improving the metabolism of nutrients and eliminating or reducing stress conditions, is to use chromium as a metabolic improver. According to scientific sources, the chromium requirement for sheep is three to five mg per day, and for dairy cows is 15 to 50 mg per day. Inorganic chromium has a bioavailability of about 0.5%. Organic chromium has more than 25% intestinal absorption, and therefore, consumption of inorganic chromium is not recommended due to its low bioavailability and toxic effects. Among the sources of organic chromium, chromium-methionine has been recognized by important global food and drug organizations as a compound with high bioavailability, impressive metabolic responses, and no toxicity complications. This experiment was conducted to investigate the effect of using different forms of chromium around calving on feed consumption, nutrient digestibility, nutritional behavior of Afshari ewes, and the performance of their lambs under the influence of heat stress.

Materials and methods: Forty pregnant Afshari ewes were assigned to four experimental treatments with 10 replicates from 42±5 days before the expected birth in a completely randomized design. Experimental treatments include 1) a basic diet without chromium supplementation (control), 2) a basic diet containing three mg of chromium in mineral form per kg of dry matter, 3) a basic diet containing three mg of chromium in the form of chromium-methionine per kg of dry matter, and 4) a basic diet contained three mg of chromium in the form of chromium nanoparticles per kilogram of dry matter. The length of the test period was 84 days. Weighing of ewes was done at the beginning, at the time of calving, and the end of the period. The rest of the feed is weighed every day and the daily feed consumption was calculated by deducting from the provided feed. Sampling of the rumen fluid was done on the 14th day after birth. The rumen fluid was taken before feeding in the morning (zero hour), and at three and six hours after feeding by esophageal tube, then the pH amount of rumen contents was measured

* Corresponding author: mohammadasadiseyed1994@yahoo.com

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

and recorded immediately after extraction by a mobile digital pH meter (Metrohm laboratory pH meter-691) which was calibrated at the same place. To measure rumen liquid ammonia nitrogen, samples were used three hours after morning feeding. To measure the concentration of volatile fatty acids, five mL of rumen fluid samples were prepared and 1 mL of metaphosphoric acid 25% was added to them and kept at -20$^{\circ C}$ until the experiment. On the 10th day after birth, blood samples were taken from the jugular vein of ewes and lambs three hours after morning feeding. To measure blood metabolites including glucose, insulin, cholesterol, triglyceride, urea, creatinine, total protein, albumin, and globulin, Pars Azmoun chemical kits and auto-analyzer (Spain BT 3500) were used.

Results and discussion: The results showed that, from the third to the sixth weeks after birth, dry matter consumption in ewes receiving chromium-methionine and chromium nanoparticles had an upward trend compared to the other two treatments (P<0.05). The addition of chromium to the diet of ewes had no significant effect on rumen pH, volatile fatty acids, and rumen ammonia nitrogen concentration. The addition of chromium supplement to the diet of ewes caused a significant decrease in the rumen protozoa population compared to the control group (P<0.05). Adding different forms of chromium to the diet of sheep caused a decrease in glucose concentration, and an increase in chromium, insulin, total protein, albumin, and serum globulin compared to the control group (P<0.05). No significant difference was observed between experimental treatments on blood cholesterol, triglyceride, urea, and creatinine concentrations. Also, different forms of chromium did not have a significant effect on the blood parameters of the born lambs.

Conclusions: In general, the use of chromium, especially in the form of chromium-methionine and chromium nanoparticles, is recommended during the transfer phase of sheep under the influence of heat stress.

Keywords: Heat stress, Transition period, Chromium, Blood metabolites, Afshari ewe

Conflicts of interest: The authors declare no conflicts of interest.

Funding: The authors received no specific funding for this work.

How to cite this article:

Asadi, M., Ghoorchi, T., & Toghdory, A. (2024). Effect of different forms of chromium on feed intake, rumen parameters, and blood metabolites of Afshari ewes during transition period and their lambs under the influence of heat stress. *Animal Production Research*, *13*(1), 29-47. doi: 10.22124/AR.2023.24356.1763

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

تحقیقات تولیدات دامی

سال سیزدهم/شماره اول/بهار ۱۴۰۳ (۴۷-۲۹)

Animal Production Research

دانشگاه گیلان

مقاله پژوهشی

اثر شکل‌های مختلف کروم بر مصرف خوراک، فراسنجه‌های شکمبه‌ای و متابولیت‌های خونی میش‌های افشاری طی دوره انتقال و بره‌های آن‌ها در شرایط تنش گرمایی

محمد اسدی[1*]، تقی قورچی[2]، عبدالحکیم توغدری[3]

۱- دانشجوی دکتری، گروه تغذیه دام و طیور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲- استاد، گروه تغذیه دام و طیور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳- استادیار، گروه تغذیه دام و طیور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۰۷ – تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۷/۱۶ – تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۰۹)

چکیده

مطالعه حاضر جهت بررسی تأثیر استفاده از شکل‌های مختلف کروم بر مصرف خوراک، فراسنجه‌های شکمبه‌ای و متابولیت‌های خونی میش‌های افشار در دوره انتقال و بره‌های آن‌ها در شرایط تنش گرمایی انجام شد. تعداد ۴۰ رأس میش افشاری آبستن از ۵±۴۲ روز پیش از زایش مورد انتظار در قالب طرح کاملاً تصادفی به چهار تیمار با ۱۰ تکرار اختصاص یافتند. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱) جیره پایه بدون مکمل کروم (شاهد)، ۲) جیره پایه حاوی سه میلی‌گرم کروم معدنی به‌ازای هر کیلوگرم ماده خشک جیره، ۳) جیره پایه حاوی سه میلی‌گرم کروم به شکل کروم-متیونین به‌ازای هر کیلوگرم ماده خشک و ۴) جیره پایه حاوی سه میلی‌گرم کروم به شکل نانو ذرات کروم به‌ازای هر کیلوگرم ماده خشک جیره بودند. نتایج نشان داد که از هفته سوم تا ششم پس از زایش، ماده خشک مصرفی در میش‌های دریافت‌کننده کروم-متیونین و نانوذرات کروم در مقایسه با دو تیمار دیگر، یک روند صعودی داشت ($P<۰/۰۵$). افزودن کروم به جیره میش‌ها، تأثیر معنی‌داری بر pH شکمبه، غلظت اسیدهای چرب فرار و نیتروژن آمونیاکی شکمبه نداشت. افزودن مکمل کروم به جیره میش‌ها سبب کاهش معنی‌دار جمعیت پروتوزوآی شکمبه نسبت به گروه شاهد شد ($P<۰/۰۵$). افزودن شکل‌های مختلف کروم به جیره میش‌ها سبب کاهش غلظت گلوکز و افزایش غلظت کروم، انسولین، پروتئین تام، آلبومین و گلوبولین سرم نسبت به گروه شاهد شد ($P<۰/۰۵$). اختلاف معنی‌داری بین غلظت کلسترول، تری‌گلیسرید، اوره و کراتینین خون در تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد. همچنین، شکل‌های مختلف کروم، تأثیر معنی‌داری بر فراسنجه‌های خونی بره‌های متولد شده ایجاد نکرد. به‌طورکلی، استفاده از کروم به‌ویژه به شکل‌های کروم-متیونین و نانوذرات کروم در دوره انتقال میش‌ها در شرایط تنش گرمایی توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تنش گرمایی، دوره انتقال، کروم، متابولیت‌های خونی، میش افشاری

* نویسندهٔ مسئول: mohammadasadiseyed1994@yahoo.com

doi: 10.22124/AR.2023.24356.1763

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

مقدمه

در پیرامون زایش، دام‌ها، تنظیمات متابولیکی بسیاری برای پشتیبانی انتقال از دوره بارداری به شیردهی انجام می‌دهند (Mullins *et al*., 2012). علاوه بر این، دام‌های شیری بیش از توانایی خود برای مصرف انرژی، شیر تولید می‌کنند، در نتیجه در اوایل شیردهی دام‌ها در تعادل منفی انرژی قرار می‌گیرند (Duffield *et al*., 2012; Asadi *et al*., 2023)، که ممکن است موجب کاهش ماندگاری دام در گله شده، و سبب افزایش نرخ حذف دام‌های شیری شود (Meyer *et al*., 2011). تنش‌های گرمایی در اواخر آبستنی با محدودیت انرژی تشدید می‌شوند. شرایط محیطی و تغذیه نامناسب همراه با تغییرات فیزیولوژیک در اواخر دوره آبستنی و نزدیک به زمان زایش، مانند تغییر در ترشح پروژسترون، لاکتوفرین و استرادیول ۱۷-بتا، سبب القای مقاومت انسولینی در مادر می‌شود (Bell *et al*., 2005; Moezzi *et al*., 2012). از آنجایی که دو ماه آخر آبستنی (اواخر آبستنی)، ۷۵ درصد رشد جنین را تشکیل می‌دهد (Robinson *et al*., 1977)، بنابراین غنی‌سازی جیره غذایی مادر می‌تواند پیامدهای مثبتی بر سلامت و عملکرد کلی مادر و فرزندان داشته باشد (Harvey *et al*., 2021). در چنین شرایطی، بکارگیری روش‌های مدیریتی و تغذیه‌ای سبب کاهش مشکلات در دوره انتقال و تنش‌های گرمایی می‌شود (Kashfi *et al*., 2011). یکی از راهکارهای بهینه-سازی شرایط تولیدی و تولیدمثلی دام از راه بهبود سوخت و ساز مواد مغذی و رفع یا کاهش شرایط تنش، استفاده از کروم به‌عنوان بهبوددهنده متابولیکی است (Meyer *et al*., 2011). مکمل کروم ممکن است باعث کاهش لیپولیز در گاوهای دوره انتقالی از آبستنی به شیردهی شود، از این رو مصرف خوراک، سلامت و تولید را بهبود می‌بخشد (Yari *et al*., 2010; Kargar *et al*., 2018; Pantelić *et al*., 2018). بررسی‌ها نشان می‌دهند که افزودن کروم به جیره گاوهای شیری موجب بهبود تولیدمثل و جلوگیری از کاهش وزن بعد از زایش (Stahlhut *et al*., 2006) و در تلیسه‌ها موجب افزایش رشد آن‌ها می‌شود (Spears *et al*., 2019). مطالعات دیگری نیز نشان داده‌اند که کروم در خوراک گوساله‌های در شرایط تنش گرمایی موجب افزایش وزن و بهبود ضریب تبدیل آن‌ها در شرایط تنش از شیرگیری شده است (Uyanik *et al*., 2019). در پژوهشی که روی بزها با جیره حاوی سه میلی‌گرم کروم انجام گرفت مشخص شد که مصرف کروم سبب افزایش وزن روزانه و بهبود مصرف خوراک می‌شود (Abdelnour *et al*., 2019). بنابراین، کروم باید به‌عنوان یک عنصر ضروری و مهم در شرایط تنش از راه مکمل‌های خوراکی تأمین شود (Lashkari *et al*., 2018; Mousavi *et al*., 2019). منابع علمی، میزان کروم مورد نیاز روزانه برای گوسفند را سه تا پنج میلی‌گرم (Mousaie *et al*., 2014) و برای گاو شیری، ۱۵ تا ۵۰ میلی‌گرم پیشنهاد کرده‌اند (Mousavi *et al*., 2019; Phan *et al*., 2020;). زیست-فراهمی کروم معدنی حدود ۰/۵ درصد است (Ohh and Lee, 2005) در حالی‌که کروم آلی دارای بیش از ۲۵ درصد جذب روده‌ای است (Moreira *et al*., 2020) و از این‌رو مصرف کروم معدنی به‌دلیل زیست‌فراهمی پایین و آثار سمی آن، توصیه نمی‌شود. بسیاری از پژوهشگران معتقدند که زیست‌فراهمی منابع معدنی عناصر معمولاً کمتر از شکل‌های نانو و کمپلکس‌های آلی است (Hill and Li, 2017; Maximino *et al*., 2018; Phan *et al*., 2020). به دلیل فراهمی زیستی، احتمالاً از نانو ذرات آلی برای افزایش ارزش غذایی سیستم‌های خوراکی استفاده خواهد شد (Travan *et al*., 2009; Hassan *et al*., 2017; Kargar *et al*., 2018). علاوه بر این، مواد معدنی نانو، آثار مفید قابل توجه خود را حتی در دوزهای کمتر از منابع معدنی معمولی نشان داده‌اند (Yari *et al*., 2010; Choi *et al*., 2010; Raje *et al*., 2018). بیشتر پژوهشگران بر این باور هستند که آثار مثبت کروم بر عملکرد رشد، بیشتر در شرایط تنش خود را نشان می‌دهد (Besong *et al*., 2001). یکی دیگر از جنبه‌های تغذیه کروم که می‌تواند به روشن شدن نقش کروم در استفاده از مواد مغذی خوراک در دام‌های نشخوارکننده کمک کند، بررسی آثار احتمالی این ماده معدنی بر فرآیند تخمیر شکمبه‌ای و فراسنجه‌های مرتبط با آن مانند اسیدیته، تولید نیتروژن آمونیاکی و غلظت اسیدهای چرب فرار است. پژوهش‌های اندکی در رابطه با تأثیر مکمل‌های کروم بر فراسنجه‌های تخمیری شکمبه گوسفند انجام شده است که در برخی از آن‌ها به عدم تأثیر مکمل کروم بر فرایند تخمیر و غلظت اسیدهای چرب فرار اشاره شده است (Kitchalong *et al*., 1995; Mosayebi *et al*., 2017). در پژوهشی، افزودن کروم-متیونین در جیره پرواری بزهای نر مهابادی هیچ‌گونه تأثیری بر غلظت

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

نیتروژن آمونیاکی و اسیدهای چرب فرار نداشته است، البته در این بزها، تعداد پروتوزوآی شکمبه کاهش یافت (Emami *et al.*, 2013). افزودن کروم آلی پیکولینات (Besong *et al.*, 2001) و کروم متیونین (Kegley *et al.*, 2000) در جیره گوساله‌های گوشتی تأثیری بر مصرف ماده خشک، افزایش وزن روزانه و غلظت اسیدهای چرب فرار کل مایع شکمبه آن‌ها نداشته است. جمعیت پروتوزوآیی شکمبه گوسفندان تغذیه شده با کروم آلی نیز کاهش نشان داده است (Dallago *et al.*, 2011). قرار گرفتن بیشتر مناطق ایران در ناحیه خشک و نیمه‌خشک و کمبود مواد خوراکی در تغذیه دام، توجه ویژه به استفاده از بهبوددهنده‌های متابولیکی را ایجاب می‌کند. پرورش گوسفند در نواحی خشک و نیمه‌خشک ایران، از حیث تأمین مواد خوراکی مورد نیاز، با مشکلات زیادی روبرو است. شرایط آب و هوایی نامناسب و تنش‌های ناشی از آن، سبب کاهش عملکرد تولیدی و تولیدمثلی این دام شده است (Kojouri and Shirazi, 2007). بنابراین، این مطالعه با هدف بررسی تأثیر استفاده از شکل‌های مختلف کروم بر متابولیت‌های خونی و فراسنجه‌های شکمبه‌ای میش‌های افشاری در دوره انتقال و بره‌های آن‌ها در شرایط تنش گرمایی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در یک واحد گوسفندداری صنعتی واقع در شهرستان بندر گز و در تابستان ۱۴۰۱ انجام گرفت. تعداد ۴۰ رأس میش افشاری آبستن از ۵±۴۲ روز پیش از زایش مورد انتظار در قالب طرح کاملاً تصادفی به چهار تیمار آزمایشی و ۱۰ تکرار در هر تیمار اختصاص یافتند. تیمارهای آزمایشی شامل جیره پایه بدون مکمل کروم (شاهد)، جیره پایه حاوی سه میلی‌گرم کروم به شکل معدنی به ازای هر کیلوگرم ماده خشک، جیره پایه حاوی سه میلی‌گرم کروم به شکل کروم-متیونین به ازای هر کیلوگرم ماده خشک و جیره پایه حاوی سه میلی‌گرم کروم به شکل نانو ذرات کروم به ازای هر کیلوگرم ماده خشک بودند (NRC, 2007; Mousaie *et al.*, 2014; Mousavi *et al.*, 2019; Phan *et al.*, 2020). جیره پایه بر اساس جداول انجمن ملی تحقیقات گوسفند (NRC, 2007) تنظیم شد (جدول ۱) و مکمل‌ها روزانه به‌صورت سرک به جیره پایه اضافه شدند (Kargar *et al.*, 2018). میش‌ها همگی از نظر سن، تعداد جنین، وزن، تاریخ زایش مورد انتظار و رنگ متعادل بودند. صحت آبستنی و زمان احتمالی زایش از راه همزمان‌سازی آبستنی و سونوگرافی میش‌ها قبل از آزمایش به تأیید رسید. آزمایش از ۴۲ روز قبل از زایش شروع شد و به مدت ۸۴ روز ادامه یافت. وزن‌کشی میش‌ها در ابتدا، زمان زایش و انتهای دوره انجام شد. باقیمانده خوراک در هر روز وزن شده و با کسر از خوراک ارائه شده، مصرف خوراک روزانه محاسبه شد. نمونه‌گیری از مایع شکمبه در روز ۱۴ پس از زایش صورت گرفت. مایع شکمبه در زمان قبل از خوراک‌دهی صبح (ساعت صفر) و در ساعت‌های سه و شش بعد از خوراک‌دهی به وسیله سوند مری گرفته شد (Asadi *et al.*, 2018)، سپس، مقدار pH محتویات شکمبه بلافاصله پس از استحصال، با دستگاه pH متر دیجیتالی سیار (Metrohm laboratory pH meter- 691) که در همان محل نیز کالیبره شده بود، اندازه‌گیری و ثبت شد. جهت اندازه‌گیری نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه، از نمونه‌های سه ساعت بعد از خوراک‌دهی صبح استفاده شد. نمونه مایع شکمبه بعد از اندازه‌گیری pH با استفاده از پارچه چهار لایه متقال صاف شده و سپس شیرابه حاصل با اسید کلریدریک ۰/۲ نرمال به نسبت ۵ به ۱ (پنج شیرابه به یک ۰/۲ HCl نرمال) رقیق شد و تا روز آزمایش در دمای ۲۰- درجه سلسیوس نگهداری شد. جهت تعیین میزان نیتروژن آمونیاکی شکمبه از روش Broderick and Kang (1980) و دستگاه اسپکتوفتومتر (Spectrophotometer -Germany- 471) در طول موج ۶۳۰ نانومتر استفاده شد. برای شمارش پروتوزوآ از روش Dehority and Males (1984) استفاده شد. ابتدا بعد از صاف نمودن مایع شکمبه با پارچه متقال در یک لوله آزمایش پیچیده شده در فویل، چهار میلی‌لیتر مایع شکمبه ریخته شد، سپس به ترتیب یک میلی لیتر فرمالین ۱۸/۵ درصد، پنج قطره رنگ متیلن بلو (دو گرم متیلن بلو با ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر به حجم رسانده شد) و در نهایت، سه میلی‌لیتر گلیسرول به محتوای لوله آزمایش اضافه شد. عمل شمارش پروتوزوآ به وسیله میکروسکوپ و عدسی با بزرگنمایی ۴۰ X با لام نئوبار صورت گرفت. برای هر نمونه، چهار بار شمارش انجام گرفت و در صورتی‌که بین پروتوزوآی شمارش شده اختلاف زیادی وجود داشت، شمارش تکرار می‌شد. در نهایت، تعداد پروتوزوآ در هر میلی‌متر مایع شکمبه محاسبه شد.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

جدول ۱- اقلام خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره آزمایشی

Table 1. Ingredients and chemical composition of experimantal diet

Ingredient (%) DM basis-Pre-partum		Ingredient (%) DM basis-Post-partum	
Wheat straw	5.70	Corn silage	34.0
Alfalfa hay	32.00	Alfalfa hay	30.0
Corn silage	30.00	Corn grain	19.75
Corn grain	18.50	Soybean meal	7.75
Soybean meal	7.20	Sugar beet pulp	2.00
Sugar beet pulp	1.00	Wheat bran	2.70
Wheat bran	2.90	Fat powder	2.80
Fat powder	1.50	Calcium carbonate	0.42
Calcium carbonate	0.70	Salt	0.33
Salt	0.30	Mineral-vitamin supplement	0.25
Mineral-vitamin supplement*	0.20		
Chemical composition		**Chemical composition**	
Nutrients	**Amount**	**Nutrients**	**Amount**
Metabolizable energy (Mcal/kg DM)	2.44	Metabolizable energy (Mcal/kg DM)	2.54
Crude protein (%)	14.40	Crude protein (%)	14.40
Crude fat (%)	4.10	Crude fat (%)	5.20
Non-fiber carbohydrates (%)	32.80	Non-fiber carbohydrates (%)	32.10
NDF (%)	44.20	NDF (%)	40.90
Starch (%)	21.60	Starch (%)	25.00
Ash (%)	7.88	Ash (%)	8.40
Calcium (%)	1.42	Calcium (%)	0.89
Phosphorus (%)	0.71	Phosphorus (%)	0.52
Cr (mg/kgDM)	0.79	Cr (mg/kgDM)	0.82

*Vitamin-trace mineral pre-mix provides per kg of mixed ration:1oooooo IU Vitamin A; 75000 IU Vitamin D_3; 3000 (mg)Antioxidants; 150000 (mg)ca; 60000 (mg) P; 300009(mg)Mg; 2000 (mg)Mn; 3000(mg) Fe; 500 (mg) Cu; 2500 (mg)Zn; 10 (mg) Co; 20 (mg) I.

برای اندازه‌گیری غلظت اسیدهای چرب فرار، نمونه‌های پنج میلی‌لیتری از مایع شکمبه تهیه شد و به آن‌ها، یک میلی-لیتر متافسفریک اسید ۲۵ درصد افزوده شد و تا زمان انجام آزمایش در دمای ۲۰- درجه سلسیوس نگهداری شد. تعیین اسیدهای چرب فرار با استفاده از دستگاه گاز کارماتوگرافی با ستون موئینه انجام شد (Ottenstein and Bartley, 1971). برنامه دمایی و دیگر مشخصات دستگاه به‌صورت زیر بود: دمای تزریق‌کننده و تشخیص‌دهنده دستگاه به-ترتیب ۱۱۰ و ۲۰۰ درجه سلسیوس بود. گاز ناقل در این دستگاه، هلیوم و تشخیص‌دهنده آن از نوع FID (Flame Ionized Detector) بود. دمای ستون دستگاه در آغاز، ۱۱۰ درجه سلسیوس بود که به مدت دو دقیقه در این دما نگه داشته شد و سپس در طول پنج دقیقه به ۲۰۰ درجه سلسیوس رسانده شد و برای یک دقیقه در این دما باقی ماند. ستون مورد استفاده از نوع موئینه به طول ۳۰ متر بود. ایزوکاپروئیک اسید به‌عنوان استاندارد داخلی استفاده شد. غلظت هر یک از اسیدهای چرب فرار از تقسیم سطح زیر نقطه اوج آن اسید چرب بر سطح زیر نقطه اوج مجموع اسیدهای چرب محاسبه و به درصدی از مجموع اسیدهای چرب فرار بیان شد. در روز ۱۰ پس از زایش، سه ساعت پس از تغذیه صبح از سیاهرگ گردنی (وداج) میش‌ها و بره‌ها، نمونه خون گرفته شد. همچنین، در سه و یک هفته قبل و بعد از زایمان، خون‌گیری جهت اندازه‌گیری غلظت اوره خون و یک هفته قبل و ۲۴ ساعت پس از زایمان، خون‌گیری جهت اندازه‌گیری غلظت کروم خون انجام شد. عمل خون‌گیری با استفاده از لوله‌های ونوجکت هپارین‌دار و بدون هپارین صورت گرفت و بلافاصله نمونه‌ها به‌منظور جداسازی پلاسما در ۳۰۰۰ دور به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شده و تا روز آزمایش در دمای ۲۰- درجه سلسیوس نگهداری شدند. اندازه‌گیری عنصر کروم در سرم خون با دستگاه جذب اتمی انجام گرفت. برای اندازه‌گیری این عنصر در سرم خون، ابتدا یک میلی‌لیتر از سرم خون با دو میلی‌لیتر از محلول اسید نیتریک پنج درصد برای آزادسازی کروم مخلوط شد و با آب مقطر دو بار تقطیر به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانیده شد. پس از انجام سانتریفیوژ با دور ۱۴۰۰g به مدت سه دقیقه، محلول برای قرائت با دستگاه طیف‌سنجی اتمی آماده شد (Al-Saiadi *et al.*,

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

2004). سپس، مقدار BUN از فرمول زیر محاسبه شد (Cortas and Wakid, 1990):

$$BUN\ (mg/dL) = Urea\ (mg/dL) \times 0.467$$

جهت اندازه‌گیری متابولیت‌های خون شامل گلوکز، انسولین، کلسترول، تری‌گلیسرید، اوره، کراتینین، پروتئین کل، آلبومین و گلوبولین از کیت‌های شیمیایی شرکت پارس آزمون و دستگاه اتوآنالایزر (اسپانیا BT 3500,) استفاده شد (Cortas, and Wakid, 1990).

پژوهش حاضر، با چهار تیمار و ده تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. رویه GLM برای تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (2004) و برای تعیین تفاوت‌های معنی‌دار از آزمون چند دامنه دانکن استفاده شد. برای تجزیه داده‌های صفات شمارش پروتوزوآ، نیتروژن آمونیاکی و pH مایع شکمبه، از طرح کاملاً تصادفی به‌صورت اندازه‌گیری‌های تکرار شده در زمان استفاده شد.

جهت محاسبه شاخص دمایی-رطوبتی (THI) از داده‌های اداره هواشناسی شهرستان بندرگز استفاده شد. پژوهش حاضر بین ماه‌های جولای تا سپتامبر انجام شد که در شکل ۱ نشان داده شده است. داده‌های بدست آمده شامل حداکثر، حداقل و میانگین دما و درصد رطوبت نسبی روزانه بود که بر اساس فرمول Alfano (2011) محاسبه شد:

THI = ۰/۸ × (۱۰۰/ کمینه دما) × (۱۴/۴ - بیشینه دما) + ۴۶/۴

رطوبت نسبی) + بیشینه دما

نتایج و بحث

اطلاعات مربوط به عملکرد میش‌ها در شکل‌های ۲ و ۳ نمایش داده شده است. نتایج نشان داد وزن میش‌ها در گروه‌های آزمایشی در زمان قبل از زایش، اختلاف معنی‌داری نداشتند. بعد از زایش میش‌ها تا شش هفته پس از زایش، تفاوت معنی‌داری در بین وزن میش‌ها مشاهده شده است ($P<0/05$)، به‌طوری که تیمارهای دریافت‌کننده شکل‌های مختلف کروم، عملکرد بهتری نسبت به گروه شاهد در زمان زایش و شش هفته پس از آن داشتند. با توجه به این که در این آزمایش از میش‌های آبستن استفاده شده بود، قرار گرفتن میش‌ها در توازن منفی انرژی، به علت تولید زیاد و مصرف خوراک کمتر، به ناچار سبب استفاده از ذخایر بدنی شد. مطابق با نتایج حاضر، گزارش شده است که تغییرات وزن بدن میش‌ها در دوره پیش از زایش تحت تأثیر مکمل کروم قرار نگرفت (Noori *et al*., 2015). همچنین، در گزارشی نشان داده شده است که میش‌های دریافت‌کننده کروم-متیونین و نانو ذرات کروم، کاهش وزن کمتری نسبت به دو تیمار دیگر پس از زایمان داشتند (Yari *et al*., 2015). در پژوهش دیگری، بره‌های تغذیه شده با مقدار سه میلی‌گرم کروم در هر کیلوگرم ماده خشک خوراک به لحاظ عددی، وزن نهایی بیشتری در مقایسه با گروه شاهد و بره‌های دریافت‌کننده ۱/۵ میلی‌گرم کروم داشتند (Seifalinasab *et al*., 2015).

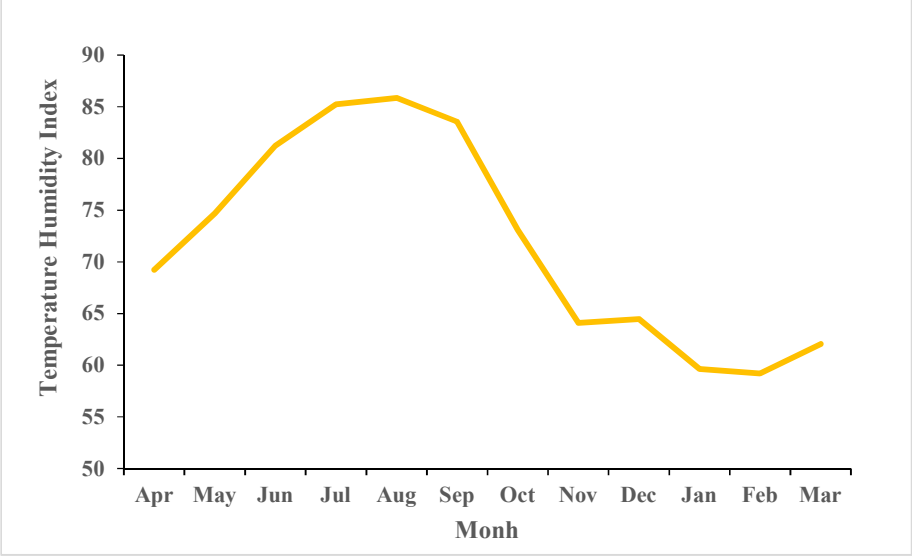

Fig. 1. Temperature-humidity index of Bandargaz city

شکل ۱- شاخص دمایی-رطوبتی شهرستان بندرگز

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده شده است مکمل کروم از شش هفته پیش از زایش تا دو هفته بعد آن، اثری بر ماده خشک مصرفی میش‌ها نداشت، اما از هفته سوم تا ششم پس از زایش، ماده خشک مصرفی میش‌ها دارای یک روند صعودی بود ($P<۰/۰۵$) و بیشترین ماده خشک مصرفی مربوط به تیمارهای دریافت‌کننده کروم-متیونین و نانو ذرات کروم بود. مطابق با پژوهش حاضر، محققان دیگری نیز نشان دادند که مصرف سطوح مختلف مکمل کروم در جیره غذایی بز (Haldar *et al*., 2014)، بره‌های ماده (Mousaie *et al*., 2014)، گاومیش (Deka *et al*., 2015) و گاوهای شیری (Soltan, 2010) سبب افزایش مصرف خوراک شده است. هرچند در یک مطالعه، مکمل کردن جیره بره‌های پرواری با سطوح صفر تا ۰/۵ میلی‌گرم کروم در کیلوگرم ماده خشک تأثیری بر مصرف خوراک نداشت (Dallago *et al*., 2011). این نتایج متغیر ممکن است به‌دلیل تفاوت در نوع مکمل کروم مورد استفاده، میزان تنشی که دام در معرض آن قرار گرفته، مرحله فیزیولوژیکی دام، وزن بدن و سن، مقدار و فراهمی زیستی کروم در جیره پایه، یا فراهمی زیستی مکمل‌ها باشد (Spears *et al*., 2019). اثر مثبت مکمل کروم بر عملکرد میش‌ها می‌تواند به نقش کروم در سوخت و ساز کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها مرتبط باشد. کروم باعث تقویت عمل انسولین از راه بهبود اتصال آن به گیرنده سلولی خود می‌شود. تقویت پیام‌رسانی انسولین سبب افزایش ساخت پروتئین‌ها، بهبود بازده انتقال اسیدهای آمینه، کاهش نرخ تجزیه پروتئین‌ها و افزایش استفاده از لیپیدها و کربوهیدرات‌ها می‌شود (Dębski *et al*., 2004). انرژی آزاد شده از این فرآیندها می‌تواند مسئول آثار مثبت کروم بر عملکرد میش‌ها باشد (Dominguez-Vara *et al*., 2009).

اثر مکمل کروم بر میزان pH شکمبه، غلظت نیتروژن آمونیاکی و جمعیت پروتوزوآیی شکمبه میش‌ها در جدول ۲ ارائه شده است. افزودن منابع مختلف کروم به جیره میش‌ها تأثیر معنی‌داری بر pH و غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه در قبل، سه و شش ساعت پس از تغذیه صبحگاهی نداشت. افزودن مکمل کروم به جیره سبب کاهش معنی‌دار جمعیت پروتوزوآی شکمبه در صفر، سه و شش ساعت بعد از خوراک‌دهی نسبت به گروه شاهد شد ($P<۰/۰۵$). در زمان قبل از تغذیه صبح، جمعیت پروتوزوآی شکمبه در تیمار حاوی کروم-متیونین و نانو کروم نسبت به دو تیمار دیگر کاهش معنی‌داری نشان داد ($P<۰/۰۵$). در راستای پژوهش حاضر در آزمایشی مشخص شد که کروم بر اسیدیته و غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه گاوهای شیری تأثیر ندارد (Besong *et al*., 2001; Ibrahim *et al*., 2017). اگر چه نیتروژن آمونیاکی برای فعالیت برخی باکتری‌های شکمبه به‌خصوص باکتری‌های تجزیه‌کننده الیاف ضروری است، اما افزایش غلظت آن در شکمبه نشان‌دهنده عدم وجود شرایط مساعد به لحاظ فراهمی همزمان ماده آلی قابل هضم و نیتروژن جهت ساخت پروتئین میکروبی بوده است (Taheri and Tavakoli, 2011). با این وجود، مقدار عددی pH و غلظت نیتروژن آمونیاکی در آزمایش حاضر در دامنه قابل قبولی (۶ تا ۷ برای pH و ۵ تا ۲۰ میلی‌گرم در دسی‌لیتر برای نیتروژن آمونیاکی قرار داشت (Besong *et al*., 2001; Broderick and Kang, 1980). همسو با نتایج مطالعه حاضر، پژوهشگران گزارش کردند که در بره‌های پرواری تغذیه شده با ۰/۵ میلی‌گرم مکمل کروم، اختلاف معنی‌داری بر غلظت آمونیاک شکمبه مشاهده نشد (Mosayebi *et al*., 2017). نتایج پژوهشی نشان داد که تغذیه بره‌های پرواری با مقادیر ۱/۵ و ۳ میلی‌گرم کروم تأثیری بر pH و غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه نداشت (Seifalinasab *et al*., 2019). همچنین در پژوهشی، پس از مکمل‌سازی جیره گاوهای شیری فیستوله با کروم برای مدت شش هفته، تأثیری بر میزان غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه مشاهده نشد (Harrison *et al*., 1988). جمعیت پروتوزوآی کل مایع شکمبه گوسفندان ایرانی که تاکنون گزارش شده است معمولاً در دامنه ۴ تا ۱۱×۱۰^{۵} در میلی‌لیتر مایع شکمبه است (Ghorbani *et al*., 2017; Nooriyan Soroor *et al*., 2018)، که در این پژوهش، تعداد تک یاخته‌ها در این محدوده قرار داشت. در آزمایش دیگری، جمعیت پروتوزوآی شکمبه طی یک آزمایش با دوره پروار ۴۰ و ۶۰ روزه تحت تأثیر انواع مختلف کروم استفاده شده شامل کروم نانو، کروم-متیونین و کروم کیلاته قرار نگرفت (Nooriyan Soroor *et al*., 2018). در پژوهش Emami *et al*. (2013)، استفاده از چهار سطح کروم آلی (صفر، ۰/۵، ۱/۱ و ۱/۵ میلی گرم کروم-متیونین در کیلوگرم ماده خشک) در جیره بره‌های پرواری، جمعیت پروتوزوآیی شکمبه را تحت تأثیر قرار نداد. در راستای نتایج تحقیق حاضر، کروم از مقدار صفر تا ۰/۲۵۰، ۰/۳۷۵ و ۰/۵۰۰ میلی‌گرم در روز در جیره بره‌ها، جمعیت پروتوزوآیی

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

را کاهش داد (Dallago *et al*., 2011). باید در نظر گرفت که برای جمعیت تک‌یاخته‌های شکمبه، کروم یک کلات فلز سنگین است و بنابراین، دارای پتانسیل سمّی است که می‌تواند باعث آسیب به DNA، تداخل در عملکردهای متابولیک ضروری یا تولید متابولیت‌های واکنشی شود (Hodgson *et al*., 2004). این عوامل به نوبه خود، تنش اکسیداتیو را در تک‌یاخته‌های شکمبه افزایش داده و باعث مرگ یا اختلال در تولیدمثل آن‌ها می‌شوند و ممکن است دلیل کاهش جمعیت تک‌یاخته‌های شکمبه متاثر از دریافت کروم، این امر باشد.

اثر مکمل کروم بر غلظت اسیدهای چرب فرار (VFA) مایع شکمبه میش‌ها در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج نشان داد که مکمل کروم هیچ تأثیری روی غلظت استات، پروپیونات، بوتیرات، ایزو بوتیرات، والرات، ایزووالرات، غلظت کل VFA و نسبت استات به پروپیونات نداشت. پژوهش‌های اندکی در رابطه با تأثیر مکمل‌های کروم بر فراسنجه‌های تخمیری شکمبه گوسفند انجام شده است.

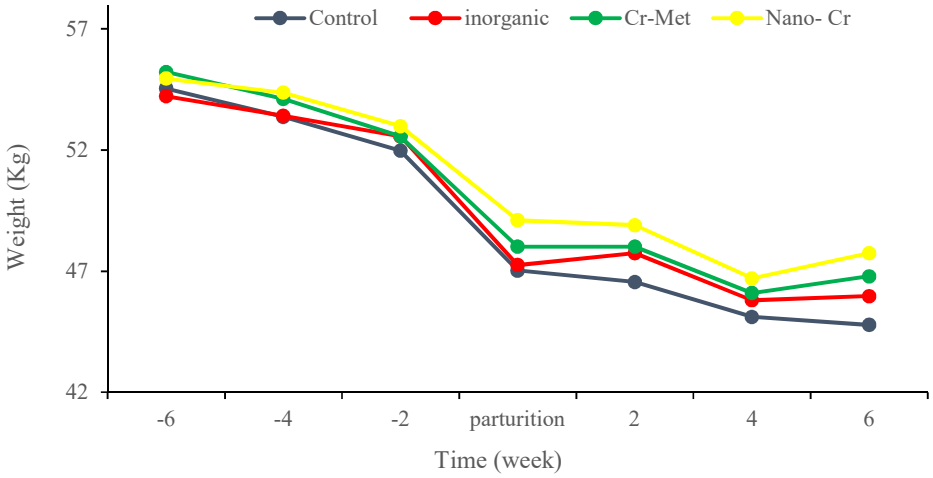

Fig. 2. Effect of different forms of chromium on ewe weight performance (per week)

شکل ۲- اثر فرم‌های مختلف کروم بر عملکرد وزنی میش‌ها (هفته)

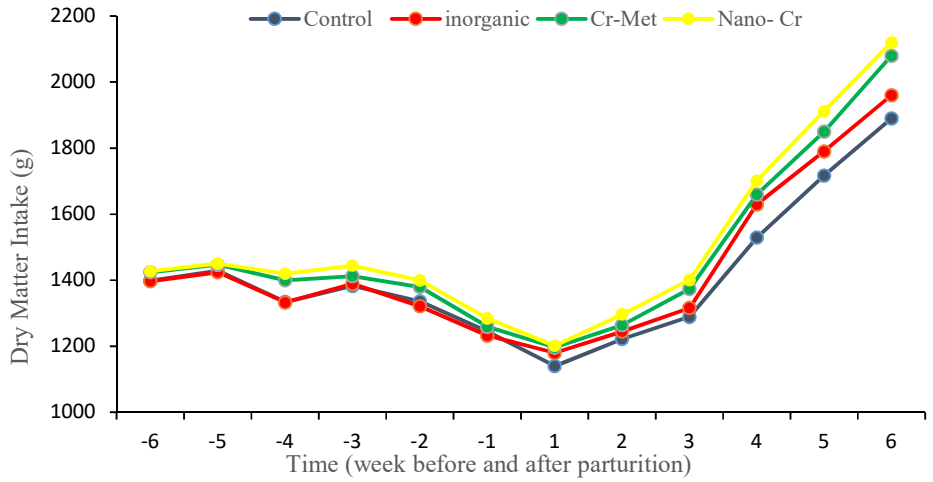

Fig. 3. Effect of different forms of chromium on dry matter intake of ewes (per week)

شکل ۳- اثر فرم‌های مختلف کروم بر مصرف ماده خشک میش‌ها (هفته)

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

جدول ۲- اثر شکل‌های مختلف کروم بر فراسنجه‌های شکمبه‌ای میش‌ها

Table 2. Effect of different forms of chromium on rumen parameters of ewes

Item	Control	Different forms of chromium			SEM	*P*-value
Rumen parameters		Inorganic	Cr-Met	Nano- Cr		
pH						
Before feeding	6.62	6.54	6.68	6.44	0.071	0.8722
3 h after feeding	5.45	5.56	5.41	5.64	0.055	0.6645
6 h after feeding	5.71	5.64	5.61	5.77	0.049	0.1501
NH_3-N (mg/dL)						
Before feeding	12.92	13.29	12.66	13.41	1.025	0.2265
3 h after feeding	22.05	21.57	21.68	21.61	1.261	0.8710
6 h after feeding	15.78	16.04	16.22	15.79	1.564	0.1968
Protozoa population (10^5 /mL)						
Before feeding	5.04[a]	4.85[a]	4.01[b]	4.04[b]	0.119	0.0447
3 h after feeding	8.92[a]	8.72[a]	7.55[b]	7.41[b]	0.908	0.0227
6 h after feeding	6.21[a]	6.07[a]	5.01[b]	4.98[b]	0.604	0.0088

[a-b] Different superscript letters in the same row represent a significant difference ($P<0.05$).
SEM: Standard error of the means.

جدول ۳- اثر شکل‌های مختلف کروم بر غلظت اسیدهای چرب فرار شکمبه میش‌ها

Table 3. Effect of different forms of chromium on concentration of volatile fatty acids in the rumen of ewes

Item	Control	Different forms of chromium			SEM	*P*-value
Rumen VFA (mmol/L)		Inorganic	Cr-Met	Nano- Cr		
Acetate	57.09	58.88	58.41	59.01	2.012	0.6287
Propionate	23.35	23.69	24.17	23.36	1.498	0.3201
Butyrate	9.01	8.76	8.81	8.89	0.874	0.4101
Iso butyrate	1.37	1.47	1.46	1.51	0.142	0.3552
Valerate	1.84	1.91	1.79	1.82	0.267	0.2849
Iso valerate	1.32	1.29	1.36	1.41	0.335	0.7475
Total VFA	98.05	97.57	96.12	97.61	3.684	0.6876
Acetate : Propionate	2.44	2.48	2.41	2.52	0.063	0.5454

SEM: Standard error of the means.

در راستای پژوهش حاضر در یک مطالعه، اختلاف معنی‌داری از نظر غلظت اسیدهای چرب فرار در بره‌های پرواری تغذیه شده با ۰/۵ میلی‌گرم مکمل کروم نسبت به گروه شاهد مشاهده نشد (Mosayebi *et al*., 2017). همچنین، در پژوهش دیگری با افزودن ۰/۸ میلی‌گرم کروم آلی پیکولینات به جیره گوساله‌های پرواری، تغییری در میزان کل اسیدهای چرب فرار شکمبه مشاهده نشد (Besong *et al*., 2001). در گزارش دیگری، پس از مکمل-سازی جیره گاوهای شیری فیستوله با کروم به مدت شش هفته، تأثیری بر میزان غلظت کل اسیدهای چرب شکمبه مشاهده نشد (Harrison *et al*., 1988). افزودن کروم-متیونین تأثیری بر غلظت کل VFA، استات، پروپیونات، بوتیرات، والرات و ایزووالرات مایع شکمبه بره‌ها نداشت که مطابق با نتایج پژوهش حاضر است (Emami *et al*., 2013). در مطالعه دیگری نیز سطوح ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک مکمل کروم، تأثیری بر غلظت اسیدهای چرب فرار شکمبه گوسفندان فیستولاگذاری شده نداشت (Rikhari *et al*., 2010). افزودن ۰/۴ و ۰/۸ میلی‌گرم کروم متیونین در کیلوگرم ماده خشک جیره گوساله‌های گوشتی نیز تأثیری بر غلظت اسیدهای چرب فرار کل مایع شکمبه نداشت (Kegley *et al*., 2000).

نتایج مربوط به تأثیر شکل‌های مختلف کروم بر فراسنجه‌های خونی میش‌ها و بره‌های متولد شده از آن‌ها در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج نشان داد که افزودن شکل‌های مختلف کروم به جیره میش‌ها سبب کاهش معنی‌دار غلظت گلوکز، افزایش انسولین، پروتئین کل، آلبومین و گلوبولین خون نسبت به گروه شاهد شده است ($P<0/05$). بین تیمارهای آزمایشی، اختلاف معنی‌داری در غلظت کلسترول، تری‌گلیسرید، اوره، کراتینین و نسبت آلبومین به گلوبولین خون مشاهده نشد. همچنین شکل-های مختلف کروم، تأثیر معنی‌داری بر فراسنجه‌های خونی ذکر شده بره‌های متولد شده نداشتند. کروم در تحریک

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

گیرنده‌های انسولینی، افزایش نفوذپذیری غشا و نهایتاً پذیرش انسولین به وسیله سلول در دام نقش دارد و از این راه در افزایش راندمان جذب گلوکز بر سلول‌ها مؤثر است (Mayorga *et al*., 2019). انسولین علاوه بر ایفای نقش اصلی در سوخت و ساز گلوکز، در برداشت اسیدهای آمینه به وسیله سلول‌های ماهیچه نقش دارد. بنابراین، در تنظیم تولید انرژی، افزایش حجم، سوخت و ساز پروتئین و چربی و بهبود عملکرد سیستم ایمنی نیز مؤثر است (Nonaka *et al*., 2008; Soriani *et al*., 2018). پایین بودن سطح انسولین خون به‌معنای کاهش سوختن گلوکز و در نتیجه، تبدیل و ذخیره آن به شکل چربی در سلول است. همچنین، سطح پایین انسولین منجر به کاهش جذب اسیدهای آمینه به وسیله سلول‌های ماهیچه می‌شود و به‌این ترتیب، سرعت رشد ماهیچه کاهش می‌یابد. کروم با اتصال به پروتئین کرومودولین سبب بهبود و افزایش خاصیت تیروزین کینازی گیرنده انسولین در بخش داخلی غشای سلول‌ها می‌شود و با فعال‌سازی ناقل، سبب تسهیل ورود گلوکز به درون سلول و در نهایت منجر به کاهش میزان قند خون می‌شود (Vincent, 2015). در پژوهشی، افزودن کروم (چهار میلی‌گرم در روز) به جیره گاوهای شیری، تأثیری در سطح سرمی کلسترول، تری‌گلیسیرید، اوره، آلبومین و گلوکز خون نداشت، اما غلظت پروتئین کل خون را کاهش داد (Soltan, 2010). اخیراً، در گوساله‌های در شرایط تنش گرمایی، استفاده از کروم-متیونین تأثیر قابل توجهی بر غلظت گلوکز، آلبومین، کلسترول، تری‌گلیسیرید و نیتروژن اوره‌ای خون نداشت. با این وجود، غلظت سرمی گلوبولین در گوساله‌های دریافت‌کننده کروم در طول دوره آزمایش افزایش یافت (Mousavi *et al*., 2019). در پژوهشی، Kargar *et al.* (2018) نشان دادند که افزودن ۰/۰۵ میلی‌گرم کروم به جیره گوساله‌ها، غلظت گلوکز و نسبت انسولین به گلوکز را افزایش داد. نتایج مشابه در مطالعات Ghorbani *et al.* (2012) و Yari *et al.* (2010) نیز گزارش شده است. همچنین، Jin *et al.* (2017) گزارش کردند که افزودن ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک پیکولینات کروم به جیره گاوهای شیرده در شرایط تنش گرمایی هیچ تغییری در گلوکز، نیتروژن اوره‌ای، کلسترول و کراتینین نشان نداد. مشخص شد که افزودن کروم به جیره باعث افزایش نسبت آلبومین به گلوبولین و همچنین سطح کلسترول گاوهای شیری می‌شود (Soltan *et al*., 2012). در راستای پژوهش حاضر، برخی مطالعات نشان داده است که استفاده از مکمل کروم سبب افزایش غلظت پروتئین کل خون بزها شده است (Haldar *et al*., 2009)، هرچند در پژوهش‌هایی که روی بره‌های پرواری انجام شده است تاثیری بر غلظت پروتئین کل خون گزارش نشده است (Mousaie *et al*., 2014; Mosayebi *et al*., 2017). غلظت پروتئین کل خون، شاخص مناسبی برای ارزیابی آثار بلندمدت جیره بر جذب مواد مغذی به‌ویژه اسیدهای آمینه است (Yari *et al*., 2010). نتایج پژوهش حاضر در رابطه با اثر کروم بر غلظت پروتئین کل با نتایج پژوهش‌های انجام شده روی بره‌ها (Dominguez-Vara *et al*., 2009) مطابقت داشت. مشابه نتایج حاضر، گزارش شده است که مکمل کروم، تأثیر معنی‌داری بر غلظت کلسترول پلاسما بره‌ها نداشت (Dominguez-Vara *et al*., 2009). همچنین این مکمل، تأثیر معنی‌داری بر غلظت کلسترول و اوره پلاسما بره‌ها ایجاد نکرده است (Dominguez-Vara *et al*., 2009). در مطالعه‌ای دیگر، افزودن ۳۷۰ میکروگرم در کیلوگرم مکمل کروم تری‌پیکولینات به جیره بره‌ها، تأثیر معنی‌داری بر غلظت کلسترول و تری‌گلیسرید خون نداشت (Forbes *et al*., 1998). نتایج مربوط به تأثیر مکمل کروم بر غلظت تری‌گلیسرید خون در پژوهش‌های متعدد متفاوت بوده است. کاهش غلظت تری‌گلیسرید خون در پاسخ به مصرف کروم در بره‌ها (Uyanik, 2001) و گوساله‌ها (Besong *et al*., 2001) گزارش شده است. همچنین در پژوهش دیگری که روی بزها انجام شده است مشخص شد که استفاده از مکمل کروم در کوتاه‌مدت تأثیری بر غلظت تری‌گلیسرید خون نداشته است، اما در بلندمدت با افزایش غلظت کروم جیره، غلظت تری‌گلیسریدهای خون کاهش یافت (Haldar *et al*., 2009). با وجود این، برخی پژوهش‌های انجام شده روی بره‌ها، عدم تأثیر تغذیه با مکمل‌های کروم بر غلظت تری‌گلیسرید خون را گزارش کردند (Dominguez-Vara *et al*., 2009; Mosayebi *et al*., 2017). از دلایل اختلاف نظر می‌توان به تفاوت در جیره غذایی به‌ویژه میزان چربی آن و مرحله تولیدی حیوان به‌همراه غلظت کروم جیره اشاره کرد (Haldar *et al*., 2009). مطابق با نتایج پژوهش حاضر در آزمایشی، افزودن هشت میلی‌گرم در کیلوگرم کروم متیونین، ۰/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم کروم نانو و کروم کیلاته به جیره سبب افزایش غلظت آلبومین خون بره‌های مهربان

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

شد (Nooriyan Soroor *et al.*, 2018). در پژوهشی که به وسیله Pechova *et al.* (2002) انجام شده است افزایش سطح آلبومین سرم در گاوهای دریافت‌کننده مکمل کروم گزارش شده است. ۳۵ تا ۵۰ درصد پروتئین پلاسما از آلبومین تشکیل شده است و فراوان‌ترین پروتئین پلاسما است. آلبومین تأمین‌کننده اسیدهای آمینه برای بازچرخش طبیعی پروتئین در بافت‌های بدن است (Kaneko, 2008). همچنین، آلبومین به عنوان عامل تنظیم و مهارکننده لیپوپروتئین‌های تولیدی در کبد بوده و با کاهش این عامل مهارکننده، لیپوپروتئین بیشتری در پلاسما آزاد می‌شود (Zhao *et al.*, 2019). طی تنش (به عنوان مثال در اوایل شیردهی و یا دمای بالای محیط)، سیستم ایمنی به چالش کشیده می‌شود و نیاز به ساخت پروتئین‌های ضروری مانند آلبومین و گلوبولین‌ها افزایش می‌یابد (West, 1999; NRC, 2001). بنابراین، کروم ممکن است در حفظ عرضه کافی مواد مغذی و تقویت ایمنی در حین حفظ اوج تولید شیر، زمانی که فشارهای متابولیک با دمای بالای محیط همزمان بود، کمک کرده باشد. بنابراین، افزایش غلظت گلوبولین خون در میش‌های دریافت‌کننده کروم شاید ناشی از بهبود وضعیت ایمنی باشد و این نتیجه با سایر پژوهش‌ها مطابقت دارد (Al-Saiadi *et al.*, 2004; Nikkhah *et al.*, 2011; Seifalinasab *et al.*, 2019).

جدول ۴- اثر شکل‌های مختلف کروم بر غلظت متابولیت‌های خونی میش‌ها و بره‌های متولد شده از آن‌ها

Table 4. Effect of different forms of chromium on the concentration of blood parameters in ewes and their born lambs

Item	Control	Different forms of chromium			SEM	*P*-value
Ewes		Inorganic	Cr-Met	Nano- Cr		
Cholesterol (mg/dL)	59.67	60.75	60.25	61.24	3.041	0.1428
Triglyceride (mg/dL)	20.12	19.84	19.24	20.87	1.774	0.6784
Glucose (mmol/L)	8.46^{a}	7.43^{b}	6.26^{c}	6.41^{c}	0.033	0.0077
Insulin (ng/mL)	0.44^{c}	0.52^{b}	0.69^{a}	0.72^{a}	0.081	0.0001
Creatinine (mg/dL)	0.89	0.91	0.84	0.84	0.047	0.4781
Urea (mg/dL)	36.48	35.09	34.55	35.32	2.004	0.4178
Total protein (g/dL)	6.07^{b}	7.44^{a}	7.35^{a}	7.68^{a}	0.075	0.0001
Albumin (g/dL)	3.81	4.42	4.34	4.57	0.228	0.0819
Globulin (g/dL)	2.26^{b}	3.02^{a}	3.01^{a}	3.11^{a}	0.105	0.0104
Albumin:Globulin	1.68	1.46	1.44	1.47	4.487	0.4181
Lambs						
Cholesterol (mg/dL)	58.04	57.71	56.95	58.12	2.998	0.0941
Triglyceride (mg/dL)	25.20	25.47	24.56	24.28	2.521	0.4914
Glucose (mmol/L)	8.41	8.83	8.26	8.55	0.164	0.5501
Insulin (ng/mL)	0.68	0.65	0.67	0.71	0.017	0.7841
Creatinine (mg/dL)	0.77	0.81	0.74	0.76	0.022	0.6681
Urea (mg/dL)	31.94	32.75	31.88	30.88	2.097	0.6478
Total protein (g/dL)	6.45	6.54	6.63	6.74	0.064	0.0745
Albumin (g/dL)	4.04	4.05	4.01	4.24	0.119	0.1448
Globulin (g/dL)	2.41	2.49	2.62	2.50	0.116	0.2208
Albumin:Globulin	1.68	1.62	1.54	1.69	0.064	0.0875

[a-c] Different superscript letters in the same row represent a significant difference (P<0.05).
SEM: Standard error of the means.

اطلاعات مربوط به تأثیر شکل‌های مختلف کروم بر غلظت کروم خون میش‌ها در شکل ۴ ارائه شده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده در آزمایش حاضر، غلظت کروم خون در تیمارهای دریافت‌کننده شکل‌های مختلف کروم نسبت به گروه شاهد افزایش یافت. در تیمارهای دریافت کننده کروم به شکل کروم-متیونین و نانو ذرات کروم، غلظت کروم خون به‌شکل معنی‌داری بیشتر از تیمارهای دریافت‌کننده کروم به‌شکل معدنی و تیمار شاهد در زمان یک هفته قبل زایش و ۲۴ ساعت پس از زایش بوده است (P<۰/۰۵). دلیل این نتایج را می‌توان به این موضوع نسبت داد که کروم معدنی زیست‌فراهمی در حدود ۰/۵ درصد دارد (Ohh and Lee, 2005)، در حالی‌که کروم آلی بیش از ۲۵ درصد جذب روده‌ای دارد (Moreira *et al.*, 2020)، بسیاری از پژوهشگران معتقدند که زیست‌فراهمی منابع معدنی عناصر

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

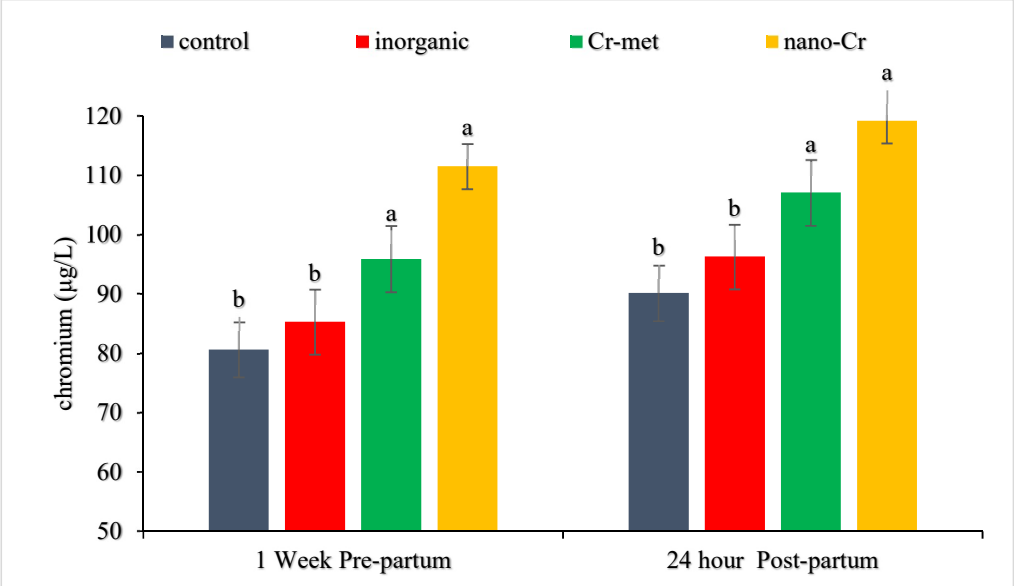

Fig. 4. Effect of using different forms of chromium on blood chromium concentration of Afshari ewes

شکل ۴- اثر استفاده از شکل‌های مختلف کروم بر غلظت کروم خون میش‌های افشاری

معمولاً کمتر از شکل‌های نانو و کمپلکس‌های آلی است (Hill and Li, 2017; Phan *et al*., 2020; Maximino *et al*., 2018). در مطالعات متعددی نشان داده شده است که به‌دلیل جذب بیشتر، از نانوذرات آلی برای افزایش ارزش غذایی در تغذیه دام استفاده می‌شود (Travan *et al*., 2009; Hassan *et al*., 2017; Kargar *et al*., 2018). اطلاعات مربوط به تأثیر شکل‌های مختلف کروم بر غلظت نیتروژن اوره‌ای خون میش‌ها در شکل ۵ ارائه شده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده، غلظت نیتروژن اوره‌ای خون در تیمارهای دریافت‌کننده شکل‌های مختلف کروم نسبت به گروه شاهد در زمان یک هفته قبل و بعد از زایمان، کاهش یافت. در تیمارهای دریافت‌کننده کروم به‌شکل کروم-متیونین و نانو ذرات کروم، غلظت اوره خون به‌صورت معنی‌داری کمتر از تیمار دریافت‌کننده کروم به‌شکل معدنی و سپس گروه شاهد بوده است ($P<۰/۰۵$)، در صورتی‌که در زمان سه هفته قبل و بعد از زایش، اختلاف معنی داری بین تیمارهای مختلف آزمایشی از نظر غلظت اوره خون وجود نداشت. همچنین، اطلاعات مربوط به روند تغییر غلظت اوره خون در زمان ناشتا و بعد از تغذیه در شکل ۶ نمایش داده شده است. نتایج نشان داد که غلظت اوره خون در زمان ناشتا در بیشترین مقدار بوده و در زمان سه و شش ساعت پس از تغذیه، روند کاهشی را در پیش گرفته و تیمارهای دریافت‌کننده کروم نسبت به گروه شاهد، مقدار اوره خون کمتری را در زمان‌های مختلف نشان دادند. نیتروژن اوره‌ای خون، محصول نهایی نیتروژن خوراک دام است. دستگاه گوارش نیز محل اصلی جذب آمونیاک یا اوره خون است، ولی سایر بافت‌ها مانند عضله و کلیه، توانایی تولید آمونیاک را دارند (Stewart *et al.*, 2012)، بنابراین انتظار می‌رود که با افزایش منبع نیتروژنی خوراک، غلظت اوره خون نیز افزایش پیدا کند. در شرایطی که تغییرات زیادی در غلظت آمونیاک شکمبه رخ دهد، تغییر در مقدار اوره خون نیز مورد انتظار است. در پژوهش حاضر به نظر می‌رسد که یک رابطه منطقی بین مقدار آمونیاک شکمبه و اوره خون وجود دارد زیرا در زمان دو هفته بعد از زایمان که نمونه‌های شکمبه‌ای اخذ شد، غلظت آمونیاک شکمبه تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت (جدول ۳) و در همین زمان، غلظت نیتروژن اوره‌ای خون نیز در تیمارهای مختلف آزمایشی اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۲). مطابق با این نتایج، گزارش شده است که مکمل کروم، تأثیر معنی‌داری بر غلظت اوره پلاسمای بره‌ها ایجاد نکرد (Dominguez-Vara *et al*., 2009). فقدان آثار کروم بر غلظت اوره خون با گزارش‌های دیگر مطابقت دارد (Kitchalong *et al*., 1995; Bunting *et al*., 2000) و نشان می‌دهد که عملکرد کبد در سم‌زدایی آمونیاک تحت تأثیر مصرف کروم به‌خطر نمی‌افتد (Jin *et al*., 2017). کمتر بودن غلظت اوره خون در گوسفندان دریافت‌کننده

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

تیمارهای کروم در یک هفته قبل و بعد از زایش در آزمایش حاضر با نتایج Amoikon *et al.* (1995) و Wang *et al.* (2007) مطابقت دارد، در حالی‌که Page *et al.* (1993) و Matthews *et al.* (2001) عدم تأثیر کروم بر غلظت اوره خون را گزارش نمودند. همان‌گونه که نتایج نشان دادند، غلظت اوره خون در تیمارهای دریافت‌کننده کروم کمتر از گروه شاهد بود که این مسئله می‌تواند به دلیل مصرف خوراک بیشتر و کاهش وزن کمتر این گروه‌ها نسبت به گروه شاهد باشد (نتایج گزارش نشده). نقش کروم در ذخیره پروتئین و کاهش تجزیه آن نیز می‌تواند دلیل کاهش غلظت اوره خون باشد (Wang *et al.*, 2009).

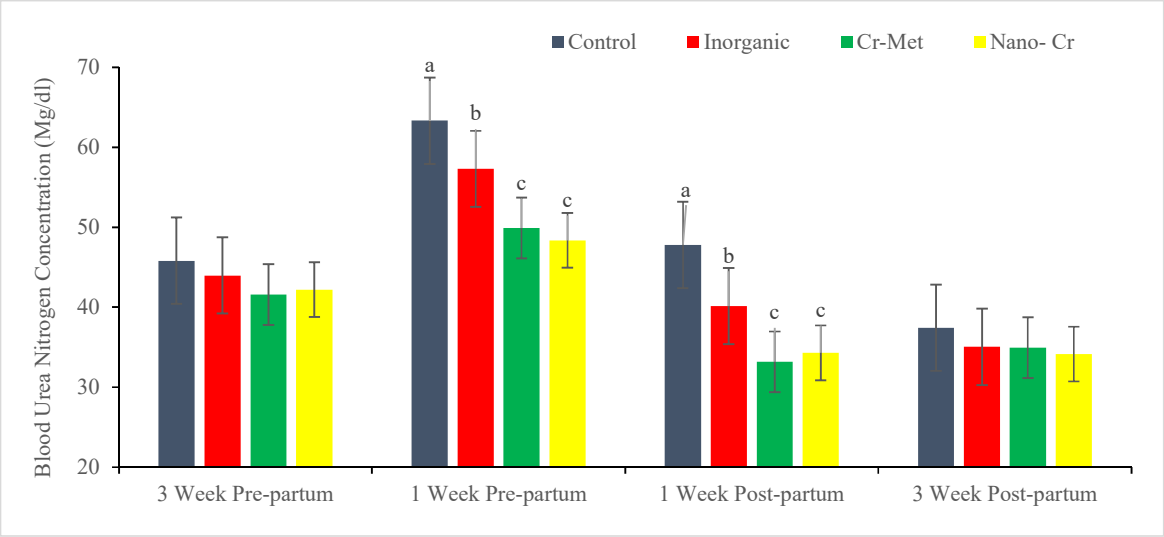

Fig. 5. Effect of using different forms of chromium on blood urea nitrogen concentration of Afshari ewes.
[a-c] Different letters on chart indicate significant difference (P<0.05).

شکل ۵- اثر استفاده از شکل‌های مختلف کروم بر غلظت نیتروژن اوره‌ای خون میش‌های افشاری

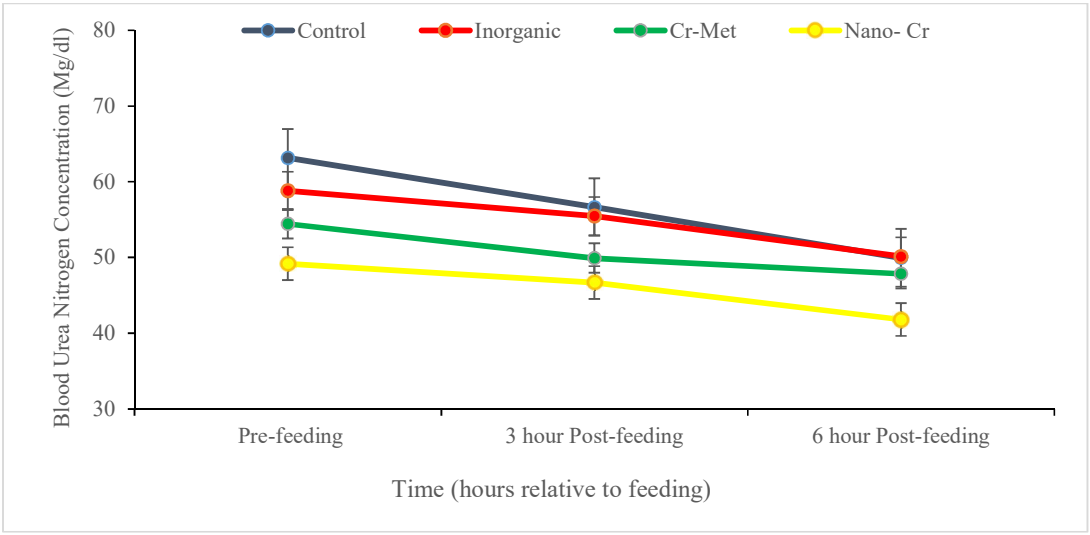

Fig. 6. Effect of using different forms of chromium on blood urea nitrogen concentration of Afshari ewes in before and after feeding

شکل ۶- اثر استفاده از شکل‌های مختلف کروم بر غلظت نیتروژن اوره‌ای خون میش‌های افشاری در زمان‌های مختلف قبل و بعد از تغذیه

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

نتیجه‌گیری کلی

افزودن سه میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک مکمل کروم به جیره میش‌ها در دوره انتقال باعث مقاومت دام در برابر کاهش وزن بعد از زایش، افزایش مصرف خوراک و افزایش وزن زایش میش‌ها شد. به‌طور کلی، با توجه به بهبود فاکتورهای خونی مؤثر در مقاومت تنش، دریافت کروم به‌ویژه به شکل‌های کروم-متیونین و نانو ذرات کروم در دوره انتقال میش‌های متاثر از تنش گرمایی قابل توصیه است.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از گروه علوم دامی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و دامداری آقای سلیمانی به‌واسطه فراهم نمودن امکانات آزمایشگاهی و مرزعه‌ای این پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

فهرست منابع

Abdelnour, S. A., Abd El-Hack, M. E., Khafaga, A. F., Arif, M., Taha, A. E., & Noreldin, A. E. (2019). Stress biomarkers and proteomics alteration to thermal stress in ruminants: a review. *Journal of Thermal Biology*, *79*, 120–134. doi: 10.1016/j.jtherbio.2018.12.013

Alfano, F. R. D. A., Palella, B. I., & Riccio, G. (2011). Thermal environment assessment reliability using temperature—humidity indices. *Industrial Health*, *49*(1), 95-106. doi: 10.2486/indhealth.MS1097

Al-Saiadi, M. Y., Al-Shaikh, M. A., Al-Mofarrej, S. I., Al-Showeimi, T. A., Mogawer, H. H., & Dirrar, A. (2004). Effect of chelated chromium supplementation on lactation performance and blood parameters of Holstein cows under heat stress. *Animal Feed Science and Technology*, *117*, 223-233. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2004.07.008

Amoikon, E. K., Fernandez, J. M., Southern, L. L., Thompson, Jr. D. L. Ward, T. L., & Olcott, B. M. (1995). Effects of chromium tripicolinate on growth, glucose tolerance, insulin sensitivity, plasma metabolites, and growth hormone in pigs. *Journal of Animal Science*, *73*, 1123-1130. doi: 10.2527/1995.7341123x

Asadi, M., Toghdori, A., Ghoorchi, T., & Hatami, M. (2023). Influence of organic manganese supplementation on performance, digestibility, milk yield and composition of Afshari ewes in the transition period, and the health of their lambs. *Animal Production Research, 12*(1), 1-12. doi: 10.22124/AR.2023.23808.1752 [In Persian]

Asadi, M., Toghdory, A., Ghoorchi, T., & Kargar, Sh. (2018). Effect of physical form of the concentrate and buffer type on the rumen and blood parameters and microbial protein synthesis in fattening Dalagh lamb. *Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi), 122*(1), 143-158. doi: 10.22092/asj.2018.121090.1658 [In Persian]

Bell, A. W, Greenwood, P. L., & Ehrhardt, R. A. (2005). Regulation of metabolism and growth during prenatal growth. In: Burrin DG, Mersmann HJ, editor. Biology of metabolism in growing animals. Edinburgh, UK: Elsevier Limited. doi: 10.1016/S1877-1823(09)70008-6

Besong, S., Jackson, J. A., Trammell, D. S., & 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 diet. *Journal of Dairy Science*, *84*, 1679-1685. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(01)74603-6

Broderick, G. A., & Kang, J. H. (1980). Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and in vitro media. *Journal of Dairy Science*, *54*, 1176-1183. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(80)82888-8

Bunting, L. D., Tarifa, T. A., Crochet, B. T., Fernandez, J. M., Depew, C. L., & Lovejoy, J. C. (2000). Dietary inclusion of chromium propionate and (or) calcium propionate influences gastrointestinal development and insulin function in dairy calves. *Journal of Dairy Science*, *83*, 2491-2498. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(00)75141-1

Choi, S. J., Oh, J. M., & Choy, J. H. (2010). Biocompatible nanoparticles intercalated with anticancer drug for target delivery: pharmacokinetic and biodistribution study. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, *10*(4), 2913-2916. doi: 10.1166/jnn.2010.1415

Cortas, N. K., & Wakid, N. W. (1990). Determination of inorganic nitrate in serum and urine by a kinetic cadmium-reduction method. *Clinical Chemistry*, *36*(8), 1440-1443. doi: 10.1093/clinchem/36.8.1440

Dallago, B., McManus, C., Caldeira, D., Lopes, A., Paim, T., Franco, E., Borges, B., Teles, P., Correa, P., & Louvandini, H. (2011). Performance and ruminal protozoa in lambs with chromium supplementation. *Veterinary Science Research*, *90*, 253-256. doi: 10.1016/j.rvsc.2010.06.015

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Dębski, B., Zalewski, W., Gralak, M. A., & Kosla, T. (2004). Chromium-yeast supplementation of chicken broilers in an industrial farming system. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology 18*(1), 47-51. doi: 10.1016/j.jtemb.2004.02.003

Dehority, B. A., & Males, J. R. (1984). Rumen Fluid Osmolality: Evaluation of influence upon the occurrence and numbers of holotrich protozoa in sheep. *Journal Animal Science*, *38*, 865-870. doi: 10.2527/jas1974.384865x

Deka, R. S., Mani, V., Kumar, M., Shiwajirao, Z. S., & Kaur, H. (2015). Chromium supplements in the feed for lactating Murrah buffaloes (*Bubalus bubalis*): influence on nutrient utilization, lactation performance, and metabolic responses. *Biological Trace Element Research, 168*, 362-371. doi: 10.1007/s12011-015-0372-x

Domínguez-Vara, I. A., González-Muñoz, S. S., Pinos-Rodríguez, J. M., Bórquez-Gastelum, J. L., Bárcena-Gama, R., Mendoza-Martínez, G., Zapata, L. E., & Landois-Palencia, L .L. (2009). Effect of feeding selenium-yeast and chromium-yeast to finishing lambs on growth, carcass characteristics, and blood hormones and metabolites. *Journal of Animal Feed Science and Technology*, *152*, 42-49. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2009.03.008

Duffield, T. F., Merrill, J. K., & Bagg, R. N. (2012). Meta-analysis of the effects of monensin in beef cattle on feed efficiency, body weight gain, and dry matter intake. *Journal of Animal Science*, *90*(12), 4583-4592. doi: 10.2527/jas.2011-5018

Emami, A., Zali, A. Ganjkhanlou, M., Hozhabri, A., & Akbari, A. (2013). Effect of different levels of chromium methionin supplementation on growth performance, meat oxidative stability and ruminal metabolites of male goat kids. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, *3*(2), 273-278.

Forbes, C. D., Fernandez, J. M., Bunting, L. D., Southern, L. L., Thompson, D. L., Gentry, L. R., & Chapa, A. M. (1998). Growth and metabolic characteristics of Suffolk and Gulf Coast Native yearling ewes supplemented with chromium tripicolinate. *Small Ruminant Research*, *28*(2), 149-160. doi: 10.1016/S0921-4488(97)00078-3

Ghorbani, A., Noorian Soroor, M. A., & Moini, M. M. (2017). The effect of zinc and selenium supplements on feed intake, digestibility and parameters of ruminal fermentation in sheep. *Journal of Animal Science*, *36*, 11-17. doi: 10.22092/asj.2017.113262

Ghorbani, A., Sadri, H., Alizadeh, A. R., & Bruckmaier, R. M. (2012). Performance and metabolic responses of Holstein calves to supple-mental chromium in colostrum and milk. *Journal of Dairy Science*, *95*, 5760-5769. doi: 10.3168/jds.2012-5500

Haldar, S., Mondal, S. Samanta, S., & Ghosh, T. K. (2009b). Performance traits and metabolic responses in goats (*Capra hircus*) supplemented with inorganic trivalent chromium. *Journal of Biological Trace Element Research*, *131*, 110-123. doi: 10.1007/s12011-009-8356-3

Harrison, G. A., Hemken, R. W., Dawson, K. A., Harmon, R. J., & Barker, K. B. (1988). Influence of addition of yeast culture supplement to diets of lactating cows on ruminal fermentation and microbial populations 1. *Journal of Dairy Science*, *71*, 2967-2975. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(88)79894-X

Harvey, K. M., Cooke, R. F., & Marques, R. S. (2021). Supplementing trace minerals to beef cows during gestation to enhance productive and health responses of the offspring. *Animals*, *11*(4), 1159. doi: 10.3390/ani11041159

Hassan, F. A, Mahmoud, R., & El-Araby, I. E. (2017). Growth performance, serum biochemical, economic evaluation and IL6 gene expression in growing rabbits fed diets supplemented with zinc nanoparticles. *Zagazig Veterinary Journal*, *45*(3), 238-249. doi: 10.21608/zvjz.2017.7949

Hill, E. K., & Li, J. (2017). Current and future prospects for nanotechnology in animal production. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, *8*(1), 1-13. doi: 10.1186/s40104-017-0157-5

Hodgson, E., Cope, W. G., & Leidy, R. B. (2004). Classes of toxicants: use classes. Pp. 49-74 in Textbook of Modern Toxicology. E. A. Hodgson Ed. 3th Ed. Wiley-Interscience, New Jersey. doi: 10.1002/0471646776.ch5

Ibrahim, W. M., Oda, S. S., & Khafaga, A. F. (2017). Pathological evaluation of the effect of zinc oxide nanoparticles on chromium-induced reproductive toxicity in male albino rats. *Alexandria Journal of Veterinary Sciences*, *53*(2), 24-32. doi: 10.5455/ajvs.251315

Jin, D., Kang, K., Wang, H., Wang, Z., Xue, B., Wang, L., Xu, F., & Peng, Q. (2017). Effects of di-etary supplementation of active dried yeast on fecal methanogenic archaea diversity in dairy cows. *Anaerobe Journal*, *44*, 78-86. doi: 10.1016/j.anaerobe.2017.02.007

Kaneko, J. J. (2008). Clinical biochemistry of domestic animals. 6th ed. Academic Press, Inc., San Diego.

Kargar, S., Mousavi, F., & Karimi-Dehkordi, S. (2018). Effects of chromium supplementation on weight gain, feeding behaviour, health and metabolic criteria of environmentally heat-loaded Holstein dairy calves from birth to weaning. *Archives of Animal Nutrition*, *72*, 443-457. doi: 10.1080/1745039X.2018.1510157

Kargar, S., Mousavi, S., Karimi-Dehkordi, M., & Ghaffari, M. H, (2018). Growth performance, feeding behavior, health status, and blood metabolites of environmentally heat-loaded Holstein dairy calves fed diets supplemented with chromium. *Journal of Dairy Science*, 101, 1-12. doi: 10.3168/jds.2017-14154

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Kashfi, H., Yazdani, A. R., & Latifi, M. (2011). Economical study of effective management strategies on prevention of displaced abomasum in transition period in commercial dairy farms in Shahroud. *Research on Animal Production*, *2*(4), 61-70. doi: 10.1586/s40104-564-0877-5

Kegley, E. B., Galloway, D. L., & Fakler, T. M. (2000). Effect of dietary Chromium-L- methionine on glucose metabolism of beef steers. *Journal of Animal Science*, *78*, 3177-3183. doi: 10.2527/2000.78123177x

Kitchalong, L., Fernandez, J. M. Bunting, L. D. Southern, L. L., & Bidner, T. D. (1995). Influence of chromium tripicolinate on glucose metabolism and nutrient partitioning in growing lambs. *Journal of Animal Science*, *73*, 2694-2705. doi: 10.2527/1995.7392694x

Kojouri, G. A., & Shirazi, A. (2007). Serum concentrations of Cu, Zn, Fe, Mo and Co in newborn lambs following systemic administration of vitamin E and selenium to the pregnant ewes. *Small Ruminant Research*, *70*(2-3), 136-139. doi: 10.1016/j.smallrumres.2006.02.002

Lashkari, S, Habibian, M., & Jensen, S. K. (2018). A review on the role of chromium supplementation in ruminant nutrition—effects on productive performance, blood metabolites, antioxidant status, and immunocompetence. *Biological Trace Element Research*, *186*, 305-321. doi: 10.1007/s12011-018-1310-5

Matthews, J. O., Southern, L. L., Fernandez, J. M., Pontif, J. E., Bidner, T. D., & Odgaard, R.L. (2001). Effect of chromium picolinate and chromium propionate on glucose and insulin kinetics of growing barrows and on growth and carcass traits of growingfinishing barrows. *Journal of Animal Science*, *79*, 2172-2178. doi: 10.2527/2001.7982172x

Maximino, N., Pérez-Alvarez, M., Sierra-Ávila, R., Ávila-Orta, C. A., Jiménez-Regalado, E., Bello, A. M., & Cadenas-Pliego, G. (2018). Oxidation of copper nanoparticles protected with different coatings and stored under ambient conditions. *Journal of Nanomaterials*, *2018*, 512768. doi: 10.1155/2018/9512768

Mayorga, E. J., Kvidera, S. K., Seibert, J. T., Horst, E. A., Abuajamieh, M., Al-Qaisi, M., Lei, S., Ross, J. W., Johnson, C. D., Kremer, B., Ochoa, L., Rhoads, R. P., & Baumgard, L. H. (2019). Effects of dietary chromium propionate on growth performance, metabolism, and immune biomarkers in heat-stressedfinishing pigs1. *Journal of Animal Science*, *97*, 1185-1197. doi: 10.1093/jas/sky484

Meyer, A. M., Reed, J. J, Neville, L., Thorson, J., Maddock-Carlin, R., Taylor, B., Reynolds, P., Redmer, A., Luther, S., Hammer, J., Vonnahme, A., & Caton, S. (2011). Nutritional plane and selenium supply during gestation affect yield and nutrient composition of colostrum and milk in primiparous ewes. *Journal of Animal Science*, *89*, 1627-1639. doi: 10.2527/jas.2010-3394

Moezzi, A., McDonagh, A. M., & Cortie, M. B. (2012). Zinc oxide particles: Synthesis, properties and applications. *Chemical Engineering Journal*, *185*, 1-22. doi: 10.1016/j.cej.2012.01.076

Moreira, P. S. A., Palhari, C., & Berber, R. C. A. (2020). Dietary chromium and growth performance animals: a review. *Scientific Electronic Archives*, *13*(7), 59-66. doi: 10.36560/13620201151

Mosayebi, M., Aliarabi, H., & Farahavar, A. (2017). Effect of adding organic chromium and L-carnitine to feedlot lamb's diet on performance, glucose metabolism and some blood parameters. *Journal of Ruminant Research*, *5*, 81-110. doi: 10.29252/rap.10.23.65 [In Persian]

Mousaie, A., Valizadeh, R., Naserian, A. A., Heidarpour, M., & Mehrjerdi, H. K. (2014). Impacts of feeding selenium-methionine and chromium-methionine on performance, serum components, antioxidant status, and physiological responses to transportation stress of Baluchi ewe lambs. *Biological Trace Element Research*, *162*, 113-123. doi: 10.1007/s12011-014-0162-x

Mousavi, F., Karimi-Dehkordi, S., Kargar, S., & Ghaffari, M. H. (2019). Effect of chromium supplementation on growth performance, meal pattern, metabolic and antioxidant status and insulin sensitivity of summer-exposed weaned dairy calves. *Animal*, *13*(5), 968-974. doi: 10.1017/S1751731118002318

Mousavi, F., Karimi-Dehkordi, S., Kargar, S., & Khosravi-Bakhtiari, M. (2019). Effects of dietary chromium supplementation on calf performance, metabolic hormones, oxidative status, and susceptibility to diarrhea and pneumonia. *Animal Feed Science and Technology*, *248*, 95-105. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2019.01.004

Mullins, C. R., Mamedova, L. K., Brouk, M. J., Moore, C. E., Green, H. B., Perfield, K. L., & Bradford, B. J. (2012). Effects of monensin on metabolic parameters, feeding behavior, and productivity of transition dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *95*(3), 1323-1336. doi: 10.3168/jds.2011-4744

National Research Council. (2001). Nutrient Requirements for Dairy Cattle. 7th Revised edition. National Academies Press, Washington, DC, USA.

National Research Council. (2007). Nutrient Requirements of Small Ruminants. Sheep, goats, cervide and new world camelids. Washington, DC: National Academy Press.

Nikkhah, A., Mirzaei, M., Khorvash, M., Rahmani, H. R., & Ghorbani, G. R. (2011). Chromium improves production and alters metabolism of early lactation cows in summer. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, *95*, 81-89. doi: 10.1111/j.1439-0396.2010.01007.x

Nonaka, I., Takusari, N., Tajima, K., Suzuki, T., Higuchi, K., & Kurihara, M. (2008). Effects of high environmental temperatures on physiological and nutritional status of prepubertal Holstein heifers. *Livestock Science*, *113*(1), 14-23. doi: 10.1016/j.livsci.2007.02.010

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Noori, G. H., Amanlou, R. H., Harakinejhad, M. T., Eskandainasab, M. P., & Mirzayee, H. R. (2015). The effects of chromium supplementation during late pregnancy on performance and blood metabolites of twin-bearing ewes. *Journal of Ruminant Research, 3*(1), 35-52. doi: 10.2347/s15961-014-7642-x [In Persian]

Nooriyan Soroor, M. E., Haghi Ghobadi, M., Eskandari, K., & Moeini, M. M. (2018). Effects of three sources of chromium on growth traits, fermentation parameters, protozoa population and some blood metabolites in Mehraban male lambs. *Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi), 123*, 149-166. doi: 10.22092/asj.2018.121012.1654 [In Persian]

Ohh, S. J., & Lee, J. Y. (2005). Dietary chromium-methionine chelate supplementation and animal performance. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *18*(6), 898-907. doi: 10.5713/ajas.2005.898

Ottenstein, D. M., & Batler, D. A. (1971). Imoroved gas chromatography separation of free acids C2-C5 in dilute solution. *Analytical Chemistry*, *43*, 952-955. doi: 10.1093/chromsci/9.11.673

Page, T. G., Southern, L. L., Ward, T. L., & Thompson, Jr D. L. (1993). Effect of chromium picolinate on growth and serum and carcass traits of growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science*, *71*, 656-662. doi: 10.2527/1993.713656x

Pantelić, M., Jovanović, L. J, Prodanović, R., Vujanac, I., Đurić, M., Ćulafić, T., & Kirovski, D. (2018). The impact of the chromium supplementation on insulin signalling pathway in different tissues and milk yield in dairy cows. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, *102*(1), 41-55. doi: 10.1111/jpn.12655

Pechova, A., Podhorsky, A., Lokajova, E., Pavlata, L., & Illek, J. (2002). Metabolic effects of chromium supplementation in dairy cows in the peripartal period. *Acta Veterianaria Brunensis*, *71*, 9-18. doi: 10.2754/avb200271010009

Phan, T. T. V., Huynh, T. C., Manivasagan, P., Mondal, S., & Oh, J. (2020). An up-to-date review on biomedical applications of palladium nanoparticles. *Nanomaterials*, *10*(1), 66. doi: 10.3390/nano10010066

Raje, K., Ojha, S., Mishra, A., Munde, V. K., Rawat, C., Chaudhary, S. K. (2018). Impact of supplementation of mineral nano particles on growth performance and health status of animals: A review. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, *6*, 1690-1694. doi: 10.21608/svu.2023.191602.1258

Rikhari, K., Tiwari, D., & Kumar, A. (2010). Effect of dietary supplemental chromium on nutrient utilization, rumen metabolites and enzyme activities in fistulated crossbred male cattle. *Indian Journal of Animal Sciences*, *80*(Abstr). doi: 10.1007/s113022-014-0162-x

Robinson, J. J., McDonald, I., Fraser, C., & Crofts, R. M. J. (1977). Studies on reproduction in prolific ewes I. Growth of the products of conception. *The Journal of Agricultural Science*, *88*(3), 539-552. doi: 10.1017/S0021859600046372

SAS Institute. (2004). User's Guide. Version 9.1: Statistics. SAS Institute, Cary, NC.

Seifalinasab, A., Mousaie, A., Sattaei Mokhtari, M., & Doumari, H. (2019). The effect of organic chromium supplement on growth performance, nutrients digestibility and some ruminal fermentation parameters and blood metabolites in fattening lambs. *Research on Animal Production*, *10*(23), 65-74. doi: 10.29252/rap.10.23.65 [In Persian]

Soltan, M. A. (2010). Effect of dietary chromium supplementation on productive and repro-ductive performance of early lactating dairy cows under heat stress. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, *94*, 264-272. doi: 10.1111/j.1439-0396.2008.00913.x

Soltan, M. A., Almujalli, A. M., Mandour, M. A., & Abeer, M. E. S. (2012). Effect of dietary chromium performance, supplementation rumen on growth fermentation characteristics and some blood serum units of fattening dairy calves under heat stress. *Pakistan Journal of Nutrition*, *11*(9), 751-756. doi: 10.22092/asj.2018.121012.1654

Soriani, N., Panella, G., & Calamari, L. (2013). Rumination time during the summer season and its relationships with metabolic conditions and milk production. *Journal of Dairy Science*, *96*, 5082-5094. doi: 10.3168/jds.2013-6620

Spears, J. W. (2019). Boron, chromium, manganese, and nickel in agricultural animal production. *Biological Trace Element Research*, *188*(1), 35-44. doi: 10.1007/s12011-018-1529-1

Stahlhut, H. S., Whisnant, C. S., Lloyd, K. E., Baird, E. J., Legleiter, L. R., Hansen, S. L., & Spears, J. W. (2006). Effect of chromium supplementation and copper status on glucose and lipid metabolism in Angus and Simmental beef cows. *Animal Feed Science and Technology*, *128*(3-4), 253-265. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2005.11.002

Stewart, W. C., Bobe, G., Pirelli, G. J., Mosher, W. D., & Hall, J. A. (2012). Organic and inorganic selenium: III. Ewe and progeny performance. *Journal of Animal Science*, *90*, 4536-4543. doi: 10.2527/jas.2011-5019

Taheri, H. R., & Tavakoli Alamuti, M. (2011). Animal nutrition science. 1thed. Aeeizh publication, Tehran, Iran. P. 432. [In Persian]

Travan, A., Pelillo, C., Donati, I., Marsich, E., Benincasa, M., Scarpa, T., & Paoletti, S. (2009). Non-cytotoxic silver nanoparticle-polysaccharide nanocomposites with antimicrobial activity. *Biomacromolecules*, *10*(6), 1429-1435. doi: 10.1021/bm900039x

Uyanik, F. (2001). The effects of dietary chromium supplementation on some blood parameters in sheep. *Journal*

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

of Biological Trace Element Research, *84*, 93-101. doi: 10.1385/BTER:84:1-3:093

Uyanik, F., Kaya, Ş., Kolsua, A. H., Eren, M., & Şahin, N. (2002). The effect of chromium supplementation on egg production, egg quality and some serum parameters in laying hens. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, *26*(2), 379-387. doi: 10.5607/s12011-064-5862-x

Vincent, J. B. (2015). Is the pharmacological mode of action of chromium (III) as a second messenger. *Biological Trace Element Research*, *166*, 7-12. doi: 10.1007/s12011-015-0231-9

Wang, C., Liu, Q., Yang, W. Z., Dong, Q., Yang, X. M., He, D. C., Zhang, P., Dong, K. H., & Huang, Y. X. (2009). Effects of selenium yeast on rumen fermentation, lactation performance and feed digestibilities in lactating dairy cows. *Livestock Science*, *126*, 239-244. doi: 10.1016/j.livsci.2009.07.005

Wang, M. Q., Xu, Z. R., Zha, L. Y., & Lindemann, M. D. (2007). Effects of chromium nanocomposite supplementation on blood metabolites, endocrine parameters and immune traits in finishing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, *139*, 69-80. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2006.12.004

West, J. W. (1999). Nutritional strategies for managing the heat-stressed dairy cows. *Journal of Animal Science, 77*, 21-29. doi: 10.2527/1997.77suppl_221x

Yari, M., Baharifar, M., Alizadeh Masuleh, A., & Mousaie, A. (2018). Growth performance, feeding behavior and physiological responses of young growing Holstein male calves to dietary chromium-methionine (Cr-Met) supplementation related to body weight and age. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, *8*(3), 415-422. doi: 10.1017/S0021859600046372

Yari, M., Nikkhah, A., Alikhani, M., Khorvash, M., Rahmani, H., & Ghorbani, G. R. (2010). Physiological calf responses to increased chromium supply in summer. *Journal of Dairy Science*, *93*, 4111-4120. doi: 10.3168/jds.2009-2568

Zhao, M. D., Di, L. F., Tang, Z. Y., Jiang, W., & Li, C. Y. (2019). Effect of tannins and cellulase on growth performance, nutrients digestibility, blood profiles, intestinal morphology and carcass characteristics in Hu sheep. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *32*, 1540-1547. doi: 10.5713/ajas.18.0901

Archive of SID.ir