



The effect of different forms of chromium on weight changes and glucose and insulin tolerance test of *Afshari* ewes during the transition period under the influence of heat stress

Mohammad Asadi¹ | Taghi Ghoorchi² | Abdolhakim Toghdory³

1. Corresponding author, Department of Animal and Poultry Nutrition, Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-Mail: Mohammad.asadi_s97@gau.ac.ir
2. Department of Animal and Poultry Nutrition, Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-Mail: Ghoorchi@gau.ac.ir
3. Department of Animal and Poultry Nutrition, Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-Mail: Toghdory@gau.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:

Received 19 September 2023
Received in revised form
6 February 2024
Accepted 7 February 2024
Published online 15 March 2024

Keywords:

Chromium
Glucose test
Heat stress
Transition period
Weight changes

ABSTRACT

Introduction: During pregnancy, especially the period around birth, animals make many metabolic adjustments to support the transition from pregnancy to lactation. Since the last two months of pregnancy (late pregnancy) constitute 75% of fetal growth, therefore, enriching the sheep diet can have positive consequences on the health and general performance of the ewe and lamb. In such conditions, using of management and nutritional strategies will reduce the problems during the transition period and heat stress condition. Under stress condition, the mobilization of glycogen reserves and glucose production occur to produce energy to maintain stability in the body. Chromium is one of the scarce essential minerals that plays an important role in the metabolism of carbohydrates, lipids, proteins and nucleic acids. Chromium is part of the glucose tolerance factor that increases the affinity of insulin receptors to insulin hormone and increases the sensitivity of receptors to insulin.

Material and Methods: This experiment was conducted to evaluate the effect of different forms of chromium in ewes during the transition period under the heat stress condition. Forty pregnant *Afshari* ewes from 42±5 days before the expected lambing were assigned to four treatments with 10 replications in a completely randomized design. Experimental treatments included: 1) basal diet without chromium supplementation (control), 2) basal diet containing three milligrams of inorganic chromium per kg of DM, 3) basal diet containing three milligrams of chromium in the form of chromium-methionine per kg of DM and 4) basal diet containing three milligrams of chromium in the form of chromium nanoparticles per kg of DM.

Results and Discussion: The results showed that ewes receiving chromium had less weight changes at two, four and six weeks after lambing ($P \leq 0.05$). Also, supplementation of different forms of chromium increased the body condition score of ewes at the time and six weeks after lambing ($P \leq 0.05$). Ewes receiving chromium-methionine and chromium nanoparticles had better body condition than control and inorganic chromium treatments. There was no significant difference in glucose concentration between the treatments 60 and 90 minutes after intravenous glucose injection. After 60, 90, 120 and 180 minutes after the intravenous injection of glucose, the insulin concentration of the ewes receiving different forms of chromium decreased compared to the control treatment ($P \leq 0.05$).

Conclusion: In general, the use of chromium, especially in the form of chromium-methionine and chromium nanoparticles, is recommended during the transition period of ewes under the influence of heat stress.

Cite this article: Asadi, M., Ghoorchi, T., & Toghdory, A. (2024). The effect of different forms of chromium on weight changes and glucose and insulin tolerance test of *Afshari* ewes during the transition period under the influence of heat stress. *Journal of Animal Production*, 26 (1), 33-44. DOI: <https://doi.org/10.22059/jap.2024.365589.623760>





اثر شکل‌های مختلف کروم بر تغییرات وزنی و آزمون تحمل گلوکز و انسولین میش‌های افشار در دوره انتقال تحت تأثیر تنش گرمایی

محمد اسدی^۱ | تقی قورچی^۲ | عبدالحکیم توغدوری^۳

۱. نویسنده مسئول، گروه تغذیه دام و طیور دانشکده علوم دامی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: Mohammad.asadi_s97@gu.ac.ir
۲. گروه تغذیه دام و طیور دانشکده علوم دامی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: Ghoorchi@gu.ac.ir
۳. گروه تغذیه دام و طیور دانشکده علوم دامی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: Toghdory@gu.ac.ir

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

مطالعه حاضر به منظور اثر شکل‌های مختلف کروم بر تغییرات وزنی و آزمون تحمل گلوکز و انسولین میش‌های افشار در دوره انتقال تحت تأثیر تنش گرمایی با استفاده از ۴۰ رأس میش افشاری آبستن (از 42 ± 5 روز پیش از زایش مورد انتظار) در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار و ۱۰ تکرار بررسی شد. 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 نانوذرات کروم به‌ازای هر کیلوگرم ماده خشک جیره بودند. نتایج نشان داد اختلاف معنی‌داری بین میش‌های دریافت‌کننده شکل‌های مختلف مکمل کروم از نظر تغییرات وزنی در شش، چهار و دو هفته قبل از زایش وجود نداشت. میش‌های دریافت‌کننده مکمل کروم تغییرات وزنی کم‌تری در زمان، دو، چهار و شش هفته پس از زایش از خود نشان دادند ($P \leq 0.05$). همچنین شکل‌های مختلف مکمل کروم سبب افزایش امتیاز وضعیت بدنی میش‌ها در زمان و شش هفته پس از زایش شد ($P \leq 0.05$). میش‌های دریافت‌کننده کروم-متیونین و نانوذرات کروم وضعیت بدنی بهتری نسبت به تیمارهای شاهد و کروم معدنی داشتند. نتایج پژوهش نشان داد ۶۰ و ۹۰ دقیقه پس از تزریق درون‌رگی گلوکز، اختلاف معنی‌داری بین غلظت گلوکز تیمارها وجود نداشت. پس از ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ دقیقه پس از تزریق درون‌رگی گلوکز غلظت انسولین میش‌های دریافت‌کننده اشکال مختلف کروم نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت ($P \leq 0.05$). براساس نتایج حاصل استفاده از کروم به‌ویژه به شکل‌های کروم-متیونین و نانوذرات کروم در دوره انتقال میش‌ها تحت تأثیر تنش گرمایی توصیه می‌شود.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۲۸

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۱/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۸

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱۲/۲۵

کلیدواژه‌ها:

آزمون گلوکز
تغییرات وزنی
تنش گرمایی
دوره انتقال، کروم

استناد: اسدی، محمد؛ قورچی، تقی و توغدوری، عبدالحکیم (۱۴۰۳). اثر شکل‌های مختلف کروم بر تغییرات وزنی و آزمون تحمل گلوکز و انسولین میش‌های افشار در دوره انتقال تحت تأثیر تنش گرمایی. *تشریح تولیدات دامی*، ۲۶ (۱)، ۳۳-۴۴.

DOI: <https://doi.org/10.22059/jap.2024.365589.623760>



۱. مقدمه

دوره آبستنی به‌ویژه دوره پیرامون زایش، دام‌ها تنظیمات متابولیکی بسیاری برای پشتیبانی انتقال از دوره آبستنی 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 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 (Moezzi *et al.*, 2012). از آنجایی که دو ماه آخر آبستنی (اواخر آبستنی) ۷۵ درصد رشد جنین را تشکیل می‌دهد (Robinson *et al.*, 1977)، لذا غنی‌سازی جیره غذایی مادر می‌تواند پیامدهای مثبتی بر سلامت و عملکرد کلی مادر و فرزندان داشته باشد (Harvey *et al.*, 2021). در چنین شرایطی به‌کارگیری روش‌های مدیریتی و تغذیه‌ای سبب کاهش مشکلات در دوره انتقال و تنش‌های گرمایی می‌شود. در شرایط تنش، بسیج ذخایر گلیکوژن و تولید گلوکز جهت تولید انرژی برای حفظ پایداری در بدن رخ می‌دهد (Kashfi *et al.*, 2011).

۲. پیشینه پژوهش

کروم از جمله مواد معدنی ضروری کم‌مصرفی می‌باشد که در متابولیسم کربوهیدرات، لیپید، پروتئین و اسیدهای نوکلئیک نقش دارد (Komorowski *et al.*, 2012). کروم جزئی از فاکتور تحمل گلوکز می‌باشد که میل ترکیبی گیرنده‌های انسولین را به هورمون انسولین افزایش می‌دهد و موجب افزایش حساسیت گیرنده‌ها به انسولین می‌گردد. همچنین گزارش شده است کمبود کروم باعث مقاومت انسولینی و برخی اختلالات لیپیدی می‌شود که با مصرف مکمل کروم بهبود می‌یابند. کروم می‌تواند تأثیرگذاری انسولین را با افزایش پیوند به گیرنده‌های انسولین در سطح سلول و افزایش حساسیت سلول‌های هدف بهبود ببخشد (Besong *et al.*, 2001; Owen *et al.*, 2001). کروم اثر خود را به کمک یک الیگوپپتید (کرومودولین) که از چهار اسیدآمین (گلایسین، سیستئین، اسپاراتات و گلوتامات) تشکیل شده است، اعمال می‌کند (Besong *et al.*, 2001). این الیگوپپتید آنزیم تیروزین کیناز متصل به گیرنده انسولین را فعال کرده و از این طریق پاسخ سلول‌ها به انسولین را افزایش می‌دهد. به‌عنوان مثال، مطالعات نشان می‌دهد که فراسنجه‌های مربوط به متابولیسم گلوکز در بزهای دریافت‌کننده مکمل کروم آلی نسبت تیمارهای دریافت‌کننده معدنی پس از تزریق درون‌رگی گلوکز در آزمون تحمل گلوکز بهبود یافت (Haldar *et al.*, 2007). همچنین مطالعات پژوهش‌گران نشان می‌دهد افزودن کروم به جیره بز باعث کاهش بیان ژن‌های دخیل در ساخت لیپیدها می‌شود و از طرفی دیگر کروم با افزایش فعالیت انسولین، انرژی دریافتی از خوراک را به سمت رشد و تولید ماهیچه سوق می‌دهد (Sadeghi *et al.*, 2015). از این‌رو، هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر استفاده از شکل‌های مختلف کروم بر تغییرات وزنی و آزمون تحمل گلوکز و انسولین میش‌های افشار در دوره انتقال تحت تأثیر تنش گرمایی می‌باشد.

۳. روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش در یک واحد گوسفندداری صنعتی واقع در شهرستان بندرگز و در تابستان ۱۴۰۱ انجام گرفت. تعداد ۴۰ رأس میش افشاری آبستن از 42 ± 5 روز پیش از زایش موردانتظار در یک قالب طرح کاملاً تصادفی به چهار تیمار آزمایشی و ۱۰ تکرار در هر تیمار اختصاص یافتند. تیمارهای آزمایشی شامل ۱- جیره پایه بدون مکمل کروم (شاهد)،

۲- جیره پایه حاوی سه میلی گرم کروم به شکل معدنی (کروم کلراید) به ازای هر کیلوگرم ماده خشک، ۳- جیره پایه حاوی سه میلی گرم کروم به شکل کروم-متیونین به ازای هر کیلوگرم ماده خشک و ۴- جیره پایه حاوی سه میلی گرم کروم به شکل نانوذرات کروم به ازای هر کیلوگرم ماده خشک بودند. میش‌ها به صورت جداگانه در باکس‌های انفرادی قرار داشتند و جیره پایه براساس جداول انجمن ملی تحقیقات گوسفند (NRC, 2007) تنظیم شد (جدول ۱) و مکمل‌ها از شرکت توسعه مکمل زیست‌فناور آریانا تهیه و روزانه به صورت سرک به جیره پایه اضافه شد. میش‌ها همگی از نظر سن، تعداد جنین، وزن، تاریخ زایش موردانتظار و رنگ متعادل بودند. صحت آبستنی و زمان احتمالی زایش از طریق هم‌زمان‌سازی آبستنی و سونوگرافی میش‌ها قبل از آزمایش به تأیید رسید. آزمایش از ۴۲ روز قبل زایش شروع شد و به مدت ۸۴ روز به طول انجامید. به منظور اندازه‌گیری تغییرات وزنی میش‌ها وزن‌کشی دو، چهار و شش هفته قبل و بعد از زایش میش‌ها انجام شد. هم‌چنین نمره وضعیت بدنی میش‌ها نیز در زمان‌های شش هفته قبل از زایش، روز زایش و شش هفته پس از زایش اندازه‌گیری شد (Russel *et al.*, 1969).

جدول ۱. مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره پایه میش‌ها

| اجزای تشکیل جیره قبل از زایش (درصد ماده خشک) | | اجزای تشکیل جیره بعد از زایش (درصد ماده خشک) | |
|--|------|--|-------|
| کاه گندم | ۵/۷ | کاه گندم | ۳۴ |
| یونجه | ۳۲ | یونجه | ۳۰ |
| سیلوی ذرت | ۳۰ | دانه ذرت | ۱۹/۷۵ |
| دانه ذرت | ۱۸/۵ | کنجاله سویا | ۷/۷۵ |
| کنجاله سویا | ۷/۲ | تفاله چغندر قند | ۲ |
| تفاله چغندر قند | ۱ | سیوس گندم | ۲/۷ |
| سیوس گندم | ۲/۹ | پودر چربی | ۲/۸ |
| پودر چربی | ۱/۵ | کربنات کلسیم | ۰/۴۲ |
| کربنات کلسیم | ۰/۷ | نمک | ۰/۳۳ |
| نمک | ۰/۳ | مکمل معدنی-ویتامینی | ۰/۲۵ |
| مکمل معدنی-ویتامینی* | ۰/۲ | | |

| ترکیب شیمیایی | | ترکیب شیمیایی | |
|---------------|--|---------------|--|
| مقدار | مواد مغذی جیره | مقدار | مواد مغذی جیره |
| ۲/۵۴ | انرژی قابل سوخت‌وساز (کیلوکالری/کیلوگرم) | ۲/۴۴ | انرژی قابل سوخت‌وساز (کیلوکالری/کیلوگرم) |
| ۱۴/۴۰ | پروتئین خام (درصد) | ۱۴/۴۰ | پروتئین خام (درصد) |
| ۵/۲۰ | چربی خام (درصد) | ۴/۱۰ | چربی خام (درصد) |
| ۳۲/۱۰ | کربوهیدرات‌های غیر فیبری (درصد) | ۳۲/۸۰ | کربوهیدرات‌های غیر فیبری (درصد) |
| ۴۰/۹۰ | فیبر نامحلول در شوینده خنثی (درصد) | ۴۴/۲۰ | فیبر نامحلول در شوینده خنثی (درصد) |
| ۲۵/۰۰ | نشاسته (درصد) | ۲۱/۶۰ | نشاسته (درصد) |
| ۸/۴۰ | خاکستر (درصد) | ۷/۸۸ | خاکستر (درصد) |
| ۰/۸۹ | کلسیم (درصد) | ۱/۴۲ | کلسیم (درصد) |
| ۰/۵۲ | فسفر (درصد) | ۰/۷۱ | فسفر (درصد) |
| ۰/۸۲ | کروم (میلی گرم/کیلوگرم) | ۰/۷۹ | کروم (میلی گرم/کیلوگرم) |

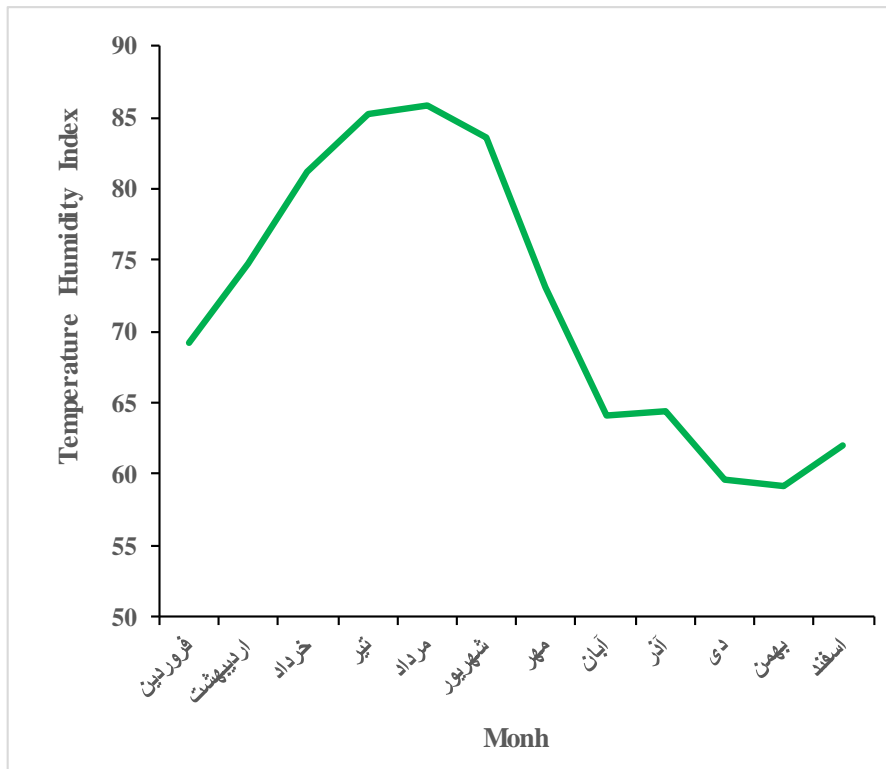
* پیش مخلوط ویتامین و مواد معدنی ارائه شده به ازای هر کیلوگرم جیره غذایی: ویتامین A: ۱۰۰۰۰۰۰U، ویتامین D3: ۲۵۰۰۰۰U، ویتامین E: ۳۰۰۰U، منیزیم ۳۲۰۰۰ میلی گرم، منگنز: ۱۰۰۰۰ میلی گرم؛ روی: ۱۰۰۰۰ میلی گرم؛ مس: ۳۰۰ میلی گرم؛ سلنیم: ۱۰۰ میلی گرم؛ کلسیم: ۱۰۰ میلی گرم؛ آهن: ۳۰۰۰ میلی گرم؛ کبالت: ۱۰۰ میلی گرم؛ فسفر ۳۰۰۰۰ میلی گرم؛ مونسین: ۱۵۰۰ میلی گرم؛ آنتی‌اکسیدان ۱۰۰ میلی گرم.

به منظور ارزیابی وضعیت متابولیسم گلوکز در یک هفته پس از زایش آزمون تحمل گلوکز به روش تزریق درون‌رگی گلوکز انجام شد (Kitchalong *et al.*, 1995). برای این منظور از ۲۴ میش (شش میش در هر گروه آزمایشی) ابتدا پنج دقیقه قبل از تزریق گلوکز، خون‌گیری انجام شد. سپس ۰/۵ میلی‌گرم گلوکز به‌ازای هر کیلوگرم وزن زنده (به شکل دکستروز ۵۰ درصد، تزریقی با نام تجاری، GLUCOJET50% شرکت داروسازی ابوریحان، ایران) در مدت ۳۰ ثانیه به درون سیاهرگ و داج تزریق شد و متعاقب آن در زمان‌های صفر، پنج، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ دقیقه بعد از تزریق به میزان سه میلی‌لیتر در هر بار خون‌گیری شد. تمامی نمونه‌های سرم پس از جداسازی تا زمان اندازه‌گیری فراسنجه‌ها در فریزر منفی ۲۰ درجه سلسیوس نگهداری شد. فراسنجه‌های خونی شامل گلوکز و انسولین به‌وسیله کیت‌های مربوطه (شرکت پارس‌آزمون، ایران) به کمک دستگاه اسپکتوفتومتری (مدل UV/VIS-6000، آلمان) و جهت اندازه‌گیری انسولین نیز از کیت انسولین (مونوبایند) اندازه‌گیری شد. هم‌چنین مساحت زیر منحنی (AUC) نیز از طریق محاسبه هندسی مساحت ذوزنقه و به‌کمک نرم‌افزار اکسل محاسبه گردید.

۳.۱. شاخص دمایی-رطوبتی (THI)

جهت محاسبه شاخص دمایی-رطوبتی از داده‌های اداره هواشناسی شهرستان بندرگز استفاده شد. پژوهش حاضر بین ماه‌های جولای تا سپتامبر (خردادماه تا شهریورماه) انجام شد که در شکل (۱) آمده است. داده‌های به‌دست‌آمده شامل حداکثر، حداقل و میانگین دما و درصد رطوبت نسبی روزانه بود که براساس فرمول آلفانو محاسبه گردید:

$$THI = ۴۶/۴ - ۱۴/۴ (\text{بیشینه دما}) \times (۱۰۰ / \text{کمینه رطوبت نسبی}) + \text{بیشینه دما} \times ۰/۸$$



شکل ۱. شاخص دمایی-رطوبتی شهرستان بندرگز

داده‌های حاصل با استفاده از رویه GLM نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) برای مدل (۱) تجزیه و میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح معنی‌داری پنج درصد مقایسه شدند.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij} \quad \text{(رابطه ۱)}$$

که در این رابطه، Y_{ij} مقدار مشاهده تیمار نام در تکرار j ام، μ اثر میانگین، T_i اثر تیمار نام، e_{ij} اثر خطای آزمایشی است.

۴. نتایج

تفاوت معنی‌داری بین میش‌های دریافت‌کننده شکل‌های مختلف مکمل کروم از نظر تغییرات وزنی در شش، چهار و دو هفته قبل از زایش وجود نداشت (جدول ۲). میش‌های دریافت‌کننده مکمل کروم تغییرات وزنی کم‌تری در زمان، دو، چهار و شش هفته پس از زایش از خود نشان دادند ($P \leq 0.05$). به طوری که در میش‌های دریافت‌کننده کروم-متیونین و نانوذرات کروم کاهش وزن کم‌تری پس از زایش نسبت به دو تیمار دیگر مشاهده شد.

جدول ۲. اثر شکل مکمل کروم بر تغییرات وزن بدن میش‌ها قبل و بعد از زایش

| احتمال معنی‌داری | خطای استاندارد میانگین‌ها | شکل‌های مختلف کروم | | | شاهد | تغییرات وزنی میش‌ها (کیلوگرم) |
|---------------------|------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|----------------------------------|
| | | نانوذرات کروم | کروم-متیونین | کروم معدنی | | |
| ۰/۷۲۳۷ | ۱/۵۵۳ | ۵۴/۹۵ | ۵۵/۲۲ | ۵۴/۲۲ | ۵۴/۵۴ | وزن میش‌ها شش هفته قبل از زایش |
| ۰/۶۹۸۷ | ۱/۷۴۹ | ۵۳/۷۶ | ۵۴/۱۲ | ۵۳/۲۱ | ۵۳/۴۰ | وزن میش‌ها چهار هفته قبل از زایش |
| ۰/۷۱۷۶ | ۱/۸۰۱ | ۵۲/۱۶ | ۵۲/۶۰ | ۵۱/۲۴ | ۵۱/۶۲ | وزن میش‌ها دو هفته قبل از زایش |
| ۰/۰۴۶۶ | ۰/۹۸۷ | ۴۹/۱۰ ^a | ۴۸/۹۹ ^a | ۴۷/۲۵ ^{ab} | ۴۶/۸۲ ^b | وزن میش‌ها زمان زایش |
| ۰/۰۰۴۹ | ۱/۷۴۹ | ۴۷/۱۴ ^a | ۴۶/۷۹ ^a | ۴۵/۱۸ ^{ab} | ۴۴/۰۱ ^b | وزن میش‌ها دو هفته بعد از زایش |
| ۰/۰۲۴۴ | ۱/۶۵۵ | ۴۶/۹۳ ^a | ۴۶/۲۸ ^a | ۴۵/۰۵ ^{ab} | ۴۳/۶۶ ^b | وزن میش‌ها چهار هفته بعد از زایش |
| ۰/۰۴۸۴ | ۱/۵۴۶ | ۴۷/۰۸ ^a | ۴۶/۷۹ ^a | ۴۵/۲۷ ^{ab} | ۴۳/۷۸ ^b | وزن میش‌ها شش هفته بعد از زایش |

a-b: حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشد ($P < 0.05$).

اثر شکل‌های مختلف کروم بر امتیاز وضعیت بدنی میش‌ها در جدول (۳) ارائه شده است که شکل‌های مختلف مکمل کروم سبب افزایش شاخص امتیاز وضعیت بدنی میش‌ها در زمان زایش و شش هفته پس از زایش شد ($P \leq 0.05$). میش‌های دریافت‌کننده کروم-متیونین و نانوذرات کروم وضعیت بدنی بهتری نسبت به تیمارهای شاهد و کروم معدنی داشتند. با این حال، افزودن اشکال مختلف کروم تأثیر معنی‌داری بر امتیاز وضعیت بدنی میش‌ها در شش هفته قبل از زایش نداشت.

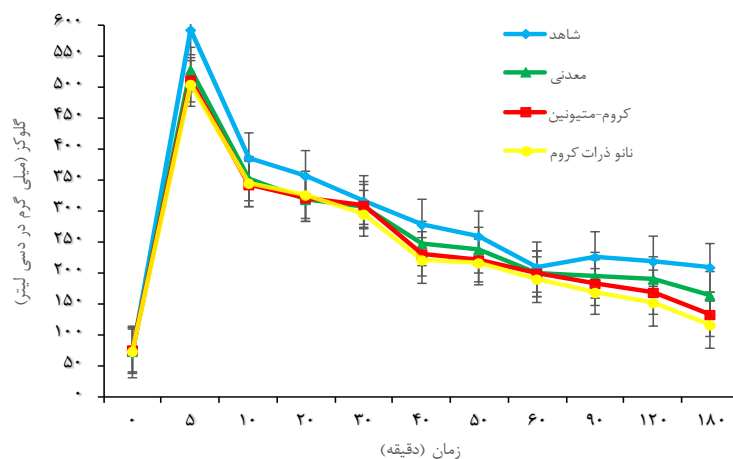
جدول ۳. اثر شکل مکمل کروم بر تغییرات وضعیت بدنی میش‌ها قبل و بعد از زایش

| احتمال معنی‌داری | خطای استاندارد میانگین‌ها | شکل‌های مختلف کروم | | | شاهد | شاخص امتیاز بدنی میش‌ها |
|---------------------|------------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|
| | | نانوذرات کروم | کروم-متیونین | کروم معدنی | | |
| ۰/۷۲۸۹ | ۰/۱۴۵ | ۳/۶۲ | ۳/۶۴ | ۳/۵۹ | ۳/۶۰ | شش هفته قبل از زایش |
| ۰/۰۰۰۱ | ۰/۱۴۱ | ۳/۴۷ ^a | ۳/۴۴ ^a | ۳/۲۷ ^b | ۳/۲۱ ^b | زمان زایش |
| ۰/۰۰۲۱ | ۰/۱۶۳ | ۳/۴۲ ^a | ۳/۴۱ ^a | ۳/۲۵ ^b | ۳/۱۷ ^b | شش هفته بعد از زایش |

a-b: تفاوت میانگین‌ها در هر ردیف با حروف نامشابه معنی‌دار است ($P < 0.05$).

نتایج مربوط به آزمون تحمل گلوکز میس‌ها در جدول (۴) گزارش شده است. تفاوت معنی‌داری بین زمان‌های صفر تا ۶۰ دقیقه پس از تزریق درون‌رگی گلوکز بین تیمارهای آزمایشی وجود نداشت. اما در زمان ۹۰ دقیقه پس از تزریق، غلظت گلوکز در تیمارهای شاهد و دریافت‌کننده کروم معدنی از تیمارهای دریافت‌کننده کروم-متیونین و نانوذرات کروم بیش‌تر بود ($P \leq 0/05$). غلظت گلوکز در زمان‌های ۱۲۰ و ۱۸۰ دقیقه پس از تزریق، در تیمار شاهد بیش‌ترین و در تیمار دریافت‌کننده نانوذرات کروم کم‌ترین مقدار بود ($P \leq 0/05$).

نتایج نشان داد ۶۰ و ۹۰ دقیقه پس از تزریق درون‌رگی گلوکز بین تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴). اما سطح زیر منحنی از صفر تا ۱۲۰ دقیقه پس از تزریق گلوکز در میس‌های دریافت‌کننده نانوذرات کروم نسبت به سه تیمار دیگر نیز کم‌تر بوده ($P \leq 0/05$)؛ همچنین در زمان صفر تا ۱۸۰ دقیقه پس از تزریق گلوکز غلظت پلاسمایی گلوکز بین تیمارهای دریافت‌کننده کروم و تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($P \leq 0/05$).



شکل ۲. تأثیر استفاده از مکمل کروم بر تست تحمل گلوکز در میس‌ها با روش تزریق درون‌رگی گلوکز

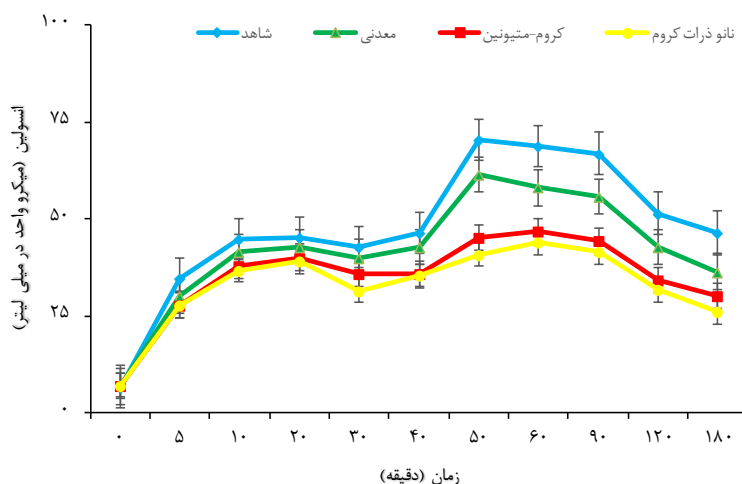
جدول ۴. تأثیر استفاده از مکمل کروم بر تست تحمل گلوکز در میس‌ها با روش تزریق درون‌رگی گلوکز (میلی‌گرم در دسی لیتر)

| احتمال معنی‌داری | خطای استاندارد میانگین‌ها | شکل‌های مختلف کروم | | | شاهد | AUC (AUC) گلوکز | سطح زیر منحنی |
|------------------|---------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|-----------------------|---------------|
| | | نانوذرات کروم | کروم-متیونین | کروم معدنی | | | |
| ۰/۵۴۱۱ | ۸۴۹/۵۵۴ | ۱۲۴۲۵ | ۱۲۶۲۲ | ۱۲۸۹۱ | ۱۳۰۱۲ | AUC گلوکز ۰-۶۰ دقیقه | |
| ۰/۷۱۴۲ | ۶۸۸/۲۲۷ | ۱۵۹۱۹ | ۱۶۷۱۱ | ۱۶۶۲۵ | ۱۷۲۸۲ | AUC گلوکز ۰-۹۰ دقیقه | |
| ۰/۰۱۲۷ | ۷۴۸/۱۰۱ | ۱۸۷۹۸ ^b | ۱۹۱۲۱ ^{ab} | ۱۹۲۲۴ ^{ab} | ۲۱۱۲۵ ^a | AUC گلوکز ۰-۱۲۰ دقیقه | |
| ۰/۰۰۰۱ | ۴۶۰/۰۰۲ | ۲۰۱۱۹ ^c | ۲۱۰۰۸ ^c | ۲۲۲۸۹ ^b | ۲۴۱۸۹ ^a | AUC گلوکز ۰-۱۸۰ دقیقه | |

a-b تفاوت میانگین‌ها در هر ردیف با حروف نامشابه معنی‌دار است ($P < 0/05$).

نتایج مربوط به آزمون تحمل انسولین میس‌ها در جدول (۵) آمده است. غلظت انسولین در زمان صفر تا ۲۰ دقیقه پس از تزریق گلوکز بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری نشان نداد. اما در زمان‌های ۳۰ تا ۶۰ دقیقه پس از تزریق، غلظت انسولین در تیمار شاهد از تیمارهای دریافت‌کننده کروم بیش‌تر بود ($P \leq 0/05$). غلظت انسولین در زمان‌های ۱۲۰ و ۱۸۰ دقیقه پس از تزریق تحت تأثیر مصرف کروم قرار گرفت. به طوری که تیمار شاهد بالاترین میزان انسولین و تیمار دریافت‌کننده نانوذرات کروم کم‌ترین مقدار را نشان داد ($P \leq 0/05$).

نتایج نشان داد که پس از ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ دقیقه پس از تزریق درون‌رگی گلوکز، غلظت انسولین می‌شود دریافت‌کننده اشکال مختلف کروم نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت ($P \leq 0.05$).



شکل ۳. تأثیر استفاده از مکمل کروم بر تست تحمل انسولین در میش‌ها با روش تزریق درون‌رگی گلوکز

جدول ۵. تأثیر استفاده از مکمل کروم بر تست تحمل انسولین در میش‌ها با روش تزریق درون‌رگی گلوکز (میکرو واحد در میلی لیتر)

| احتمال معنی‌داری | خطای استاندارد میانگین‌ها | شکل‌های مختلف کروم | | | شاهد | سطح زیر منحنی انسولین (AUC) |
|---------------------|------------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------------|
| | | نانوذرات کروم | کروم-متیونین | کروم معدنی | | |
| ۰/۰۳۴۴ | ۷۹۴/۵۱۲ | ۱۵۶۰/۱۲ ^b | ۱۵۵۵/۲۷ ^b | ۱۶۵۴/۵۳ ^{ab} | ۱۸۷۴/۲۱ ^a | AUC انسولین ۰-۶۰ دقیقه |
| ۰/۰۰۰۱ | ۸۱۱/۶۲۷ | ۲۴۹۶/۸۴ ^b | ۲۵۶۶/۴۱ ^b | ۲۶۵۴/۸۴ ^b | ۳۵۷۴/۳۳ ^a | AUC انسولین ۰-۹۰ دقیقه |
| ۰/۰۰۰۱ | ۷۰۶/۳۳۰ | ۳۱۱۴/۶۸ ^b | ۳۰۱۲/۲۸ ^b | ۳۲۱۳/۵۷ ^b | ۴۸۷۷/۶۳ ^a | AUC انسولین ۰-۱۲۰ دقیقه |
| ۰/۰۰۰۱ | ۸۸۹/۰۱۷ | ۴۲۷۸/۵۶ ^b | ۴۳۱۲/۶۹ ^b | ۴۸۷۱/۹۵ ^b | ۶۱۴۴/۱۰ ^a | AUC انسولین ۰-۱۸۰ دقیقه |

a-b: تفاوت میانگین‌ها در هر ردیف با حروف نامشابه معنی‌دار است ($P < 0.05$).

۵. بحث

نتایج وزن زنده گروه‌های آزمایشی مختلف نشان داد که تا زمان زایش، تفاوت معنی‌داری بین تیمارها وجود نداشت که این نتیجه همسو با (موسائی و همکاران، ۱۳۹۷) بود، گزارش شده است که در زمان زایش و یک هفته پس از زایش میش‌های دریافت‌کننده کروم میانگین وزن بالاتری در مقایسه با گروه شاهد داشتند (موسائی و همکاران، ۱۳۹۷). همسو با نتایج پژوهش 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 آزمایش دیگری بره‌های تغذیه‌شده 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 (سیفعلی نسب و همکاران، ۱۳۹۸). تأثیر مثبت مکمل کروم بر تغییرات وزنی میش‌ها می‌تواند به علت اثر کروم در متابولیسم کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها باشد. کروم موجب تقویت عمل انسولین از طریق بهبود اتصال آن به گیرنده سلولی‌اش می‌شود که این عمل سبب افزایش ساخت پروتئین‌ها، بهبود بازده انتقال اسیدهای آمینه، کاهش

نرخ تجزیه پروتئین‌ها و افزایش استفاده از لیپیدها و کربوهیدرات‌ها می‌شود. در نتیجه انرژی آزاد شده می‌تواند علت تأثیر مثبت کروم بر تغییرات وزنی میس‌ها باشد (Dominguez-Vara et al., 2009).

امتیاز وضعیت بدنی میزان چاقی و لاغری دام را مشخص می‌نماید و هدف اصلی از بررسی آن کنترل وضعیت تغذیه‌ای برای افزایش استفاده از منابع خوراک، تشخیص تفاوت‌های کوچک در ظاهر دام‌ها، آگاهی از کاهش وضعیت بدنی و بررسی تغییرات در خوراک و وزن دام بوده است. از طرفی دیگر، بررسی وضعیت شاخص بدنی میس‌ها و تغییرات آن‌ها در طول دوره تولیدمثل می‌تواند سبب بهبود وزن تولد و نرخ زنده‌مانی بره‌ها شود (Mathias-Davis et al., 2013). میس‌هایی که نمره بدنی بهتری در زمان زایش دارند، معمولاً بره‌های بزرگ‌تری نیز تولید می‌کنند، علاوه بر این افزایش امتیاز وضعیت بدنی میس در زمان زایش تأثیر مستقیمی بر زنده‌مانی بره‌ها دارد. گزارش شده است که میس‌هایی که امتیاز بدنی آن‌ها کم‌تر از ۲/۵ باشد تلفات بره زایی در آن‌ها بیش‌تر است (Morgan-Davies et al., 2008). تاکنون مطالعات بسیار اندکی در رابطه تأثیر کروم بر امتیاز وضعیت بدنی میس‌ها وجود دارد. با این حال برخی پژوهشگران نشان دادند که ارتفاع از جدوگاه در گوساله‌های دریافت‌کننده مکمل کروم در مقایسه با گروه شاهد تحت تأثیر قرار نگرفت، هرچند دور سینه در تیمارهای دریافت‌کننده کروم بیش‌ترین مقدار بود (Ghorbani et al., 2012). علاوه بر این پژوهش‌گران گزارش کردند که افزودن مکمل کروم-متیونین به جیره گوساله‌های شیرخوار پیش از شیرگیری تأثیر معنی‌داری بر دور سینه داشت، درحالی‌که عرض پین و ارتفاع از جدوگاه تفاوت معنی‌داری را از خود نشان نداد (Kargar et al., 2018).

آزمایش آزمون گلوکز جهت تشخیص کمبود کروم، متابولیسم گلوکز و انسولین در دام‌ها انجام می‌شود. این روش ساده، توانایی دام را به حفظ پایداری گلوکز به‌واسطه ترشح انسولین پس از تزریق گلوکز به دام موردسنجش قرار می‌دهند. در همین راستا، همسو با پژوهش حاضر نتایج نشان می‌دهد در زمان‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ دقیقه پس از تزریق گلوکز تفاوتی بین غلظت گلوکز خون بره‌های ماده بلوچی وجود نداشت. بره‌های تغذیه‌شده با مکمل کروم-سلنیم در بازه زمانی صفر تا ۱۲۰ دقیقه پس از تزریق AUC گلوکز کم‌تری در مقایسه با گروه شاهد داشتند، همچنین تغذیه بره‌ها با مکمل‌های کروم باعث کاهش AUC گلوکز پس از تزریق داخل وریدی گلوکز شد (موسائی و همکاران، ۱۳۹۷). کم‌تر بودن AUC گلوکز در میس‌های دریافت‌کننده مکمل کروم، می‌تواند به دلیل تأثیر این عنصر بر بهبود حساسیت انسولین باشد که این کاهش حساسیت را می‌تواند به افزایش غلظت هورمون رشد در خون، تجمع چربی بدن و افزایش ترشح هورمون‌های تستوستئید آدرنال باشد (Gatford et al., 2004). مطالعات نشان می‌دهد افزودن کروم پیکولینات به جیره خوک‌ها، غلظت گلوکز و انسولین خون پس از تزریق کاهش یافت (Owen et al., 2001). AUC در بره‌های پرواری دریافت‌کننده کروم و الکارنیتین از زمان صفر تا ۱۲۰ دقیقه بعد از تزریق گلوکز نسبت به تیمار شاهد کم‌تر بود (مسیبی و همکاران، ۱۳۹۶). کروم به‌عنوان جزئی از فاکتور تحمل گلوکز می‌باشد و سبب افزایش میل ترکیبی گیرنده‌های انسولین به لیگاند خود می‌شود و این عمل باعث افزایش حساسیت گیرنده‌ها به انسولین می‌شود و در نتیجه از ترشح زیاد انسولین از سلول‌های بتای پانکراس جلوگیری می‌کند (Owen et al., 2001).

AUC انسولین در تیمارهای دریافت‌کننده مکمل کروم کم‌تر از تیمار شاهد بود که همسو با مطالعه موسائی و همکاران (۱۳۹۷) بود. افزودن کروم آلی به جیره بره‌های ماده بلوچی و تزریق گلوکز پس از ۱۸۰ دقیقه سبب کاهش انسولین نسبت به تیمار شاهد شده است. پژوهش‌های اندکی در رابطه با اثر کروم بر مقاومت انسولینی در دام‌ها وجود دارد. همان‌طور که اشاره شد، کروم به‌عنوان بخشی از فاکتور تحمل گلوکز باعث تسهیل عملکرد انسولین می‌شود. کروم، متابولیسم گلوکز را از طریق کروم‌دولین الیگوپپتید تغییر می‌دهد و با حفظ ساختار فعال گیرنده‌های انسولین باعث بهبود حساسیت انسولینی و جذب بافتی بیش‌تر آن می‌شود (Vincent, 2000). از همین‌رو، مطالعات نشان داده که مکمل کروم

باعث کاهش مقاومت انسولینی در گاوهای شیری در شرایط تعادل منفی انرژی قبل از زایمان شد (Hayirli *et al.*, 2001). از طرفی دیگر انسولین با تحریک برداشت گلوکز در بافت‌های حساس به انسولین سبب افزایش ساخت گلیکوژن لیپوژنز و کاهش گلوکوتوتوزنز می‌شود (موسائی و همکاران، ۱۳۹۷).

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

افزودن سه میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک مکمل کروم به جیره‌های آنها در دوره انتقال سبب بهبود تغییرات وزنی شد. همچنین مکمل کردن جیره با کروم سبب بهبود شاخص امتیاز بدن میش‌ها گردید. از سوی دیگر بهبود حساسیت انسولینی که با شاخص سطح زیر منحنی (AUC) گلوکز سنجیده می‌شود نیز در تیمارهای تغذیه‌شده با مکمل کروم مشاهده شد. به‌طور کلی، با توجه به بهبود وزن بدن، امتیاز بدنی و آزمون تحمل گلوکز و انسولین میش‌ها، دریافت کروم به‌ویژه به شکل‌های کروم-متیونین و نانوذرات کروم در دوره انتقال میش‌ها تحت تأثیر تنش گرمایی قابل توصیه می‌باشد.

۷. تشکر و قدردانی

از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به دلیل تأمین امکانات برای انجام پژوهش حاضر، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۸. تعارض و منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۹. منابع

موسائی، امیر؛ ولی‌زاده، رضا؛ ناصریان، عباسعلی، حیدرپور، محمد؛ کاظمی مهرجردی، حسین (۱۳۹۷). عملکرد و پاسخ به تنش انتقال بره‌های ماده بلوچی تغذیه شده با سطوح مزاد بر نیاز مکمل‌های آلی کروم و سلنیوم. *پژوهش‌های علوم دامی ایران*، ۱۰(۱)، ۱-۱۰.

سیفعلی نسب، اسما؛ موسائی، امیر؛ ستایی مختاری، مرتضی؛ دوماری، حسین (۱۳۹۸). تأثیر مکمل آلی کروم بر عملکرد رشد، قابلیت هضم مواد مغذی، برخی فراسنجه‌های تخمیری شکمبه و متابولیت‌های خون در بره‌های پرواری. *پژوهش‌های تولیدات دامی*، ۱۰(۲۳)، ۶۵-۷۴.

مسیبی، محمود؛ علی عربی، حسن؛ فرح‌آور، عباس (۱۳۹۶). اثر افزودن کروم آلی و ال-کارنیتین به جیره بره‌های پرواری بر عملکرد، متابولیسم گلوکز و برخی فراسنجه‌های خونی. *نشریه پژوهش در نشخوارکنندگان*، ۵(۱)، ۸۱-۱۱۰.

References

- 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(7), 1679-1685.
- 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.
- Gatford, K. L., De Blasio, M. J., Thavaneswaran, P., Robinson, J. S., McMillen, I. C., & Owens, J. A. (2004). Postnatal ontogeny of glucose homeostasis and insulin action in sheep. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 286(6), E1050-E1059.

- Ghorbani, A., Sadri, H., Alizadeh, A. R., & Bruckmaier, R. M. (2012). Performance and metabolic responses of Holstein calves to supplemental chromium in colostrum and milk. *Journal of Dairy Science*, 95(10), 5760-5769.
- Haldar, S., Samanta, S., Banarjee, R., Sharma, B., & Ghosh, T. K. (2007). Glucose tolerance and serum concentrations of hormones and metabolites in goats (*Capra hircus*) fed diets supplemented with inorganic and organic chromium salts. *Animal*, 1(3), 347-356.
- 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.
- Hayirli, A., Bremmer, D. R., Bertics, S. J., Socha, M. T., & Grummer, R. R. (2001). Effect of chromium supplementation on production and metabolic parameters in periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 84(5), 1218-1230.
- Kargar, S., Mousavi, F., Karimi-Dehkordi, S., & 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(11), 9876-9887.
- 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.
- 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(9), 2694-2705.
- Komorowski, J. R., Tuzcu, M., Sahin, N., Juturu, V., Orhan, C., Ulas, M., & Sahin, K. (2012). Chromium picolinate modulates serotonergic properties and carbohydrate metabolism in a rat model of diabetes. *Biological Trace Element Research*, 149, 50-56.
- Mathias-Davis, H. C., Shackell, G. H., Greer, G. J., Bryant, A. I., & Everett-Hincks, J. M. (2013). Ewe body condition score and the effect on lamb growth rate. In *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 73, 131-135.
- 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.
- Moezzi, A., McDonagh, A. M., & Cortie, M. B. (2012). Zinc oxide particles: Synthesis, properties and applications. *Chemical Engineering Journal*, 185, 1-22.
- Morgan-Davies, C., Waterhouse, A., Pollock, M. L., & Milner, J. M. (2008). Body condition score as an indicator of ewe survival under extensive conditions. *Animal Welfare*, 17(1), 71-77.
- 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(1), 81-110. (In Persian).
- Mousaie, A., Valizadeh, R., Naserian, A. A., Heidarpour, M., & Kazemi-mehrjerdi, H. (2018). Performance and physiological response to transportation stress of Baluchi ewe lambs fed selenium-methionine and chromium-methionine supplements. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 10(1). (In Persian).
- 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.
- Noori, G. H., Amanlou, R. H., Harakinejad, 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.
- Owen, K. Q., Jit, H., Maxwell, C. V., Nelssen, J. L., Goodband, R. D., Tokach, M. D., ... & Koo, S. I. (2001). Dietary L-carnitine suppresses mitochondrial branched-chain keto acid dehydrogenase activity and enhances protein accretion and carcass characteristics of swine. *Journal of Animal Science*, 79(12), 3104-3112.
- 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.

- Russel, A. J. F., Doney, J. M., & Gunn, R. G. (1969). Subjective assessment of body fat in live sheep. *Journal of Agricultural Science Cambridge*, 72 (3), 451-454.
- Sadeghi, M., Panah, M. J. N., Bakhtiarizadeh, M. R., & Emami, A. (2015). Transcription analysis of genes involved in lipid metabolism reveals the role of chromium in reducing body fat in animal models. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 32, 45-51.
- 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. (In Persian).
- Vincent, J. B. (2000). The biochemistry of chromium. *The Journal of Nutrition*, 130(4), 715-718.