University of Tehran Press

Journal of Veterinary Research

Homepage: jvr.ut.ac.ir

Online ISSN: 2251-6190

Research Article

# Comparing the Effects of Injectable Mineral and Vitamin Supplements on Oxidative Stress Indices During the Transition Period in Holstein Cows

**Mohammad Asadi**[1]✉, **Reza Kamali**[2]✉, **Nader Asadzadeh**[3]✉

[1] *Graduated from the Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Gorgan, Gorgan, Iran*
[2] *Department of Animal Sciences Research, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Gorgan, Gorgan, Iran*
[3] *Scientific Board Member of Animal Science Research Institute of Iran, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO) Iran*

***Received:*** *26 Oct 2025*, ***Reciver in revised from:*** *14 Dec 2025*, ***Accepted:*** *24 Dec 2025*, ***Available online****: 18 Mar 2026*

10.22059/jvr.2025.391841.3496 **J Vet Res, Volume 81, Number 1, 2026, 31-41**

## *Abstract*

**BACKGROUND:** One of the most important and stressful periods in a dairy cow's life is the transition period (3 weeks before and 3 weeks after calving). Mineral and vitamin supplements have beneficial effects on controlling the negative effects of oxidative stress during the transition period in dairy cows.

**OBJECTIVES:** This study aimed to compare the effects of mineral and vitamin supplement injections on oxidative stress indices during the transition period of Holstein cows.

**METHODS:** In this study, 32 cows in late pregnancy were randomly divided into four groups: Control group (no vitamin and mineral supplement injection), treatment group 1, receiving injectable vitamin supplements (A, $D_3$, E, $B_1$, $B_2$, $B_3$, $B_6$, $B_5$, $B_{12}$ and C), treatment group 2, receiving injectable mineral supplement (calcium, magnesium, copper and phosphorus elements), and treatment group 3, receiving both injectable vitamin and mineral supplements. Injection was performed subcutaneously 28 days before calving. Blood sampling was performed to investigate the effect of mineral and vitamin supplements on inflammatory indices and oxidative stress 21 days before delivery, on the day of calving, and 21 days after delivery.

**RESULTS:** The results showed that the treatment groups showed a significant decrease in beta-hydroxybutyrate, non-esterified fatty acids, reactive oxygen species, and oxidative stress index compared to the control group ($P$<0.05). Furthermore, the three treatment groups demonstrated a significant increase in the serum antioxidant capacity of dairy cows compared to the control group ($P$< 0.05). The effect of time on the concentration of NEFA, BHB, ROS, SAC, and OSI in different treatment groups was significant throughout the entire period ($P$<0.05). The interaction effect of group and time on the measured parameters was also significant ($P$<0.05).

**CONCLUSIONS:** The simultaneous injection of mineral and vitamin supplements is recommended for dairy cows in the prenatal transition period due to the reduction of inflammation and oxidative stress.

**Keywords:** Beta-hydroxybutyrate, Holstein cows, Inflammation, Oxidative stress, Transition period

Copyright © The Author(s). Publisher: University of Tehran Press Conflict of interest: The authors declared no conflict of interest.

**Corresponding author:** Reza Kamali, Tel/Fax: +9817-32685928 / +9817-32174240

**How to cite this article:**

Asadi M, Kamali R, Asadzadeh N. Comparing the effects of injectable mineral and vitamin supplements on oxidative stress indices during the transition period in holstein cows. Journal of Veterinary Research, 2026; 81(1): 31-41. doi: 10.22059/jvr.2025.391841.3496

## Figure Legends and Table Captions

**Table 1.** Diet components and their chemical composition before and after calving.
**Table 2.** Effect of mineral and vitamin supplement injections on inflammatory and stress indices of dairy cows 21 days before calving.
**Table 3.** The effect of mineral and vitamin supplement injections on inflammatory and stress indices of dairy cows on the day of calving.
**Table 4.** Effect of mineral and vitamin supplement injections on inflammatory and stress indices of dairy cows 21 days after calving.
**Table 5.** The effect of mineral and vitamin supplement injections on inflammatory and stress indices of dairy cows throughout the entire period (21 days before calving, day of calving, and 21 days after calving).

مجله تحقیقات دامپزشکی
Homepage: jvr.ut.ac.ir
شاپا الکترونیکی: ۶۱۹۰-۲۲۵۱
انتشارات دانشگاه تهران
مقاله پژوهشی

# مقایسه اثر استفاده از مکمل‌های معدنی و ویتامینی تزریقی بر شاخص‌های تنش اکسیداتیو در دوره انتقال گاوهای هلشتاین

**محمد اسدی[۱]، رضا کمالی[۲]، نادر اسدزاده[۳]**

[۱] *دانش آموخته مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران*
[۲] *گروه تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران*
[۳] *بخش تحقیقات مدیریت پرورش دام و طیور، مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، کرج، ایران*

**تاریخ دریافت:** ۴ آبان ۱۴۰۴، **تاریخ بازنگری:** ۲۳ آذر ۱۴۰۴، **تاریخ پذیرش:** ۳ دی ۱۴۰۴، **تاریخ انتشار:** ۲۷ اسفند ۱۴۰۴

**دوره ۸۱، شماره ۱، ۱۴۰۴، ۴۱-۳۱**

10.22059/jvr.2025.391841.3496

## چکیده

**زمینه مطالعه:** از مهم‌ترین و پرتنش‌ترین دوره‌های زندگی گاو شیری، ۳ هفته پیش از زایش تا ۳ هفته بعد از زایش می‌باشد که به آن دوره انتقال گفته می‌شود. مکمل‌های معدنی و ویتامینی به‌واسطه اثرات مفیدشان جهت کنترل اثرات منفی تنش‌های اکسیداتیو در دوره انتقال گاو شیری مورد توجه محققین می‌باشد.

**هدف:** مطالعه حاضر به‌منظور بررسی اثرات تزریق مکمل‌های معدنی و ویتامینی بر شاخص‌های تنش اکسیداتیو در دوره انتقال گاوهای هلشتاین انجام شد.

**روش‌کار:** ۳۲ رأس گاو در اواخر آبستنی به ۴ تیمار و ۸ تکرار در قالب طرح کامل تصادفی تقسیم شدند. تیمارهای آزمایشی شامل این موارد بود: ۱. گروه کنترل (عدم تزریق مکمل ویتامینی و معدنی)، ۲. تیمار دریافت‌کننده مکمل ویتامینی تزریقی (ویتامین‌های A، $D_3$، E، $B_1$، $B_2$، $B_6$، $B_3$، $B_5$، $B_{12}$ و C)، ۳. تیمار دریافت‌کننده مکمل معدنی تزریقی (عناصر کلسیم، منیزیم، مس و فسفر)، ۴. تیمار دریافت‌کننده مکمل ویتامینی و معدنی تزریقی. تزریق مکمل‌ها به‌صورت زیرجلدی، ۲۸ روز پیش از زایش انجام گرفت. خون‌گیری جهت بررسی تأثیر مکمل‌های معدنی و ویتامینی بر شاخص‌های التهابی و تنش اکسیداتیو در روزهای ۲۱ روز قبل زایش، روز زایش و ۲۱ روز پس از زایش انجام شد.

**نتایج:** مطابق یافته‌های مطالعه حاضر، تزریق مکمل معدنی، مکمل ویتامینی و تزریق هم‌زمان مکمل‌ها سبب کاهش بتا هیدروکسی بوتیرات، اسیدهای چرب غیراستریفیه، گونه‌های فعال اکسیژن و شاخص تنش اکسیداتیو نسبت به گروه کنترل شد ($P<۰/۰۵$). همچنین تزریق مکمل‌های معدنی یا ویتامینی و تزریق هم‌زمان هردو مکمل باهم سبب افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی سرم گاوهای شیری نسبت به گروه کنترل شد ($P<۰/۰۵$). اثر زمان بر غلظت NEFA، BHB، ROS، SAC و OSI تیمارهای مختلف در کل دوره معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$). همچنین در مطالعه حاضر، اثر متقابل تیمار در زمان نیز بر پارامترهای اندازه‌گیری شده در گاوهای شیری دریافت‌کننده مواد معدنی، ویتامین‌ها و هر دو باهم نسبت به گروه کنترل معنی‌دار گزارش شد ($P<۰/۰۵$).

**نتیجه‌گیری نهایی:** به‌طورکلی، تزریق هم‌زمان مواد معدنی و ویتامین‌ها به دام‌های دوره انتقال پیش از زایش، به سبب کاهش التهاب و تنش اکسیداتیو توصیه می‌شود.

**کلمات کلیدی:** التهاب، بتا هیدروکسی بوتیرات، تنش اکسیداتیو، دوره انتقال، گاوهای هلشتاین

کپی‌رایت © نویسندگان. ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

*نویسنده مسئول: رضا کمالی، گروه تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران*

## مقدمه

پاسخ‌های فیزیولوژیک و غیراختصاصی یک موجود زنده به عاملی غیرطبیعی و تنش‌زا، تنش یا استرس گفته می‌شود (۱). حیاتی‌ترین و بحرانی‌ترین دوره زندگی گاو شیری، ۳ هفته پیش از زایش تا ۳ هفته بعد از زایش می‌باشد که اصطلاحاً به آن، دوره انتقال گفته می‌شود (۲). دوره انتقال با کاهش مصرف خوراک پیش از زایش و شروع تولید شیر پس از زایش، با کمبود و عدم توازن انرژی همراه است و سبب افزایش لیپولیز و به دنبال آن افزایش غلظت اجسام کتونی و اسیدهای چرب غیراستریفیه (NEFA) می‌گردد (۳). افزایش التهاب، تنش اکسیداتیو، تحرک بافت چربی و اختلالات متابولیک در دوره انتقال رخ می‌دهند (۴). افزایش NEFA پیش از زایمان و بتا هیدروکسی

بوتیرات (BHB) پس از زایمان، علاوه‌بر اختلال در عملکرد کبدی با افزایش پروتئین‌های فاز حاد، التهاب و خطر اندومتریت همراه خواهد بود (۵). افزایش تقاضای اکسیژن جهت سوخت‌وساز و سیتوکین‌های التهابی در پیرامون زایمان به تولید بیش‌ازحد قطعات واکنش‌دهنده اکسیژن (ROS) منجر می‌شود (۶). عدم توازن ROS با توان یا ظرفیت ضداکسیداتیو، تنش اکسیداتیو را به دنبال دارد که عامل آسیب‌رسان اغلب ناهنجاری‌های متابولیک و پاسخ‌های التهابی گاوهای شیری است (۷). در سرم‌ها، ROS به‌عنوان شاخص تولید پرواکسیدان عمل می‌کند و تعادل آن ازطریق نسبت پرواکسیدان به ظرفیت کل آنتی‌اکسیدان سرم (SAC) بیان می‌شود که معمولاً به‌عنوان شاخص تنش اکسیداتیو (OSI) شناخته می‌شود. افزایش این نسبت نشان‌دهنده افزایش خطر تنش اکسیداتیو و افزایش فعالیت پرواکسیدان یا کاهش آنتی‌اکسیدان است (۸). از راهکارهای کاهش التهاب، بهبود تنش اکسیداتیو و سیستم ایمنی، استفاده از مواد مغذی در جیره گاوهای اواخر آبستنی یا تزریق آن‌ها به دام می‌باشد (۸).

در بین ریزمغذی‌های ضروری، مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی مانند برخی از مواد معدنی و ویتامین‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشند (۹). عنصر مس نقش مهمی در سیستم ایمنی دارد و به مبارزه با عفونت‌ها و بیماری‌ها کمک می‌کند. همچنین مس به نوعی تعدیل‌کننده فرایند التهابی می‌باشد و ازطریق حضور در ساختار و سنتز چندین پروتئین در سیستم آنتی‌اکسیدانی نقش قابل‌توجه دارد (۱۰). در طول آبستنی، حفظ و هموستاز کلسیم و فسفر به‌وسیله غده پستان و جفت و جنین اهمیت دارد و تعادل مثبت کلسیم سبب کاهش اختلالات متابولیک و التهاب می‌گردد (۱۱). تزریق ویتامین D به تعدیل پاسخ‌های ایمنی و وضعیت اکسیداتیو / آنتی‌اکسیداتیو در طول دوره انتقال گاوهای شیری کمک می‌کند (۱۲). ویتامین E، توانایی خنثی کردن ROS را دارد؛ درنتیجه از پیشرفت به سمت التهاب جلوگیری می‌کند (۱۳). ازآنجایی‌که غلظت پلاسمایی ویتامین E در طول دوره انتقال کاهش می‌یابد، مکمل ویتامین E قبل از زایمان وضعیت آنتی‌اکسیدانی را بهبود می‌بخشد (۱۴). ویتامین A به تقویت سیستم ایمنی کمک کرده، غشاهای مخاطی را سالم نگه داشته و باعث بهبود پاسخ‌دهی دام به عفونت‌ها می‌گردد. ویتامین C نیز به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان قوی، سلول‌های ایمنی را فعال کرده و از التهاب جلوگیری می‌کند (۱۰). از طرفی، ویتامین A به کمک ویتامین C به‌صورت غیرمستقیم بر حفظ سطوح مناسب ویتامین E، که یک آنتی‌اکسیدان قوی است و برای محافظت از سلول‌ها و بافت‌های بدن در برابر آسیب‌های ناشی از رادیکال‌های آزاد ضروری است، در برابر تخریب تأثیر گذاشته و باعث بهبود پاسخ سلول‌های ایمنی می‌شوند (۱۵).

از دست دادن کلسیم حوالی زایمان می‌تواند به بیماری‌های متابولیکی مرتبط با دوره انتقال و کاهش عمر اقتصادی دام منجر شود. هیپوکلسیمی که معمولاً تحت عنوان تب شیر شناخته شده، یک ناهنجاری متابولیسمی است که در اثر کمبود کلسیم و تا اندازه‌ای کمبود منیزیم در گاوها ایجاد می‌شود (۱۴). هیپوکلسیمی به‌عنوان یک تنش، به افزایش ۵ تا ۷ برابری در کورتیزول خون منجر می‌شود که نقش بالقوه آن در سرکوب سیستم ایمنی طی زایش به‌خوبی شناخته شده است و با سرکوب سیستم ایمنی، بروز بیماری‌ها، تنش‌ها و به دنبال آن‌ها التهاب قوت می‌گیرد. منیزیم در فعالیت‌های بسیار متنوعی در گاو نقش دارد و به‌عنوان کاتالیزور در متابولیسم کربوهیدرات‌ها، چربی و پروتئین عمل می‌کند. منیزیم همچنین در بسیاری از عملکردهای غیرآنزیمی، از قبیل تعامل ماهیچه با کلسیم، انتقال جهش عصبی و ایجاد همبستگی بین پتاسیم و غشای سلولی نقش دارد (۱۱). مکمل‌های معدنی حاوی منیزیم به‌طور قابل‌توجهی وضعیت ایمنی و آنتی‌اکسیدانی را بهبود می‌بخشند، به کاهش سطوح NEFA و کاهش تغییرات التهابی کمک می‌کنند که عوامل حیاتی مرتبط با ورم پستان بالینی می‌باشند (۲).

باتوجه‌به اهمیت گذر موفق از دوره انتقال به دوره شیردهی و تأثیرات آن بر عملکرد و سلامت دام، مطالعه حاضر به‌منظور مقایسه اثر استفاده از مکمل‌های معدنی و ویتامینی تزریقی بر شاخص‌های تنش اکسیداتیو در دوره انتقال گاوهای هلشتاین صورت گرفت.

## مواد و روش کار

مطالعه حاضر در پاییز ۱۴۰۳ در مزرعه دام‌پروری دام نمونه زروان واقع در شهرستان گرگان صورت گرفت. بدین منظور ۳۲ رأس گاو با میانگین تولید شیر ۲/۷ ± ۱۹ کیلوگرم، چندبار زایش کرده (دوره شیردهی دوم) و نمره وضعیت بدنی ۰/۲۵ ± ۳/۵ در اواخر دوره آبستنی به ۴ تیمار و ۸ تکرار در قالب طرح کامل تصادفی تقسیم شدند. تیمارهای آزمایشی شامل این موارد بود: ۱. گروه کنترل (عدم تزریق مکمل ویتامینی و معدنی)، ۲. تیمار دریافت‌کننده مکمل ویتامینی تزریقی، ۳. تیمار دریافت‌کننده مکمل معدنی تزریقی، ۴. تیمار دریافت‌کننده مکمل ویتامینی و معدنی تزریقی. تزریق مکمل‌ها به‌صورت زیرجلدی، ۲۸ روز پیش از زایش انجام گرفت. مکمل ویتامینی

حاوی ۵۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A (پالمیتات)، ۲۵۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین $D_3$، ۲۱ میلی‌گرم ویتامین E (استات)، ۶ میلی‌گرم ویتامین $B_1$، ۲ میلی‌گرم ویتامین $B_2$، ۵ میلی‌گرم ویتامین $B_6$، ۱۲/۵ میلی‌گرم ویتامین $B_3$ (نیکوتینامید)، ۳ میکروگرم ویتامین $B_{12}$، ۶ میلی‌گرم دی پانتنول و ۲ میلی‌گرم ویتامین C و دُز تزریق آن طبق توصیه شرکت سازنده ۲۰ میلی‌لیتر به‌ازای هر رأس گاو بود. همچنین مکمل معدنی استفاده شده در مطالعه حاضر در هر میلی لیتر حاوی ۴۰۰ میلی‌گرم کلسیم بروگلوکونات، ۲۲ میلی‌گرم منیزیم هیپوفسفیت و ۲ میلی‌گرم مس بود و دُز تزریق آن طبق توصیه شرکت سازنده ۱۰۰ میلی‌لیتر به ازای هر رأس گاو بود. گاوها پیش از گروه‌بندی ازنظر سلامت و چندقلوزایی بررسی شدند؛ کلیه دام‌ها سالم و تک‌قلوزا بودند. جیره مورداستفاده پیش از زایش و پس از زایش گاوها و مواد مغذی آن‌ها در جدول ۱ آمده است. گاوهای گروه‌های آزمایشی در طول مطالعه به‌طور گروهی نگهداری شده و ۲ وعده در روز از خوراک مصرفی به شکل کاملاً مخلوط (TMR) تغذیه می‌شدند و در طول آزمایش به‌طور آزاد به آب و خوراک دسترسی داشتند.

**جدول ۱.** اجزاء جیره‌های مورد استفاده و ترکیبات شیمیایی آن‌ها.

| اجزای جیره گاوها قبل از زایش (درصد ماده خشک) | | اجزای جیره گاوها بعد از زایش (درصد ماده خشک) | |
|---|---|---|---|
| سیلاژ ذرت | ۴۷/۵۰ | سیلاژ ذرت | ۲۱/۳۱ |
| یونجه | ۱۲/۷۵ | یونجه | ۱۷/۰۴ |
| دانه جو | ۱۰/۰۸ | تفاله چغندرقند | ۹/۷۴ |
| دانه ذرت | ۱۱/۴۹ | پنبه‌دانه کامل | ۸/۸۶ |
| کنجاله سویا | ۳/۰۴ | دانه جو | ۱۱/۷۶ |
| پودر ماهی | ۱/۵۵ | دانه ذرت | ۱۴/۳۴ |
| کنجاله کلزا | ۵/۴۲ | کنجاله گلوتن ذرت | ۱/۵۸ |
| کنجاله گلوتن ذرت | ۱/۵۵ | کنجاله سویا | ۸/۲۷ |
| پنبه‌دانه کامل | ۲/۳۹ | پودر ماهی | ۱/۷۳ |
| سولفات منیزیم | ۰/۷۱ | بنتونیت | ۰/۵۲ |
| کربنات کلسیم | ۱/۳۶ | کربنات کلسیم | ۰/۷۶ |
| کلرید کلسیم | ۰/۶۱ | نمک | ۰/۵۰ |
| مونسین | ۰/۲۵ | مونسین | ۰/۲۵ |
| مخمر | ۰/۲۵ | مخمر | ۰/۲۵ |
| مکمل معدنی-ویتامینی | ۱/۲۱ | مکمل معدنی-ویتامینی | ۱/۶۴ |
| ترکیب شیمیایی | | ترکیب شیمیایی | |
| مواد مغذی | مقدار | مواد مغذی جیره | مقدار |
| انرژی شیردهی (مگاکالری / کیلوگرم ماده خشک) | ۱/۶۱ | انرژی شیردهی (مگاکالری / کیلوگرم ماده خشک) | ۱/۷۲ |
| پروتئین خام (درصد) | ۱۳/۶۷ | پروتئین خام (درصد) | ۱۶/۱۰ |
| فیبر نامحلول در شوینده خنثی (درصد) | ۳۴/۶۰ | فیبر نامحلول در شوینده خنثی (درصد) | ۳۲/۲۰ |
| خاکستر (درصد) | ۷/۹۲ | خاکستر (درصد) | ۸/۰۸ |
| کلسیم (درصد) | ۱/۳۴ | کلسیم (درصد) | ۰/۹۴ |
| فسفر (درصد) | ۰/۳۹ | فسفر (درصد) | ۰/۴۴ |
| DCAD ($meq\ kg^{-1}$) | -۵۷ | DCAD ($meq\ kg^{-1}$) | ۲۸۸ |

**جدول ۲.** تأثیر تزریق مواد معدنی و ویتامینی بر شاخص‌های التهابی و تنش گاوهای شیری ۲۱ روز قبل از زایش.

| فراسنجه‌ها (قبل از زایش) | تیمارهای آزمایشی | | | | SEM | *P*-Value |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | کنترل | مکمل معدنی | مکمل ویتامینی | مکمل معدنی و ویتامینی | | |
| بتا هیدروکسی بوتیرات (BHB) (میلی‌مول / لیتر) | ۰/۶۸۴$^{a}$ | ۰/۶۰۱$^{b}$ | ۰/۵۹۹$^{b}$ | ۰/۶۱۲$^{b}$ | ۰/۲۱۷۱ | ۰/۰۰۰۱ |
| اسیدهای چرب غیراستریفیه (NEFA) (میلی‌گرم / لیتر) | ۰/۲۹۸$^{a}$ | ۰/۲۱۷$^{b}$ | ۰/۲۲۶$^{b}$ | ۰/۱۹۲$^{b}$ | ۰/۰۱۹۸ | ۰/۰۰۰۱ |
| گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) (میلی‌گرم / لیتر) | ۶۵/۵۴$^{a}$ | ۵۷/۳۸$^{b}$ | ۵۵/۲۵$^{b}$ | ۵۱/۶۲$^{c}$ | ۲/۰۰۷۵ | ۰/۰۰۲۷ |
| ظرفیت آنتی‌اکسیدانی سرم (SAC) (میکرومول / لیتر) | ۵۰۲/۱۱$^{b}$ | ۵۳۸/۴۵$^{a}$ | ۵۵۱/۶۸$^{a}$ | ۵۶۰/۴۸$^{a}$ | ۱۹/۲۷۲۱ | ۰/۰۰۰۱ |
| شاخص تنش اکسیداتیو (OSI) | ۰/۱۲۹۰$^{a}$ | ۰/۱۰۶۶$^{b}$ | ۰/۱۰۰۲$^{b}$ | ۰/۰۹۲۱$^{c}$ | ۰/۰۰۳۵ | ۰/۰۰۰۱ |

تفاوت ارقام در هر ردیف با حروف نامشابه، معنی‌دار است ($P<0/05$). SEM: خطای استاندارد از میانگین.

**جدول ۳.** تأثیر تزریق مواد معدنی و ویتامینی بر شاخص‌های التهابی و تنش گاوهای شیری در روز زایش.

| فراسنجه‌ها | تیمارهای آزمایشی | | | | SEM | *P*-Value |
|---|---|---|---|---|---|---|
| (روز زایش) | کنترل | مکمل معدنی | مکمل ویتامینی | مکمل معدنی و ویتامینی | | |
| بتا هیدروکسی بوتیرات (BHB) (میلی‌مول / لیتر) | ۰/۹۱۷$^{a}$ | ۰/۸۰۶$^{b}$ | ۰/۷۹۵$^{b}$ | ۰/۸۱۱$^{b}$ | ۰/۱۳۶۱ | ۰/۰۰۱۱ |
| اسیدهای چرب غیراستریفیه (NEFA) (میلی‌گرم / لیتر) | ۰/۵۳۶$^{a}$ | ۰/۳۷۱$^{b}$ | ۰/۳۹۵$^{b}$ | ۰/۳۶۷$^{b}$ | ۰/۱۰۶۲ | ۰/۰۰۱۳ |
| گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) (میلی‌گرم/لیتر) | ۸۰/۸۱$^{a}$ | ۷۲/۲۴$^{b}$ | ۶۷/۲۹$^{b}$ | ۶۶/۶۴$^{b}$ | ۳/۴۹۸۲ | ۰/۰۲۱۷ |
| ظرفیت آنتی‌اکسیدانی سرم (SAC) (میکرومول/لیتر) | ۳۸۲/۶۱$^{b}$ | ۴۵۲/۴۷$^{a}$ | ۴۵۸/۸۹$^{a}$ | ۴۵۷/۵۶$^{a}$ | ۱۴/۰۱۷۵ | ۰/۰۰۰۱ |
| شاخص تنش اکسیداتیو (OSI) | ۰/۲۱۱۳$^{a}$ | ۰/۱۵۹۹$^{b}$ | ۰/۱۴۶۷$^{b}$ | ۰/۱۴۵۱$^{b}$ | ۰/۰۷۷۹ | ۰/۰۰۰۱ |

تفاوت ارقام در هر ردیف با حروف نامشابه، معنی‌دار است ($P<۰/۰۵$). SEM: خطای استاندارد از میانگین.

**جدول ۴.** تأثیر تزریق مواد معدنی و ویتامینی بر شاخص‌های التهابی و تنش گاوهای شیری ۲۱ روز پس از زایش.

| فراسنجه‌ها | تیمارهای آزمایشی | | | | SEM | *P*-Value |
|---|---|---|---|---|---|---|
| (پس از زایش) | کنترل | مکمل معدنی | مکمل ویتامینی | مکمل معدنی و ویتامینی | | |
| بتا هیدروکسی بوتیرات (BHB) (میلی‌مول / لیتر) | ۰/۷۴۶$^{a}$ | ۰/۶۸۲$^{b}$ | ۰/۶۷۹$^{b}$ | ۰/۶۵۹$^{b}$ | ۰/۱۲۸۵ | ۰/۰۰۰۱ |
| اسیدهای چرب غیراستریفیه (NEFA) (میلی‌گرم / لیتر) | ۰/۴۴۱$^{a}$ | ۰/۳۰۷$^{b}$ | ۰/۲۹۶$^{b}$ | ۰/۳۱۱$^{b}$ | ۰/۰۱۵۶ | ۰/۰۰۱۷ |
| گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) (میلی‌گرم / لیتر) | ۶۶/۳۵$^{a}$ | ۵۸/۳۸$^{b}$ | ۶۰/۴۶$^{b}$ | ۵۹/۳۶$^{b}$ | ۲/۰۰۱۱ | ۰/۰۳۱۳ |
| ظرفیت آنتی‌اکسیدانی سرم (SAC) (میکرومول / لیتر) | ۴۷۱/۱۹$^{b}$ | ۵۲۰/۷۹$^{a}$ | ۵۳۰/۸۵$^{a}$ | ۵۳۵/۹۶$^{a}$ | ۱۶/۷۳۷۲ | ۰/۰۰۰۱ |
| شاخص تنش اکسیداتیو (OSI) | ۰/۱۳۹۶$^{a}$ | ۰/۱۱۴۱$^{b}$ | ۰/۱۱۳۹$^{b}$ | ۰/۱۱۰۸$^{b}$ | ۰/۰۱۰۲ | ۰/۰۰۱۱ |

تفاوت ارقام در هر ردیف با حروف نامشابه، معنی‌دار است ($P<۰/۰۵$). SEM: خطای استاندارد از میانگین.

**جدول ۵.** تأثیر تزریق مواد معدنی و ویتامینی بر شاخص‌های التهابی و تنش گاوهای شیری در کل دوره (زمان‌های ۲۱ روز قبل از زایش، روز زایش و ۲۱ روز پس از زایش).

| فراسنجه‌ها | تیمارهای آزمایشی | | | | SEM | *P*-Value | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (کل دوره) | کنترل | مواد معدنی | ویتامین‌ها | معدنی و ویتامینی | | اثر تیمار | اثر زمان | تیمار×زمان |
| بتا هیدروکسی بوتیرات (BHB) (میلی‌مول / لیتر) | ۰/۸۴۲$^{a}$ | ۰/۷۵۲$^{b}$ | ۰/۷۲۸$^{b}$ | ۰/۷۲۲$^{b}$ | ۰/۱۴۰۱ | ۰/۰۱۲۴ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۰۷۸ |
| اسیدهای چرب غیراستریفیه (NEFA) (میلی‌گرم / لیتر) | ۰/۴۱۹$^{a}$ | ۰/۳۲۶$^{b}$ | ۰/۳۳۱$^{b}$ | ۰/۳۱۸$^{b}$ | ۰/۰۸۹۴ | ۰/۰۰۹۷ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۰۱۱ |
| گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) (میلی‌گرم / لیتر) | ۸۲/۳۸$^{a}$ | ۷۳/۲۴$^{b}$ | ۶۹/۴۳$^{b}$ | ۶۶/۹۸$^{b}$ | ۴/۰۲۱ | ۰/۰۰۰۴ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۱ |
| ظرفیت آنتی‌اکسیدانی سرم (SAC) (میکرومول / لیتر) | ۴۷۲/۸۹$^{b}$ | ۵۰۷/۶۶$^{a}$ | ۵۱۴/۸۷$^{a}$ | ۵۱۱/۲۲$^{a}$ | ۱۷/۸۷۹۴ | ۰/۰۰۲۹ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۱ |
| شاخص تنش اکسیداتیو (OSI) | ۰/۱۴۷۱$^{a}$ | ۰/۱۲۶۱$^{b}$ | ۰/۱۲۴۶$^{b}$ | ۰/۱۲۲۴$^{b}$ | ۰/۰۱۴۲ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۱ |

تفاوت ارقام در هر ردیف با حروف نامشابه، معنی‌دار است ($P<۰/۰۵$). SEM: خطای استاندارد از میانگین.

جهت اندازه‌گیری شاخص‌های التهابی و وضعیت آنتی‌اکسیدانی، از ۶ تکرار هر تیمار در ۲۱ روز پیش از زایش، روز زایش و ۲۱ روز پس از زایش خون‌گیری انجام شد. نمونه‌های خون به داخل لوله‌های حاوی ماده ضدانعقاد (EDTA) منتقل شدند. برای تهیه پلاسما، نمونه‌های خون به‌مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ rpm سانتریفیوژ شد و درنهایت، نمونه‌های پلاسما تا زمان آنالیز به ۴- درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. بتا هیدروکسی بوتیرات و اسیدهای چرب غیراستریفیه با استفاده از کیت به‌ترتیب RANBUT -D-3-Hydroxybutyrate Randox 10*10 و NEFA BXC0473 به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر (Spect AA220, Variant) اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی سرم (SAC) نیز با استفاده از سنجش تجاری برای اکسید کردن مجموعه کامل آنتی‌اکسیدان‌ها در سرم اندازه‌گیری شد. همچنین ROS به‌عنوان نشانگر پراکسیدان اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری این فاکتور پس از جداسازی سرم، مقدار هیدروپراکسیدها با روش D-ROM (Derivatives of reactive oxygen metabolites) و براساس طیف‌سنجی در طول موج ۴۶۵ با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر جنوی ساخت انگلستان (Jenway 6305,UK) تعیین شد. درنهایت شاخص تنش اکسیداتیو (OSI) از رابطه ROS با SAC محاسبه شد.

درنهایت تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و ۸ تکرار با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ و رویه GLM صورت گرفت و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح معنی‌داری ۵ درصد استفاده شد.

برای تجزیه‌وتحلیل اطلاعات از فرمول شماره ۱ استفاده شد:

1. $Yijk = \mu + Ai + Eaik + Bj + ABij + Ebijk$

Yijk= مشاهده مربوط به تیمار i و زمان اندازه‌گیری j در تکرار k؛ μ = میانگین کلی مشاهده‌ها؛ Ai= اثر تیمار i ام؛ Eaik= خطای اصلی؛ Bj= اثر زمان اندازه‌گیری j ام؛ ABij= برهم‌کنش تیمار i و زمان اندازه‌گیری j؛ Ebijk= خطای فرعی.

## نتایج

نتایج مربوط به تأثیر تزریق مواد معدنی و ویتامینی بر شاخص‌های التهابی و تنش گاوهای شیری ۲۱ روز قبل از زایش در جدول ۲ آمده است. تزریق مکمل معدنی و تزریق مکمل ویتامینی سبب کاهش بتا هیدروکسی بوتیرات، اسیدهای چرب غیراستریفیه، گونه‌های فعال اکسیژن و شاخص تنش اکسیداتیو گاوهای دریافت‌کننده نسبت به گروه کنترل شد و تیمار دریافت‌کننده هم‌زمان مکمل‌های معدنی و ویتامینی کمترین مقدار گونه‌های فعال اکسیژن (۵۱/۶۲) را نشان داد ($P<۰/۰۵$). علاوه‌براین، هم تزریق مکمل‌های معدنی و هم ویتامینی سبب افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی سرم گاوهای شیری قبل از زایش نسبت به گروه کنترل شدند و تیمار دریافت‌کننده هم‌زمان مکمل‌های معدنی و ویتامینی بالاترین مقدار ظرفیت آنتی‌اکسیدانی سرم (۵۶۰/۴۸) را نشان داد ($P<۰/۰۵$).

نتایج مربوط به تأثیر تزریق مواد معدنی و ویتامینی بر شاخص‌های التهابی و تنش گاوهای شیری در روز زایش در جدول ۳ گزارش شده است. در گاوهای دریافت‌کننده مکمل‌های معدنی یا ویتامینی و تزریق هم‌زمان مکمل‌ها، کاهش بتا هیدروکسی بوتیرات، اسیدهای چرب غیراستریفیه، گونه‌های فعال اکسیژن و شاخص تنش اکسیداتیو مشاهده شد ($P<۰/۰۵$). همچنین تزریق مکمل‌های معدنی یا ویتامینی و تزریق مکمل‌ها باهم سبب افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی سرم گاوهای شیری نسبت به گروه کنترل شد ($P<۰/۰۵$).

نتایج مربوط به تأثیر تزریق مواد معدنی و ویتامینی بر شاخص‌های التهابی و تنش گاوهای شیری در ۲۱ روز پس زایش در جدول ۴ ارائه شده است. مکمل‌های معدنی یا ویتامینی و تزریق هر دو مکمل سبب کاهش بتا هیدروکسی بوتیرات، اسیدهای چرب غیراستریفیه، گونه‌های فعال اکسیژن و شاخص تنش اکسیداتیو گاوهای دریافت‌کننده نسبت به گروه کنترل شد ($P<۰/۰۵$). از طرفی، تزریق مکمل‌های معدنی یا ویتامینی و تزریق هم‌زمان مکمل‌ها، افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی سرم گاوهای شیری پس از زایش نسبت به گروه کنترل را موجب شد ($P<۰/۰۵$).

نتایج مربوط به تأثیر تزریق مواد معدنی و ویتامینی بر شاخص‌های التهابی و تنش گاوهای شیری در زمان کل دوره در جدول ۵ نشان داده شده است. تزریق مکمل‌های معدنی یا ویتامینی و تزریق هم‌زمان مکمل‌ها موجب کاهش بتا هیدروکسی بوتیرات، اسیدهای چرب غیراستریفیه، گونه‌های فعال اکسیژن و شاخص تنش اکسیداتیو گاوهای شیری دریافت‌کننده شد ($P<۰/۰۵$). همچنین تزریق مکمل‌های معدنی یا ویتامینی و تزریق هردو مکمل باهم باعث افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی سرم گاوهای شیری شد ($P<۰/۰۵$). اثر زمان بر غلظت NEFA، BHB، ROS، SAC و OSI تیمارهای مختلف معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$). همچنین در مطالعه حاضر، اثر متقابل تیمار در زمان نیز بر غلظت NEFA، BHB، ROS، SAC و OSI گاوهای شیری دریافت‌کننده مواد معدنی، ویتامین‌ها و هر دو باهم نسبت به گروه کنترل معنی‌دار گزارش شد ($P<۰/۰۵$).

## بحث

در تضاد با نتایج به‌دست‌آمده در مطالعه Sadate Sharifi و همکاران در سال ۲۰۲۲، با افزایش کلسیم در جیره گاوهای دوره انتظار زایمان، تغییری در BHB و NEFA گاوها در پیش از زایمان و پس از زایمان گزارش نشد (۱۶). همچنین در مطالعه Jahani Moghadam و همکاران در سال ۲۰۲۲، استفاده از بولوس کلسیم، در غلظت اسیدهای چرب غیراستریفیه و بتا هیدروکسی بوتیرات تغییری ایجاد نکرد (۱۷). همسو با مطالعه حاضر، استفاده از ویتامین E خوراکی در جیره گاوها سبب کاهش NEFA خون شد (۱۸). از طرفی تزریق کمپلکس حاوی ویتامین E به گاوهای شیری، تأثیری بر NEFA و BHB گاوها نداشت (۱۹). Movahednasab و همکاران در سال ۲۰۲۳ گزارش کردند تزریق کمپلکس ویتامینی ($AD_3E$) به گوساله‌های شیرخوار تأثیری بر بتا هیدروکسی بوتیریک اسید گوساله‌ها نداشت

(۲۰). Duplessis و همکاران در سال ۲۰۲۲ بیان کردند تزریق کمپلکس ویتامین‌های $B_8$، $B_9$، $B_{12}$ تأثیری بر BHB و NEFA دام‌ها در پیش از زایش نداشت، اما در کل بازه پیش از زایمان تا پس از زایمان، NEFA گاوهای دریافت‌کننده کمپلکس ویتامینی کمتر از تیمار کنترل بود (۲۱). همچنین تزریق ویتامین‌های $B_{12}$ و E به گاوهای اواخر آبستنی تأثیری بر BHB و NEFA در زمان‌های پیش از زایش، روز زایش و پس از زایش نداشت (۲۲). ازسوی‌دیگر، تزریق کمپلکس ویتامینی ($AD_3E$) به گوساله‌های شیرخوار تأثیری بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام گوساله‌ها نداشت (۲۰). طبق مطالعه Bates و همکاران در سال ۲۰۲۵، تزریق کمپلکس مواد معدنی تغییری در شاخص تنش اکسیداتیو، رادیکال‌های آزاد و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی سرم گاوهای پس از زایش ایجاد نکرد (۲۳). طبق نتایج مطالعه Alhussien و همکاران در سال ۲۰۲۱، مکمل حاوی ویتامین A و E سبب کاهش تنش اکسیداتیو و پاسخ ایمنی بالاتر در گاو شیری پس از زایمان شد (۲۴). همچنین موافق با نتایج مطالعه حاضر، تزریق کمپلکس ویتامینی ($AD_3E$) به میش‌های اواخر آبستنی سبب افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میش‌ها شد (۲۵).

عدم توازن انرژی و کاهش نمره و وزن بدن در دوره انتقال با بسیج شدن اسیدهای چرب غیراستریفیه برای تأمین سوبسترای موردنیاز جهت تولید شیر همراه می‌باشد (۲۶). انواع متابولیت‌های خارج‌سلولی، هورمون‌ها و محصولات میکروبی پاسخ‌های التهابی را تحریک می‌کنند. در گاوهای دوره انتقال خطر تنش اکسیداتیو افزایش می‌یابد؛ مکانیسم‌های آنزیمی آنتی‌اکسیدانی با حذف رادیکال‌های آزاد، گونه‌های فعال اکسیژن و محصولات تخریبی حاصل از آن‌ها سبب جلوگیری از تنش اکسیداتیو، آسیب بافتی و بهبود پاسخ ایمنی در مقابل التهاب و تنش‌ها می‌شوند (۲۷). وجود لیپیدهای بیش‌ازحد در گردش خون و وضعیت آنتی‌اکسیدانی ضعیف با تنش اکسیداتیو در ارتباط است که این رادیکال‌های آزاد به واکنش‌های زنجیری منجر می‌شود، بنابراین سبب تولید ROS می‌شود که التهاب را افزایش می‌دهد (۲۸). رویدادهایی که در اوایل شیردهی رخ می‌دهند احتمالاً به افزایش تولید ROS کمک می‌کنند. اسیدهای چرب غیراستریفیه می‌توانند تولید ROS مرتبط با متابولیسم میتوکندری را تقویت و گیرنده‌های تشخیص الگو را فعال کنند (۲۹).

پاسخ پروتئینی جفت‌نشده مرتبط با تنش شبکه آندوپلاسمی می‌تواند به‌طور مستقیم و غیرمستقیم ازطریق ارتقای فرار ROS از میتوکندری با واسطه کلسیم به التهاب کمک کند (۲۸). افزایش تولید ROS در گاوهای اوایل شیردهی همراه با افزایش غلظت NEFA، تشکیل پراکسید لیپید را افزایش می‌دهد. پراکسیدها واسطه‌هایی می‌باشند که از افزایش لیپید پلاسما در گاوهای اوایل شیردهی تولید می‌شوند و با التهاب مرتبط می‌باشند (۲۶). پراکسیدهای لیپیدی زمانی‌که لیپیدهای درون‌سلولی با رادیکال‌های آزاد با منشأ اکسیژن؛ مثلاً هیدروژن پراکسید مواجه می‌گردند، تولید می‌شوند. برخی ROSها همیشه در کبد تولید می‌شوند، با وجود این اتفاقاتی که در اوایل شیردهی رخ می‌دهد احتمالاً به افزایش تولید ROS کمک می‌کند (۳۰). یکی دیگر از منابع کلیدی ROS در دوره انتقال، به‌ویژه در بافت رحم، لکوسیت‌های فاگوسیتی است (۳۱)؛ غلظت بیش‌ازحد NEFA و BHB فعالیت فاگوسیتی ـ اکسیداتیو لکوسیت‌ها را افزایش می‌دهد، اما سبب کاهش عمر نوتروفیل‌ها می‌شود (۳۲). برای بهبود این شرایط، ریزمغذی‌های آنتی‌اکسیدانی استفاده می‌شود.

از مهم‌ترین مواد مغذی بهبوددهنده فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، مواد معدنی می‌باشند (۳۳). ویتامین‌هایی نظیر ویتامین E، C و A یکی از مهم‌ترین آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی می‌باشند که به تخریب عوامل بیماری‌زا توسط نوتروفیل‌ها کمک می‌کنند. ویتامین E، برای توانایی سلول‌ها در خنثی کردن ROS مهم می‌باشند و درنتیجه از پیشرفت به سمت التهاب جلوگیری می‌کنند (۳۴). عنصر مس نیز برای تعدادی از آنزیم‌های درگیر در متابولیسم انرژی یا آنتی‌اکسیدانی و برای پروتئین‌های انتقال الکترون نیاز است (۳۵). غلظت ویتامین D سرم در دوره انتقال، به‌ویژه در اوایل شیردهی که گاوهای شیری بیشتر مستعد ابتلا به بیماری و تنش متابولیک می‌باشند، کاهش می‌یابد (۳۶). ویتامین D می‌تواند با تأثیر بر افزایش گلوتاتیون پراکسیداز درون‌سلولی، ازطریق تأثیر بر بیان ژن‌هایی که مسئول تولید گلوتاتیون پراکسیداز می‌باشند، شرایط مناسبی در برابر تنش اکسیداتیو مهیا کند (۳۱)؛ بنابراین کاهش غلظت ویتامین D ممکن است واکنش التهابی و تنش اکسیداتیو را افزایش دهد. مکمل کردن خوراک با ویتامین B برای جلوگیری از عوامل تنش‌زا، افزایش کارایی سیستم ایمنی و کاهش اثر بالانس منفی انرژی که پس از زایش به‌طور طبیعی صورت می‌گیرد (۳۷). تزریق ویتامین‌های B کمپلکس به بزها در طول دوره انتقال، با افزایش اشتها و کاهش تنش اکسیداتیو به کاهش تعادل انرژی منفی در بزها منجر شد (۶). احتمالاً تأمین مواد معدنی و ویتامین‌ها، توازن انرژی پیش از زایش و مصرف خوراک را بهبود می‌بخشد و لیپولیز بافت و تولید اسیدهای چرب غیراستریفیه و بتاهیدروکسی بوتیرات را کاهش می‌دهد (۳۸). مواد معدنی و ویتامین‌ها، ممکن است سبب تعادل نسبی بین آنتی‌اکسیدان‌ها و

متابولیت‌های فعال اکسیژن و موجب بهبود یکپارچگی ساختاری و عملکردی سلول‌ها باشند (۳۳). از طرفی با کاهش پراکسیداسیون اسیدهای چرب در غشاهای سلولی، سیالیت غشاهای سلولی را نیز حفظ می‌کنند (۳۹). بهبود فعالیت آنزیمی آنتی‌اکسیدانی و افزایش آنتی‌اکسیدان‌ها در خون سبب افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی سرم شد و با کاهش اکسیژن‌های فعال و بهبود ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، شاخص تنش اکسیداتیو نیز بهبود یافت (۴۰).

**نتیجه‌گیری نهایی:** یافته‌ها نشان داد استفاده از مکمل‌های معدنی یا ویتامینی و استفاده هردو مکمل باهم سبب کاهش بتا هیدروکسی بوتیرات، اسیدهای چرب غیراستریفیه، گونه‌های فعال اکسیژن و شاخص تنش اکسیداتیو می‌شود. همچنین تزریق مکمل معدنی یا مکمل ویتامینی و استفاده مکمل‌ها با یکدیگر سبب افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی سرم گاوهای شیری می‌شود. با توجه به نتایج مطالعه حاضر، تزریق هم‌زمان مواد معدنی و ویتامین‌ها به دام‌های دوره انتقال پیش از زایش، به سبب کاهش التهاب و تنش اکسیداتیو توصیه می‌شود.

## سپاسگزاری

از بخش امور دام مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان جهت حمایت و پشتیبانی از انجام مطالعه حاضر تشکر می‌شود.

## تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافعی در ارتباط با این مطالعه وجود ندارد.

## References

1. Rezaei K, Hosseinian SA, Basiri S, Nader K. Effect of three types of probiotics on growth performance and sensory and qualitative indices of breast muscle in broilers exposed to chronic heat stress. J Vet Res. 2024;79(4):233-248. doi: 10.22059/jvr.2024.377983.3443

2. Lotfollahzadeh S, Abil M, Alavi SM, Mokhber Dezfouli MR, Moosakhani F. The effects of oraladministration of solution containing minerals and organic substances in parturient dairy cow and the prevention of mineral deficiency and negative energy balance. J Vet Res. 2011;66(4):229-304.

3. Nemati Mazrae M, Anassori E, Ramin A. Energy status, body condition, and level of inflammatory markers in pregnant ewes in the transition period. J Vet Res. 2023;78(4):273-287. doi: 10.22059/jvr.2023.354004.3322

4. Coleman DN, Alharthi AS, Liang Y, Lopes MG, Lopreiato V, Vailati-Riboni M, Loor JJ. Multifaceted role of one-carbon metabolism on immunometabolic control and growth during pregnancy, lactation and the neonatal period in dairy cattle. J Anim Sci Biotechnol. 2021;12(1):1–28. doi: 10.1186/s40104-021-00547-5 PMID: 33536062

5. Allen MS, Bradford BJ. Control of eating by hepatic oxidation of fatty acids A note of caution. Appetite. 2009;53(2):272-273. doi: 10.1016/j.appet.2009.06.005 PMID: 19540287

6. Asadi M, Fard HM, Araee KA, Hatami M. Studying the impacts of maternal B complex vitamin injection on performance, metabolic diseases, hematological parameters, and antioxidant status in pregnant Sannen goats and their kids. Sci Total Environ. 2024;907:167860. doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.167860 PMID: 37844633

7. Giuliodori M, Magnasco RP, Becu-Villalobos D, Lacau-Mengido IM, Risco CA, de la Sota RL. Clinical endometritis in an Argentinean herd of dairy cows: Risk factors and reproductive efficiency. J Dairy Sci. 2013;96:210-218. doi: 10.3168/jds.2012-5682 PMID: 23182361

8. Asadi M, Ghoorchi T, Toghdory A. The effect of injection of different levels of selenium and vitamin E in late pregnancy of cows on performance, thyroid hormones, some blood metabolites and skeletal growth indices of their calves. Iranian J Applied Anim Sci. 2024;3(14):371-379. doi: 10.71798/ijas.2024.1184799

9. Asadi M, Toghdory A, Ghoorchi T. Effect of oral administration and injection of selenium and vitamin E on performance, blood metabolites and digestibility of nutrients in suckling Dalagh lambs. Res Anim Prod. 2018;9(20):79-87. doi: 10.29252/rap.9.20.79

10. McDowell LR. Minerals in animal and human nutrition. 2nd ed. Elsevier Science B.V. Amsterdam, Netherlands; 2003.

11. Afsharfarnia S, Rasooli A, Nouri M, Shahriyari A. Effect of oral calcium chloride supplementation on serum calcium, phosphorus and magnesium of Holstein dairy cows in transition period. J Vet Res. 2018;73(3):319-325. doi: 10.22059/jvr.2018.211833.2505

12. Hassanabadi M, Mohri M, Seifi HA. Effects of single injection of vitamin $D_3$ on some immune and oxidative stress characteristics in transition dairy cows. Iranian J Vet Sci Technol. 2021;12(2):25-35. doi: M10.22067/ijvst.2020.39239

13. Asadi M, Ghoorchi T, Toghdory A, Rajabi Aliabadi R, Iri Tomaj R. Comparison of selenium and vitamin E recommended NRC and ARC by diet and injection methods on performance, digestibility, some blood metabolites and skeletal growth indices of calves. Anim Sci Res. 2021;31(2):57-69. doi: 10.22034/as.2021.36647.1526

14. Bertoni G, Minuti A, Trevisi E. Immune system, inflammation and nutrition in dairy cattle. Anim Prod Sci. 2015;55:943–948. doi: 10.1071/AN14863

15. Erb C, Staudt N, Flammer J, Nau W. Ascorbic acid as a free radical scavenger in porcine and bovine aqueous humour. Ophtal Res. 2004;36:38-42. doi: 10.1159/000076108 PMID: 15007238

16. Sadate Sharifi S, Dirandeh E, Deldar H, Mollaei A. Effect of anionic diets withdraw on metabolic response, milk production and reproductive performance of Holstein cows during transition period. J Rumin Res. 2022;10(4):89-104. doi: 10.22069/ejrr.2022.20448.1858

17. Jahani-Moghadam M, Teimouri Yansari A, Chashnidel Y, Dirandeh E, Mahjoubi E. Short- and long-term effects of postpartum oral bolus v. subcutaneous Ca supplements on blood metabolites and productivity of Holstein cows fed a prepartum anionic diet. Anim. 2020;14:983-990. doi: 10.1017/s175173111900257x PMID: 31657290

18. Chandra G, Aggarwal A, Singh A, Kumar M. Effect of vitamin E and zinc supplementation on liver enzymatic profile of pre-and post-partum Sahiwal cows. Indian J Anim Sci. 2014;84(5):507-510. doi: 10.56093/ijans.v84i5.40650

19. Abdolmaleki Z, Souri M, Moeni M, Tohidi A, Chashnidel Y. Effect of dietary conjugated linoleic Acid (CLA) Supplementation with injectable Se and VE supplement on productive performance and blood parameters of holstein dairy cows. J Rumin Res. 2018;5(4):101-118. doi: 10.22069/ejrr.2017.13635.1568

20. Movahednasab M, Tahmasebi A, Vakili SA, Naserian AA. The effect of fat-soluble vitamins (A, D, E) and flaxseed oil on blood parameters and immune system of suckling calves. Iranian J Anim Sci Res. 2023;15(2):137-150. doi: 10.22067/ijasr.2022.75288.1067

21. Duplessis M, Lapierre H, Sauerwein H, Girard CL. Combined biotin, folic acid, and vitamin $B_{12}$ supplementation given during the transition period to dairy cows: part I. Effects on lactation performance, energy and protein metabolism, and hormones. J Dairy Sci. 2022;105(8):7079-7096. doi: 10.3168/jds.2021-21677 PMID: 35840411

22. Mousavi SR, Fatahnia F, Taasoli G, Mohammadi Y. Peripartum injection of vitamins (E and $B_{12}$) and trace minerals (selenium and iron) in Holstein dairy cows: effect on milk production and composition, body condition score and serum metabolites. Iranian J Applied Anim Sci. 2022;12(2):255-269. doi: 20.1001.1.2251628.2022.12.2.5.6

23. Bates AJ, Wells M, Fitzpatrick C, Laven RA. Effect of a pre-calving injectable trace mineral supplement on white blood cell function in seasonally calving pastoral dairy cows. New Zealand Vet J. 2025;73(2):87-99. doi: 10.1080/00480169.2024.2417925 PMID: 39477693

24. Alhussien MN, Tiwari S, Panda BSK, Pandey Y, Lathwal SS, Dang AK. Supplementation of antioxidant micronutrients reduces stress and improves immune function/response in periparturient dairy cows and their calves. J Trace Elem Med Biol. 2021;65:126718. doi: 10.1016/j.jtemb.2021.126718 PMID: 33484976

25. Shahbazi F, Fatahnia F, Shamsollahi M, Jafari H, Mohammadi Y. Effect of time and amount of vitamin $AD_3E$ injection in late pregnancy on colostrum quality, concentration of plasma parameters, and antioxidant status of Afshari ewes and their lambs. Anim Prod Res. 2024;13(1):49-67. doi: 10.22124/ar.2024.26232.1807

26. Somagond YM, Alhussien MN, Dang AK. Repeated injection of multivitamins and multiminerals during the transition period enhances immune response by suppressing inflammation and oxidative stress in cows and oxidative stress in cows and their calves. Front Immunol. 2023;14:1059956. doi: 10.3389/fimmu.2023.1059956 PMID: 36845154

27. Toghdory A, Asadi M, Ghoorchi T, Hatami M. Impacts of organic manganese supplementation on blood mineral, biochemical, and hematology in Afshari ewes and their newborn lambs in the transition period. J Trace Elem Med Biol. 2023;79:127215. doi: 10.1016/j.jtemb.2023.127215 PMID: 37229982

28. Bernabucci U, Ronchi B, Lacetera N, Nardone A. Influence of body condition score on relationships between metabolic status and oxidative stress in periparturient dairy cows. J Dairy Sci. 2005;88:2017–2026. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(05)72878-2 PMID: 15905432

29. Bradford BJ, Yuan K, Farney JK, Mamedova LK, Carpenter AJ. Invited review: inflammation during the transition to lactation: New adventures with an old flame. J Dairy Sci. 2015;98:6631–6650. doi: 10.3168/jds.2015-9683 PMID: 26210279

30. Ametaj BN, Sivaraman S, Dunn SN, Zebeli Q. Repeated oral administration of lipopolysaccharide from Escherichia coli 0111:B4 modulated humoral immune responses in periparturient dairy cows. Innate Immunit. 2012;18:638–647. doi: 10.1177/1753425911434851 PMID: 22266418

31. Sordillo LM, Aitken SL. Impact of oxidative stress on the health and immune function of dairy cattle. Vet Immunol Immunopathol. 2009;128(1-3):104–109. doi: 10.1016/j.vetimm.2008.10.305 PMID: 19027173

32. Silva TH, Guimaraes I, Menta PR, Fernandes L, Paiva D, Ribeiro TL, Celestino ML, Netto AS, Ballou MA, Machado VS. Effect of injectable trace mineral supplementation on peripheral polymorphonuclear leukocyte function, antioxidant enzymes, health, and performance in dairy cows in semi-arid conditions. J Dairy Sci. 2022;05(2):1649-1660. doi: 10.3168/jds.2021-20624 PMID: 34799106

33. Asadi M, Ghoorchi T, Toghdory A. The effect of using different forms of chromium on hematological parameters and antioxidant status of Afshar ewes in the transition period and their lambs under the influence of heat stress. Iranian J anim Sci. 2024;55(3):547-563. doi: 10.22059/ijas.2024.364592.653965

34. Bernabucci U, Ronchi B, Lacetera N, Nardone A. Markers of oxidative status in plasma and erythrocytes of transition dairy cows during hot season. J Dairy Sci. 2002;85:2173-2179. doi: 10.3168/jds.s0022-0302(02)74296-3 PMID: 12362449

35. Grzybowska D, Snarska A, Sobiech P. Copper – An essential micronutrient for calves and adult cattle. J Elementol. 2019;24(1):101-110. doi: 10.5601/jelem.2018.23.2.1645

36. Holcombe SJ, Wisnieski L, Gandy J, Norby B, Sordillo LM. Reduced serum vitamin D concentrations in healthy early-lactation dairy cattle. Int J Dairy Sci. 2018;3:1–7. doi: 10.3168/jds.2017-13547 PMID: 29174154

37. Asadi M, Hatami M, Fard HM. The injection of maternal B complex vitamin during the transition period: The impact on performance, thyroid hormones levels and immunological parameters in the Sannen goats and their kids, as well as the faeces status of newborn kids. Vet Med Sci. 2024;10:e1561. doi: 10.1002/vms3.1561 PMID: 39078393

38. Abuelo A, Hernandez J, Benedito JL, Castillo C. Association of oxidative status and insulin sensitivity in periparturient dairy cattle: an observational study. J Anim Physiol Anim Nutr. 2016;100:279-286. doi: 10.1111/jpn.12365 PMID: 26174108

39. Ghasemi E, Safari Foroshani MH, Alikhani M, Shirani-Shamsabadi J. Metabolic profile and antioxidative status, body weight, and performance of dairy cows in the periparturient period. Iranian J Anim Sci. 2019;50(3):171-184. doi: 10.22059/ijas.2019.282022.653709

40. Asadi M, Toghdory A, Ghoorchi T, Hatami M. The effect of maternal organic manganese supplementation on performance, immunological status, blood biochemical and antioxidant status of Afshari ewes and their newborn lambs in transition period. J Anim Physiol Anim Nutr. 2024;108:493–499. doi: 10.1111/jpn.13909