



The effect of vitamin and mineral supplementation during the late pregnancy of Holstein dairy cows on performance, skeletal growth index, diarrhea status, blood and antioxidant parameters of their newborn calves

Mohammad Asadi^{1✉} | Reza Kamali² | Nader Asadzadeh³

1. Corresponding Author, Department of Animal Sciences Research, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Gorgan, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran. E-mail: Mohammad.asadi_s97@gau.ac.ir
2. Department of Animal Sciences Research, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Gorgan, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran. E-mail: R.kamali@areeo.ac.ir
3. Department of Animal Sciences Research, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. E-mail: n.asadzadeh@areeo.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 27 November 2024
Received in revised form
21 March 2025
Accepted 26 March 2025
Published online 4 May 2024

Keywords:
Calves
Minerals
Performance
Transition period
Vitamins

ABSTRACT

Objective: The various challenges that cows face in late pregnancy have lasting effects, affecting aspects of the calf's metabolism at birth and post-colostrum immunity. On the other hand, the increase in oxidative stress and excessive production of free radicals during the transfer period affects the growing fetus. This effect can alter the ability of calves to defend themselves against pathogens and cope with stressors, leading to changes in body weight, performance and skeletal development during the critical first month of life. Identifying and optimizing the effect of specific nutrients in the animal health program can be an efficient management strategy to reduce oxidative stress and inflammation associated with the transition period, followed by immune disorders and impaired health and growth of calves; In this regard, vitamins and minerals are known for their anti-inflammatory and anti-oxidative properties. Providing essential micronutrients to the mother during pregnancy is an effective way to meet the needs of the baby.

Material and Methods: This experiment was conducted in order to investigate the effect of injecting minerals and vitamins in the late pregnancy of cows on performance, stool consistency, some blood metabolites, antioxidant status and skeletal growth indicators of their calves. For this purpose, 32 pregnant cows were selected based on the calving cycle, age, body weight and body condition score and were divided into 4 treatments and 8 repetitions in the form of a completely randomized design. Experimental treatments included: 1) control group (no vitamin and mineral supplement injection), 2) treatment receiving injectable vitamin supplement, 3) treatment receiving injectable mineral supplement and 4) treatment receiving vitamin and mineral supplement injection together. Supplements were injected 28 days before calving. After birth, calves born from each group were examined for 35 days. Blood samples were taken from calves at the end of the experimental period (35 days after birth) to measure blood parameters.

Results and Discussion: The results showed that birth weight, day 35 weight, daily weight gain and total dry matter consumption of calves born from mothers receiving minerals, vitamins and minerals and vitamins were increased compared to the control group ($P \leq 0.05$). In the treatments receiving minerals, vitamins, and minerals and vitamins, an increase in colostrum IgG, IgG consumed by each calf, and serum IgG of calves was observed at birth and three days after birth ($P \leq 0.05$). Also, maternal injection of minerals and vitamins improved stool consistency and reduced the number of animals suffering from diarrhea; So that the best result was obtained from the simultaneous injection of minerals and vitamins ($P \leq 0.05$). On the other hand, the concentration of glucose, total protein and albumin of calves receiving maternal minerals, vitamins and minerals and vitamins were associated with a significant change compared to the control treatment ($P \leq 0.05$). Maternal injection increased the activity of glutathione peroxidase and decreased the total antioxidant status in calves compared to control calves ($P \leq 0.05$). The superoxide dismutase enzyme activity of calves born from the group receiving minerals and vitamins at the same time was associated with an increase, and the highest change in catalase activity was related to calves receiving treatment of minerals, and minerals and vitamins. In the calves born from the treatments receiving minerals, vitamins and minerals and vitamins, the height of the withers on the 28st day was increased compared to the control calves ($P \leq 0.05$).

Conclusion: In general, the simultaneous injection of minerals and vitamins to animals in the transition period before calving is recommended due to better performance and improvement of the immune system and health of their calves.

Cite this article: Asadi, M., Kamali, R., & Asadzadeh, N. (2025). The effect of vitamin and mineral supplementation during the late pregnancy of Holstein dairy cows on performance, skeletal growth index, diarrhea status, blood and antioxidant parameters of their newborn calves. *Journal of Animal Production*, 27 (1), 27-41.
DOI: <https://doi.org/10.22059/jap.2025.386061.623818>



© The Author(s).

DOI: <https://doi.org/10.22059/jap.2025.386061.623818>

Publisher: University of Tehran Press.



اثر تزریق مکمل‌های ویتامینی و معدنی در اواخر دوره آبستنی گاوهای شیری هلشتاین بر عملکرد، شاخص رشد اسکلتی، وضعیت اسهال، فراسنجه‌های خونی و آنتی‌اکسیدانی گوساله‌های آن‌ها

محمد اسدی^۱ | رضا کمالی^۲ | نادر اسدزاده^۳

۱. نویسنده مسئول، بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، گرگان، ایران. رایانامه: Mohammad.asadi_s97@gau.ac.ir
 ۲. بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، گرگان، ایران. رایانامه: R.kamali@areeo.ac.ir
 ۳. بخش تحقیقات علوم دامی، مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، کرج، ایران. رایانامه: n.asadzadeh@areeo.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۰۷

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۱/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۰۶

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۲/۱۴

چکیده

هدف: برنامه‌ریزی جهت سلامت جنین در گاوهای شیری یک امر حیاتی می‌باشد، زیرا استرس اکسیداتیو مادر نه تنها بر سلامت فوری پس از زایمان تأثیر می‌گذارد، بلکه پیامدهای بلندمدتی برای رشد، نمو، تاب‌آوری و استقامت گوساله نیز دارد. از طرفی افزایش استرس اکسیداتیو و تولید بیش از حد رادیکال‌های آزاد در دوره انتقال روی جنین در حال رشد تأثیر می‌گذارد. این اثر می‌تواند توانایی گوساله‌ها را برای دفاع از خود در برابر عوامل بیماری‌زا و مقابله با عوامل استرس‌زا تغییر دهد و منجر به تغییر در وزن بدن، عملکرد و رشد اسکلتی در طول ماه اول حیات شود. شناسایی و بهینه‌سازی اثر مواد مغذی خاص در برنامه سلامت حیوانات می‌تواند یک استراتژی مدیریتی کارآمد برای کاهش استرس اکسیداتیو و التهاب مرتبط با دوره انتقال و به دنبال آن اختلالات ایمنی و اختلال در سلامت و رشد گوساله‌ها باشد. در این راستا، ویتامین‌ها و مواد معدنی به دلیل خواص ضدالتهابی و آنتی‌اکسیدانی خود شناخته شده‌اند. تأمین ریزمغذی‌های ضروری برای گاوها در دوران بارداری یک راه مؤثر برای رفع نیازهای گوساله است.

مواد و روش‌ها: پژوهش حاضر به منظور بررسی تأثیر تزریق مواد معدنی و ویتامین‌ها در اواخر بارداری گاوها بر عملکرد، قوام مدفوع، برخی متابولیت‌های خون، وضعیت آنتی‌اکسیدانی و شاخص‌های رشد اسکلتی گوساله‌های آن‌ها، با استفاده از ۳۲ گاو آبستن در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار و هشت تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل ۱- گروه شاهد (عدم تزریق مکمل ویتامینی و معدنی)، ۲- تیمار دریافت‌کننده مکمل ویتامینی تزریقی، ۳- تیمار دریافت‌کننده مکمل معدنی تزریقی و ۴- تیمار دریافت‌کننده مکمل ویتامینی و معدنی تزریقی باهم بود. تزریق مکمل‌ها در ۲۸ روز قبل زایش به صورت زیرجلدی انجام شد. مکمل ویتامینی شامل ویتامین‌های A، D3، E، B1، B2، B3، B6، B12 و C و مکمل معدنی شامل کلسیم، مس، منیزیم و فسفر بود.

نتایج و بحث: نتایج نشان داد وزن تولد، وزن روز ۳۵، افزایش وزن روزانه و مصرف ماده خشک کل گوساله‌های متولد شده از مادران دریافت‌کننده مواد معدنی، ویتامین‌ها و مخلوط ویتامینی-معدنی نسبت به گروه شاهد با افزایش همراه بود ($P \leq 0.05$). در تیمارهای دریافت‌کننده مواد معدنی، ویتامین‌ها و مخلوط هر دو، افزایش IgG آغوز، مصرفی هر گوساله و IgG سرمی گوساله‌ها در بدو تولد و سه روز پس از تولد آن‌ها مشاهده شد ($P \leq 0.05$). همچنین، تزریق مواد معدنی و ویتامین‌ها به گاوهای آبستن سبب بهبود قوام مدفوع و کاهش تعداد گوساله‌های مبتلا به اسهال شد، به طوری که بهترین نتیجه از تزریق همزمان مواد معدنی و ویتامین‌ها به دست آمد ($P \leq 0.05$). از طرفی، غلظت گلوکز، پروتئین کل و آلبومین گوساله‌های متولد شده از گاوهای دریافت‌کننده مواد معدنی، ویتامین‌ها و مواد معدنی و ویتامین‌ها، نسبت به تیمار شاهد با تغییر معنی‌داری همراه بود. تزریق مواد معدنی و ویتامین‌ها به گاوهای آبستن، سبب افزایش فعالیت گلوکاتیون پراکسیداز و کاهش وضعیت آنتی‌اکسیدانی کل در گوساله‌ها نسبت به گوساله‌های گروه شاهد شد ($P \leq 0.05$). فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز گوساله‌های متولد شده از گروه دریافت‌کننده همزمان مواد معدنی و ویتامین، با افزایش همراه بود و بیش‌ترین تغییر فعالیت کاتالاز مربوط به گوساله‌های تیمار دریافت‌کننده مواد معدنی و مخلوط ویتامینی-معدنی بود. در گوساله‌های متولد شده از تیمارهای دریافت‌کننده مواد معدنی، ویتامین‌ها و مخلوط هر دو، ارتفاع جدوگاه روز ۲۸ نسبت به گوساله‌های شاهد با افزایش همراه بود ($P \leq 0.05$).

نتیجه‌گیری: به طور کلی، تزریق همزمان مواد معدنی و ویتامین‌ها به دام‌های دوره انتقال پیش از زایش، به سبب عملکرد بهتر و بهبود سیستم ایمنی و سلامت گوساله‌های آن‌ها توصیه می‌شود.

کلیدواژه‌ها:

دوره انتقال

عملکرد

گوساله

مواد معدنی

استناد: نام نویسندگان (۱۴۰۴). اثر تزریق مکمل‌های ویتامینی و معدنی در اواخر دوره آبستنی گاوهای شیری هلشتاین بر عملکرد، شاخص رشد اسکلتی، وضعیت اسهال، فراسنجه‌های خونی و آنتی‌اکسیدانی گوساله‌های آن‌ها. نشریه تولیدات دامی، ۲۷ (۱)، ۲۷-۴۱.

DOI: <https://doi.org/10.22059/jap.2025.386061.623818>



۱. مقدمه

دوره انتقال از مهم‌ترین بخش‌های زندگی گاو شیری می‌باشد که از سه هفته قبل تا سه هفته بعد از زایمان را در برمی‌گیرد (Somagond et al., 2023). این دوره، اغلب با افزایش التهاب، استرس اکسیداتیو، آزادشدن بافت چربی و اختلالات متابولیک همراه است (اسدی و همکاران، ۱۴۰۳) که ممکن است علاوه بر تأثیرات منفی بر سلامت گاو، منجر به کاهش تولید آغوز و شیر شود و بر سلامت و رشد جنین تأثیر گذارد (Asadi et al., 2024a). چالش‌های مختلفی که گاو در اواخر بارداری با آن‌ها سر و کار دارد، اثرات پایداری داشته و بر جنبه‌های متابولیسم گوساله در بدو تولد و ایمنی بدن پس از مصرف آغوز تأثیر می‌گذارند (Jacometo et al., 2015). گوساله‌های تازه متولدشده که با سیستم ایمنی توسعه‌نیافته دست و پنجه نرم می‌کنند، پس از تولد، از نظر ایمنی به انتقال غیرفعال موفقیت‌آمیز ایمونوگلوبولین‌های مادری (Ig) از آغوز متکی هستند (Alhussien et al., 2021). بیش‌تر تغییرات و چالش‌های به‌وجودآمده، با پاسخ التهابی ناشی از مکانیسم‌های مختلف حاکم بر تولید ایکوزانویدها و سیتوکین‌های پیش‌التهابی مرتبط هستند. چندین مؤلفه سیستم دفاعی میزبان، از جمله رشد نوتروفیل‌ها، انتقال و عملکرد، تکثیر لنفوسیت‌ها، پاسخ‌های آنتی‌بادی و تولید سیتوکین توسط سلول‌های ایمنی تغییر می‌کند (اسدی و همکاران، ۱۴۰۳).

دوره انتقال هم‌چنین با افزایش حساسیت محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-آدرنال (HPA) و افزایش ترشح گلوکوکورتیکوئیدها که به‌عنوان سرکوب‌کننده‌های ایمنی عمل می‌کنند، مشخص می‌شود (Alhussien et al., 2021). سازگاری متابولیکی ضعیف و عملکردهای ایمنی گاوهای شیری حوالی زایمان، بر خواص تغذیه‌ای و ایمنی آغوز و در نهایت بر سلامت گوساله‌های تازه متولدشده تأثیر می‌گذارد (Somagond et al., 2023). از طرفی افزایش تنش اکسیداتیو و تولید بیش از حد رادیکال‌های آزاد در طول دوره انتقال بر جنین در حال رشد تأثیر می‌گذارد. این اثر می‌تواند توانایی گوساله‌ها را برای دفاع از خود در برابر عوامل بیماری‌زا و مقابله با عوامل استرس‌زا تغییر دهد و منجر به تغییر وزن بدن، عملکرد و رشد اسکلتی در طول اولین ماه حیاتی زندگی شود (Miqueo et al., 2024). از این نظر، برنامه‌ریزی جهت سلامت جنین در گاوهای شیری یک امر حیاتی می‌باشد. زیرا استرس اکسیداتیو مادر نه‌تنها بر سلامت فوری پس از زایمان تأثیر می‌گذارد، بلکه پیامدهای بلندمدتی برای رشد، نمو، تاب‌آوری و استقامت گوساله نیز دارد (Jacometo et al., 2015).

گوساله‌های تازه متولدشده از گاوهای شیری که در طول دوره انتقال با استرس اکسیداتیو مواجه می‌شوند، در ماه اولیه زندگی خود تحت استرس اکسیداتیو قرار می‌گیرند (Yadav et al., 2023). استرس اکسیداتیو پتانسیل سیستم ایمنی را برای مبارزه با عفونت کاهش می‌دهد و حساسیت حیوانات را به اختلالات مختلف سلامتی افزایش می‌دهد (Abuelo et al., 2019). شناسایی و بهینه‌سازی تأثیر مواد مغذی خاص در برنامه سلامت دام می‌تواند یک راهبرد مدیریتی کارآمد برای کاهش استرس اکسیداتیو و التهاب مرتبط با دوره انتقال، اختلالات ایمنی و اختلالات سلامت و رشد باشد. در این راستا، ویتامین‌ها و مواد معدنی به‌واسطه خواص ضدالتهابی و ضد اکسیداتیو خود شناخته شده‌اند (Somagond et al., 2023).

ارائه ریزمغذی‌های ضروری به گاو ماده در دوران بارداری یک روش مؤثر برای برآوردن نیازهای گوساله تازه متولد است، زیرا به‌طور مؤثر از سد جفتی به بافت‌های جنین انتقال پیدا کرد و به آغوز و شیر نیز منتقل می‌شود (Asadi et al., 2024b). با کاهش مصرف خوراک و افزایش نیاز همزمان به آنتی‌اکسیدان‌ها، مکمل‌کردن آنتی‌اکسیدان‌هایی مانند ویتامین‌ها و مواد معدنی به گاوها در نزدیکی زایمان برای به حداقل رساندن اثرات مضر تولید بیش از حد اکسیژن فعال، تقویت سیستم ایمنی و در نتیجه بهبود وضعیت سلامتی حیوانات و کاهش بروز بیماری‌ها بسیار مهم است (Alhussien et al., 2021). براساس گزارش‌های قبلی، کاهش غلظت مواد معدنی و ویتامین‌ها در خون در طول دوره پس از زایمان می‌تواند بسیاری از عملکردهای ایمنی را مختل کرده و منجر به بیماری‌های التهابی مختلف و حتی تشدید بیماری‌های

متابولیسمی در گاو شود. ویتامین‌ها و مواد معدنی برای سلامت و تولید گاوهای شیری ضروری هستند، زیرا به عنوان آنتی‌اکسیدان‌های سلولی و تعدیل‌کننده سیستم ایمنی عمل می‌کنند (Smith et al., 2018). پژوهش‌گران ریزمغذی‌های آنتی‌اکسیدانی را در طول دوره انتقال مکمل کردند و تأثیر مثبت آن‌ها را بر رفاه و بهره‌وری گاوهای شیری و گوساله‌های آن‌ها نشان دادند (Alhussien et al., 2021). ویتامین‌ها در عملکرد صحیح بسیاری از سیستم‌های بیولوژیکی مانند سیستم عصبی، عضلانی، گردش خون، تولید مثل و سیستم ایمنی نقش دارند. عناصر معدنی نظیر مس اجزای ضروری آنزیم‌هایی هستند که سلول‌ها را از آسیب ناشی از رادیکال‌های آزاد محافظت می‌کنند (Willmore et al., 2021). مقادیر ناکافی و کمبود عناصر معدنی نظیر کلسیم و منیزیم نیز در جیره خطر ابتلا به اختلالات سلامتی مختلف را نه تنها در گاوهای شیری نزدیک زایمان بلکه در گوساله‌های تازه متولد شده نیز افزایش می‌دهد (Sordillo, 2016).

ویتامین‌های گروه B به حفظ اشتها، طبیعی و عملکرد دام کمک می‌کند و نقش مهمی در ایمنی نیز دارند (Asadi et al., 2024b). در پژوهشی، تزریق ویتامین B کمپلکس به بزها در اواخر آبستنی، باعث بهبود عملکرد، بیماری‌های متابولیک و همچنین پارامترهای خونی و آنتی‌اکسیدانی در بزها و فرزندان آن‌ها شد (Asadi et al., 2023). ویتامین E علاوه بر خنثی‌نمودن رادیکال‌های آزاد و بهبود التهاب (عبدالملکی و همکاران، ۱۳۹۶)، در اواخر آبستنی سبب افزایش غلظت سرمی IgG آغوز و پس از شیردهی و به دنبال آن ایمنی غیرفعال می‌شود (Banchero et al., 2015). از طرفی، ویتامین A به کمک ویتامین C به صورت غیر مستقیم بر حفظ سطوح مناسب ویتامین E تأثیر گذاشت و باعث بهبود پاسخ سلول‌های ایمنی شد، همچنین ویتامین C و A با کاهش عفونت‌های پستانی بر تولید و ترکیب شیر در گاوهای شیرده اثر دارد (Matsui, 2012).

تزریق مواد معدنی و ویتامین‌های مرتبط با سیستم آنتی‌اکسیدانی به گاو شیری اواخر آبستنی، موجب بروز موارد کم‌تری از اسهال، با شروع دیرتر این اختلال متابولیک، میانگین نمره مدفوع پایین‌تر و مدت زمان اسهال، و همچنین نرخ بیش‌تر افزایش وزن روزانه و عملکرد رشد از بدو تولد تا از شیرگرفتن گوساله‌های آن‌ها شد (Miqueo et al., 2022). مطالعات قبلی نشان داده‌اند که تزریق ریزمغذی‌ها منبع بهتری برای فراهمی زیستی است، زیرا این روش مصرف، باعث دسترسی مستقیم به ریزمغذی‌ها، بهبود راندمان مصرفی از آن‌ها و کاهش بروز بیماری‌ها می‌شود. مضرات دادن ریزمغذی‌های خوراکی به گاو این است که جذب آن‌ها به دلیل برهمکنش با مواد مغذی مختلف موجود در شکمبه به میزان قابل‌توجهی کاهش می‌یابد (Bordignon et al., 2019). با توجه به اهمیت تغذیه ریزمغذی‌ها در دوره انتقال و اثرات آن بر گوساله‌ها، پژوهشی به منظور بررسی تأثیر تزریق مواد معدنی و ویتامین‌ها در اواخر بارداری گاوها بر عملکرد، قوام مدفوع، برخی متابولیت‌های خون، وضعیت آنتی‌اکسیدانی و شاخص‌های رشد اسکلتی گوساله‌های آن‌ها انجام شد.

۲. روش پژوهش

پژوهش حاضر در پاییز ۱۴۰۳ در مزرعه دامپروری دام نمونه زروان واقع در شهرستان گرگان صورت گرفت. بدین منظور ۳۲ رأس گاو با میانگین تولید $2/7 \pm 1/7$ ، با شکم دو شکم زایش و اسکور بدنی $0/25 \pm 3/5$ در اواخر دوره آبستنی به چهار تیمار و هشت تکرار در قالب طرح کامل تصادفی تقسیم شدند. تیمارهای آزمایشی شامل ۱- گروه شاهد (عدم تزریق مکمل ویتامینی و معدنی)، ۲- گاوهای دریافت‌کننده مکمل ویتامینی تزریقی، ۳- گاوهای دریافت‌کننده مکمل معدنی تزریقی و ۴- گاوهای دریافت‌کننده مکمل ویتامینی و معدنی تزریقی باهم بود. تزریق مکمل‌ها در ۲۸ روز قبل زایش از ناحیه پهلو و به صورت زیرجلدی انجام شد. مکمل ویتامینی حاوی ۵۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A (پالمیتات)،

۲۵۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D₃، ۲۱ میلی‌گرم ویتامین E (استات)، شش میلی‌گرم ویتامین B₁، دو میلی‌گرم ویتامین B₂، پنج میلی‌گرم ویتامین B₆، ۱۲/۵ میلی‌گرم ویتامین B₃ (نیکوتینامید)، سه میکروگرم ویتامین B₁₂، شش میلی‌گرم دی‌پانتنول و دو میلی‌گرم ویتامین C و دُر تزریق آن طبق توصیه شرکت سازنده ۲۰ میلی‌گرم به‌ازای هر رأس گاو بود و مکمل معدنی که هر میلی‌لیتر آن حاوی ۴۰۰ میلی‌گرم کلسیم بروگلوکونات، ۲۲ میلی‌گرم منیزیم هیپوفسفیت و دو میلی‌گرم مس بوده و دُر تزریق آن طبق توصیه شرکت سازنده ۱۰۰ میلی‌گرم به‌ازای هر رأس گاو بود.

پس از تولد، گوساله‌های متولد شده از هر گروه به مدت ۳۵ روز مورد بررسی قرار گرفتند. در ۲۴ ساعت اول پس از تولد، گوساله‌ها از مادر جدا شده و ناف‌ها با محلول تتنورید ضدعفونی و پس از توزین به جایگاه‌های انفرادی منتقل شدند. سپس چهار لیتر آغوز در دو نوبت و در هشت ساعت اول تولد تغذیه شد و تغذیه با آغوز تا دو روز دیگر به میزان ۱۰ درصد وزن بدن ادامه یافت. میانگین آغوز مصرفی گوساله‌ها ثبت گردید، هم‌چنین IgG آغوز با استفاده از روش الایزا و کیت شرکت بایو ایکس بلژیک اندازه‌گیری شد. هم‌چنین IgG مصرفی هر گوساله از نسبت میانگین آغوز مصرفی هر تیمار بر IgG آغوز محاسبه گردید. گوساله‌های دو بار در روز (۸:۳۰ صبح و ۴:۳۰ بعدازظهر) با شیر تغذیه شدند. جیره مورد استفاده پیش از زایش گاوها و جیره آغازین گوساله‌ها و مواد مغذی آن‌ها در جدول (۱) آمده است. گوساله‌ها، از روز پنجم تولد به‌طور آزادانه به آب آشامیدنی دسترسی داشتند و تنها یک ساعت قبل تا یک ساعت پس از تغذیه شیر، از دسترسی گوساله‌ها به آب جلوگیری می‌شد.

جدول ۱. مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره آغازین گوساله‌ها و جیره گاوها قبل از زایش

جیره گاوها قبل از زایش (درصد ماده خشک)		جیره آغازین گوساله‌ها (درصد ماده خشک)	
سیلاژ ذرت	۴۷/۵۰	یونجه	۱۰/۰۰
یونجه	۱۲/۵۰	کنجاله سویا	۳۰/۶۰
دانه جو	۱۰/۰۸	دانه ذرت	۳۲/۹۰
دانه ذرت	۱۱/۴۹	دانه جو	۱۸/۰۰
کنجاله سویا	۳/۰۴	فول فت سویا	۲/۷۰
پودر ماهی	۱/۵۵	مکمل معدنی-ویتامینی	۲/۲۰
کنجاله کلزا	۵/۴۲	جوش شیرین	۱/۳۰
کنجاله گلوتن ذرت	۱/۵۵	اکسید منیزیم	۰/۴۰
پنبه دانه کامل	۲/۳۹	کربنات کلسیم	۱/۴۰
سولفات منیزیم	۰/۷۱	توکسین بایندر	۰/۵۰
کربنات کلسیم	۱/۳۶		
کلرید کلسیم	۰/۶۱		
مونوسین	۰/۲۵		
مخمّر	۰/۲۵		
مکمل معدنی-ویتامینی	۱/۲۱		
مواد مغذی (محاسبه‌شده جیره)			
انرژی شیردهی (Mcal/kg DM)	۱/۶۱	ماده خشک (درصد)	۸۸/۰۰
پروتئین خام (درصد)	۱۳/۶۷	انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری/کیلوگرم)	۳/۱۲
فیبر نامحلول در شوینده خنثی (درصد)	۳۴/۶۰	پروتئین خام (درصد)	۲۱/۶۹
خاکستر (درصد)	۷/۹۲	فیبر نامحلول در شوینده خنثی (درصد)	۲۷/۱۵
کلسیم (درصد)	۱/۳۴	فیبر نامحلول در شوینده اسیدی (درصد)	۲۰/۰۹
فسفر (درصد)	۰/۴۹	عصاره اتری (درصد)	۱/۹۴
منیزیم (درصد)	۰/۶۸	خاکستر (درصد)	۶/۵۵
DCAD (meq kg ⁻¹)	-۵۷	کلسیم (درصد)	۰/۸۱
		فسفر (درصد)	۰/۵۱

به منظور بررسی فراسنجه‌های عملکردی و بررسی تغییرات وزنی، گوساله‌ها در بدو تولد و روز ۳۵ وزن‌کشی شدند. خوراک آغازین به صورت روزانه به گوساله‌ها عرضه شده و باقی‌مانده خوراک برای هر دام در هر روز توزین و ثبت می‌شد. خوراک مصرفی هر دام نیز از تفاوت جیره داده شده و پس‌آخور باقی‌مانده هر دام محاسبه گردید. همچنین افزایش مقدار خوراک داده شده به دام‌ها براساس پس‌آخور هر دام در روز بعد مشخص می‌شد. به طوری که اگر دام در سه روز متوالی پس‌آخور کم‌تر از ۱۰ درصد باقی می‌گذاشت، خوراک دام افزایش می‌یافت (Asadi et al., 2022). برای محاسبه تغییرات وزن، وزن‌کشی دام‌ها به صورت هفتگی، پس از ۱۶ ساعت گرسنگی با استفاده از ترازوی دیجیتال صورت گرفت. شاخص‌های اسکلتی شامل عرض لگن، ارتفاع از جدوگاه، طول بدن و اندازه دورسینه، عمق سینه، فاصله دو شاخ، فاصله دو چشم و عرض پوزه روز تولد و روز ۲۸ به وسیله متر و کولیس و با استفاده از رابطه (۱) اندازه‌گیری شد (Khan et al., 2007).

رابطه (۱) $۸۸ \text{ درصد} \times \text{خوراک آغازین مصرفی} + ۱۲ \text{ درصد} \times \text{مصرف شیر} = \text{مصرف ماده خشک}$
 بعد از زایش، ۵۰ میلی‌لیتر آغوز از هر دام جمع‌آوری و غلظت IgG آن با استفاده از روش الایزا و کیت شرکت بيو ایکس بلژیک اندازه‌گیری شد. سه روز در هفته به صورت تصادفی مدفوع گوساله‌ها مورد ارزیابی گرفت. نمره‌های مدفوع براساس ۱- طبیعی و سفت، ۲- شل اما با ظاهر کلی طبیعی، ۳- بسیار شل، بدون جدایی آبکی و ۴- آبکی خواهد بود و اگر برای دو روز متوالی یا بیش‌تر نمره‌های سه و چهار دیده شد، اسهال در نظر گرفته می‌شد (Slanzon et al., 2019).
 در بدو تولد و سه روز پس از تولد گوساله‌ها IgG سرمی آن‌ها اندازه‌گیری شد. در روز پایانی از شش رأس گوساله در هر تیمار خون‌گیری از سیاهرگ و داج با استفاده از لوله‌های ونوجکت انجام شد و بلافاصله نمونه‌ها به منظور جداسازی سرم از پلاسما، در ۳۰۰۰ دور به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شده و تا روز آزمایش در فریزر در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. فراسنجه‌های بیوشیمیایی (گلوکز، کلسترول، تری‌گلیسرید، اوره و پروتئین کل، آلومین، گلوبولین) نمونه‌های مورد مطالعه توسط کیت شرکت پارس آزمون به روش فتومتریک اندازه‌گیری شد همچنین وضعیت آنتی‌اکسیدانی کل، کاتالاز، مالون‌دی‌آلدهید و سوپراکسید دیسموتاز، گلوکاتایون پراکسیداز، بتاهیدروکسی بوتیرات و NEFA در پلاسمای خون گوساله‌ها اندازه‌گیری شد.

در پایان، داده‌های حاصل با استفاده از رویه GLM نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) برای مدل (۲) تجزیه و میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح معنی‌داری پنج درصد مقایسه شدند.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij} \quad \text{رابطه (۲)}$$

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

۳. یافته‌های پژوهش

نتایج به دست آمده از تزریق مواد معدنی و ویتامین‌ها در اواخر بارداری گاو‌ها بر عملکرد و ایمنی گوساله‌های آن‌ها در جدول (۲) نشان داده شده است. وزن تولد، وزن روز ۳۵، افزایش وزن روزانه و مصرف ماده خشک کل گوساله‌های به دنیا آمده از مادران دریافت‌کننده مواد معدنی، ویتامین‌ها و ترکیب هر دو نسبت به گروه شاهد با افزایش همراه بود ($P \leq 0.05$). در تیمارهای دریافت‌کننده مواد معدنی، ویتامین‌ها و مخلوط ویتامینی-معدنی، افزایش IgG، آغوز، IgG مصرفی هر گوساله (گرم) و IgG سرمی گوساله‌ها در بدو تولد و سه روز پس از تولد آن‌ها مشاهده شد ($P \leq 0.05$). تفاوتی در افزایش وزن دوره، مصرف ماده خشک شیر، مصرف ماده خشک جیره آغازین و ضریب تبدیل خوراک، آغوز مصرفی روزانه و IgG مصرفی (گرم/کیلوگرم وزن تولد) در بین تیمارهای آزمایشی یافت نشد.

جدول ۲. تأثیر تزریق مواد معدنی و ویتامین‌ها به گاوهای آبستن بر عملکرد و ایمنی گوساله‌های آن‌ها

سطح احتمال	خطای استاندارد	تیمارهای آزمایشی			شاهد	عملکرد و ایمنی
		مواد معدنی + ویتامین‌ها	ویتامین‌ها	مواد معدنی		
۰/۰۳۳۱	۱/۰۲۶	۳۶/۷۸ ^a	۳۶/۰۹ ^a	۳۵/۵۸ ^a	۳۲/۱۱ ^b	وزن تولد (کیلوگرم)
۰/۰۰۱۱	۲/۷۶۵	۵۰/۵۱ ^a	۵۰/۲۳ ^a	۴۹/۵۳ ^a	۴۴/۴۱ ^b	وزن روز ۳۵ (کیلوگرم)
۰/۴۱۴۶	۱/۲۸۹	۱۳/۷۳	۱۴/۱۴	۱۳/۹۵	۱۲/۳۰	افزایش وزن دوره (کیلوگرم)
۰/۰۰۰۱	۲۹/۱۷۱	۳۹۲/۱۸ ^a	۴۰۴/۲۳ ^a	۳۹۸/۶۳ ^a	۳۵۱/۵۵ ^b	افزایش وزن روزانه (گرم)
۰/۶۰۱۲	۳۰/۶۳۵	۴۷۲/۰۱	۴۶۱/۷۸	۴۵۴/۱۲	۴۴۷/۶۳	مصرف ماده خشک شیر (گرم)
۰/۱۰۶۹	۲۹/۱۴۶	۴۶۹/۰۰	۴۷۵/۷۷	۴۶۹/۹۵	۴۲۹/۰۴	مصرف ماده خشک استارتر (گرم)
۰/۰۰۰۱	۵۰/۷۶۸	۹۴۱/۵۱ ^a	۹۳۷/۵۵ ^a	۹۳۴/۰۷ ^a	۸۷۶/۶۷ ^b	ماده خشک مصرفی کل (گرم)
۰/۲۳۱۵	۰/۳۳۷	۲/۳۹	۲/۳۲	۲/۳۱	۲/۴۹	ضریب تبدیل غذایی
۰/۷۴۹۶	۰/۲۲۱	۴/۱۹	۴/۲۳	۴/۲۱	۴/۱۴	آغوز مصرفی روزانه (لیتر)
۰/۰۰۰۱	۳/۰۴۷	۷۶/۰۳ ^a	۷۳/۹۰ ^a	۷۴/۱۹ ^a	۶۷/۲۶ ^b	IgG آغوز (گرم/لیتر)
۰/۰۰۰۱	۲۴/۰۸۶	۳۱۸/۵۲ ^a	۳۱۲/۵۹ ^a	۳۱۲/۲۳ ^a	۲۷۸/۴۵ ^b	IgG مصرفی هر گوساله (گرم)
۰/۸۱۲۴	۰/۱۵۵	۸/۶۶	۸/۶۶	۸/۵۴	۸/۶۷	IgG مصرفی (گرم/کیلوگرم وزن تولد)
۰/۰۰۰۱	۲/۲۱۹	۳۲/۵۵ ^a	۳۱/۹۹ ^a	۳۲/۶۴ ^a	۲۸/۷۴ ^b	IgG سرمی گوساله بدو تولد (میلی‌گرم/میلی‌لیتر)
۰/۰۰۴۴	۲/۸۹۷	۳۶/۷۱ ^a	۳۵/۸۴ ^a	۳۶/۲۸ ^a	۳۰/۸۷ ^b	IgG سرمی گوساله سه روز پس از تولد (میلی‌گرم/میلی‌لیتر)

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

نتایج به‌دست‌آمده از تزریق مواد معدنی و ویتامین‌ها در اواخر بارداری گاوها بر قوام مدفوع گوساله‌های آن‌ها در جدول (۳) نشان داده شده است. تزریق مادری موادمعدنی و ویتامین‌ها سبب بهبود قوام مدفوع و کاهش تعداد دام‌های مبتلا به اسهال شد، به‌طوری‌که بهترین نتیجه از تزریق همزمان موادمعدنی و ویتامین‌ها به‌دست آمد ($P \leq 0.05$). تزریق مادری مواد معدنی و ویتامین‌ها تأثیری بر روزهای ابتلا به اسهال گوساله‌ها نداشت.

جدول ۳. تأثیر تزریق مواد معدنی و ویتامین‌ها به گاوهای آبستن بر قوام مدفوع گوساله‌های آن‌ها

سطح احتمال	خطای استاندارد	تیمارهای آزمایشی			شاهد	وضعیت اسهال
		مواد معدنی + ویتامین‌ها	ویتامین‌ها	مواد معدنی		
۰/۰۰۰۱	۰/۰۵۹	۱/۴۳ ^c	۱/۹۳ ^b	۱/۸۷ ^b	۲/۱۱ ^a	اسکور مدفوع
۰/۰۰۰۱	۰/۲۵۰	۲ ^b	۳ ^{ab}	۳ ^{ab}	۴ ^a	دام‌های مبتلا به اسهال
۰/۴۵۵۱	۰/۲۰۱	۱/۵۰	۱/۵۰	۱/۷۵	۲/۰۰	روزهای اسهال

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

نتایج به‌دست‌آمده از تزریق مواد معدنی و ویتامین‌ها در اواخر بارداری گاوها بر فراسنجه‌های خونی گوساله‌های آن‌ها در جدول (۴) نشان داده شده است. غلظت گلوکز، پروتئین کل و آلبومین گوساله‌های دریافت‌کننده مادری مواد معدنی، ویتامین‌ها و مخلوط ویتامینی-معدنی، نسبت به تیمار شاهد تفاوت داشت ($P \leq 0.05$). تزریق مواد معدنی و ویتامین‌ها، تأثیری بر کلسترول، تری‌گلیسیرید، اوره، گلوبولین و نسبت آلبومین به گلوبولین نداشت.

نتایج به‌دست‌آمده از تزریق مواد معدنی و ویتامین‌ها در اواخر بارداری گاوها بر وضعیت آنتی‌اکسیدانی گوساله‌ها در جدول (۵) آمده است. تزریق مادری، سبب افزایش فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز و وضعیت آنتی‌اکسیدانی کل در گوساله‌ها نسبت به گوساله‌های گروه شاهد شد ($P \leq 0.05$). فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز گوساله‌های متولدشده از گروه دریافت‌کننده همزمان مواد معدنی و ویتامین، با افزایش همراه بود. بیش‌ترین تغییر فعالیت کاتالاز مربوط به گوساله‌های تیمار دریافت‌کننده مواد معدنی و مخلوط ویتامینی-معدنی بود. تزریق مادری مواد معدنی و ویتامین‌ها تأثیری بر مالون‌دی‌آلدهید، بتا‌هیدروکسی بوتیرات و NEFA گوساله‌ها نداشت.

جدول ۴. تأثیر تزریق مواد معدنی و ویتامین‌ها به گاوهای آبستن بر فراسنجه‌های خونی گوساله‌های آن‌ها

فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون	تیمارهای آزمایشی				خطای استاندارد	سطح احتمال
	شاهد	مواد معدنی	ویتامین‌ها	مواد معدنی + ویتامین‌ها		
گلوکز (میلی گرم/دسی لیتر)	۸۲/۱۳ ^b	۸۹/۵۷ ^a	۸۸/۶۶ ^a	۹۰/۱۲ ^a	۳/۸۲۴	۰/۵۱۴۲
کلسترول (میلی گرم/دسی لیتر)	۷۴/۱۲	۷۷/۱۶	۷۵/۰۷	۷۳/۲۴	۱/۸۷۳	۰/۴۳۵۲
تری گلیسیرید (میلی گرم/دسی لیتر)	۳۴/۶۱	۳۶/۱۷	۳۸/۰۰	۳۵/۵۲	۲/۰۷۹	۰/۶۴۳۷
اوره (میلی گرم/دسی لیتر)	۹/۷۸	۱۰/۰۲	۹/۹۶	۱۰/۱۳	۰/۴۳۶	۰/۵۱۷۴
پروتئین کل (گرم/دسی لیتر)	۷/۹۳ ^a	۷/۶۵ ^{ab}	۷/۵۶ ^{ab}	۷/۴۲ ^b	۰/۳۶۹	۰/۰۳۳۱
آلبومین (گرم/دسی لیتر)	۴/۸۶ ^a	۴/۳۲ ^b	۴/۴۱ ^b	۴/۲۹ ^b	۰/۲۱۱	۰/۰۰۰۱
گلوبولین (گرم/دسی لیتر)	۳/۰۶	۳/۳۳	۳/۱۵	۳/۱۳	۰/۳۶۵	۰/۲۲۷۸
آلبومین: گلوبولین	۱/۵۹	۱/۳۰	۱/۴۰	۱/۳۷	۰/۱۹۳	۰/۳۲۷۹

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

جدول ۵. تأثیر تزریق مواد معدنی و ویتامین‌ها به گاوهای آبستن بر وضعیت آنتی‌اکسیدانی گوساله‌های آن‌ها

فاکتورها	تیمارهای آزمایشی				خطای استاندارد	سطح احتمال
	شاهد	مواد معدنی	ویتامین‌ها	مواد معدنی + ویتامین‌ها		
گلوکاتیون پراکسیداز (واحد/میلی گرم)	۳۱۱/۲۵ ^b	۴۶۳/۱۷ ^a	۵۲۲/۵۰ ^a	۴۵۹/۰۳ ^a	۴۳/۱۷۶	۰/۰۰۰۱
مالون دی آلدید (نانومول/لیتر)	۱/۳۱	۱/۲۶	۱/۲۴	۱/۲۹	۰/۵۶۱	۰/۷۶۳۴
سوپر اکسید دیسموتاز (واحد/میلی گرم)	۳۲/۱۷ ^b	۳۴/۳۲ ^b	۳۳/۴۱ ^b	۳۳/۰۹ ^a	۰/۱۱۹	۰/۰۰۰۱
وضعیت آنتی‌اکسیدانی کل (میلی مول/لیتر)	۱/۶۷ ^a	۱/۵۰ ^b	۱/۴۶ ^b	۱/۴۱ ^b	۰/۰۶۶	۰/۰۲۱۳
کاتالاز (واحد/میلی گرم)	۰/۵۱ ^b	۰/۶۳ ^a	۰/۵۹ ^{ab}	۰/۶۷ ^a	۰/۰۴۹	۰/۰۰۰۱
بتا هیدروکسی بوتیرات (میلی مول/لیتر)	۰/۱۹	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۱۸	۰/۰۸۳	۰/۶۱۹۲
NEFA (میلی مول/لیتر)	۰/۱۷	۰/۱۹	۰/۲۰	۰/۱۷	۰/۰۱۱	۰/۷۸۰۲

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

نتایج به‌دست‌آمده از تزریق مواد معدنی و ویتامین‌ها در اواخر بارداری گاوها بر شاخص‌های رشد اسکلتی گوساله‌ها در جدول (۶) آمده است. در گوساله‌های متولد شده از تیمارهای دریافت‌کننده مواد معدنی، ویتامین‌ها و مخلوط ویتامینی-معدنی ارتفاع جدوگاه روز ۲۸ نسبت به گوساله‌های شاهد با افزایش همراه بود ($P \leq 0.05$). در سایر شاخص‌های اسکلتی در هنگام تولد و روز ۲۸ تغییر معنی‌داری مشاهده نشد.

جدول ۶. تأثیر تزریق مواد معدنی و ویتامین‌ها به گاوهای آبستن بر شاخص‌های رشد اسکلتی گوساله‌های آن‌ها (سانتی‌متر)

فاکتورها	تیمارهای آزمایشی				خطای استاندارد	سطح احتمال
	شاهد	مواد معدنی	ویتامین‌ها	مواد معدنی + ویتامین‌ها		
روز ۱						
طول بدن	۳۸/۹۱	۳۹/۲۲	۳۸/۱۷	۴۰/۶۳	۰/۷۹۹	۰/۶۷۶۳
ارتفاع جدوگاه	۷۲/۱۹	۷۴/۰۷	۷۳/۸۷	۷۴/۱۶	۰/۸۳۶	۰/۱۱۷۷
محیط شکم	۸۰/۱۷	۸۱/۲۳	۸۱/۵۵	۸۲/۰۱	۰/۷۱۶	۰/۵۶۹۶
محیط قفسه سینه	۷۹/۱۲	۸۰/۸۱	۸۱/۲۴	۸۰/۷۸	۰/۹۸۹	۰/۸۴۶
فاصله دو شاخ	۸/۰۳	۸/۱۷	۸/۵۱	۸/۴۴	۰/۱۱۹	۰/۲۲۴۱
فاصله دو چشم	۹/۲۶	۹/۵۶	۹/۷۱	۹/۶۹	۰/۱۲۲	۰/۴۴۵۲
عرض پوزه	۵/۲۱	۵/۳۳	۵/۴۱	۵/۴۱	۰/۰۷۳	۰/۴۲۶۱
روز ۲۸						
طول بدن	۴۱/۳۳	۴۲/۸۴	۴۲/۹۷	۴۳/۱۶	۰/۸۱۲	۰/۶۰۶۴
ارتفاع جدوگاه	۷۵/۰ ^{۱b}	۷۹/۱۶ ^a	۷۸/۹۳ ^a	۸۰/۴۱ ^a	۰/۸۸۹	۰/۰۲۵۱
محیط شکم	۹۰/۶۱	۹۲/۱۳	۹۱/۷۸	۹۱/۹۷	۰/۶۷۷	۰/۷۶۲۳
محیط قفسه سینه	۸۶/۷۲	۸۷/۲۶	۸۷/۷۹	۸۸/۲۳	۰/۶۸۸	۰/۶۷۶۶
فاصله دو شاخ	۱۱/۲۳	۱۲/۰۱	۱۱/۸۱	۱۱/۹۳	۰/۷۷۴	۰/۳۶۶۳
فاصله دو چشم	۱۲/۹۷	۱۳/۳۱	۱۳/۵۶	۱۳/۶۹	۰/۹۱۵	۰/۵۰۳۴
عرض پوزه	۵/۹۳	۵/۹۲	۶/۱۱	۶/۰۸	۰/۰۸۸	۰/۶۱۴۳

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

۴. بحث

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که وزن تولد، وزن روز ۳۵، افزایش وزن روزانه و مصرف ماده خشک کل گوساله‌های به دنیا آمده از مادران دریافت‌کننده مواد معدنی، ویتامین‌ها و ترکیب هر دو نسبت به گروه شاهد با افزایش همراه بود. از طرفی، در تیمارهای دریافت‌کننده مواد معدنی، ویتامین‌ها و مخلوط ویتامینی-معدنی، افزایش IgG آغوز، IgG مصرفی هر گوساله (گرم) و IgG سرمی گوساله‌ها در بدو تولد و سه روز پس از تولد آن‌ها مشاهده شد. همسو با پژوهش حاضر، تزریق مواد معدنی، ویتامین‌ها و مخلوط ویتامینی-معدنی به گاو در دوره انتقال، سبب افزایش وزن تولد و افزایش وزن کل در گوساله‌ها نسبت به گروه شاهد شد و بیش‌ترین افزایش وزن مربوط به گروه دریافت‌کننده مادری مواد معدنی و ویتامین‌ها باهم بود (Yadav et al., 2023). همچنین، در پژوهشی افزایش وزن گوساله‌ها پس از مصرف ویتامین‌ها و مواد معدنی نیز گزارش شده است (Bordingnon et al., 2019). تزریق ویتامین گروه B مادری، سبب افزایش وزن تولد، افزایش وزن کل و ماده خشک مصرفی ۳۰ روز اول زندگی بزغاله‌ها شد (Asadi et al., 2024b).

استفاده از سطوح مختلف مکمل حاوی مواد معدنی-ویتامینی در شیر گوساله‌ها سبب افزایش مصرف خوراک و ضریب تبدیل خوراک شد (Delir et al., 2020). استفاده از ویتامین C در جیره گوساله‌های شیرخوار باعث افزایش وزن کل و مصرف ماده خشک در دوره سه ماهه شد (سیف‌زاده و همکاران، ۱۴۰۰). همچنین، تزریق ویتامین A سبب بهبود عملکرد بزغاله‌ها و افزایش وزن تولد گوساله‌ها شد (Abd Eldaim et al., 2015). برخلاف پژوهش حاضر، مصرف ویتامین‌ها و مواد معدنی مادری بر وزن تولد، افزایش وزن روزانه، وزن هفته نهم، مصرف ماده خشک و ضریب تبدیل غذایی گوساله‌ها تأثیری نداشت (Miqueo et al., 2024). از طرفی، تزریق مواد معدنی مادری تأثیری بر وزن تولد و افزایش وزن روزانه گوساله‌ها نداشت (Willmore et al., 2021). در پژوهشی دیگر، استفاده از کمپلکس ویتامین‌های A، D₃ و E در تغذیه گوساله‌های شیرخوار تغییری در افزایش وزن روزانه و مصرف خوراک ایجاد نکرد (موحدنسب و همکاران، ۱۴۰۱).

Jacometo et al. (2015) گزارش داد که مکمل‌های معدنی در جیره گاو ماده، منجر به تغییراتی در بیان ژن گوساله می‌شود که می‌تواند پاسخ ایمنی نوزاد را تغییر دهد. معمولاً آسیب‌پذیری گوساله‌ها در این دوره با کاهش انتقال ایمنی غیرفعال و سیستم ایمنی نابالغ تشدید می‌شود، از طرفی به دلیل انتقال موفق ریزمغذی‌ها از طریق خون مادر به جنین، سرعت رشد جنین افزایش یافته و سبب تفاوت در وزن هنگام تولد گوساله‌ها می‌شود (Abd Eldaim et al., 2015). گوساله‌های به دنیا آمده از تیمارهای دریافت‌کننده، احتمالاً به دلیل تأثیر آنتی‌اکسیدان‌ها بر سیستم ایمنی، توانستند با چالش‌های متابولیک دوره اول زندگی بهتر کنار بیایند و به دنبال آن با کاهش تنش‌ها و بیماری‌ها در آن‌ها، افزایش مصرف ماده خشک و افزایش وزن مشاهده شد. میزان IgG در خون گوساله به میزان جذب، مقدار آن در آغوز، دریافت مقدار مناسب آن و همچنین زمان دریافت آغوز بستگی دارد (Banchero et al., 2015). بخش عمده پروتئین‌های آغوز را ایمنوگلوبولین‌ها، به ویژه ایمنوگلوبولین G، به خود اختصاص داده که تأثیر زیادی بر زنده‌مانی و تقویت سیستم ایمنی نوزادها دارند (Fischer et al., 2018). با تزریق ویتامین‌ها و مواد معدنی، IgG آغوز و به دنبال آن IgG سرمی گوساله‌ها افزایش یافت که خود نشان‌دهنده انتقال موفق ایمنی غیرفعال به گوساله‌ها می‌باشد.

در پژوهش حاضر، تزریق مادری مواد معدنی و ویتامین‌ها سبب بهبود قوام مدفوع و کاهش تعداد دام‌های مبتلا به اسهال شد، به طوری که بهترین نتیجه از تزریق همزمان مواد معدنی و ویتامین‌ها به دست آمد. همسو با پژوهش حاضر، تزریق مادری ویتامین گروه B، سبب بهبود نمره قوام مدفوع، کاهش روزهای ابتلا به اسهال و تعداد بزغاله‌های مبتلا به اسهال شد (Asadi et al., 2024b). از طرفی، با تزریق مادری مواد معدنی و ویتامین، بهبودی در نمره مدفوع و روزهای ابتلا به اسهال گوساله‌ها نسبت به گروه شاهد مشاهده نشد (Miqueo et al., 2024). تفاوتی بین نمره مدفوع گوساله‌های

دریافت‌کننده مکمل ویتامینی A، D₃ و E با گروه شاهد گزارش نشد (موحدنسب و همکاران، ۱۴۰۱). تزریق سطوح مختلف ویتامین E و سلنیوم به گاوهای اواخر آبستنی، تغییری در نمره مدفوع، روزهای ابتلا به اسهال و تعداد گوساله‌های مبتلا به اسهال ایجاد نکرد (Asadi et al., 2024a).

گروه ویتامین B، برای سنتز نوکلئوتید و رشد سلولی، تأثیر بر سیستم ایمنی و کاهش اسهال ضروری است (Asadi et al., 2024b). مواد معدنی و ویتامین‌ها ریزمغذی‌های مرتبط با سلامت و ایمنی هستند و ارتباط تنگاتنگی بین وضعیت آنتی‌اکسیدانی بدن و سلامت دام وجود دارد (Yadav et al., 2023). استرس متحمل‌شده در بدو تولد، احتمالاً ظرفیت آنتی‌اکسیدانی حیوان را کاهش می‌دهد و همان‌طور که توسط Miqueo et al. (2022) گزارش شده است، تقویت مخزن آنتی‌اکسیدانی در گوساله‌ها، می‌تواند به بهبود این متغیرها کمک کند. مواد معدنی و ویتامین‌های مرتبط با سیستم آنتی‌اکسیدانی، که به‌صورت تزریقی در دوره انتقال پیش از زایش مصرف می‌شود، سیستم آنتی‌اکسیدانی گوساله نوزاد را تقویت می‌کند و محصولات پراکسیداسیون لیپیدی را در نتیجه کاهش اکسیداتیو کاهش می‌دهد (Asadi et al., 2024c). لذا این افزایش در سیستم آنتی‌اکسیدانی، سبب بروز موارد کم‌تری از اسهال و به‌دنبال آن شروع دیرتر این اختلال متابولیک و میانگین نمره مدفوع بهتر در گوساله‌ها می‌شود. تغییر جمعیت میکروبی شکمبه، باعث افزایش فعالیت سوخت‌وساز میکروارگانیسم‌ها، افزایش قابلیت‌هضم و سپس جذب مواد مغذی می‌شود (Suttle, 2010). در پژوهش حاضر، می‌توان بهبود امتیاز مدفوع را به ضرورت ریزمغذی‌ها برای میکروارگانیسم‌های شکمبه و افزایش جمعیت آن‌ها به‌دنبال افزایش غلظت آن‌ها در تیمارهای آزمایشی در مقایسه با گروه شاهد نسبت داد.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر، تزریق مادری مواد معدنی و ویتامین‌ها باعث افزایش گلوکز و کاهش پروتئین و آلبومین گوساله‌های آن‌ها شد. در پژوهشی تزریق کمپلکس مواد معدنی در دو مرحله‌ی چهار و دو هفته پیش از زایش به بزها، سبب افزایش پروتئین کل و کاهش گلوکز خون بزغاله‌ها شد (کریمی و همکاران، ۱۴۰۳). همچنین، تزریق کمپلکس ویتامین AD₃E به گوسفندان پیش از زایش، سبب افزایش پروتئین کل و گلوکز در بره‌های آن‌ها شد (شه‌بازی و همکاران، ۱۴۰۳). تزریق مادری باهم مواد معدنی و ویتامین‌ها به گاوهای اواخر آبستنی، تغییری در غلظت گلوکز، پروتئین کل و آلبومین گوساله‌ها ایجاد نکرد (Miqueo et al., 2024). تزریق مس و ویتامین C در دوره انتقال به گاوهای شیری، تأثیری بر گلوکز و پروتئین کل گوساله‌ها نداشت (خداامردی و همکاران، ۱۳۹۹). استفاده از سطوح مختلف مکمل کلسیم در دوره پیش از زایش، تأثیری بر غلظت گلوکز، پروتئین کل و آلبومین گوساله‌ها نداشت (Rajaeerad et al., 2020). مکمل ویتامین C تأثیر بر متابولیت‌های خونی گوساله‌های شیرخوار نداشت (سیف‌زاده و همکاران، ۱۴۰۰). با تزریق ویتامین A، D₃ و E به گوساله‌های شیرخوار تغییری در غلظت گلوکز و پروتئین کل مشاهده نشد (موحدنسب و همکاران، ۱۴۰۱). در پژوهشی، غلظت گلوکز خون بزغاله‌ها تحت تأثیر تزریق پیش از زایش ویتامین A قرار نگرفت (Abd Eldaim et al., 2015).

همه ویتامین‌های B نقش مهمی در فرایندهای متابولیک از جمله چرخه کربس و گلوکونئوزن به‌عنوان کوفاکتورهای آنزیمی یا اجزای متابولیکی ایفا می‌کنند. در این راستا، مکانیسم‌های احتمالی دخیل در افزایش سطح گلوکز پلاسما در گوساله‌ها می‌تواند از طریق تأمین شدن بیوتین به‌عنوان کوفاکتور برای آنزیم‌های پروپیونیل کوآکربوکسیلاز و پیرووات کربوکسیلاز باشد که سنتز گلوکز را افزایش می‌دهد. از طرفی نیاسین نقش کلیدی در افزایش مصرف انرژی و سطح قند خون دارد (Asadi et al., 2023). دلیل افزایش غلظت گلوکز با تزریق کلسیم و فسفر را نیز می‌توان به افزایش بیان ناقلین گلوکز در سلول‌های دیواره روده ربط داد که می‌توانند موجب افزایش جذب روده‌ای شوند (Xiao & Song, 2013). از مهم‌ترین شاخص‌های وضعیت آنابولیسم و کاتابولیسم پروتئین در بدن، سطح پروتئین پلاسما می‌باشد که در هر زمان

تابعی از تعادل هورمونی، وضعیت تغذیه‌ای، تعادل آب و عوامل مؤثر دیگر بر سلامت حیوان است، معمولاً پروتئین کل برای پیش‌بینی توازن ازت در نشخوارکنندگان اندازه‌گیری می‌شود و با افزایش سن نیز سطح پروتئین کل در دام‌ها افزایش می‌یابد (Suttle., 2010).

براساس یافته‌های پژوهش حاضر، تزریق مادری، سبب افزایش فعالیت گلوکوتایون پراکسیداز و وضعیت آنتی‌اکسیدانی کل در گوساله‌ها نسبت به گوساله‌های گروه شاهد شد. فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز گوساله‌های متولدشده از گروه دریافت‌کننده همزمان مواد معدنی و ویتامین، با افزایش همراه بود و بیش‌ترین تغییر فعالیت کاتالاز مربوط به گوساله‌های تیمار دریافت‌کننده مواد معدنی، و مخلوط ویتامینی-معدنی بود. تزریقات مرحله‌ای AD_3E پیش از زایش به گوسفندان، سبب کاهش مالون‌دی‌آلدهید و افزایش گلوکوتایون پراکسیداز، وضعیت آنتی‌اکسیدانی کل و سوپراکسید دیسموتاز بره‌ها نسبت به گروه شاهد شد (شه‌بازی و همکاران، ۱۴۰۳). موافق با پژوهش حاضر، تزریق ویتامین E در روزهای ۲۲ و ۱۱ قبل از زایش گاو‌ها، سبب افزایش فعالیت آنزیم گلوکوتایون پراکسیداز گوساله‌های آن‌ها در ۴۸ ساعت بعد از تولد شد (Lacetera et al., 1996). هم‌چنین، تزریق مادری کمپلکس AD_3E به گاوهای شیری در اواخر آبستنی، سبب بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدانی گوساله‌های نوزاد شد (Somagond et al., 2023).

موافق با نتایج ما، تزریق کمپلکس مواد معدنی حاوی مس به بزهای پیش از زایش، سبب کاهش مالون‌دی‌آلدهید و افزایش سوپراکسید دیسموتاز، گلوکوتایون پراکسیداز و وضعیت آنتی‌اکسیدانی کل در بزغاله‌ها شد (کریمی و همکاران، ۱۴۰۳). هم‌چنین، تزریق مادری ویتامین‌های گروه B، سبب بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدانی کل، گلوکوتایون پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز در بزغاله‌ها شد (Asadi et al., 2023). مخالف با پژوهش حاضر، تزریق همزمان ویتامین‌ها و مواد معدنی به گاوهای اواخر آبستنی، تأثیری بر وضعیت آنتی‌اکسیدانی کل گوساله‌ها نداشت (Miqueo et al., 2024). هم‌چنین، با تزریق مادری همزمان مس و ویتامین C، تغییری در فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز گوساله‌ها گزارش نشد (خدامرادی و همکاران، ۱۳۹۹). رادیکال‌های آزاد تولیدشده توسط مادر پیش از زایش، می‌تواند در دوران رشد جنینی، بدو تولد و در ماه‌های اولیه زندگی بر عملکرد رشد گوساله تأثیر گذار باشد (Abuelo et al., 2019). بهبود در وضعیت آنتی‌اکسیدانی گوساله‌ها با تزریق مواد معدنی و ویتامین‌ها، می‌تواند نشان‌دهنده کنترل بیش‌تر تنش اکسیداتیو سلول‌ها و کاهش پراکسیداسیون لیپیدی پلاسما باشد که سبب انتقال موفقیت‌آمیز ایمنی از مسیر جفت در دوران جنینی و سپس آغوز و شیر به گوساله‌ها شده است (Suttle., 2010).

مواد معدنی آثار مهاری بر تنش اکسیداتیو و کاهش سطح رادیکال‌های آزاد در بدن داشته و معمولاً از راه حفظ یکپارچگی غشاها در برابر عفونت‌ها و مسیرهای آنتی‌اکسیدانی سبب بهبود ایمنی دام می‌گردند (Smith et al., 2018). مواد معدنی و ویتامین‌ها، نظیر مس و ویتامین E، اجزای کلیدی دفاع آنتی‌اکسیدانی سلولی هستند. این مواد معدنی کوفاکتورهای واکنش‌های آنزیمی هستند که گونه‌های فعال اکسیژن را مصرف می‌کنند و/یا در ساختار آنزیم‌هایی مانند گلوکوتایون پراکسیداز و آنزیم‌های خانواده سوپراکسید دیسموتاز وجود دارند که نقش مهمی به‌عنوان پاک‌کننده رادیکال‌های آزاد دارند، درحالی‌که ویتامین E اولین خط دفاعی در برابر پراکسیداسیون فسفولیپیدهای حیاتی است (Asadi et al., 2024a). با توجه به نقش مواد معدنی و ویتامین‌ها در ساختار آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و حفظ غشاها، سلولی، تزریق آن‌ها سبب بهبود وضعیت و غلظت مواد معدنی و ویتامین‌ها در مادر و سپس گوساله گردیده و به‌دنبال آن تغییرات در فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی بوجود آمده است.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر، در گوساله‌های متولدشده از تیمارهای دریافت‌کننده مواد معدنی، ویتامین‌ها و مخلوط ویتامینی-معدنی ارتفاع جدوگاه روز ۲۸ نسبت به گوساله‌های شاهد با افزایش همراه بود. تزریق

مادری ویتامین‌ها و مواد معدنی به گاوهای اواخر آبستنی، تغییری در عرض لگن، قد و دور سینه گوساله‌ها ایجاد نکرد (Miqueo et al., 2024). مصرف کمپلکس AD_3E تأثیری بر شاخص‌های رشد اسکلتی گوساله‌های شیرخوار نداشت (موحدنسب و همکاران، ۱۴۰۱). استفاده از سطوح مختلف مکمل معدنی-ویتامینی در شیر گوساله‌ها، تغییری در اندازه دور سینه، ارتفاع جدوگاه و ارتفاع کپل گوساله‌ها ایجاد نکرد (Delir et al., 2020). افزودن سطوح مختلف مکمل معدنی حاوی مس به شیر، سبب افزایش طول استخوان کارپوس شد (مؤذنی‌زاده و همکاران، ۱۴۰۳). افزایش ارتفاع جدوگاه در تیمارهای با تزریق مادری مواد معدنی و ویتامین‌ها در گوساله‌ها، می‌تواند به مصرف ماده خشک بیش‌تر از نظر متابولیسم و فیزیولوژیکی نسبت داده شود که نشان‌دهنده عملکرد بهتر و توسعه دستگاه گوارش در گوساله‌ها است. در طول دوره شیرخواری، اندازه بدن به‌طور عمده تحت‌تأثیر پتانسیل ژنتیکی، تغذیه و سیاست مدیریتی است. تغییرات شاخص‌های اسکلتی (ارتفاع جدوگاه، لگن و طول بدن) معمولاً تحت‌تأثیر وضعیت رشد و سلامت گوساله، ژنتیک، مصرف خوراک و ضریب تبدیل خوراک و غیره می‌باشد (Banchero et al., 2015).

۵. نتیجه‌گیری

تزریق مواد معدنی و ویتامین‌ها به گاوهای آبستن دوره انتقال، سبب افزایش وزن تولد، وزن روز ۳۵، افزایش وزن روزانه، مصرف ماده خشک کل، گلوکز خون، ارتفاع جدوگاه، بهبود قوام مدفوع و کاهش تعداد گوساله‌های مبتلا به اسهال، افزایش فعالیت گلوکوتاتیون پراکسیداز و کاهش وضعیت آنتی‌اکسیدانی کل و آلبومین خون شد. بنابراین با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، تزریق همزمان مواد معدنی و ویتامین‌ها به گاوهای دوره انتقال سبب عملکرد بهتر و بهبود سیستم ایمنی و سلامت گوساله‌های آن‌ها می‌شود.

۶. ملاحظات اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آنهاست.

۷. مشارکت نویسندگان

محمد اسدی: تهیه و آماده‌سازی نمونه‌ها، انجام آزمایش و گردآوری داده‌ها، انجام محاسبات، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، تحلیل و تفسیر اطلاعات و نتایج، تهیه پیش‌نویس مقاله؛
رضا کمالی: طراحی پژوهش، نظارت بر مراحل انجام پژوهش، بررسی و کنترل نتایج، اصلاح، بازبینی و نهایی‌سازی مقاله؛
نادر اسدزاده: مشارکت در طراحی پژوهش، نظارت بر پژوهش، مطالعه و بازبینی مقاله.

۸. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافی توسط نویسندگان وجود ندارد.

۹. حامی مالی

حامیت مالی از این پژوهش از طرف مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان انجام شده است.

۱۰. تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از بخش علوم دامی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان به‌واسطه فراهم‌نمودن امکانات آزمایشگاهی این پژوهش و مزرعه دام نمونه زروان به‌واسطه در اختیار گذاشتن امکانات مزرعه‌ای، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۱۱. منابع

- اسدی، محمد؛ قورچی، تقی؛ و توغدری، عبدالحکیم. (۱۴۰۳). اثر شکل‌های مختلف کروم بر مصرف خوراک، فراسنجه‌های شکمبه‌ای و متابولیت‌های خونی میش‌های افشاری طی دوره انتقال و بره‌های آن‌ها در شرایط تنش گرمایی. *تحقیقات تولیدات دامی*، ۱۳(۱)، ۲۹-۴۷.
- اسدی، محمد؛ قورچی، تقی و توغدری، عبدالحکیم. (۱۴۰۳). تأثیر استفاده از شکل‌های مختلف کروم بر فراسنجه‌های هماتولوژی و وضعیت آنتی‌اکسیدانی میش‌های افشار در دوره‌ی انتقال و بره‌های آن‌ها تحت تأثیر تنش گرمایی. *مجله علوم دامی ایران*، ۵۵(۳)، ۵۴۷-۵۶۳.
- خداامردی، شریف؛ فتاح‌نیا، فرشید؛ جعفری، هوشنگ؛ تأسلی، گلناز و محمدی، یحیی. (۱۳۹۹). اثر تزریق ویتامین C و مس در گاوهای دوره انتقال بر ترکیب آغوز و متابولیت‌های سرم گوساله‌های تازه متولدشده. *علوم دامی (پژوهش و سازندگی)*، ۳۳(۱۲۷)، ۱۸۹-۱۹۸.
- سیف‌زاده، صیاد؛ سیف دواتی، جمال؛ عبدی بنمار، حسین؛ سالم، عبدالفتاح زیدان محمد و سید شریفی، رضا. (۱۴۰۰). تأثیر مکمل - ویتامین ث بر عملکرد رشد و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گوساله‌های شیرخوار هلستاین. *پژوهش‌های علوم دامی ایران*، ۱۳(۱)، ۶۵-۷۵.
- شهبازی، فردین؛ فتاح‌نیا، فرشید؛ شمس‌الهی، محمد؛ جعفری، هوشنگ و محمدی، یحیی. (۱۴۰۳). اثر زمان و مقدار تزریق ویتامین AD_3E در اواخر آبستنی بر کیفیت آغوز، غلظت فراسنجه‌های پلاسما و وضعیت آنتی‌اکسیدانی میش‌های افشاری و بره‌های آن‌ها. *تحقیقات تولیدات دامی*، ۱۳(۱)، ۴۹-۶۷.
- عبدالملکی، ذبیح‌الله؛ سوری، منوچهر؛ معینی، محمد مهدی؛ توحیدی، آرمین و چاشنی دل، یداله. (۱۳۹۶). اثر اسیدلینولئیک مزدوج خوراکی با یا بدون مکمل تزریقی سلنیوم و ویتامین E بر سیستم ایمنی گاوهای شیری و گوساله‌های نوزاد آنها. *تولیدات دامی*، ۱۹(۴)، ۸۴۵-۸۲۹.
- کرمی، کورس؛ شمس‌الهی، محمد؛ فتاح‌نیا، فرشید؛ محمدی، یحیی و جمالی، جبار. (۱۴۰۳). اثر تزریق مواد معدنی کم‌نیاز در اواخر آبستنی بر کیفیت آغوز و فراسنجه‌های پلاسمای بزهای لری و بزغاله‌های آن‌ها. *تحقیقات تولیدات دامی*، ۱۳(۲)، ۷۵-۸۳.
- موحد نسب، مهرداد؛ طهماسبی، عبدالمصور؛ وکیلی، سیدعلیرضا و ناصریان، عباسعلی. (۱۴۰۱). اثر مکمل روغن کتان و تزریق ویتامین‌های A ، D_3 و E بر عملکرد و متابولیت‌های سرم گوساله‌های ماده شیرخوار. *پژوهش‌های علوم دامی ایران*، ۱۴(۳)، ۳۰۵-۳۱۵.
- مودنی‌زاده، محمدحسین؛ توحیدی، آرمین؛ ژندی، مهدی؛ رضایزدی، کامران و جواهری بارفروشی، هدی. (۱۴۰۳). تأثیر مکمل‌سازی شکل گلایسینات عناصر کم‌مصرف روی، مس، آهن و منگنز بر عملکرد رشد، برخی فراسنجه‌های بیوشیمیایی و آنزیمی و رشد اسکلتی گوساله‌های شیرخوار. *تولیدات دامی*، ۲۶(۳)، ۳۱۶-۳۰۳.

References

- Abd Eldaim, M. A. A., Gaafar, K. M., Darwish, R. A., Mahboub, D., & Helal, M. A. (2015). Prepartum vitamin A supplementation enhances goat doe health status and kid viability and performance. *Small Ruminant Research*, 129, 6-10.
- Abdolmaleki, Z. A., Souri, M., Moeini, M. M., Towhidi, A., & Chashnidel, Y. (2018). Effect of Dietary Conjugated linoleic Acid (CLA) with or without injectable Se and VE supplement on immune system of lactating dairy cows and their calves. *Animal Production*, 19(4), 829-845. (In Persian)

- Abuelo, A., Hernandez, J., Benedito, J. L., & Castillo, C. (2019). Redox biology in transition periods of dairy cattle: Role in the health of periparturient and neonatal animals. *Antioxidants*, 8(1), 20.
- Alhussien, M. N., Tiwari, S., Panda, B. S., Pandey, Y., Lathwal, S. S., & Dang, A. K. (2021). Supplementation of antioxidant micronutrients reduces stress and improves immune function/response in periparturient dairy cows and their calves. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 65, 126718.
- Asadi, M., Ghoorchi, T., & Toghdory, A. (2024e). 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 Journal of animal Science*, 55(3), 547-563. (In Persian)
- Asadi, M., Fard, H. M., Araee, K. A., & Hatami, M. (2023). Studying the impacts of maternal B complex vitamin injection on performance, metabolic diseases, hematological parameters, and antioxidant status in pregnant Sannen goats and their newborn kids during the transition period. *Science of the Total Environment*, 907, 167860.
- Asadi, M., Ghoorchi, T., & Toghdory, A. (2024a). 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 Journal of Applied Animal Science*, 3(14), 371-379.
- Asadi, M., Ghoorchi, T., & Toghdory, A. (2024d). 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. (In Persian).
- Asadi, M., Hatami, M., & Fard, H. M. (2024b). 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. *Veterinary Medicine and Science*, 10, e1561.
- Asadi, M., Toghdory, A., Ghoorchi, T., & Hatami, M. (2024c). 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. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 108, 493-499.
- Asadi, M., Toghdory, A., Hatami, M., & Ghassemi Nejad, J. (2022). Milk supplemented with organic iron improves performance, blood hematology, iron metabolism parameters, biochemical and immunological parameters in suckling Dalagh lambs. *Animals*, 12, 510.
- Banchero, G. E., Milton, J. T. B., Lindsay, D. R., Martin, G. B., & Quintans, G. (2015). Colostrum production in ewes: a review of regulation mechanisms and of energy supply. *Animal*, 9, 831-837.
- Bordignon, R., Volpato, A., & Glombowsky, P. (2019). Nutraceutical effect of vitamins and minerals on performance and immune and antioxidant systems in dairy calves during the nutritional transition period in summer. *Journal of Thermal Biology*, 84, 451-459.
- Delir, S., Mohammad zadeh, H., Taghizadeh, A., & paya, H. (2020). Effects of application of vitamin-mineral supplement in milk on performances of Holstein suckling calves. *Animal Science Research*, 30(3), 105-117.
- Fischer, A. J., Song, Y., He, Z., Haines, D. M., Guan, L. L., & Steele, M. A. (2018). Effect of delaying colostrum feeding on passive transfer and intestinal bacterial colonization in neonatal male Holstein calves. *Journal of Dairy Science*, 101, 3099-3109.
- Jacometo, C. B., Osorio, J. S., Socha, M., Corrêa, M. N., Piccioli-Cappelli, F., Trevisi, E., & Loores, J. J. (2015). Maternal consumption of organic trace minerals alters calf systemic and neutrophil mRNA and microRNA indicators of inflammation and oxidative stress. *Journal of Dairy Science*, 98, 7717-7729.
- Karami, K., Shamsollahi, M., Fatahnia, F., Mohammadi, Y., & Jamali, J. (2024). Effect of trace mineral injection in late pregnancy on colostrum quality and plasma parameters of Lori does and their kids. *Animal Production Research*, 13(2), 73-85. (In Persian)
- Khan, M. A., Lee, H. J., Lee, W. S., Kim, H. S., Kim, S. B., Ki, K. S., Park, S. J., Ha, J. K., & Choi, Y. J. (2007). Starch source evaluation in calf starter: I. Feed consumption, body weight gain, structural growth, and blood metabolites in Holstein calves. *Journal of Dairy Science*, 90(11), 5259-5268.
- Khodamoradi, S., Fatahnia, F., Jafari, H., Taasoli, G., & Mohammadi, Y. (2020). Effect of injection of vitamin C and copper to transition dairy cows on colostrum composition and serum metabolites of neonatal calves. *Research Journal of Livestock Science*, 33(127), 189-198. (In Persian)
- Lacetera, N., Bernabucci, U., Ronchi, B., & Nardone, A. (1996). Effects of selenium and vitamin E administration during a late stage of pregnancy on colostrum and milk production in dairy cows, and on passive immunity and growth of their offspring. *American Journal of Veterinary Research*, 57, 1776-1780.

- Matsui, T. (2012). Vitamin C nutrition in cattle. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 25, 597-605.
- Miqueo, E., Fazzio, L., Mattioli, G., Moore, D., & Relling, A. (2022). Cryptosporidiosis treatments in naturally infected dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 105, 386.
- Miqueo, E., Mattioli, G. A., Moore, D. P., Bilbao, M. G., Moran, K. D., & Relling, A. E. (2024). Impact of Parenteral Maternal Supplementation with Trace Minerals and Vitamins on Neonatal Calf Antioxidant System and Growth in a Dairy Herd. *Animals*, 14, 1868.
- Moazeni Zadeh, M. H., Towhidi, A., Zhandi, M., rezayazdi, K., & Javaheri Barfourrooshi, H. (2024). The effect of supplementing the glycinate form of zinc, copper, iron and manganese on the growth performance, some biochemical and enzymatic parameters and skeletal growth of suckling calves. *Animal Production*, 26(3), 303-316. (In Persian)
- Movahednasab, M., Tahmasebi, A., Vakili, S. A., & naserian, A. (2022). The Effect of Flaxseed Oil Supplementation and Injection of Vitamins (A, D3, E) on the Performance and Blood Metabolites of Suckling Calves. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 14(3), 305-315. (In Persian)
- NRC. (2001). Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th Ed. Na-tional Academy Press, Washington, DC., USA.
- Rajaeerad, A., Ghorbani, G. R., Khorvash, M., Sadeghi-Sefidmazgi, A., Mahdavi, A. H., Rashidi, S., Wilkens, M. R., & Hünerberg, M. (2020). Impact of a Ration Negative in Dietary Cation–Anion Difference and Varying Calcium Supply Fed before Calving on Colostrum Quality of the Dams and Health Status and Growth Performance of the Calves. *Animals*, 10(9), 1465.
- SAS Institute. (2004). SAS[®]/STAT Software, Release 9.1. SAS Institute, Inc., Cary, NC. USA.
- Seifzadeh, S., Seifdavati, J., Abdi Benemar, H., Salem, A. F. Z. M., & Seyedsharifi, R. (2021). Evaluation of vitamin C supplementation on growth performance and antioxidant activity of Holstein suckling calves. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 13(1), 65-75. (In Persian)
- Shahbazi, F., Fatahnia, F., Shamsollahi, M., Jafari, H., & Mohammadi, Y. (2024). Effect of time and amount of vitamin AD3E injection in late pregnancy on colostrum quality, concentration of plasma parameters, and antioxidant status of Afshari ewes and their lambs. *Animal Production Research*, 13(1), 49-67. (In Persian)
- Slanzon, G. S., Toledo, A. F., Silva, A. P., Coelho, M. G., da Silva, M. D., Cezar, A. M., & Bittar, C. M. (2019). Red propolis as an additive for preweaned dairy calves: Effect on growth performance, health, and selected blood parameters. *Journal of Dairy Science*, 102(10), 8952-8962.
- Smith, A. D., Panickar, K. S., Urban, J. F. Jr., & Dawson, H. D. (2018). Impact of micronutrients on the immune response of animals. *Annual Review of Animal Biosciences*, 15(6), 227-254.
- Somagond, Y. M., Alhussien, M. N., & Dang, A. K. (2023). 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. *Frontiers in Immunology*, 14, 1059956.
- Sordillo, L. M. (2016). Nutritional strategies to optimize dairy cattle immunity. *Journal of Dairy Science*, 99(6), 4967-4982.
- Suttle, N. (2010). Mineral Nutrition of Livestock, fourthed., CABInternational, Wallingford, UK, p. 579
- Willmore, C. J., Hall, J. B., & Drewnoski, M. E. (2021). Effect of a Trace Mineral Injection on Performance and Trace Mineral Status of Beef Cows and Calves. *Animals*, 11, 2331.
- Xiao, X., & Song, B. L. (2013). SREBP: a novel therapeutic target. *Acta Biochimica et Biophysica Sinica*, 45, 2-10.
- Yadav, D. K., Somagond, Y. M., & Lathwal, S. S. (2023). Injection of antioxidant trace minerals/vitamins into peripartum crossbred cows improves the nutritional and immunological properties of colostrum/milk and the health of their calves under heat stress conditions, 29 September 2023, PREPRINT (Version 1) available at Research Square.