

The effect of vitamin and mineral supplement injection during the transition period on inflammatory and antioxidant indices of dairy cows

*Mohammad Asadi¹, Reza Kamali² and Nader Asadzadeh³

1- PhD., Dept. of Animal Sciences Research, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Gorgan, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran.

2- Assistant prof., Dept. of Animal Sciences Research, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Gorgan, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran.

3- Scientific board member of animal science research institute of IRAN, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO) Iran.

4- Corresponding Author: Mohammad Asadi

Mohammadasadiseyed1994@yahoo.com

<https://doi.org/10.22067/ijasr.2025.92312.1239>

Introduction: The physiological transition of dairy cows from late pregnancy to early lactation is accompanied by major changes in the utilization of carbohydrates, amino acids, and lipids by adipose tissue, liver, and skeletal muscle, which are in response to the energy deficit of early lactation, resulting from abundant milk production without adequate compensation in feed intake. On the other hand, increased inflammation, oxidative stress, adipose tissue mobilization, and metabolic disorders occur during the transition period. Inflammation is an evolutionarily conserved response that underlies many physiological and pathological processes; in response to stimuli associated with infection and tissue damage, immune components initiate a response and cause inflammation. Among the essential micronutrients, antioxidant supplements such as minerals and vitamins are of particular importance. Minerals and vitamins, which play an important role in the immune system, help fight infections and diseases, and are in a way a modulator of the inflammatory process, play a role in the antioxidant system through their presence in several significant proteins. Considering the importance of a successful transition from the transition period to the lactation period and its effects on animal performance and health, a study was conducted to investigate the effect of vitamin and mineral supplement injections during the transition period on inflammatory and antioxidant indices of dairy cows.

Method and Material: For this purpose, 32 cows with an average milk production of 19 ± 2.7 kg, multiple calving (second calving) and a body condition score of 3.5 ± 0.25 were divided into 4 treatments and 8 replications in a completely randomized design at the end of the gestation period. The 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 both injectable vitamin and mineral supplements. Supplements were injected subcutaneously 28 days before calving. The vitamin supplement contained 50,000 IU of vitamin A (palmitate), 25,000 IU of vitamin D3, 21 mg of vitamin E (acetate), 6 mg of vitamin B1, 2 mg of vitamin B2, 5 mg of vitamin B6, 12.5 mg of vitamin B3 (nicotinamide), 3 µg of vitamin B12, 6 mg of di-panthenol, and 2 mg of vitamin C, and its injection dose was 20 ml per cow as recommended by the manufacturer, and the mineral supplement contained 400 mg of calcium bromide gluconate, 22 mg of magnesium hypophosphite, and 2 mg of copper per ml, and its injection dose was 100 ml per cow as recommended by the manufacturer. The cows were examined for health and multiple births before grouping; all animals were healthy and monogamous. To measure blood biochemical metabolites, inflammatory markers, and antioxidant status, blood samples were collected from 6 replicates of each treatment on days 21 before parturition, the day of parturition, and 21 days after parturition.

Results and Discussion: Albumin, globulin and albumin:globulin ratio were affected by the experimental treatments; so that the injection of minerals, vitamins and minerals and vitamins together caused a decrease in albumin and albumin:globulin ratio and an increase in globulin in the blood of cows. The injection of minerals and vitamins had no effect on the parameters of glucose, cholesterol, triglycerides, total protein and urea. On the other hand, time also affected the parameters of glucose, cholesterol, triglycerides, total protein, albumin, globulin and albumin:globulin ratio. Insulin, catalase, cortisol, glutathione peroxidase, malondialdehyde, superoxide dismutase and total antioxidant status were affected by the experimental treatments; So that by injecting minerals, vitamins and minerals and vitamins together, insulin increased and total antioxidant status, catalase, cortisol, glutathione peroxidase, malondialdehyde and superoxide dismutase decreased, and the lowest amount of glutathione peroxidase was for the group receiving minerals and vitamins simultaneously. All hormonal parameters and antioxidant indices were also affected by time. Haptoglobin, serum amyloid A, ceruloplasmin and vitamin D concentrations were affected by the experimental treatments, such that minerals and vitamins decreased the concentrations of haptoglobin, serum amyloid A and ceruloplasmin and increased vitamin D, and the lowest serum amyloid A and ceruloplasmin levels were for the group receiving minerals and vitamins simultaneously. All inflammatory indices were also affected by time. Alkaline phosphatase enzyme activity was affected by the experimental treatments, and minerals and vitamins decreased the activity of this enzyme. Aspartate transaminase and alanine aminotransferase enzymes were not affected by the experimental treatments. Time affected alkaline phosphatase enzyme activity, but other parameters were not affected by time.

Conclusion: Injection of minerals and vitamins in late pregnancy to dairy cows caused a significant effect on the parameters of albumin, globulin, albumin:globulin ratio, insulin, catalase, cortisol, glutathione peroxidase, malondialdehyde, superoxide dismutase, total antioxidant status, haptoglobin, ceruloplasmin, serum amyloid A, vitamin D and alkaline phosphatase in the blood of cows receiving minerals and vitamins compared to the control group. Considering the greater improvement of co-injection of minerals and vitamins on albumin, glutathione peroxidase, serum amyloid A and ceruloplasmin in the blood of the treated cows, simultaneous injection of minerals and vitamins is recommended for cows in late pregnancy.

Keywords: Antioxidant status, Dairy cows, Inflammatory indices, Transition period, Vitamin and mineral supplements.

تأثیر تزریق مکمل‌های ویتامینی و معدنی در دوره انتقال بر شاخص‌های التهابی و آنتی‌اکسیدانی گاوهای شیری

محمد اسدی*^۱، رضا کمالی^۲ و نادر اسدزاده^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۰۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۱/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۲۶

۱- دکتری تغذیه دام، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، گرگان، ایران

۲- استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، گرگان، ایران.

۳- دانشیار، بخش تحقیقات مدیریت پرورش دام و طیور، مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، کرج، ایران.

Mohammadasadiseyed1994@yahoo.com

<https://doi.org/10.22067/ijasr.2025.92312.1239>

چکیده:

این پژوهش به منظور بررسی اثر تزریق مکمل‌های ویتامینی و معدنی در دوره انتقال بر شاخص‌های التهابی و آنتی‌اکسیدانی گاوهای شیری، با استفاده از ۳۲ رأس گاو در اواخر آبستنی با ۴ تیمار و ۸ تکرار در قالب طرح کامل تصادفی انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل: (۱) گروه شاهد (عدم تزریق مکمل ویتامینی و معدنی)، (۲) گروه دریافت‌کننده مکمل ویتامینی تزریقی، (۳) گروه دریافت‌کننده مکمل معدنی تزریقی و (۴) گروه دریافت‌کننده مکمل ویتامینی و معدنی تزریقی باهم بود. تزریق در ۲۸ روز قبل زایش به صورت زیر جلدی انجام شد. نتایج نشان داد که تزریق مواد معدنی، ویتامین‌ها و مواد معدنی و ویتامین‌ها باهم سبب کاهش آلبومین و نسبت آلبومین:گلوبولین و افزایش گلوبولین خون گاوها گردید. همچنین با تزریق مکمل‌ها انسولین افزایش و وضعیت آنتی‌اکسیدانی کل، کاتالاز، کورتیزول، گلوتاتیون پراکسیداز، مالون دی‌آلدهید و سوپراکسیددیسموتاز کاهش یافتند و کم‌ترین مقدار گلوتاتیون پراکسیداز برای گروه دریافت‌کننده هم‌زمان مواد معدنی و ویتامین‌ها بود. دریافت مواد معدنی و ویتامین‌ها سبب کاهش غلظت هاپتوگلوبین، آمیلوئید A سرم و سرولوپلاسمین و افزایش ویتامین D شد و کم‌ترین مقدار آمیلوئید A سرم و سرولوپلاسمین برای گروه دریافت‌کننده مواد معدنی و ویتامین‌ها به صورت هم‌زمان بود. فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت و مواد معدنی و ویتامین‌ها سبب کاهش فعالیت این آنزیم گردیدند. آنزیم‌های آسپارات ترانس آمیناز و آلانین آمینوترانسفراز تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند. با توجه به بهبود بیشتر تزریق باهم مواد معدنی و ویتامین‌ها بر آلبومین، گلوتاتیون پراکسیداز، آمیلوئید A سرم و سرولوپلاسمین خون تیمار دریافت‌کننده، تزریق هم‌زمان مواد معدنی و ویتامین‌ها به گاوهای اواخر آبستنی توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: دوره انتقال، شاخص‌های التهابی، گاو شیری، مکمل‌های ویتامینی و معدنی، وضعیت آنتی‌اکسیدانی

مقدمه

انتقال فیزیولوژیکی گاوهای شیری از اواخر بارداری به اوایل شیردهی با تغییرات عمده در استفاده از کربوهیدرات‌ها، اسیدهای آمینه و لیپیدها توسط بافت چربی، کبد و عضله اسکلتی همراه است (Horst et al., 2021) که در پاسخ به کمبود انرژی در اوایل شیردهی، که بخاطر تولید شیر فراوان با عدم جبران مناسب در مصرف خوراک ایجاد می‌شود، این تغییرات رخ می‌دهد (McGuckin et al., 2023). از طرفی، افزایش التهاب، استرس اکسیداتیو و اختلالات متابولیک در دوره انتقال رخ می‌دهند (Coleman et al., 2021). تقاضای بالای مواد مغذی و افت مصرف خوراک سبب توازن منفی انرژی در دام و به دنبال آن افزایش اسیدهای چرب غیراستریفه برای فراهمی انرژی برای سلول‌های کبدی می‌شود (Ghasemi et al.,

2019). افزایش اسیدهای چرب غیر استریفه (NEFA)^۱ پیش از زایمان و بتا‌هیدروکسی بوتیرات (BHB)^۲ پس از زایمان ضمن اختلال در عملکرد کبدی با افزایش پروتئین‌های فاز حاد، التهاب و خطر اندومتريت همراه خواهد بود. افزایش تقاضای اکسیژن جهت سوخت‌وساز و سیتوکین‌های التهابی در پیرامون زایمان منجر به تولید بیش‌ازحد گونه‌های فعال اکسیژنی می‌شود (Allen & Bradford., 2009). عدم توازن گونه‌های فعال اکسیژن (ROS)^۳ با توان یا ظرفیت ضداکسیداتیو، تنش اکسیداتیو را به دنبال دارد که عامل آسیب‌رسان اغلب ناهنجاری‌های متابولیک و پاسخ‌های التهابی گاوهای شیری است (Giuliodori et al., 2013). التهاب یک پاسخ حفظ‌شده تکاملی است که زمینه‌ساز بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی و پاتولوژیکی است؛ در پاسخ به محرک‌های مرتبط با عفونت و آسیب بافتی، اجزای ایمنی پاسخ‌دهی را آغاز کرده و باعث التهاب می‌شوند (Medzhitov., 2008). در حالت ایده‌آل، التهاب به بدن کمک می‌کند تا با محرک‌های نامطلوب سازگار شده و باهدف بازیابی هموستاز بر آن غلبه کند؛ اگرچه افزایش چشمگیر شاخص‌های التهابی می‌تواند باعث ایجاد سندروم آزادسازی سیتوکین و حتی آسیب بافتی شود، التهاب تحت حاد باعث افزایش خفیف واسطه‌های التهابی می‌شود که به تغییرات مزمن و پیش‌رونده در عملکرد بافت کمک می‌کند (Han et al., 2020). در پاسخ به محرک‌های التهابی، بیان و آزادسازی واسطه‌های التهابی از جمله سیتوکین‌ها، کموکاین‌ها، ایکوزانوئیدها و پروتئین‌های حاد در بدن اتفاق می‌افتد (Newton & Dixit., 2012). این مولکول‌ها شبکه‌های تنظیمی پیچیده‌ای را برای افزایش جریان خون به بافت آلوده، نفوذ و فعال شدن سلول‌های ایمنی، و پاسخ‌های سیستمیک تشکیل می‌دهند (Nelson et al., 2022). یک پاسخ ثانویه کلیدی به التهاب، پاسخ مرحله حاد است. پروتئین‌های فاز حاد که در بیشترین مقدار توسط کبد تولید می‌شوند عبارت‌اند از هاپتوگلوبین، سرولوپلاسمین، آمیلوئید A سرم و پروتئین واکنش‌گر C (Bradford et al., 2015). پروتئین‌های دخیل در پاسخ فاز حاد به‌طور کلی به مقدار بسیار کم در جریان خون یافت می‌شوند، اما غلظت آن‌ها در طول التهاب سیستمیک به میزان زیادی افزایش می‌یابد. در همان زمان، غلظت سایر پروتئین‌ها نظیر آلبومین که معمولاً از کبد ترشح می‌شوند، کاهش می‌یابد، بنابراین گاهی اوقات به‌عنوان واکنش‌دهنده فاز حاد منفی شناخته می‌شوند (Ceciliani et al., 2012). از راه‌های کاهش التهاب، بهبود تنش اکسیداتیو و سیستم ایمنی، استفاده از مواد مغذی در جیره گاوهای اواخر آبستنی یا تزریق آن‌ها به دام می‌باشد (Abuelo et al., 2016); (Asadi et al., 2024d).

از بین ریزمغذی‌های ضروری برخی از مواد معدنی و ویتامین‌ها که نقش آنتی‌اکسیدانی دارند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند (Panahi dorche et al., 2018). برای مثال، عنصر مس که نقش مهمی در سیستم ایمنی دارد، از طریق حضور در چندین پروتئین قابل‌توجه در سیستم آنتی‌اکسیدانی به مبارزه با عفونت‌ها و بیماری‌ها کمک می‌کند و به‌نوعی تعدیل‌کننده فرآیند التهابی می‌باشد (Weiss., 2010). مس بیشتر در پروتئین سرولوپلاسمین و سوپراکسید دیسموتاز وجود دارد. (Groppe et al., 2005). علاوه بر این، در گاوهای شیری غلظت ویتامین D در دوره بحرانی پس از زایمان کاهش می‌یابد؛ کاهش غلظت ویتامین D ممکن است واکنش التهابی و استرس اکسیداتیو را افزایش دهد. در دوره انتقال که گاوها در برابر بیماری‌های متابولیک و استرس اکسیداتیو آسیب‌پذیر هستند و کاهش ویتامین D سرم می‌تواند در این وضعیت نقش داشته باشد، تزریق ویتامین D₃ بر تعدیل پاسخ‌های ایمنی و وضعیت اکسیداتیو/آنتی‌اکسیداتیو در طول دوره گذار گاوهای شیری کمک می‌کند (HassanAbadi et al., 2021). ویتامین E، توانایی خنثی کردن ROS را دارد، در نتیجه از پیشرفت التهاب جلوگیری

¹ Non-esterified fatty acids

² Beta-hydroxybutyrate

³ Reactive oxygen species

می‌کنند (Bernabucci et al., 2005). از آنجایی که غلظت پلاسمایی ویتامین E در طول دوره گذار کاهش می‌یابد، مکمل ویتامین E قبل از زایمان وضعیت آنتی‌اکسیدانی را بهبود می‌بخشد (Bertoni et al., 2015). ویتامین A به کمک ویتامین C علاوه بر کاهش عفونت‌های پستانی و بیماری‌های متابولیکی، به صورت غیرمستقیم بر حفظ سطوح مناسب ویتامین E تأثیر گذاشته و باعث بهبود پاسخ سلول‌های ایمنی می‌شوند (Erb et al., 2004).

در پژوهشی، تزریق گروه ویتامین‌های B به بزهای اواخر آبستنی باعث افزایش گلوکز و کاهش کلسترول خون آن‌ها شد (Asadi et al., 2025). تزریق ویتامین‌های AD₃E به گاوهای شیری در فصل تابستان باعث کاهش غلظت آلبومین و افزایش پروتئین خون آن‌ها شد و بر فعالیت مالون دی‌آلدهید خون اثری نداشت (Sharokhian Rezaee et al., 2015).

در پژوهشی دیگر، تجویز ویتامین C به میش‌های تحت استرس، منجر به کاهش سطوح کورتیزول خون شد (Abolghasemi et al., 2023). استفاده از شکل‌های مختلف مس در جیره بزها، باعث افزایش غلظت سوپراکسید دیسموتاز، گلوکوتایون پراکسیداز، کاتالاز و وضعیت آنتی‌اکسیدانی کل و کاهش غلظت مالون دی‌آلدهید بزها شد (Shen et al., 2021).

تزریق ویتامین‌های B کمپلکس به بزها در طول دوره گذار، با کاهش استرس اکسیداتیو، منجر به کاهش تعادل انرژی منفی در بزها شد (Ongan & Yuksel, 2017). تزریق مس به گاوهای شیری دوره انتقال با افزایش فعالیت سوپراکسید دیسموتاز و کاهش بروز ورم پستان همراه بوده است (Suttle., 2010). با توجه به اهمیت گذر موفق از دوره انتقال به دوره شیردهی و تأثیرات آن بر عملکرد و سلامت دام، پژوهشی به منظور تأثیر تزریق مکمل‌های ویتامینی و معدنی در دوره انتقال بر شاخص‌های التهابی و آنتی‌اکسیدانی گاوهای شیری انجام شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در پاییز ۱۴۰۳ در مزرعه دام‌پروری دام نمونه زروان واقع در شهرستان گرگان صورت گرفت. بدین منظور ۳۲ رأس گاو هلشتاین با میانگین تولید شیر $19 \pm 2/7$ کیلوگرم، چند شکم‌زا (شکم دوم) و نمره و وضعیت بدنی $3/5 \pm 0/25$ در اواخر دوره آبستنی به ۴ تیمار و ۸ تکرار در قالب طرح کامل تصادفی تقسیم شدند. تیمارهای آزمایشی شامل: (۱) گروه شاهد (عدم تزریق مکمل ویتامینی و معدنی)، (۲) گروه دریافت‌کننده مکمل ویتامینی تزریقی، (۳) گروه دریافت‌کننده مکمل معدنی تزریقی و (۴) گروه دریافت‌کننده مکمل ویتامینی و معدنی تزریقی باهم بود. تزریق مکمل‌ها در ۲۸ روز قبل زایش به صورت زیرجلدی انجام شد. مکمل ویتامینی حاوی ۵۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A (پالمیتات)، ۲۵۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D₃، ۲۱ میلی‌گرم ویتامین E (استات)، ۶ میلی‌گرم ویتامین B₁، ۲ میلی‌گرم ویتامین B₂، ۵ میلی‌گرم ویتامین B₆، ۱۲/۵ میلی‌گرم ویتامین B₃ (نیکوتینامید)، ۳ میکروگرم ویتامین B₁₂، ۶ میلی‌گرم دی‌پانتنول و ۲ میلی‌گرم ویتامین C و دُز تزریق آن طبق توصیه شرکت سازنده ۲۰ میلی‌لیتر به ازای 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 دُز تزریق آن طبق توصیه شرکت سازنده ۱۰۰ میلی‌لیتر به ازای هر رأس گاو بود. گاوها پیش از گروه‌بندی از نظر سلامت و چندقلوزایی بررسی شدند؛ کلیه دام‌ها سالم و تک‌قلو‌زا بودند. جیره مورد استفاده پیش از زایش و پس از زایش گاوها و مواد مغذی آن‌ها در جدول ۱ آمده است. گاوهای گروه‌های آزمایشی در طول پژوهش به‌طور گروهی نگهداری شده و دو وعده در روز از خوراک مصرفی به شکل TMR تغذیه می‌شدند و در طول آزمایش به‌طور آزاد به آب و خوراک دسترسی داشتند.

جدول ۱- اجزای جیره و ترکیب شیمیایی

Table 1- Diet components and chemical compositions

اجزای جیره گاوها قبل از زایش (درصد ماده خشک)		اجزای جیره گاوها قبل از زایش (درصد ماده خشک)	
سیلاژ ذرت (Corn silage)	21.31	سیلاژ ذرت (Corn silage)	47.50
یونجه (Alfalfa)	17.04	یونجه (Alfalfa)	12.75
تفاله چغندر قند (Sugar beet pulp)	9.74	دانه جو (Barley grain)	10.08
پنبه دانه کامل (Whole cottonseed)	8.86	دانه ذرت (Corn grain)	11.49
دانه جو (Barley grain)	11.76	کنجاله سویا (Soybean meal)	3.04
دانه ذرت (Corn grain)	14.34	پودر ماهی (Fish powder)	1.55
کنجاله گلوتن ذرت (Corn gluten meal)	1.58	کنجاله کلزا (Canola meal)	5.42
کنجاله سویا (Soybean meal)	8.27	کنجاله گلوتن ذرت (Corn gluten meal)	1.55
پودر ماهی (Fish powder)	1.73	پنبه دانه کامل (Whole cottonseed)	2.39
بنتونیت (Bentonite)	0.52	سولفات منیزیم (Magnesium sulphate)	0.71
کربنات کلسیم (Calcium carbonate)	0.76	کربنات کلسیم (Calcium carbonate)	1.36
نمک (Salt)	0.50	کلرید کلسیم (Calcium chloride)	0.61
مونسنین (Monensin)	0.25	مونسنین (Monensin)	0.25
مخمر (yeast)	0.25	مخمر (yeast)	0.25
مکمل معدنی-ویتامینی ^۱ (Mineral-Vitamin supplement ¹)	1.64	مکمل معدنی-ویتامینی ^۱ (Mineral-Vitamin supplement ¹)	1.21

ترکیب شیمیایی		ترکیب شیمیایی	
مواد مغذی جیره	مقدار	مقدار	مواد مغذی جیره
انرژی شیردهی (مگا کالری/کیلوگرم ماده خشک) Cow lactation energy (Mcal/kg DM)	1.72	انرژی شیردهی (مگا کالری/کیلوگرم ماده خشک) Cow lactation energy (Mcal/kg DM)	1.61
پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)	16.10	پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)	13.67
فیبر نامحلول در شوینده خنثی (درصد) Neutral detergent fiber (%)	32.20	فیبر نامحلول در شوینده خنثی (درصد) Neutral detergent fiber (%)	34.60
عصاره اتری (درصد) Ethereal extract (%)	1.94	خاکستر (درصد) Ash (%)	7.92

خاکستر (درصد)	8.08	کلسیم (درصد)	1.34
Ash (%)		Calcium (%)	
کلسیم (درصد)	0.94	فسفر (درصد)	0.39
Calcium (%)		Phosphorus (%)	
فسفر (درصد)	0.44	منیزیم (درصد)	0.68
Phosphorus (%)		Magnesium (%)	
DCAD (meq kg ⁻¹)	288	DCAD (meq kg ⁻¹)	-57

¹پرمیکس معدنی-ویتامینی شامل (هر یک کیلوگرم پرمیکس): ۱۴۰ گرم کلسیم، ۲۰ گرم فسفر، ۳۵ گرم منیزیم، ۴۰ گرم کروم، ۴۰ گرم گوگرد، ۱۲۰۰ میلی گرم منگنز، ۱۰۰۰ میلی گرم روی، ۸۰۰ میلی گرم مس، ۸ میلی گرم کبالت، ۱۰ میلی گرم ید، ۴۰۰ میلی گرم آهن، ۱۵ میلی گرم سلنیوم، ۳۵۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۶۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D₃ و ۴۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین E

¹The mineral and vitamin premix contained (1 kg premix): 140 g Ca, 20 g P, 35 g Mg, 40 g Cr, 40 g S, 1200 mg Mn, 1000 mg Zn, 800 mg Cu, 8 mg Co, 10 mg Iodine, 400 mg Fe, 15 mg Se, 20000 mg vitamin NA, 350000 IU vitamin A, 60000 IU vitamin D₃, 4000 IU vitamin E

جهت اندازه‌گیری متابولیت‌های بیوشیمیایی خون، شاخص‌های التهابی و وضعیت آنتی‌اکسیدانی، از ۶ تکرار هر تیمار در روزهای ۲۱ پیش از زایش، روز زایش و ۲۱ روز پس از زایش خونگیری انجام شد. نمونه‌های خون به داخل لوله‌های حاوی ماده ضد انعقاد (EDTA) منتقل شدند. برای تهیه پلاسما، نمونه‌های خون به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ rpm سانتریفوژ شد و درنهایت، نمونه‌های پلاسما تا زمان آنالیز به ۲۰- درجه سلسیوس منتقل شدند. وضعیت آنتی‌اکسیدانی کل، سوپراکسیددیسموتاز، مالون دی‌آلدئید، کاتالاز، و فعالیت آنزیم‌های آمینوترانسفراز، آلکالین فسفاتاز و آلانین آمینوترانسفراز، گلوکز، کلسترول، اوره، تری‌گلیسیرید، پروتئین کل، آلبومین و گلوبولین با استفاده از کیت‌های شرکت پارس‌آزمون و ویتامین D خون با استفاده از کیت الیزا به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر (Spect AA220, Variant) اندازه‌گیری شد. غلظت آمیلوئید A سرم و هاپتوگلوبین با کیت الیزا (tridelta) و سرولوپلاسمین با سنجش فعالیت اکسیدازی سرولوپلاسمین به روش اسپکتروفتومتری اندازه‌گیری شدند. غلظت کورتیزول با کیت کورتیزول (مونوباند، آمریکا) اندازه‌گیری شد و سنجش آنزیمی برای تجزیه و تحلیل انسولین پلاسما با استفاده از کیت‌های (DRG)، (Randox Laboratories Ltd.) توسط یک اسپکتروفتومتر اتوماتیک (RAL؛ Clima Plus) اندازه‌گیری شد.

درنهایت اطلاعات حاصل از آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و ۸ تکرار می‌باشد. تجزیه تحلیل داده‌های حاصل 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 تجزیه و تحلیل اطلاعات از مدل آماری زیر استفاده شد:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + E_{aik} + B_j + AB_{ij} + E_{bij}$$

Y_{ijk} = مشاهده مربوط به تیمار i و زمان اندازه‌گیری j در تکرار k

μ = میانگین کلی مشاهده‌ها

A_i = اثر تیمار i

E_{aik} = خطای اصلی

B_j = اثر زمان اندازه‌گیری j

AB_{ij} = برهم‌کنش تیمار i و زمان اندازه‌گیری j

E_{bij} = خطای فرعی

نتایج و بحث

تأثیر تزریق مواد معدنی و ویتامین‌ها به گاوهای اواخر آبستنی بر فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون گاوها در جدول ۲ گزارش شده است. آلبومین، گلوبولین و نسبت آلبومین:گلوبولین تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفتند؛ به طوری که تزریق مواد معدنی، ویتامین‌ها و مواد معدنی و ویتامین‌ها باهم سبب کاهش آلبومین و نسبت آلبومین:گلوبولین و افزایش گلوبولین خون گاوها گردید ($P < 0.05$). تزریق مواد معدنی و ویتامین‌ها بر پارامترهای گلوکز، کلسترول، تری‌گلیسرید، پروتئین کل و اوره تأثیری نداشت ($P > 0.05$). از طرفی زمان نیز بر پارامترهای گلوکز، کلسترول، تری‌گلیسرید، پروتئین کل، آلبومین، گلوبولین و نسبت آلبومین: گلوبولین تأثیرگذار بود ($P < 0.05$). در پژوهشی، تزریق کمپلکس حاوی ویتامین E تأثیری بر گلوکز، کلسترول، تری‌گلیسرید و آلبومین گاوها نداشت (Abdolmaleki et al., 2018). همچنین، تزریق کمپلکس ویتامینی (AD₃E) تأثیری بر کلسترول، پروتئین و آلبومین گوساله‌ها نداشت (Movahednasab et al., 2023). در تضاد با نتایج پژوهش حاضر، تزریق ویتامین D₃ به گاوهای دوره انتقال تأثیری بر گلوبولین خون آن‌ها نداشت (Hassanabadi et al., 2021). در پژوهشی، استفاده از ویتامین E خوراکی در جیره گاوها سبب افزایش گلوکز خون شد (Chandra et al., 2014). تزریق کمپلکس ویتامین‌های B₈، B₉، B₁₂ تأثیری بر گلوکز دام‌ها در پیش از زایش آن‌ها نداشت (Duplessis et al., 2022). موافق با نتایج پژوهش حاضر، تزریق ویتامین‌های B₁₂ و E به گاوهای اواخر آبستنی تأثیری بر گلوکز، پروتئین کل، تری‌گلیسرید و کلسترول در زمان‌های پیش از زایش، روز زایش و پس از زایش نداشت (Mousavi et al., 2022). از طرفی، تزریق کمپلکس ویتامینی (AD₃E) به میش‌های اواخر آبستنی تأثیری بر کلسترول و تری‌گلیسرید آن‌ها نداشت اما سبب افزایش گلوکز و پروتئین کل خون میش‌ها گردید (Shahbazi et al., 2023). تزریق کمپلکس معدنی-ویتامینی به گاوهای اواخر آبستنی تغییری در فراسنجه‌های بیوشیمیایی پیش از زایش آن‌ها ایجاد نکرد اما سبب افزایش گلوکز و تری‌گلیسرید گاوها پس از زایش شد (Asadi et al., 2021). در دوره انتقال، پروتئین‌هایی نظیر آلبومین که معمولاً از کبد ترشح می‌شوند به‌عنوان نشانگرهای التهابی و پروتئین‌های فاز حاد منفی پذیرفته شده‌اند (Ceciliani et al., 2012). همچنین کاهش نسبت آلبومین: گلوبولین نشان‌دهنده کاهش اثر تنش‌ها و التهاب می‌باشد که می‌توان نتیجه گرفت با کاهش آلبومین خون باعث کاهش استرس و بهبود پاسخ سیستم ایمنی می‌شوند (Movahednasab et al., 2023).

جدول ۲- اثر تزریق مواد معدنی و ویتامینی در اواخر آبستنی بر فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون

Table 2- The effect of mineral and vitamin injections in late pregnancy on Biochemical parameters

فراسنجه‌های بیوشیمیایی Biochemical parameters	تیمارهای آزمایشی Experimental treatments				خطای استاندارد میانگین‌ها SEM	سطح احتمال P-Value		
	شاهد Control	مواد معدنی Minerals	ویتامین‌ها Vitamins	مواد معدنی+ویتامین‌ها Min+Vit		اثر تیمار	اثر زمان	تیمار*زمان
گلوکز (میلی‌گرم/دسی‌لیتر) Glucose (mg/dL)	70.04	69.58	70.82	68.16	1.097	0.405	<0.001	0.006
کلسترول (میلی‌گرم/دسی‌لیتر) Cholesterol (mg/dL)	52.00	51.20	50.86	52.30	0.575	0.286	<0.001	0.748
تری‌گلیسرید (میلی‌گرم/دسی‌لیتر) Triglyceride (mg/dL)	27.39	27.17	28.15	27.97	0.486	0.549	<0.001	0.032
اوره (میلی‌گرم/دسی‌لیتر) Urea (mg/dL)	29.64	30.57	27.97	30.84	0.614	0.486	0.749	0.848

پروتئین کل (گرم/دسی لیتر) Total Protein (gr/dL)	7.52	7.59	7.57	7.55	0.055	0.841	<0.001	0.535
آلبومین (گرم/دسی لیتر) Albumin (gr/dL)	4.57 ^a	4.35 ^b	4.34 ^b	4.28 ^c	0.029	<0.001	<0.001	<0.001
گلوبولین (گرم/دسی لیتر) Globulin (gr/dL)	2.94 ^b	3.23 ^a	3.23 ^a	3.26 ^a	0.050	0.001	<0.001	0.076
آلبومین/گلوبولین Albumin:Globulin	1.56 ^a	1.35 ^b	1.35 ^b	1.32 ^b	0.025	<0.001	0.008	0.001

تفاوت ارقام در هر ردیف با حروف نامشابه، معنی دار است ($P < 0.05$). SEM: خطای استاندارد از میانگین

SEM: Standard error of means, means in rows with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$): c-a

تأثیر تزریق مواد معدنی و ویتامین‌ها به گاوهای اواخر آبستنی بر فراسنجه‌های هورمونی و شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی گاوها در جدول ۳ گزارش شده است. انسولین، کاتالاز، کورتیزول، گلوکاتایون پراکسیداز، مالون دی‌آلدهید، سوپر اکسیددیسموتاز و وضعیت آنتی‌اکسیدانی کل تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفتند؛ به طوری که با تزریق مواد معدنی، ویتامین‌ها و مواد معدنی و ویتامین‌ها باهم انسولین افزایش و وضعیت آنتی‌اکسیدانی کل، کاتالاز، کورتیزول، گلوکاتایون پراکسیداز، مالون دی‌آلدهید و سوپر اکسیددیسموتاز کاهش یافتند و کم‌ترین مقدار گلوکاتایون پراکسیداز برای گروه دریافت‌کننده هم‌زمان مواد معدنی و ویتامین‌ها بود ($P < 0.05$). تمام فراسنجه‌های هورمونی و شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی تحت تأثیر زمان نیز قرار گرفتند ($P < 0.05$). همسو با پژوهش حاضر، کمپلکس مواد معدنی و ویتامین‌ها سبب کاهش کورتیزول پلازما در گاوهای شیری گردید (Khan et al., 2024). در پژوهشی، تزریق ویتامین B کمپلکس به بزهای اواخر آبستنی افزایش سوپر اکسیددیسموتاز، گلوکاتایون پراکسیداز و کاتالاز و کاهش وضعیت آنتی‌اکسیدانی کل و کاهش کورتیزول در هنگام زایش و پس از زایش نسبت به گروه شاهد را به همراه داشت (Asadi et al., 2024a). تزریق کمپلکس ویتامینی (AD₃E) تأثیری بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام گوساله‌ها نداشت (Movahednasab et al., 2023). تزریق ویتامین D₃ به گاوهای دوره انتقال تأثیری بر سوپر اکسیددیسموتاز و گلوکاتایون پراکسیداز خون آن‌ها نداشت (Hassanabadi et al., 2021). با تزریق مواد معدنی، ویتامین‌ها و هر دو باهم به گاوهای دوره انتقال، افزایش سوپر اکسیددیسموتاز و کاتالاز نسبت به گروه شاهد مشاهده شد (Somagond et al., 2023). در گاوهای اواخر آبستنی دریافت‌کننده ویتامین‌ها، کاهش مالون دی‌آلدهید و افزایش وضعیت آنتی‌اکسیدانی کل، کاتالاز، سوپر اکسیددیسموتاز و گلوکاتایون پراکسیداز اتفاق افتاد (Khan et al., 2024). با تزریق کمپلکس مواد معدنی، گلوکاتایون پراکسیداز تیمار دریافت‌کننده پس از زایش، بیشتر از گروه شاهد گزارش شد (Bates et al., 2025). مکمل حاوی ویتامین A و E سبب کاهش استرس اکسیداتیو و سطوح کورتیزول و پاسخ ایمنی بالاتر در گاو شیری پس از زایمان شد (Alhussien et al., 2021). تزریق کمپلکس ویتامینی (AD₃E) به میش‌های اواخر آبستنی سبب افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، سوپر اکسیددیسموتاز، گلوکاتایون پراکسیداز و کاهش مالون دی‌آلدهید میش‌ها شد (Shahbazi et al., 2023). تزریق کمپلکس معدنی-ویتامین به گاوهای اواخر آبستنی سبب افزایش گلوکاتایون پراکسیداز آن‌ها در قبل و بعد از زایش نسبت به گاوهای گروه شاهد شد (Asadi et al., 2021). تزریق مواد معدنی به گاوهای شیری تغییری در فعالیت سوپر اکسیددیسموتاز و گلوکاتایون پراکسیداز آن‌ها ایجاد نکرد (Silva et al., 2022).

در گاوهای دوره انتقال خطر استرس 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 (Toghdory et al., 2023). از مهم‌ترین مواد مغذی بهبوددهنده فعالیت

آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، مواد معدنی و ویتامین‌ها هستند (Asadi et al., 2024b). ویتامین E، برای بهبود توانایی سلول‌ها در خنثی کردن ROS مهم است و در نتیجه از پیشرفت به سمت التهاب جلوگیری می‌کند (Bernabucci et al., 2002). عنصر مس برای تعدادی از آنزیم‌های درگیر در متابولیسم انرژی یا آنتی‌اکسیدانی و برای پروتئین‌های انتقال الکترون مورد نیاز است (Grzybowska et al., 2018). سوپراکسید دیسموتاز از آنزیم‌های حاوی مس است که فعالیت ضدالتهابی دارد و کاهش و تضعیف پاسخ ایمنی فعالیت متالوآنزیم مس، سوپراکسید دیسموتاز را کاهش می‌دهد (Kegley et al., 2016). سوپراکسید دیسموتاز از آسیب بافت اکسیداتیو ناشی از رادیکال‌های سوپراکسید جلوگیری می‌کند. اختلال در فعالیت میکروبوکش نیز ممکن است نتیجه مستقیم کاهش غلظت رادیکال‌های پراکسید هیدروژن تولیدشده توسط کاهش رادیکال‌های سوپراکسید با واسطه سوپراکسید دیسموتاز باشد. غلظت ویتامین D سرم در دوره انتقال، به‌ویژه در اوایل شیردهی که گاوهای شیری بیشتر مستعد ابتلا به بیماری و استرس متابولیک هستند، کاهش می‌یابد (Holcombe et al., 2018). کاهش غلظت ویتامین D ممکن است واکنش التهابی و استرس اکسیداتیو را افزایش دهد. از طرفی، ویتامین D می‌تواند با تأثیر بر افزایش گلوتاتیون پراکسیداز درون‌سلولی، شرایط مناسبی در برابر استرس اکسیداتیو مهیا کند (Sordillo and Aitken., 2009). از کورتیزول به‌عنوان سرکوب‌کننده‌ی سیستم ایمنی نام‌برده می‌شود (Abdelnour et al., 2019). غلظت بالای کورتیزول با مهار عملکرد و تولید آنتی‌بادی‌ها و همچنین کاهش تعداد و فعالیت لنفوسیت‌ها، سرکوب‌کننده سیستم ایمنی است و ریزمغذی‌ها می‌توانند سبب کاهش کورتیزول و بهبود پاسخ ایمنی به هنگام تنش و التهاب گردند (Kafilzadeh et al., 2012). پاسخ غلظت انسولین به مواد معدنی و ویتامین‌ها تا حدی می‌تواند به کاهش سطح کورتیزول خون نسبت داده شود (Khansari et al., 1990)؛ کورتیزول و انسولین به‌طور متضاد بر متابولیسم عمل کرده و ریزمغذی‌ها پتانسیل افزایش سطح انسولین را دارند پس این آنتاگونیست و تغییر متابولیسم عمومی بدن توسط مواد معدنی و ویتامین‌ها سبب بهبود فرآیندهای تولید، تکثیر و فعال‌سازی سلول‌های ایمنی و همچنین مقاومت بدن در برابر بیماری‌ها شود (Asadi et al., 2024c).

جدول ۳- اثر تزریق مواد معدنی و ویتامینی در اواخر آبستنی بر فراسنجه‌های هورمونی و شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی

Table 3- The effect of mineral and vitamin injections in late pregnancy on hormonal parameters and antioxidant indices

فراسنجه‌ها Parameters	تیمارهای آزمایشی Experimental treatments				خطای استاندارد میانگین‌ها SEM	سطح احتمال P-Value		
	شاهد Control	مواد معدنی Minerals	ویتامین‌ها Vitamins	مواد معدنی+ویتامین‌ها Min+Vit		اثر تیمار	اثر زمان	تیمار*زمان
انسولین (نانوگرم/میلی‌لیتر) Insulin (ng/ml)	13.03 ^b	14.10 ^a	14.56 ^a	14.18 ^a	0.197	0.002	0.001	0.133
کاتالاز (واحد/میلی‌گرم) Catalase (U/mg)	21.87 ^a	16.46 ^b	15.12 ^b	14.15 ^b	0.295	<0.001	<0.001	<0.001
کورتیزول (میکروگرم/دسی‌لیتر) Cortisol (mg/dl)	9.68 ^a	6.42 ^b	5.84 ^b	5.39 ^b	0.218	<0.001	<0.001	<0.001
گلوتاتیون پراکسیداز (واحد/میلی‌گرم) Gultation peroxidase (U/mg)	44.11 ^a	40.02 ^b	39.26 ^b	37.35 ^c	0.394	<0.001	<0.001	<0.001
مالون دی‌آلدهید (نانومول/میلی‌لیتر) Malondialdehyde (nmol/ml)	6.67 ^a	6.16 ^b	5.98 ^b	5.89 ^b	0.050	<0.001	<0.001	<0.001
سوپراکسید دیسموتاز (واحد/میلی‌گرم) Superoxide dismutase (U/mg)	30.70 ^a	25.83 ^b	25.83 ^b	24.50 ^b	0.345	<0.001	<0.001	<0.001

وضعیت آنتی‌اکسیدانی کل (میلی‌مول/لیتر)

Total antioxidant status (mmol/l)	0.91 ^a	0.79 ^b	0.78 ^b	0.77 ^b	0.014	<0.001	<0.001	0.001
--------------------------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------	--------	--------	-------

تفاوت ارقام در هر ردیف با حروف نامشابه، معنی‌دار است ($P < 0.05$): SEM: خطای استاندارد از میانگین

SEM: Standard error of means, means in rows with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$): c-a

تأثیر تزریق مواد معدنی و ویتامین‌ها به گاوهای اواخر آبستنی بر شاخص‌های التهابی گاوها در جدول ۴ گزارش شده است. غلظت هاپتوگلوبین، آمیلوئید A سرم، سرولوپلاسمین و ویتامین D تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفتند به طوری که مواد معدنی و ویتامین‌ها سبب کاهش غلظت هاپتوگلوبین، آمیلوئید A سرم و سرولوپلاسمین و افزایش ویتامین D شد و کم‌ترین مقدار آمیلوئید A سرم و سرولوپلاسمین برای گروه دریافت‌کننده مواد معدنی و ویتامین‌ها به صورت هم‌زمان بود ($P < 0.05$). کلیه شاخص‌های التهابی تحت تأثیر زمان نیز قرار گرفتند ($P < 0.05$). همسو با پژوهش حاضر، استفاده از قرص آهسته رهش مس در دوره انتقال می‌شود سبب افزایش سرولوپلاسمین آن‌ها نسبت به گروه شاهد شد (Nasr Chaleshtori *et al.*, 2021). همچنین استفاده از مکمل مس در جیره بره‌های پروراری سبب افزایش غلظت سرولوپلاسمین آن‌ها گردید (Senthilkumar *et al.*, 2009). باین‌حال، تزریق ویتامین D₃ به گاوهای دوره انتقال تأثیری بر ویتامین D و هاپتوگلوبین خون آن‌ها نداشت (Hassanabadi *et al.*, 2021). مخالف با نتایج پژوهش حاضر، تزریق کمپلکس مواد معدنی تغییری در هاپتوگلوبین گاوهای شیری ایجاد نکرد (Silva *et al.*, 2022). یک پاسخ ثانویه کلیدی به التهاب، پاسخ مرحله حاد است. پروتئین‌های فاز حاد که توسط کبد در بیشترین مقدار تولید می‌شوند، عبارت‌اند از هاپتوگلوبین، سرولوپلاسمین، آمیلوئید A سرم و پروتئین واکنش‌گر C. پروتئین‌های دخیل در پاسخ فاز حاد به طور کلی به مقدار بسیار کم در جریان خون یافت می‌شوند، اما غلظت آن‌ها در طول التهاب سیستمیک به میزان زیادی افزایش می‌یابد. با عبور از دوره انتقال و بروز تنش و التهاب، مواد معدنی و ویتامین‌ها سبب افزایش فراهمی مواد اولیه برای تولید پروتئین‌های فاز حاد می‌گردند و بدین ترتیب مقدار بیشتری از هاپتوگلوبین، آمیلوئید A سرم و سرولوپلاسمین در خون گاوها مشاهده می‌شود (Bradford *et al.*, 2015). نقش مس در خون‌سازی از طریق سرولوپلاسمین انجام می‌گیرد و فعالیت ضدالتهابی دارد (Kegley *et al.*, 2016). همچنین سرولوپلاسمین باعث تسهیل اتصال آهن به پروتئین ذخیره‌ای فریتین می‌شود و می‌تواند از طریق جمع‌آوری آهن آزاد و حذف رادیکال‌های آزاد در دفاع آنتی‌اکسیدانی نقش داشته باشد (Suttle., 2010). با کاهش غلظت ویتامین D در دوره انتقال، واکنش التهابی و استرس اکسیداتیو افزایش می‌یابد و با استفاده از مکمل‌ها از افت ویتامین D در خون جلوگیری می‌شود (Holcombe *et al.*, 2018).

جدول ۴- اثر تزریق مواد معدنی و ویتامینی در اواخر آبستنی بر شاخص‌های التهابی

Table 4- The effect of mineral and vitamin injections in late pregnancy on hormonal parameters and inflammatory indices

فراسنج‌ها Parameters	تیمارهای آزمایشی Experimental treatments				خطای استاندارد میانگین‌ها SEM	سطح احتمال P-Value		
	شاهد Control	مواد معدنی Minerals	ویتامین‌ها Vitamins	مواد معدنی+ویتامین‌ها Min+Vit		اثر تیمار	اثر زمان	تیمار*زمان
هاپتوگلوبین (میکروگرم/میلی‌لیتر) Haptoglobin (mg/ml)	101.28 ^a	89.27 ^b	87.51 ^b	84.51 ^b	1.213	<0.001	<0.001	0.059
آمیلوئید A سرم (میلی‌گرم/لیتر) serum amyloid A (mg/l)	15.36 ^a	13.10 ^b	12.48 ^b	11.91 ^c	0.177	<0.001	<0.001	<0.001

سرولوپلاسمین (میلی گرم/دسی لیتر) ceruloplasmin (mg/dl)	4.13 ^c	4.53 ^b	4.96 ^b	5.20 ^a	0.116	<0.001	<0.001	<0.001
ویتامین D (نانوگرم/میلی لیتر) Vitamin D (ng/ml)	88.54 ^b	99.85 ^a	109.29 ^a	103.98 ^a	0.900	<0.001	<0.001	0.274

تفاوت ارقام در هر ردیف با حروف نامشابه، معنی دار است ($P < 0.05$). SEM: خطای استاندارد از میانگین

SEM: Standard error of means, means in rows with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$): c-a

تأثیر تزریق مواد معدنی و ویتامین‌ها به گاوهای اواخر آبستنی بر آنزیم‌های کبدی گاوها در جدول ۵ گزارش شده است. فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت و مواد معدنی و ویتامین‌ها سبب کاهش فعالیت این آنزیم گردیدند ($P < 0.05$). آنزیم‌های آسپاراتات ترانس آمیناز و آلانین آمینوترانسفراز تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند ($P > 0.05$). زمان بر فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز تأثیر داشت ($P < 0.05$) اما سایر فراسنجه‌ها تحت تأثیر زمان نیز قرار نگرفتند ($P > 0.05$). تزریق کمپلکس ویتامینی (AD_3E) تأثیری بر آسپاراتات ترانس آمیناز، آلکالین فسفاتاز و آلانین آمینوترانسفراز گوساله‌ها نداشت (Movahednasab et al., 2023). در پژوهشی، تزریق ویتامین A و E به گوساله‌ها تأثیری بر فعالیت آنزیم آسپاراتات ترانس آمیناز نداشت (Moradian et al., 2016). استفاده از کمپلکس مواد معدنی و مخلوط ویتامین‌های محلول در چربی تأثیری بر آنزیم‌های کبدی گاوهای براون سوئیس نداشت (Omur et al., 2016). آلکالین فسفاتاز یک متالوآنزیم است که سطوح سرمی آن به دنبال ترشح از کبد، نشان‌دهنده مقدار تغییر نفوذپذیری غشا و فعالیت‌های مخرب در اندام‌ها به هنگام تنش و التهاب می‌باشد (Nanev et al., 2020). کاهش آلکالین فسفاتاز و یا به عبارتی مقدار بیشتر آلکالین فسفاتاز گروه شاهد می‌تواند بیانگر این باشد که با تزریق ویتامین‌ها و مواد معدنی، دام کمتر در معرض تنش قرار گرفته و نیاز کمتری به فعالیت آنزیم کبدی برای مقابله با التهاب و استرس نسبت به گروه شاهد داشته است.

جدول ۵- اثر تزریق مواد معدنی و ویتامینی در اواخر آبستنی بر فعالیت آنزیم‌های کبدی

Table 5- The effect of mineral and vitamin injections in late pregnancy on liver enzymes activity

آنزیم‌های کبدی Liver enzymes	تیمارهای آزمایشی Experimental treatments				خطای استاندارد میانگین‌ها SEM	سطح احتمال P-Value		
	شاهد Control	مواد معدنی Minerals	ویتامین‌ها Vitamins	مواد معدنی+ویتامین‌ها Min+Vit	اثر تیمار	اثر زمان	تیمار*زمان	
آلکالین فسفاتاز (واحد/لیتر) Alkaline phosphatase (U/l)	127.75 ^a	112.06 ^b	112.69 ^b	111.87 ^b	0.818	<0.001	0.006	<0.001
آسپاراتات ترانس آمیناز (واحد/لیتر) Aspartate trans aminase (U/l)	36.60	34.76	39.42	34.66	1.575	0.155	0.478	0.889
آلانین آمینوترانسفراز (واحد/لیتر) Alanine aminotransferase (U/l)	12.67	12.53	12.65	12.25	0.497	0.924	0.316	0.145

تفاوت ارقام در هر ردیف با حروف نامشابه، معنی دار است ($P < 0.05$). SEM: خطای استاندارد از میانگین

SEM: Standard error of means, means in rows with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$): b-a

نتیجه گیری

تزریق مواد معدنی و ویتامین‌ها در اواخر آبستنی به گاوهای شیری سبب تأثیر معنی دار در فراسنجه‌های آلبومین، گلوبولین، نسبت آلبومین:گلوبولین، انسولین، کاتالاز، کورتیزول، گلوکاتیون پراکسیداز، مالون دی‌آلدهید، سوپراکسیددیسموتاز، وضعیت آنتی‌اکسیدانی کل، هاپتوگلوبین، سرولوپلاسمین، آمیلوئید A سرم، ویتامین D و آلکالین فسفاتاز خون گاوهای دریافت‌کننده

مواد معدنی و ویتامین‌ها نسبت به گروه شاهد شد. با توجه به بهبود بیشتر تزریق باهم مواد معدنی و ویتامین‌ها بر آلبومین، گلوکوتایون پراکسیداز، آمیلوئید A سرم و سرولوپلاسمین خون تیمار دریافت‌کننده، تزریق هم‌زمان مواد معدنی و ویتامین‌ها به گاوهای اواخر آبستنی توصیه می‌گردد.

References

- Abdelnour, S. A., Abd El-Hack, M. E., Khafaga, A. F., Arif, M., Taha, A. E., & Noreldin, A. E. (2019). Stress biomarkers and proteomics alteration to thermal stress in ruminants: A review. *Journal of Thermal Biology*, 79, 120-134. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.12.013>
- Abdolmaleki, Z., Souri, M., Moeni, M., & Tohidi, A., & Chashnidel, Y. (2018). Effect of dietary conjugated linoleic Acid (CLA) Supplementation with injectable Se and VE supplement on productive performance and blood parameters of holstein dairy cows. *Journal of Ruminant Research*, 5(4), 101-118. <https://doi.org/10.22069/ejrr.2017.13635.1568>
- Abolghasemi, S., Bahrampour, J., Badakhshan, Y., Mirmahmoodi, R., & Barazandeh, A. (2023). The effect of intraperitoneal injection of vitamin C on feed intake and blood metabolites of Kermani sheep in severe heat stress. *Veterinary Research & Biological Products*, 36(3), 2-11. <https://doi.org/10.22092/vj.2022.360234.2017>
- Abuelo, A., Hernandez, J., Benedito, J. L., & Castillo, C. (2016). Association of oxidative status and insulin sensitivity in periparturient dairy cattle: An observational study. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 100, 279-286. <https://doi.org/10.1111/jpn.12365>
- Alhussien, M. N., Tiwari, S., Panda, B. S. K., 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 Element and Medicine Biology*, 65, 126718. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2021.126718>
- Allen, M. S., & Bradford, B. J. (2009). Control of eating by hepatic oxidation of fatty acids. *A note of caution. Appetite*, 53(2), 272-273. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2009.06.005>
- Asadi, M., Hatami, M., & Mohammadi Fard, H. (2025). The Impacts of Maternal B Complex Vitamin Injection on Goats and Their Offspring during the Transition Period. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 15(1), 87-95. <https://doi.org/10.71798/ijas.2025.1202963>
- Asadi, M., Fard, H. M., Araee, K. A., & Hatami, M. (2024a). 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. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167860>
- Asadi, M., Ghoorchi, T., & Toghdory, A. (2024b). 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. <https://doi.org/10.71798/ijas.2024.1184799>
- Asadi, M., Ghoorchi, T. & Toghdory, A. (2024c). 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. <https://doi.org/10.22059/ijas.2024.364592.653965>

- Asadi, M., Toghdory, A., Ghoorchi, T., & Hatami, M. (2024d). 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. <https://doi.org/10.1111/jpn.13909>
- Asadi, M., Ghoorchi, T., Toghdory, A., & hoseini sabeghi, H. (2021). Effect of different levels of selenium and vitamin E injection on thyroid hormones metabolism and biochemical parameters in late pregnancy of Holstein cows and their calf performance. *Iranian Journal of animal Science*, 52(3), 189-201. <https://doi.org/10.22059/ijas.2021.325212.653832>
- Bates, A. J., Wells, M., Fitzpatrick, C., & Laven, R. A. (2025) Effect of a pre-calving injectable trace mineral supplement on white blood cell function in seasonally calving pastoral dairy cows. *New Zealand Veterinary Journal*, 73(2), 87-99. <https://doi.org/10.1080/00480169.2024.2417925>
- Bernabucci, U., Ronchi, B., Lacetera, N., & Nardone, A. (2002). Markers of oxidative status in plasma and erythrocytes of transition dairy cows during hot season. *Journal of Dairy Science*, 85, 2173-2179. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(02\)74296-3](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(02)74296-3)
- Bernabucci, U., Ronchi, B., Lacetera, N., & Nardone, A. (2005). Influence of body condition score on relationships between metabolic status and oxidative stress in periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 88, 2017–2026. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72878-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72878-2)
- Bertoni, G., Minuti, A., & Trevisi, E. (2015). Immune system, inflammation and nutrition in dairy cattle. *Animal Production Science*, 55, 943–948. <http://dx.doi.org/10.1071/AN14863>
- Bradford, B. J., Yuan, K., Farney, J. K., Mamedova, L. K., & Carpenter, A. J. (2015). Invited review: Inflammation during the transition to lactation: New adventures with an old flame. *Journal of Dairy Science*, 98, 6631–6650. doi:10.3168/jds.2015-9683. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9683>
- Ceciliani, F., Ceron, J. J., Eckersall, P. D., & Sauerwein, H. (2012). Acute phase proteins in ruminants. *Journal of Proteomics*, 75, 4207–4231. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2012.04.004>
- Chandra, G., Aggarwal, A., Singh, A., & Kumar, M. (2014). Effect of vitamin E and zinc supplementation on liver enzymatic profile of pre-and post-partum Sahiwal cows. *The Indian Journal of Animal Sciences*, 84(5): 507-510. <https://doi.org/10.56093/ijans.v84i5.40650>
- Coleman, D. N., Alharthi, A. S., Liang, Y., Lopes, M. G., Lopreiato, V., Vailati-Riboni, M., & Looor, J. J. (2021). Multifaceted role of one-carbon metabolism on immunometabolic control and growth during pregnancy, lactation and the neonatal period in dairy cattle. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 12(1), 1–28. <https://doi.org/10.1186/s40104-021-00547-5>
- Duplessis, M., Lapierre, H., Sauerwein, H., & Girard, C. L. (2022). Combined biotin, folic acid, and vitamin B12 supplementation given during the transition period to dairy cows: Part I. Effects on lactation performance, energy and protein metabolism, and hormones. *Journal of Dairy Science*, 105(8), 7079-7096. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21677>
- Erb, C., Staudt, N., Flammer, J., & Nau, W. (2004). Ascorbic acid as a free radical scavenger in porcine and bovine aqueous humour. *Ophthalmic Research*, 36, 38-42. <https://doi.org/10.1159/000076108>
- Ghasemi, E., Safari Foroshani, M. H., Alikhani, M., & Shirani-Shamsabadi, J. (2019). Metabolic profile and antioxidative status, body weight, and performance of dairy cows in the periparturient

period. *Iranian Journal of animal Science*, 50(3), 171-184. <https://doi.org/10.22059/ijas.2019.282022.653709>

Giuliodori, M., Magnasco, R. P., Becu-Villalobos, D., Lacau-Mengido, I. M., Risco, C. A., & de la Sota, R. L. (2013). Clinical endometritis in an Argentinean herd of dairy cows: Risk factors and reproductive efficiency. *Journal of Dairy Science*, 96, 210-218. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5682>

Gropper, S. S., Smith, J., & Groff, J. (2005). *Advanced Nutrition and Human Metabolism: Copper transport and uptake*. 4th ed. Wadsworth. Belmont, CA. 449-451.

Grzybowska, D., Sobiech, P., & Snarska, A. (2018). Copper – An essential micronutrient for calves and adult cattle. *Journal of Elementology*, 24. <https://doi.org/10.5601/jelem.2018.23.2.1645>.

Han, M. S., White, A., Perry, R. J., Camporez, J. P., Hidalgo, J., Shulman, G. I., & Davis, R. J. (2020). Regulation of adipose tissue inflammation by interleukin 6. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117, 2751–2760. <https://doi.org/10.1073/pnas.1920004117>

Hassanabadi, M., Mohri, M., & Seifi H. A. (2021). Effects of single injection of vitamin D3 on some immune and oxidative stress characteristics in transition dairy cows. *Iranian Journal of Veterinary Science and Technology*, 12(2), 25-35. <https://doi.org/M10.22067/ijvst.2020.39239>

Holcombe, S. J., Wisnieski, L., Gandy, J., Norby, B., & Sordillo, L. M. (2018). Reduced serum vitamin D concentrations in healthy early-lactation dairy cattle. *International Journal of Dairy Science*, 3, 1–7. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13547>

Horst, E. A., Kvidera, S. K., & Baumgard, L. H. (2021). Invited review: The influence of immune activation on transition cowhealth and performance—A critical evaluation of traditional dogmas. *Journal of Dairy Science*, 104, 8380–8410. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20330>

Kafilzadeh, F., Shabankareh, H. K., & Targhibi, M. R. (2012). Effect of chromium supplementation on productive and reproductive performances and some metabolic parameters in late gestation and early lactation of dairy cows. *Biological Trace Element Research*, 149, 42-49. <https://doi.org/10.1007/s12011-012-9390-0>

Kegley, E. B., Ball, J. J., & Beck, P. (2016). Impact of mineral and vitamin status on beef cattle immune function and health. *Journal of Animal Science*, 94, 59–69. <https://doi.org/10.2527/jas.2016-0720>

Khan, M. Z., Huang, B., Kou, X., Chen, Y., Liang, H., Ullah, Q., Khan, I. M., Khan, A., Chai, W., & Wang, C. (2024). Enhancing bovine immune, antioxidant and anti-inflammatory responses with vitamins, rumen-protected amino acids, and trace minerals to prevent periparturient mastitis. *Front Immunology*, 14, 1290044. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1290044>

Khansari, D. N., Murgu, A. J., & Faith, R. E. (1990). Effects of stress on the immune system. *Immunology Today*, 11, 170-175. [https://doi.org/10.1016/0167-5699\(90\)90069-1](https://doi.org/10.1016/0167-5699(90)90069-1)

McGuckin, M. M., Giesy, S. L., Overton, T. R., & Boisclair, Y. R. (2023). Inflammatory tone in liver and adipose tissue in dairy cows experiencing a healthy transition from late pregnancy to early lactation. *Journal of Dairy Science*, 106(11), 8122–8132. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23373>

Medzhitov, R. (2008). Origin and physiological roles of inflammation. *Nature*, 454, 428–435. <https://doi.org/10.1038/nature07201>

- Moradian, M., Rahchmani, R., Banihasan, E., Gharebash, A.M., & Zeighamy, A., (2016). The effect of injection of vitamins A and E on passive transfer of immunoglobulin G and some blood parameters in calf. *Journal of Ruminant Research*, 4(2). <https://doi.org/10.22069/EJRR.2020.18054.1750> (In Persian)
- Mousavi, S. R., Fatahnia, F., Taasoli, G., & Mohammadi. Y. (2022). Peripartum Injection of Vitamins (E and B12) and Trace Minerals (Selenium and Iron) in Holstein Dairy Cows: Effect on Milk Production and Composition, Body Condition Score and Serum Metabolites. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 12(2), 255-269. <https://dorl.net/dor/20.1001.1.2251628.2022.12.2.5.6>
- Movahednasab, M., Tahmasebi, A., Vakili, S.A., & Naserian, A.A. (2023). The Effect of Fat-Soluble Vitamins (A, D, E) and Flaxseed Oil on Blood Parameters and Immune System of Suckling Calves. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 15(2), 137-150. <https://doi.org/10.22067/ijasr.2022.75288.1067>
- Nanev, V., Vladov, I., & Kirazov, L. (2020). Serum trace elements and enzymes in lambs with introduced haemonchosis. *Acta Morphologica et Anthropologica*, 27(3-4), 43-48.
- Nasr Chaleshtori, P., Fadayifar, A., Azizi, A., & Azarfar, A. (2021). The effect of Slow-Release Bolus of Copper on Performance and Some Blood Metabolites of Lori-Bakhtiari Pregnant Ewes and Their Lambs. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 13(2), 193-205. <https://doi.org/10.22067/ijasr.v13i2.86149>
- Nelson, T. M., Kerwin, A. L., Ferro, L. N., Ryan, C. M., Graef, G. M., Westhoff, T. A., Sipka, A. S., Barbano, D. M., Stone, B., Yoon, I., & Overton, T. R. (2022). Relationships of blood-based indices of liver health during the transition period with performance and health. *Journal of Dairy Science*, 105(Suppl. 1), 266. (Abstr.)
- Newton, K., & V. M. Dixit. (2012). Signaling in innate immunity and inflammation. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 4, a006049. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a006049>
- Omur, A., Kirbas, A., Aksu, E., Kandemir, F., Dorman, E., Kaynar, O., & Ucar, O. (2016). Effects of antioxidant vitamins (A, D, E) and trace elements (Cu, Mn, Se, Zn) on some metabolic and reproductive profiles in dairy cows during transition period. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 19(4). <https://doi.org/10.1515/pjvs-2016-0088>
- Ongan, D., & Yuksel, A. (2017). What to eat for a better sleep in haemodialysis patients: Potential role of B vitamins intake and appetite. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, 33(2), 417-424. <https://doi.org/10.12669/pjms.332.11838>
- Panahi Dorcheh, Z., Aliarabi, H., Farahavar, A., Maleki, M., & Yazdani, H. (2018). The Effect of Selenium and Vitamin E Injection Times in Late Pregnant Ewes on Thyroid Hormones Metabolism, Ewe's Blood Biochemical Parameters and Their Lambs Performance after Birth. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 9(4), 400-412. <https://doi.org/10.22067/ijasr.v1397i1.59749>
- Senthilkumar, P., D. Nagalakshmi, Y. R. Reddy and K. Sudhakar. 2009. Effect of different level and source of copper supplementation on immune response and copper dependent enzyme activity in lambs. *Tropical Animal Health and Production*, 41, 645-653. <https://doi.org/10.1007/s11250-008-9236-0>
- 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. <https://doi.org/10.22124/ar.2024.26232.1807>

Sharokhian Rezaee, M., Riasi, A., Ansari Mahyari, S., Khorvash, M., & Khorsandi, S. (2015). effect gnrh, hcg and ad3e injection on reproductive performance and blood metabolites and progesterone of high producing dairy cows in summer season. *Animal Science Research*, 25(2), 97-107.

Shen, X., Song, C., & Wu, T. (2021). Effects of nano-copper on antioxidant function in copper deprived Guizhou black goats. *Biological Trace Element Research*, 199(6), 2201-2207. <https://doi.org/10.1007/s12011-020-02342>

Silva, T. H., Guimaraes, I., Menta, P. R., Fernandes, L., Paiva, D., Ribeiro, T. L., Celestino, M. L., Netto, A. S., Ballou, M. A., & Machado, V. S. (2022). Effect of injectable trace mineral supplementation on peripheral polymorphonuclear leukocyte function, antioxidant enzymes, health, and performance in dairy cows in semi-arid conditions. *Journal of Dairy Science*, 05(2), 1649-1660. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20624>

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. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1059956>

Sordillo, L. M., & Aitken, S. L. (2009). Impact of oxidative stress on the health and immune function of dairy cattle. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 128(1-3), 104-109. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2008.10.305>

Suttle, N. (2010). *Mineral Nutrition of Livestock*, fourthed., CABInternational, Wallingford, UK, p. 579

Toghory, A., Asadi, M., Ghoorchi, T., & Hatami, M. (2023). Impacts of organic manganese supplementation on blood mineral, biochemical, and hematology in Afshari Ewes and their newborn lambs in the transition period. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 79, 127215. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2023.127215>

Weiss, W.P. (2010). Antioxidant nutrients and milk quality. Extension Americas Research based learning network. July, 19.