**Animal Production Research**

Vol. 15, No. 1, 2026 (105-114)
doi: 10.22124/ar.2025.30907.1903
eISSN: 2538-6107 pISSN: 2252-0872

University of Guilan

**RESEARCH PAPER** **OPEN ACCESS**

# Effect of vitamin B complex injection on blood parameters and antioxidant status in fattening calves under transportation stress

**H. Emrani[1], M. Asadi[2], R. Kamali[3], M. Hatami[4]*, S. Mirhabibi[5], A. Teymouri[2]**

1. Department of Biotechnology Research Department, Animal Science Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
2. Department of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
3. Department of Animal Sciences Research, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Gorgan, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran
4. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
5. Department of Animal Science, Golpayegan Branch, Islamic Azad University, Golpayegan, Iran

(Received: 07-06-2025 – Revised: 26-08-2025 – Accepted: 27-08-2025 – Available online: 03-09-2025)

**Abstract**

**Introduction:** Most calves transported at a young age from dairy farms, making calf transport an important reputational risk for the dairy industry. Transported dairy calves may be non-replacement calves, which are transported either directly to abattoirs or fattening facilities for veal or beef production, or they may be heifer calves that are transported to rearing facilities in preparation for entering the dairy herd. Transport is a recognized stressor for all ages, with young calves being particularly vulnerable to welfare compromise during and after transport. This vulnerability is due to several factors; for example, the fasting that accompanies transport puts young calves at risk of energy depletion, hunger, and hypoglycemia (low blood glucose), particularly because calves have low body fat reserves compared with adult cattle. Additionally, young calves do not display the herding behavior that is commonly seen in adult cattle, making them more difficult to move; this difficulty potentially puts calves at risk of poor handling. In addition to this, young calves are dependent on colostral immunity for protection from infectious disease. If failure of passive transfer occurs, there is a high risk of morbidity and mortality. Unfortunately, failure of passive transfer is common, occurring in an estimated 8 to 42% of dairy calves. Furthermore, commingling of calves during transport, lairage, and at auction markets potentially increases exposure to pathogens and may lead to social stress, which can affect both immunity and pathogen shedding. Therefore, considering the effect of B vitamins in reducing stress, in this study, the effect of vitamin B complex injection on blood parameters and hormone levels as well as antioxidant status in fattening calves under transportation stress was investigated.

**Materials and methods:** For the present study, 20 fattening calves were selected. They were kept in separate boxes (1×1 $m^2$) with a concrete floor covered with straw during the experiment. The calves were fed the same. Water was also provided freely and separately. The experimental treatments included: 1. The first group (control): without vitamin B complex injection and 2. The second group (B complex): 15 mL of vitamin B complex injection. In this study, after 4 h of vitamin B complex injection, the animals were transported at a distance of 494 km during 10 h, and blood samples were taken from the jugular vein of calves to measure blood plasma parameters. Blood plasma parameters including glucose, cholesterol, triglyceride, urea, creatinine, total protein, albumin, globulin, albumin:globulin, insulin, cortisol, alkaline phosphatase, aspartate transaminase, alanine aminotransferase, triiodothyronine, thyroxine, T3:T4, glutathione peroxidase, superoxide dismutase, catalase, malondialdehyde, and total antioxidant status were measured in the blood of calves.

* Corresponding author: maryam.hatami928@gmail.com

CC BY

**Results and discussion:** According to the results, in the B complex group, glucose concentration increased significantly after transportation compared to the control group ($P$<0.05); in contrast, cholesterol concentration decreased significantly after transportation and 24 hours after transportation in the B complex group compared to the control group ($P$<0.05). Insulin concentration after transportation and thyroxine concentration after transportation and 24 h after transportation significantly increased in the B complex group than in the control group ($P$<0.05). In contrast, cortisol concentration after transportation and 24 h after transportation in the B complex group compared to the control group showed a significant decrease ($P$<0.05). Superoxide dismutase and catalase levels showed a significant increase and malondialdehyde concentration showed a significant decrease after transportation and 24 h after transportation in the B complex group than in the control group ($P$<0.05). Also, the effect of time and the interaction effect of treatment and time were significant on the concentration of some blood parameters of animals ($P$<0.05). In this study, vitamin B complex injection led to a reduction in hunger stress during transportation of calves due to increased blood glucose levels and improved energy status. Vitamin B complex injection improved antioxidant status in fattening calves under transportation stress, followed by a reduction in blood cortisol levels and adverse effects of stress in animals.
**Conclusions:** According to the results of this study, vitamin B complex injection acts as a valuable supplement that can be used to improve blood parameters and antioxidant status following reduction of stress in fattening calves.
**Keywords:** Transportation stress, Cortisol, Fattening calves, Antioxidant status, Vitamin B complex
**Ethics statement:** This study was conducted with the full consideration of animal welfare and the approval of this study was granted by the Ethics Committee of Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO).
**Data availability statement:** The data that support the findings of this study are available on request from the corresponding author.
**Conflicts of interest:** The authors declare no conflicts of interest.
**Funding:** The authors received no specific funding for this project.

**How to cite this article:**

Emrani, H., Asadi, M., Kamali, R., Hatami, M., Mirhabibi, S., & Teymouri, A. (2026). Effect of vitamin B complex injection on blood parameters and antioxidant status in fattening calves under transportation stress. *Animal Production Research*, *15*(1), 105-114. doi: 10.22124/ar.2025.30907.1903

تحقیقات تولیدات دامی

سال پانزدهم/شماره اول/بهار ۱۴۰۵ (۱۱۴-۱۰۵)

Animal Production Research

دانشگاه گیلان

**مقاله پژوهشی**

# اثر تزریق ویتامین B کمپلکس بر فراسنجه‌های خونی و وضعیت آنتی‌اکسیدانی گوساله‌های پرواری در شرایط تنش حمل و نقل

**حسین عمرانی[۱]، محمد اسدی[۲]، رضا کمالی[۳]، مریم حاتمی[۴*]، سهیل میرحبیبی[۵]، آیدا تیموری[۲]**

۱- بخش پژوهش‌های بیوتکنولوژی، موسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۲- گروه علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳- بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. گرگان، ایران

۴- گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۵- گروه علوم دامی، واحد گلپایگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گلپایگان، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۱۷ – تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۶/۰۴ – تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۰۵ – تاریخ انتشار برخط: ۱۴۰۴/۰۶/۱۲)

## چکیده

این مطالعه، به‌منظور ارزیابی تأثیر تزریق ویتامین B کمپلکس بر غلظت متابولیت‌ها، هورمون‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها در پلاسمای خون گوساله‌های پرواری در شرایط تنش حمل و نقل انجام شد. به‌منظور انجام این پژوهش از ۲۰ رأس گوساله نر پرواری هلشتاین چهار تا پنج ماهه با میانگین وزن ۱۲±۱۴۰ کیلوگرم استفاده شد. گوساله‌ها به‌طور تصادفی در دو تیمار (شامل گروه شاهد و تیمار دریافت‌کننده ۱۵ میلی‌لیتر ویتامین B کمپلکس) و ۱۰ تکرار قرار گرفتند. در پایان آزمایش، نتایج نشان داد که در گروه B کمپلکس نسبت به گروه شاهد، غلظت گلوکز بلافاصله پس از انتقال به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($P<۰/۰۵$). در مقابل، غلظت کلسترول بلافاصله پس از انتقال و ۲۴ ساعت پس از انتقال به‌طور معنی‌داری نسبت به گروه شاهد کاهش یافت ($P<۰/۰۵$). غلظت انسولین بلافاصله پس از انتقال و غلظت تیروکسین بلافاصله پس از انتقال و ۲۴ ساعت پس از انتقال به‌طور معنی‌داری در گروه B کمپلکس در مقایسه با گروه شاهد، افزایش یافت ($P<۰/۰۵$). در مقابل، غلظت کورتیزول بلافاصله پس از انتقال و ۲۴ ساعت پس از انتقال در گروه B کمپلکس نسبت به گروه شاهد کاهش یافت ($P<۰/۰۵$). غلظت‌های سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز، افزایش معنی‌دار و غلظت مالون‌دی‌آلدهید، کاهش معنی‌داری بلافاصله پس از انتقال و ۲۴ ساعت پس از انتقال در گروه B کمپلکس نسبت به گروه شاهد نشان دادند ($P<۰/۰۵$). در مطالعه حاضر، اثر زمان و اثر متقابل بین تیمار و زمان بر غلظت برخی از فراسنجه‌های خونی دام‌ها معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$). با توجه به نتایج این پژوهش، تزریق ویتامین B کمپلکس به‌عنوان یک ماده مکمل ارزشمند عمل می‌کند که می‌تواند برای کاهش تنش حمل و نقل در گوساله‌های پرواری مورد استفاده قرار گیرد.

**واژه‌های کلیدی:** تنش حمل و نقل، کورتیزول، گوساله‌های پرواری، وضعیت آنتی‌اکسیدانی، ویتامین B کمپلکس

* نویسندهٔ مسئول: maryam.hatami928@gmail.com

doi: 10.22124/ar.2025.30907.1903

**مقدمه**

بیش‌تر گوساله‌هایی که در سنین کم منتقل می‌شوند، از مزارع لبنی هستند و همین امر، حمل و نقل گوساله را به یک خطر مهم برای اعتبار صنعت لبنیات تبدیل می‌کند. گوساله‌های شیری منتقل‌شده ممکن است گوساله‌های غیرجایگزین باشند که یا مستقیماً به کشتارگاه‌ها یا به مراکز پرواربندی برای تولید گوشت گوساله یا گاو منتقل می‌شوند، یا ممکن است، گوساله‌های ماده‌ای باشند که برای آماده‌سازی جهت ورود به گله شیری به مراکز پرورش منتقل می‌شوند. انتقال، یک عامل تنش‌زای قوی در هر سنی از زندگی گاو به‌ویژه در گوساله‌های جوان به‌دلیل به‌خطر افتادن رفاه گوساله طی حمل و نقل است. این آسیب‌پذیری به عوامل مختلفی مربوط می‌شود. به‌عنوان مثال، گرسنگی که همراه با حمل و نقل است، گوساله‌های جوان را در معرض خطر کاهش انرژی، گرسنگی و هیپوگلیسمی (کاهش قند خون) قرار می‌دهد؛ به‌ویژه به این دلیل که گوساله‌ها در مقایسه با گاوهای بالغ، ذخایر چربی بدن کم‌تری دارند (Fisher et al., 2014). علاوه بر این، گوساله‌های جوان، رفتار گله‌داری را که معمولاً در گاوهای بالغ دیده می‌شود، نشان نمی‌دهند و این امر، جابه‌جایی آن‌ها را دشوارتر می‌کند (Jongman et al., 2020). این مشکل به‌طور بالقوه گوساله‌ها را در معرض خطر جابه‌جایی نامناسب قرار می‌دهد.

رفاه گوساله در رابطه با حمل و نقل به‌وسیله قوانین و مقررات در بسیاری از کشورها محافظت می‌شود و بیشتر کشورهای صادرکننده عمده لبنیات، به‌استثنای ایالات متحده، قوانین رفاه گوساله نسبتاً مشابهی دارند. با این حال، قوانین و مقررات همیشه مبتنی بر شواهد علمی نیستند و بنابراین ممکن است برای محافظت از رفاه حیوان کافی نباشند. بخش عمده‌ای از قوانین حمل و نقل گوساله بر حداکثر مدت زمان حمل و نقل پیش از وقوع وقفه، حداقل سن برای حمل و نقل و حداکثر زمان گرسنگی مجاز، تمرکز دارند. اگرچه این نوع الزامات قانونی، در صورت رعایت، می‌توانند به کاهش به‌خطر افتادن رفاه گوساله کمک کنند، گوساله‌ها ممکن است همچنان در نتیجه انتقال، به‌دلیل کمبود انرژی، خستگی، سرما، تنش ناشی از جابه‌جایی، اختلاط اجتماعی یا سایر عوامل تنش‌زا، ناراحتی، بیماری یا آسیب، رنج ببرند (Roadknight et al., 2021).

ویتامین‌ها، مجموعه‌ای از ترکیبات آلی مورد نیاز برای فرآیندهای فیزیولوژیک منظم هستند. ویتامین‌های گروه B (تیامین ($B_1$)، ریبوفلاوین ($B_2$)، نیاسین ($B_3$)، اسید پانتوتنیک ($B_5$)، پیریدوکسین ($B_6$)، بیوتین ($B_7$)، فولات ($B_9$) و کوبالامین ($B_{12}$)) ویتامین‌های محلول در آب هستند. ویتامین‌های گروه B بر اساس مقدار حل شدن در آب و عملکرد آن‌ها با سایر کوآنزیم‌های سلولی طبقه‌بندی می‌شوند (Asadi et al., 2024a,b). آن‌ها برای عملکرد بهینه مغز و تولید انتقال‌دهنده‌های عصبی ضروری هستند. کمبود این ویتامین‌ها، به‌ویژه فولات، $B_6$ و $B_{12}$، با چندین اختلال عصبی، از جمله اضطراب و تنش مرتبط بوده است. ویتامین‌های $B_6$، $B_9$ و $B_{12}$ اثر محافظتی بر هایپرسیستئینمی، که با افزایش خطر عوامل تنش‌زا مرتبط است، دارند. همچنین، هموسیستئین می‌تواند به‌وسیله مجموعه‌ای از مراحل میانی که به ویتامین $B_6$ به‌عنوان یک عامل و آنزیم سیستاتیونین بتا-سنتاز نیاز دارند، به گلوتاتیون، یک آنتی‌اکسیدان مهم، تبدیل شود (Mahdavifar et al., 2021). با توجه به مطالعات گذشته، تزریق مادری ویتامین B کمپلکس طی دوره انتقال، فراسنجه‌های خونی و آنتی‌اکسیدانی را در بزها و بزغاله‌های تازه متولدشده آن‌ها بهبود می‌بخشد (Asadi et al., 2024a,b). بنابراین، با توجه به اثر ویتامین‌های گروه B در کاهش تنش، در این مطالعه، اثر تزریق ویتامین B کمپلکس بر فراسنجه‌های خونی و هورمونی و همچنین، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گوساله‌های پرواری در شرایط تنش حمل و نقل مورد بررسی قرار داده شد.

**مواد و روش‌ها**

*مدیریت دام‌ها:* به‌منظور انجام این پژوهش از ۲۰ رأس گوساله نر پرواری هلشتاین چهار تا پنج ماهه با میانگین وزن ۱۲±۱۴۰ کیلوگرم استفاده شد. گوساله‌ها به‌طور تصادفی در دو تیمار و ۱۰ تکرار قرار گرفتند. تیمارهای آزمایشی شامل گروه شاهد و تیمار دریافت‌کننده ۱۵ میلی-لیتر ویتامین B کمپلکس بودند. ویتامین B کمپلکس مورد استفاده در این پژوهش از شرکت رویان دارو تهیه شد و مقدار آن طبق توصیه شرکت تولیدکننده تزریق شد. دام‌ها چهار ساعت پس از اعمال تیمار (تزریق)، به‌وسیله ماشین حمل دام به مسافت ۴۹۴ کیلومتر و به‌مدت ۱۰ ساعت جابه‌جا شدند و سپس، خون‌گیری از دام‌ها انجام شد.

*سنجش فراسنجه‌های پلاسمای خون:* برای اندازه‌گیری متابولیت‌های خونی، هورمون‌ها و آنتی‌اکسیدان‌های پلاسمای خون، نمونه خون از رگ گردن گوساله‌های پرواری در زمان‌های پیش از حمل و نقل، بلافاصله پس از جابه‌جایی و ۲۴ ساعت پس از آن گرفته شد. نمونه‌های خون به‌داخل لوله‌های حاوی EDTA (ضد انعقاد) منتقل شدند. برای تهیه پلاسما، نمونه‌های خون به‌مدت ۱۰ دقیقه با سرعت g × ۶۰۰ سانتریفوژ شدند و در نهایت، نمونه‌های پلاسما تا زمان تجزیه به فریزر ۲۰- درجه سلسیوس منتقل شدند (Asadi et al., 2023).

*سنجش متابولیت‌های پلاسمای خون:* برای ارزیابی غلظت-های گلوکز، کلسترول، تری‌گلیسرید، اوره، کراتینین، توتال پروتئین، آلبومین، گلوبولین، فعالیت آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) و آلانین آمینوترانسفراز (ALT)، آلکالین فسفاتاز (ALP) از کیت‌های شرکت پارس آزمون ساخت ایران به‌روش اسپکتروفتومتر استفاده شد (Kaneko, 2008). غلظت هورمون‌های انسولین، کورتیزول، تری‌یدوتیرونین ($T_3$) و تترایدوتیرونین ($T_4$)، با روش الایزا (ELISA)، به‌وسیله کیت‌های شرکت پارس پیوند ساخت ایران اندازه‌گیری شد (Wisdom, 1976). برای اندازه‌گیری غلظت آنتی‌اکسیدان‌های گلوتاتیون‌پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و توتال آنتی‌اکسیدان از کیت‌های نوند سلامت ساخت ایران به‌روش الایزا، استفاده شد. میزان مالون‌دی‌آلدئید (MDA) تولید شده با تست TBARS تعیین شد (Ohkawa et al., 1979).

*واکاوی داده‌ها:* پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. در فراسنجه‌های خونی و آنتی‌اکسیدانی که علاوه بر اثر تیمار، زمان نیز مطرح است از رویه Mixed نرم‌افزار SAS استفاده شد و داده‌ها به‌صورت اندازه‌گیری‌های تکرار شده در واحد زمان تجزیه و تحلیل شدند. همچنین، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام شد.

## نتایج و بحث

نتایج مربوط به اثر تزریق ویتامین B کمپلکس بر متابولیت-های خونی در گوساله‌های پرواری در جدول ۱ گزارش شده است. با توجه به نتایج، در گروه B کمپلکس نسبت به گروه شاهد، غلظت گلوکز بلافاصله پس از انتقال به‌طور معنی-داری افزایش یافت ($P<۰/۰۵$)؛ در مقابل، غلظت کلسترول بلافاصله پس از انتقال و ۲۴ ساعت پس از انتقال به‌طور معنی‌داری در گروه B کمپلکس نسبت به گروه شاهد کاهش یافت ($P<۰/۰۵$). با این‌حال، تزریق ویتامین B کمپلکس در گوساله‌های پرواری تأثیری بر غلظت‌های سایر متابولیت‌های خونی از جمله تری‌گلیسرید، اوره، کراتینین، پروتئین کل، آلبومین، گلوبولین و آلبومین:گلوبولین در زمان‌های مختلف انتقال نداشت ($P>۰/۰۵$). در این مطالعه، اثر زمان بر غلظت‌های گلوکز و کلسترول در هر سه زمان پیش از انتقال، بلافاصله پس از انتقال و ۲۴ ساعت پس از انتقال دام‌ها، معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$). همچنین، اثر متقابل بین تیمار و زمان بر غلظت‌های گلوکز و کلسترول بلافاصله پس از انتقال دام‌ها، معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$).

به‌عنوان کوفاکتورهای آنزیمی یا اجزای متابولیک، تمام ویتامین‌های گروه B نقش مهمی در فرآیندهای متابولیک، از جمله چرخه کربس، گلوکونئوژنز، سوخت و ساز کربوهیدرات، اسیدچرب و پروتئین دارند (McDowell, 2000; Zimmerly & Weiss, 2001; Al-Abbasy, 2013). در این مطالعه، افزایش غلظت گلوکز پلاسما در گوساله‌هایی که ویتامین‌های گروه B به آن‌ها تزریق شده بود را می‌توان به نقش ویتامین‌های گروه B در سازوکارهای احتمالی دخیل در ساخت گلوکز مربوط دانست. تایید شده است که بیوتین، کوفاکتور آنزیم‌های پروپیونیل-کوآ کربوکسیلاز و پیرووات کربوکسیلاز است (McDowell, 2000)، که نقش اساسی در ساخت گلوکز دارد و تولید گلوکز را افزایش می‌دهند (Zimmerly & Weiss, 2001). علاوه بر این، ویتامین نیاسین، نقش کلیدی در افزایش مصرف انرژی و غلظت قند خون دارد (Al-Abbasy, 2013). حفظ غلظت طبیعی گلوکز خون با پیریدوکسین، امکان‌پذیر است. برای حفظ غلظت قند خون طبیعی در هنگام مصرف کم انرژی، پیریدوکسین منجر به تجزیه کربوهیدرات‌های ذخیره شده به گلوکز می‌شود (Herrmann et al., 2007; Albert et al., 2008). علاوه بر این، تیامین، یک کوفاکتور در چرخه کربس است که مسئول سوخت و ساز کربوهیدرات‌ها است که تبدیل قند خون (گلوکز) به انرژی زیستی را ممکن می‌سازد (Vijayalakshmy et al., 2018). بنابراین، در این مطالعه، تزریق B کمپلکس از افت گلوکز خون در اثر تنش حمل و نقل در گوساله‌های پرواری جلوگیری کرد که به‌دنبال آن، تنش گرسنگی و کمبود انرژی در این دام‌ها برطرف می‌شود.

جدول ۱- اثر تزریق ویتامین B کمپلکس بر غلظت متابولیت‌های خونی در گوساله‌های پرواری

Table 1. Effect of vitamin B complex injection on blood metabolites concentration in fattening calves

| Item | Sampling Time | Control | B Complex | SEM | Treat | Time | Treat×Time |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Glucose (mg/dL) | Before Transportation | 81.22 | 78.97 | 4.012 | 0.5119 | 0.0001 | 0.1762 |
| | After Transportation | 82.48[b] | 97.12[a] | 4.097 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 |
| | 24 h After Transportation | 76.84 | 74.12 | 2.968 | 0.7962 | 0.0001 | 0.2301 |
| Cholesterol (mg/dL) | Before Transportation | 48.12 | 46.29 | 2.745 | 0.6650 | 0.0001 | 0.3311 |
| | After Transportation | 54.16[a] | 45.19[b] | 2.002 | 0.0021 | 0.0001 | 0.0001 |
| | 24 h After Transportation | 47.89[a] | 40.00[b] | 1.565 | 0.0048 | 0.0001 | 0.0768 |
| Triglyceride (mg/dL) | Before Transportation | 22.96 | 24.01 | 1.241 | 0.6971 | 0.3571 | 0.5511 |
| | After Transportation | 24.69 | 25.11 | 1.099 | 0.6989 | 0.0859 | 0.4241 |
| | 24 h After Transportation | 26.48 | 27.49 | 1.117 | 0.7479 | 0.7968 | 0.6981 |
| Urea (mg/dL) | Before Transportation | 29.21 | 30.13 | 0.474 | 0.8112 | 0.2175 | 0.1579 |
| | After Transportation | 32.14 | 33.09 | 0.698 | 0.7948 | 0.4259 | 0.2217 |
| | 24 h After Transportation | 30.89 | 31.22 | 0.748 | 0.6968 | 0.1198 | 0.0886 |
| Creatinine (U/l) | Before Transportation | 55.89 | 58.12 | 2.478 | 0.4784 | 0.0557 | 0.6162 |
| | After Transportation | 62.48 | 66.28 | 2.974 | 0.5411 | 0.1123 | 0.0957 |
| | 24 h After Transportation | 54.02 | 55.14 | 2.144 | 0.7801 | 0.1285 | 0.1122 |
| Total protein (g/dL) | Before Transportation | 7.71 | 7.68 | 0.041 | 0.7471 | 0.2175 | 0.4401 |
| | After Transportation | 7.56 | 7.62 | 0.055 | 0.6941 | 0.1961 | 0.3835 |
| | 24 h After Transportation | 7.59 | 7.64 | 0.062 | 0.7479 | 0.1552 | 0.1196 |
| Albumin (g/dL) | Before Transportation | 3.29 | 3. 32 | 0.018 | 0.8117 | 0.0756 | 0.0865 |
| | After Transportation | 2.84 | 3.07 | 0.022 | 0.0628 | 0.6123 | 0.1295 |
| | 24 h After Transportation | 3.33 | 3.44 | 0.012 | 0.0796 | 0.1122 | 0.1178 |
| Globulin (g/dL) | Before Transportation | 4.42 | 4.36 | 0.047 | 0.7226 | 0.4471 | 0.0779 |
| | After Transportation | 4.72 | 4.55 | 0.059 | 0.1468 | 0.3131 | 0.1967 |
| | 24 h After Transportation | 4.26 | 4.20 | 0.069 | 0.8102 | 0.2989 | 0.2002 |
| Albumin: Globulin | Before Transportation | 0.744 | 0.761 | 0.009 | 0.1210 | 0.1157 | 0.1025 |
| | After Transportation | 0.601 | 0.674 | 0.012 | 0.0987 | 0.2177 | 0.1987 |
| | 24 h After Transportation | 0.781 | 0.819 | 0.014 | 0.2191 | 0.3301 | 0.2176 |

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

مطابق با این نتایج، غلظت گلوکز پلاسما در پلاسمای خون بزهایی که مکمل بیوتین دریافت کردند، به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (Habeeb & Gad, 2019). علاوه براین، غلظت گلوکز در گاوهای هلشتاینی که نیاسین دریافت کرده بودند در مقایسه با گروه شاهد بیش‌تر بود (Karkoodi & Tamizrad, 2009). در این مطالعه و در پی افزایش غلظت گلوکز خون، غلظت انسولین خون نیز افزایش یافت. تایید شده است که وقتی غلظت گلوکز خون بالا می‌رود (پس از تزریق ویتامین B کمپلکس)، سلول‌های بتا در پانکراس این افزایش را تشخیص می‌دهند. انسولین با اتصال به گیرنده‌های خود روی سطح سلول‌ها باعث فعال شدن فرآیندهایی می‌شود که گلوکز را از خون به داخل سلول‌ها منتقل می‌کنند. این فرآیند باعث کاهش غلظت گلوکز خون و بازگشت آن به حالت طبیعی می‌شود (Dash et al., 2015).

ویتامین‌های گروه B در سوخت و ساز چربی نیز نقش دارند. اما اطلاعات اندکی در مورد سازوکارهای دقیق آن‌ها در سوخت و ساز چربی نشخوارکنندگان وجود دارد. بر اساس مطالعات اخیر، تیمار با نیاسین به‌مدت شش هفته منجر به کاهش غلظت کلسترول تام و LDL و همچنین، افزایش HDL در پلاسمای خون خرگوش‌ها شد (Yang et al., 2008). مطابق با نتایج حاضر، در پژوهش دیگر، تزریق B کمپلکس مادری باعث افزایش گلوکز و کاهش کلسترول در بزها و بزغاله‌های آن‌ها در دوره انتقال شد (Asadi et al., 2025).

نتایج مربوط به اثر تزریق ویتامین B کمپلکس بر غلظت هورمون‌های خونی و آنزیم‌های کبدی در گوساله‌های پرواری در جدول ۲ گزارش شده است. از این‌رو، غلظت‌های انسولین بلافاصله پس از انتقال و غلظت تیروکسین بلافاصله پس از انتقال و ۲۴ ساعت پس از انتقال به‌طور معنی‌داری در گروه B کمپلکس در مقایسه با گروه شاهد، افزایش یافت ($P$<۰/۰۵). در مقابل، غلظت کورتیزول بلافاصله پس از انتقال و ۲۴ ساعت پس از انتقال در گروه B کمپلکس در مقایسه با گروه شاهد، کاهش معنی‌داری نشان داد

($P<۰/۰۵$). با این حال، غلظت‌های آلکالین فسفاتاز، آسپارتات ترانس‌آمیناز، آلانین ترانس‌آمیناز، آسپارتات ترانس‌آمیناز، $T_3$ و $T_3$:$T_4$ در هیچ زمانی از انتقال تحت تاثیر تزریق ویتامین B کمپلکس قرار نگرفت ($P<۰/۰۵$). در این مطالعه، اثر زمان بر غلظت‌های انسولین، کورتیزول و آلکالین فسفاتاز در هر سه زمان پیش از انتقال، بلافاصله پس از انتقال و ۲۴ ساعت پس از انتقال دام‌ها معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$). همچنین، اثر متقابل تیمار و زمان بر غلظت کورتیزول بلافاصله پس از انتقال و ۲۴ ساعت پس از انتقال دام‌ها معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$).

در پژوهش حاضر، همانند مطالعه محققین دیگر (Mohammadi Barimanloo et al., 2022)، غلظت کورتیزول پلاسما در گوساله‌های پرواری با تزریق ویتامین‌های گروه B به‌طور معنی‌داری در مقایسه با گروه شاهد کاهش یافت که سازوکار دقیق این اثر هنوز مشخص نیست. افزایش غلظت پلاسمایی کورتیزول در نشخوارکنندگان در اثر تنش حین حمل و نقل قبلاً مشخص شده است. در نتیجه، کاهش غلظت کورتیزول در گروه دریافت‌کننده ویتامین‌های گروه B نشان‌دهنده اثربخشی مناسب این ترکیب در کاهش تنش در گوساله‌های پرواری بود. مشابه مطالعه حاضر، تزریق ویتامین B کمپلکس به مادر، غلظت کورتیزول پلاسما را در بزها و بزغاله‌های آن‌ها کاهش داد (Asadi et al., 2024a,b). در این مطالعه، کاهش غلظت کورتیزول در خون گوساله‌های دریافت‌کننده ویتامین B کمپلکس نشان‌دهنده کاهش تنش در اثر حمل و نقل است.

هورمون‌های تیروییدی سبب افزایش سرعت سوخت و ساز و افزایش دمای بدن، افزایش سنتز پروتئین، افزایش حساسیت و پاسخ بدن به کاتکول آمین‌ها مانند آدرنالین شده و برای رشد سلول‌ها و اعضای بدن لازم و ضروری هستند. رویارویی با شرایط تنش‌زا باعث ایجاد اختلالاتی در غلظت سرمی هورمون‌های تیروییدی می‌شود که با مشکلاتی از جمله از پرکاری و کم‌کاری تیروییدهمراه است. تایید شده است که تنش منجر به کاهش سطح سرمی هورمون‌های تیروییدی می‌شود. از این رو در این مطالعه، می‌توان نتیجه گرفت که گروه ویتامین‌های B با ورود به سیستم آنزیمی، توانایی اپیتلیوم وزیکولی غده تیروئید را در استفاده از هورمون محرک تیروییدهمراه (TSH) افزایش می‌دهد (Elghamry & Badawi, 1965). افزایش غلظت $T_4$ در گوساله‌های پرواری که ویتامین B کمپلکس دریافت کرده‌اند، ممکن است به این دلیل باشد که ویتامین B کمپلکس سبب تحریک تولید TSH می‌شود، که به غده تیروییدهمراه در تولید هورمون‌های تیروییدهمراه کمک می‌کند (Habeeb & Gad, 2019). مشابه نتایج فعلی، غلظت بیش‌تری از هورمون‌های تیروییدهمراه در پلاسمای بزهایی که مکمل‌های بیوتین دریافت کردند، مشاهده شد (Habeeb & Gad, 2019). همچنین، افزایش معنی‌داری را در غلظت هورمون‌های تیروییدی در پلاسمای خون بزها و بزغاله‌های تازه متولدشده آن‌ها که ویتامین B کمپلکس در دوره انتقال دریافت کرده بودند، مشاهده شد (Asadi et al., 2024a,b). نتایج مربوط به اثر تزریق ویتامین B کمپلکس بر وضعیت آنتی‌اکسیدانی گوساله‌های پرواری در جدول ۳ گزارش شده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده در مطالعه حاضر، غلظت‌های سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز، افزایش معنی‌دار و غلظت مالون‌دی‌آلدهید، کاهش معنی‌داری در زمان‌های بلافاصله پس از انتقال و ۲۴ ساعت پس از انتقال در گروه B کمپلکس نسبت به گروه شاهد نشان داد ($P<۰/۰۵$). با این‌حال، غلظت‌های سایر آنتی‌اکسیدان‌ها از جمله گلوتاتیون‌پراکسیداز و آنتی‌اکسیدان کل تحت تأثیر تیمار آزمایشی قرار نگرفت ($P>۰/۰۵$). در این مطالعه، اثر زمان بر غلظت‌های غلظت‌های سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، مالون‌دی‌آلدهید و آنتی‌اکسیدان کل در هر سه زمان پیش از انتقال، بلافاصله پس از انتقال و ۲۴ ساعت پس از انتقال دام‌ها معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$). همچنین، اثر متقابل تیمار و زمان بر غلظت‌های سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و مالون‌دی‌آلدهید پیش از انتقال، بلافاصله پس از انتقال و ۲۴ ساعت پس از انتقال دام‌ها، معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$).

ثابت شده است که ویتامین‌های گروه B در بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدانی در حیوانات مؤثر هستند. با توجه به مطالعات گذشته، نشان داده شده است که پیریدوکسین به‌عنوان یک عامل محافظ در برابر گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) عمل می‌کند (Dalto & Matte, 2017). همچنین، کمبود تیامین ممکن است فعالیت ترانس‌کتولاز، یک آنتی‌اکسیدان ضروری و حذف‌کننده رادیکال‌های آزاد که فعالیت GSH را حفظ می‌کند، را مختل کند. علاوه بر این، تیامین فعالیت گلوتاتیون‌ردوکتاز (GR) را افزایش می‌دهد و غلظت پراکسیداسیون لیپید را متعادل می‌کند (Ma et al., 2021).

جدول ۲- اثر تزریق ویتامین B کمپلکس بر غلظت هورمون‌های خونی در گوساله‌های پرواری

Table 2. Effect of vitamin B complex injection on blood hormones concentration in fattening calves

| Item | Sampling Time | Control | B Complex | SEM | Treat | Time | Treat×Time |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Insulin (ng/mL) | Before Transportation | 0.42 | 0.41 | 0.091 | 0.8410 | 0.0001 | 0.6128 |
| | After Transportation | 0.49[b] | 0.58[a] | 0.078 | 0.0331 | 0.0001 | 0.0379 |
| | 24 h After Transportation | 0.54 | 0.52 | 0.055 | 0.6787 | 0.0001 | 0.4497 |
| Cortisol (µg/dL) | Before Transportation | 4.19 | 4.22 | 0.114 | 0.7601 | 0.0001 | 0.5756 |
| | After Transportation | 5.62[a] | 4.28[b] | 0.219 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 |
| | 24 h After Transportation | 5.11[a] | 4.69[b] | 0.288 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 |
| Triiodothyronine ($T_3$) (ng/dL) | Before Transportation | 1.36 | 1.33 | 0.031 | 0.8211 | 0.1701 | 0.0857 |
| | After Transportation | 1.42 | 1.39 | 0.029 | 0.7171 | 0.0952 | 0.1238 |
| | 24 h After Transportation | 1.31 | 1.33 | 0.040 | 0.8999 | 0.1247 | 0.1997 |
| Thyroxine ($T_4$) (µg/dL) | Before Transportation | 8.69 | 8.71 | 0.749 | 0.8484 | 0.5571 | 0.02213 |
| | After Transportation | 5.27[b] | 5.99[a] | 0.119 | 0.0001 | 0.6867 | 0.4247 |
| | 24 h After Transportation | 6.47[b] | 7.01[a] | 0.556 | 0.0001 | 0.4241 | 0.3176 |
| T3: T4 | Before Transportation | 0.156 | 0.152 | 0.0048 | 0.8102 | 0.1757 | 0.1123 |
| | After Transportation | 0.269 | 0.232 | 0.0104 | 0.1147 | 0.2117 | 0.0875 |
| | 24 h After Transportation | 0.202 | 0.190 | 0.0099 | 0.6768 | 0.3535 | 0.1179 |
| Alkaline phosphatase (U/L) | Before Transportation | 188.74 | 194.12 | 11.470 | 0.6248 | 0.0115 | 0.4417 |
| | After Transportation | 176.84 | 197.99 | 14.987 | 0.1247 | 0.0017 | 0.3397 |
| | 24 h After Transportation | 169.45 | 172.29 | 18.690 | 0.7495 | 0.0001 | 0.6867 |
| Aspartate transaminase (U/L) | Before Transportation | 133.12 | 129.11 | 2.988 | 0.5155 | 0.0897 | 0.5515 |
| | After Transportation | 168.14 | 140.29 | 5.121 | 0.0911 | 0.2121 | 0.4434 |
| | 24 h After Transportation | 129.84 | 124.77 | 3.193 | 0.6988 | 0.3007 | 0.3789 |
| Alanine aminotransferase (U/L) | Before Transportation | 10.78 | 11.02 | 0.698 | 0.7149 | 0.2121 | 0.2176 |
| | After Transportation | 12.98 | 13.19 | 0.744 | 0.8001 | 0.1117 | 0.199 |
| | 24 h After Transportation | 9.78 | 9.49 | 0.411 | 0.7988 | 0.0888 | 0.5150 |

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

جدول ۳- اثر تزریق ویتامین B کمپلکس بر وضعیت آنتی‌اکسیدانی در گوساله‌های پرواری

Table 3. Effect of vitamin B complex injection on antioxidant status in fattening calves

| Item | Sampling Time | Control | B Complex | SEM | Treat | Time | Treat×Time |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Glutathione peroxidase (U/mg) | Before Transportation | 6.28 | 6.40 | 0.614 | 0.7484 | 0.0701 | 0.2121 |
| | After Transportation | 6.49 | 6.56 | 0.516 | 0.6947 | 0.5011 | 0.1717 |
| | 24 h After Transportation | 7.12 | 7.01 | 0.414 | 0.5669 | 0.6522 | 0.2359 |
| Superoxide dismutase (U/mg) | Before Transportation | 29.87 | 30.11 | 1.248 | 0.7181 | 0.0001 | 0.0001 |
| | After Transportation | 26.12[b] | 33.29[a] | 1.559 | 0.0017 | 0.0001 | 0.0001 |
| | 24 h After Transportation | 25.78[b] | 28.01[a] | 1.019 | 0.0149 | 0.0001 | 0.0001 |
| Catalase (U/mg) | Before Transportation | 0.42 | 0.46 | 0.098 | 0.1124 | 0.0011 | 0.0021 |
| | After Transportation | 0.44[b] | 0.52[a] | 0.044 | 0.0011 | 0.0001 | 0.0001 |
| | 24 h After Transportation | 0.47[b] | 0.56[a] | 0.076 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0057 |
| Malondialdehyde (nmol/mL) | Before Transportation | 1.24 | 1.19 | 0.049 | 0.7908 | 0.0001 | 0.0001 |
| | After Transportation | 1.62[a] | 1.38[b] | 0.066 | 0.0074 | 0.0001 | 0.0001 |
| | 24 h After Transportation | 1.10[a] | 0.97[b] | 0.037 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 |
| Total antioxidant status (mmol/L) | Before Transportation | 0.81 | 0.86 | 0.021 | 0.7169 | 0.0031 | 0.2317 |
| | After Transportation | 0.69 | 0.77 | 0.019 | 0.0665 | 0.0001 | 0.5156 |
| | 24 h After Transportation | 0.68 | 0.72 | 0.028 | 0.4697 | 0.0049 | 0.4245 |

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

پیشنهاد شده است که وضعیت ریبوفلاوین ممکن است بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند GPx، SOD و CAT تأثیر بگذارد (Ashoori & Saedisomeolia, 2014). شکل کوآنزیم FAD ریبوفلاوین برای فعالیت GR ضروری است (Gallagher, 2008). گلوتاتیون‌ردوکتاز، گلوتاتیون اکسید-شده را به فرم احیاشده تبدیل می‌کند (Naghizadeh & Mansouri, 2015). FAD، هیدروژن را از NADPH به گلوتاتیون اکسیدشده منتقل می‌کند تا آن را به‌شکل احیا

شده‌اش تبدیل کند. گلوتاتیون احیاشده، یک آنتی‌اکسیدان درون‌زا است که تولید ROS را در انواع مختلف سلول‌ها مهار می‌کند. این پپتید با اکسید شدن طی عملکرد خود غیرفعال می‌شود. برای بازیابی خواص آنتی‌اکسیدانی خود، گلوتاتیون اکسیدشده باید دوباره به‌وسیله GR احیا شود، که در آن، ریبوفلاوین نقش مهمی ایفا می‌کند (Alam et al., 2015). بنابراین، بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدانی در گوساله‌ها ممکن است به‌دلیل نقش ویتامین‌های گروه B در سازوکارهای احتمالی دخیل در ساخت آنتی‌اکسیدان‌های پلاسما باشد. در مطالعه حاضر، افزایش غلظت آنتی-اکسیدان‌ها منجر به پاسخ‌گویی بهتر دام‌های دریافت‌کننده ویتامین B کمپلکس به تنش شد. همانند نتایج حاضر، غلظت‌های بالاتر GSH، GPx و SOD در بزهای تحت تیمار با تیامین نشان داده شده است (Ma et al., 2021). مکمل بیوتین، غلظت‌های GSH-Px و CAT را در گاوها به‌طور معنی‌داری افزایش داد (Al-Qudah & Ismail, 2012)، که با نتایج حاضر مطابقت داشت.

## نتیجه‌گیری کلی

در این مطالعه، تزریق ویتامین B کمپلکس به گوساله‌های پرواری در شرایط تنش انتقال، به‌دلیل افزایش غلظت گلوکز پلاسمای خون و بهبود وضعیت انرژی در بدن آن‌ها منجر به کاهش تنش گرسنگی در حین انتقال گوساله‌ها شد. همچنین، تزریق ویتامین B کمپلکس منجر به بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدانی در گوساله‌های پرواری در شرایط تنش حمل و نقل و به‌دنبال آن، کاهش غلظت کورتیزول خون و آثار نامطلوب تنش در دام‌ها شد. بنابراین، تزریق ویتامین گروه B به دام‌ها در این شرایط می‌تواند یک روش کاربردی برای کاهش تنش در آن‌ها باشد.

## فهرست منابع


Al-Abbasy, E. G. (2013). Effect of adding two levels of niacin in milk production and controlling indicators of ketosis in Friesian cows postpartum. *British Journal of Dairy Sciences*, *3*(1), 1-4.

Alam, M. M., Iqbal, S., & Naseem, I. (2015). Ameliorative effect of riboflavin on hyperglycemia, oxidative stress and DNA damage in type-2 diabetic mice: Mechanistic and therapeutic strategies. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, *584*, 10-19. doi: 10.1016/j.abb.2015.08.013

Albert, C. M., Cook, N. R., Gaziano, J. M., Zaharris, E., MacFadyen, J., Danielson, E., & Manson, J. E. (2008). Effect of folic acid and B vitamins on risk of cardiovascular events and total mortality among women at high risk for cardiovascular disease: a randomized trial. *Jama*, *299*(17), 2027-2036. doi: 10.1001/jama.299.17.2027

Al-Qudah, K. M., & Ismail, Z. B. (2012). The relationship between serum biotin and oxidant/antioxidant activities in bovine lameness. *Research in Veterinary Science*, *92*(1), 138-141. doi: 10.1016/j.rvsc.2010.10.017

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

Asadi, M., 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*(2024), 167-860. doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.167860

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*(5), 1561. doi: 10.1002/vms3.1561

Asadi, M., Hatami, M., & Fard, H. M. (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. doi: 10.71798/ijas.2025.1202963

Ashoori, M., & Saedisomeolia, A. (2014). Riboflavin (vitamin B2) and oxidative stress: a review. *British Journal of Nutrition*, *111*(11), 1985-1991. doi: 10.1017/S0007114514000178

Dalto, D. B., & Matte, J. J. (2017). Pyridoxine (vitamin B6) and the glutathione peroxidase system; a link between one-carbon metabolism and antioxidation. *Nutrients*, *9*(3), 189. doi: 10.3390/nu9030189

Dash, S., Xiao, C., Morgantini, C., Koulajian, K., & Lewis, G. F. (2015). Is insulin action in the brain relevant in regulating blood glucose in humans. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, *100*(7), 2525-2531. doi: 10.1210/jc.2015-1371

Elghamry, M. I., & Badawi, H. M. (1965). Levels of thyroid and thyrotrophic hormones in blood of rats after deficiency of vitamins B1, B12, folic acid and B complex as a whole. *Zentralblatt Für Veterinärmedizin Reihe A*, *12*(2), 189-192. doi: 10.1111/j.1439-0442.1965.tb00035.x

Fisher, A. D., Stevens, B. H., Conley, M. J., Jongman, E. C., Lauber, M. C., Hides, S. J., & Mansell, P. D. (2014). The effects of direct and indirect road transport consignment in combination with feed withdrawal in young dairy calves. *Journal of Dairy Research*, *81*(3), 297-303. doi: 10.1017/S0022029914000193

Gallagher, M. L. (2008). The nutrients and their metabolism. *Krause's food and nutrition therapy*, *2008*, 74-78.

Habeeb, A. A., & Gad, A. E. (2019). Effect of biotin supplementation to the diet of pregnant goats on productive and reproductive traits and performance of their kids during suckling period. *Journal of Animal Sciences and Livestock Production*, *3*(1), 1-7.

Herrmann, M., Peter Schmidt, J., Umanskaya, N., Wagner, A., Taban-Shomal, O., Widmann, T., & Herrmann, W. (2007). The role of hyperhomocysteinemia as well as folate, vitamin B6 and B12 deficiencies in osteoporosis–a systematic review. *Homocysteine and Osteoporosis*, *45*(12), 1621-1632. doi: 10.1515/CCLM.2007.362

Jongman, E. C., Conley, M. J., Borg, S., Butler, K. L., & Fisher, A. D. (2020). The effect of milk quantity and feeding frequency on calf growth and behaviour. *Animal Production Science*, *60*(7), 944-952. doi: 10.1071/AN19049

Kaneko, J. J., Harvey, J. W., & Bruss, M. L. (Eds.). (2008). *Clinical biochemistry of domestic animals*. Academic press. P. 928.

Karkoodi, K., & Tamizrad, K. (2009). Effect of niacin supplementation on performance and blood parameters of Holstein cows. *South African Journal of Animal Science*, *39*(4), 349-354.

Ma, Y., Zhang, Y., Elmhadi, M., Zhang, H., & Wang, H. (2021). Thiamine alleviates high-concentrate-diet-induced oxidative stress, apoptosis, and protects the rumen epithelial barrier function in goats. *Frontiers in Veterinary Science*, *8*, 1-8. doi: 10.3389/fvets.2021.663698

Mahdavifar, B., Hosseinzadeh, M., Salehi-Abargouei, A., Mirzaei, M., & Vafa, M. (2021). Dietary intake of B vitamins and their association with depression, anxiety, and stress symptoms: A cross-sectional, population-based survey. *Journal of Affective Disorders*, *288*, 92-98. doi: 10.1016/j.jad.2021.03.055

McDowell, L. R. (2000). Vitamins in animal and human nutrition. John Wiley & Sons. P. 812.

Mohammadi Barimanloo, A., Chalmeh, A., Pourjafar, M., & Mirzaei, A. (2022). Effects of intravenous butaphosphan and cyanocobalamin to late pregnant ewes on the metabolic indices around parturition and weight gain of their lambs after birth. *Veterinary Medicine and Science*, *8*(2), 781-791. doi: 10.1002/vms3.687

Naghizadeh, B., & Mansouri, M. T. (2015). Protective effects of gallic acid against streptozotocin-induced oxidative damage in rat striatum. *Drug Research*, *65*(10), 515-520. doi: 10.1055/s-0034-1377012

Ohkawa, H., Ohishi, N., & Yagi, K. (1979). Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. *Analytical Biochemistry*, *95*(2), 351-358.

Roadknight, N., Mansell, P., Jongman, E., Courtman, N., & Fisher, A. (2021). Invited review: The welfare of young calves transported by road. *Journal of Dairy Science*, *104*(6), 6343-6357. doi: 10.3168/jds.2020-19346

Vijayalakshmy, K., Virmani, M., Malik, R., Rajalakshmi, K., & Kasthuri, S. (2018). The role of B Vitamins in livestock nutrition. *Journal of Veterinary Medical Research*, *5*(10), 1162.

Wisdom, G. B. (1976). Enzyme-immunoassay. *Clinical Chemistry*, *22*(8), 1243-1255. doi: 10.1093/clinchem/22.8.1243

Yang, J., Zhao, S. P., Li, J., & Dong, S. Z. (2008). Effect of niacin on adipocyte leptin in hypercholesterolemic rabbits. *Cardiovascular Pathology*, *17*(4), 219-225. doi: 10.1016/j.carpath.2007.09.005

Zimmerly, C. A., & Weiss, W. P. (2001). Effects of supplemental dietary biotin on performance of Holstein cows during early lactation. *Journal of Dairy Science*, *84*(2), 498-506.