Animal Production Research

Vol. 13, No. 2, 2023 (73-85)
doi: 10.22124/ar.2024.26053.1801
eISSN: 2538-6107 pISSN: 2252-0872

University of Guilan

RESEARCH PAPER **OPEN ACCESS**

Effect of trace mineral injection in late pregnancy on colostrum quality and plasma parameters of Lori does and their kids

K. Karami[1], M. Shamsollahi[2]*, F. Fatahnia[3], Y. Mohamadi[3], J. Jamali[2]

1. Former MSc Student, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran
2. Assistant Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran
3. Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran

(Received: 18-11-2023 – Revised: 15-04-2024 – Accepted: 16-04-2024)

Introduction: Suboptimal levels of kid survival are the largest contributor to reproductive wastage in goat flocks. This results in substantial loss of production, producer, and industry income, and is increasingly being perceived as poor animal welfare. Improving kid survival is therefore a priority for the industry. Nutrient provision during gestation not only affects maternal status and reproductive performance but also affects prenatal and postnatal offspring growth and health. Although trace minerals (TM) are needed by the body in small amounts, they are essential nutrients for several metabolic functions such as growth, development, reproduction, and immunity. Furthermore, newborn animals are dependent upon their dams for the transfer of these nutrients *via* the placenta and the mammary gland. The antibodies obtained from colostrum are the only defense mechanism against environmental factors in neonatal ruminants. Inadequate nutrition of the dam, immune system suppression, and stress factors may lead to the production of low-quality colostrum. Management and feeding of high-quality colostrum can reduce kid mortality, strengthen immunity, and increase animal life span. Nutrition affects the development of the mammary gland, the onset of lactogenesis, and colostrum production, either by affecting some of the hormones that control these processes or by contributing nutrients that are in demand at this stage of pregnancy. Selenium plays an important role in preventing impaired function of the immune response. Copper deficiency has been shown to result in lowered bactericidal activities of blood leukocytes in ruminant animals. Zinc sufficiency has also been linked to proper immune functions. Therefore, this study aimed to investigate the effect of TM injection in late pregnancy on colostrum quality and plasma metabolites of Lori does and their kids.
Materials and methods: Thirty Lori mature does with an average body weight of 40 kg and an age of 2-3 years were used. One month before the expected kidding, animals were divided into two groups (n=15 does/group) and randomly assigned to experimental treatments. Experimental treatments were no injection of trace minerals (Control; C) and injection of 1 mL of TM at four and two weeks before expected kidding. Blood samples were taken through the jugular vein. Each mL of TM solution contained 2.5 mg of Cu, 1.25 mg of Se, 5 mg of Mn, and 5 mg of Zn. All does were kept in similar nutritional and managerial conditions from mating to one month before kidding.
Results and discussion: Results showed that plasma concentrations of glucose and total cholesterol (TC) tended to be higher and lower in the TM group at day 7 before kidding, respectively (P=0.06). Experimental treatments did not affect plasma triglyceride (TG), Ca, and Mg concentrations, and glutathione peroxidase (GPX) activity of does at day 7 before kidding (P>0.05). Whereas, TM injection before mating decreased plasma malondialdehyde (MDA) and increased total protein (TP), BRIX index (BI), superoxide dismutase (SOD), and total antioxidant activity at day 7 before kidding (P<0.05). Colostrum of does received TM had a higher fat, protein, and BI content and a lower lactose content than the colostrum of the C group (P<0.05). Plasma concentrations of glucose and MDA were lower in kids born from does received TM than those born from the C group (P<0.05). Experimental

* Corresponding author: m.shamsolahi@ilam.ac.ir

CC BY

treatments did not affect plasma concentrations of TC, Ca, and Mg concentrations in kids (P>0.05). Kids born from does received TM had higher plasma concentrations of TG, TP, BI and SOD, GPX, and total antioxidant activity than those of the C group (P<0.05).
Conclusions: According to the results of the present experiment, injection of a TM solution containing Cu, Zn, Se, and Mn four and two weeks before birth increased the concentrations of TP and BI as well as the activity of antioxidant enzymes (SOD, GPX) and antioxidant capacity and reduced MDA concentration in Lori goat plasma. This improved the quality of colostrum produced by these does. Kids born from does receiving trace minerals had higher plasma concentrations of TP, BI, and activity of antioxidant enzymes (SOD, GPX), higher total antioxidant capacity, and lower concentrations of MDA compared to the C group. Therefore, this strategy may have beneficial effects on the health, viability, and performance of kids before weaning.
Keywords: Colostrum, Kid, Lori doe, Trace mineral, Plasma parameter
Conflicts of interest: The authors declare no conflicts of interest.
Funding: The authors received no specific funding for conducting this work.
Acknowledgment: The authors acknowledge and thank all the people who helped in the preparation of the dissertation, especially Mr. Amin Shiravand, the owner of Kamal Animal Husbandry Unit.

How to cite this article:

Karami, K., Shamsollahi, M., Fatahnia, F., Mohamadi, 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. doi: 10.22124/ar.2024.26053.1801

تحقیقات تولیدات دامی

سال سیزدهم/شماره دوم/تابستان ۱۴۰۳ (۸۵-۷۳)

مقاله پژوهشی

اثر تزریق مواد معدنی کم نیاز در اواخر آبستنی بر کیفیت آغوز و فراسنجه‌های پلاسمای بزهای لری و بزغاله‌های آن‌ها

کورس کرمی[۱]، محمد شمس الهی[۲*]، فرشید فتاح نیا[۳]، یحیی محمدی[۳]، جبار جمالی[۲]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام

۲- استادیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام

۳- دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۲۷ – تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۱/۲۷ – تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۲۸)

چکیده

در این آزمایش، اثر تزریق مواد معدنی کم نیاز در اواخر آبستنی بر کیفیت آغوز و ایمنی بزهای لری و بزغاله‌های آنها بررسی شد. برای این منظور از ۳۰ رأس بز لری بالغ با میانگین وزن ۴۰ کیلوگرم استفاده شد. دام‌ها یک ماه قبل از زمان مورد انتظار زایش بر اساس سن و وزن بدن به دو گروه ۱۵ رأسی تقریباً یکسان تقسیم و به‌طور تصادفی به تیمارهای آزمایشی اختصاص داده شدند. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱- بزهای تیمار شاهد (بدون تزریق مواد معدنی کم نیاز) و ۲- بزهای دریافت‌کننده محلول حاوی مواد معدنی کم نیاز (مس، منگنز، روی و سلنیوم) بودند. محلول مواد معدنی کم نیاز (یک میلی‌لیتر) در چهار و دو هفته قبل از زمان مورد انتظار زایش به‌صورت زیرجلدی تزریق شد. نمونه‌های خون بزها در شروع آزمایش و هفت روز قبل از زایش و در بزغاله‌ها، هفت روز پس از تولد جمع‌آوری شد. نتایج نشان داد که تزریق محلول مواد معدنی کم نیاز باعث کاهش غلظت مالون‌دی‌آلدئید و افزایش غلظت پروتئین‌کل، شاخص بریکس، فعالیت سوپراکسید دسموتاز و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل پلاسما شد ($P<۰/۰۵$). آغوز بزهای دریافت‌کننده محلول حاوی مواد معدنی کم نیاز دارای درصد پروتئین، چربی و شاخص بریکس بیشتر و لاکتوز کمتری در مقایسه با آغوز بزهای گروه شاهد بود ($P<۰/۰۵$). به‌طور کلی، تزریق مواد معدنی کم نیاز در اواخر آبستنی سبب بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدانی بزهای لری و بزغاله‌های آن‌ها و کیفیت آغوز شد که می‌تواند بر سلامت و عملکرد بزغاله‌ها اثر مثبت داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: آغوز، بزغاله، بز لری، مواد معدنی کم نیاز، فراسنجه پلاسما

* نویسندهٔ مسئول: m.shamsolahi@ilam.ac.ir

doi: 10.22124/ar.2024.26053.1801

مقدمه

بزها، نشخوارکنندگان کوچک و مقاومی هستند که پتانسیل تولید گوشت، شیر و پوست را دارند (Ribeiro and Ribeiro, 2010). یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در افزایش عملکرد و سودآوری گله، زنده‌ماندن نتاج از زمان تولد تا هنگام از شیرگیری است و هرگونه مرگ و میر یا حذف زود هنگام دام در این دوره بر میزان درآمد دامدار، اثر منفی دارد. میزان مرگ و میر نوزاد نشخوارکنندگان تحت تأثیر عواملی همچون شرایط آب و هوایی، تغذیه‌ای، مدیریتی، نوع سیستم پرورش، ناهنجاری‌های ژنتیکی، بیماری‌ها و عوامل عفونی قرار می‌گیرد (Madal *et al*., 2004). دوره فعال جنسی بزها در طول فصل تابستان تا پاییز است و بیشتر رشد بزغاله در شکم مادر در چهار تا شش هفته آخر بارداری رخ می‌دهد. در این دوره، احتیاجات مادر به مواد مغذی به‌دلیل رشد جنین و ترشح آغوز در غدد پستان به‌طور فزاینده‌ای زیاد می‌شود، بنابراین مدیریت تغذیه در این دوره با هدف تولید آغوز با کمیت و کیفیت و تولد نتاج با وزن تولد مناسب انجام می‌گیرد (Fthenakis *et al*., 2012). آغوز، ترشح غدد پستانی است که قبل از زایمان ساخته شده و در پستان ذخیره می‌شود (Kehoe *et al*., 2007). آغوز حاوی آنتی‌بادی‌های مهمی است که ساز و کار دفاعی نوزاد نشخوارکنندگان تازه متولد شده را تا زمان شروع فعالیت سیستم ایمنی خودی فراهم می‌کند (Yilmaz and Kasikci, 2013). در خصوص ترکیبات آغوز، بیشترین تمرکز بر پروتئین‌ها و به‌خصوص ایمونوگلوبولین‌ها به‌عنوان منبع اصلی ایمنی غیرفعال است (Wasowska and Puppel, 2018). امکان انتقال ایمونوگلوبولین‌ها به‌دلیل نوع جفت از خون مادر به جنین در زمان آبستنی وجود ندارد و نشخوارکنندگان تازه متولد شده برای زنده ماندن به مصرف مقدار کافی آغوز در ۴۸ ساعت اول پس از تولد وابسته هستند (Stelwagen *et al*., 2009). بنابراین، هرگونه کاهش تولید ایمونوگلبولین‌ها به‌وسیله مادر می‌تواند کیفیت آغوز و زنده‌مانی نتاج را کاهش دهد (Hernández-Castellano *et al*., 2014). دام‌هایی که در اواخر آبستنی به‌خوبی تغذیه می‌شوند تمایل به تولید آغوز بیشتر و با کیفیت‌تری دارند، در حالی‌که تغذیه نامناسب در اواخر آبستنی می‌تواند منجر به کاهش تولید آغوز در ۱۸ ساعت اول پس از زایش شود (Hashemi *et al*., 2008). غلظت برخی از مواد معدنی کم نیاز در طول دوره انتقال به‌ویژه در حوالی زایمان تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Meglia *et al*., 2001). این مواد معدنی به ضروری (Fe, Cu, Co, Se, I, Mn, Zn, B) و غیر ضروری (عناصر سمّی مانند Pb و Cd) تقسیم می‌شوند. مواد معدنی کم نیاز ضروری به‌عنوان کوفاکتور متالوآنزیم‌های مختلف عمل می‌کنند که نقش‌های کلیدی در سوخت و ساز و سیستم ایمنی دارند و آن‌ها را برای حیوانات، حیاتی می‌کند (Yang *et al*., 2011). عناصر کمیاب برای فعالیت‌های متعدد آنزیم‌ها و پروتئین‌های وابسته به کوفاکتور، ضروری هستند و کمبود آن‌ها به‌خصوص کمبود مس و آهن باعث ایجاد اختلالات تولیدمثلی از جمله ناباروری، کاهش باروری، کاهش رشد جفت، تولد زودهنگام و وزن کم جنین هنگام تولد می‌شود (Zhou *et al*., 2017). سوپراکسید دیسموتاز (SOD) آنزیمی است که در سیستم آنتی‌اکسیدانی نقش دارند و وابسته به منگنز، مس و روی هستند (Andrieu, 2008). سلنیوم نیز به‌دلیل کمک به آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز، نقش مهمی در سیستم آنتی‌اکسیدانی بدن دارد (Suttle, 2010). با توجه به این که تغذیه در دوران آبستنی در نشخوارکنندگان بر وزن جنین و تولید آغوز تأثیر گذاشته و کمیت و کیفیت آن را بهبود می‌بخشد، بنابراین تامین نیازهای مواد مغذی حیوانات در این دوران مستلزم تامین نیازهای آن‌ها است. بنابراین، هدف از انجام این پژوهش، بررسی اثر تزریق محلول حاوی مس، روی، منگنز و سلنیوم در اواخر دوره آبستنی بر غلظت فراسنجه‌ها، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پلاسما و ترکیب شیمیایی آغوز بزهای لری و غلظت فراسنجه‌ها و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پلاسمای بزغاله‌های آنها بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در یک واحد پرورش بز سنتی در شهرستان کوهدشت (استان لرستان) و از اوایل اسفند ۱۴۰۰ تا اواخر فروردین ۱۴۰۰ انجام شد. برای انجام این آزمایش از ۳۰ رأس بز بالغ لری سالم با میانگین وزن بدن ۴۰ کیلوگرم و سن دو تا سه سال استفاده شد. برنامه همزمان‌سازی فحلی با استفاده از سیدر به‌مدت ۱۴ روز و سپس تزریق درون عضلانی ۴۰۰ واحد بین‌المللی گونادوتروپین سرم مادیان آبستن (اویسر، هیپرا، اسپانیا) در زمان برداشت سیدر انجام شد. از همزمان‌سازی فحلی تا یک ماه قبل از زمان مورد

انتظار زایش، بزها در طول روز از مراتع جنگلی منطقه تغذیه می‌کردند. همه بزها یک ماه قبل از زمان مورد انتظار زایش در جایگاه بسته نگهداری و به‌صورت دستی تغذیه شدند. دام‌ها بر اساس سن و وزن بدن به دو گروه ۱۵ رأسی تقریباً یکسان تقسیم شده و به‌طور تصادفی به تیمارهای آزمایشی اختصاص داده شدند. جیره قبل از زایش در دو نوبت صبح و عصر و به‌صورت کاملاً مخلوط شده در اختیار بزها قرار گرفت. مواد خوراکی تشکیل‌دهنده و ترکیبات شیمیایی جیره ماه آخر آبستنی در جدول ۱ نشان داده شده است.

در این مدت، دام‌ها همیشه و به‌طور آزاد به آب دسترسی داشتند. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱- تیمار شاهد (بدون تزریق مواد معدنی کم مصرف و دریافت یک میلی‌لیتر آب مقطر در چهار هفته و دو هفته قبل از زمان مورد انتظار زایش) و ۲- بزهای دریافت‌کننده یک میلی‌لیتر محلول تزریقی حاوی مواد معدنی کم مصرف در چهار هفته و دو هفته قبل از زمان مورد انتظار زایش بودند. هر میلی‌لیتر محلول تزریقی مواد معدنی کم نیاز (اکتیویت، آلک، ترکیه) حاوی ۲/۵ میلی‌گرم مس، ۱/۲۵ میلی‌گرم سلنیوم، ۵ میلی‌گرم منگنز و ۵ میلی‌گرم روی بود. به‌منظور بررسی اثر تیمارهای آزمایشی بر غلظت گلوکز، پروتئین کل، کلسترول کل، تری‌گلیسرید، مالون‌دی‌آلدئید، سوپراکسید دسموتاز، گلوتاتیون پراکسیداز، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل، کلسیم و منیزیم خون بزها و بزغاله‌های آن‌ها، نمونه‌های خون از سیاهرگ وداج بزها در چهار و دو هفته قبل از زمان مورد انتظار زایش و در بزغاله‌ها در هفت روز پس از مصرف آغوز جمع‌آوری و در کنار یخ به آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه‌ها در دمای ۴ درجه سلسیوس برای مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. سپس، پلاسمای نمونه‌ها جدا شده و تا زمان تجزیه در دمای ۲۰- درجه سلسیوس نگهداری شدند. در روز زایش، ابتدا ۱۰ میلی‌لیتر نمونه آغوز از هر کارتیه پستان بزها جمع‌آوری شد و پس از مخلوط شدن، برای تعیین ترکیب شیمیایی شامل چربی، پروتئین و لاکتوز به آزمایشگاه ارسال شد. سپس، بزغاله‌ها با آغوز مادران خود تغذیه شدند. ترکیب شیمیایی جیره اواخر آبستنی شامل پروتئین خام، عصاره اتری، خاکستر، کلسیم و فسفر با روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد (AOAC, 2007). الیاف غیر قابل حل در شوینده خنثی جیره بر اساس روش توصیه شده (Van Soest *et al*., 1991) اندازه‌گیری شد و کربوهیدرات‌های غیر الیافی بر اساس فرمول موسسه تحقیقات ملی (NRC, 2007) محاسبه شد.

جدول ۱- مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره اواخر دوره آبستنی

Table 1. Ingredients and chemical composition of diet at late pregnancy

Item	Amount
Ingredients (% of DM)	
Alfalfa hay	43.75
Wheat straw	12.50
Barley grain	19.00
Corn grain	10.00
Wheat bran	6.50
Soybean meal	4.50
Minerals and vitamins premix[1]	2.00
Calcium carbonate	0.85
Sodium Bicarbonate	0.70
Magnesium oxide	0.20
Chemical composition	
ME (Mcal/kg)	2.24
CP (% of DM)	14.50
NDF (% of DM)	40.50
NFC (% of DM)	34.80
Ash (% of DM)	9.20
EE (% of DM)	2.20
Ca (% of DM)	0.95
P (% of DM)	0.50

[1] Mineral and vitamin premix contained 500,000 international units of vitamin A, 10,000 international units of vitamin D_3, 100 mg of vitamin E, 196 g of calcium, 96 g of phosphorus, 19 g of magnesium, 46 g, 2 g of manganese, 3 songs grams, 3 grams of copper, 3 grams of zinc, 100 mg of cobalt, 100 mg of iodine, 1 mg of selenium, and 400 mg of antioxidants.

غلظت متابولیت‌های پلاسمای بزها و بزغاله‌های آن‌ها شامل گلوکز، کلسترول کل، تری‌گلیسرید و پروتئین کل با استفاده از دستگاه اتوآنالایزر (BT1500, Biotecnica, Italy) و بر اساس دستورالعمل‌های شرکت سازنده اندازه‌گیری شد. غلظت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان شامل سوپراکسید دسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل و مالون‌دی‌آلدئید (MDA-96 Tes, TPR-MDA-96T) پلاسمای بزها و بزغاله‌های آن‌ها با استفاده از دستگاه الایزاریدر (ELx800, Bio Tek Instruments, USA) و کیت‌های تجاری (Nalondi, USA) اندازه‌گیری شد. ضریب تغییرات درون و بین سنجش برای این فراسنجه‌ها به‌ترتیب ۵، ۶/۵، ۴/۵ و ۷/۲، و ۸، ۹/۲، ۷/۸ و ۱۰/۲ درصد بود. غلظت کلسیم و منیزیم پلاسمای بزها و بزغاله‌های آن‌ها با استفاده از دستگاه جذب اتمی (Analytik Jena AG-novAA® 400p, Germany) اندازه‌گیری شد. پروتئین، چربی و لاکتوز نمونه‌های آغوز با استفاده از دستگاه میلکواسکن (Foss Eletric, Hillerod, Denmark) اندازه‌گیری شد. شاخص بریکس پلاسمای بزها و بزغاله‌ها و آغوز با استفاده از دستگاه رفراکتومتر اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از رویه MIXED نرم‌افزار آماری SAS انجام شد. طرح آماری استفاده شده در این آزمایش، طرح بلوک‌های کامل تصادفی بود. همچنین، مقایسه میانگین تیمارها در سطح آماری ۰/۰۵ و با روش توکی انجام شد.

نتایج و بحث

فراسنجه‌های پلاسمای بزها در روز ۳۰ قبل از زایش: غلظت گلوکز، کلسترول کل، تری‌گلیسرید، پروتئین کل، شاخص بریکس، کلسیم، منیزیم، مالون‌دی‌آلدئید، گلوتاتیون پراکسیداز، سوپر اکسید دسموتاز و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل پلاسمای بزها در ۳۰ روز قبل از زایش (شروع آزمایش) در جدول ۲ ارائه شده است. غلظت گلوکز، کلسترول کل، تری‌گلیسرید، پروتئین کل، کلسیم، منیزیم، مالون‌دی‌آلدهید، گلوتاتیون پراکسیداز، سوپر اکسید دسموتاز و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل در پلاسمای بزهای هر دو تیمار یکسان بود ($P>0/05$).

فراسنجه‌های پلاسمای بزها در روز ۷ قبل از زایش: اثر تزریق محلول حاوی مواد معدنی کم نیاز در قبل از زایش بر غلظت گلوکز، کلسترول کل، تری‌گلیسرید، پروتئین کل، شاخص بریکس، کلسیم، منیزیم، مالون‌دی‌آلدئید، گلوتاتیون پراکسیداز، سوپر اکسید دسموتاز و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل پلاسمای بزهای لری در روز ۷ قبل از زایش در جدول ۳ ارائه شده است. غلظت گلوکز و کلسترول‌کل پلاسمای بزهای دریافت‌کننده مواد کم نیاز در مقایسه با عدم تزریق آن به‌ترتیب تمایل به کاهش و افزایش داشت ($P=0/06$). غلظت تری‌گلیسرید، کلسیم، منیزیم و فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز پلاسمای بزهای لری تحت تاثیر تزریق مواد معدنی کم نیاز قرار نگرفت ($P>0/05$). پلاسمای بزهای دریافت‌کننده محلول حاوی مواد معدنی کم نیاز دارای پروتئین کل، شاخص بریکس و فعالیت سوپراکسید دسموتاز و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل بیشتر و غلظت مالون‌دی‌آلدهید کمتر در مقایسه با بزهای گروه شاهد بود ($P<0/05$).

جدول ۲- غلظت فراسنجه‌ها، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، مالون‌دی آلدئید و شاخص بریکس در پلاسمای بزهای لری در شروع آزمایش

Table 2. Plasma metabolites, antioxidant enzymes and malondialdehyde concentrations, and BRIX index of Lori does at the beginning of experiment

Parameter	Injection type		SEM	*P*-value
	Distilled water	Trace minerals		
Total protein (g/dL)	6.8	6.7	0.26	0.69
Glucose (mg/dL)	64.4	69.0	1.82	0.10
Total cholesterol (mg/dL)	47.0	51.3	2.22	0.19
Triglycerides (mg/dL)	27.0	27.2	1.50	0.92
BRIX index (%)	10.20	10.10	0.27	0.73
Calcium (mg/dL)	8.14	8.17	0.25	0.93
Magnesium (mg/dL)	2.38	2.23	0.11	0.36
MDA (nMol/L)	52.7	50.9	2.13	0.77
GPX (IU/mL)	19.0	18.2	0.66	0.85
SOD (IU/mL)	19.80	18.70	0.61	0.89
Total antioxidant capacity (mMol)	0.085	0.072	0.007	0.20

دوره انتقال یک دوره بسیار حساس است زیرا این دوران با تغییرات شدید متابولیکی، هورمونی و ایمنی به‌منظور آمادگی برای زایمان و تولید آغوز و شیر همراه است که باید از نظر تعادل انرژی، مدیریت شود (Kuhla, 2020). در طول دوره انتقال، اختلالات متعددی همچون تنش اکسیداتیو می‌تواند با شدت‌های مختلف رخ دهد (Lykkesfeldt and Svendsen, 2007). آبستنی، بیشترین تنش اکسیداتیو پیش روی حیوانات را ایجاد می‌کند که با افزایش تولید مالون‌دی‌آلدئید و کاهش فعالیت سوپر اکسید دسموتاز و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل همراه است (Nawito *et al*., 2016). به‌طور معمول، در خون بزهای شیری در طول دوره انتقال و همچنین در گاوهای شیری، افزایش پراکسیداسیون لیپیدی (افزایش مالون‌دی‌آلدئید) منجر به کاهش غلظت آنتی‌اکسیدان پلاسما و کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌شود (Zamuner *et al*., 2020). مالون‌دی‌آلدئید محصول پراکسیداسیون لیپیدی است که به‌طور گسترده به‌عنوان یک نشانگر زیستی مناسب جهت مطالعه شواهد وقوع تنش اکسیداتیو استفاده می‌شود (Ayala *et al*., 2014). در طول دوره انتقال، یک پاسخ طبیعی به تشکیل رادیکال‌های آزاد در بدن از راه تولید آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی به کمک مواد معدنی وجود دارد. گزارش شده است که مواد معدنی دارای نقش کلیدی در سیستم ایمنی، تولیدمثل و رشد گاوهای شیری هستند (Shankar and Prasad, 1998). بر اساس نتایج آزمایش حاضر، در زمان شروع آزمایش (۳۰ روز قبل از زمان مورد انتظار زایش)، تفاوت معنی‌داری در صفات مورد بررسی بین بزهای دو تیمار وجود نداشت، اما تزریق مواد معدنی کم مصرف در مقایسه با عدم تزریق آنها باعث افزایش فعالیت آنزیم سوپر اکسید دسموتاز و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل و کاهش غلظت مالون‌دی‌آلدهید پلاسما در ۷ روز قبل از زمان مورد انتظار زایش شد. این نتایج به‌وسیله دیگر محققین نیز گزارش شده است. تزریق مواد معدنی کم نیاز در گاو، پاسخ ایمنی را تحریک و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را افزایش داد (Soldá *et al*., 2017). در مطالعه دیگر، تزریق محلول حاوی مواد معدنی (منیزیم، فسفر، پتاسیم، سلنیوم و مس) باعث کاهش سطح گونه‌های اکسیژن فعال (رادیکال‌های آزاد) و افزایش فعالیت آنزیم سوپر اکسید دسموتاز پلاسمای گاوها شد (Warken *et al*., 2018). سلنیوم به‌عنوان بخش مهمی از آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز می‌تواند با حذف پراکسید هیدروژن (H_2O_2) و هیدروپراکسیدهای لیپیدی بر سیستم آنتی‌اکسیدانی نقش داشته باشد. مس، روی و منگنز از اجزای ضروری چندین آنزیم از جمله سوپر اکسید دسموتاز هستند که در فرآیند اکسیداسیون-احیا مؤثر هستند (Ahola *et al*., 2005). منگنز نیز به‌عنوان یک عامل مهم در واکنش‌های آنزیمی مربوط به تنظیم سوخت و ساز نقش دارد (Mora *et al*., 2014) و در حفاظت آنتی‌اکسیدانی به‌عنوان بخشی جدایی‌ناپذیر از سوپر اکسید دسموتاز نقش دارد. شواهد قابل توجهی وجود دارد که نشان می‌دهند مواد معدنی مانند سلنیوم، روی، مس و منگنز می‌توانند آثار منفی تنش اکسیداتیو را به کمترین مقدار برسانند (Spears and Weiss, 2008).

جدول ۳- اثر تزریق مواد معدنی کم نیاز در اواخر آبستنی بر غلظت فراسنجه‌ها، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و مالون‌دی‌آلدئید و شاخص بریکس در پلاسمای بزهای لری در روز ۷ قبل از زایش

Table 3. Effect of trace minerals injection at late pregnancy on plasma metabolites, antioxidant enzymes and malondialdehyde concentrations, and BRIX index of Lori does at 7 days before kidding

Parameters	Injection type		SEM	*P*-value
	Distilled water	Trace minerals		
Total protein (g/dL)	6.6[b]	7.4[a]	0.16	0.03
Glucose (mg/dL)	73.0	68.8	1.49	0.06
Total cholesterol (mg/dL)	55.4	60.1	1.67	0.06
Triglycerides (mg/dL)	29.6	31.1	0.98	0.29
BRIX index (%)	9.5[b]	11.4[a]	0.22	0.04
Calcium (mg/dL)	8.7	8.2	0.23	0.13
Magnesium (mg/dL)	2.3	2.1	0.10	0.15
MDA (nMol/L)	88.1[a]	75.5[b]	1.24	0.01
GPX (IU/mL)	16.5	17.6	0.45	0.18
SOD (IU/mL)	9.3b	16.3	0.52	0.01
Total antioxidant capacity (mMol)	0.26[b]	0.43[a]	0.001	0.01

[a-b] Values within each row with different superscripts differ significantly ($P<0.05$).

استفاده از مکمل مس در تغذیه گاوهای شیرده هلشتاین باعث افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسیددسموتاز شد (Machado *et al*., 2014). تزریق سلنیوم هم از بزهای آبستن و هم غیرآبستن در برابر پراکسیداسیون لیپیدی محافظت می‌کند و غلظت مالون‌دی‌آلدهید را در پلاسمای آن‌ها در آخرین مرحله آبستنی کاهش می‌دهد (Mahmood *et al*., 2020). این نتایج هم‌راستا با پژوهش حاضر است که تزریق محلول حاوی سلنیوم باعث کاهش مالون‌دی‌آلدهید در اواخر دوره آبستنی شد. به‌نظر می‌رسد عنصر سلنیوم با از بین بردن پراکسیدها از فرآیند اکسیداسیون لیپیدی جلوگیری کرده (Beytut *et al*., 2018) و باعث کاهش مالون‌دی‌آلدهید شده است. دیگر عناصر موجود در مکمل تزریقی در این بررسی نیز به‌دلیل نقشی که در آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی دارند در کاهش تنش اکسیداتیو و در نتیجه، کاهش پراکسیداسیون لیپیدی بی‌تأثیر نیستند. از شاخص بریکس به‌عنوان روشی برای برآورد غلظت پروتئین کل و ایمیونوگلوبولین G آغوز و پلاسمای حیوانات نشخوارکننده استفاده می‌شود (Lopez *et al*., 2020) و معمولاً همبستگی بالایی با سطح پروتئین کل و ایمیونوگلوبولین G دارد (Santiago *et al*., 2020). از این رو، بالاتر بودن شاخص بریکس پلاسمای بزهای دریافت‌کننده محلول حاوی مواد معدنی کم نیاز در آزمایش حاضر را می‌توان به بالاتر بودن غلظت پروتئین کل در پلاسمای آنها ارتباط داد.

ترکیب شیمیایی آغوز: اثر تزریق محلول حاوی مواد معدنی کم نیاز در قبل از زایش بر درصد چربی، پروتئین، لاکتوز و شاخص بریکس آغوز بزهای لری در جدول ۴ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که آغوز تولید شده به‌وسیله بزهای دریافت‌کننده محلول حاوی مواد معدنی کم نیاز دارای درصد پروتئین، چربی و شاخص بریکس بیشتر و درصد لاکتوز کمتر در مقایسه با آغوز بزهای گروه شاهد بود ($P<0/05$). زنده‌مانی و رشد بزغاله‌ها پس از تولد به عوامل مختلفی از جمله تولید و ترکیب آغوز و شیر بستگی دارد. آغوز در دوره بسیار نزدیک قبل از زایمان، تولید و در بافت پستان ذخیره می‌شود (Boudry *et al*., 2008). کیفیت آغوز در همه حیوانات مزرعه‌ای عامل مهمی است که رشد طبیعی و اثربخشی پرورش نتاج را تعیین می‌کند (Daels, 2006). ترکیب و کیفیت آغوز به بسیاری از عوامل ژنتیکی و غیر ژنتیکی مانند نژاد و سن حیوان، طول دوره خشکی، وضعیت سلامت و شرایط نگهداری بستگی دارد، اما عمدتاً به مقدار و کیفیت تغذیه اواخر دوره آبستنی آن‌ها بستگی دارد (Hyrslova *et al*., 2016). از نظر ترکیب، آغوز دارای محتوای چربی و پروتئین بیشتری نسبت به شیر است (Fischer-Tlustos *et al*., 2020). بنابراین، آغوز غلیظ‌تر و مقوی‌تر از شیر است (Pupple *et al*., 2019). بر خلاف شیر که حاوی کازئین به‌عنوان بخش پروتئینی اصلی است، بخش پروتئینی اصلی در آغوز، ایمونوگلوبولین‌ها هستند. ایمونوگلوبولین‌های آغوز در چند هفته اول برای نوزاد نشخوارکنندگان، ایمنی غیرفعال ایجاد می‌کنند. در دوره انتقال، تقاضای بیشتر انرژی و مواد مغذی برای تولید آغوز و شیر همراه با کاهش مصرف خوراک، دام را با تعادل منفی انرژی و کمبود ریزمغذی‌ها مواجه می‌کند (Wankhade *et al*., 2017). مواد معدنی، نقش مهمی در تولید ترکیبات شیر دارند. در یک پژوهش، مصرف مکمل خوراکی حاوی روی، منگنز، مس و کبالت در تغذیه گاوهای شیری از ۳۵ روز قبل از زایش تا ۲۳۰ روز پس از زایش، آثار مثبتی بر تولید شیر، درصد چربی و پروتئین شیر داشت (Griffiths *et al*., 2007). در بررسی حاضر، تزریق محلول حاوی مواد معدنی کم مصرف سلنیوم، منگنز، مس و روی به بزها در قبل از زایش، درصد چربی و پروتئین آغوز را نسبت به حالت عدم تزریق افزایش داد.

جدول ۴- اثر تزریق مواد معدنی کم نیاز در اواخر آبستنی بر ترکیب شیمیایی و شاخص بریکس آغوز بزهای لری

Table 4. Effect of trace minerals injection at late pregnancy on chemical composition of colostrum of Lori does

Parameter	Injection type		SEM	*P*-value
	Distilled water	Trace minerals		
Fat (%)	6.12[b]	6.65[a]	0.17	0.04
Protein (%)	12.23[b]	14.35[a]	0.47	0.04
Lactose (%)	3.5[a]	2.67[b]	0.11	0.01
BRIX index (%)	21.6[b]	23.3[a]	0.45	0.03

[a-b] Values within each row with different superscripts differ significantly ($P<0.05$).

افزایش محتوای چربی شیر حاصل از مکمل حاوی منگنز می‌تواند به‌واسطه نقش آن به‌عنوان کوفاکتور آنزیم استیل‌کوآکربوکسیلاز فسفاتاز باشد که در مسیر بیوسنتز لیپید نقش دارد (Thampy and Wakil, 1985). افزایش درصد پروتئین و کاهش درصد لاکتوز در آغوز بزهای دریافت‌کننده مواد معدنی کم نیاز را می‌توان به‌ترتیب به افزایش پروتئین و کاهش گلوکز پلاسمای آنها در روز ۷ قبل از زایش ارتباط داد. لاکتوز کربوهیدرات اصلی شیر و مسئول تعادل اسمزی بین خون و فضای درون آلوئول در غده پستان و در نتیجه، حجم آغوز و شیر است (Costa *et al.*, 2019). بر اساس نتایج بررسی حاضر، تزریق مواد معدنی کم مصرف، مقدار لاکتوز موجود در آغوز را کاهش داد که با افزایش غلظت پروتئین و احتمالاً ایمنوگلوبولین‌های موجود در آغوز همراه بود. بالاتر بودن شاخص بریکس در آغوز بزهای دریافت‌کننده مواد معدنی کم نیاز را می‌توان به بالاتر بودن این شاخص در پلاسمای آنها در روز ۷ قبل از زایش ارتباط داد. از شاخص بریکس به‌عنوان روشی کاربردی و کم هزینه برای برآورد غلظت ایمیونوگلوبولین G آغوز استفاده می‌شود (Quigley *et al.*, 2013). همبستگی بالایی بین درصد شاخص بریکس و غلظت ایمیونوگلوبولین G در آغوز نشخوارکنندگان وجود دارد (Deelen *et al.*, 2014). درصد شاخص بریکس در آغوز بز در مقایسه با آغوز میش پایین‌تر است که نشان‌دهنده درصد کمتر پروتئین در آغوز بز است. درصد شاخص بریکس در آغوز بز دارای دامنه‌ای از ۸/۸ تا ۳۹/۸ درصد با میانگین حدود ۲۱/۶ درصد است (Kessler *et al.*, 2020). در بررسی این محققین، آغوز بزها حاوی ۱۲/۹۱ درصد پروتئین و ۳۷/۲ گرم در لیتر ایمیونوگلوبولین G دارای شاخص بریکس ۲۱/۶ درصد بود. آغوز با کیفیت بالا در بز باید حداقل دارای ۲۰ گرم در لیتر ایمیونوگلوبولین G باشد (Kessler *et al.*, 2020). بنابراین، با توجه به درصد پروتئین و شاخص بریکس (جدول ۴) به‌نظر می‌رسد که آغوز تولید شده به‌وسیله بزهای آزمایش حاضر از کیفیت بالایی برخوردار بود و تزریق مواد معدنی کم مصرف در قبل از زایش باعث افزایش کیفیت آغوز در مقایسه با بزهای گروه شاهد شد. ایمیونوگلوبولین‌ها و مخصوصاً ایمیونوگلوبولین G، بخش عمده پروتئین‌های آغوز را به خود اختصاص می‌دهند (Puppel *et al.*, 2015) و تاثیر زیادی بر تقویت سیستم ایمنی، زنده‌مانی و کاهش مرگ و میر نوزاد نشخوارکنندگان دارند (Fischer-Tlustos *et al.*, 2020).

فراسنجه‌های پلاسمای بزغاله‌ها: اثر تزریق محلول حاوی مواد معدنی کم نیاز در قبل از زایش بزهای لری بر غلظت گلوکز، کلسترول کل، تری‌گلیسرید، پروتئین کل، کلسیم، منیزیم، مالون‌دی‌آلدئید، گلوتاتیون پراکسیداز، سوپر اکسید دسموتاز، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل و شاخص بریکس پلاسمای برغاله‌های آن‌ها در جدول ۵ ارائه شده است. نتایج نشان داد که غلظت کلسترول کل، کلسیم و منیزیم پلاسمای بزغاله‌های تازه متولد شده تحت تاثیر تزریق مواد معدنی کم نیاز در مادرهای آنها قبل از زایش قرار نگرفت ($P>۰/۰۵$). پلاسمای بزغاله‌های متولد شده از بزهای دریافت‌کننده مواد معدنی کم نیاز در قبل از زایش دارای غلظت پلاسمایی گلوکز و مالون‌دی‌آلدئید کمتر و غلظت تری‌گلیسرید و پروتئین‌کل، شاخص بریکس و فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز، سوپر اکسید دسموتاز و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل بیشتری در مقایسه با بزغاله‌های متولد شده از بزهای گروه شاهد بودند ($P<۰/۰۵$). حساس‌ترین مرحله زندگی و بیشترین مرگ و میر بزغاله‌ها از زمان تولد تا شیرگیری رخ می‌دهد زیرا سیستم ایمنی آن‌ها به‌طور کامل توسعه نیافته و بیشتر مستعد ابتلا به بیماری‌ها هستند. سلول‌های ایمنی به تنش اکسیداتیو حساس هستند زیرا غشاهایی با غلظت بالایی از اسیدهای چرب غیراشباع دارای چند پیوند دوگانه دارند که به‌شدت در برابر پراکسیداسیون لیپیدی حساس هستند.

ارائه مقادیر کافی از ریزمغذی‌های آنتی‌اکسیدانی به‌عنوان راهی مؤثر برای کنترل تنش اکسیداتیو مورد توجه قرار گرفته است (Omur *et al.*, 2016). وضعیت مواد معدنی کم مصرف در دام‌های تازه متولد شده به انتقال این مواد از مادر به جنین از راه جفت در دوران جنینی و از مسیر شیر و آغوز پس از تولد بستگی دارد. بر اساس نتایج بررسی حاضر، با تزریق مواد معدنی کم مصرف در چهار و دو هفته قبل از زایمان بزهای مادر، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل پلاسمای بزغاله‌های آن‌ها به‌طور معنی‌داری نسبت به حالت عدم تزریق افزایش و غلظت مالون‌دی‌آلدهید پلاسمای آن‌ها کاهش داشت. این نشان می‌دهد که مواد معدنی کم مصرف در این بررسی از راه جفت به جنین منتقل شده است و باعث افزایش ایمنی و کاهش پراکسیداسیون لیپیدی پلاسمای بزغاله‌های تازه متولد شده است.

جدول ۵- اثر تزریق مواد معدنی کم نیاز در اواخر آبستنی بزهای لری بر غلظت فراسنجه‌ها، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و مالون‌دی‌آلدئید و شاخص بریکس در پلاسمای بزغاله‌های آنها

Table 5. Effect of trace minerals injection at late pregnancy of Lori does on plasma metabolites, antioxidant enzymes and malondialdehyde concentrations and BRIX index of their kids

Parameter	Injection type		SEM	*P*-value
	Distilled water	Trace minerals		
Total protein (g/dL)	7.9[b]	8.7[a]	0.23	0.02
Glucose (mg/dL)	81.6[a]	73.0[b]	1.15	0.01
Total cholesterol (mg/dL)	63.0	63.1	1.38	0.96
Triglycerides (mg/dL)	32.3[b]	37.5[a]	1.10	0.01
BRIX index (%)	10.8[b]	11.7[a]	0.25	0.03
Calcium (mg/dL)	8.1	7.8	0.25	0.57
Magnesium (mg/dL)	1.87	1.75	0.11	0.46
MDA (nMol/L)	96.6[a]	90.3[b]	1.27	0.01
GPX (IU/mL)	24.2[b]	34.5[a]	0.84	0.01
SOD (IU/mL)	10.3[b]	12.4[a]	0.53	0.02
Total antioxidant capacity (mMol)	0.336[b]	0.447[a]	0.013	0.01

[a-b] Values within each row with different superscripts differ significantly ($P<0.05$).

بر اساس یافته‌های محققین، افزودن مکمل آلی سلنیوم در اواخر آبستنی در انتقال ایمنی غیرفعال از بزها به بزغاله‌ها مؤثر بود و باعث تغییر در غلظت IgG سرم و آغوز بزها شد. سلنیوم از راه جفت به جنین و از مسیر شیر و آغوز به نوزاد متولد شده انتقال می‌یابد که باعث افزایش ایمنی و رشد بزغاله‌های آن‌ها می‌شود (Pechova *et al*., 2012). تزریق مواد معدنی کم مصرف شامل سلنیوم، منگنز، مس و روی باعث افزایش غلظت پلاسمایی سوپر اکسید دسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز در گاوها و گوساله‌ها (Vedovatto *et al*., 2020) و سوپر اکسید دسموتاز در بره‌های تازه متولد شده (Cazarotto *et al*., 2018) در مقایسه با عدم تزریق آن‌ها شد. بنابراین، افزایش غلظت پلاسمایی سوپر اکسید دسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز بزغاله‌های تازه متولد شده به‌دنبال استفاده از مواد معدنی کم مصرف حاوی روی، منگنز، سلنیوم و مس ممکن است نشان‌دهنده کنترل بیشتر تنش اکسیداتیو سلول‌ها باشد که باعث انتقال این ایمنی از مسیر جفت و آغوز به بزغاله‌ها شده است. در یک بررسی، مکمل سلنیوم به‌طور معنی‌دار باعث افزایش فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز و سوپر اکسید دسموتاز و کاهش غلظت مالون‌دی‌آلدئید در پلاسمای میش‌ها و بره‌های آن‌ها در مقایسه با گروه شاهد شد (Novoselec *et al*., 2022). افزودن منگنز، روی و مس به جیره گاوهای شیری باعث افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل خون و شیر گاوها و گوساله‌های تازه متولد شده آنها شد (Roshanzamir *et al*., 2020). ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالاتر در خون و شیر گاوهای دریافت‌کننده مواد معدنی مختلف به دلیل آثار مهاری منگنز، روی و مس بر تنش اکسیداتیو و کاهش سطح رادیکال‌های آزاد در بدن بود (Suttle, 2010). مس، روی و منگنز از راه حفظ یکپارچگی غشاها در برابر عفونت‌ها و مسیرهای آنتی‌اکسیدانی بر ایمنی دام تأثیر می‌گذارند (Spears and Weiss, 2008).

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج آزمایش حاضر، تزریق محلول مواد معدنی کم نیاز حاوی مس، روی، سلنیوم و منگنز در چهار و دو هفته قبل از زایش باعث افزایش غلظت پروتئین و شاخص بریکس و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (سوپر اکسید دسموتاز، گلوتاتیون پراکسیداز) و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل و کاهش غلظت مالون‌دی‌آلدهید پلاسمای بزهای لری شد که به‌دنبال آن باعث افزایش کیفیت آغوز (افزایش درصد پروتئین و شاخص بریکس) این بزها شد. بزغاله‌های متولد شده از بزهای دریافت‌کننده محلول حاوی مواد معدنی کم نیاز دارای غلظت پلاسمایی پروتئین کل و شاخص بریکس و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (سوپراکسید دسموتاز، گلوتاتیون‌پراکسیداز) و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی‌کل بیشتر و غلظت مالون‌دی‌آلدهید کمتری در مقایسه با بزغاله‌های گروه شاهد بودند. بنابراین، می‌توان از این روش به‌عنوان یک راه‌کار برای بهبود سلامت، زنده‌مانی و عملکرد بزغاله‌های لری استفاده کرد.

تشکر و قدردانی

از تمامی افرادی که در مراحل اجرای این پایان نامه کمک نمودند، بخصوص از آقای مهندس امین شیراوند مالک واحد دامپروری کمال، تقدیر و تشکر می‌نماییم.

فهرست منابع

Ahola, J. K., Engle, T. E., & Burns, P. D. (2005). Effect of copper status, supplementation, and source on pituitary responsiveness to exogenous gonadotropin-releasing hormone in ovariectomized beef cows. *Journal of Animal Science*, *83*(8), 1812-1823. doi: 10.2527/2005.8381812x

Andrieu, S. (2008). Is there a role for organic trace element supplements in transition cow health? *The Veterinary Journal*, *176*(1), 77-83. doi: 10.1016/j.tvjl.2007.12.022

Ayala, A., Muñoz, M. F., & Argüelles, S. (2014). Lipid peroxidation: production, metabolism, and signaling mechanisms of malondialdehyde and 4-hydroxy-2-nonenal. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, *2014*. doi: 10.1155%2F2014%2F360438

Beytut, E., Yilmaz, S., Aksakal, M., & Polat, S. (2018). The possible protective effects of vitamin E and selenium administration in oxidative stress caused by high doses of glucocorticoid administration in the brain of rats. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, *45*, 131-135. doi: 10.1016/j.jtemb.2017.10.005

Boudry, C., Dehoux, J. P., Portetelle, D., & Buldgen, A. (2008). Bovine colostrum as a natural growth promoter for newly weaned piglets: a review. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, *12*(2). doi: 10.1017%2FS0007114514003201

Cazarotto, C. J., Boito, J. P., Gebert, R. R., Reis, J. H., Machado, G., Bottari, N. B., & Da Silva, A. S. (2018). Metaphylactic effect of minerals on immunological and antioxidant responses, weight gain and minimization of coccidiosis of newborn lambs. *Research in Veterinary Science*, *121*, 46-52. doi: 10.1016/j.rvsc.2018.09.003

Costa, A., Lopez-Villalobos, N., Sneddon, N. W., Shalloo, L., Franzoi, M., De Marchi, M., & Penasa, M. (2019). Invited review: Milk lactose—Current status and future challenges in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, *102*(7), 5883-5898. doi: 10.3168/jds.2018-15955

Daels, P. F. (2006). Induction of lactation and adoption of the orphan foal. In *Proc. 8th AAEP Annual Resort Symposium, Rome, Italy*. Pp. 19-21.

Deelen, S. M., Ollivett, T. L., Haines, D. M., & Leslie, K. E. (2014). Evaluation of a Brix refractometer to estimate serum immunoglobulin G concentration in neonatal dairy calves. *Journal of Dairy Science*, *97*(6), 3838-3844. doi: 10.3168/jds.2014-7939

Fischer-Tlustos, A. J., Hertogs, K., Van Niekerk, J. K., Nagorske, M., Haines, D. M., & Steele, M. A. (2020). Oligosaccharide concentrations in colostrum, transition milk, and mature milk of primi-and multiparous Holstein cows during the first week of lactation. *Journal of Dairy Science*, *103*(4), 3683-3695. doi: 10.3168/jds.2019-17357

Fthenakis, G. C., Arsenos, G., Brozos, C., Fragkou, I. A., Giadinis, N. D., Giannenas, I., & Valasi, I. (2012). Health management of ewes during pregnancy. *Animal Reproduction Science*, *130*(3-4), 198-212. doi: 10.1016/j.anireprosci.2012.01.016

Griffiths, L. M., Loeffler, S. H., Socha, M. T., Tomlinson, D. J., & Johnson, A. B. (2007). Effects of supplementing complexed zinc, manganese, copper and cobalt on lactation and reproductive performance of intensively grazed lactating dairy cattle on the South Island of New Zealand. *Animal Feed Science and Technology*, *137*(1-2), 69-83. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2006.10.006

Hashemi, M., Zamiri, M. J., & Safdarian, M. (2008). Effects of nutritional level during late pregnancy on colostral production and blood immunoglobulin levels of Karakul ewes and their lambs. *Small Ruminant Research*, *75*(2-3), 204-209. doi: 10.1016/j.smallrumres.2007.11.002

Hernández-Castellano, L. E., Almeida, A. M., Ventosa, M., Coelho, A. V., Castro, N., & Argüello, A. (2014). The effect of colostrum intake on blood plasma proteome profile in newborn lambs: low abundance proteins. *BMC Veterinary Research*, *10*, 1-9. doi: 10.1186/1746-6148-10-85

Hyrslova, I., Krausova, G., Bartova, J., Kolesar, L., & Curda, L. (2016). Goat and bovine colostrum as a basis for new probiotic functional foods and dietary supplements. *Journal of Microbial and Biochemical Technology*, *8*(2), 56-59. doi: 10.4172/1948-5948.1000262

Kehoe, S. I., Jayarao, B. M., & Heinrichs, A. J. (2007). A survey of bovine colostrum composition and colostrum management practices on Pennsylvania dairy farms. *Journal of Dairy Science*, *90*(9), 4108-4116. doi: 10.3168/jds.2007-0040

Kessler, E. C., Bruckmaier, R. M., & Gross, J. J. (2021). Comparative estimation of colostrum quality by Brix refractometry in bovine, caprine, and ovine colostrum. *Journal of Dairy Science*, *104*(2), 2438-2444. doi: 10.3168/jds.2020-19020

Kuhla, B. (2020). Pro-inflammatory cytokines and hypothalamic inflammation: implications for insufficient feed intake of transition dairy cows. *Animal*, *14*(S1), s65-s77. doi: 10.1017%2FS1751731119003124

Lopez, A. J., Steele, M. A., Nagorske, M., Sargent, R., & Renaud, D. L. (2021). Hot topic: Accuracy of refractometry as an indirect method to measure failed transfer of passive immunity in dairy calves fed colostrum replacer and maternal colostrum. *Journal of Dairy Science*, *104*(2), 2032-2039. doi: 10.3168/jds.2020-18947

Lykkesfeldt, J., & Svendsen, O. (2007). Oxidants and antioxidants in disease: oxidative stress in farm animals. *The Veterinary Journal*, *173*(3), 502-511. doi: 10.1016/j.tvjl.2006.06.005

Machado, V. S., Oikonomou, G., Lima, S. F., Bicalho, M. L. S., Kacar, C., Foditsch, C., & Bicalho, R. C. (2014). The effect of injectable trace minerals (selenium, copper, zinc, and manganese) on peripheral blood leukocyte activity and serum superoxide dismutase activity of lactating Holstein cows. *The Veterinary Journal*, *200*(2), 299-304. doi: 10.1016/j.tvjl.2014.02.026

Mahmood, N., Hameed, A., & Hussain, T. (2020). Vitamin E and selenium treatment alleviates saline environment-induced oxidative stress through enhanced antioxidants and growth performance in suckling kids of beetal goats. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, *2020*. doi: 10.1155/2020/4960507

Mandal, A., Pant, K. P., Rout, P. K., & Roy, R. (2004). Effects of inbreeding on lamb survival in a flock of Muzaffarnagari sheep. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *17*(5), 594-597. doi: 10.5713/ajas.2004.594

Meglia, G. E., Johannisson, A., Petersson, L., & Waller, K. P. (2001). Changes in some blood micronutrients, leukocytes and neutrophil expression of adhesion molecules in periparturient dairy cows. *Acta Veterinaria Scandinavica*, *42*, 1-12. doi: 10.1186%2F1751-0147-42-139

Mora, A. M., van Wendel de Joode, B., Mergler, D., Córdoba, L., Cano, C., Quesada, R., & Eskenazi, B. (2014). Blood and hair manganese concentrations in pregnant women from the Infants' Environmental Health Study (ISA) in Costa Rica. *Environmental Science & Technology*, *48*(6), 3467-3476. doi: 10.1021/es404279r

National Research Council. (2007). *Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids*. USA.

Nawito, M. F., Abd El Hameed, A. R., Sosa, A. S. A., & Mahmoud, K. G. M. (2016). Impact of pregnancy and nutrition on oxidant/antioxidant balance in sheep and goats reared in South Sinai, Egypt. *Veterinary World*, *9*(8), 801. doi: 10.14202%2Fvetworld.2016.801-805

Novoselec, J., Klir Šalavardić, Ž., Đidara, M., Novoselec, M., Vuković, R., Ćavar, S., & Antunović, Z. (2022). The effect of maternal dietary selenium supplementation on blood antioxidant and metabolic status of ewes and their lambs. *Antioxidants*, *11*(9), 1664. doi: 10.3390/antiox11091664

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). doi: 10.1515/pjvs-2016-0088

Pechova, A., Sevcikova, L., Pavlata, L., & Dvorak, R. (2012). The effect of various forms of selenium supplied to pregnant goats on selected blood parameters and on the concentration of Se in urine and blood of kids at the time of weaning. *Veterinární Medicína*, *57*(8). doi: 10.1007/s12011-010-8884-x

Puppel, K., Gołębiewski, M., Grodkowski, G., Slósarz, J., Kunowska-Slósarz, M., Solarczyk, P., & Przysucha, T. (2019). Composition and factors affecting quality of bovine colostrum: A review. *Animals*, *9*(12), 1070. doi: 10.3390%2Fani9121070

Puppel, K., Kuczyńska, B., Nałęcz-Tarwacka, T., Sakowski, T., Gołębiewski, M., Kunowska-Slósarz, M., & Grodzki, H. (2014). Effect of fish oil and linseed supplementation on the protein composition of milk from cows with different β-lactoglobulin phenotypes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *94*(6), 1253-1257. doi: 10.1002/jsfa.7341

Quigley, J. D., Lago, A., Chapman, C., Erickson, P., & Polo, J. (2013). Evaluation of the Brix refractometer to estimate immunoglobulin G concentration in bovine colostrum. *Journal of Dairy Science*, *96*(2), 1148-1155. doi: 10.3168/jds.2012-5823

Ribeiro, A. C., & Ribeiro, S. D. A. (2010). Specialty products made from goat milk. *Small Ruminant Research*, *89*(2-3), 225-233. doi: 10.1016/j.smallrumres.2009.12.048

Roshanzamir, H., Rezaei, J., & Fazaeli, H. (2020). Colostrum and milk performance, and blood immunity indices and minerals of Holstein cows receiving organic Mn, Zn and Cu sources. *Animal Nutrition*, *6*(1), 61-68. doi: 10.1016%2Fj.aninu.2019.08.003

Santiago, M. R., Fagundes, G. B., do Nascimento, D. M., Faustino, L. R., da Silva, C. M. G., Dias, F. E. F., & Cavalcante, T. V. (2020). Use of digital Brix refractometer to estimate total protein levels in Santa Inês

ewes' colostrum and lambs' blood serum. *Small Ruminant Research*, *182*, 78-80. doi: 10.1016/j.smallrumres.2019.10.014

Shankar, A. H., & Prasad, A. S. (1998). Zinc and immune function: the biological basis of altered resistance to infection. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *68*(2), 447S-463S. doi: 10.1093/ajcn/68.2.447S

Soldá, N. M., Glombowsky, P., Campigotto, G., Bottari, N. B., Schetinger, M. R. C., Morsch, V. M., & da Silva, A. S. (2017). Injectable mineral supplementation to transition period dairy cows and its effects on animal health. *Comparative Clinical Pathology*, *26*, 335-342. doi: 10.1007/s00580-016-2378-y

Spears, J. W., & Weiss, W. P. (2008). Role of antioxidants and trace elements in health and immunity of transition dairy cows. *The Veterinary Journal*, *176*(1), 70-76. doi: 10.1016/j.tvjl.2007.12.015

Stelwagen, K., Carpenter, E., Haigh, B., Hodgkinson, A., & Wheeler, T. T. (2009). Immune components of bovine colostrum and milk. *Journal of Animal Science*, *87*(suppl. 13), 3-9. doi: 10.2527/jas.2008-1377

Suttle, N. F. (2010). Mineral nutrition of livestock. 4th edition. CABI, Cambridge. doi: 10.1079/9781845934729.0000

Thampy, K. G., & Wakil, S. J. (1985). Activation of acetyl-CoA carboxylase. Purification and properties of a Mn2+-dependent phosphatase. *Journal of Biological Chemistry*, *260*(10), 6318-6323. doi: 10.1016/S0021-9258 (18)88973-6

Vedovatto, M., da Silva Pereira, C., Cortada Neto, I. M., Moriel, P., Morais, M. D. G., & Franco, G. L. (2020). Effect of a trace mineral injection at weaning on growth, antioxidant enzymes activity, and immune system in Nellore calves. *Tropical Animal Health and Production*, *52*, 881-886. doi: 10.1007/s11250-019-02056-0

Wankhade, P. R., Manimaran, A., Kumaresan, A., Jeyakumar, S., Ramesha, K. P., Sejian, V., & Varghese, M. R. (2017). Metabolic and immunological changes in transition dairy cows: A review. *Veterinary World*, *10*(11), 1367. doi: 10.14202%2Fvetworld.2017.1367-1377

Warken, A. C., Lopes, L. S., Bottari, N. B., Glombowsky, P., Galli, G. M., Morsch, V. M., Schetinger, M. R. C., & Silva, A. S. D. (2018). Mineral supplementation stimulates the immune system and antioxidant responses of dairy cows and reduces somatic cell counts in milk. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, *90*, 1649-1658. doi: 10.1590/0001-3765201820170524

Wąsowska, E., & Puppel, K. (2018). Changes in the content of immunostimulating components of colostrum obtained from dairy cows at different levels of production. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *98*(13), 5062-5068. doi: 10.1002/jsfa.9043

Yang, F. L., Li, X. S., & He, B. X. (2011). Effects of vitamins and trace-elements supplementation on milk production in dairy cows: A review. *African Journal of Biotechnology*, *10*(14), 2574-2578. doi: 10.5897/AJB10.2025

Yilmaz, Ö., & Kaşikçi, G. (2013). Factors affecting colostrum quality of ewes and immunostimulation. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, *37*(4), 390-394. doi: 10.3906/vet-1210-33

Zamuner, F., DiGiacomo, K., Cameron, A. W. N., & Leury, B. J. (2020). Endocrine and metabolic status of commercial dairy goats during the transition period. *Journal of Dairy Science*, *103*(6), 5616-5628. doi: 10.3168/jds.2019-18040

Zhou, X., Qu, X., Zhao, S., Wang, J., Li, S., & Zheng, N. (2017). Analysis of 22 elements in milk, feed, and water of dairy cow, goat, and buffalo from different regions of China. *Biological Trace Element Research*, *176*, 120-129. doi: 10.1007/s12011-016-0819-8