2026, 2(Special Issue): 1-8

JAER

Journal of Animal Environmental Reaserch

Journal homepage: http://www.journalaer.com

Research Article

The effects of zinc-methionine supplement on metabolism related hormones antioxidant indices, hematological attributes of heat-stressed horses

Ahmad Miri [1], Ali Asghar Sadeghi [*1], Mohammad Chamani [1], Asa Ebrahimi [2]

[1] *Department of Animal Science, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran*

[2] *Department of Biotechnology, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran*

Key Words

Blood viscosity
Heat stress
Horse
Hormone
Zinc-methionine

Abstract

Introduction: Heat stress is a problem in horse breeding, especially in dark-colored horses. To reduce the negative effects of heat stress, zinc supplementation in animal nutrition has been recommended. The aim of this study was to evaluate the effects of zinc-methionine supplementation in horses exposed to heat stress on metabolism-related hormones, hematological parameters, and blood antioxidant indices.

Materials & Methods: In a factorial trial (2×3) based on a completely randomized design, 30 female Frisian horses were appointed in two levels of heat stress and three levels of zinc-methionine supplementation. Stress levels included; 1) no stress; 2) exposed to heat stress. Three levels of zinc-methionine supplementation including; 1) no supplementation, 2) 67 mg zinc from zinc-methionine per kg of diet and 3) 120 mg zinc from zinc-methionine per kg of diet. Blood samples were taken and antioxidant indicators, insulin, cortisol, thyroid hormones and hematological parameters were measured.

Result: The main effect of stress on insulin, cortisol, T3 and T4 levels was significant ($p<0.05$), but the effect of supplementation and the interaction between stress and supplementation on hormone levels were not significant ($p>0.05$). Heat stress significantly increased cortisol, T3 and T4 levels, but decreased insulin level. Heat stress decreased white blood cell and lymphocyte counts, but increased neutrophils, hematocrit and blood viscosity ($p<0.05$). Zinc-methionine supplementation decreased ($p<0.05$) blood viscosity. The interaction between stress and supplementation on blood viscosity was significant. Heat stress increased ($p<0.05$) plasma levels of malondialdehyde, and zinc-methionine supplementation reduced it. Zinc-methionine supplementation had no effect on antioxidant enzyme activities, metabolism-related hormones, and blood parameters ($p>0.05$), except blood viscosity. No differences ($p>0.05$) were observed between doses of 67 and 120 mg/kg for the measured parameters

Conclusion: In horses under heat stress, inclusion of zinc-methionine supplementation to the diet had no effect on antioxidant enzyme activity, metabolism-related hormones, and blood parameters except malondialdehyde and blood viscosity. Zinc-methionine supplementation at a dose of 67 mg zinc per kilogram of methionine can reduce the negative effects of heat stress on malondialdehyde levels and blood viscosity in horses.

Article info

* Corresponding Author's email:
aasdghi@iau.ir
aasdghi@gmail.com

Received: 21 April 2026
Reviewed: 23 May 2026
Revised: 26 July 2026
Accepted: 5 September 2026

[Downloaded from journalaer.com on 2026-11-27]

مقاله پژوهشی

اثرات افزودن مکمل روی-متیونین به جیره بر غلظت هورمون‌های مرتبط با متابولیسم انرژی، فراسنجه‌های هماتولوژی و آنتی‌اکسیدانی اسب‌های تحت تنش گرمایی

احمد میری[۱]، علی اصغر صادقی*[۱]، محمد چمنی[۱]، آسا ابراهیمی[۲]

[۱] گروه علوم دامی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

[۲] گروه بیوتکنولوژی و به نژادی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

کلمات کلیدی

ویسکوزیته خون
تنش گرمایی
اسب
هورمون
روی- متیونین

چکیده

مقدمه: تنش گرمایی یکی از مشکلات در پرورش اسب‌ها به‌ویژه اسب‌های با رنگ تیره است. برای کاهش اثرات منفی تنش گرمایی استفاده از مکمل روی در تغذیه حیوانات توصیه شده است. هدف از این مطالعه ارزیابی اثرات مکمل روی-متیونین در تغذیه اسب‌های در معرض تنش گرمایی بر هورمون‌های مرتبط با متابولیسم، فراسنجه‌های هماتولوژیکی و شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی خون بود.

مواد و روش‌ها: در یک آزمایش فاکتوریل (۲×۳) بر پایه طرح کاملاً تصادفی، ۳۰ اسب ماده فریزین در دو سطح تنش گرمایی و سه سطح مکمل روی-متیونین قرار گرفتند. سطوح تنش شامل؛ ۱) بدون تنش؛ ۲) در معرض تنش گرمایی. سه سطح مکمل روی-متیونین شامل؛ ۱) بدون مکمل، ۲) ٦٧ میلی‌گرم روی از روی-متیونین در هر کیلوگرم جیره و ۳) ۱۲۰ میلی‌گرم روی از روی-متیونین در هر کیلوگرم جیره. نمونه‌های خون گرفته شد و شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی، انسولین، کورتیزول، هورمون‌های تیروئیدی و فراسنجه‌های هماتولوژیک اندازه‌گیری شد.

نتایج: اثر اصلی تنش بر سطوح انسولین، کورتیزول، T3 و T4 معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$)، اما اثر مکمل و اثر متقابل بین تنش و مکمل بر سطوح هورمون‌ها معنی‌دار نبود ($p>۰/۰۵$). تنش گرمایی سبب افزایش معنی‌دار سطوح کورتیزول، T3 و T4 شد، اما سطح انسولین را کاهش داد. تنش گرمایی تعداد سلول‌های سفید خون و لنفوسیت‌ها را کاهش داد، اما نوتروفیل، هماتوکریت و ویسکوزیته خون را افزایش داد ($p<۰/۰۵$). مکمل روی-متیونین ویسکوزیته خون را کاهش داد ($p<۰/۰۵$). اثر متقابل بین تنش و مکمل در ویسکوزیته خون معنی‌دار بود. تنش گرمایی سبب افزایش معنی‌دار سطح پلاسمایی مالون دی آلدئید شد و مکمل روی-متیونین آن را کاهش داد. مکمل روی-متیونین تاثیر معنی‌داری بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، هورمون‌های مرتبط با متابولیسم و فراسنجه‌های خونی به‌جز ویسکوزیته خون نداشت ($p>۰/۰۵$). تفاوت معنی‌داری بین دوز ٦٧ و ۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم برای فراسنجه‌های اندازه‌گیری شده مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$).

بحث و نتیجه گیری: در اسب‌های تحت تنش گرمایی افزودن مکمل روی-متیونین به جیره هیچ تاثیری بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، هورمون‌های مرتبط با متابولیسم و فراسنجه‌های خونی به‌جز مالون دی آلدئید و ویسکوزیته خون نداشت. مکمل روی-متیونین با دوز ٦٧ میلی‌گرم روی از روی متیونین در هر کیلوگرم می‌تواند اثرات منفی تنش گرمایی بر سطح مالون دی آلدئید و ویسکوزیته خون در اسب‌ها را کاهش دهد.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
aasdghi@iau.ir
aasdghi@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱ اردیبهشت ۱٤۰۵
تاریخ داوری: ۲ خرداد ۱٤۰۵
تاریخ اصلاح: ٤ مرداد ۱٤۰۵
تاریخ پذیرش: ۱٤ شهریور ۱٤۰۵

[Downloaded from journalaer.com on 2026-11-27]

مقدمه

اسب‌ها در فصول گرم و مناطق گرمسیری در معرض تنش گرمایی قرار می‌گیرند و به‌دلیل افزایش سرعت متابولیسم، غلظت رادیکال‌های آزاد در سلول‌ها و بافت‌های بدن افزایش می‌یابد (۱). غلظت بالای این مواد مضر است و سبب آسیب به بافت‌ها و کاهش عملکرد اسب در مسابقات می‌شود (۲). تنش مسابقه و تنش گرمایی، تأثیر منفی مضاعفی بر سلامت دارد و ممکن است به بافت‌ها و سلول‌ها، از جمله بافت عضلانی و سلول‌های کبدی، آسیب برساند (۳). گزارش شده است که این عوامل تنش‌زا اثرات فیزیولوژیکی نامطلوبی دارند، به‌ویژه افزایش غلظت کورتیزول خون که می‌تواند اسب‌ها را در برابر بیماری‌های عفونی حساس کند (۴). یکی از راهکارهای کاهش اثرات نامطلوب فعالیت عضلانی، به‌ویژه در شرایط نامساعد دمایی، استفاده از مواد آنتی‌اکسیدانی در جیره غذایی حیوانات است (۵). روی به‌دلیل نقش آن در ساختار و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و اثرات آن بر بیان ژن‌های مقاومت به گرما، مورد توجه محققان قرار گرفته است (۶). شورای تحقیقات ملی، حداقل نیاز روی برای اسب‌ها را ۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن متابولیکی در روز توصیه کرده است (۷). یکی از عوامل مهم تعیین‌کننده مقدار مورد نیاز مکمل روی، شرایط خاک و غلظت روی در گیاهان منطقه است (۸). ایران در منطقه‌ای از جهان واقع شده است که بیشتر خاک‌ها و گیاهان آن به شدت از نظر روی کمبود دارند (۹). یک مطالعه جالب گزارش داد که مقدار روی در خاک‌های ایران معمولاً کمتر از ۰/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک است، درحالی‌که در شرایط مطلوب، مقدار آن باید بیش از ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم باشد (۱۰). بنابراین، افزودن روی به جیره غذایی حیوانات ضروری است، زیرا مطالعات متعددی اثرات مفید مکمل روی را بر تولید و تولیدمثل حیوانات نشان داده‌اند (۱۱، ۱۲). یکی از مکمل‌های روی که در فرمولاسیون جیره استفاده می‌شود، شکل معدنی روی، مانند سولفات روی است، اما زیست‌فراهمی و جذب آن کم است (۱۳). امروزه، روند رو به رشدی به سمت استفاده از اشکال آلی روی، مانند مکمل‌های روی- متیونین وجود دارد (۱۴). مطالعات متعددی در مورد اثرات مکمل آلی روی در شرایط تنش و بدون تنش بر شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی، فراسنجه های تولیدمثلی و فعالیت سیستم ایمنی در حیوانات پرورشی انجام شده است (۱۵، ۶). مکمل روی-متیونین برای بهبود سلامت و ساختار سم در اسب‌ها توصیه شده است (۱۶). در مقالات، اطلاعات محدودی در مورد اثرات مکمل‌های آلی روی در جیره غذایی اسب‌ها بر شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی، هورمون‌های مرتبط با متابولیسم و فراسنجه های خونی، به‌ویژه در شرایط تنش گرمایی، وجود دارد. بنابراین، هدف از مطالعه حاضر ارزیابی اثرات مکمل روی-متیونین بر شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی پلاسما، هورمون‌های مرتبط با متابولیسم و فراسنجه‌های هماتولوژی اسب‌های در معرض تنش گرمایی بود.

مواد و روش‌ها

مکان و زمان اجرای آزمایش: این مطالعه در تابستان ۱۴۰۴ در مجتمع پرورش اسب فریزین (محمدشهر، ایران)، آزمایشگاه رازی و آزمایشگاه دامپزشکی دامگستر (شهریار، ایران) انجام شد. مجتمع اسب فریزین دارای ۸۷ اسب فریزین بود که از بین آنها ۳۰ اسب ماده (۵/۳±۱ سال سن و ۴۰±۶۰۰ کیلوگرم وزن بدن) انتخاب شدند. اسب‌ها در مکانی آفتابی با فضای کافی برای پیاده‌روی و استراحت نگهداری می‌شدند. اصطبل دارای آخور و کف قابل شستشو بود. در طول تابستان، دمای هوا حداقل به‌مدت ۴ ساعت از ساعت ۱۱ صبح تا ۳ بعد از ظهر بالای ۳۸ درجه سلسیوس بود و اسب‌هایی که در محفظه‌های باز یا بسته نگهداری می‌شدند، در معرض شاخص دما رطوبت ۵۲ درجه قرار می‌گرفتند که نشان‌دهنده وقوع تنش گرمایی بود (۲). این مجموعه دارای جایگاه‌های بسته با پنکه‌های قوی و مه‌پاش بود و امکان تأمین دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد در اوج گرما وجود داشت که گروه کنترل منفی در این شرایط نگهداری شدند. در طول آزمایش، شاخص‌های تنش گرمایی شامل دمای رکتوم، ضربان قلب و تعداد تنفس در دقیقه ثبت شد. مکمل روی- متیونین (Zinpro, Edina, MN, USA) مورد استفاده در این مطالعه از شرکت سنادام پارس خریداری شد. این مکمل حاوی ۱۰ درصد روی و ۲۰ درصد متیونین بود و مقدار مورد نیاز برای هر گروه با محاسبه تعیین شد. برای کاهش خطای احتمالی، متیونین به جیره غذایی گروه کنترل و گروهی که مکمل روی-متیونین کمتری دریافت کرده بودند، اضافه شدو همه گروه‌ها به یک میزان متیونین دریافت کردند.

گروه‌های آزمایشی: در یک آزمایش فاکتوریل ۳×۲ بر پایه طرح کاملاً تصادفی، از ۳۰ اسب فریزین استفاده شد. دو سطح تنش اعمال شد: ۱) بدون تنش: ۱۵ اسب در یک اصطبل بسته با دمای ۲۸ درجه سانتیگراد نگهداری شدند؛ ۲) با تنش گرمایی: ۱۵ اسب به مدت ۴ ساعت در روز در یک فضای باز با دمای ۳۸ درجه سلسیوس و بقیه زمان در یک اصطبل بسته نگهداری شدند. سه سطح مکمل روی- متیونین استفاده شد: ۱) بدون مکمل، ۲) ۶۷ میلی‌گرم روی از روی- متیونین در هر کیلوگرم جیره، و ۳) ۱۲۰ میلی‌گرم روی از روی- متیونین در هر کیلوگرم جیره. سطوح روی متیونین مورد استفاده در این مطالعه بر اساس انجمن تحقیقات ملی بود (۷).

[Downloaded from journalaer.com on 2026-11-27]

نمونه‌برداری: در مرحله اول، دو هفته برای سازگاری اسب‌ها با شرایط در نظر گرفته شد و نمونه‌گیری خون از اسب‌ها در سالن سرپوشیده دارای تهویه و در سالن دارای فضای باز برای تعیین اثربخشی شرایط دمایی و ایجاد تنش گرمایی انجام شد. پس از دوره سازگاری و در روزهای ۱۵ و ۱۶، دمای رکتوم، ضربان قلب و تعداد تنفس در دقیقه اسب‌ها اندازه‌گیری و بین اسب‌ها در سالن سرپوشیده و فضای باز مقایسه شد. در روز ۱۶ از اسب‌ها نمونه خون گرفته شد تا سطح پایه صفات مورد مطالعه در خون تعیین شود. در مرحله دوم، اسب‌ها به‌مدت سه هفته با یا بدون مکمل روی-متیونین تغذیه شدند و در روز ۳۷، نمونه‌گیری خون از طریق ورید وداج انجام شد. نمونه خون (۲۰ میلی‌لیتر) با یک سرنگ ۲۰ میلی‌لیتری و یک سوزن شماره ۲۹ جمع‌آوری شد، سپس ۱۰ میلی‌لیتر در یک لوله استریل حاوی هپارین ریخته شد تا پلاسما جدا شود. پلاسما از هر نمونه با استفاده از سانتریفیوژ با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه جدا شد. بخش دیگری از نمونه خون (۱۰ میلی‌لیتر) برای اندازه‌گیری فراسنجه های هماتولوژیک در یک لوله استریل حاوی سیترات سدیم ریخته شد. اندازه‌گیری‌ها شامل: تعداد گلبول‌های سفید خون (WBC)، تعداد گلبول‌های قرمز خون (RBC)، نوع لکوسیت، هموگلوبین، هماتوکریت و ویسکوزیته بود.

آنالیز شیمیایی: مالون دی آلدئید (MDA) با روش Nielsen و همکاران، اندازه‌گیری شد (۱۷). ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل (TAC) با روش کاهش رادیکال‌های آزاد ۲-دی فنیل-۱-پیکریل هیدرازیل و طبق روش Brand-Williams و همکاران، اندازه‌گیری شد (۱۸). فعالیت سوپراکسید دیسموتاز (SOD) با روش Misra و همکاران، با اندازه‌گیری خود اکسیداسیون اپی نفرین به آدرنوکروم اندازه‌گیری شد (۱۹). فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز (Gpx) با روش Paglia و Valentin اندازه‌گیری شد (۲۰). غلظت تیروکسین (T4) و تری یدوتیرونین (T3) در پلاسما با استفاده از کیت الیزا (T4 ELISA Abnova، KA4013، تایپه، تایوان) و کیت (T3 ELISA Abnova، KA0925، تایپه، تایوان) اندازه‌گیری شد. کورتیزول خون با استفاده از کیت الایزا (K7430-100) از شرکت Abnova (تایپه، تایوان) اندازه‌گیری شد. انسولین پلاسما با استفاده از کیت الایزای تجاری بهینه شده برای اسب (Mercodia Equine Insulin ELISA، Mercodia AB، تایپه، تایوان) تعیین شد.

آنالیز آماری: تجزیه و تحلیل داده‌ها به‌صورت آزمون فاکتوریل ۳×۲ بر پایه طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد. برای ارزیابی نرمال بودن داده‌ها قبل از تجزیه واریانس، از آزمون Shaapiro-Wilk استفاده شد. میانگین‌ها با استفاده از آزمون Tukey با سطح احتمال ۵٪ مقایسه شدند (۲۱).

نتایج

اثرات تنش گرمایی و مکمل روی- متیونین بر شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی در جدول ۱ گزارش شده است. تنش گرمایی سبب افزایش ($p<۰/۰۰۱$) غلظت مالون دی آلدئید و فعالیت آنزیم‌های سوپر اکسید دیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز شد، اما ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل را کاهش داد. مکمل روی- متیونین سبب کاهش ($p<۰/۰۰۱$) غلظت مالون دی آلدئید شد، اما هیچ تاثیری بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز نداشت. اثر متقابل بین تنش و مکمل در فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز معنی‌دار بود.

جدول ۱: اثرات تنش گرمایی و مکمل روی-متیونین بر عوامل آنتی‌اکسیدانی در پلاسمای خون اسب‌ها

Table 1: The effects of heat stress and zinc-methionine supplement on the antioxidant factors in the plasma of horses

Parameters	Main factors					SEM	p values		
	Heat stress		Zinc from zinc-methionine						
	No	Yes	0	67 mg/kg	120 mg/kg		Stress	Supplement	Interaction
MDA [1] (nmol/ml)	4.19 [b]	7.65 [a]	6.33 [a]	5.83 [b]	5.60 [b]	0.159	0.001	0.001	0.201
TAC [2] (mmol/ml)	223.5 [a]	184.3 [b]	198.5	204.9	208.4	8.17	0.001	0.386	0.352
SOD [3] (U/mg protein)	3.53 [b]	5.74 [a]	4.55	4.57	4.79	0.072	0.001	0.287	0.062
Gpx [4] (U/mg protein)	2.43 [b]	39.5 [a]	3.13	3.12	3.15	0.058	0.001	0.956	0.015

[a, b] Means within a row with different superscripts are significantly different (P<0.05). 1, malondialdehyde; 2, total antioxidant capacity; 3, superoxide dismutase; 4, glutathione peroxidase

درج حروف متفاوت در هر ردیف بیانگر تفاوت معنی‌دار می‌باشد ($P<۰/۰۵$).

اثر اصلی تنش بر سطوح انسولین، کورتیزول، T3 و T4 معنی‌دار بود (جدول ۲)، اما اثر مکمل و اثر متقابل بین تنش و مکمل بر سطوح هورمون‌ها معنی‌دار نبود. تنش گرمایی سبب افزایش معنی‌دار سطوح کورتیزول، T3 و T4 شد، اما سطح انسولین را کاهش داد.

[Downloaded from journalaer.com on 2026-11-27]

جدول ۲: اثرات تنش گرمایی و مکمل روی- متیونین بر هورمون‌های مرتبط با متابولیسم در پلاسمای خون اسب‌ها

Table 2: The effects of heat stress and zinc-methionine supplement on the metabolism-related hormones in plasma of horses

Parameters	Main factors					SEM	p values		
	Heat stress		Zinc from zinc-methionine						
	No	Yes	0	67 mg/kg	120 mg/kg		Stress	Supplement	Interaction
Insulin (IU/ml)	4.52 [a]	3.47 [b]	3.97	4.05	3.96	0.127	0.001	0.727	0.0655
Cortisol (mmol/ml)	2.62 [b]	4.83 [a]	3.76	3.65	3.77	0.096	0.001	0.395	0.294
T3 (nmol/l)	1.41 [a]	0.93 [b]	1.18	1.17	1.15	0.030	0.001	0.633	0.523
T4 (nmol/l)	29.86 [a]	25.33 [b]	27.70	28.05	27.06	0.477	0.001	0.146	0.111

[a, b] Means within a row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

درج حروف متفاوت در هر ردیف بیانگر تفاوت معنی‌دار می‌باشد (P<۰/۰۵).

تنش گرمایی تعداد گلبول‌های سفید خون و لنفوسیت‌ها را کاهش داد، اما نوتروفیل، هماتوکریت و ویسکوزیته خون را افزایش داد (جدول ۳). مکمل روی-متیونین ویسکوزیته خون را کاهش داد. اثر متقابل بین تنش و مکمل فقط در ویسکوزیته خون معنی‌دار بود.

جدول ۳: اثرات تنش گرمایی و مکمل روی-متیونین بر فراسنجه های هماتولوژیک اسب‌ها

Table 3: The effects of heat stress and zinc-methionine supplement on the hematological parameters of horses

Parameters	Main factors					SEM	p values		
	Heat stress		Zinc from zinc-methionine						
	No	Yes	0	67 mg/kg	120 mg/kg		Stress	Supplement	Interaction
RBC * (10^{12}/l)	10.05	10.41	10.21	10.19	10.30	0.264	0.123	0.913	0.760
WBC ** (10^{9}/l)	7.40 [a]	7.04 [b]	7.26	7.11	7.30	0.093	0.005	0.151	0.142
Lymphocyte (%)	45.33 [a]	42.04 [b]	43.00	44.00	43.00	1.209	0.005	0.468	0.462
Neutrophil (%)	50.00 [b]	52.66 [a]	51.51	51.00	51.64	1.202	0.018	0.892	0.468
Hemoglobin (%)	14.34	14.17	14.11	14.41	14.24	0.532	0.704	0.856	0.954
Hematocrit (%)	40.33 [b]	45.00 [a]	44.15	42.29	43.21	1.312	0.001	0.106	0.687
Viscosity (mPa)	1.38 [b]	1.48 [a]	1.47 [a]	1.42 [b]	1.41 [b]	0.017	0.001	0.009	0.008

[a, b] Means within a row with different superscripts are significantly different (P<0.05). *, RBC: red blood cells; **, white blood cells

عدم درج حروف در هر ردیف بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار می‌باشد (P>۰/۰۵).

بحث

در بدن موجودات زنده، ۵۱ نوع آنزیم شناسایی شده است که برای فعالیت و عملکرد طبیعی به روی نیاز دارند (۲۲). روی یک ماده معدنی کمیاب و دومین عنصر ضروری کمیاب در بدن پس از آهن است. از آن‌جایی‌که بدن نمی‌تواند این عنصر را به مقدار زیاد ذخیره کند، مصرف روزانه آن در جیره غذایی ضروری است و لازم است روزانه در جیره غذایی حیوانات استفاده شود (۲۳). در شرایط تنش‌زا، نیاز به این عنصر افزایش می‌یابد زیرا فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی بدن، برای مقابله با عوامل اکسیدکننده و مخرب، باید افزایش یابد (۲۴). تأمین این عنصر از منابع گیاهی و معدنی با مشکلاتی مواجه است، بنابراین تأمین این عنصر از طریق مکمل‌های معدنی به‌ویژه نوع آلی آن باید مورد توجه قرار گیرد (۱۳). هدف از این آزمایش بررسی تأثیر مکمل غذایی روی-متیونین بر شاخص‌ها و هورمون‌های آنتی‌اکسیدانی و فراسنجه های هماتولوژی در اسب‌های تحت تنش گرمایی بود. در اسب‌هایی که در معرض تنش گرمایی قرار داشتند، سطح مالون دی آلدئید افزایش یافت که نشان‌دهنده وضعیت تنش اکسیداتیو است. افزودن مکمل روی-متیونین سطح مالون‌دی‌آلدئید را کاهش‌داد و افزایش‌دوز روی-متیونین‌هیچ تاثیری بر این روند نداشت. در توافق با یافته‌های مطالعه حاضر، Salem و همکاران، گزارش دادند اسب‌هایی که مکمل روی دریافت می‌کردند، کاهش معنی‌داری در سطح مالون دی آلدئید سرم و بافت داشتند (۲۵). کاهش سطح مالون دی آلدئید در گروه‌های تحت تنش که مکمل روی- متیونین دریافت کردند، به نقش آنتی‌اکسیدانی روی نسبت داده می‌شود. روی می‌تواند تشکیل رادیکال‌های آزاد و پراکسیداسیون لیپید را با مکانیسم دفاعی آنتی‌اکسیدانی ذاتی خود با کمک گلوتاتیون پراکسیداز و تیوردوکسین ردوکتاز کاهش دهد (۲۶، ۲۷). ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل در اسب‌های تحت‌تنش گرمایی کاهش یافت و مکمل روی-متیونین تمایل به افزایش این فراسنجه داشت. کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در اسب‌های تحت تنش نشان می‌دهدکه ترکیبات آنتی‌اکسیدانی بدن در طول تنش کاهش می‌یابند (۲۸، ۲۵). افزایش‌فعالیت سوپراکسید دیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز

[Downloaded from journalaer.com on 2026-11-27]

در پلاسمای خون اسب‌های تحت تنش نشان داد که غلظت رادیکال‌های آزاد افزایش یافته و باعث می‌شود آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی سریع‌تر عمل کنند. این یافته با گزارش Zang و همکاران، که دریافتند فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در طول تنش افزایش می‌یابد (۲۹)، مطابقت دارد. اثر اصلی مکمل روی- متیونین بر فعالیت سوپراکسید دیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز معنی‌دار نبود. این یافته با نتایج Jamei و همکاران، که دریافتند فعالیت سوپراکسید دیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز با افزودن مکمل روی- متیونین به جیره غذایی موش‌ها افزایش می‌یابد (۳۰)، در تضاد بود. اثر متقابل تنش و مکمل بر فعالیت این دو آنزیم تمایل به معنی‌دار بودن داشت. این بدان معناست که در شرایط تنش گرمایی، افزودن مکمل روی- متیونین فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را بهبود می‌بخشد. روی کوفاکتور آنزیم سوپراکسیددیسموتاز است که آنزیم آنتی‌اکسیدانی اصلی است و نقش کلیدی در خنثی کردن رادیکال‌های آزاد دارد. همچنین، فعالیت سوپراکسید دیسموتاز می‌تواند با افزایش دادن غلظت گلوتاتیون، پراکسیداسیون لیپیدهای غشای سلولی را مهار کند (۳۱). در مطالعه حاضر، اسب‌هایی که تحت تنش گرمایی بودند، انسولین در گردش خون کمتری نسبت به اسب‌هایی که در شرایط عادی بودند، داشتند. نتایج اخیر با یافته‌های Rhoads و همکاران، که گزارش دادند تنش گرمایی منجر به افزایش انسولین در گردش خون می‌شود (۳۲)، مغایرت دارد. مطابق با یافته‌های این تحقیق، مطالعات نشان داده‌اند که تنش گرمایی سبب کاهش انسولین در گردش خون می‌شود (۳۳، ۳۴). اختلافاتی بین مطالعات وجود دارد که ممکن است مربوط به مدت زمان تنش گرمایی، سن و گونه‌های حیوانی باشد. گزارش شده است که تنش گرمایی بیان ژن پروتئین‌های شوک حرارتی را افزایش می‌دهد و این پروتئین‌ها می‌توانند حساسیت و سیگنال دهی انسولین را در حیوانات پرورشی افزایش دهند (۳۲). هیچ مطالعه‌ای در منابع علمی در دسترس در مورد تأثیر مکمل روی بر ترشح و آزادسازی انسولین در اسب‌ها یافت نشد. مطالعات در انسان و موش نشان داده است که مکمل روی، سیگنال دهی انسولین را بهبود می‌بخشد و هیچ تاثیری بر آزادسازی انسولین ندارد(۳۴، ۳۵). براساس نتایج، تنش گرمایی سبب افزایش کورتیزول در گردش خون شد و مکمل روی هیچ تأثیر معنی‌داری بر سطح کورتیزول پلاسما نداشت. در اسب‌ها، مانند بسیاری از پستانداران دیگر، گلوکوکورتیکوئید کورتیزول یک واسطه مرکزی و نشانگر پاسخ به تنش است (۳۶). تنش گرمایی سبب فعال شدن محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-آدرنال و شروع پاسخ فاز حاد می‌شود. فعال شدن این محور و پاسخ پروتئین فاز حاد منجر به تولید هورمون کورتیزول و پروتئین‌های فاز حاد می‌شود که در آبشار واکنش‌های دخیل در پاسخ به تنش حاد و التهاب نقش دارند (۳۷). نتایج مطالعه حاضر در مورد تأثیر مکمل روی بر غلظت انسولین خون با یافته‌های قبلی مغایرت دارد. مطالعه‌ای نشان داد که مکمل روی به طور حاد و گذرا ترشح کورتیزول آدرنال را در انسان مهار می‌کند (۳۸). در مطالعه دیگری، سطح کورتیزول با مکمل روی به طور معنی‌داری کاهش یافت (۳۹). اختلافات بین مطالعات ممکن است مربوط به مدت زمان تنش گرمایی، گونه‌های مورد بررسی و نوع مکمل روی باشد. نتایج ما با بسیاری از مطالعات که گزارش دادند تنش گرمایی هورمون‌های تیروئید را افزایش می‌دهد (۴۰، ۴۱، ۴۲)، مطابقت دارد. به طور معمول، حیوانات خونگرم با کاهش ترشح هورمون تیروئید به دمای محیط پاسخ می‌دهند (۴۰). مکمل روی در مطالعه اخیر هیچ تأثیر معنی‌داری بر هورمون‌های تیروئید نداشت. برخلاف یافته حاضر، Maxwell و همکاران، گزارش دادند که مکمل روی سبب افزایش هورمون‌های تیروئید می‌شود (۴۳). مطالعه دیگری نشان داد که هیچ ارتباطی بین مکمل روی و غلظت هورمون تیروئید وجود ندارد (۴۴). کاهش تعداد گلبول‌های سفید خون و افزایش نوتروفیل‌ها در گروه تحت تنش گرمایی احتمالاً به‌دلیل اثر سرکوب‌کننده سیستم ایمنی کورتیزول بوده‌است. افزایش قابل توجه ویسکوزیته و هماتوکریت در گروه تحت تنش گرمایی احتمالاً می‌تواند به‌دلیل افزایش غلظت خون پس از دهیدراتاسیون احتمالی ناشی از تنش گرمایی باشد. این یافته‌ها با برخی مطالعات (۴۵) مطابقت دارد. محتمل‌ترین توضیح برای این نتایج، وقوع غلظت خون ناشی از تنش گرمایی است. قرارگرفتن اسب‌ها در معرض شرایط محیطی گرم سبب افزایش قابل توجه گردش آب در بدن می‌شود (۴۶). در کار حاضر، مکمل روی سبب کاهش ویسکوزیته خون شد. مطابق با نتیجه اخیر، یک مطالعه نشان داد که مکمل روی سبب کاهش قابل توجه ویسکوزیته خون می‌شود (۴۷). شواهدی وجود دارد که نشان می دهد بین غلظت پایین روی سرم و ویسکوزیته بالای خون در انسان، به‌دلیل افزایش سفتی سلول‌های قرمز، ارتباط وجود دارد (۴۸).

نتیجه گیری: در اسب های تحت تنش گرمایی افزودن مکمل روی-متیونین به جیره هیچ تاثیری بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، هورمون‌های مرتبط با متابولیسم و فراسنجه‌های خونی به‌جز مالون دی آلدئید و ویسکوزیته خون نداشت. مکمل روی- متیونین با دوز ۶۷ میلی‌گرم روی از روی متیونین در هر کیلوگرم می‌تواند اثرات منفی تنش گرمایی بر سطح مالون دی آلدئید و ویسکوزیته خون در اسب‌ها را کاهش دهد. افزودن مکمل روی- متیونین سطح مالون دی آلدئید پلاسما و ویسکوزیته خون را کاهش داد. هیچ تفاوتی بین دوز ۶۷ و ۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده نشد، بنابراین دوز ۶۷ میلی‌گرم روی از روی-متیونین درهر کیلوگرم جیره توصیه می‌شود.

[Downloaded from journalaer.com on 2026-11-27]

تشکر و قدردانی

از معاونت محترم پژوهش و فناوری واحد علوم و تحقیقات به جهت تصویب و در اختیار قراردادن امکانات آزمایشگاه رازی برای انجام این تحقیق تشکر می‌شود. از مجموعه پرورش اسب فریزین پارت، آقای مهندس مجتبی احمدی و آقای دکتر مهرآذین مدیریت و دامپزشک مجموعه و آقای رضایی و خانم حسنی مهترهای باشگاه که امکانات فارمی و نمونه‌گیری تهیه کردند تشکر می‌شود. از آزمایشگاه دامپزشکی دامگستر که در آنالیز هماتولوژی کمک کردند تشکر می‌شود. این مقاله مستخرج از رساله دانشجوی دوره دکتری تخصصی واحد علوم و تحقیقات (آقای احمد میری) می‌باشد.

تعارض منافع: نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ تضاد منافعی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند.

منابع

1. **Budzyńska, M., 2014.** Stress reactivity and coping in horse adaptation to environment. *Journal of Equine Veterinary Science*. 34(8): 935-941. doi: 10.1016/j.jevs.2014.05.010
2. **Kang, H., Zsoldos, R.R., Sole-Guitart, A., Narayan, E., Cawdell-Smith, A.J. and Gaughan, J.B., 2023.** Heat stress in horses: a literature review. *International Journal of Biometeorology*. 67(6): 957-973. doi: 10.1007/s00484-023-02467-7
3. **Geor, R.J. and McCutcheon, L.J., 1998.** Hydration effects on physiological strain of horses during exercise heat stress. *Journal of Applied Physiology*. 84(6): 2042-2051. doi: 10.1152/jappl.1998.84.6.2042
4. **Meleiro, M.C.Z., de Carvalho, H.J.C., Ribeiro, R.R., da Silva, M.D., Gomes, C.M.S., Miglino, M.A. and de Santis Prada, I.L., 2022.** Immune functions alterations due to racing stress in thoroughbred horses. *Animals*. 12(9): 1203. doi: 10.3390/ani12091203
5. **Garcia, E.I.C., Elghandour, M.M., Khusro, A., Alcala Canto, Y., Tirado-González, D.N., Barbabosa-Pliego, A. and Salem, A.Z., 2022.** Dietary supplements of vitamins E, C, and β-carotene to reduce oxidative stress in horses: an overview. *Journal of Equine Veterinary Science*. 110: 103863. doi: 10.1016/j.jevs.2022.103863
6. **Deride, C., Chihuailaf, R., Arnés, V., Morán, G. and Uberti, B., 2023.** Relationship between selenium, copper, zinc and their biomarkers in blood and skeletal muscle tissue in adult horses from southern Chile. *Journal of Equine Veterinary Science*. 128: 104881. doi: 10.1016/j.jevs.2023.104881
7. **National Research Council, 2007.** Nutrient requirements of horses: 6th ed. Washington, D.C.: The National Academies Press.
8. **Hill, G.M. and Shannon, M.C., 2019.** Copper and zinc nutritional issues for agricultural animal production. *Biological Trace Element Research.* 188(1): 148-159. doi: 10.1007/s12011-018-1578-5
9. **Karimian, N., Hoseinpour A. and Moafpouryan, G.R., 1999.** Zinc adsorption characteristics of selected calcareous soils of Iran and their relationship with soil properties. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*. 30(11-12): 1721-1731. doi: 10.22069/jwsc.2018.15308.3054
10. **Malakouti, M.J., 2007.** Zinc is a neglected element in the life cycle of plants. *Middle Eastern and Russian Journal of Plant Science and Biotechnol*oy. 1(1): 1-12.
11. **Wagner, E.L., Potter, G.D., Gibbs, P.G., Eller, E.M., Scott, B.D., Vogelsang, M.M. and Walzem, R.L., 2011.** Copper and zinc balance in exercising horses fed 2 forms of mineral supplements. *Journal of Animal Science*. 89(3): 722-728. doi: 10.2527/jas.2010-2871
12. **Angeles-Hernandez, J.C., Miranda, M., Muñoz Benitez, A.L., Vieyra-Alberto, R., Morales-Aguilar, N., Paz, E.A. and Gonzalez-Ronquillo, M., 2021.** Zinc supplementation improves growth performance in small ruminants: A systematic review and meta-regression analysis. *Animal Production Science.* 61(7): 621-629. doi: 10.1071/AN20628
13. **Paßlack, N., van Bömmel-Wegmann, S., Vahjen, W. and Zentek, J., 2022.** Impact of dietary zinc chloride hydroxide and zinc methionine on the faecal microbiota of healthy adult horses and ponies. *Journal of Equine Veterinary Science*. 110: 103804. doi: 10.1016/j.jevs.2021.103804
14. **Stanek, M., Jaworski, Z., Sobotka, W., Lipinski, K. and Olenkowicz, R., 2016.** Influence of an organic supplement of copper, zinc and manganese in feed rations on concentrations of these elements in the coat of Polish Konik horses. *Journal of Elements.* 21(2): 12-18. doi: 10.5601/jelem.2015.20.1.914
15. **Pagan, J.D., 2000.** Micromineral requirements in horses. *World Equine Veterinary*. 5: 15-21. doi: 10.1034/AN20628
16. **Noormohammady, Z., Chamani, M. and Khodae, H.R., 2018.** Effect of zinc on integrity of horse hoof. *Research in Agriculture and Veterinary Science.* 2: 17-23. doi: 10.2527/ravs.2010-2832
17. **Nielsen, F., Mikkelsen, B.B., Nielsen, J.B., Andersen, H.R. and Grandjean, P., 1997.** Plasma malondialdehyde as biomarker for oxidative stress: reference interval and effects of life-style factors. *Clinical Chemistry*. 43(7): 1209-1214. doi: 10.1007/s12911-028-1518-7

[Downloaded from journalaer.com on 2026-11-27]

18. **Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C.L. W.T., 1995.** Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*. 28(1): 25-30.

19. **Misra, H.P. and Fridovich, I., 1977.** Superoxide dismutase: a photochemical augmentation assay. *Archivein Biochemistry and Biophysics.* 181(1): 308-312. doi: 10.1515/abb-1977-0223

20. **Paglia, D.E. and Valentine, W.N., 1967.** Studies on the quantitative and qualitative characterization of erythrocyte glutathione peroxidase. *Journal of Laboratory Clinical Medicine*. 70(1): 158-169.

21. **Steel, R.G. and Torrie J.H., 1986.** Principles and procedures of statistics: a biometrical approach. New York, NY, USA: McGraw-Hill. USA.

22. **Lipscomb, W.N. and Sträter, N., 1996.** Recent advances in zinc enzymology. *Chemistry Review*. 96(7): 2375-2434.

23. **Sloup, V., Jankovská, I., Nechybová, S., Peřinková, P. and Langrová, I., 2017.** Zinc in the animal organism: A review. *Agricultural Biochemistry*. 48(1): 13-21. doi: 10.1515/sab-2017-0003

24. **van Bömmel-Wegmann, S.V., Gehlen, H., Barton, A.K., Büttner, K., Zentek, J. and Paßlack, N., 2023.** Zinc status of horses and ponies: relevance of health, horse type, sex, age, and test material. *Veterinary Science.* 10: 112-117. doi: 10.3390/vetsci10040295

25. **Salem, N.Y., Gonzzalez, L. and El-Sherif, M.A., 2015.** Malondialdehyde status, trace minerals and hematologic results of anemic-T. equi infected Egyptian horses. *International Journal of Veterinary Science.* 4(3): 118-123. doi: 10.4390/ijvs-622-0124

26. **Draper, H.H. and Hadley, M., 1990.** Malondialdehyde determination as index of lipid Peroxidation. In Methods in enzymology. 186: 421-431. Academic press.

27. **Marreiro, D.D.N., Cruz, K.J.C., Morais, J.B.S., Beserra, J.B., Severo, J.S. and De Oliveira, A.R.S., 2017.** Zinc and oxidative stress: current mechanisms. *Antioxidants.* 6(2): 24. doi: 10.3390/antiox6020024

28. **Bottegaro, N.B., GotiÄ, J., Suran, J., BroziÄ, D., Klobucar, K., BojaniÄ, K. and Vrbanac, Z., 2018.** Effect of prolonged submaximal exercise on serum oxidative stress biomarkers (d-ROMs, MDA, BAP) and oxidative stress index in endurance horses. *BMC Veterinary Research*. 14: 1-9. doi: 10.1186/s12917-018-1540-y

29. **Zeng, T., Li, J.J., Wang, D.Q., Li, G.Q., Wang, G.L. and Lu, L.Z., 2014.** Effects of heat stress on antioxidant defense system, inflammatory injury, and heat shock proteins of Muscovy and Pekin ducks: evidence for differential thermal sensitivities. *Cell Stress Chaprons*. 19(6): 895-901. doi: 10.1007/s12192-014-0514-7

30. **Jamei, M., Sadeghi, A.A. and Chamani, M., 2023.** Dose–responses of zinc as zinc–methionine supplements on antioxidant status, hematological parameters, immune response and the expression of IL-4 and IL-6 genes of ewes in the hot season. *Animal Biotechnology*. 34(9): 4860-4868. doi: 10.1080/10495398.2023.2200428

31. **Salgueiro, M.J., Zubillaga, M., Lysionek, A., Sarabia, M.I., Caro, R., De Paoli, T. and Boccio, J., 2000.** Zinc as an essential micronutrient: a review. *Nutrition Research*. 20(5): 737-755. doi:10.1016/S0271-5317(00)00163-9

32. **Rhoads, R.P., Baumgard, L.H., Suagee, J.K. and Sanders, S.R., 2013.** Nutritional interventions to alleviate the negative consequences of heat stress. *Advance Nutrition*. 4(3): 267-276. doi: 10.3945/an.112.003376

33. **Pearce, S.C., Fernandez, M.V.S., Torrison, J., Wilson, M.E., Baumgard, L.H. and Gabler, N.K., 2015.** Dietary organic zinc attenuates heat stress--induced changes in pig intestinal integrity and metabolism. *Journal of Animal Science*. 93(10): 101-106. doi: 10.2527/jas.2015-9018

34. **Ganesan, S., Summers, C.M., Pearce, S.C., Gabler, N.K., Valentine, R.J., Baumgard, L.H. and Selsby, J.T., 2017.** Short-term heat stress causes altered intracellular signaling in oxidative skeletal muscle. *Journal of Animal Science*. 95(6): 2438-2451. doi: 10.2527/jas.2016.1233

35. **Rutter, G.A., Chabosseau, P., Bellomo, E.A., Maret, W., Mitchell, R.K., Hodson, D.J. and Hu, M., 2016.** Intracellular zinc in insulin secretion and action: a determinant of diabetes risk? *Proceeding of Nutrition Society*. 75(1): 61-72. doi: 10.1017/S0029665115003237

36. **de Bruijn, R. and Romero, L.M., 2018.** The role of glucocorticoids in the vertebrate response to weather. *General Compound and Endocrinology*. 269: 11-32. doi: 10.1016/j.ygcen.2018.07.007

37. **Arfuso, F., Rizzo, M., Perillo, L., Arrigo, F., Giudice, E., Piccione, G., Faggio, C. and Monteverde, V., 2025.** The effect of ambient temperature, relative humidity, and temperature–humidity index on stress hormone and inflammatory response in exercising adult standardbred horses. *Animals*. 15(10): 1436. doi: 10.3390/ani15101436

38. **Brandao-Neto, J., De Mendonca, B.B., Shuhama, T., Marchini, J.S., Pimenta, W.P. and Tornero, M.T.T., 1990.** Zinc acutely and temporarily inhibits adrenal cortisol secretion in humans: a preliminary report. Biol. *Trace Element Research*. 24(1): 83-89. doi: 10.1007/BF02789143

39. **Kumar, N., Krishnani, K.K., Kumar, P. and Singh, N.P., 2017.** Zinc nanoparticles potentiate thermal tolerance and cellular stress protection of *Pangasius hypophthalmus* reared under multiple stressors. *Journal of Thermal Biology*. 70: 61-68. doi: 10.1016/j.jtherbio.2017.10.003

[Downloaded from journalaer.com on 2026-11-27]

40. **Sejian, V., Bhatta, R., Gaughan, J.B., Dunshea, F.R. and Lacetera, N., 2018.** Adaptation of animals to heat stress. *Animals*. 12(s2): s431-s444. doi: 10.1017/S1751731118001945

41. **Sharma, S., Ramesh, K., Hyder, I., Uniyal, S., Yadav, V.P., Panda, R.P. and Sarkar, M., 2013.** Effect of melatonin administration on thyroid hormones, cortisol and expression profile of heat shock proteins in goats (Capra hircus) exposed to heat stress. *Small Ruminant Research*. 112(1-3): 216-223. doi: 10.1016/J.SMALLRUMRES.2012.12.008

42. **Kahl, S., Elsasser, T.H., Rhoads, R.P., Collier, R.J. and Baumgard, L.H., 2015.** Environmental heat stress modulates thyroid status and its response to repeated endotoxin challenge in steers. *Domestic Animal Endocrinology*. 52: 43-50. doi: 10.1016/j.domaniend.2015.02.001

43. **Maxwell, C. and Volpe, S.L., 2007.** Effect of zinc supplementation on thyroid hormone function: A case study of two college females. *Annals Nutrition and Metabolism*. 51(2): 188-194. doi: 10.1159/000103324

44. **Beserra, J.B., Morais, J.B.S., Severo, J.S., Cruz, K.J.C., de Oliveira, A.R.S., Henriques, G.S. and do Nascimento Marreiro, D., 2021.** Relation between zinc and thyroid hormones in humans: a systematic review. *Biological Trace Element Research*. 199(11): 4092-4100. doi: 10.1007/s12011-020-02562-5

45. **Turini, L., Foggi, G., Mantino, A., Gasparoni, E., Vichi, F., Silvi, A. and Mele, M., 2025.** Changes in hematological and hematochemical parameters in lactating dairy sheep according to different pasture management and heat stress risk: A longitudinal study. *Veterinary Animal Science*. 27: 100419. doi: 10.1016/j.vas.2024.100419

46. **Malyar, R.M., Li, H., Liu, D., Abdulrahim, Y., Farid, R.A., Gan, F. and Chen, X., 2020.** Selenium/Zinc Enriched probiotics improve serum enzyme activity, antioxidant ability, inflammatory factors and related gene expression of Wistar rats inflated under heat stress. *Life Science*. 248: 117464. doi: 10.1016/j.lfs.2020.117464

47. **Heffernan, S.M., Horner, K., De Vito, G. and Conway, G.E., 2019.** The role of mineral and trace element supplementation in exercise and athletic performance: a systematic review. *Nutrients.* 11(3): 696. doi: 10.3390/nu11030696

48. **Khaled, S., Brun, J. F., Micallef, J.P., Bardet, L., Cassanas, G., Monnier, J.F. and Orsetti, A., 1997.** Serum zinc and blood rheology in sportsmen (football players). *Clinical Hemorrhage and Microcirculation*. 17(1): 47-58. doi: 10.1017/s14011-021-12162-6

[Downloaded from journalaer.com on 2026-11-27]