

تأثیر مصرف تارتاریک اسید بر برخی شاخص‌های التهابی، آسیب عضلانی و توان بی-هوازی مردان فوتبالیست جوان

مصطفی خانی[✉]، الهه پیرعلایی^۱، یاسر احمدزاده^۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۰۷

چکیده

۱- گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

✉ نویسنده مسئول:

khani_ms@tabrizu.ac.ir

۲- گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۳- گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

هدف: مصرف مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی می‌تواند در جلوگیری از آسیب‌های عضلانی و استرس اکسایشی ناشی از فعالیت ورزشی اثرگذار باشد. از این رو، در مطالعه حاضر، تأثیر یک وهله مصرف تارتاریک اسید بر برخی شاخص‌های التهابی، آسیب عضلانی و توان بی‌هوازی مردان فوتبالیست جوان بررسی گردید.

روش شناسی: ۲۴ نفر مرد فوتبالیست جوان (سن: $23/94 \pm 1/87$ سال؛ وزن: $74/37 \pm 5/77$ کیلوگرم و حداکثر اکسیژن مصرفی: $48/01 \pm 6/80$ میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه) به طور تصادفی به دو گروه همگن (از نظر VO_{2max}) مصرف تارتاریک اسید ($n=12$) و دارونما ($n=12$) به مقدار ۲۰ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن تقسیم شدند. نمونه‌های خونی ۲۴ ساعت قبل و نیز ۱۰ دقیقه و ۲۴ ساعت پس از اجرای آزمون رست اخذ شد. تحلیل داده‌های آماری با استفاده از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری-های مکرر 2×3 در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ با استفاده از نسخه ۲۴ نرم افزار آماری SPSS صورت گرفت.

یافته‌ها: عملکرد توان میانگین، توان اوج بی‌هوازی در گروه مکمل به طور معنی‌داری بالاتر از گروه دارونما بود. همچنین در شاخص‌های MDA و TAC اثر تعامل گروه \times زمان معنی‌داری بود ($P < 0/05$). با این حال در سطوح IL-6، لاکتات، کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز تفاوت معنی‌داری بین دو گروه مشاهده نشد ($P > 0/05$).

نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد، مصرف تارتاریک اسید منجر به بهبود توان بی‌هوازی اوج و میانگین و ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی و همچنین کاهش التهاب و فشار اکسایشی ناشی از اجرای آزمون توان بی‌هوازی می‌شود که احتمالاً ناشی از ویژگی‌های پلی‌فنولی و آنتی‌اکسیدانی تارتاریک اسید باشد.

واژگان کلیدی: تارتاریک اسید، التهاب، استرس اکسایشی، عملکرد.

ISSN: ۲۹۸۰-۸۹۶۰

تمامی حقوق این مقاله برای نویسندگان محفوظ است.

ارجاع دهی:

Khani MO, Piralaiy E, Ahmadzadeh Y. The effect of the consumption of tartaric acid on some inflammatory indicators, muscle damage and anaerobic capacity of young football players. *Research in Exercise Nutrition*. 2025 Feb 19;2(4):11-21, Doi: <https://doi.org/10.22034/ren.2024.140212.1043> .



The effect of the consumption of tartaric acid on some inflammatory indicators, muscle damage and anaerobic capacity of young football players

Mustafa Khani ^{1✉}, Elahe Piralai ², Yaser Ahmadzadeh ³

Received: 2023/11/28

Accepted: 2024/03/18

Abstract

Aims: Antioxidant supplements can mitigate muscle damage and oxidative stress induced by sports activities. So, in the present study the potential impact of tartaric acid on inflammatory indicators, muscle damage, and anaerobic capacity among young male soccer players was investigated.

Methods: Twenty-four young male soccer players (average age: 23.94±1.87 years; weight: 74.37±5.77 kg; maximum oxygen consumption: 48.01±6.80 ml/kg/min) were randomly allocated into two homogenous groups (matched for VO₂max) receiving either tartaric acid (n=12) or a placebo (n=12) at a dosage of 20 mg per kilogram of body weight. Blood samples were collected 24 hours prior to and 10 minutes and 24 hours after a RAST test. Statistical analysis was conducted using a 2 x 3 repeated measurements analysis of variance at a significance level of 0.05 employing SPSS statistical software version 24.

Results: The supplement group exhibited significantly higher average power performance and peak anaerobic power compared to the placebo group. Moreover, the group x time interaction showed significance in MDA and TAC indices (P<0.05). However, no significant difference was observed between the two groups in IL-6, lactate, creatine kinase, and lactate dehydrogenase levels (P<0.05).

Conclusion: The study suggests that tartaric acid consumption contributes to enhanced peak and average anaerobic power, increased total antioxidant capacity, and reduced inflammation and oxidative stress resulting from anaerobic power tests. These effects are likely attributed to the polyphenolic and antioxidant properties of tartaric acid.

Key words: football, tartaric acid, inflammation, oxidative stress, performance.

1. Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

✉ **Corresponding author:**
khani_ms@tabrizu.ac.ir

2. Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

3. Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

ISSN:2980-8960

All rights of this article are reserved for authors.

Citation:

Khani MO, Piralai E, Ahmadzadeh Y. The effect of the consumption of tartaric acid on some inflammatory indicators, muscle damage and anaerobic capacity of young football players. **Research in Exercise Nutrition.** 2025 Feb 19;2(4):11-21, Doi: <https://doi.org/10.22034/ren.2024.140212.1043> .

مقدمه

مضرات رادیکال‌های آزاد شده و تقویت سیستم ایمنی بدن می‌شود (۲۲-۲۰). همچنین، تمرینات منظم بدنی نیز توانایی دستگاه‌های ضد اکسایشی بدن را افزایش داده و بدن را در مقابل خاصیت تخریب فشار اکسایشی ناشی از فعالیت‌های ورزشی حاد محافظت می‌کند. این تغییرات به مرور زمان و موازی با دیگر سازگاری‌های ناشی از تمرینات ورزشی موجب افزایش مقاومت نسبت به استرس اکسایشی می‌گردد (۲۳). بنابراین، افرادی که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پایینی دارند یا در تمرینات شدید شرکت می‌کنند، می‌توانند با استفاده از مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی آسیب اکسایشی ناشی از فعالیت‌های ورزش را در خون و عضلات اسکلتی تعدیل و فشار اکسایشی را کاهش دهند (۲۴-۲۶). محققان پزشکی ورزشی نیز استفاده از مکمل‌های تغذیه‌ای ضد اکسایشی و ضد التهابی مثل ویتامین C، ویتامین E، عصاره هسته انگور و عصاره انار، سیر و کوآنزیم Q10 را برای جلوگیری از افزایش التهاب و استرس اکسایشی ناشی از تمرینات ورزشی توصیه می‌کنند (۲۶-۲۹).

یکی از فلاونوئیدهای فیتوشیمیایی که از جمله در انگور، انگور نارس، آووکادو، زردآلو، سیب، تخم آفتابگردان و همچنین در برخی آجیل‌ها و شراب قرمز یافت می‌شود، تارتاریک اسید یا ال تارتارات است (۳۰). تارتاریک اسید با بیان و فعالیت ۳۰۵ ژن مؤثر بر بیان پروتئین‌های درگیر در ۶۱۱ مسیر سوخت و سازی و فیزیولوژیک مرتبط است که این مسئله نشان می‌دهد تارتاریک اسید در بسیاری از عملکردهای بیولوژیکی شرکت می‌کند. به همین سبب، می‌توان مسیرهای درگیر در بروز فعالیت انواع مختلف سلول‌های ایمنی، سایتوکاین‌ها، واکنش‌های التهابی و همچنین مسیرهای پایین‌دست پیام‌رسانی سلول‌های CD8+T و تنظیم‌کننده سیگنالینگ SMAD2b اشاره کرد (۳۰). به‌طور کلی می‌توان ابراز داشت که این مکمل احتمالاً نقش مهمی در تقویت سیستم ایمنی (۳۰) پس از فعالیت ورزشی داشته باشد. تارتاریک اسید علاوه بر این که یک آنتی‌اکسیدان است، به‌عنوان بافر نیز شناخته می‌شود (۳۱، ۳۲) به‌طوری‌که خانی و همکاران (۲۰۱۹) تأثیر مثبت مصرف حاد این مکمل را بر بهبود عملکرد دوی ۲۰۰ و ۴۰۰ متر نشان دادند (۳۳). همچنین در برخی تحقیقات، تارتاریک اسید با دوز کم به‌عنوان یک داروی ضد فشارخون و گشادکننده عروق از طریق مسیر اکسید نیتریک (NO) متصل به گیرنده موسکارینی و آنتاگونیست کانال Ca²⁺ ارائه شده است. اسید تارتاریک قادر است فشارخون را متعادل کند به‌طوری‌که نشان داده شده است مصرف متوسط اسیدهای فنولیک ممکن است به دلیل محتوای پلی‌فنول آن، BP را کاهش دهد و اکسید نیتریک پلاسما (NO) را افزایش دهد (۵۶).

امروزه فوتبال به‌عنوان پرطرفدارترین و موردتوجه‌ترین رشته ورزشی متأثر از جنبه‌های علمی برای بهبود عملکرد قرار گرفته است. امروزه بیش از ۲۵۰ میلیون فوتبالیست در بیش از ۲۰۰ کشور فعالیت دارند و از این‌رو، بهبود عملکرد آنان به طرق مختلف از جمله مداخلات تغذیه‌ای یکی از اهداف بسیاری از ورزشکاران و مربیان ورزشی است (۱).

هرچند که تخمین زده می‌شود بازیکنان فوتبال ۹۰ درصد از هزینه‌های انرژی خود را از مسیرهای هوازی تأمین می‌کنند و ممکن است مسافتی بین ۱۲-۱۰ کیلومتر را بپیمایند (۲) ولی بیشتر گل‌های بازی فوتبال در کارهای سرعتی و انفجاری به دست می‌آیند و چیزی که باعث جذابیت آن می‌شود، فعالیت‌های سرعتی است که حدود ۱۰ درصد از بازی فوتبال را شامل می‌شود. به‌علاوه، بازیکنان نخبه در طول بازی‌ها فقط ۱۰ درصد بیشتر از بازیکنان معمولی مسافت طی می‌کنند درحالی‌که مسافت استارت‌های سرعتی آنان ۲۸ درصد بیشتر است (۳). بنابراین، به نظر می‌رسد اهمیت توان بی‌هوازی در فوتبال بسیار بیشتر از چیزی است که به نظر می‌رسد.

با این حال، فعالیت ورزشی شدید با تغییراتی در رها سازی میانجی‌های التهابی، فعالیت انواع زیر واحدهای سلول‌های سفید خونی، افزایش فعالیت سایتوکاین‌های پیش‌التهابی و ضدالتهابی و شاخص‌های آسیب عضلانی همراه است (۴-۹). به‌طور کلی این فعالیت‌ها می‌تواند ترشح سایتوکاین‌های التهابی مانند اینترلوکین ۸ (IL8)، اینترلوکین-۱۰ (IL10)، اینترلوکین-۶ (IL6) و TNF α و همچنین گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) را به شدت افزایش داده و سیستم ایمنی بدن را تضعیف کرده (۱۰-۱۲) و باعث ایجاد استرس اکسایشی یا به عبارتی عدم تعادل در هموستاز اکسیدانی-آنتی‌اکسیدانی شود (۱۳-۱۵). التهاب باعث اختلال در عملکرد اندوتلیال و تضعیف عملکرد ورزشی می‌شود و به روند آترواسکلروز سرعت می‌بخشد (۱۶-۱۸). استرس اکسایشی نیز باعث اکسیداسیون چربی‌ها (پراکسیداسیون لیپیدی) می‌شود که آسیب‌های زیادی به غشای فسفولیپیدی شده که این امر باعث سخت شدن دیواره سلول‌ها می‌شود و بدین ترتیب فعالیت بسیاری از سلول‌ها مختل (۱۹) و عملکرد ورزشی متأثر می‌شود. برای مقابله با وقوع این تغییرات اولین خط دفاعی بدن در مقابل حمله انواع رادیکال‌های آزاد و در جهت تقویت سیستم ایمنی بدن، آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی (سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، گلوکاتایون پراکسیداز و غیره) هستند (۱۹). از طرفی آنتی‌اکسیدان‌های غیر آنزیمی (کاروتنوئیدها، توکوفرول، آسکوربات، بیوفلاونوئید، بیلی‌روبین و اورسولیک اسید) نیز باعث تعدیل

مکمل-گیری و مراحل خون‌گیری، داوطلبان فرم رضایت‌نامه کتبی آگاهانه را تکمیل نمودند و به آنان اطمینان داده شد که اطلاعات آن‌ها به‌صورت محرمانه حفظ خواهد شد و آن‌ها آزادند تا در هر مرحله‌ای از پژوهش به‌صورت اختیاری از ادامه کار انصراف دهند. در همین جلسه قد، وزن و سن آن‌ها اندازه‌گیری و ثبت گردید و بعد از آن همگن‌سازی فوتبالیست‌ها از طریق حداکثر اکسیژن مصرفی انجام گردید. از هر آزمودنی در سه مرحله خون‌گیری به عمل آمد که اولین خون‌گیری در ساعت‌های صبح در حالت ناشتا که یک روز پیش از اجرای فعالیت ورزشی شدید و مصرف مکمل و سپس ۱۰ دقیقه و ۲۴ ساعت بعد از آزمون رست از محل ورید پیش آرنجی بازوی دست راست همه آزمودنی‌ها اخذ شد. به‌منظور جلوگیری از ایجاد کبودی احتمالی استفاده از کمپرس یخ به آزمودنی‌ها توصیه گردید. از هر نفر در هر نوبت به مقدار ۵ میلی‌لیتر نمونه خونی گرفته شد. سرم نمونه‌های خونی پس از سانتریفیوژ (۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه) جدا و از طریق دستگاه اتوآنالایزر و همچنین اسپکتوفتومتری برای سنجش شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی مورد استفاده قرار گرفت. برای سنجش شاخص التهابی (IL-6) و شاخص‌های آسیب عضلانی (CK و LDH) و MDA و میزان لاکتات سرم از کیت‌های پارس آزمون به روش الایزا استفاده شد. برای اندازه‌گیری عملکرد ورزشی، آزمودنی‌ها پس از ۱۵ دقیقه گرم کردن در آزمون رست (RAST) شرکت کردند.

به‌منظور مکمل دهی آزمودنی‌ها ۴۵ دقیقه قبل از شروع فعالیت ورزشی ۲۰ میلی‌گرم تارتاریک اسید (ال-تارتارات) یا دکستروز (دارونما) را به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن به‌صورت کپسول همراه با ۱۵۰ سی‌سی آب‌معدنی مصرف کردند (۳۵). شدت درد با استفاده از مقیاس آنالوگ بصری (VAS) تعیین شد. در یک خط کش ۱۰ سانتی‌متری، «۰» نشان‌دهنده فقدان درد و «۱۰» حداکثر میزان درد است که قابل تحمل هست. به هر یک از شرکت‌کنندگان آموزش داده شد که VAS را در بلافاصله و ۲۴ ساعت پس از آزمون سرعت بی‌هوازی مبتنی بر دویدن ثبت کنند. تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌های به‌دست‌آمده از طریق آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر ۲×۳ با استفاده از نرم‌افزار SPSSV24 در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ صورت گرفت.

مکمل تارتارات (Carnipure® Tartrate) که به‌عنوان نمک ال-کارنیتین لونزا شناخته می‌شود، احتمالاً در حین ورزش مزایایی بر عملکرد ورزشی، ریکاوری و خستگی و همچنین بهبود پروفایل لیپیدی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی دارد که از طریق سنجش تأثیر آن بر شاخص‌های مربوط از جمله مالون‌دی‌آلدئید، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آنزیم، سطوح پلاسمایی میوگلوبین و اسیدلاکتیک به‌عنوان نشانگرهای بازبایی عضلانی و ... صورت گرفته است (۵۷). همچنین در نتایج برخی تحقیقات، تنظیم مثبت ژن‌های IL1β، TNF-α و Bcl-2 نشان می‌دهد که مکمل تارتارات قادر به شروع یک پاسخ التهابی برای مبارزه با تومور است (۵۸). با توجه به این تحقیقات و پژوهش‌های صورت گرفته، تارتاریک اسید (معروف به جوهر ترش) به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان فلاوونوئیدی قوی، ممکن است باعث بهبود عملکرد ورزشی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و کاهش شاخص‌های التهابی گردد. درنهایت با توجه به نتایج محدود مربوط به تأثیر قراردادهای مکمل‌دهی تارتاریک اسید بر عملکرد ورزشی، پیشینه مطالعاتی ناکافی در مورد تارتاریک اسید و نتایج یک مطالعه اولیه در سال ۱۹۷۸ مبنی بر جذب نشدن تارتاریک اسید در بدن انسان (۳۴)، در تحقیق حاضر به دنبال بررسی تأثیر یک وهله مصرف تارتاریک اسید بر ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی، شاخص‌های التهابی، آسیب عضلانی و عملکرد بی‌هوازی فوتبالیست‌های مرد بودیم.

روشن‌شناسی

پژوهش حاضر در قالب یک طرح نیمه تجربی هدفمند و داوطلبانه با تقسیم‌بندی در دو گروه به‌صورت دوسوکور (گروه مکمل و گروه دارونما) انجام گرفت. به‌منظور طرح‌ریزی پژوهش، ۲۴ نفر فوتبالیست مرد جوان شهرستان ماکو که حداقل ۳-۲ سال سابقه شرکت در مسابقات لیگ استانی آذربایجان غربی را داشتند (سن: ۲۳/۱±۹۴/۸۷ سال؛ وزن: ۷۴/۳۷±۵/۷۷ کیلوگرم و حداکثر اکسیژن مصرفی: ۴۸/۰۱±۶/۸۰ میلی-لیتر/کیلوگرم/دقیقه) انتخاب و به‌صورت تصادفی به یکی از دو گروه همگن (از نظر VO2max) مصرف تارتاریک اسید یا دارونما اختصاص داده شدند. فوتبالیست‌هایی که در بازه آزمون گیری مبتلا به بیماری‌های ویروسی یا عفونی بودند و یا سابقه مصرف مکمل در ۶ ماه اخیر را داشتند یا در یکی از مراحل خون‌گیری حضور نداشتند از مطالعه کنار گذاشته شدند.

پس از هماهنگی‌های لازم با هیئت فوتبال ماکو، آزمودنی‌های داوطلب، یک هفته قبل از اجرای پروتکل در یک جلسه توجیهی شرکت کردند. پس از توضیحات لازم در مورد روند آزمون رست،

یافته‌ها

میان گروه و زمان در متغیرهای MDA، TAC و همین‌طور توان بی‌هوایی اوج، میانگین و حداقل مشاهده می‌شود. عدم مشاهده تعامل معنی‌دار در متغیرهای IL-6، لاکتات، CK، LDH نشان می‌دهد که روند تغییرات این شاخص‌ها در هر دو گروه مصرف تارتاریک اسید و دارونما در مراحل مختلف، مشابه است.

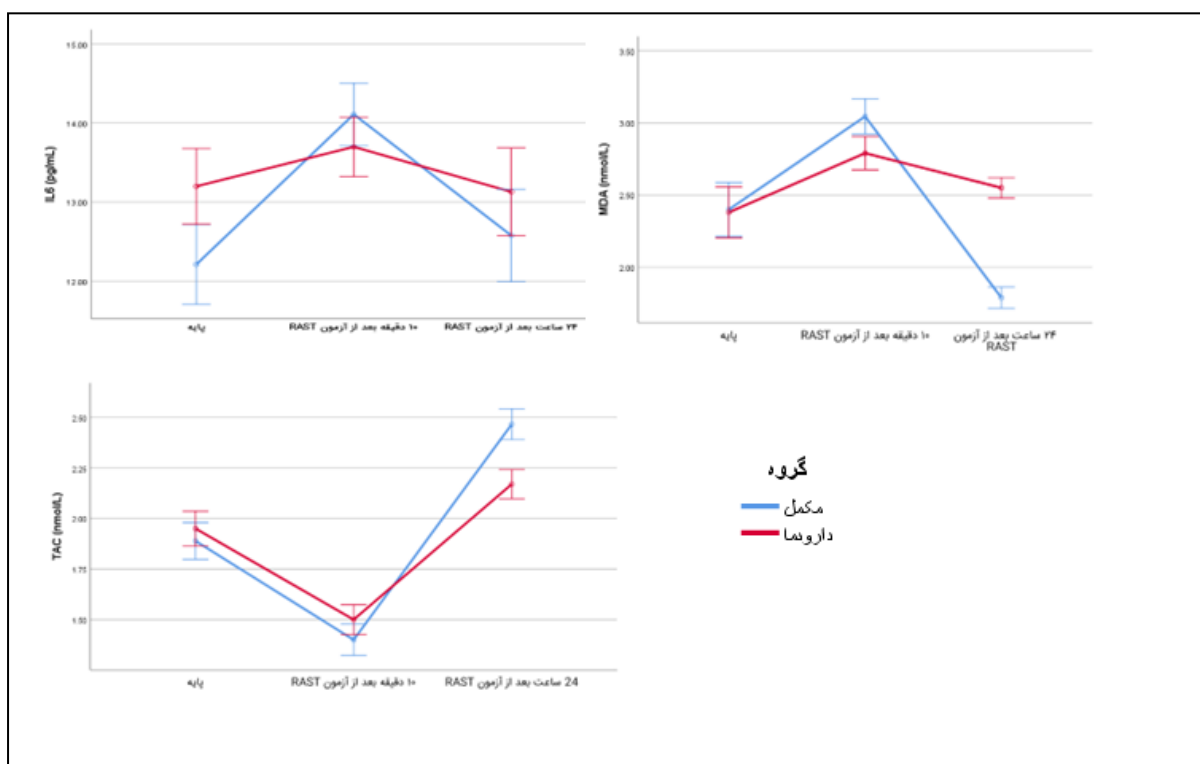
در جدول و شکل ۱ مقادیر متغیرهای مورد بررسی تحقیق در مراحل مختلف گزارش شده است. همچنین، در جدول ۲ نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر نشان داده شده است. بر اساس اطلاعات حاصل از این آزمون هر چند که اثر زمان در تمامی متغیرهای مورد بررسی معنی‌دار است ($P < 0.05$) و اثر گروه تنها در توان بی‌هوایی اوج و میانگین معنی‌دار است ($P < 0.05$)، ولی تعامل معنی‌داری

جدول ۱. مقادیر متغیرهای مورد بررسی تحقیق در مراحل مختلف (میانگین \pm انحراف معیار).

| شاخص | گروه | پایه | ۱۰ دقیقه بعد از آزمون RAST | ۲۴ ساعت بعد از آزمون RAST |
|--------------------------|---------|--------------------|----------------------------|---------------------------|
| IL6 (pg/mL) | مکمل | ۱۲/۲ \pm ۱/۱۱ | ۱۴/۱۱ \pm ۱/۳۲ | ۱۲/۵۷ \pm ۲/۰۷ |
| | دارونما | ۱۳/۲ \pm ۱/۸ | ۱۳/۷ \pm ۱/۰۵ | ۱۳/۱۳ \pm ۱/۴۰ |
| TAC (nmol/L) | مکمل | ۱/۸۸ \pm ۰/۳۲ | ۱/۴ \pm ۰/۲۶ | ۲/۴۶ \pm ۰/۱۸ |
| | دارونما | ۱/۹۵ \pm ۰/۲۲ | ۱/۵ \pm ۰/۱۹ | ۲/۱۷ \pm ۰/۲۵ |
| MDA (nmol/L) | مکمل | ۲/۴ \pm ۰/۶۵ | ۳/۰۴ \pm ۰/۴۴ | ۱/۷۸ \pm ۰/۲۵ |
| | دارونما | ۲/۳۸ \pm ۰/۴۵ | ۲/۷۹ \pm ۰/۲۷ | ۲/۵۵ \pm ۰/۱۸ |
| LDH (IU/L) | مکمل | ۱۶۴/۱۴ \pm ۳۰/۵۱ | ۵۳۷/۰۳ \pm ۱۸۵/۶۱ | ۱۸۵/۵۷ \pm ۳۷/۷۸ |
| | دارونما | ۱۶۰/۷۸ \pm ۲۴/۳۱ | ۵۲۵/۲۳ \pm ۶۵/۳۷ | ۱۷۸ \pm ۳۲/۰۶ |
| CK (IU/ml) | مکمل | ۱۸۹/۵۳ \pm ۴۷/۶۶ | ۴۱۰/۹۶ \pm ۱۱۱/۶۰ | ۲۰۷/۴۷ \pm ۳۱/۰۷ |
| | دارونما | ۱۷۴/۳۶ \pm ۲۱/۵۲ | ۳۸۸/۸۷ \pm ۴۰/۴۹ | ۱۹۴/۸۲ \pm ۲۸/۷۹ |
| LACTATE (nmol/L) | مکمل | ۱/۸۶ \pm ۰/۱ | ۶/۱ \pm ۰/۷۸ | ۱/۸ \pm ۰/۴۲ |
| | دارونما | ۱/۸۸ \pm ۰/۱۸ | ۵/۵۹ \pm ۰/۶ | ۱/۹۵ \pm ۰/۳۵ |
| توان بی‌هوایی RAST (وات) | مکمل | حداقل | ۳۰۲/۹۶ \pm ۵۷/۲۹ | |
| | | میانگین | ۳۹۳/۵۲ \pm ۴۹/۲۴ | |
| | | اوج | ۴۹۷/۰۸ \pm ۹۰/۷۶ | |
| | دارونما | حداقل | ۲۷۱/۹۲ \pm ۲۴/۱۹ | |
| | | میانگین | ۳۳۴/۸۹ \pm ۲۶/۰۵ | |
| | | اوج | ۳۸۷/۴۱ \pm ۴۵/۹۳ | |

جدول ۲. نتایج آزمون ANOVA با اندازه‌گیری مکرر در متغیرهای موردبررسی (اصلاح گرین هاوس گیزر)

| شاخص‌ها و سنجش‌ها | II-6 | Lactate | MDA | TAC | LDH | CK | توان بی‌هوازی (RAST) | | |
|-------------------|------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------------|---------|---------|
| | | | | | | | اوج | میانگین | حداقل |
| تعامل زمان | F | ۲/۸۱ | ۸/۶۴ | ۴/۱۳ | ۰/۰۱۵ | ۰/۰۷۶ | ۲۰/۵۸ | ۱۰/۱۱ | ۴۱/۶۸ |
| *گروه | Sig | ۰/۰۹۳ | ۰/۰۰۱* | ۰/۰۳۳* | ۰/۹۲۶ | ۰/۹۲۷ | ۰/۰۰۰۱* | ۰/۰۰۵* | ۰/۰۰۰۱* |
| اثر زمان | F | ۵/۰۴۴ | ۴۸۰/۷۱ | ۱۸/۰۴۹ | ۶۵/۳۵ | ۱۸۶/۰۷۷ | ۲۱/۴۸ | ۱۰/۰۷۷ | ۴۱/۶۸ |
| اثر گروه | Sig | ۰/۰۱۲* | ۰/۰۰۰۱* | ۰/۰۰۰۱* | ۰/۰۰۰۱* | ۰/۰۰۰۱* | ۰/۰۰۰۱* | ۰/۰۰۶* | ۰/۰۰۰۱* |
| | F | ۰/۵۶ | ۱/۱۷ | ۲/۰۳ | ۰/۴۰۷ | ۰/۰۹ | ۵/۸۸ | ۶/۷۶ | ۱/۹۲ |
| | Sig | ۰/۴۶۳ | ۰/۲۹۵ | ۰/۱۷۲ | ۰/۵۳۲ | ۰/۷۶۷ | ۰/۴۲۸ | ۰/۰۱۹* | ۰/۱۸۴ |



شکل ۱. روند تغییرات برخی از متغیرهای تحقیق در مراحل مختلف.

بحث و نتیجه‌گیری

مصرف مکمل تارتاریک اسید موجب کاهش معنی‌دارتر MDA و TAC نسبت به گروه دارونما شد، ولی تأثیری بر IL-6، CK و LDH نداشته است. این یافته‌ها با نتایج تحقیقات روحی و همکاران (۲۰۰۸)، بلویرانلی و همکاران (۲۰۱۲)، فرهادی و همکاران (۲۰۱۷)، ساهین و همکاران (۲۰۲۰)، آفان و همکاران (۲۰۲۲)، مسلمی و همکاران (۲۰۲۳)، و المتوال و همکاران (۲۰۲۳) همسو است و با نتایج تیکسیریا و همکاران (۲۰۰۹)، آگولیا

در تحقیق حاضر پاسخ برخی شاخص‌های اکسایشی و التهابی و عملکرد در مردان جوان فوتبالیست متعاقب یک وهله مصرف تارتاریک اسید و پس از اجرای آزمون رست موردبررسی قرار گرفت و نشان داده شد که اجرای آزمون رست باعث افزایش معنی‌دار IL-6، CK، LDH، MDA و لاکتات و موجب کاهش معنی‌دار TAC نسبت به حالت پایه می‌شود. این در حالی است که

تارتاریک اسید منبع غنی پلی فنول‌ها هستند و پلی فنول‌های آن، به‌ویژه فلاونوئیدهای آن‌ها، می‌توانند مسئول کاهش استرس اکسیداتیو ناشی از فعالیت ورزشی مشاهده‌شده در مطالعه حاضر باشند. اگرچه مکانیسم‌های دقیقی که از طریق آن پلی فنول‌های تارتاریک اسید فشار اکسایشی را تعدیل می‌کنند، عمدتاً ناشناخته هستند، برخی از مکانیسم‌های پیشنهادی می‌توانند به شرح زیر باشند: از بین بردن رادیکال‌های آزاد از طریق کیلاته کردن و/یا کاهش یون‌های فلزی توسط گروه‌های OH متصل به حلقه معطر پلی فنول (۴۱). افزایش بیان فاکتور ۲ مربوط به فاکتور رونویسی هسته اریترئوئید-۲ به‌عنوان یک تنظیم‌کننده اصلی رونویسی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند SOD، CAT و GPX، که مسیر آشاری NF- κ B در مراحل مختلف به‌عنوان القاکننده بیان ژن‌های هدف شامل IL-2، IL-6، IL-8، سیکلواکسیژناز-۲، و نیتریک اسید سنتاز القایی را مهار می‌کند (۴۴)، که به‌نوبه خود سیرتوئین ۱ را فعال می‌کند تا فاکتورهای پیش آپوپتوتیک و عوامل پیش التهابی با مهار کردن p53 و NF- κ B سرکوب کند و اندوتوکسمی متابولیک درگیر در استرس اکسیداتیو و مسیر آشاری MAPK-NF- κ B را تعدیل می‌کند (۴۵). برداشت بالای اکسیژن در طول فعالیت ورزشی باعث تحریک تولید ROS می‌شود. درحالی‌که مقادیر پایین ROS می‌تواند از روند ریکاوری پشتیبانی کند (۴۱)، نشان داده شده است که در شرایط اختلال در ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، ROS بیش‌ازحد می‌تواند به عضلات آسیب برساند و در نتیجه عملکرد ورزشی را کاهش دهد (۴۶). از نظر تئوری، مکمل دهی با آنتی‌اکسیدان‌ها سیستم آنتی‌اکسیدانی بدن را تقویت می‌کند، آسیب‌های ناشی از استرس اکسیداتیو را کاهش می‌دهد و در نتیجه باعث بهبود سطح عملکرد بدن می‌شود. در مطالعه حاضر، ما اثر مکمل تارتاریک اسید را بر شاخص‌های توان بی‌هواری بررسی کردیم. یافته‌های ما نشان می‌دهد که مکمل تارتاریک اسید می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی اوج قدرت را افزایش داده و درد را کاهش دهد، که به معنای افزایش عملکرد پس از مکمل تارتاریک اسید است. کاهش درد و بهبود قدرت و عملکرد پس از مصرف تارتاریک اسید می‌تواند به نقش آن در تسریع بهبودی از تولید ROS مرتبط باشد. ما همچنین دریافتیم که تارتاریک اسید می‌تواند خستگی را کاهش دهد، همان‌طور که با کاهش شاخص خستگی نشان داده شده است. اثر مثبت تارتاریک اسید بر خستگی ناشی از ورزش می‌تواند به توانایی محتوای آنتی‌اکسیدانی آن (به‌عنوان مثال پلی فنول‌ها) در خنثی کردن گونه‌های واکنشی تولیدشده توسط فعالیت‌های شدید مثل آزمون رست مرتبط باشد. در یک بررسی سیستماتیک و متاآنالیز توسط بلبک و همکاران، گزارش شد که غذاهای غنی از

و همکاران (۲۰۱۴)، لافای و همکاران (۲۰۰۹) متناقض می‌باشد (۲۸، ۳۶-۴۱).

فرض بر این است که فعالیت ورزشی، که مصرف اکسیژن را به میزان قابل‌توجهی افزایش می‌دهد، می‌تواند رادیکال‌های آزاد و استرس اکسیداتیو را افزایش دهد. فعالیت‌های ورزشی پرشدت با افزایش NADPH اکسیداز، گزانتین اکسیداز، فعالیت فسفولیپاز A2، سیتوکروم C از میتوکندری و اکسیداسیون کاتکول آمین، استرس اکسیداتیو و پراکسیداسیون لیپیدی را تحریک می‌کند. بسیاری از سازگاری‌ها، مانند آشارهای سیگنالینگ ردوکس و تنظیم آنزیم آنتی‌اکسیدانی درون‌زا، هایپرتروفی عضلانی، جذب گلوکز توسط عضله اسکلتی، و بیوژنز میتوکندریایی، به کاهش استرس اکسیداتیو به دنبال تمرینات پر شدت منجر می‌شود. با این وجود، برای دستیابی به زمان بهبودی ایده‌آل و تقویت ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ضعیف (که با عملکرد ضعیف همراه است)، مکمل‌سازی با یک منبع غنی از آنتی‌اکسیدان مانند تارتاریک اسید که از بدن در برابر آسیب اکسیداتیو محافظت می‌کند، ضروری است. در مطالعه ما، کاهش پاسخ استرس اکسیداتیو متعاقب مکمل تارتاریک اسید با کاهش MDA و افزایش TAC و در گروه تارتاریک اسید نشان داده شد که می‌تواند به دلیل اثرات آنتی‌اکسیدانی ترکیبات پلی فنولی آن مانند فلاونوئیدها و/یا توانایی آن در تقویت آنتی‌اکسیدان‌های درون‌زا باشد.

علاوه بر این، یافته‌های ما کاهش قابل‌توجهی در غلظت MDA در گروه تارتاریک اسید در مقایسه با گروه دارونما نشان داد. به‌طور خلاصه، آنتی‌اکسیدان‌ها از غشاهای سلولی در برابر پراکسیداسیون با حذف پراکسیدهای لیپیدی دفاع می‌کند. به همین ترتیب، در مطالعه ما، کاهش سطح MDA را می‌توان با افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی مرتبط کرد.

اسید تارتاریک یک اسید آلی سفید و کریستالی است که به‌طور طبیعی در بسیاری از میوه‌ها، به‌ویژه در انگور، بلکه در موز، گل مروارید و مرکبات نیز وجود دارد (۴۲) یکی از فلاونوئیدهای فیتوشیمیایی که از جمله در انگور، انگور نارس، آووکادو، زردآلو، سیب، تخم آفتابگردان و همچنین در برخی آجیل‌ها یافت می‌شود. تارتاریک اسید با بیان و فعالیت ۳۰۵ ژن موثر بر بیان پروتئین‌های درگیر در ۶۱۱ مسیر سوخت و سازی و فیزیولوژیک مرتبط است که این مسئله نشان می‌دهد تارتاریک اسید می‌تواند در بسیاری از عملکردهای بیولوژیکی شرکت کند. به همین سبب، می‌توان مسیرهای درگیر در بروز فعالیت انواع مختلف سلول‌های ایمنی، سایتوکاین‌ها، واکنش‌های التهابی و همچنین مسیرهای پایین‌دست پیام‌رسانی سلول‌های CD8+T و تنظیم‌کننده سیگنالینگ SMAD2b اشاره کرد (۴۳).

فنونل‌های تارتاریک اسید را با افزایش عملکرد ورزشی مرتبط می‌کند.

نقاط قوت این مطالعه شامل طراحی بالینی تصادفی دوسوکور، کنترل‌شده با دارونما، و همچنین گروه‌بندی بر اساس متغیر VO_{2max} است که واریانس بین فردی و مشارکت داوطلبان را حذف می‌کند. یکی دیگر از نقاط قوت مطالعه حاضر بدیع بودن آن بود، زیرا این اولین مطالعه بالینی است که از تارتاریک اسید برای تعیین اثرات مکمل آن بر فوتبالیست‌ها استفاده کرد. محدودیت‌های مطالعه شامل استفاده از دوز ثابت مکمل، مدت‌زمان کوتاه و عدم ارزیابی سطح پلی‌فنونل‌ها یا محتوای فلاونوئیدها، شاخص‌های گلیسمی، سایر هورمون‌ها و بیومارکرهای التهابی است. این بدان معناست که مطالعات طولانی‌مدت برای آزمایش تارتاریک اسید، عصاره پلی‌فنونل‌های آن باید برای تایید یافته‌های ما انجام شود. همچنین حجم نمونه بر اساس کاهش MDA با توان ۹۰ درصد و فاصله اطمینان ۹۵ درصد محاسبه شد. توان به دست آمده برای این متغیر خاص برای ارائه نتایج قابل توجه کافی بود. با این حال، به نظر می‌رسد که برای دستیابی به اهمیت آماری برای برخی متغیرهای دیگر، حجم نمونه بزرگتر و توان بالاتر مورد نیاز است.

با توجه به مطالب ارائه‌شده، نتایج مطالعه حاضر نشان داد مصرف مکمل تارتاریک اسید قبل از تمرینات برای جلوگیری از آسیب و تسریع ریکاوری و همچنین آماده‌سازی ورزشکار و ارتقای عملکرد بی‌هوازی فوتبالیست‌ها که نقش بسزایی در تعیین نتایج بازی‌ها دارد می‌تواند مفید واقع شود.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی و همچنین معاونت پژوهشی دانشگاه تبریز که در اجرای این مطالعه نهایت همکاری را داشتند، کمال تشکر و قدردانی را به عمل می‌آوریم. لازم به ذکر است که این مطالعه برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد انجام‌گرفته در دانشگاه تبریز است.

تعارض منافع: نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تعارض منافی در خصوص این مقاله وجود ندارد.

منابع

- [1] Malyani M, Fashi M. The effect of 4 weeks polarize training on aerobic and anaerobic fitness variables in soccer players. *sport physiology and management investigations*. 2021;13(3):183-93.
- [2] Gharahdaghi N, Kordi MR, Gaeini AA. The effect of a short term soccer specific training

پلی‌فنونل‌ها عملکرد ورزش استقامتی را در افراد مورد مطالعه بهبود می‌بخشد (۴۷). مورگان و همکاران دریافت که مصرف روزانه ۳۳۰ میلی‌لیتر آب کاکائو (حاوی سطوح بالای فلاوانول) در مردان فعال تفریحی به مدت ۸ روز به‌طور قابل‌توجهی درد را کاهش داد (۴۸). رابرتز و همکاران گزارش داد که مکمل عصاره چای سبز بدون کافئین به‌عنوان منبع پلی‌فنونل فلاوانول (۵۷۱ میلی‌گرم در روز به مدت ۴ هفته) در کنار ورزش در مردان فعال باعث بهبود میانگین توان می‌شود (۴۹). جوکو و همکاران تغییرات غیر قابل‌توجهی در اوج قدرت، میانگین توان و شاخص خستگی در افراد مبتلا به چرخه سرعت به دنبال عصاره چای سبز (۲۴۵ میلی‌گرم در روز به مدت ۴ هفته) نشان داد (۵۰). در مطالعه دیگری، داسیلوا و همکاران گزارش داد که مکمل چای سبز (۵۰۰ میلی‌گرم در روز برای ۱۵ روز) آسیب عضلانی را کاهش می‌دهد، اما درد عضلانی (VAS) را در افراد مرد غیرورزشکار کاهش می‌دهد (۵۱). یک کارآزمایی بالینی تصادفی دوسوکور نشان داد که مکمل اپی‌کاتچین (۲۰۰ میلی‌گرم در روز به مدت ۴ هفته) منجر به تغییرات قابل‌توجه VO_{2max} ، میانگین توان، اوج قدرت و FI در مردان و زنان فعال تفریحی شد (۵۲). یافته‌های مختلف ممکن است به انواع پلی‌فنونل، دوز مکمل‌ها، ویژگی‌های متابولیک و روان‌شناختی شرکت‌کنندگان در مطالعه، استفاده از پروتکل‌های مختلف ورزشی و سطوح آمادگی جسمانی مرتبط باشد. قابل‌توجه است که تجزیه‌وتحلیل ما بر روی دریافت سایر آنتی‌اکسیدان‌های رژیم غذایی مانند ویتامین‌های A، C، E و α -توکوفرول، لیکوپن، بتا کاروتن، بتا کریپتوکسانتین، روی و Se، تفاوت معنی‌داری بین این دو گروه نشان نداد.

با این حال، علاوه بر بهبود استرس اکسیداتیو و التهاب که می‌تواند عاملی برای کاهش میزان درد و بهبود عملکرد ورزشی در نظر گرفته شوند. مکانیسم‌های غیر اکسیداتیو دیگری می‌توانند در بهبود عملکرد پس از مصرف مکمل تارتاریک اسید در مطالعه حاضر دخیل باشند. به‌عنوان مثال، مطالعات آزمایشگاهی نشان می‌دهد که پلی‌فنونل‌ها می‌توانند به‌عنوان یک آنتاگونیست گیرنده آدنوزین A_1 عمل کنند و اثرات ضد درد ایجاد کنند که منجر به کاهش درک تلاش یا درد و درد عضلانی در طول ورزش می‌شود (۵۳). علاوه بر این، قبلاً مشخص شده بود که پلی‌فنونل‌ها می‌توانند تبدیل اکسید نیتریک به پراکسی نیتريت را کاهش دهند، که احتمالاً با افزایش فراهمی زیستی اکسید نیتریک به افزایش پاسخ اتساع عروق، بهبود پرفیوژن عضلانی و افزایش اکسیژن رسانی کمک می‌کند (۵۴). درحالی‌که اینها می‌توانند اثرات تارتاریک اسید را بر عملکرد هوازی و بی‌هوازی توضیح دهند، تحقیقات بیشتری برای بررسی مکانیسم‌هایی لازم است که پلی

- [12] Marinov B, Kostianev S, Turnovska T. Modified treadmill protocol for evaluation of physical fitness in pediatric age group--comparison with Bruce and Balke protocols. *Acta physiologica et pharmacologica Bulgarica*. 2003;27(2-3):47-51.
- [13] MacRae HS, Mefferd KM. Dietary antioxidant supplementation combined with quercetin improves cycling time trial performance. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2006;16(4):405-19.
- [14] Afzalpour M, Gharakhanlou R, Gaeini A, Mohebhi H, Hedayati M, Khazaei M. The effects of aerobic exercises on the serum oxidized LDL and total antioxidant capacity in non-active men. *CVD prevention and control*. 2008;3(2):77-82.
- [15] mohammadinejad s, Sayari AA, Moslehi M, Sheykhrabat MV. Impact of Consumption of a Single Course of Probiotic Supplementation on Malondialdehyde, Total Antioxidant Capacity and Lactic Acid in Futsalist Women. *Jundishapur Scientific Medical Journal*. 2018;17(2):159-67.
- [16] Landmesser U, Hornig B, Drexler H. Endothelial function: a critical determinant in atherosclerosis? *Circulation*. 2004;109(21_suppl_1):II-27-II-33.
- [17] Celermajer DS. Endothelial dysfunction: does it matter? Is it reversible? *Journal of the American College of Cardiology*. 1997;30(2):325-33.
- [18] Vogel RA. Coronary risk factors, endothelial function, and atherosclerosis: a review. *Clinical cardiology*. 1997;20(5):426-32.
- [19] Gharakhanlou R, Afzalpour ME, Gaeini AA, Rahnama N. Effects of aerobic exercises on the serum paraoxonase 1/arylesterase activity and lipid profile in non-active healthy men. *International Journal of Sports Science and Engineering*. 2007;1:105-12.
- [20] Suresh D, Annam V, Pratibha K, Prasad BM. Total antioxidant capacity—a novel early bio-chemical marker of oxidative stress in HIV infected individuals. *Journal of biomedical science*. 2009;16(1):61.
- [21] Mathew A, Peters U, Chatterjee N, Kulldorff M, Sinha R. Fat, fiber, fruits, vegetables, and risk of colorectal adenomas. *International journal of cancer*. 2004;108(2):287-92.
- [22] Middleton E, Kandaswami C, Theoharides TC. The effects of plant flavonoids on mammalian cells: implications for inflammation, heart disease, and cancer. on aerobic fitness and muscle injury of soccer players. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport*. 2013;1(1):20-33.
- [3] Keyhanian A, Ebrahim K, Rajabi H, Marandi SM. Comparison the effect of resistance exercise with active and passive rest on aerobic and anaerobic fitness in soccer players. *Research in Sport Medicine and Technology*. 2015;13(9):47-62.
- [4] Agha Alinejad H. Effect of exercise on body immune system. *Olympic Journal*. 1998;11:3-18.
- [5] Rezaei Zonooz S, Abed Natanzi H, Ghazalian F. The effect of ZMA supplementation on inflammatory factors of muscle injury (CK and LDH) following a bout of eccentric resistance exercise in non-athlete woman aged 18 to 28 years. *Research in Exercise Nutrition*. 2022;1(1):39-1.
- [6] Faraji H, Mmirahmad F, Mohammadi A. The effect of strawberry extract supplementation on some oxidative, inflammatory and cellular damage indicators after a session of exhausting resistance exercise in non-athlete women. *Research in Exercise Nutrition*. 2022;1(2):1-10.
- [7] Faraji H, Rahimi MR, Taimouri S. The Effect of Salvia Officinalis Extract on P53 and Creatine Kinase Levels in Downhill Running: A Crossover Randomized, Double-Blind, and Placebo-Controlled Study. *Research in Exercise Nutrition*. 2022;1(1):29-3.
- [8] Rahimi R. Creatine supplementation decreases oxidative DNA damage and lipid peroxidation induced by a single bout of resistance exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2011;25(12):3448-55.
- [9] Rahimi MR, Shoker-Nejad H. Effects of β -Hydroxy- β -Methylbutyrate Supplementation on IL-4, IL-10 and TGF- β 1 during Resistance Exercise in Athletes. *Research in Exercise Nutrition*. 2022;1(1):40-21.
- [10] Cook DG, Mendall MA, Whincup PH, Carey IM, Ballam L, Morris JE, et al. C-reactive protein concentration in children: relationship to adiposity and other cardiovascular risk factors. *Atherosclerosis*. 2000;149(1):139-50.
- [11] Finaud J, Scislowski V, Lac G, Durand D, Vidalin H, Robert A, Filaire E. Antioxidant status and oxidative stress in professional rugby players: evolution throughout a season. *International journal of sports medicine*. 2006;27(02):87-93.

- [32] Carocho M, Morales P, Ferreira IC. Antioxidants: Reviewing the chemistry, food applications, legislation and role as preservatives. *Trends in food science & technology*. 2018;71:107-20.
- [33] Khani M, Ahmadzadeh Y, Ebrahimi2 A. Effect of Acute Tartrate Supplementation on Performance of 200 and 400-meter Sprint in Healthy Young Men. first international and third national conference in sport sciences innovations; University of Mohaghegh Ardabili2019.
- [34] Chadwick V, Vince A, Killingley M, Wrong O. The metabolism of tartrate in man and the rat. *Clinical science and molecular medicine*. 1978;54(3):273-81.
- [35] Sahin K, Orhan C, Kucuk O, Sahin N, Tuzcu M, Er B, et al. A dose-dependent effect of carnipure® tartrate supplementation on endurance capacity, recovery, and body composition in an exercise rat model. *Nutrients*. 2020;12(5):1519.
- [36] Farhadi H, Rahimi Fardin S, Baghaiee B. The effect of 8 week of pomegranate supplementation on inflammatory and muscular damage indices in over weight untrained men due to different intensity VO₂MAX. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport*. 2017;5(9):31-41.
- [37] Lafay S, Jan C, Nardon K, Lemaire B, Ibarra A, Roller M, et al. Grape extract improves antioxidant status and physical performance in elite male athletes. *Journal of sports science & medicine*. 2009;8(3):468.
- [38] Teixeira VH, Valente HF, Casal SI, Marques AF, Moreira PA. Antioxidants do not prevent postexercise peroxidation and may delay muscle recovery. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(9):1752-60.
- [39] Aguiló A, Monjo M, Moreno C, Martínez P, Martínez S, Tauler P. Vitamin C supplementation does not influence plasma and blood mononuclear cell IL-6 and IL-10 levels after exercise. *Journal of sports sciences*. 2014;32(17):1659-69.
- [40] Nakhostin-Roohi B, Babaei P, Rahmani-Nia F, Bohlooli S. Effect of vitamin C supplementation on lipid peroxidation, muscle damage and inflammation after 30-min exercise at 75% V. *The Journal of sports medicine and physical fitness*. 2008;48:217-24.
- [41] Moslemi E, Dehghan P, Khani M, Sarbakhsh P, Sarmadi B. The effects of date seed (*Phoenix dactylifera*) supplementation on exercise-induced oxidative stress and Pharmacological reviews. 2000;52(4):673-751.
- [23] Rami M, Habibi A, Khajehlandi M. The effect of moderate intensity exercise on the activity of catalase enzyme and malondialdehyde in hippocampus area of diabetic male Wistar rats. *Feyz Journal of Kashan University of Medical Sciences*. 2018;22(6):555-63.
- [24] Ashton T, Young IS, Peters JR, Jones E, Jackson SK, Davies B, Rowlands CC. Electron spin resonance spectroscopy, exercise, and oxidative stress: an ascorbic acid intervention study. *Journal of Applied Physiology*. 1999;87(6):2032-6.
- [25] Kaikkonen J, Kosonen L, Nyysönen K, Porkkala-Sarataho E, Salonen R, Korpela H, Salonen JT. Effect of combined coenzyme Q10 and d- α -tocopheryl acetate supplementation on exercise-induced lipid peroxidation and muscular damage: a placebo-controlled double-blind study in marathon runners. *Free radical research*. 1998;29(1):85-92.
- [26] Nieman DC, Henson DA, McAnulty SR, McAnulty L, Swick NS, Utter AC, et al. Influence of vitamin C supplementation on oxidative and immune changes after an ultramarathon. *Journal of applied physiology*. 2002;92(5):1970-7.
- [27] Askari G, Ghiasvand R, Hajishafiee M, Akbari F. The Effects of Quercetin Supplementation on Endothelial Function, Oxidative Stress, Athletic Performance, Inflammatory Biomarkers and Muscle Damage Indices in Athletes. *Journal of Isfahan Medical School*. 2012;29(165).
- [28] Belviranlı M, Gökbel H, Okudan N, Başaralı K. Effects of grape seed extract supplementation on exercise-induced oxidative stress in rats. *British journal of nutrition*. 2012;108(2):249-56.
- [29] Farhadi H, Fardin SR, Baghaiee B. The effect of 8 week of pomegranate supplementation on inflammatory and muscular damage indices in over weight untrained men due to different intensity VO₂max. *Journal of practical studies of Biosciences in Sport*. 2017;5(9):31-41.
- [30] Wang Q, Li L, Xu R. A systems biology approach to predict and characterize human gut microbial metabolites in colorectal cancer. *Scientific reports*. 2018;8(1):6225.
- [31] Silva MM, Lidon FC. An overview on applications and side effects of antioxidant food additives. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 2016:823-32.

- decaffeinated green tea extract formula on fat oxidation, body composition and exercise performance. *Journal of the international society of sports nutrition*. 2015;12(1):1.
- [50] Jówko E, Długolecka B, Makaruk B, Cieśliński I. The effect of green tea extract supplementation on exercise-induced oxidative stress parameters in male sprinters. *European journal of nutrition*. 2015;54:783-91.
- [51] da Silva W, Machado AS, Souza MA, Mello-Carpes PB, Carpes FP. Effect of green tea extract supplementation on exercise-induced delayed onset muscle soreness and muscular damage. *Physiology & behavior*. 2018;194:77-82.
- [52] Schwarz NA, Blahnik ZJ, Prahadeeswaran S, McKinley-Barnard SK, Holden SL, Waldhelm A. (-)-Epicatechin supplementation inhibits aerobic adaptations to cycling exercise in humans. *Frontiers in Nutrition*. 2018;5:132.
- [53] Alexander SP. Flavonoids as antagonists at A1 adenosine receptors. *Phytotherapy Research: An international journal devoted to pharmacological and toxicological evaluation of natural product derivatives*. 2006;20(11):1009-12.
- [54] Ruiz-Iglesias P, Gorgori-González A, Massot-Cladera M, Castell M, Pérez-Cano FJ. Does flavonoid consumption improve exercise performance? Is it related to changes in the immune system and inflammatory biomarkers? A systematic review of clinical studies since 2005. *Nutrients*. 2021;13(4):1132.
- aerobic and anaerobic performance following high-intensity interval training sessions: a randomised, double-blind, placebo-controlled trial. *British Journal of Nutrition*. 2023;129(7):1151-62.
- [42] Duarte A, Caixeirinho D, Miguel MG, Sustelo V, Nunes C, Fernandes M, Marreiros A, editors. Organic acids concentration in citrus juice from conventional versus organic farming. XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): International Symposium on 933; 2010.
- [43] Wang Q, Li L, Xu R. A systems biology approach to predict and characterize human gut microbial metabolites in colorectal cancer. *Scientific reports*. 2018;8(1):1-8.
- [44] Meng T, Xiao D, Muhammed A, Deng J, Chen L, He J. Anti-inflammatory action and mechanisms of resveratrol. *Molecules*. 2021;26(1):229.
- [45] Stagos D. Antioxidant activity of polyphenolic plant extracts. *MDPI*; 2019. p. 19.
- [46] Ortega DR, López AM, Amaya HM, de la Rosa FB. Tart cherry and pomegranate supplementations enhance recovery from exercise-induced muscle damage: a systematic review. *Biology of sport*. 2021;38(1):97-111.
- [47] Blake H, Buckley J, Coates A, D'Unienville N, Hill A, Nelson M. Polyphenol consumption and endurance exercise performance: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2021;24:S42-S3.
- [48] Morgan PT, Wollman PM, Jackman SR, Bowtell JL. Flavanol-rich cacao mucilage juice enhances recovery of power but not strength from intensive exercise in healthy, young men. *Sports*. 2018;6(4):159.
- [49] Roberts JD, Roberts MG, Tarpey MD, Weekes JC, Thomas CH. The effect of a