Effect of postbiotic mixture (*Lactobacillus plantarum, Lactobacillus paracasei and Lactobacillus brevis*) on oxidative stress markers of brain tissue of rat infected with *Staphylococcus aureus*

Zahra Sadat Seyedbagheri[1], **Zahra Keshtmand[1*]**

[1] Department of Biology, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received Date:2024.12.06 Accepted Date:2025.01.06

Abstract

The aim of this study was to investigate the effect of a postbiotic mixture (*Lactobacillus plantarum, Lactobacillus paracasei, and Lactobacillus brevis)* on oxidative stress indices in the brain tissue of rats infected with *Staphylococcus aureus*.In this experimental study, 21 male Wistar rats were divided into three groups including control group, infected with *Staphylococcus aureus* (10^8 CFU/ml) and infected model + postbiotic recipient (10^9 CFU/ml. The postbiotic mixture was given to rat by gavage for 35 days. After the treatment period and dissection of the animals, brain tissue was extracted to examine the activity levels of total antioxidant, superoxide dismutase, glutathione peroxidase, catalase and malondialdehyde in different groups. Data analysis was performed in different groups with SPSS software and one-way variance statistical test and $P<0.05$ was considered significant. The results showed a significant change in the levels of total antioxidant, superoxide dismutase, glutathione peroxidase, catalase and malondialdehyde in the infected groups compared to the control group ($P<0.05$). While a significant decrease in malondialdehyde levels and an increase in total antioxidant levels, superoxide dismutase, glutathione peroxidase, and catalase were observed in the treatment groups compared to the infected group. ($P<0.05$). Based on the results obtained, the postbiotic mixture (*Lactobacillus plantarum, Lactobacillus paracasei and Lactobacillus brevis*) showed a modulating effect on the activity of oxidative stress markers in the brain tissue of rat infected with the bacteria. Therefore, it can probably be used as a promising therapeutic strategy.

Keywords: Postbiotic, Oxidative Stress, Brain, *Staphylococcus aureus*, Rat

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

[*] zkeshtmand2001@gmail.com

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: Urban development plans are the main tool of urban planning in Iran, which specify the use of real estate, land and buildings within the city limits through laws and regulations. A city is a living, dynamic and changing entity in the cycle of time and on the basis of space, which is composed of physical and human components and the complex relationships between them and the crystallization of the role and lofty thoughts of man. In the way that cities are born, grow and their quantity increases, they grow and change their roles. Following the transformation in the geographical environment, the type of human attitude and thinking, the occurrence of the industrial revolution and ultimately the improvement of living conditions, cities have become the focus of attention. In this regard, in the current century, a rapid urbanization process is taking place on a global scale, such that every week one million people around the world are driven from villages to urban areas by job and economic opportunities. About 5 decades have passed since the beginning of the preparation of urban development plans in Iran; but despite the extensive experience of the preparers and implementers of urban affairs, in practice urban plans have not been successful in the planned development of cities despite some positive aspects (Pour Ahmad et al., 2006: 167). Urban development plans in Iran and in other parts of the world have not had the appropriate function and expectations of planners, urban managers and people, and often a very small percentage of their land use proposals are realized.

Materials and methods: This research is applied in terms of purpose and descriptive-analytical in nature and method. The information required in this research has been collected through documentary, library and questionnaire (researcher-made) methods, which include: 1- Information obtained by completing a questionnaire by citizens. Since the study area has a large volume and geographical area, and due to the impossibility of studying all individuals, and also in order to ensure the research results and their generalizability to the entire target population, the snowball method has been used to estimate the sample size, therefore 270 citizens who have had education in urban planning and development and urban construction have been referred as the research sample population in the distribution of the questionnaire. For data analysis, one-sample T-tests and Pearson correlation tests have been used in the SPSS software environment.

Results and discussion: The world today is undergoing globalization. Managers are faced with a phenomenon called urbanization, and today's cities, where almost half of the world's population lives, are considered as complex networks and systems, consisting of components such as citizens, industries and businesses, transportation, communications, energy infrastructure, urban services and other urban subsystems. A smart city that invests in human and social capital and communication infrastructure, including transportation, as well as modern infrastructure such as ICT, which leads to sustainable economic growth and a high quality of life, is carried out through the proper management of natural resources, through the participatory management of the people in it. The issue that this research seeks to address is an analytical study of the indicators of the smart urban governance dimension in Tehran. Conclusion were analyzed to analyze their views on the current status of the indicators. In descriptive statistics, we have paid attention to the collection of statistics through frequency distribution tables and distribution ratios, displays of measuring the tendency to the center (mean) and measuring the dispersion (standard deviation). Statistical methods of inferential analysis include: One-sample T-test and Pearson correlation test. So that out of 270 respondents to the research questionnaire in this study, 71% of the respondents were male with a frequency of 192, and the highest level of literacy was diploma and bachelor's degree with 59%. Out of the total number of respondents, 186 people, equal to 69%, were employed. The information obtained from the study of effective indicators in the dimension of

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

smart urban governance is as follows; An examination of the components of the participation in decision-making index showed.

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

اثر مخلوط پست‌بیوتیک (*لاکتوباسیلوس پلانتاروم، لاکتوباسیلوس پاراکازئی و لاکتوباسیلوس برویس*) بر شاخص‌های استرس اکسیداتیو بافت مغز موش صحرایی آلوده به *استافیلوکوکوس اورئوس*

زهراسادات سیدباقری[۱]، **زهرا کشتمند**[۱*]

[۱] گروه‌زیست‌شناسی، واحدتهران‌مرکزی، دانشگاه‌آزاداسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۷

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی اثر مخلوط پست‌بیوتیک (*لاکتوباسیلوس پلانتاروم، لاکتوباسیلوس پاراکازئی و لاکتوباسیلوس برویس*) بر شاخص‌های استرس اکسیداتیو بافت مغز موش‌های صحرایی آلوده به باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس* می باشد.در این مطالعه تجربی ۲۱ موش صحرایی نر نژاد ویستار، در سه گروه شامل گروه کنترل ،آلوده به *استافیلوکوکوس اورئوس*(10^8 CFU / ml) و مدل آلوده + دریافت کننده پست بیوتیک (10^9CFU / ml) تقسیم بندی شدند. مخلوط پست بیوتیک به مدت ۳۵ روز با روش گاواژ به موش های صحرایی داده شد.بعد از دوره تیمار و تشریح حیوانات، بافت مغز جهت بررسی سطح فعالیت آنتی‌اکسیدان تام، سوپراکسیددسموتاز، گلوتاتیون پراکسیداز، کاتالاز و سطح مالون دی آلدهید در گروه‌های مختلف استخراج شد. آنالیز داده‌هادر گروه‌های محتلف با نرم افزار SPSS و آزمون آماری واریانس یکطرفه انجام و P< ۰/۰۵معنی‌دار در نظر گرفته شد.نتایج حاصل، تغییر معنادار سطح آنتی اکسیدان تام ،سوپراکسیددسموتاز، گلوتاتیون پراکسیداز، کاتالاز و مالون دی آلدهیدگروه‌های آلوده را در مقایسه با گروه کنترل نشان داد($P<0.05$). در حالیکه کاهش سطح مالون دی آلدهید ، افزایش سطح آنتی اکسیدان تام، سوپراکسیددسموتاز، گلوتاتیون پراکسیداز و کاتالاز در گروه‌های تیمار در مقایسه با گروه آلوده به صورت معنادار مشاهده شد($P<0.05$).بر اساس نتایج به دست آمده مخلوط پست بیوتیک (*لاکتوباسیلوس پلانتاروم، لاکتوباسیلوس پاراکازئی و لاکتوباسیلوس برویس*) اثر تعدیل‌کنندگی بر فعالیت شاخص‌های استرس اکسیداتیو بافت مغز موش‌های صحرایی آلوده به باکتری را نشان داد. بنابراین احتمالا بتواند به عنوان یک استراتژی امیدوارکننده درمانی استفاده شود.

کلید واژه ها : پست بیوتیک، استرس اکسیداتیو، مغز، استافیلوکوکوس اورئوس، موش صحرایی

* keshtmand2001@gmail.com

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

مقدمه

استافیلوکوکوس اورئوس[1] از عوامل اصلی عفونت‌های بیمارستانی است که شیوع آن نیز رو به ازدیاد است(۱). یکی از مشکلات بزرگی که طب جدید با وجود امتیازهای ظاهری نسبت به طب سنتی با خود به ارمغان آورده، مصرف روزافزون داروهای شیمیایی است که متأسفانه روز به روز شکل حادتری به خود می گیرد(۳). گسترش روزافزون مقاومت آنتی بیوتیکی نسبت به گونه‌های *استافیلوکوکوس اورئوس* یکی از معضلاتی است که پزشکان با آن سر وکار دارند(۲).

استرس اکسیداتیو، وضعیت اختلال در سیستم اکسیدان- آنتی اکسیدانی است که منجر به تولید گونه‌های فعال اکسیژن و اختلال عملکردی شدید می‌شود. رادیکال‌های آزاد مختلف مانند گونه‌های فعال اکسیژن به دلیل وجود الکترون جفت نشده، مولکول هایی بسیار واکنش‌پذیر و سمی هستد(۴).آنیون‌های سوپراکسید، رادیکال‌های هیدروکسیل و پراکسید هیدروژن گونه‌های فعال اکسیژن هستند که به وسیله میتوکندری و طی مسیر متابولیک فسفوریلاسیون اکسیداتیو تولید می‌شوند، می‌توانند یک الکترون را از غشای سلولی اکثر در مولکول‌ها مانند DNA ، RNA، پروتنین‌ها و لیپیدها برداشته، در عملکرد آنها اختلال ایجاد کرده و سبب یک واکنش زنجیره ای از مولکول‌های ناپایدار شوند که با مولکول‌های دیگر واکنش نشان می‌دهند و باعث ایجاد رادیکال‌های آزاد سمی جدید می گردند(۵).

به علت گسترش روزافزون مقاومت آنتی بیوتیکی نسبت به گونه‌های *استافیلوکوکوس اورئوس* و پیدایش سویه‌های مقاوم به آنتی بیوتیک در این باکتری روز به روز تعداد آنتی بیوتیک‌های در دسترس برای درمان عفونت های ناشی از این باکتری کاهش می‌یابد. به طوری که در حال حاضر اغلب سویه های این باکتری نسبت به پنی سیلین و سفالوسپورین‌ها مقاوم شده اند(۶).

در سلول سه سیستم آنزیمی حفاظتی سوپر اکسید دیسموتاز، کاتالاز و گلوتاتیون پراکسیداز قادرند رادیکال‌های آزاد را به آب تبدیل کنند و این سیستم قادر به مقابله با تمام رادیکال‌های آزاد تولید شده به صورت مداوم نباشد که این امر منجر به آسیب اکسیداتیو در سلول و در نتیجه در بافت‌ها می‌شود و منجر به اختلال در سیستم اکسایشی و تولید گونه‌های فعال اکسیژن در بافت‌ها می‌شود(۷).

با توجه به موارد فوق و افزایش روزافزون مقاومت نسبت به سایر آنتی‌بیوتیک‌ها در برخی کشورها در سال‌های اخیر سبب شد که تلاش مستمر ی برای یافتن داروهای جدید ضد میکروبی صورت گیرد. یکی از این منابع کاندیدا منابع طبیعی از جمله میکروارگانیسم ها و محصولات آنها از جمله پروبیوتیک‌ها و پست بیوتیک‌ها هستند که فوائد موثقی از آنها نیز به اثبات رسیده است .

امروزه متناسب با پیشرفت علم و تکنولوژی شناسایی منابع طبیعی با اثرات ضد میکروبی می‌تواند راه را برای به دست آوردن آنتی‌بیوتیک‌های موثر و جدید هموار سازد که از جمله این موارد پروبیوتیک‌ها و متابولیت‌های آنها می‌باشد(۸). از خواص سلامت بخش پروبیوتیک‌ها متابولیت‌های ترشح شده آنها اثر بر سلول‌های اپی‌تلیال روده،

[1] *Staphylococcus aureus*

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

جلوگیریاز تکثیر سلول‌های سرطانی تقویت سیستم ایمنی و آنتی اکسیدانی است(۹).

پست‌بیوتیک‌ها را می‌توان با توجه به ساختار شیمیایی پروتئینی، لیپیدی، کربوهیدراتی، ویتامینی، اسیدهای آلی و فعالیت‌های زیستی بالقوه مولکول‌های پیچیده‌تر ضدالتهابی، تعدیل سیستم ایمنی، پیشگیری از چاقی، تعدیل فشار خون، کاهندگی کلسترول سرم، متوقف ساختن تکثیرسلولی، آنتی-اکسیدانی، و ضدسرطانی طبقه‌بندی کرد(۱۰). پست بیوتیک‌ها می‌توانند در بهبود سلامتی میزبان نقش داشته باشند. همچنین تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که پست-بیوتیک‌ها از جذب، متابولیسم و دفع مطلوبی برخوردار هستند که نشان دهنده ظرفیت بالای آنها برای رساندن پیام برای اندام‌ها و بافت‌های مختلف در میزبان می‌باشد و در نتیجه از این طریق می‌توان چندین پاسخ بیولوژیکی را ایجاد کرد(۱۱). تحریک سیستم ایمنی و تولید اینترکولین۱۲، مهار کلونیزاسیون، تشکیل بیوفیلم‌ها، کاهش حساسیت به حضور برخی آنتی‌ژنها، مهار عوامل سرطان‌زا و افزایش میزان آپوپتوز، تغییر ترکیب میکروبیوتا روده ، تحریک تولید فعالیت اینترکولین۱۰ و مهار اینترکولین۸ را نام برد(۱۲). همچنین تعدادی از پست‌بیوتیک‌ها منبع غنی از باکتریوسین‌ها هستند که رشد وعوارض عفونت را کاهش می‌دهند (۱۳).که مهمترین مکانیسم‌های ضد میکروبی پست‌بیوتیک‌ها را به وجود ترکیباتی مانند اسیدهای چرب کوتاه زنجیر، بوتیرات، استات، لاکتات و همچنین باکتریوسین‌ها نسبت داده می-شود(۱۴).

با توجه به اهمیت درمان عفونت‌های باکتریایی شایع بیمارستانی و عوارض جانبی درمان های امروزی معرفی یک ترکیب حفاظتی با اثرگذاری بیشتر و عوارض جانبی کمتردر این تحقیق تاثیر مخلوط پست بیوتیک(*لاکتوباسیلوس پلانتاروم*[1]، *لاکتوباسیلوس پاراکازئی*[2] و *لاکتوباسیلوس برویس*[3]) بر شاخص‌های استرس اکسیداتیو بافت مغز موش آلوده به *استافیلوکوکوس اورئوس* بررسی شد.

مواد و روش ها:

نگهداری حیوانات

در این مطالعه تجربی ۲۱ سر موش صحرایی نر نژاد ویستار بالغ و سالم با محدوده وزنی ۲۰۰ تا ۲۵۰ گرم از انستیتو پاستور ایران خریداری شد. به منظور سازش با محیط آزمایشگاه یک هفته پیش از شروع آزمایشات موش‌ها به حیوان خانه‌ی دانشکده‌ی علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی در شرایط استاندارد، دوره‌ی ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی (سیکل طبیعی) در دمای ۲±۲۳ سانتی گراد، درون قفس‌های پلکسی‌گلاس مخصوص با دسترسی کافی به آب و غذای مناسب، منتقل و در آنجا نگهداری شدند. تمامی آزمایش‌ها منطبق با دستورالعمل مراقبت و استفاده از حیوانات آزمایشگاهی انجام و درمغز روش‌ها اصول اخلاقی مورد تایید دانشکده علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی(IR.IAU.CTB.REC.1403.110) رعایت شد.

گروه‌بندی حیوانات

۲۱سر موش صحرایی نر نژاد ویستار بالغ (۲۰۰ تا ۲۵۰ گرم) به طور تصادفی در ۳ گروه هفت تایی گروه بندی شدند.

گروه کنترل: دریافت¬کننده آب و مواد غذایی به صورت روزانه

گروه دوم: موش‌های دریافت‌کننده *استافیلوکوکوس اورئوس* ($CFU/ml\ 10^8$) (۱۵).

[1] *Lactobacillus plantarum*
[2] *Lactobacillus paracasei*
[3] *Lactobacillus brevis*

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

گروه سوم: موش¬های دریافت¬کننده *استافیلوکوکوس اورئوس* (10^8 CFU/ml) +مخلوط پست‌بیوتیک(*لاکتوباسیلوس پلانتاروم، لاکتوباسیلوس پاراکازئی و لاکتوباسیلوس برویس* (10^9 CFU/ml) (۱۶).

باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس* با غلظت 10^8 CFU/ml ومخلوط پست بیوتیک با غلظت 10^9 CFU/ml از طریق گاواژ به موش‌های صحرایی داده شد. جهت یکسان بودن شرایط موش‌ها در طول دوره تیمار، گروه اول و دوم نیز روزانه مقدار کمی ازآب به صورت گاواژ داده شد.

تهیه مخلوط پست بیوتیک

مخلوط پست بیوتیک(*لاکتوباسیلوس پلانتاروم، لاکتوباسیلوس پاراکازئی و لاکتوباسیلوس برویس*) به صورت پودر و با 10^{10}log از شرکت تک‌ژن زیست تهیه شد.

تهیه و تایید سویه باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس*

سویه باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس ATCC25923* از آزمایشگاه استاندارد ایران تهیه و جهت شناسایی نمونه های باکتری از تست های استاندارد شامل رنگ آمیزی گرم، کاتالاز و کواگولاز لوله ای و رشد در مانیتول سالت آگار استفاده شد(۱۷).

کشت باکتری

سوش *استافیلوکوکوس اورئوس* تهیه شده بعد از انتقال به آزمایشگاه روی محیط کشت بلاد اگار(مرک، آلمان) پاساژ داده شد. سپس کلنی‌های حاصل از کشت از نظر میکروسکوپی و ماکروسکوپی و بیوشیمیایی مورد بررسی قرارگرفت. کلنی های کواگولاز مثبت ، مانیتول مثبت جهت مطالعات بعدی در محیط BHI در یک میکروتیو۱/۵ میلی لیتری در دور ۳۰۰۰ دور به مدت ۳ دقیقه رسوب گیری شد. در مرحله آخر رسوبات در نیم مک فارلند PBS حل شده و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری در طول موج ۶۳۰ نانومتر جذب نور اندازه‌گیری شد. با توجه به جذب ۰/۵ = $_{۶۳۰}$OD نانومتر هر لوله حاوی 10^8 CFU\ml×۱باکتری است. محلول باکتری در آمپول ۲ میلی‌لیتری ریخته شد و طی سه روز متوالی، یک سی‌سی به هر موش خورانده شد(۱۷،۱۸).

تهیه غلظت پست بیوتیک

برای تهیه غلظت پست بیوتیک، یک گرم پست بیوتیک در ۹سی‌سی آب مقطر حل گردید و به مدت سی روز در یک ساعت مشخص (هشت صبح) به هرموش از این محلول، یک سی‌سی گاواژ شد،. همچنین آلوده کرده موش‌ها به باکتری نیز به روش گاواژ انجام شد(۱۶).

سنجش سطح سوپراکسید دسموتاز، گلوتاتیون پراکسیداز ،سطح مالون دی آلدهید و کاتالاز در بافت مغز

کیت‌های سنجش شامل کیت سنجش مالون آلدهید (MDA)، آنتی اکسیدان تام ،سوپر اکسید دسموتاز (SOD) ، گلوتانیون پراکسیداز(GPx) و کاتالاز (CAT) از شرکت پارس آزمون (۴۸ تستی با برند Zellbii-GmbH) خریداری گردید.

سنجش سطح آنتی اکسیدان تام(TAC)

ابتدا مقداری از بافت مغز را برداشته ۳۰۰ میلی‌گرم و با یک میلی‌لیتر محلول PBS به همراه ۱۰۰ میلی گرم گلددس هموژنیز در داخل میکروتیوپ قرار داده شد. سپس به مدت ۲ دقیقه با دور ۳۰۰۰دور در دقیقه هموژنیزه شد و بعد به مدت ۲ دقیقه در داخل ظرف یخ قرار گرفت. پس از آن محلول مورد نظر در دمای ۴ درجه سانتیگراد به مددت ۸دقیقه با ۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس محلول بالایی برداشته شده و جذب نمونه‌ها در طول موج ۶۰۰ نانومتر با دستگاه الایزا ریدر اندازه گیری گردید(۱۹).

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

سنجش فعالیت کاتالاز (CAT)

فعالیت کاتالاز با استفاده از روش هیدروژنی پراکسید هیدروژن براساس شکل‌گیری پایدار آن با مولیبدن آمونیوم اندازه‌گیری شد. مقدار ۲/۰ میلی‌لیتر نمونه در ۱ میلی‌لیتر مخلوط حاوی پراکسید هیدروژن ۶۵ میلی‌مولار در ۶۰ میلی-مولار بافر فسفات با pH برابر با ۷/۴ در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و به‌مدت ۴ دقیقه انکوبه شد. واکنش آنزیمی با ۱ میلی‌لیتر مولیبدن آمونیوم ۴/۳۲ میلی‌مولار متوقف شده و میزان فعالیت کاتالاز و جذب نمونه‌ها در طول موج ۴۰۵ نانومتر با دستگاه الایزا ریدر اندازه‌گیری گردید(۲۰).

اندازه گیری گلوتاتیون پراکسیداز (GPX)

جهت تهیه هموژن بافت مغز پس از جداسازی با محلول سدیم کلراید و آب مقطر شستشو داده شد ه و عاری از خون گردید. سپس حجمی از بافت مغز با یک میلی لیتر بافر فسفات با pH = (۴/۷) مخلوط وعمل هموژن سازی روی آن صورت گرفت. محلول حاصل به مدت۲۰ دقیقه با دور ۶۰۰۰ دور بر دقیقه سانتریفیوز و مایع رویی به دست آمده جهت بررسی و آنالیز جمع آوری شد. جهت آنالیز نمونه‌های استاندارد و مجهول طبق دستورالعمل، کیت سنجش در میکروپلیت‌های مربوط قرارگرفت و جذب نوری در طول موج ۳۴۰ نانومتر اندازه‌گیری شد(۲۱).

سنجش فعالیت سوپراکسید دیسموتاز (SOD)

جهت تهیه هموژن بافتی ابتدا بافت را وزن کرده و با بافر فسفات سالین ۵۰ میلی‌مولار pH = (۴/۷) هموژن شد. ابتدا محلول استاندارد آنزیم که از شرکت پارس آزمون خریداری شده بود با بافر فسفات به غلظت‌های مختلف تهیه و منحنی استاندارد رسم گردید. سپس ۶۵ میکرولیتر بافر فسفات سالین pH = (۴/۷) ، ۳۰ میکرولیتر MTT به مدت ۵ دقیقه در دمای اتاق انکوبه شدند. سپس ۷۵/ ۰میکرومول با ۱۰ میکرولیتر هموژن بافتی مخلوط شده و (۱/۲۵ میلی‌مول) در حضور ۷۵ میکرولیتر پیروگالل ،۱۰۰ میکرولیتر دی‌متیل سولفوکسید اضافه گردیده جذب نوری محلول در طول موج ۵۷۰ نانومتر با استفاده از دستگاه الایزا خوانده شد(۲۲).

سنجش شاخص پراکسیداسیون لیپیدی (MDA) بافت مغز

جهت تعیین میزان پراکسیداسیون لیپیدی، سطح TBARS ترکیبات واکنش‌دهنده با تیوباربیتوریک اسید در بافت مغز اندازگیری گردید.جهت تهیه محلولHCL-TCA-TBA ، ۳۷۵ میلی گرم تیوباربیتوریک اسید TBA در ۲ میلی‌لیتر اسید کلریدریک حل شده و به ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول ۱۵ درصدی تری‌کلرواستیک اسید اضافه شده، جهت حل شدن کامل رسوبات از حمام آب ۵۰ درجه سانتی‌گراد استفاده گردید. سپس بافت مورد نظر توزین و بلافاصله با محلول کلرید پتاسیم ۱۵/٪ ۱هموژن گردید تا یک مخلوط هموژن ۱۰٪ بدست آید. سپس ۱ میلی‌لیتر از مخلوط هموژن بافتی با ۲ میلی‌لیتر از محلول HCL-TCA-TBA مخلوط شده و به مدت ۴۵ دقیقه در آب در حال جوش حرارت داده شد (محلول به رنگ نارنجی صورتی). بعد از خنک شدن، به مدت ده دقیقه با دور ۱۰۰۰دور بر دقیقه سانترفیوژ گردید و سپس جذب نمونه ها در طول موج ۵۳۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر نانومتر اندازه‌گیری انجام شد(۱۹).

تحلیل داده ها:

نتایج حاصل از این پژوهش براساس میانگین ± انحراف معیار و تحلیل داده‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS ورژن۲۶ (SPSS, Inc., Chicago, IL, USA) و آزمون آماری واریانس یک طرفه، تست توکی و اختلاف معنادار بین گروه‌ها (P<۰/۰۵). در نظر گرفته شد. همچنین، بررسی توزیع طبیعی داده‌ها با آزمون کولوموگروف-اسمیرنوف انجام گرفت (P>۰/۰۵)

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

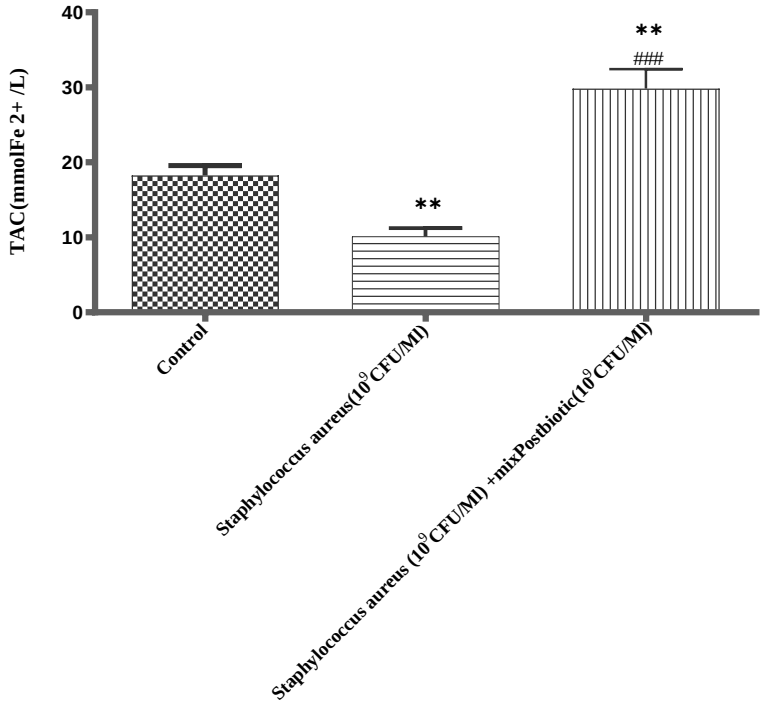
ملاحظات اخلاقی:

این مطالعه، توسط کمیته اخلاق دانشگاه تهران‌مرکزی مورد تایید قرارگرفته‌است(کد اخلاق IR.IAU.CTB.REC.1403.110).

نتایج:

با توجه به نمودارهای ۱تا ۴ کاهش سطح آنتی اکسیدان تام ،گلوتاتیون پراکسیداز ، سوپراکسیددسموتاز ، کاتالاز و افزایش سطح مالون دی آلدهید در بافت مغزی گروه دریافت کننده باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس* و مخلوط پست‌بیوتیک + باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس* در مقایسه با گروه کنترل به صورت معناداری نشان داده شد(۰/۰۱> P).

در حالیکه در گروه آلوده تیمار شده با مخلوط پست‌بیوتیک، افزایش سطح آنتی اکسیدان تام ،گلوتاتیون پراکسیداز ، سوپراکسیددسموتاز ،کاتالاز و کاهش سطح مالون دی آلدهید بافت مغزی در مقایسه با گروه آلوده معناداری مشاهده شد (P<۰/۰۵) .



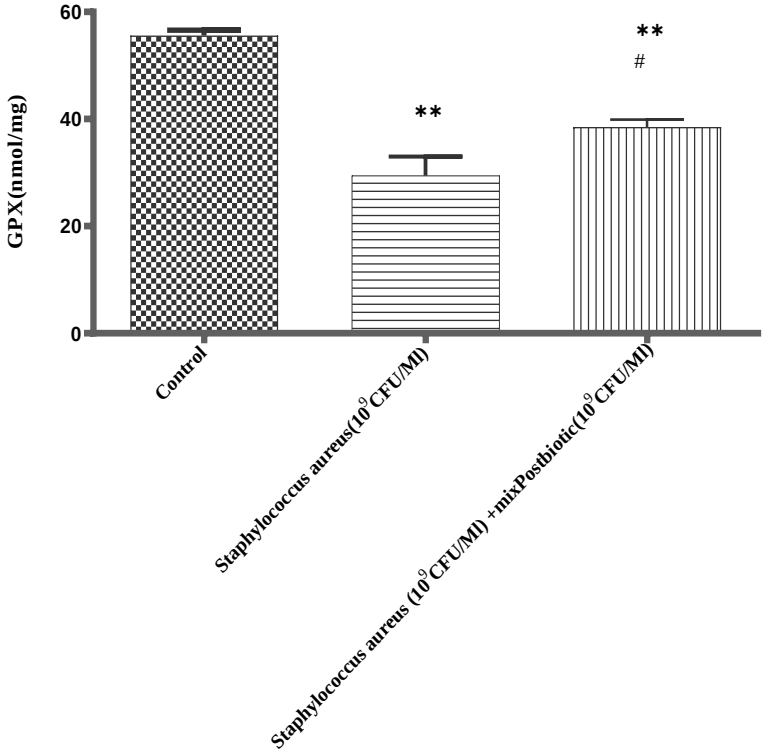
نمودار۱. مقایسه سطح آنتی اکسیدان تام بافت مغزی در گروه‌های مختلف آزمایش

نتایج براساس میانگین±انحراف معیار

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

**P <۰/۰۱ مقایسه با گروه کنترل

###P <۰/۰۰۱: مقایسه با گروه آلوده به باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس*



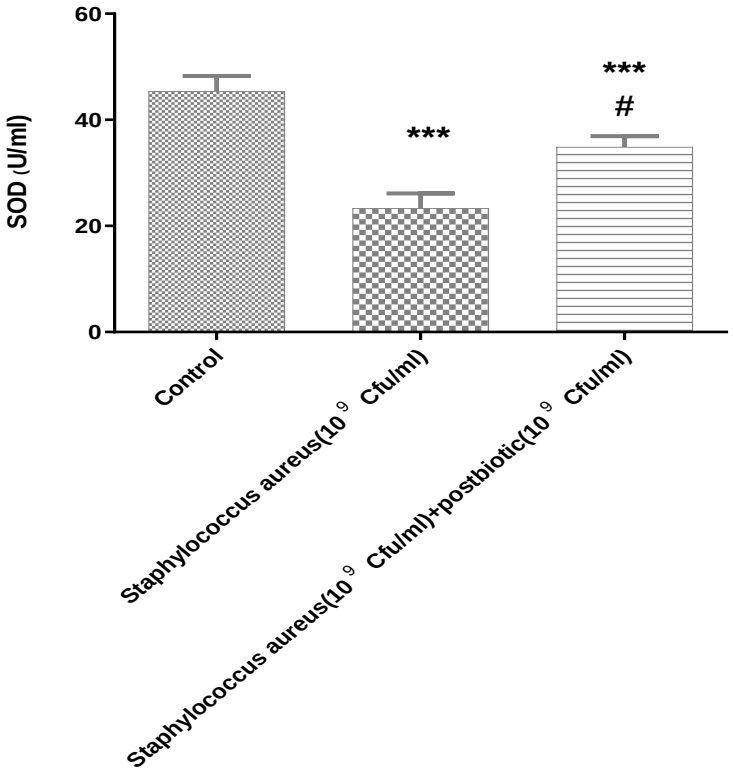
نمودار۲. مقایسه سطح گلوتاتیون پراکسیداز بافت مغزی در گروه‌های مختلف آزمایش

نتایج براساس میانگین±انحراف معیار

**P <۰/۰۱ مقایسه با گروه کنترل

#P <۰/۰۵: مقایسه با گروه آلوده به *استافیلوکوکوس اورئوس*

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]



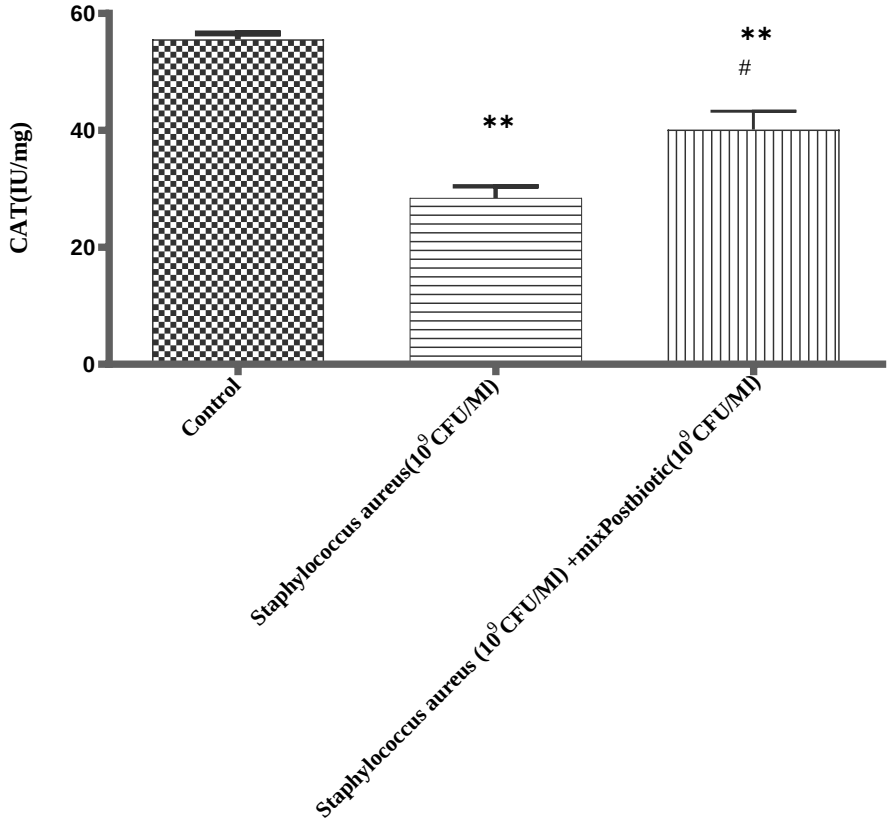
نمودار۳. مقایسه سطح سوپراکسیددسموتاز بافت مغزی در گروه‌های مختلف آزمایش

نتایج براساس میانگین±انحراف معیار

***مقایسه با گروه کنترل P <۰/۰۰۱

#مقایسه با گروه آلوده به *استافیلوکوکوس اورئوس*: P <۰/۰۵

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]



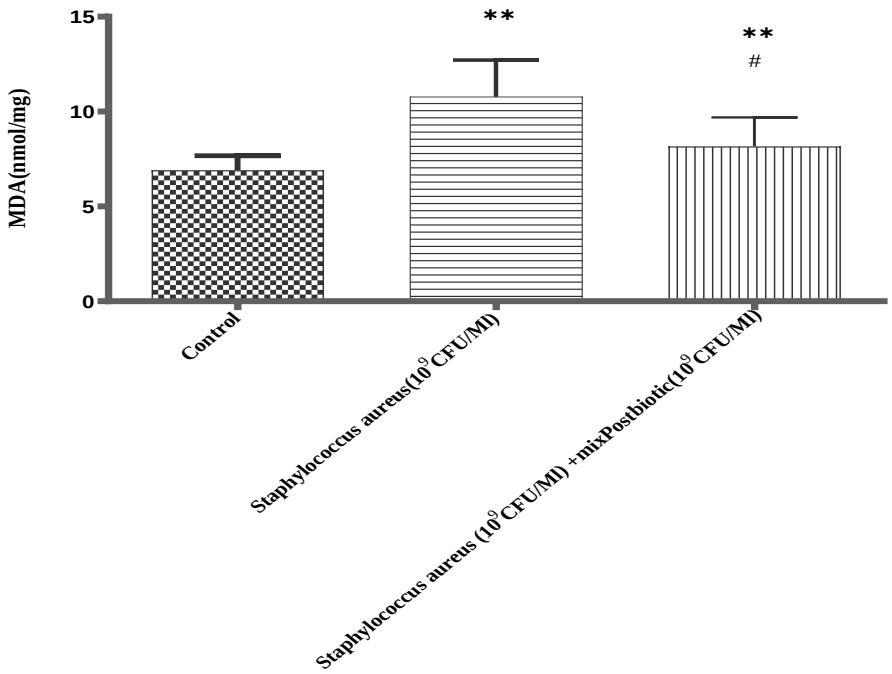
نمودار۴. مقایسه سطح کاتالاز بافت مغزی در گروه‌های مختلف آزمایش

نتایج براساس میانگین±انحراف معیار

**P <۰/۰۱ مقایسه با گروه کنترل

P <۰/۰۵: مقایسه با گروه آلوده به *استافیلوکوکوس اورئوس*

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]



نمودار۵. مقایسه سطح مالون دی آلدهید بافت مغزی در گروه‌های مختلف آزمایش

نتایج براساس میانگین±انحراف معیار

**P <۰/۰۰۱ مقایسه با گروه کنترل

P <۰/۰۵: مقایسه با گروه آلوده به *استافیلوکوکوس اورئوس*

بحث

یکی از متداول‌ترین علل مرگ ومیر در کشورها، عفونت‌های باکتریایی می‌باشد ،که مشکلات بزرگی را برای صنایع غذایی و سلامت و بهداشت انسان ها ایجادکرده است. در سال‌های اخیر مسمومیت ناشی از *استافیلوکوکوس اورئوس* به صورت وسیع مشاهده شده است.مقاومت به فاگوسیت‌ها،داشتن غشای خارجی مقاوم در برابرآنتی بیوتیک‌ها، تکثیر در دستگاه گوارش وحمل این باکتری توسط میزبان به مدت طولانی، از عوامل شیوع وبیماری‌زایی این باکتری به شمار می‌رود.

در این راستا، پژوهش حاضر به منظور بررسی تاثیر مخلوط پست‌بیوتک (*لاکتوباسیلوس پلانتاروم، لاکتوباسیلوس پاراکازئی ،لاکتوباسیلوس برویس*) بر برخی از شاخص‌های استرس اکسیداتیو مغز موش‌های نر صحرایی آلوده به *استافیلوکوکوس اورئوس* انجام شد.

نتایج حاصل از بررسی مطالعه حاضر نشان داد باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس* به طور معناداری باعث کاهش سطح ظرفیت آنتی اکسیدانی تام ، سوپراکسیددسموتاز، گلوتاتیون پراکسیداز، کاتالاز ، نسبت به نمونه کنترل در بافت مغز شده است.همچنین بعد از سنجش پراکسیداسیون لیپیدی دربافت مغز مشخص شد تیتر این ترکیب نیز درگروه آلوده به باکتری نسبت به گروه شاهد افزایش معناداری را نشان داده است.

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

استافیلوکوکوس اورئوس یکی از عوامل اصلی عفونت‌ها از طریق غذا و طیف وسیعی از عفونت‌های بیمارستانی است.این باکتری به دلیل افزایش مقاومت آنتی‌بیوتیکی، مهار آن روز به روز مشکل‌تر می‌شود. به همین دلیل دانشمندان در تلاش هستند تا روش‌های درمانی جدید مانند استفاده از متابولیت-های زیست فعال را برای عفونته‌ای این بیماری‌زاها شناسایی کنند(۲۳). افزا یش دانسته ها در مورد مکانیسم‌های درگیر در برهمکنش میان اسید لاکتیک باکتری‌ها و *استافیلوکوکوس اورئوس*، راهکاری جدید برای کنترل زیستی بدون استفاده از آنتی‌بیوتیک‌هاست(۲۴).

پژوهش های مختلف نشان داده است که *عفونت استافیلوکوکوس اورئوس* می تواند به طور قابل توجهی بر عملکرد مغز و نشانگرهای استرس اکسیداتیو در موش ها تأثیر بگذارد. تحقیقات نشان می دهد که چنین عفونت هایی ممکن است فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی مانند گلوتاتیون پراکسیداز ، کاتالازو سوپراکسید دیسموتاز را در مغز تغییر دهند.که نتایج حاصل از این تحقیقی نیز همسو با مطالعات پیشن می باشد(۲۵،۲۶).

در آلودگی‌های باکتریایی، افزایش استرس اکسیداتیو باعث تولید انواع گونه‌های اکسیژن آزاد از جمله رادیکال آزاد هیدروکسیل و آنیون‌های سوپراکسید شده که می‌تواند به ماکرومولکول‌های زیستی غشا مانند پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک آسیب رسانده و ظرفیت و تعادل سیستم آنتی اکسیدانی را بر هم زند(۲۵،۲۷).

در بخش دیگری از این تحقیق، نتایج حاصل از بررسی شاخص های استرس اکسیداتیو در موش‌های آلوده به باکتری تیمار شده با مخلوط پروبیوتیک به مدت ۳۵ ، تغییرات معناداری را در مقایسه با گروه آلوده به باکتری نشان داد.

ناتاراج[1] و مالپا[2] در سال ۲۰۲۱نشان دادند که گلیکولیپیدها و پورین‌ها از ترکیبات مشتق شده *لاکتوباسیلوس کازئی* می-توانند رشد باکتری بیماریزا *استافیلوکوکوس اورئوس* را مهار کنند. نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر با نتیجه آن محققان همسوست.

گزارش شده است غلظت‌های مورد استفاده از سوپرناتانت پست‌بیوتیک حاصل از *لاکتوباسیلوس کازئی* اثر مهاری بر رشد *استافیلوکوکوس اورئوس* دارند که احتمالا این اثرات را می‌توان به ترکیباتی مانند اسیدهای چرب، گلیکولیپیدها، پورین‌ها، الیگوساکاریدها و اسفنگولیپیدها نسبت داد. (۲۸).

به طور کلی، پست بیوتیک ها تمام اثرات مفید پروبیوتیک ها، از جمله اثرات آنتی اکسیدانی، ضد چاقی، ضد سرطان، ضد دیابت، کاهش کلسترول خون و اثرات ضد التهابی را نشان داده اند. اینها هم در شرایط آزمایشگاهی و هم در داخل بدن به اثبات رسیده اند (۲۹،۳۰).

عاقیتی[3] و همکاران در تحقیق خود در سال ۲۰۲۰ نشان دادند که پست بیوتیک‌های مشتق شده از لاکتیک اسید باکتری‌ها علاوه بر خواص آنتی اکسیدانی و ضد دیابتی خود به دلیل اثرات ضدباکتریایی خود در برابر باکتری‌های بیماری زا و فاسد کننده مواد غذایی توجه زیادی را به خود جلب کرده اند (۳۱).

ناتاراج[4] و همکاران در پژوهش خود در سال ۲۰۲۰ گزارش دادند که توانایی در مهار پاتوژن ها توسط پست بیوتیک‌ها، می تواند جایگزین پایداری برای آنتی بیوتیک‌ها باشد. یکی از مهم‌ترین پست بیوتیک هایی که به دلیل فعالیت ضد میکروبی آن شناخته شده است CFS است. این کنسرسیومی از متابولیت‌های تخمیری متنوع با فعالیت های باکتریواستاتیک یا باکتری‌کش، از جمله ترکیبات با وزن مولکولی کم مانند اسیدهای آلی، دی استیلن، دی اکسید

[1] *Nataraj*
[2]. *Mallappa*
[3] *Aghebati*
[4] *Natarraj*

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

کربن و روترین و همچنین مواد با وزن مولکولی بالا مانند پلی ساکاریدها و باکتریوسین ها در نظر گرفته می شود(۳۲).

چن[1] و همکاران در سال ۲۰۱۵، که نشان داد که تولید ترکیبات آنتی اکسیدانی محلول، از جمله آنتی اکسیدان‌های آنزیمی و غیر آنزیمی، پروتئین ها، پپتیدها، اسیدهای چرب و پلی ساکاریدها در مایع مغزی نخاعی، به فعالیت آنتی اکسیدانی پست بیوتیک‌ها کمک می‌کند. از سوی دیگر، پتانسیل مهار رادیکال‌های آزاد ممکن است به دلیل وجود برخی مواد دهنده هیدروژن مانند گروه‌های هیدروکسیل و کربوکسیل باشد که می‌توانند با رادیکال‌های آزاد واکنش داده و آنها را به مولکول‌های پایدارتر تبدیل کنند(۳۳).

پست‌بیوتیک‌های تهیه‌شده از باکتری‌های اسید لاکتیک معمولاً حاوی چندین متابولیت زیست فعال از جمله اسیدهای آلی، اسیدهای چرب با زنجیره کوتاه، کربوهیدرات‌ها، پپتیدهای ضد میکروبی، آنزیم‌ها، ویتامین‌ها، کوفاکتورها، ترکیبات سیگنال‌دهنده به سیستم ایمنی بدن، فلاونوئیدها، ترکیبات فنولیک و سایر ترکیبات پیچیده هستند (۳۴).

ترکیبات پس بیوتیک مزایای مشخصی نسبت به پروبیوتیک‌ها دارند. ماهیت غیر زنده آنها به افزایش ماندگاری، پایداری در محدوده وسیع‌تر pH و دما، و از بین بردن خطرات مقاومت آنتی‌بیوتیکی یا تولید آمین‌های بیوژنیک منجر می‌شود. علاوه بر این، ساختارهای شیمیایی تعریف شده، تولید استاندارد شده و فعالیت ضد میکروبی بالقوه گسترده‌تری را تسهیل می‌کند و آنها را به جایگزین یا مکمل امیدوارکننده‌ای برای پروبیوتیک‌های زنده تبدیل می‌کند(۳۵).

انوار[2] و همکاران در بررسی خود در سال ۲۰۲۳ افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی (TPC و DPPH) را در کره تیمار شده با نانومولسیون عصاره *Ferulago angulata* یا متابولیت‌های پست بیوتیک *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* مشاهده کردند. به طور مشابه، مطالعه ما نشان داد که مخلوط پست بیوتیک‌های(*لاکتوباسیلوس پلانتاروم، لاکتوباسیلوس پاراکازئی،لاکتوباسیلوس برویس*) به طور قابل توجهی فعالیت آنتی اکسیدانی را در نمونه های بافت مغز موش های تیمار شده افزایش می دهند(۳۶).

نتایج پژوهش تنگ[3] و همکاران در سال ۲۰۲۱ احتمالا نشان می دهد که پست بیوتیک‌ها، غنی از ترکیبات زیست فعال مانند ترکیبات فنولی و SCFA ها، می‌توانند به طور موثر رادیکال های آزاد را خنثی کنند و ظرفیت آنتی اکسیدانی را بهبود بخشند و خواص آنتی اکسیدانی قابل توجه پست بیوتیک‌ها نشان می‌دهد که این ترکیبات عملکردی می توانند نقش مهمی در محافظت آنتی اکسیدانی موثر ایفا کنند(۳۷).

وجود ترکیبات فعال زیستی در آماده‌سازی‌های پست‌بیوتیک‌هایی مانند اگزوپلی‌ساکاریدها (EPS)، پپتیدها، پروتئین‌های سطح سلولی و غیره نقش حیاتی در توانایی آن‌ها برای مبارزه با رادیکال‌های آزاد و محافظت در برابر استرس اکسیداتیو دارد. علاوه بر این، اسیدهای آلی مانند اسید لاکتیک و اسید استیک به عنوان اهداکنندگان الکترون قوی با گروه‌های هیدروکسیل عمل می‌کنند که فعالیت مهار رادیکال‌های آزاد را افزایش می‌دهند، همانطور که وانگ و همکاران نشان دادند(۳۸).

نتیجه گیری:

نتایج این مطالعه اثر مخلوط پست بیوتیک (*لاکتوباسیلوس پلانتاروم، لاکتوباسیلوس پاراکازئی، لاکتوباسیلوس برویس*)بر برخی از شاخص‌های استرس اکسیداتیو بافت مغز موش-

[1] *Chen*
[2] *Anvar*
[3] *Tong*

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

های آلوده با *استافیلوکوکوس اورئوس* را نشان داد. پست-بیوتیک می‌تواند به دلیل دارا بودن فعالیت‌های زیستی متنوع، فواید سلامتی را برای میزبان فراهم کند. بررسی مطالعات نشان می‌دهد که پست‌بیوتیک‌ها فعالیت زیستی گوناگون مانند ضدالتهابی، تعدیل کننده ایمنی، ضد تکثیر، آنتی اکسیدانی و ضدمیکروبی را دارا هستند و می‌توانند اثرات ارتقاء سلامت داشته باشند. بنابراین دارای پتانسیل ارزشمندی برای توسعه محصولات بیوتکنولوژیکی با ترکیبات کاربردی برای صنایع غذایی هستند. در نتیجه رویکرد آینده می‌تواند طراحی فرآیندهای تولید و استفاده از این متابولیت‌ها باشد. همچنین مطالعات و تکنیک‌های نوین می‌تواند امکان کشف و معرفی متابولیت‌های عملگرا در مقیاس بزرگ و در سطح صنعتی و استفاده در صنعت مواد غذایی و دارویی را فراهم نماید. این یافته‌های دلگرم‌کننده، کاربرد امیدوارکننده‌ای را برای پست‌بیوتیک‌های به‌عنوان عوامل جایگزین در صنایع غذایی و دارویی برای کاهش استرس اکسیداتیو و مبارزه با باکتری‌های بیماری‌زا نشان می‌دهد. با این وجود، تحقیقات آینده، به ویژه با تمرکز بر مطالعات in vivo، برای بررسی بیشتر این موضوع توصیه می‌شود.

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

منابع

1. Hulme J. *Staphylococcus* infection: relapsing atopic dermatitis and microbial restoration. Antibiotics. 2023;12(2):222.

2. Guo X. Antibacterial and anti-inflammatory effects of genistein in *Staphylococcus aureus* induced osteomyelitis in rats. Journal of Biochemical and Molecular Toxicology. 2023 ;37(4):e23298.

3. Ochlich D, Rademacher F, Drerup KA, Gläser R, Harder J. The influence of the commensal skin bacterium *Staphylococcus epidermidis* on the epidermal barrier and inflammation: Implications for atopic dermatitis. Experimental Dermatology. 2023;32(4):555-561.

4. Arumugam P, Kielian T. Metabolism shapes immune responses to *Staphylococcus aureus*. Journal of Innate Immunity. 2024;16(1):12-30.

5. Chen Y, Liu Z, Lin Z, Lu M, Fu Y, Liu G, Yu B. The effect of *Staphylococcus aureus* on innate and adaptive immunity and potential immunotherapy for S.aureus-induced osteomyelitis. Frontiers in Immunology. 2023;14:1219895.

6. Zhong W, Tang M, Xie Y, Huang X, Liu Y. Tea polyphenols inhibit the activity and toxicity of *Staphylococcus aureus* by destroying cell membranes and accumulating reactive oxygen species. Foodborne Pathogens and Disease. 2023;20(7):294-302.

7. Tălăpan D, Sandu AM, Rafila A. Antimicrobial resistance of *Staphylococcus aureus* isolated between 2017 and 2022 from infections at a Tertiary Care Hospital in Romania. Antibiotics. 2023;12(6):974.

8. Humam AM, Loh TC, Foo HL, Izuddin WI, Awad EA, Idrus Z, Samsudin AA, Mustapha NM. Dietary supplementation of postbiotics mitigates adverse impacts of heat stress on antioxidant enzyme activity, total antioxidant, lipid peroxidation, physiological stress indicators, lipid profile and meat quality in broilers. Animals. 2020;10(6):982.

9. El Far MS, Zakaria AS, Kassem MA, Wedn A, Guimei M, Edward EA. Promising biotherapeutic prospects of different probiotics and their derived postbiotic metabolites: in-vitro and histopathological investigation. BMC microbiology. 2023;23(1):122

10. Hosseinzadeh N, Asqardokht-Aliabadi A, Sarabi-Aghdam V, Hashemi N, Dogahi PR, Sarraf-Ov N, Homayouni-Rad A. Antioxidant Properties of Postbiotics: An Overview on the Analysis and Evaluation Methods. Probiotics and Antimicrobial Proteins. 2024:1-9.

11. Davarzani S, Sanjabi MR, Mojgani N, Mirdamadi S, Soltani M. Investigating the Antibacterial, Antioxidant, and Cholesterol-lowering Properties of Yogurt Fortified with Postbiotic of *Lactobacillus acidophilus* and Lactiplantibacillus plantarum in the Wistar Rat Model. Journal of Food Protection. 2024;87(12):100408.

12. Noori SM, Behfar A, Saadat A, Ameri A, Yazdi SS, Siahpoosh A. Antimicrobial and antioxidant properties of natural postbiotics derived from five lactic acid bacteria. Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products. 2023 28;18(1):1-10.

13. Dong H, Ren X, Song Y, Zhang J, Zhuang H, Peng C, Zhao J, Shen J, Yang J, Zang J, Li D. Assessment of multifunctional activity of a postbiotic preparation derived from *Lacticaseibacillus paracasei* postbiotic-P6. Foods. 2024;13(15):2326.

14. Jalali S, Mojgani N, Haghighat S, Sanjabi MR, Sarem-Nezhad S. Investigation of antimicrobial and antioxidant properties of postbiotics produced by *lactobacillus rhamnosus* and *limosilactobacillus reuteri* and their potential application in surface decontamination of red meat. LWT. 2024;209:116758.

15. Liang H, Wang Y, Liu F, Duan G, Long J, Jin Y, Chen S, Yang H. The Application of Rat Models in *Staphylococcus aureus* Infections. Pathogens. 2024 ; 13(6):434.

16. Tabaei S, Kouhi Noghondar M, Mohammadzadeh, M,Ataei L, Amel Jamehdar S. Pattern of antibiotic resistance in methicillin-resistant *Staphylococcus aureus (MRSA)* strains isolated from clinical specimens: Imam Reza hospital in Mashhad. Medical Journal of

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

Mashhad university of Medical Sciences.2016; 59(2): 64-70.

17. Liu Y, Zhang J, Ji Y. Environmental factors modulate biofilm formation by Staphylococcus aureus. Science Progress. 2020; 103(1):0036850419898659.

18. Barzin oshtologh A, Keshtmand, Z, Samadikhah H R. Effect of protective of a mixture of native Iranian probiotics *(Lactobacillus rhamnosus, Lactobacillus casei and Lactobacillus holoticus*) on the Damage of Rat male Small Intestinal tissue Caused by lead acetate. Iranian Journal of Biological Sciences. 2022; 16 : 71-80.

19. 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 Medical Sciences Journal. 2018; 22 (6) :555-563.

20. Luhova L, Lebeda A, Hedererova D, Pec P. Activities of amine oxidase, peroxidase and catalase in seedlings of Pisum sativum L. under different light conditions. Plant Soil Environ.2003; 49(4): 151-157.

21. Reza Pourbabaki, Monireh Khadem, Sajjad Samiei, Fatemeh Amirkhanloo, Seyed Jamaleddin Shahtaheri. Role of rosemary officinalis in the hepatotoxicity induced by Chlorpyrifos sub-chronic exposure in rats. Iran Occupational Health. 2021 ;6: 1- 14.

22. Sincihu Y, Lusno MF, Mulyasari TM, Elias SM, Sudiana IK, Kusumastuti K, Sulistyorini L, Keman S. Wistar rats hippocampal neurons response to blood low-density polyethylene microplastics: a pathway analysis of SOD, CAT, MDA, 8-OHdG expression in hippocampal neurons and blood serum Aβ42 levels. Neuropsychiatric disease and treatment. 2023 ; 31:73-83.

23. Delghandi PS, Soleimani V, Fazly Bazzaz BS, Hosseinzadeh H. A review on oxidant and antioxidant effects of antibacterial agents: impacts on bacterial cell death and division and therapeutic effects or adverse reactions in humans. Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology. 2023;396(10):2667-2686.

24. Hamdaoui N, Benkirane C, Bouaamali H, Azghar A, Mouncif M, Maleb A, Hammouti B, Al-Anazi KM, Kumar P, Yadav KK, Choi JR, Meziane M. Investigating lactic acid bacteria genus *Lactococcus lactis* properties: Antioxidant activity, antibiotic resistance, and antibacterial activity against multidrug-resistant bacteria *Staphylococcus aureus*. Heliyon. 2024;10(11):e31957.

25. Chakraborty SP, Pramanik P, Roy *S. Staphylococcus aureus* Infection Induced Oxidative Imbalance in Neutrophils: Possible Protective Role of Nanoconjugated Vancomycin. International Scholarly Research Notices Pharmacology. 2012;2012:435214.

26. Rowe SE, Wagner NJ, Li L, Beam JE, Wilkinson AD, Radlinski LC, Zhang Q, Miao EA, Conlon BP. Reactive oxygen species induce antibiotic tolerance during systemic *Staphylococcus aureus* infection. Nature Microbiology.2020 ; 5(2):2822-2890.

27. Men Q, Zhang P, Zheng W, Song S, Ai C. Fucoidan alleviates *Salmonella*-induced inflammation and mortality by modulating gut microbiota and metabolites, protecting intestinal barrier, and inhibiting NF-κB pathway. Food Bioscience.2023 ; 56:103209.

28. Nataraj B H, Mallappa R H.. Antibiotic resistance crisis: an update on antagonistic interactions between probiotics and methicillin-resistant *Staphylococcus aureus (MRSA)*. Current Microbiology.2021; 78(6): 2194-2211.

29. Aghebati-Maleki L, Hasannezhad P,Abbasi A, Khani N. Antibacterial, antiviral, antioxidant, and anticancer activities of postbiotics: a review of mechanisms and therapeutic perspectives. Biointerface Research in Applied Chemistry.2021;12: 2629–2645.

30. Noori SMA, Behfar A, Saadat A, Ameri A,Yazdi SSA,Siahpoosh A. Antimicrobial and antioxidant properties of natural postbiotics derived from five lactic acid bacteria. Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products . 2023;18(1): e130785.

31. Aghebati-Maleki L, Hasannezhad P, Abbasi A,Khani N. Antibacterial, antiviral, antioxidant, and anticancer activities of postbiotics: a review of mechanisms and therapeutic perspectives. Bio interface Research in Applied Chemistry.2021; 12: 2629–2645.

32. Nataraj BH, Ali SA,Behare PV, Yadav H. Postbiotics-parabiotics: the new horizons in microbial biotherapy and functional foods. Microbial Cell Factories.2020 ;19(1): 1–22.

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

33. Chen Q, Kong B, Sun Q,Dong F,Liu Q. Antioxidant potential of a unique LAB culture isolated from Harbin dry sausage: in vitro and a sausage model. Meat Science. 2015;110: 180–188.

34. Wu J, He T, Wang Z, Mao J, Sha R. The dynamic analysis of non-targeted metabolomics and antioxidant activity of Dendrobium officinale Kimura et Migo by the synergistic fermentation of bacteria and enzymes. LWT. 2024;203:116354.

35. Barros CP, Guimarães JT, Esmerino EA, Duarte MC, Silva MC, Silva R, Ferreira BM, Sant'Ana AS, Freitas MQ, Cruz AG. Paraprobiotics and postbiotics: concepts and potential applications in dairy products. Current opinion in food science. 2020; 32:1-8.

36. Anvar SA, Rahimyan D, Golestan L, Shojaee A, Pourahmad R. Butter fortified with spray-dried encapsulated Ferulago angulata extract nanoemulsion and postbiotic metabolite of *Lactiplantibacillus plantarum* subs *p. plantarum* improves its physicochemical, microbiological and sensory properties. International Journal of Dairy Technology. 2023;76(2):381-392.

37. Tong Y, Guo HN, Abbas Z, Zhang J, Wang J, Cheng Q, Peng S, Yang T, Bai T, Zhou Y, Li J. Optimizing postbiotic production through solid-state fermentation with Bacillus amyloliquefaciens J and *Lactiplantibacillus plantarum* SN4 enhances antibacterial, antioxidant, and anti-inflammatory activities. Frontiers in Microbiology.2023;14:1229952.

38. Tarrah A.Probiotics, prebiotics, and their application in the production of functional foods. Fermentation.2022;8(4):15

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]