





زیست فناوری میکروبی و مهندسی زیستی



02157416262
02157416806



<https://mbbe.irost.ir>



mbbe@irost.ir

مروری بر تأثیر محصولات غذایی پروبیوتیک بر ایمنی غذایی و ارتقاء سلامت مصرف کنندگان در سبک زندگی مدرن

فاطمه جلیلی^۱، عباس عابدفر^{۲*}

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت

^۲ استادیار، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت

چکیده	اطلاعات مقاله
صنعت غذا، به عنوان یکی از فعال ترین و پویاترین حوزه های اقتصادی جهان شناخته می شود که رشد و توسعه روزافزون آن، تنوع محصولات غذایی را به سطحی بی سابقه در مقیاس جهانی رسانده است. با توجه به افزایش نگرانی ها درباره شیوع اختلالات گوارشی در سبک زندگی مدرن، نیازهای جدیدی برای پاسخگویی به دغدغه های تغذیه ای جوامع به وجود آمده است. پروبیوتیک ها، میکروارگانیسم هایی مؤثر با عملکردی منحصر به فرد می باشند که می توانند با تأثیر بر میکروبیوم روده و برقراری تعادل میکروبی، سیستم ایمنی را تقویت کنند و سطح کیفیت زندگی و سلامت مصرف کنندگان را افزایش دهند. در این مطالعه به بررسی پیشینه مطالعات علمی در دسترس از اثرگذاری پروبیوتیک ها بر زندگی بشر و سطح ایمنی محصولات غذایی مصرفی پرداخته شده است. هدف از این مرور، جمع بندی و سازماندهی مطالعات پیشین برای معرفی کاربردی قابلیت های این محصولات به فعالان صنعت غذا و مصرف کنندگان می باشد و سعی دارد راه حلی راهبردی در مسیر تحقق سلامت عمومی جامعه مدرن مطرح کند.	نوع مقاله: مقاله مروری
	تاریخچه مقاله: دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۱۴ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۵/۱۸ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۱۸
	کلیدواژه ها: پروبیوتیک ها، میکروبیوم روده، ایمنی غذایی، سلامت مصرف کنندگان، سبک زندگی مدرن

*Corresponding author E-mail: a.abedfar@guilan.ac.ir

DOI: 10.22104/mbbe.2025.7603.1003

https://mbbe.irost.ir/article_1607.html



۱. مقدمه

همچون تولید مواد ضد میکروبی و اشغال جایگاه‌های اتصال، موفق به تعدیل سیستم ایمنی و افزایش سطح سلامتی میزبان می‌شوند (۶، ۷). از دانشمندان مطرحی که در طول تاریخ روی این میکروارگانیسم‌ها مطالعه انجام داده‌اند، می‌توان به الی متچنیکف (Elie Metchnikoff) و هنری تیسیه (Henry Tisser) اشاره کرد (۷). پری‌بیوتیک‌ها که عمدتاً الیگوساکارید می‌باشند، ترکیبات غیرقابل هضمی هستند که نقش مهمی در تغذیه و تقویت این پروبیوتیک‌ها دارند و به عنوان سوبسترای اختصاصی برای رشد باکتری‌های مفید عمل می‌کنند (۷). برای بهره‌برداری بهتر از این سیستم، سین‌بیوتیک‌ها توسعه یافته‌اند. این ترکیبات با ایجاد همکاری استراتژیک بین پروبیوتیک‌ها و پری‌بیوتیک‌ها، بقا و عملکرد میکروارگانیسم‌های پروبیوتیک در روده را بهینه می‌کنند (۷).

در علم امروز، میکروارگانیسم‌های پروبیوتیک به واسطه عملکرد منحصر به فرد خود، توسط مصرف‌کنندگان شناخته می‌شوند. تاریخچه موجود استفاده از این میکروارگانیسم‌ها در صنعت غذا گواه از اهمیت آن‌ها در همه دوران‌ها دارد. این میکروارگانیسم‌ها، توسط سازمان غذا و داروی آمریکا، تحت عنوان افزودنی مجاز ایمن (Generally Recognized As Safe) شناخته می‌شوند. مقاومت پروبیوتیک‌ها نسبت به اسید و صفرا، آن‌ها را قادر به تداوم زیست در محیط روده می‌کند (۷، ۸). همچنین به کوشش سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد (UN) و سازمان بهداشت جهانی (WHO) چندین دفترچه راهنما در باب بررسی، نظارت و ارزیابی خواص سلامت‌بخش پروبیوتیک‌ها و نقش آن‌ها در تغذیه تدوین شده است (۹).

استفاده صحیح و اصولی از میکروارگانیسم‌های پروبیوتیک در صنعت غذا با ایفای نقش تقویتی در میکروفلور طبیعی روده، سیستم ایمنی را ارتقا می‌بخشد (۱۰). پروبیوتیک‌ها علاوه بر برقراری تعادل در میکروبیوم روده، طیف گسترده‌ای از نقش‌ها را در بدن انسان دارند. از جمله این عملیات می‌توان به تولید مواد ضد میکروبی و باکتریوسین‌ها، تنظیم پاسخ ایمنی علیه پاتوژن‌ها، کاهش خطر حملات آلرژیک و نهایتاً بهبود عملکرد مخاط روده اشاره کرد. همچنین پروبیوتیک‌ها می‌توانند آنزیم‌هایی چون لاکتاز تولید کنند (۱۱). لازم به ذکر است که هم در زمینه علم و هم در بستر صنعتی، اصطلاح «پروبیوتیک‌ها» عمدتاً به گروهی از باکتری‌های لاکتوباسیلوس (*Lactobacillus*) و بیفیدوباکتریوم (*Bifidobacterium*) محدود می‌شود، ولیکن میکروارگانیسم‌های دیگری نیز می‌توانند پروبیوتیک در نظر گرفته شوند. از این باکتری‌ها می‌توان به استرپتوکوکوس ترموفیلیوس

امروزه، به ویژه پس از اپیدمی بیماری کووید ۱۹ و متعاقباً آثار بلند مدت آن، شیوع برخی بیماری‌ها در سطح جهان بیشتر مطرح شده‌اند. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که این گونه بیماری‌ها اغلب از پیامدهای تغییرات سبک زندگی بشر در دهه اخیر می‌باشند. تنش‌های روانی، تحرک پایین، فعالیت در فضاهای بسته و به ویژه رژیم غذایی نامناسب، از جمله این پیامدها هستند که به میزان قابل توجهی به بیماری‌های التهابی و گوارشی دامن می‌زنند. آخرین مطالعات در این زمینه، حاکی از نقش اساسی میکروبیوم روده در سطح سلامت بدن میزبان می‌باشند (۱).

پروبیوتیک‌ها سویه‌های میکروبی زنده هستند که قابلیت فعالیت در دستگاه گوارش انسان را داشته و در ضمن تأثیر مثبت بر سلامت و عملکرد بدن میزبان می‌گذارند و همچنین سبب پایداری میکروفلور روده می‌گردند. این اتفاق به ویژه در زمانی که فلور طبیعی روده دچار اختلال شده باشد، بسیار حائز اهمیت می‌شود (۲). مطالعه‌ای در سال ۲۰۲۱ نشان داد که مصرف منظم پروبیوتیک‌ها می‌تواند شدت علائم کووید ۱۹ را کاهش دهد و تولید آنتی‌بادی‌های اختصاصی کووید را تا ۳۰٪ افزایش دهد. به عنوان مثال، مطالعات نشان داده‌اند که ۲۵٪ از نمونه‌های مدفوع بیماران مبتلا به کووید ۱۹ تحت سلطه یک جنس باکتریایی (مانند باکتری‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک) بوده که نشان‌دهنده کاهش تنوع میکروبی است (۳).

با توجه به روند کنونی افزایش روزافزون سرعت آگاهی مصرف‌کنندگان و تمایل جامعه مدرن به تغذیه سالم، شایسته است صنعت غذا با ارائه محصولات نوآورانه، خود را با نیازهای جامعه هماهنگ و به روز کند و تمرکز خود را روی تولید محصولات همگام با دغدغه‌های جامعه همراه کند (۴). بر اساس گزارش‌ها، ارزش بازار جهانی پروبیوتیک‌ها در سال ۲۰۲۳ شاهد رشد حائز اهمیت بود و پیش‌بینی شده تا سال ۲۰۳۰ با نرخ رشد سالانه ۷/۵٪ به بیش از ۱۰۰ میلیارد دلار برسد. این امر نشان‌دهنده تقاضای رو به رشد جهانی برای محصولات پروبیوتیکی است (۵). این مطالعه در تلاش است تا راهکاری برای این همسویی با این دغدغه، ارائه دهد.

۲- مروری بر پیل‌های سوختی میکروبی

پروبیوتیک‌ها ریزسازواره‌های (میکروارگانیسم‌های) زنده-ای می‌باشند که در دستگاه گوارش انسان کلونیزه می‌شوند و با مصرف در مقادیر مناسب، از طریق مکانیسم‌های رقابتی

از طریق مداخلات تغذیه‌ای درست می‌توان آلرژی غذایی را پیشگیری کرد و یا کاهش داد (۱۸).

مکانیسم عمده میکروارگانیسم روده در کاهش احتمال حملات آلژیک را می‌توان از طریق داده‌های مرتبط با افزایش سلول‌های لنفوسیت T تنظیم کننده (Regulatory T Cell) و تقویت مانع مخاطی روده بررسی کرد. لنفوسیت T تنظیم کننده با نام قبلی لنفوسیت T مهارکننده، نوعی گلبول سفید است که نقشی اساسی در مواجهه با آنتی-ژن‌های خودی و کنترل بیماری‌های خودایمنی در دستگاه ایمنی بدن برعهده دارد. افزایش این سلول‌ها، به تبع، در تنظیم پاسخ ایمنی تأثیر مثبتی دارد و از واکنش‌های آسیب‌زا نسبت به آلرژن‌ها جلوگیری می‌کنند. مصرف رژیم غذایی و مکمل‌های غنی از پروبیوتیک‌ها به جهت تنظیم میکروبیوم روده، نه تنها یک روش پیشگیری برای حملات بالقوه آلژیک است، بلکه می‌توان به عنوان روشی با رویکرد درمانی نیز، به آن امیدوار بود (۱۸، ۱۹).

نحوه فعالیت لنفوسیت T تنظیم کننده در جهت کاهش واکنش‌های آلژیک، با مسدود کردن پروسه فعال‌سازی ماست-سل‌ها آغاز می‌شود. با این روش، این لنفوسیت‌ها موفق می‌شوند که جلوی آزادسازی واکنش‌های آنافیلاکسی آلژیک توسط ماست‌سل‌ها را بگیرند. همچنین، لنفوسیت‌های T تنظیم کننده از گسترش اینترلوکین ۲ (IL2) حاصل تحریک اینترلوکین ۳۳ (IL-33) در مخاط روده جلوگیری می‌کنند و به این ترتیب فرآیند تولید گلبول سفیدی که مسئول علائم التهابی و آلژیک هست را، مختل می‌کنند (۲۰).

۴.۲- جلوگیری از بیماری‌های عفونی

بیماری التهابی روده که میلیون‌ها انسان را در سر تا سر جهان درگیر کرده، شامل دو بیماری جداگانه کرون و کولیت اولسراتیو است. در احتمال ابتلا به بیماری التهابی روده علاوه بر عوامل ژنتیکی، کاهش تنوع میکروبی روده نیز بسیار تأثیرگذار و خطرآفرین است. از همین رو، تنظیم میکروبیوم روده در جهت کاهش خطر وقوع این بیماری با استفاده از پروبیوتیک‌ها در طی بیست سال اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است. با وجود مطالعات انجام شده، مکانیسم دقیق و ساختارهای درگیر در فرآیند هنوز مشخص نشده‌اند و نظریه‌ای منسجم درباره کاربرد دقیق آن‌ها وجود ندارد. به همین سبب ایده درمان و پیشگیری از بیماری التهاب روده با استفاده از پروبیوتیک‌ها به توجه بیشتری از جانب پژوهشگران دغدغه‌مند نیاز دارد (۲۱).

در مطالعات بالینی مربوط به تأثیر پروبیوتیک‌ها در بیماری التهابی روده مشاهده شده که بین بیماران مبتلا به

(*Streptococcus thermophilus*)، سویه‌های غیرپاتوژن/اشرشیا کلی (*Escherichia coli*)، انترکوکوس (*Enterococcus*)، باسیلوس (*Bacillus*) و مخمرهایی مانند ساکارومایسس بولاردی (*Saccharomyces boulardii*) اشاره کرد (۱۲، ۱۳).

۳- میکروبیوم روده

در روده انسان، بیش از صد تریلیون میکروارگانیسم همزیست وجود دارد که طی حداقل ۱۵ میلیون سال تکامل یافته‌اند (۱۴، ۱۵). انسان در جهان میکروب‌ها زیست می‌کند و به همین سبب، در تکامل، سیستم ایمنی او، مکانیزم‌هایی در جهت همزیستی با این میکروارگانیسم‌ها کسب کرده است. جمعیت فراوان میکروب‌ها در روده بزرگ در تماس نزدیک با اندام انسانی قرار دارند و تنها یک لایه سلولی، با سطح وسیع، به عنوان حائل بین این دو عمل می‌کند. از این رو اگر تنظیم این میکروفلور مختل شود، بدن دچار آسیب‌هایی جدی می‌گردد. پایداری میکروبیوم روده، عاملی کلیدی در تعادل و تکامل سیستم ایمنی انسان است و برای عملیات‌های مختلف بدن ضروری است. به ویژه نقشی حیاتی در متابولیسم دارد (۱۶).

در پی پژوهش‌های محققین در سال‌های اخیر، پیشرفت‌های قابل توجهی در مورد ساختار و کارکرد میکروبیوم انسانی با توسعه توالی‌یابی نسل بعدی حاصل شده است و به همین وسیله، امروزه تعادل میکروبیوم انسانی عامل ارتباطی مهمی بین سطح سلامتی و ابتلا به بیماری‌ها در بدن انسان شناخته می‌شود (۱۷). چنانچه در مطالعات متعددی ارتباط بیماری‌های گوارشی با منشأ رژیم غذایی نامناسب با میکروبیوم انسان مشاهده می‌شود که از این قبیل بیماری‌ها می‌توان به التهاب مری، سلیاک، سندروم انتروکولیت ناشی از پروتئین غذایی و انواع حملات آلژیک اشاره کرد (۱۸).

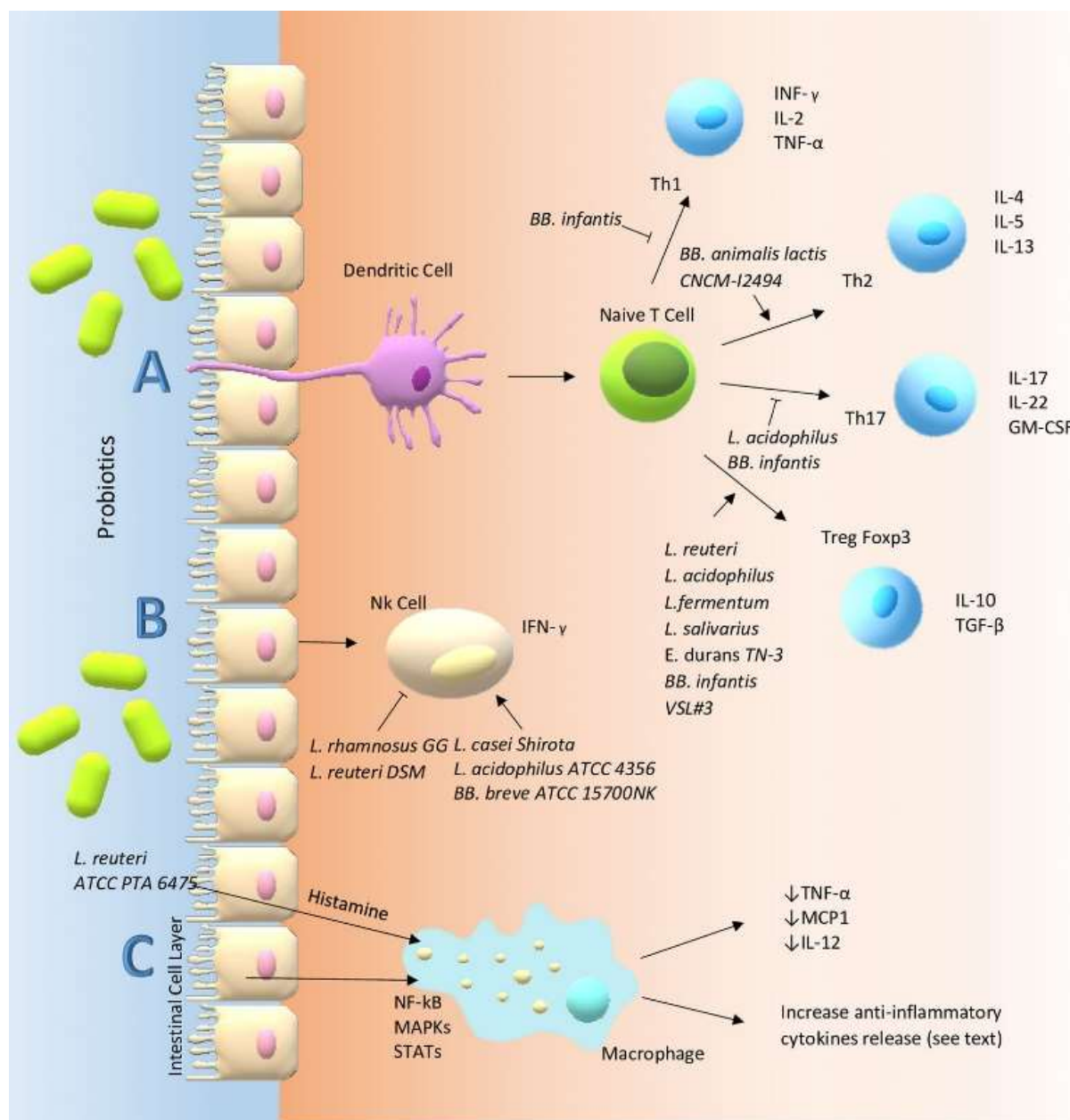
۴- نقش‌های پروبیوتیک‌ها

۴.۱- جلوگیری از آلرژی

حساسیت (آلرژی) غذایی یک بازخورد منفی از جانب دستگاه ایمنی است که به طور مکرر هنگام مصرف ماده غذایی خاصی رخ می‌دهد و یکی از مطرح‌ترین دغدغه‌های بهداشت عمومی و ایمنی غذایی در سطح جهان صنعت محسوب می‌شود. حساس‌ترین مواد غذایی در زمینه آلرژی‌زایی هشت ماده تخم‌مرغ، شیر، گندم، سویا، بادام‌زمینی، صدف، ماهی و مغزهای درختی شناخته می‌شوند. محققین دست یافته‌اند که میکروبیوم متعادل به عملکرد بهینه ایمنی بدن منجر می‌شود و

کند. به طور کل، پروبیوتیک‌ها بر روی سلول‌های مختلفی که در ایمنی ذاتی و اکتسابی نقش دارند، تأثیر می‌گذارند. از این دسته سلول‌ها می‌توان به سلول‌های دندریتی، مونوسیت‌ها، سلول‌های کشنده طبیعی، ماکروفاژها، لنفوسیت‌ها و سلول‌های اپی‌تلیالی اشاره کرد (شکل ۱) (۲۵).

بیماری کرون، با تجویز ساکاروماایسس بولاردی، انسداد روده بهبود یافت (۲۲). از میان بیماران مبتلا به بیماری کولیت اولسراتیو نیز، پروبیوتیک‌های *اشرشیا کلی*، *بیفیدوباکتریوم بروه*، *بیفیدوباکتریوم بیفیدوم* و *لاکتوباسیلوس/اسیدوفیلوس* نتایج امیدبخشی به ثمر رساندند (۲۳، ۲۴). مکانیسم عملکردی پروبیوتیک‌ها در رابطه با بیماری‌های عفونی با تأثیر بر روی لایه مخاطی روده عملی می‌شود تا سیستم ایمنی مخاطی را تنظیم



(شکل ۱) - مسیرهای اصلی تنظیم پاسخ ایمنی پروبیوتیک‌ها در روده. بخش A) سلول‌های T اصلی‌ترین عوامل التهاب هستند و پاسخ‌های التهابی را تقویت یا سرکوب می‌کنند. این سلول‌ها در فعالیت‌های خود با سلول‌های دندریتی تعامل دارند و پروبیوتیک‌ها از طریق گیرنده‌های شناسایی الگو (PRRs) روی همین تعاملات تأثیر می‌گذارند. گیرنده‌های الگوشناسی انواع TLR-2 و TLR-6، بر روی سلول‌های دندریتی و ماکروفاژها تأثیر می‌گذارند و پلاریزاسیون سلول‌های T کمکی تولید اینترلوکین‌ها را کاهش می‌دهند تا شدت وضعیت التهابی را کاهش دهند. این پروبیوتیک‌ها، سلول‌های پلاسمای تولیدکننده ایمونوگلوبولین A را فعال می‌کنند. ایمونوگلوبولین A، یک جزء اصلی عملکردی سیستم ایمنی در

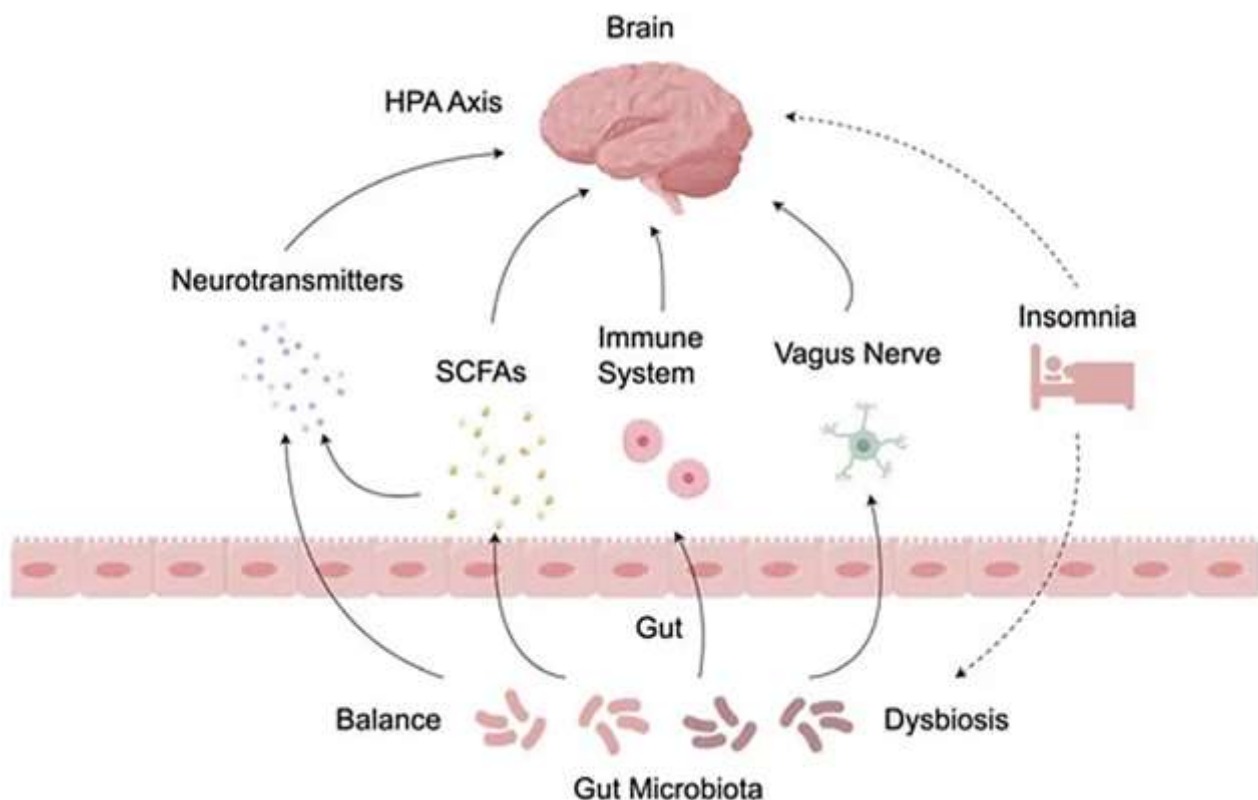
حفاظت موکوزی و خط اول دفاع در برابر عفونت‌های گوارشی است، که از طریق سلول‌های اپی‌تلیالی منتقل می‌شود و به لایهٔ موکوس متصل می‌شود. بخش B) سلول‌های کشندهٔ طبیعی (NK) از طریق تعامل با سلول‌هایی همچون اپی‌تلیالی روده، سلول‌های دندریتی و سلول‌های T، نقش در سیستم ایمنی دارند و پروبیوتیک‌ها بر روی عملیات این سلول‌ها تأثیر مثبت می‌گذارد. بخش C) نهایتاً، پروبیوتیک‌ها از طریق کینازها مسیرهای درون‌سلولی سلول‌های ایمنی‌ای چون ماکروفاژها را تغییر می‌دهند تا عوامل رونویسی را فعال یا سرکوب کنند. همچنین پروبیوتیک‌ها می‌توانند منجر به کاهش سیتوکین‌های پیش‌التهابی شوند (با مجوز دسترسی آزاد) (۲۶).

Figure (1). Main pathways regulating the immune response of probiotics in the human intestine.

پری‌بیوتیک، پست‌بیوتیک و سین‌بیوتیک اشاره کرد. میکروفلور روده از طریق تعاملات با مغز در یک سیستم ارتباط دوسویه شامل هیپوتالاموس، هیپوفیز، غدد فوق کلیوی، متابولیت‌های میکروبی، سیستم ایمنی و عصب واگ بر خواب تأثیر می‌گذارد. بر این اساس، با تعدیل میکروبیوم روده، در کیفیت و ساعت خواب نیز تعادل و سهولت تنظیم رخ می‌دهد (شکل ۲) (۲۷).

۴.۳- اثر بر سلامت روان

بی‌خوابی و کیفیت پایین خواب از دغدغه‌های اصلی انسان مدرن است. محققین پیرو پژوهش‌های خود به این نتیجه رسیده‌اند که دیسبیوزیس یا عدم تعادل میکروبی روده، تأثیر قابل توجهی بر کیفیت خواب دارد. درمان‌های پیشرفته‌ای بر اساس میکروبیوم روده برای بی‌خوابی مطرح شده که می‌توان به اصلاح رژیم غذایی و مصرف مکمل‌های پروبیوتیک،



(شکل ۲) - مکانیسم تعدیل خواب توسط فلور میکروبی روده (با مجوز دسترسی آزاد) (۲۷).

Figure (2). Mechanism of sleep modulation by intestinal microbial flora

حدود ۵٪ از جمعیت جهان را درگیر کرده است. عموماً متخصصین برای درمان افسردگی و اضطراب داروهای تجویز

همچنین از دیگر اختلال‌های شایع سلامت روان بشر مدرن، می‌توان به افسردگی و اضطراب اشاره کرد که چیزی

۵- محصولات غذایی پروبیوتیکی

عملکرد پروبیوتیک‌ها در حیطه حفظ تعادل فلور روده و بهبود دفاع مخاطی در برابر پاتوژن‌ها، باعث شده که هرروزه میزان تقاضای مواد غذایی حاوی باکتری‌های پروبیوتیک افزایش یابد. برآوردها حاکی از آنند که محصولات غذایی پروبیوتیک بین ۶۰٪ تا ۷۰٪ از کل بازار صنایع غذایی را تشکیل می‌دهند. اثربخشی محصولات غذایی پروبیوتیک بستگی به تعداد سلول‌های زنده و فعال در هر گرم یا میلی‌لیتر هنگام مصرف دارد. بنابراین، اطمینان از نرخ بالای زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها بسیار ضروری است. حداقل سطح پروبیوتیک‌های لازم برای تحقق مزایای سلامتی مورد نظر در محصولات غذایی، باید 10^6 CFUg⁻¹ در زمان مصرف باشد تا پیشگیری و درمان بیماری‌های گوارشی، تقویت سیستم ایمنی، فعالیت ضد سرطانی و کاهش سطح کلسترول و فشار خون میسر شود (۱۱، ۳۶). سویه‌های پروبیوتیک انتخاب‌شده باید برای تولید انبوه صنعتی مناسب باشند و عملکرد خود را در طول تولید و ذخیره‌سازی به صورت کشت‌های منجمد یا خشک حفظ کنند. در این زمینه شرایط فرآوری و آماده‌سازی و تدابیر اندیشیده شده جهت ماندگاری بیشتر پروبیوتیک‌ها نیز بسیار مؤثر است. مثلاً می‌توان راه حل بهینه جهت کپسوله‌سازی، تغییر تکنیک‌های تولید، ترکیب محافظ، استفاده از مواد بسته‌بندی غیر قابل نفوذ اکسیژن و اصلاح شرایط ذخیره‌سازی را بررسی کرد تا تعداد مناسبی از پروبیوتیک‌ها در طول عمر مفید محصولات غذایی حفظ شوند. این سویه‌ها باید در طول عملیات فرآوری ماده غذایی و همچنین در محصولات غذایی که در نهایت به آن‌ها افزوده می‌شوند، زنده بمانند (۱۲، ۳۶).

با وجود توجهی که طی گزارشات متعددی در پی تکنیک‌های میکروکپسولاسیون پروبیوتیک‌ها، همچون امولسیون‌سازی، خشک کردن یا اکستروژن جلب شده، لیکن پیدا کردن بهترین شرایط محافظتی پروبیوتیک‌ها برای افزایش عمر مفیدشان همچنان به مطالعات بیشتری نیازمند است (۳۷). برای جداسازی، ارزیابی و شناسایی سویه‌های کاربردی پروبیوتیک، نیاز به انتخابی دقیق و چند مرحله‌ای است. معیارهای اصلی انتخاب پروبیوتیک‌ها بر اساس بسیاری از خواص عملکردی همچون تحمل به اسیدیته معده، سمیت صفراوی و فنولی است. با ترکیبات زیست فعالی که پروبیوتیک‌ها تولید می‌کنند، می‌توان از فساد غذایی جلوگیری کرد و به ارزش غذایی افزود. این ترکیبات همچنین می‌توانند به سم‌زدایی و بهبود عطر و خواص حس تحلیل (ارگانولپتیک) غذاها کمک کنند (شکل ۳) (۳۸).

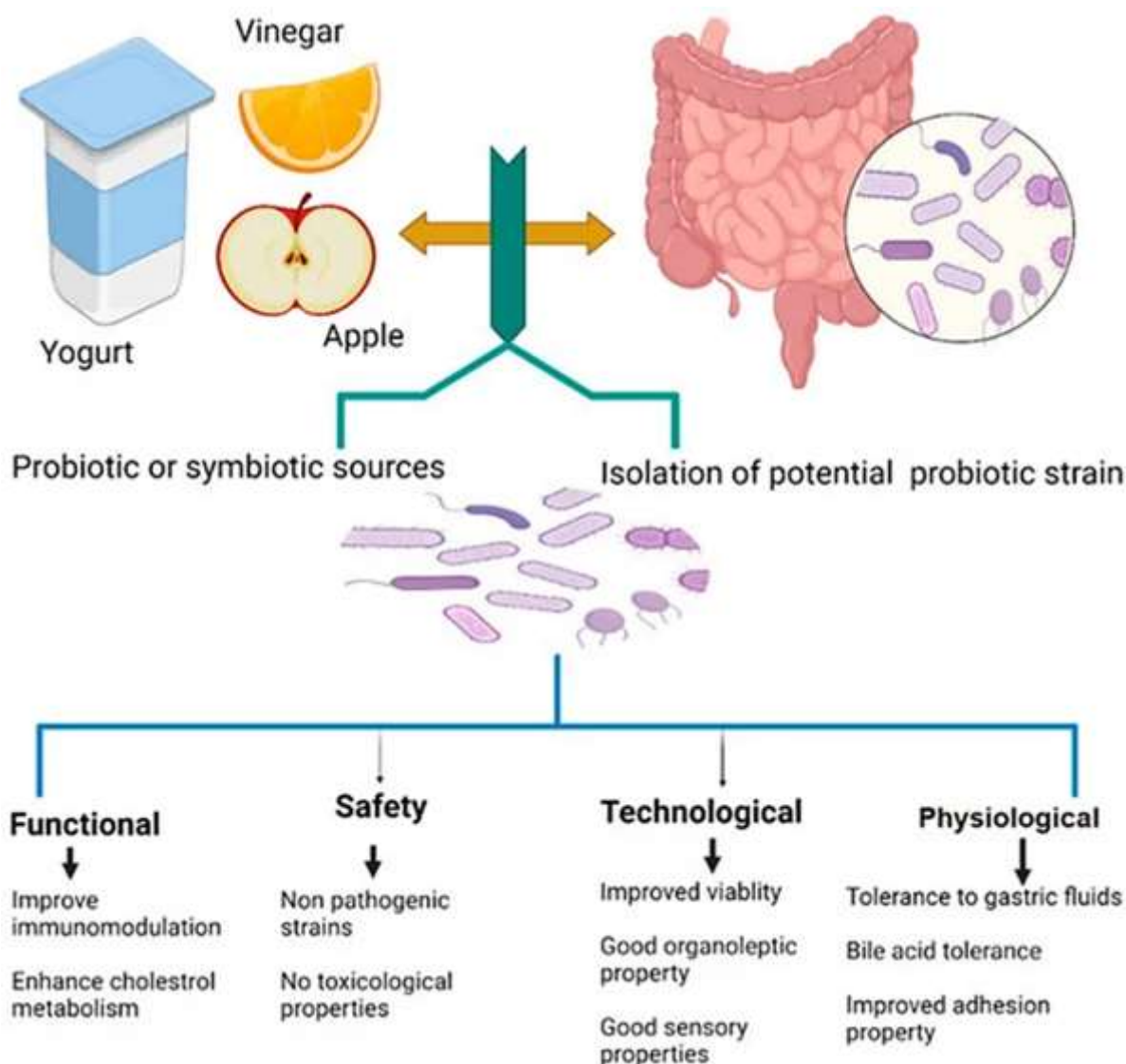
می‌کنند که سیستم عصبی بدن را دستخوش تغییراتی می‌کنند. این داروها ممکن است منجر به افزایش سطح سروتونین، نوراپی‌نفرین و دوپامین شوند و اغلب عوارض جانبی شدیدی همچون تهوع شدید، افزایش وزن، خواب‌آلودگی، بی‌خوابی، خشکی دهان، یبوست، سرگیجه، بی‌قراری و عوارض جنسی را ایجاد می‌کند (۲۸). در مسیر مطالعات برای یافتن راه حلی جهت کاهش عوارض این داروها، محققین به ارتباط بین میکروبیوم روده و بیماری‌های روانی پی‌برده‌اند (۲۹).

همچنین محققین مشاهده نموده‌اند که بیمارانی که تحت درمان با پری‌بیوتیک‌ها و پروبیوتیک‌ها قرار بگیرند، واکنش ترس آن‌ها و به تناسب، سطح اضطراب آن‌ها کاهش می‌یابد (۳۰). چنانچه در مطالعات دیگر نیز مشاهده شد، پس از مصرف پری‌بیوتیک‌ها و پروبیوتیک‌ها، تولید کاتکولامین کاهش می‌یابد و از آنجایی که این ماده مسئول علائم اضطرابی بدن است، پیامدهای مصرف این میکروارگانیسم به کاهش سطح اضطراب می‌انجامد (۳۱).

نتایج مطالعات بیانگر ارتباط مستقیم حالت روحی با تغییر در ساختارهای شیمیایی بدن هستند که پروبیوتیک‌ها قادر به انجام این تغییرات می‌باشند. مثلاً سیتوکین‌های التهابی را، چنانچه پیش‌تر بررسی شد، کاهش می‌دهند و یا دسترسی به تریپتوفان را تسهیل می‌کنند (۳۲). کمبود سروتونین در بدن یکی از اصلی‌ترین عوامل ابتلا به افسردگی است. از آنجا که پیش‌ساز سروتونین، تریپتوفان است، کمبود تریپتوفان می‌تواند منجر به کمبود سروتونین شود (۳۳).

در مطالعه‌ای پژوهشگران متوجه شدند که بیماران پس از مصرف پروبیوتیک حاوی لاکتوباسیلوس کازئی، وضعیت روحی رو به بهبودی داشتند (۳۴). در موارد شدیدتری از افسردگی نیز، پروبیوتیک بی‌فیدویاکتریوم لانگوم استفاده شد و مشخص شد که علائم افسردگی و حتی علائم ناشی از اضطراب را کاهش می‌دهد (۳۵).

اگرچه استفاده از مکمل‌های پروبیوتیک در تجویز داروهای رایج ضدافسردگی و اضطراب مزمن، مورد بررسی قرار گرفته، اما همچنان به پژوهش‌های بیشتری جهت یافتن الگوی درست و مناسب مصرف این پروبیوتیک‌ها برای دستیابی به این هدف نیازمندیم. همچنین نظریه‌هایی در باب امکان تأثیر پیوند میکروبیوم مدفوع افراد سالم و بیماران مبتلا به افسردگی یا اضطراب نیز وجود دارد که در دست دسترسی محققین است. این جایگزینی، از یکی از مطرح‌ترین مطالعات محققین حوزه محسوب می‌شود و نیازمند توجه هر چه بیشتر پژوهشگران به خود است (۲۸).



(شکل ۳) - معیارهای اساسی برای انتخاب سویه‌های پروبیوتیک مناسب برای کاربردهای خاص نشان داده شده است. این معیارها شامل معیارهای عملکردی، ایمنی، فناوری و فیزیولوژیکی هستند. منابع اصلی می‌توانند از محصولات پروبیوتیک، سین بیوتیک یا از منبع رودهای باشند (با مجوز دسترسی آزاد) (۳۷).

Figure (3). Basic criteria for selecting suitable probiotic strains for specific applications are shown (37)

شیرهای تخمیری، بستنی، انواع پنیر، غذای کودک، پودر شیر، دسرهای لبنی منجمد، نوشیدنی‌های مبتنی بر آب پنیر، خامه ترش، دوغ و... از انواع محصولات متنوع پروبیوتیکی دنیای مدرن محسوب می‌شوند. با این وجود با توجه به شیوع بالای عدم تحمل لاکتوز، در سال‌های اخیر محصولات پروبیوتیک غیرلبنی مختلفی مانند محصولات گیاهی، محصولات غلات، آب‌میوه‌ها، محصولات سویا، دسرهای جو، شیرینی‌ها و غلات صبحانه و غذای کودک نیز توسعه یافته‌اند (۱۲، ۴۱).

افزایش زنده‌مانی باکتری‌های پروبیوتیک ارتباط قابل توجهی با افزودنی‌های غذایی مانند نمک‌ها، قندها، شیرین‌کننده‌ها و ترکیبات معطر و نگهدارنده‌ها دارند و همچنین سویه‌های باکتری اسید لاکتیک در فرمولاسیون پنیر، بهترین عملکرد تعدیل خواص حس تحلیل (ارگانولپتیک) را دارند (جدول ۱) (۳۹، ۴۰).

در چند دهه گذشته، تولید محصولات لبنی حاوی باکتری‌های پروبیوتیک پیشرفت‌های چشم‌گیری داشته است.

۶- ملاحظات ایمنی و عوارض جانبی

با وجود تأثیر کتمان‌ناپذیر سویه‌های پروبیوتیک در افزایش سطح ایمنی بدن، ملاحظات نیز در زمینه عوارض و پیامدهای اصول مصرفی این مکمل‌ها وجود دارد که شایسته‌است در مدل‌های تحقیقاتی مختلف آزمایش شوند. پروبیوتیک‌ها در برخی موارد، ممکن است باعث عوارضی مانند بیماری عفونی باکتریایی و آسیب به روده شوند. از آن‌جا که اخیراً خواص باکتریایی متابولیت‌ها باعث پررنگ شدن مفهوم «پست‌بوتیک‌ها» شده است، به نظر می‌رسد استفاده از این متابولیت‌ها می‌تواند برای بیماران ایمن‌تر باشد. با این حال، بهترین نتیجه برای مصرف هر دوی این مکمل‌ها در مقادیر مناسب پیش‌بینی می‌شود. تحقیقات نشان می‌دهند که در آینده راز پیشگیری‌ها و درمان‌های مرتبط با انواع اختلال‌های میکروبی روده، در ترکیب اصولی پروبیوتیک‌ها و پست‌بوتیک‌ها باشد (۲۱).

همچنین، در زمینه زنده‌مانی جمعیت مناسب پروبیوتیک‌ها نیز چالش‌هایی وجود دارد. به نحوی که با وجود روش‌های نوین برای افزایش عمر مفید پروبیوتیک‌ها، همچنان رطوبت باعث تخریب پروبیوتیک‌ها از نظر متابولیسم و بافتی می‌شود و مرکبات و محصولات غذایی با اسیدیته (pH) پایین نیازی به زنجیره نگهداری سرد دقیق و حساسی دارد تا از غیرفعال و اکسید شدن محصولات زیست فعال جلوگیری شود. همچنین در آینده برای افزایش زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها، مطالعات و بررسی‌های دقیق‌تر روی نحوه میکروکپسوله‌سازی استفاده شده، روش خشک کردن اسپری و دماهای ورودی و خروجی حائز اهمیت می‌باشد. روش محافظتی پروبیوتیک‌ها باید به نحوی باشد که آن‌ها را در برابر اکسیژن، گرما و سایر چالش‌های محیطی مانند اسیدی بودن شدید و آنزیم پروتئاز در دستگاه گوارش، محافظت کند (۳۷).

۷- نتیجه‌گیری

سبک زندگی بشر مدرن در دهه‌های اخیر دستخوش تغییراتی شده که این تغییرات متعاقباً به دغدغه‌ها و نیازهای جدید منجر شده‌اند. افزایش بیماری‌های گوارشی و عدم تعادل میکروبی در روده، اختلال در خواب، حملات آلرژیک

و به طور کلی کاهش عملکرد بهینه ایمنی بدن از جمله این نگرانی‌ها هستند. چنانچه در این گردآوری بررسی شد، میکروارگانیسم‌های پروبیوتیک با تعدیل میکروبیوم روده و از طریق مکانیسم‌های عملکردی منحصر به فرد خود تأثیر مطلوبی بر روی این ناهنجاری‌ها می‌گذارند. بدین ترتیب، سطح سلامت عمومی جامعه کیفیت کلی زندگی مصرف‌کنندگان را ارتقا می‌بخشند. بر این اساس، و با توجه به گسترش سریع اطلاعات، بازارپسندی و تقاضای محصولات غذایی پروبیوتیکی نیز افزایش چشمگیری یافته است. از همین رو شایسته است که تولیدکنندگان و سرمایه‌گذاران ضمن توجه به بهبود روش‌های زنده‌مانی و عملکردی این پروبیوتیک‌ها، از محققین و پژوهشگران مشتاق برای بررسی دقیق‌تر و کامل‌تر شکاف‌های اطلاعاتی حمایت کنند تا هم از مزایای این میکروارگانیسم‌ها در صنعت بهره ببرند و هم سلامت عمومی جامعه را ارتقا بخشند. برای پژوهش‌های آتی، پیشنهاد می‌شود تمرکز محققین بر محورهای کلیدی شناسایی دقیق مسیرهای مولکولی تأثیر پروبیوتیک‌ها بر محور روده-مغز و سیستم ایمنی، اجرای کارآزمایی‌های بالینی چندمرکزی با گروه‌های مخاطب خاص، شخصی‌سازی درمانی مبتنی بر پروفایل متاژنومیک فردی و سرمایه‌گذاری در فناوری‌های پیشرفته مانند بیوسنسورهای هوشمند معطوف گردد. این پژوهش‌ها نیازمند همکاری‌های بین-رشته‌ای بین میکروبیولوژیست‌ها، مهندسان غذایی، متخصصان علوم داده و پزشکان بالینی بوده و دستیابی به آن‌ها نه تنها شکاف‌های موجود در درک مکانیسم‌های عمل پروبیوتیک‌ها را پر خواهد کرد، بلکه پایه‌های علمی برای توسعه محصولات نوآورانه در صنعت غذا و طراحی پروتکل‌های درمانی شخصی‌سازی شده فراهم می‌آورد.

۸- تعارض منافع

نویسندگان متعهد می‌گردند نتایج حاصل از پژوهش مذکور را در مجله‌ی دیگری ارسال نکرده و در این راستا منافع تجاری وجود نداشته و در قبال ارائه اثر خود وجهی دریافت ننموده‌اند.

۹- تشکر و قدردانی

نویسندگان از فناوری‌های پیشرفته هوش مصنوعی که به‌عنوان دستیار ادبی در این پژوهش نقش داشته‌اند، قدردانی می‌کنند. این سامانه‌ها با تحلیل الگوهای زبانی، در بازسازی ساختارهای نگارشی و غنی‌سازی واژگان تخصصی پروبیوتیک‌ها نقش داشتند. توانمندی‌های ترجمه عصبی این ابزارها، دسترسی به منابع علمی چندزبانه را آسان‌تر نمود و با حفظ محتوای اصلی، از تحریف معنایی جلوگیری نمود. تمام خروجی‌های هوش مصنوعی تحت نظارت دقیق نویسندگان و با ویرایش‌های تخصصی به کار رفتند.

مراجع

- Lee S, Kim B, Cho Y. Probiotics for the treatment of depression and anxiety: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Food Drug Anal.* 2018;26(2):491–500. doi:10.1016/j.jfda.2018.01.002
- Ross RP, Stanton C, Fitzgerald GF, Collins K, Paul D. Probiotics: current status, future directions and new horizons. *Food Microbiol.* 2008;25(6):830–837. doi:10.1016/j.fm.2008.06.008
- FAO, WHO. Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food. London, ON: Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Health Organization; 2002
- O'Shea EF, O'Toole PW. Probiotics in health and disease. In: Ljungh Å, Wadström T, editors. *Probiotics: a review.* Berlin, Heidelberg: Springer; 2012. p. 137–152. doi:10.1007/978-3-642-20838-6_9
- Rafter JJ. Probiotics and their interaction with the intestinal epithelium. *Adv Nutr.* 2018;9(1):64–69. doi:10.1093/advances/nmy063
- Chen Y, Li J, Huang X, Xu F, Zhang H, Chen P, et al. The effect of probiotics on intestinal barrier function: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Funct Foods.* 2014;10:334–344. doi:10.1016/j.jff.2014.04.030
- Upadhyay N, Moudgal V. Probiotics: a review. *J Sci Commun.* 2012;19:76–84
- Zheng D, Liwinski R, Elinav E. The gut microbiome in health and disease. *Immunity.* 2020;52(4):582–596. doi:10.1016/j.immuni.2019.08.002
- Hooper LV, Littman DR, Macpherson AJ. Interactions between the microbiota and the immune system. *Science.* 2016;353(6300):aaf3951. doi:10.1126/science.aaf3951
- Hossain M, Sairam S, Hettiarachchy N. Probiotics and prebiotics: a brief overview. *Curr Med Chem.* 2022;29(20):2371–2382. doi:10.2174/0929867329666220430131018.
- Bagchi T. Probiotics and their therapeutic role in gastrointestinal diseases. *Indian J Med Res.* 2014;140(3):333–335
- Gu S, Chen Y, Wang R, Zhang W, Shi H, Zhang S, et al. Alterations of the gut microbiota in patients with coronavirus disease 2019 or H1N1 influenza. *Gut Microbes.* 2021;13(1):1926840. doi:10.1080/19490976.2021.1926840
- Wang Y, Wei X, Du C, Ma S, Li K. Regulatory effects of probiotics on metabolic syndrome via gut microbiota modulation. *Front Physiol.* 2020;11:694. doi:10.3389/fphys.2020.00694
- Wang H, Song Y, Wu X, Sun Y, Wang X, Yang H, et al. Efficacy of probiotic treatment on patients with irritable bowel syndrome: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open.* 2022;12(1):e052446. doi:10.1136/bmjopen-2021-052446
- FAO, WHO. Joint FAO/WHO Working Group Report on Drafting Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food. London, ON: Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Health Organization; 2001

16. Round JL, Mazmanian SK. The gut microbiota shapes intestinal immune responses during health and disease. *Science*. 2009;324(5925):528–533. doi:10.1126/science.1091334.
17. Lynch SV, Pedersen O. The human intestinal microbiome in health and disease. *N Engl J Med*. 2016;375(24):2362–2373. doi:10.1056/NEJMra1600266
18. Lee Y, Lee Y, Song B, Lee J, Kim H. The role of gut microbiota in food processing and human health. *Trends Food Sci Technol*. 2021;113:175–185. doi:10.1016/j.tifs.2021.05.021
19. Messaoudi S, Caillet-Frances V, Cazaubiel M, Jacquier S, Bisson JF, Létinois I, et al. Assessment of psychotropic properties of a probiotic formulation (*Lactobacillus helveticus* R0052 and *Bifidobacterium longum* R0175) in animals. *Immunotherapy*. 2011;3(suppl 1):s63–s70. doi:10.2217/imt.11.79
20. Lee B, Chiba T, Ikewaki N, Chino Y, Hirano H, Nomura T, et al. Prebiotic treatment decreases food allergy symptoms in a murine model. *J Allergy Clin Immunol*. 2016;137(5):1621–1623. doi:10.1016/j.jaci.2016.02.030
21. Wang Y, Li X, Ge T, Wang X, Zhang Y, Zhang J, et al. Probiotics for the treatment of depression: a systematic review and meta-analysis. *Nutrients*. 2020;12(7):1973. doi:10.3390/nu12071973
22. Saggiaro A. Probiotics in the treatment of diverticular disease. *Scand J Gastroenterol*. 2008;43(5):549–556. doi:10.1080/00365520801943354
23. Jonkers D, Stockbrügger R. Probiotics and the gut mucosal barrier. *Aliment Pharmacol Ther*. 2004;20(Suppl 2):17–25. doi:10.1111/j.1365-2036.2004.02268.x
24. Gionchetti P, Rizzello F, Morselli C, Poggioli G, Tambasco R, Campieri M. Review: probiotics in inflammatory bowel disease. *Gut*. 2003;52(10):1377–1378. doi:10.1136/gut.2003.037747
25. Liu Z, Li H, Huang M. Probiotics and gastrointestinal diseases. *J Biomed Biotechnol*. 2011;2011:473097. doi:10.1155/2011/473097
26. Wastyk HC, Fragiadakis GK, Perelman D, Dahan D, Merrill BD, Yu FB, et al. An individualized dietary intervention favorably alters the gut microbiome and metabolome. *Front Immunol*. 2021;12:578386. doi:10.3389/fimmu.2021.578386
27. Wang R, Wu Y, Lu H, Yang S, Wang X, Li J, et al. The effect of probiotics on intestinal barrier function in patients with inflammatory bowel disease: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Int J Mol Sci*. 2024;25(23):13208. doi:10.3390/ijms252313208
28. Kim Y, Kim Y, Kim H. Probiotics for the prevention of postpartum depression: a systematic review and meta-analysis. *Cureus*. 2023;15(8):e43217. doi:10.7759/cureus.43217
29. Agüera-Ortiz L, González-Pinto A, Berrocal-Castellano M. Probiotics and prebiotics: new strategies for anxiety and depression. *Clin Pract*. 2017;7(4):987. doi:10.4081/cp.2017.987
30. Li J, Wang H, Zhang X, Zhou Y, Li S, Liu Z, et al. The effect of probiotics on depression: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Psychiatry Res Neuroimaging*. 2009;173(2):167–172. doi:10.1016/j.psychresns.2009.03.006
31. Al-Ghamdi A, Al-Judaibi B, Al-Hajji R, Al-Qurashi A. Probiotics in irritable bowel syndrome: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Gastroenterology*. 2017;153(2):494–505. doi:10.1053/j.gastro.2017.05.003
32. Ng QX, Peters C, Ho CYX, Lim DY, Yeo WS. A meta-analysis of the use of probiotics to treat depression. *Clin Nutr*. 2018;37(4):1122–1128. doi:10.1016/j.clnu.2018.04.010
33. Young SN. The tryptophan depletion procedure: its discovery and development. *Lancet*. 1996;348(9042):1746–1747. doi:10.1016/S0140-6736(96)07044-4

34. Selhub EM, Logan AC, Bested AJ. Fermented foods, microbiota, and mental health: ancient practice meets modern neuroscience. *J Nutr.* 2015;145(Suppl 2):237S–241S. doi:10.1016/j.nut.2015.09.003
35. Sarkar D, Datta M, Mondal P. Probiotics and prebiotics: an overview. *Nutr Res.* 2007;27(11):685–694. doi:10.1016/j.nutres.2007.10.001
36. Ziemer CJ. Probiotics: a review. In: G.V. M. S., G. C., M. R., editors. *Food Quality and Shelf Life*. Amsterdam: Elsevier; 2020. p. 111–124. doi:10.1016/B978-0-12-817190-5.00006-9
37. Li Y, Liu X, Zhang Y, Wang Y, Zhang X, Li L. The effect of probiotics on intestinal barrier function in patients with chronic diarrhea: a systematic review and meta-analysis. *Appl Sci.* 2022;12(1):455. doi:10.3390/app12010455
38. Kailasapathy K, Chin J. A comprehensive review of the health benefits, technological qualities and safety of probiotic bacteria. *J Dairy Sci.* 2200;83 (Suppl 1) :144–157. doi:10.3168/jds.S0022-0302(00)74953-8
39. Chen X, Chen W, Wang Y, Liu X, Zhang Y, Li L, et al. The effect of probiotics on intestinal barrier function in patients with functional constipation: a systematic review and meta-analysis. *Food Hydrocoll.* 2007;21(8):1299–1308. doi:10.1016/j.foodhyd.2006.11.001
40. Zhang Y, Li X, Wang Y, Zhang X, Li L, Chen W, et al. The effect of probiotics on intestinal barrier function in patients with chronic kidney disease: a systematic review and meta-analysis. *Adv Colloid Interface Sci.* 2014;209:210–220. doi:10.1016/j.cis.2014.09.005
41. Chen X, Wang Y, Liu X, Zhang Y, Li L, Chen W, et al. The effect of probiotics on intestinal barrier function in patients with chronic liver disease: a systematic review and meta-analysis. *Food Rev Int.* 2010;26(4):371–385. doi:10.1080/87559129.2010.535235

MICROBIAL BIOTECHNOLOGY AND
BIOPROCESS ENGINEERING02157416262
02157416806 <https://mbbe.irost.ir> <https://mbbe.irost.ir>

A review of the effect of probiotic food products on food safety and promoting consumer health in a modern lifestyle

Fatemeh Jalili ¹, Abbas Abedfar ^{2*}¹ M.Sc student, Department of Food Science & Technology, University of Guilan, Rasht, Iran.^{2*} Assistant Professor, Department of Food Science & Technology, University of Guilan, Rasht, Iran.

Article Info

Document Type:
Review Paper**Paper History:**

Received: 2025-05-04

Revised: 2025-08-09

Accepted: 2025-11-09

Keywords:**Probiotics,
Gut microbiome,
Food safety,
Consumer health,
Modern lifestyle.**

ABSTRACT

The food industry stands as one of the most dynamic and vibrant economic sectors globally, with its relentless growth driving extraordinary variation of products on a worldwide scale. As modern lifestyles increase concern over gastrointestinal diseases, there is an urgent need to address evolving nutritional demands and health challenges. Probiotics, a class of functionally unique microorganisms, have emerged as crucial agents in this context. By moderating the gut microbiota and restoring microbial equilibrium, these beneficial microbes not only enhance immune system performance but also significantly improve consumer health outcomes and quality of life. This study carries a systematic review of prior scientific research to analyze the multifaceted impacts of probiotics on human well-being and their role in improving the safety profiles of food products. Through synthesizing existing evidence, the review aims to provide actionable insights for stakeholders in the food industry and consumers, positioning probiotics as a strategic solution for advancing public health in modern societies. By bridging scientific knowledge with practical applications, this work emphasizes the potential of probiotics in developing nutritional revolution and addressing contemporary health necessities.

<https://doi.org/10.22104/mbbe.2025.7603.1003>https://mbbe.irost.ir/article_1607.html

How to cite this paper:



Jalili, F., Abedfar, A. (2026). A review of the effect of probiotic food products on food safety and promoting consumer health in a modern lifestyle. *Microbial Biotechnology and Bioprocess Engineering*. 1(1). 60-71. DOI: 10.22104/mbbe.2025.7603.1003

*Corresponding author E-mail: a.abedfar@guilan.ac.ir