

Mashhad University of
Medical Sciences

Navid No

Journal homepage: <https://nnj.mums.ac.ir/>کمیته تحقیقات دانشجویی
معاونت پژوهشی و فناوری
دانشگاه علوم پزشکی
ارمیه*Review Article***A review of the use of probiotics in the food industry****Mahla Behnam Hosseinpour¹ , Javid Taghinejad^{2*} **

1.Ph.D. Student, Department of Microbiology, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran

2.MSc, Department of Microbiology, Faculty of Veterinary Medicine, Urmia University, Urmia, Iran

Corresponding author: jataghinejad@gmail.com

Received: 07 May 2025; Revised: 15 September 2025; Accepted: 16 September 2025

Abstract

Background and Aims: Probiotics are live microorganisms, such as beneficial bacteria and yeasts that provide health benefits to the host when consumed in adequate amounts. The aim of this review is to investigate the capabilities of probiotics in producing healthy, toxin-free food and increasing the quality of food products in the food industry.

Materials and Methods: In this study, articles were searched in reputable scientific databases such as Research Gate, Medline, Scopus, PubMed, and Google Scholar. The keywords used in this study include: “probiotics”, “characteristics of probiotics”, “food-grade probiotic bacteria”, “antimicrobial properties of probiotics”, “probiotic resistance”, and “antioxidant effects of probiotics.”

Results: After reviewing 50 articles between the years 1990 to 2025, a total of 27 relevant articles were included in this study. Articles that were not freely accessible (Open Access) or were only available as abstracts from conferences were excluded from the selection process.

Conclusion: With the expansion of knowledge and the precise identification and characterization of bacterial strains, it has been clarified that a particular group of probiotic bacteria play a significant role in food fermentation processes. Through various studies, it has also been demonstrated that these bacteria have therapeutic effects on human diseases.

Keywords

Probiotics, Food Industries, Lactic acid bacteria.

Cite this article as: Behnam Hosseinpour M, Taghinejad J. A review of the use of probiotics in the food industry. Navid No, 2025; 28(94): 51-61. <https://doi.org/10.22038/NNJ.2025.88075.1489>

E-ISSN: 2645-5927 / P-ISSN: 2645-5919

Copyright: © 2025 by the author.

Open Access: This is an open access article under the CC BY license(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Publisher's Note: Mashhad University of Medical Sciences remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Mashhad University of
Medical Sciences

نوید نو

Navid No

Journal homepage: <https://nnj.mums.ac.ir/>



کتابخانه تخصصی دانشجویی
معاونت پژوهش و فناوری
دانشگاه علوم پزشکی کermanshah

مقاله مروری

مروری بر استفاده از پروبیوتیک ها در صنایع غذایی

مهلا بهنام حسین پور^۱، جاوید تقی نژاد^{۲*} 

۱. دانشجوی دکتری، گروه میکروبیولوژی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران
۲. کارشناس ارشد، گروه میکروبیولوژی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

پست الکترونیک نویسنده مسئول: jataghinejad@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۱۷، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۶/۲۴، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۲۵

چکیده

مقدمه و هدف: پروبیوتیک ها میکروارگانیسم های زنده ای مانند باکتری های مفید و مخمرها هستند که در صورت مصرف به مقدار کافی، فواید سلامتی را برای میزبان فراهم می کنند. هدف از مطالعه مروری حاضر بررسی قابلیت های پروبیوتیک ها در تولید غذای سالم و عاری از سموم و افزایش کیفیت محصولات غذایی در صنعت غذا می باشد.

مواد و روش ها: در این مطالعه از پایگاه های علمی معتبر همچون Medline, Scopus, PubMed, Research Gate و Google Scholar جهت جستجوی مقالات استفاده شد. کلید واژه های مورد استفاده در این مطالعه پروبیوتیک، ویژگی های پروبیوتیک، باکتری های پروبیوتیک غذایی، خواص ضد میکروبی پروبیوتیک ها، مقاومت پروبیوتیک ها، و اثرات آنتی اکسیدانی پروبیوتیک ها بودند.

یافته ها: با بررسی ۵۰ مقاله بین سال های ۱۹۹۰ الی ۲۰۲۵، تعداد ۲۷ مقاله متناسب با موضوع بررسی وارد چرخه مطالعه شدند. مقالاتی که امکان دسترسی آزاد (Open Access) را نداشتند و همچنین بصورت چکیده در کنگره ها ارائه شده بودند از چرخه بررسی مقالات حذف شدند.

نتیجه گیری: با گسترش دانش و قابلیت شناسایی و تشخیص دقیق سویه های باکتری مشخص شد که دسته بزرگ و خاصی از باکتری های پروبیوتیک در فعالیت های تخمیری غذایی نقش مهمی داشته و توانایی درمان برخی بیماری های انسان را نیز دارند.

کلمات کلیدی

پروبیوتیک، صنایع غذایی، باکتری های اسید لاکتیک

مقدمه

گرایش به تولید غذاهای عملکردی و ترکیبات غذا-دارو در سال‌های اخیر افزایش یافته که بیانگر نقش مهم مولکول-های زیست فعال در درمان بیماری‌های انسان می‌باشد (۷). از این رو جست‌وجوی آنتی‌بیوتیک‌های خوراکی جایگزین، همیشه از اهمیت خاصی برخوردار است (۸). از طرف دیگر علاقه به استفاده از محصولات فرعی به عنوان منبع بالقوه آنتی اکسیدان‌های طبیعی و مواد غذایی کاربردی در سال-های اخیر افزایش یافته است (۹). هدف از مطالعه مروری حاضر بررسی قابلیت‌های پروبیوتیک‌ها در تولید غذای سالم و عاری از سموم و افزایش کیفیت محصولات غذایی در صنعت غذا می‌باشد.

روش کار

مطالعه حاضر از نوع مروری روایی بوده که با استفاده از پایگاه‌های علمی معتبر Medline, Scopus و PubMed و با استفاده از موتورهای جستجوی Google Scholar و Research Gate جهت جستجوی مقالات مورد نظر استفاده گردید. کلید واژه‌های مورد استفاده در این مطالعه پروبیوتیک، ویژگی‌های پروبیوتیک، باکتری‌های پروبیوتیک غذایی، خواص ضد میکروبی پروبیوتیک‌ها، مقاومت پروبیوتیک‌ها، و اثرات آنتی اکسیدانی پروبیوتیک‌ها بودند. از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۵ به تعداد ۵۰ مقاله پیدا شد که ۲۷ مقاله متناسب با موضوع مورد نظر وارد چرخه مطالعه گردید.

یافته‌ها

تعریف پروبیوتیک

در سال ۲۰۰۱، به درخواست سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد و با حمایت سازمان بهداشت جهانی، برای شفاف سازی تعریف پروبیوتیک‌ها، یک پنل تخصصی تشکیل شد. نشریه حاصل، پروبیوتیک‌ها را به عنوان «میکروارگانیزم‌های زنده‌ای که وقتی به مقدار کافی تجویز می‌شوند، برای میزبان مفید است» تعریف کرد. از سال ۲۰۰۱، تحقیقات علمی در

هزاران سال است که از کشت‌های میکروبی برای تخمیر غذاها و تهیه نوشیدنی‌های الکلی استفاده می‌شود. در قرن گذشته، میکروارگانیزم‌های مختلف برای توانایی آن‌ها در پیشگیری و درمان بیماری‌ها در حیوانات و انسان‌ها آزمایش شده‌اند. همچنین میکروارگانیزم‌ها برای افزایش رشد به غذای حیوانات اهلی اضافه شدند. در جای دیگر گفته شده است که اولین بررسی مربوط به نقش مثبت برخی از باکتری‌ها را می‌توان به کار متچنیکوف (Metchnikoff) در اوایل دهه ۱۹۰۰ نسبت داد (۱، ۲).

اصطلاح پروبیوتیک به معنای «برای زندگی» است و در دهه ۱۹۵۰ توسط کولات (Kollath) مطرح گردید. و اولین بار توسط لیلی (Lilly) و استیلول (Stillwell) برای باکتری‌ها و هاگ‌های زنده به عنوان مکمل‌های خوراک دام توصیه شد (۳).

اولین تعریف عمومی پذیرفته شده توسط فولر در سال ۱۹۹۲ ارائه شد «یک مکمل خوراک میکروبی زنده است که با بهبود تعادل میکروبیوتای روده میزبان به طور مفیدی تاثیرگذار است» (۴). تاکنون شواهد کافی از طریق داده‌های بالینی علمی با کیفیت خوب به دست آمده است که نشان می‌دهد مداخلات پروبیوتیک می‌تواند در انواع مختلف بیماری‌های اسهالی، سایر اختلالات التهابی مزمن دستگاه گوارش مانند پوچیت، انتروکولیت نکروزان، پاسخ‌های آلرژیک و عدم تحمل لاکتوز و غیره موثر باشد (۵).

روش‌های افزایش و تنوع بخشیدن به میکروبیوتای روده شامل مصرف محصولات تخمیر شده، سبزیجات، غلات کامل، محصولات غنی از پلی فنول، پری‌بیوتیک‌ها و پروبیوتیک‌ها می‌شود. پروبیوتیک‌ها در غذاهای مختلفی مانند لبنیات، نوشیدنی‌ها، گوشت، غلات، نان، میوه‌ها و سبزیجات یافت می‌شوند (۶).

با لاکتوباسیلوس/اسیدوفیلوس مرتبط هستند و در آغاز قرن بیستم، تحقیقات مهمی در مورد فلور روده آغاز شد. در واقع، در آن زمان ارنست مورو (Ernest Moro) لاکتوباسیلوس/اسیدوفیلوس (با نام اصلی باسیلوس/اسیدوفیلوس) را از مدفوع نوزاد جدا کرد. در سال ۱۹۰۱، مارتینوس ویلم بیجرینک (Martinus Beijerinck) در ابتدا با طبقه بندی لاکتوباسیلوس/اسیدوفیلوس سر و کار داشت و در همان سال کان، میکروفلور اکوسیستم روده مدفوع نوزاد را مورد مطالعه قرار داد. تقریباً در سال ۱۹۰۶، هنری دیزیر اثرات مفید بالینی تنظیم فلور میکروبی در کودکان مبتلا به عفونت های روده را با جایگزینی باکتری های بیماری زا با بیفیدو باکتریوم و/نتروباکتریاسه گزارش کرد. در همان سال، میشل کوهندی آزمایش هایی را با شیر تخمیر شده لاکتوباسیلوس/اسیدوفیلوس، که بعداً بلغاری نامیده شد، انجام داد (۱۳).

در سال ۱۹۰۷، ایلیا ایلچ مچنیکوف، توضیحی علمی برای اثرات مفید باکتری های موجود در ماست ارائه کرد و طول عمر شهروندان بلغاری را به مصرف ماست حاوی گونه های لاکتوباسیلوس نسبت داد. وی در مطالعه خود، لاکتوباسیلوس/اسیدوفیلوس و متابولیت اصلی تخمیر قندها یعنی اسید لاکتیک را در سلامت و طول عمر انسان مهم دانسته و کاهش آنها را عاملی برای تضعیف سیستم دفاعی و پیری معرفی کرد. مچنیکوف در مسینا (ایتالیا)، فاگوسیتوز را طی آزمایشاتی که بر روی لاروهای ستاره دریایی انجام شد (آزمایش مسینا) کشف کرد. علاوه بر این، مشاهده کرد که گلبول های سفید جدا شده از خون حیوانات مختلف به سمت باکتری های خاصی جذب می شوند. او این مورد را با کارل فردریش ویلهلم کلاوس، استاد جانورشناسی در دانشگاه وین، که اصطلاح فاگوسیت را برای سلول های اطراف و کشتن پاتوژن ها پیشنهاد کرد، در میان گذاشت. نظریه او مبنی بر اینکه برخی از گلبول های سفید خون می توانند دوستدار محیط زیست باشند و ارگانسیم های مضر مانند باکتری ها را از بین ببرند توسط دانشمندان برجسته ای

مورد پروبیوتیک ها رشد قابل توجهی داشته است. از نظر تجاری نیز، فروش پروبیوتیک ها بیش از ۴۰ میلیارد دلار است و پیش بینی شده بود که تا سال ۲۰۲۳ به بیش از ۶۴ میلیارد دلار برسد (۱۰). تقریباً دو دهه است که این تعریف به طور گسترده در جامعه علمی مورد استفاده قرار گرفته است (۱۱).

قبل از پذیرش این تعریف، تنها مزایای پروبیوتیک های مربوط به سویه های خاصی بر سلامتی تایید شده بود. بر اساس تعداد زیادی کارآزمایی بالینی که به خوبی طراحی و انجام شده است، توافق گردیده که موضوع پیرامون پروبیوتیک ها به عنوان یک کلاس عمومی نسبت داده شود. برای مثال ادعا می شود که برخی سویه ها از جمله بیفیدو باکتریوم و لاکتوباسیلوس با ایجاد محیطی مطلوب در روده، فوایدی در جهت میکروبیوتای سالم روده از خود نشان داده اند. همچنین متآنالیزهای با کیفیت بالا نشان می دهند که این باکتری ها در برابر اسهال عفونی، اسهال مرتبط با آنتی بیوتیک، انتقال آهسته کند روده، سندرم روده تحریک پذیر، درد و نفخ شکم و کولیت اولسراتیو مؤثر هستند. علیرغم تعریفی که به طور گسترده پذیرفته شده و فوایدی که به خوبی برای سلامتی توضیح داده شده است. پروبیوتیک ها همراه با ویتامین ها، مواد معدنی و سایر مکمل های غذایی به عنوان داروی مکمل و جایگزین در نظر گرفته می شوند. امروزه پروبیوتیک ها موادی هستند که به صورت تجاری در دسترس بوده و نه تنها در مکمل های غذایی، داروها، غذاهای کاربردی و نوشیدنی ها، بلکه در محصولات مانند کرم های پوستی، کپسول ها، تامپون های واژینال و قرص های جویندی برای سلامت لثه نیز یافت می شوند (۱۲).

تاریخچه استفاده از پروبیوتیک ها

ارتباط مفیدی بین میکروارگانیسم ها و سلامت انسان توسط لودویگ هاینریش فیلیپ دودرلاین (Ludwig Philipp Döderlein) در سال ۱۸۹۲ کشف شد. بسیاری از گونه های دیگر لاکتوباسیل های فهرست شده

مانند لوئی پاستور و امیل آدولف فون برینگ مورد سوال قرار گرفت. در آن زمان، باکتری شناسان معتقد بودند که گلبول‌های سفید خون، پاتوژن‌ها را می‌بلعند و در سراسر بدن پخش می‌کنند. حامی اصلی او رودولف لودویگ کارل ویرچو بود که تحقیقات خود را در آرشیو آناتومی و فیزیولوژی پاتولوژیک منتشر کرد. برای این کشف، مچنیکوف در سال ۱۹۰۸ به همراه پل ارلیش جایزه نوبل پزشکی را در زمینه ایمنی دریافت کردند (۱۴).

در سال ۱۹۲۲ رتگر و چپلین گزارش کردند که شیر حاوی لاکتوباسیلوس / اسیدوفیلوس دارای اثرات درمانی بر روی سیستم گوارشی می‌باشد. در حدود سال ۱۹۳۰، تحقیقات بر روی سویه‌های انتخابی از باکتری‌های روده متمرکز شده بودند که می‌توانستند با عبور از روده زنده بمانند و سپس از این سویه‌ها برای تولید شیر تخمیر شده به منظور توزیع در کلینیک استفاده کنند. بعدها، در طی سال ۱۹۵۷، گوردون و همکاران یک درمان موفق مبتنی بر استفاده از لاکتوباسیل‌ها را گزارش دادند. استفاده از یک ارگانیسم غیر بیماری‌زا که ساکن عادی روده می‌باشد ضروری است تا بتواند در روده تکثیر یابد و همچنین مصرف مداوم تعداد زیادی سلول زنده برای فعالیت فلور مفید ضروری می‌باشد. در پایان دهه ۱۹۵۰، از فواید ماست به منظور بازگرداندن تعادل فلور روده‌ای که توسط آنتی بیوتیک‌ها به هم خورده است نیز برای درمان اسهال، یبوست، سوء هاضمه، سیستیت، کولیت مخاطی و کولیت اولسراتیو مزمن توضیح داده گردید. در سال ۱۹۸۰ سازمان FDA آمریکا استفاده از مکملات پروبیوتیک را مجاز اعلام کرد. به نظر می‌رسد که بسیاری از لاکتوباسیل‌ها و همچنین برخی از بیفیدوباکتری‌ها، باعث افزایش پاسخ ایمنی و پیشگیری از سرطان می‌شوند. از طرفی گزارش‌های متعددی وجود دارد که این پروبیوتیک‌ها در برابر چندین ماده سرطان‌زا از جمله کینولین، آمین‌های هتروسیکلیک، نیتروزامین‌ها و آزومتان قادر به محافظت از بدن هستند (۱۵).

ویژگی پروبیوتیک‌ها

پروبیوتیک‌ها شامل طیف وسیعی از میکروارگانیسم‌ها، عمدتاً باکتری‌ها، مخمرها و قارچ‌ها هستند. با توجه به تعریف ارائه شده، تعداد گونه‌های میکروبی با خواص پروبیوتیک چشمگیر است. جنس‌های مختلف باکتری که بیشتر در فرمولاسیون‌های پروبیوتیک استفاده می‌شوند عبارتند از لاکتوباسیلوس، بیفیدوباکتریوم، انتروکوکوس و / استرپتوکوکوس و برخی از گونه‌های قارچی متعلق به جنس ساکارومایسس از جمله ساکارومایسس بولاردی می‌باشند (۱۶).

تا به امروز، بیش از ۴۰۰ کلاس از میکروارگانیسم‌ها در میکروبیوتای روده انسان یافت شده است. این باکتری‌ها در گذشته به عنوان فلور روده نیز شناخته می‌شد. آنها از طریق تأثیر مستقیم بر تغذیه، التهاب و پاسخ‌های ایمنی، نقش مهمی در حفظ سلامت دارند. در واقع، آنها می‌توانند به سرعت پاسخ ایمنی به عفونت را تحریک کنند و به لطف تضاد باکتریایی، رشد و تکثیر روده‌ای که دارند می‌توانند باکتری‌های مضر یا بیماری‌زا را مهار کنند. میکروارگانیسم‌های پروبیوتیک می‌توانند در روده زنده بمانند و از طریق عمل تخمیر خود به تعادل میکروبی روده کمک کرده و اثرات مفیدی برای سلامت میزبان ایجاد کنند (۱۶).

در پروبیوتیک‌ها، سویه‌های مختلفی از لاکتوباسیلوس و بیفیدوباکتریوم وجود دارد. دلیل این امر این است که هر دوی اینها در روده به مقدار زیاد وجود دارد. به ویژه لاکتوباسیلوس در روده کوچک و بیفیدوباکتریوم در روده بزرگ. در میان لاکتوباسیل‌ها، سویه لاکتوباسیلوس / اسیدوفیلوس پرمصرف‌ترین پروبیوتیک است زیرا سابقه تحقیقات و استفاده‌ای طولانی دارد. بسیاری از گونه‌های دیگر لاکتوباسیل‌ها با لاکتوباسیلوس / اسیدوفیلوس مرتبط هستند (۱۷).

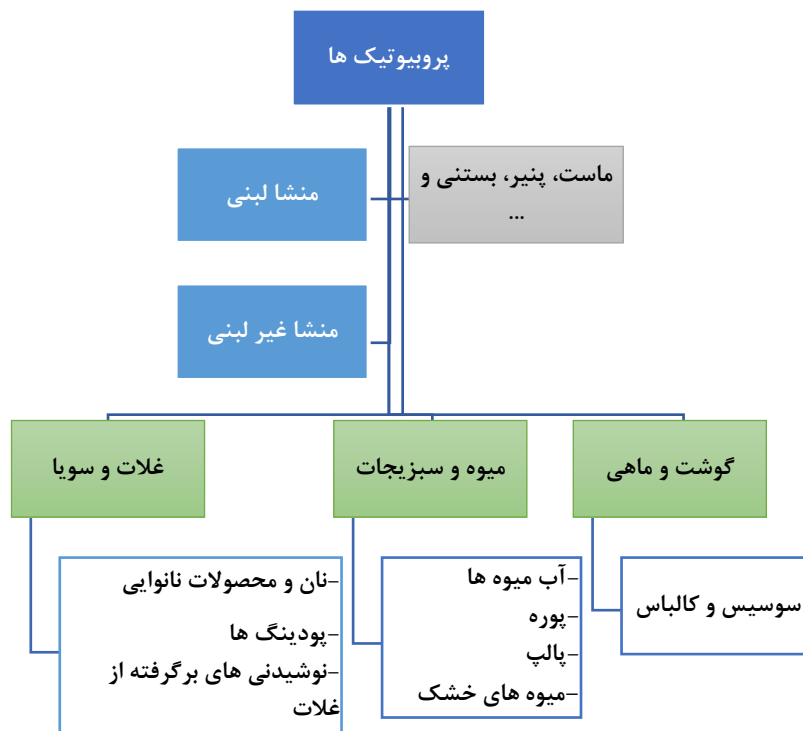
باکتری‌های اسید لاکتیک (LAB)، که متعلق به کلاس لاکتوباسیل‌ها از شاخه *Bacillus Firmicutes* هستند، مهم‌ترین پروبیوتیک‌های شناخته شده‌اند که اثرات مفیدی

غلات، غلات و انواع آب میوه ها نیز وجود داشته و عمدتاً شامل جنس‌های *لاکتوباسیلوس* (*اسیدوفیلوس*، *رامنوسوس*، *بولگاریکوس*)، *لاکتوکوک*، *انتروکوکوس*، *انوکوکوس*، *پدیوکوکوس*، *استرپتوکوک* و *لوکونوستوک* هستند (۱۸).

فرآورده‌های پروبیوتیک

غذاهای پروبیوتیک سریع‌ترین زمینه در حال رشد در تولید مواد غذایی کاربردی هستند. کشت پروبیوتیک با موفقیت در بسیاری از ماتریس‌های غذایی اعمال می‌شود. برخی از محصولات غذایی از جمله لبنیات، گوشت‌ها، نوشیدنی‌ها، غلات، سبزیجات و میوه‌ها به عنوان حامل پروبیوتیک‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند (۱۹). طبقه‌بندی غذاهای پروبیوتیک در شکل ۱ نشان داده شده است.

بر دستگاه گوارش انسان دارند. آنها گروهی از باکتری‌ها هستند که به سرعت در حال رشد بوده و در حال حاضر شامل شش خانواده و حدود ۴۰ جنس هستند. جنس *لاکتوباسیلوس* با بیش از ۱۰۰ گونه و زیرگونه، بزرگترین گروه در خانواده *لاکتوباسیلوس* است. آنها گرم مثبت، کاتالاز منفی، بدون اسپور، G+C (گوانین + سیتوزین) کم، بی‌هوازی اختیاری و قادر به تولید اسید لاکتیک به عنوان محصول اصلی تخمیر کربوهیدرات هستند. طیف مواد غذایی حاوی سویه‌های پروبیوتیک، زیاد و همچنان در حال رشد است. محصولات اصلی پروبیوتیک لبنی موجود در بازار شامل شیر تخمیر شده، پنیر، بستنی، دوغ، شیر خشک، ماست و غیره است. محبوب‌ترین محصولات شامل: کفیر، کامبوچا، کلم ترش، کمیچی و تمپه می‌باشد. پروبیوتیک‌ها در غذاهای غیر لبنی شامل محصولات سویا، سبوس



شکل ۱- طبقه‌بندی غذاهای پروبیوتیک

ویتامین‌ها و تقویت ایمنی است. به طور سنتی، پروبیوتیک‌ها معمولاً از ماست و سایر محصولات لبنی به دست می‌آیند. با این حال، در سال‌های اخیر غذاهای غیر لبنی جایگزین به منظور جداسازی ایزوله‌های پروبیوتیک بالقوه

مزایای سلامتی ناشی از مصرف محصولات پروبیوتیک شامل درمان اسهال، کاهش علائم عدم تحمل لاکتوز، کاهش کلسترول خون، درمان سندرم روده تحریک‌پذیر و بیماری‌های التهابی روده، خواص ضد سرطان‌زایی، سنتز

و تعیین این که آیا آنها برای تولید محصولات پروبیوتیک غیرلبنی جدید مناسب هستند یا خیر، استفاده شده است (۱۹).

آماده سازی پروبیوتیک ها

مزایای سلامتی سویه های پروبیوتیک عمدتاً به توانایی آنها برای زنده ماندن در زمان عبور از GT (Gastrointestinal Transit) فوقانی، کلونیزه شدن و تکثیر در روده میزبان بستگی دارد. اگر تعداد کافی از باکتری های پروبیوتیک زنده وارد محل مورد نظر نشود، محصول پروبیوتیک مفید نخواهد بود. بررسی های متعدد در مورد پروبیوتیک ها، از دست دادن بقای پروبیوتیک ها در طول پردازش، ذخیره سازی و نیز پس از هضم را برجسته می کند. بنابراین، چالش اصلی برای اثربخشی یک محصول غذایی پروبیوتیک، حفظ قابلیت حیات سویه پروبیوتیک است که پیش نیازی برای دستیابی به فواید مربوط به سلامتی است. زیرا این فواید به تعداد سلول های زنده موجود در لحظه مصرف بستگی دارد. به همین جهت، WHO/FAO (۲۰۰۲) اعلام کرده که هر غذایی که ادعا می شود اثر پروبیوتیکی دارد باید حداقل 10^6 cfu/mL تا 10^7 باکتری پروبیوتیک زنده داشته باشد. مراحل زیادی وجود دارد که می تواند بر زنده ماندن و بقای باکتری های پروبیوتیک تأثیر بگذارد. در نهایت، پروبیوتیک ها پس از خورده شدن باید بتوانند در تماس با شرایط اسیدی معده و همچنین نمک های صفراوی موجود در روده کوچک، قبل از رسیدن به دستگاه گوارش تحتانی زنده بمانند. عوامل اصلی موثر بر زنده ماندن و فعالیت کشت های پروبیوتیک شامل پارامترهای محیطی، غذایی و فرآوری از جمله pH، اسیدیته قابل تیتراسیون، فعالیت آب، وجود نمک، قند و مواد شیمیایی مانند پراکسید هیدروژن، اکسیژن مولکولی، باکتریوسین ها، فلوروین مصنوعی، عملیات حرارتی، میزان و نسبت تلقیح، گونه های سویه، مواد و شرایط بسته بندی، روش ها و شرایط نگهداری است. علاوه بر این، بقای پروبیوتیک ها می تواند تحت تأثیر اسیدیته معده، نمک های

صفراوی، آنزیم هایی مانند لیزوزیم موجود در روده، متابولیت های سمی از جمله فنول های تولید شده در طی هضم، باکتریوفاژ، آنتی بیوتیک ها و شرایط بی هوازی نیز باشد (۲۱).

باکتری های اسید لاکتیک (LAB) و سویه های

لاکتوباسیلوس به عنوان پروبیوتیک

اگرچه پروبیوتیک ها می توانند از میان باکتری ها، مخمرها و قارچ ها انتخاب شوند با این حال، عمدتاً تنها گونه های باکتریایی، به ویژه LAB، به عنوان پروبیوتیک مورد استفاده قرار می گیرند. LAB شامل گروهی از باسیل ها یا کوکسی های گرم مثبت، عموماً غیر اسپورساز، غیر متحرک، و بی هوازی است که اسید لاکتیک را به عنوان محصول نهایی متابولیک اصلی تخمیر کربوهیدرات ها تولید می کنند. لاکتوباسیل ها دارای اندازه های بسیار متنوعی هستند، از باسیل های بلند و باریک گرفته تا کوکوباسیل های کوتاه. با این حال، اندازه متوسط $3/3 \times 0/9$ میکرو متر است که از $6/0 \times 0/9$ تا $1/6 \times 0/9$ میکرومتر متغیر است. شرایط بهینه رشد آنها در pH ۵/۵ تا ۵/۸ در یک محیط غذایی پیچیده از اسیدهای آمینه، پپتیدها، بازهای نوکلئوتیدی، ویتامین ها، مواد معدنی، اسیدهای چرب و کربوهیدرات ها است. جنس های لاکتوباسیلوس، لاکتوکوکوس، لاکونوستوک، پدیوکوکوس و استرپتوکوکوس از اعضای مهم این گروه هستند. به ویژه لاکتوباسیلوس، و گاهی اوقات استرپتوکوکوس ها، بیشتر به عنوان پروبیوتیک مورد استفاده قرار می گیرند، زیرا تصور می شود که این باکتری ها از اعضای مطلوب میکرو فلور روده بوده و «به طور کلی ایمن» هستند. از نظر طبقه بندی، جنس لاکتوباسیلوس متعلق به تیره *Firmicutes*، کلاس باسیل، راسته لاکتوباسیل ها و خانواده لاکتوباسیلوس ها است (۲۲).

شناسایی با استفاده از خصوصیات فنوتیپی و ژنوتیپی

از آنجایی که ویژگی های پروبیوتیک عمدتاً مربوط به سویه اختصاصی است، شناسایی دقیق سویه های باکتریایی در تحقیقات پروبیوتیک بسیار مهم است و هر سویه

می‌کنند. با این حال، این موضوع فقط در زمان تجویز خوراکی مهم است و برای سایر کاربردهای پروبیوتیک‌ها اهمیت چندانی ندارد (۲۴).

فعالیت آنتی اکسیدانی و اثر سایتوتوکسیک پروبیوتیک

هم فعالیت آنتی اکسیدانی و هم اثر سایتوتوکسیک معیارهایی مهم و پرکاربرد برای انتخاب سویه های پروبیوتیک هستند. فعالیت آنتی اکسیدانی می تواند یک ویژگی عملکردی مفید برای یک سویه پروبیوتیک بالقوه به شمار رود، زیرا گونه های اکسیژن فعال زیادی در سیستم های غذایی و بدن پستانداران تشکیل می شوند. رادیکال های آزاد، سایر گونه های فعال اکسیژن و محصولات سمی می توانند از طریق آسیب رساندن به مولکول های بیولوژیکی، واکنش زنجیره ای رادیکال آزاد را ایجاد کرده و از این طریق منجر به آسیب به موجودات زنده شوند. رادیکال های آزاد عوامل اصلی بسیاری از بیماری های دژنراتیو مانند تصلب شرایین، سرطان، بیماری های قلبی عروقی، بیماری های التهابی روده، پیری پوست، زوال عقل در سنین بالا و آرتریت هستند. بسیاری از مطالعات گزارش داده اند که آنتی اکسیدان ها نقش اساسی در پیشگیری از سرطان و بیماری های قلبی عروقی دارند. برخی نیز نشان داده اند که محصولات تخمیر شده LAB می توانند فعالیت آنتی اکسیدانی داشته و در برابر بیماری های مربوط به استرس اکسیداتیو و حضور رادیکال های آزاد عمل محافظتی داشته باشند. اگرچه مکانیسم های زیربنایی فعالیت آنتی اکسیدانی سویه های پروبیوتیک کاملاً مشخص نیست، با این حال گفته می شود که این سویه ها می توانند دفاع سلولی میزبان را تقویت کنند، گونه های فعال اکسیژن را کاهش، سوپراکسید دیسموتاز را افزایش و پراکسیداسیون لیپیدی را نیز کاهش دهند (۲۵).

فعالیت های ضد میکروبی و آنتاگونیستی پروبیوتیک در برابر عوامل بیماری زا

پروبیوتیکی بالقوه باید با استفاده از روش های فنوتیپی و ژنوتیپی به درستی شناسایی شود. از لحاظ تاریخی، بسیاری از روش های فنوتیپی از جمله رنگ آمیزی گرم، کلنی ها و مورفولوژی های سلولی، تولید آنزیمی و فعالیت های متابولیکی برای شناسایی سویه های باکتریایی استفاده شده اند. اما امروزه روش های فنوتیپی مانند ارزیابی مورفولوژیکی و رنگ آمیزی گرم تنها برای غربالگری اولیه جدایه ها استفاده می شود و سیستم های تجاری شناسایی فنوتیپی به کمک کامپیوتر که میکروآرگانیسم ها را بر اساس واکنش های بیوشیمیایی شناسایی می کنند، به دلیل نقص عملکردی منسوخ شده اند. علاوه بر این، شناسایی جدایه های جدید با استفاده از طبقه بندی عددی کامپیوتری، شناسایی رضایت بخش گونه ها را فراهم نمی کند زیرا پایگاه های اطلاعاتی مورد استفاده برای تفسیر نتایج در چنین روش هایی، بر اساس ویژگی های مشاهده شده در سویه های مرجع و تحت شرایط رشد بهینه است (۲۳).

مقاومت پروبیوتیک در برابر اسید و نمک صفراوی

هر پروبیوتیک خوراکی برای انسان یا حیوان باید قابلیت تحمل محیط اسیدی معده و مقاومت در برابر صفراوی موجود در روده کوچک را داشته باشد. شرایط استرس در دستگاه گوارش انسان از معده شروع می شود. زمان انتقال از معده به روده کوچک، بسته به فرد، رژیم غذایی و شرایط دیگر می تواند از کمتر از ۱ ساعت تا ۳ تا ۴ ساعت باشد. pH در معده، می تواند به ۱/۵ برسد، و صفرا در قسمت فوقانی روده می تواند در هر زمان معین در غلظت متغیر و غیرقابل پیش بینی قرار داشته باشد. بنابراین، تحمل اسید و صفرا یکی از اولین معیارهایی است که برای انتخاب یک سویه پروبیوتیک بالقوه استفاده می شود. جدای از بقا و کلونیزاسیون در روده، تحمل شرایط استرس GIT برای حفظ یکپارچگی سلولی و حفظ چسبندگی و فعالیت متابولیکی سویه پروبیوتیک مهم است. نتایج آزمایش های تحمل اسید و صفرا در شرایط آزمایشگاهی اغلب توانایی سویه ها را برای بقا در محیط بدن میزبان پیش بینی

فعالیت ضد میکروبی در برابر پاتوژن‌ها جنبه مهم دیگری است که باید برای انتخاب سویه‌های پروبیوتیک در نظر گرفته شود. اگرچه ممکن است تولید ترکیبات ضد میکروبی، مکانیسم اصلی برای فعالیت ضد میکروبی سویه های پروبیوتیک باشد، با این وجود مکانیسم‌های دیگری مانند رقابت بین پروبیوتیک و سویه های بیماری زا برای مواد مغذی، اتصال به سلول‌های اپیتلیال و تحریک سیستم ایمنی نیز وجود دارد. به طور کلی، مواد ضد میکروبی تولید شده توسط LAB را می‌توان به دو گروه اصلی تقسیم کرد: (الف) مواد ضد میکروبی غیر باکتریوسین و (ب) باکتریوسین‌ها. در میان این ترکیبات ضد میکروبی تولید شده، مهمترین و بهترین آنها اسیدهای آلی به ویژه اسیدهای لاکتیک و اسید استیک هستند. LAB قادر است با تولید اسیدهای آلی و متعاقباً کاهش pH در دستگاه گوارش، تغییر مفیدی در محیط اکولوژیکی روده برای کلون سازی میکروارگانیسم‌های مفید و کاهش جمعیت پاتوژن‌ها ایجاد کند (۲۶).

بحث

شیرازی و همکاران (۲۰۱۱) بررسی فعالیت ضد میکروبی لاکتوباسیلوس روتری و لاکتوباسیلوس / اسیدوفیلوس بر چندین باکتری بیماری‌زای خانواده انتروباکتریاسه را مورد مطالعه قرار داده‌اند. در این مطالعه سعی شده تا خواص ضد میکروبی پروبیوتیک‌ها بر روی تعدادی از پاتوژن‌های شایع دستگاه گوارش بررسی شود. در این مطالعه دو سویه لاکتوباسیلوس، متعلق به گونه‌های استاندارد لاکتوباسیلوس / اسیدوفیلوس (ATCC 4356) و لاکتوباسیلوس روتری (ATCC 23272) برای بررسی اثرات ضد میکروبی علیه سه سویه پاتوژن دستگاه گوارش، شامل شیگلا سونئی (ATCC 9290)، سالمونلا / انتریکا (BAA-708) و / شریشیاکلی (ATCC 25922) استفاده شد و تست Agar Spot برای تشخیص فعالیت ضد میکروبی پروبیوتیک‌ها به کار رفت. در این روش ۲ میکرو لیتر از سویه پروبیوتیک مورد نظر بر روی کشت پور پلیت سویه پاتوژن

قرار داده شده و پس از ۲۴ ساعت هاله عدم رشد اندازه گیری شد. به منظور کاهش خطا هر آزمون ۳ بار تکرار شده و میانگین قطر هاله عدم رشد، توسط دو پروبیوتیک مقایسه گردید. نتایج توصیف کننده اثرات ضد میکروبی لاکتوباسیلوس / اسیدوفیلوس و لاکتوباسیلوس روتری بود. در هر دو سویه پروبیوتیک بیشترین اثر مهاري علیه شیگلا سونئی ثبت شد و اثر مهاري آن‌ها علیه باکتری های سالمونلا / انتریکا و / شریشیاکلی به ترتیب در ردیف دوم و سوم بودند. بررسی‌ها نشان می‌دهند که استفاده از لاکتوباسیلوس روتری و لاکتوباسیلوس / اسیدوفیلوس جهت پیشگیری و درمان عفونت‌های دستگاه گوارش به عنوان راه کاری مهم و عملی، منطقی و قابل قبول است (۲۶).

صدری و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی اثر ضد میکروبی و ضد اتصالی لاکتوباسیلوس‌های پروبیوتیکی بر باکتری / شریشیاکلی یوروپاتوژنیک (UPEC) پرداختند. هدف از این پژوهش، بررسی خواص ضد میکروبی و به ویژه ضد اتصالی پروبیوتیک‌ها بر روی پاتوژن شایع دستگاه ادراری (شریشیاکلی)، با استفاده از روش‌های میکروبی است. در این پژوهش از دو سویه لاکتوباسیلوس / اسیدوفیلوس PTCC 1643 و لاکتوباسیلوس کازئی PTCC 1608 استفاده شد. تعداد ۴۰ باکتری / شریشیاکلی یوروپاتوژنیک از بیمارستان‌های استان سمنان جمع‌آوری شد. ۲۰ نمونه با بیش‌ترین توانایی در تولید بیوفیلم، برای انجام آزمون‌های میکروبی انتخاب شدند. به منظور بررسی آثار ضد میکروبی لاکتوباسیلوس‌ها در حالت کشت کامل و مایع رویی کشت (سوپرناتانت)، به ترتیب از روش‌های کشت دولایه اصلاح شده و رقت‌سازی سوپرناتانت استفاده شد. مکانیسم تجمع-پذیری لاکتوباسیلوس‌ها با پاتوژن مورد نظر بررسی شد. تشخیص فعالیت ضد اتصالی سوپرناتانت لاکتوباسیلوس‌ها، با استفاده از روش میکروتیتربلیت ۹۶ خانه‌ای انجام شد. نتایج در تمامی آزمون‌های میکروبی به کار رفته اثر ضد میکروبی و اثر ضد اتصالی لاکتوباسیلوس‌ها بر باکتری های / شریشیاکلی یوروپاتوژنیک تایید شد. لاکتوباسیلوس کازئی

بیماری‌های روده‌ای، واژینوز باکتریایی زنان، بیماری‌های روانی و آلزایمر استفاده می‌شود. در بین تمامی فرآورده‌های پروبیوتیکی مصرف ماست و پنیر به عنوان یک فرآورده پروبیوتیکی بالقوه، توجه زیادی را به خود جلب کرده است که علاوه بر تامین باکتری‌های زنده، مواد مغذی یا ارزشی همچون کلسیم و پپتیدهای بیولوژیک را در اختیار بدن قرار می‌دهد. همچنین عوامل متعددی نظیر میزان چربی، غلظت و نوع پروتئین، میزان کربوهیدرات و pH ماده غذایی، می‌تواند بر فعالیت و بازدهی پروبیوتیک‌ها تاثیر بگذارد.

تضاد منافع

پژوهشگران اعلام می‌دارند هیچ گونه تضاد منافی در پژوهش حاضر وجود ندارد.

ملاحظات اخلاقی

مطالعه حاضر مروری بوده و نیاز به اخذ کد اخلاق ندارد و بدون حمایت مالی از سازمانی خاص و به صورت شخصی انجام شده است.

با اثر مهاری رشد (۴۲/۷ میلی متر) و ضد اتصالی (۴۶/۷ درصد) به عنوان باکتری پروبیوتیک مناسب‌تر در این پژوهش گزارش شد. با توجه به نتایج به دست آمده لاکتوباسیلوس‌های پروبیوتیکی در جلوگیری از اتصال، تشکیل بیوفیلم و بیماری‌زایی باکتری /شرشیاکلی یوروپاتوژنیک دارای آثار چشمگیری هستند. بنابراین، استفاده از آن‌ها برای پیشگیری و درمان عفونت دستگاه ادراری به عنوان راهکاری مهم و عملی، منطقی و قابل قبول است (۲۷).

نتیجه گیری

در سال‌های اخیر با پژوهش‌های محققین در سراسر دنیا نقش و اهمیت ویژه باکتری‌های مهم از جمله خانواده پروبیوتیک‌ها مشخص شده است. پروبیوتیک‌ها می‌توانند نقش بسزایی در درمان بیماری‌ها داشته و در صنعت غذا نیز به عنوان غذا و مکمل مورد استفاده قرار می‌گیرند. اکنون از پروبیوتیک‌ها در قالب کپسول‌های دارویی برای درمان

مراجع

- [1] Vasiljevic T, Shah NP. Probiotics—from Metchnikoff to bioactives. *International dairy Journal*. 2008;18(7):714-28.
- [2] Goldin BR. Health benefits of probiotics. *British Journal of Nutrition*. 1998;80(2): 203-7.
- [3] Lilly DM, Stillwell RH. Probiotics: growth-promoting factors produced by microorganisms. *Science*. 1965;147(3659):747-8.
- [4] Fuller R. History and development of probiotics. In *Probiotics: The scientific basis* Dordrecht: Springer Netherlands.1992:1-8.
- [5] Vinderola CG, Mocchiutti P, Reinheimer JA. Interactions among lactic acid starter and probiotic bacteria used for fermented dairy products. *Journal of Dairy science*. 2002;85(4):721-9.
- [6] Hosseiny M, Nateghi L. Probiotics in the Food Industry from Production to Food Products and Their Impact on Human Health. *Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*. 2025;44(2):447-68.
- [7] Stanton C, Gardiner G, Lynch PB, Collins JK, Fitzgerald G, Ross RP. Probiotic cheese. *International Dairy Journal*. 1998;8(5-6):491-6.
- [8] Ross RP, Stanton C, Hill C, Fitzgerald GF, Coffey A. Novel cultures for cheese improvement. *Trends in Food Science & Technology*. 2000;11(3):96-104.
- [9] Qian ZH, Guang YA, Wen ZH, Hui-ling LI. Development and evaluation of a herbal formulation with anti-pathogenic activities and probiotics stimulatory effects. *Journal of integrative agriculture*. 2016;15(5):1103-11.
- [10] Reid G, Gadir AA, Dhir R. Probiotics: reiterating what they are and what they are not. *Frontiers in microbiology*. 2019; 10:424.

- [11] Hill C, Guarner F, Reid G, Gibson GR, Merenstein DJ, Pot B, Morelli L, Canani RB, Flint HJ, Salminen S, Calder PC. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nature reviews Gastroenterology & hepatology*. 2014;11(8):506-14.
- [12] Vecchione A, Celandroni F, Mazzantini D, Senesi S, Lupetti A, Ghelardi E. Compositional quality and potential gastrointestinal behavior of probiotic products commercialized in Italy. *Frontiers in medicine*. 2018; 5:59.
- [13] Robinson RK, editor. *Dairy microbiology handbook: the microbiology of milk and milk products*. John Wiley & Sons; 2005 Feb 25.
- [14] Cavaillon JM, Legout S. Centenary of the death of Elie Metchnikoff: a visionary and an outstanding team leader. *Microbes and Infection*. 2016;18(10):577-94.
- [15] Santacroce L, Charitos IA, Bottalico L. A successful history: probiotics and their potential as antimicrobials. *Expert review of anti-infective therapy*. 2019;17(8):635-45.
- [16] Inchingolo F, Dipalma G, Cirulli N, Cantore S, Saini RS, Altini V, Santacroce L, Ballini A, Saini R. Microbiological results of improvement in periodontal condition by administration of oral probiotics. *Journal of Biological Regulators and Homeostatic Agents*. 2018;32(5):1323-8.
- [17] Santacroce L, Charitos IA, Topi S, Bottalico L. The Alcmaeon's School of Croton: philosophy and science. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*. 2019;7(3):500.
- [18] Giraffa G, Chanishvili N, Widyastuti Y. Importance of lactobacilli in food and feed biotechnology. *Research in microbiology*. 2010;161(6):480-7.
- [19] Kerry RG, Patra JK, Gouda S, Park Y, Shin HS, Das G. Benefaction of probiotics for human health: A review. *Journal of food and drug analysis*. 2018;26(3):927-39.
- [20] Shokryazdan P, Faseleh Jahromi M, Liang JB, Ho YW. Probiotics: from isolation to application. *Journal of the American College of Nutrition*. 2017;36(8):666-76.
- [21] Maleki D, Azizi A, Vaghef E, Balkani S, Homayouni A. Methods of increasing probiotic survival in food and gastrointestinal conditions. *Prensa Med Argent*. 2015;101(4):1-9.
- [22] Aspri M, Papademas P, Tsaltas D. Review on non-dairy probiotics and their use in non-dairy based products. *Fermentation*. 2020;6(1):30.
- [23] Ochman H, Lerat E, Daubin V. Examining bacterial species under the specter of gene transfer and exchange. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2005;102:6595-9.
- [24] Rolim FR, Neto OC, Oliveira ME, Oliveira CJ, Queiroga RC. Cheeses as food matrixes for probiotics: In vitro and in vivo tests. *Trends in Food Science & Technology*. 2020; 100:138-54.
- [25] Kim S, Lee JY, Jeong Y, Kang CH. Antioxidant activity and probiotic properties of lactic acid bacteria. *Fermentation*. 2022;8(1):29.
- [26] Shirazi, L, Mehdi Rahnema, and Dallal Mohammad mehdi soltan. "Evaluation of antimicrobial activity of lactobacillus acidophilus and lactobacillus routerion the several pathogenic bacterial of the Enterobacteriaceae family." 2011: 29-34.
- [27] Sadri, M., Arbab Soleimani, N., Forghanifard, M. M. The study of Antimicrobial and Anti-adhesive effect of Probiotic Lactobacilli on Uropathogenic Escherichia coli (UPEC). *Journal of Microbial Biology*, 2016; 5(17): 159-170.