



مفهوم و پتانسیل های کاربردی پست بیوتیک ها در صنعت مواد غذایی

صابرامیری^{۱*}، سمیرا کاظمی^۲

۱- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
تاریخ های مقاله : تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۲۷	با توجه به اهمیت رژیم غذایی در سلامت مصرف کننده، استفاده از مواد غذایی عملگرا گسترش زیادی یافته است. غذاهای حاوی پروبیوتیک، نمونه ای بارز از این مواد غذایی هستند که هم دارای ارزش تغذیه ای زیادی هستند و هم نقش ممانعت کنندگی از بروز بیماری ها دارند. علاوه بر این، کاربرد ترکیبات زیست فعال در فرمولاسیون غذاها از جنبه های تکنولوژیکی نیز حائز اهمیت می باشد. حفاظت طبیعی با استفاده از نگهدارنده های زیستی علاوه بر بهبود ایمنی مواد غذایی و افزایش ماندگاری آن، به عنوان اثر تکنولوژیکی، در ارتقاء سلامت مصرف کننده نیز اثر مثبت دارد. مکانیسم هایی که باکتری های پروبیوتیک جهت ایجاد ویژگی های سلامت بخشی دارند می تواند پیچیده و چند وجهی باشد. این میکروارگانیسم های مفید منبع بالقوه و تقریباً نامحدودی از مواد فعال زیستی را تولید می کند که به طور مستقیم یا غیر مستقیم می تواند سلامت انسان را تحت تأثیر قرار دهد. در این راستا می توان از کشت های فعال و زنده باکتری های پروبیوتیک جهت تولید ترکیبات زیست فعال پست بیوتیک (پسایوتیک) برای مثال اکزوپلی ساکاریدها، آنزیم ها، اسیدهای آلی، پپتیدهای زیست فعال و ضد میکروبی مانند باکتریوسین ها و اسیدهای چرب غیر اشباع مانند اسید لینولئیک مزدوج استفاده کرد. در سال های اخیر، مفاهیم جدید مرتبط با پروبیوتیک ها مانند پست بیوتیک ها برای توصیف میکروارگانیسم های غیرقابل زنده یا عصاره های عاری از باکتری مورد استفاده قرار گرفته اند که ممکن است با ارائه زیست فعالیتهای اضافی به پروبیوتیک ها، مزایایی را برای میزبان فراهم کنند. بنابراین مقاله مروری حاضر جنبه های مختلف مربوط به پست بیوتیک ها و زیست فعالیتهای آنها را با هدف بیان پتانسیل ارزشمند و کاربردی این ترکیبات برای صنعت مواد غذایی مورد بررسی قرار می دهد.
کلمات کلیدی: پست بیوتیک، پروبیوتیک ها، فعالیت زیستی، سلامت بخشی، عملگرا	
DOI: 10.22034/FSCT.19.126.87 DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.126.20.1	
* مسئول مکاتبات: sa.amiri@urmia.ac.ir	

۱- مقدمه

تأمین نیازهای غذایی و نگهداری غذا از زمان انسان‌های اولیه تا زمان مدرن کنونی، مورد توجه بوده است. غذا پس از تولید باید به طریق مناسب نگهداری شود، در غیر این صورت دچار فساد و ضایعه خواهد شد. یکی از روش‌های نگهداری مواد غذایی استفاده از افزودنی‌های غذایی می‌باشد. امروزه کمتر ماده غذایی یافت می‌شود که با مواد افزودنی در ارتباط نباشد، چرا که این مواد اغلب باعث افزایش ماندگاری محصولات می‌گردد. امروزه ارتباط تنگاتنگ بین رژیم غذایی و سلامتی بر کسی پوشیده نیست، از این رو تلاش برای درک هر چه بهتر این رابطه می‌تواند علاوه بر تأمین نیازهای تغذیه‌ای مصرف کننده، سلامت آن را نیز تضمین نماید. در راستای تحقق این هدف بسیاری از دانشمندان علم مواد غذایی توجه خود را به تولید مواد غذایی معطوف کرده‌اند که ضمن تأمین نیازهای تغذیه‌ای، اهداف خاصی را نیز دربرداشته باشد، این دسته از ترکیبات و مواد غذایی با عنوان "غذاهای سلامتی بخش" شناخته می‌شوند. به عبارت بهتر غذاهای سلامتی بخش، غذاهایی هستند که هم ارزش تغذیه‌ای زیادی داشته و هم عملکردهای هدفمند خاصی را نیز دنبال می‌نمایند و مفهوم آن مربوط به نقش آنها در حفظ سلامتی و ممانعت از بروز بیماری‌ها است. در اروپا مؤسسه بین‌المللی علوم زیستی، غذاهای سلامتی بخش را به عنوان غذاهایی که حاوی ترکیبات فعال فیزیولوژیکی بوده و نسبت به ارزش تغذیه‌ای، اثرات سلامت بخشی بیشتری دارند تعریف می‌کند. در ایالات متحده آمریکا، انجمن تغذیه آمریکا، در مورد غذاهای سلامتی بخش اظهار می‌کند که این غذاها می‌توانند شامل غذاهای کامل، غنی شده یا بهبود یافته باشند و ترکیبات زیست فعال ترکیبات خالص شده‌ای هستند که می‌توانند در ساختار غذاها شرکت کرده و باعث افزایش سلامتی در مصرف‌کننده در سطوحی شوند که از طریق مصرف غذاهای معمولی دست یافتنی نیست. در تعریف مشابه، ترکیبات زیست فعال به عنوان مواد

طبیعی که شامل ترکیبات حاصل از کشت‌های فعال و زنده بوده و دارای ویژگی‌های ارتقاء دهنده سلامتی و ممانعت‌کنندگی از بروز بیماری هستند و می‌توانند به روش‌های مختلف مصرف شوند، معرفی می‌شوند. در ایالات متحده آمریکا، این ترکیبات به روش زیر مصرف می‌شوند: (۱) به صورت یک مکمل غذایی به شکل قرص، کپسول و یا به حالت مایع، [۲] بصورت غذای کامل که بطور طبیعی حاوی این ترکیبات هستند، [۳] غنی سازی غذاهای معمولی با این ترکیبات، که استفاده از پروبیوتیک‌ها در فرمولاسیون مواد غذایی جزو مورد اخیر محسوب می‌شود [۱ و ۲]. در سال‌های اخیر تمایل به استفاده از مواد غذایی تازه که متحمل کمترین فرآیند شده باشند و حداقل میزان مواد افزودنی در ترکیب آنها استفاده شده باشد، گسترش زیادی یافته است. نیاز هرچه بیشتر برای حفاظت طبیعی از مواد غذایی که بتواند ایمنی مواد غذایی و هم ماندگاری مواد غذایی اطمینان حاصل کند، وجود دارد. نگهداری زیستی^۱ یکی از راه‌های محتمل است که با استفاده از میکروارگانیسم مفید در مواد غذایی که درجه خوراکی دارند، ایجاد می‌گردد [۲].

در اوایل قرن بیستم، Ilya Ilyich Metchnikoff مشاهده کرد که مصرف منظم باکتری‌های اسید لاکتیک، از طریق محصولات لبنی تخمیری مانند ماست، با سلامت کلی و طول عمر بهتر در میان مردم ساکن روستاهای بلغارستان مرتبط است. بنابراین، این مشاهده که برخی باکتری‌ها می‌توانند مزایای سلامتی را فراهم کنند، منجر به توسعه مفهوم پروبیوتیک شد. پروبیوتیک‌ها در حال حاضر به عنوان "میکروارگانیسم‌های زنده تعریف می‌شوند که وقتی به مقدار کافی تجویز شوند، سبب ایجاد خواص سلامت بخش برای میزبان می‌شوند" و شامل هر دو باکتری (به عنوان مثال لاکتوباسیلوس، باسیلوس و بیفیدوباکتریوم) و از مخمرها (به عنوان مثال ساکارومایسس) هستند. از خواص درمانی پروبیوتیک‌ها می‌توان به کاهش کلسترول سرم، بهبود

پست‌بیوتیک‌ها را می‌توان به عنوان اجزای عملکردی غیرزنده سلول‌های پروبیوتیکی نام برد که به طور معمول توسط باکتری‌های زنده در طی فرآیند تخمیر و یا در مقیاس آزمایشگاهی با روش‌های فیزیکی و شیمیایی مختلف تولید می‌شوند. پست‌بیوتیک‌ها شامل گونه‌های باکتریایی و قارچی (عمدتاً گونه‌های لاکتوباسیلوس و بیفیدوباکتریوم)، *Akkermansia muciniphila*، *Eubacterium hallii*، *Faecalibacterium* ساکارومایسس بولاردی هستند [۶،۵]. پست‌بیوتیک‌ها شامل: سلول‌های میکروبی غیرفعال شده (پیکره سلول)، فراکسیون‌های سلول (اسید تیکوئیک، موروپتیدهای مشتق شده از پپتیدوگلیکان پروتئین‌های سطح سلول، اندو و آگزوپلی‌ساکارید) و متابولیت‌های سلول (اسیدهای چرب کوتاه زنجیر، آنزیم‌ها، باکتریوسین‌ها و اسیدهای آلی) که در زمان زنده بودن سلول‌های میکروبی ترشح شده یا پس از تجزیه شدن آنها در محیط روده میزبان آزاد می‌شوند و چنانچه به مقدار کافی دریافت شوند، اثرات سلامت بخش از خود در میزبان بر جای می‌گذارند [۷،۸،۵].

۲-۳- طبقه‌بندی پست‌بیوتیک‌ها

پست‌بیوتیک‌ها را می‌توان با توجه به ساختار شیمیایی (پروتئینی، لیپیدی، کربوهیدراتی، ویتامینی، اسیدهای آلی و مولکول‌های پیچیده‌تر)، و فعالیت‌های زیستی بالقوه (ضدالتهابی، تعدیل سیستم ایمنی، پیشگیری از چاقی، تعدیل فشار خون، کاهندگی کلسترول، متوقف ساختن تکثیر سلولی، آنتی‌اکسیدانی، و ضدسرطانی) (شکل ۱) طبقه بندی کرد [۹].

ناسازگاری لاکتوز، کاهش بیماری‌های گوارشی، سنتز ویتامین‌ها، افزایش تقویت سیستم ایمنی، جلوگیری از بیماری‌های عفونی اشاره کرد [۳]. یکی از خواص سلامت‌بخش پروبیوتیک‌ها متابولیت‌های ترشح شده است که با اثر بر سلول‌های اپی تلیال روده، از تکثیر سلول‌های سرطانی جلوگیری می‌کنند. از جمله متابولیت‌های مفید پروبیوتیک‌ها به پست بیوتیک‌ها می‌توان اشاره کرد که در ادامه توضیح خواهیم داد. مطالعات برون‌تنی^۲ و درون‌تنی^۳ نشان داده‌اند که پست‌بیوتیک‌ها دارای فعالیت‌های زیستی مانند ضد التهاب، تعدیل‌کننده ایمنی، ضد تکثیر، آنتی‌اکسیدان و ضد میکروبی هستند. پست‌بیوتیک‌ها دارای پتانسیل ارزشمندی برای توسعه محصولات بیوتکنولوژیکی با مواد کاربردی برای صنعت مواد غذایی هستند. بنابراین، هدف این بررسی ارائه یک مرور کلی از جنبه‌های کلی و روندهای نوظهور پست‌بیوتیک‌ها، شامل مفهوم، تولید، توصیف، فعالیت‌های زیستی، اثرات ارتقاء سلامت، رویکردهای مهندسی زیستی و کاربردها است.

۲-۲- پست‌بیوتیک

۲-۱- واژه پست‌بیوتیک

در سال‌های اخیر، اکثر محققان از اصطلاحاتی مانند بیوژنیک^۲، سوپرناتانت^۵، پاراپروبیوتیک^۶، متابیوتیک^۷، ابیوتیک^۸، گوست‌پروبیوتیک^۹، سودوپروبیوتیک^{۱۰} و پست‌بیوتیک^{۱۱} برای توصیف بخش‌های غیرقابل زیست سلول‌های پروبیوتیک استفاده شدند که از بین آنها، واژه "پست‌بیوتیک" در مجامع علمی بیشتر مورد توجه قرار گرفته است [۴،۵].

۲-۲- مفهوم پست‌بیوتیک

2. In vitro
3. In vivo
4. Biogenic
5. Cell-free supernatant
6. Paraprobiotic
7. Metabiotic
8. Abiotic
9. Ghost probiotic
10. Pseudoprobiotic
11. Postbiotic

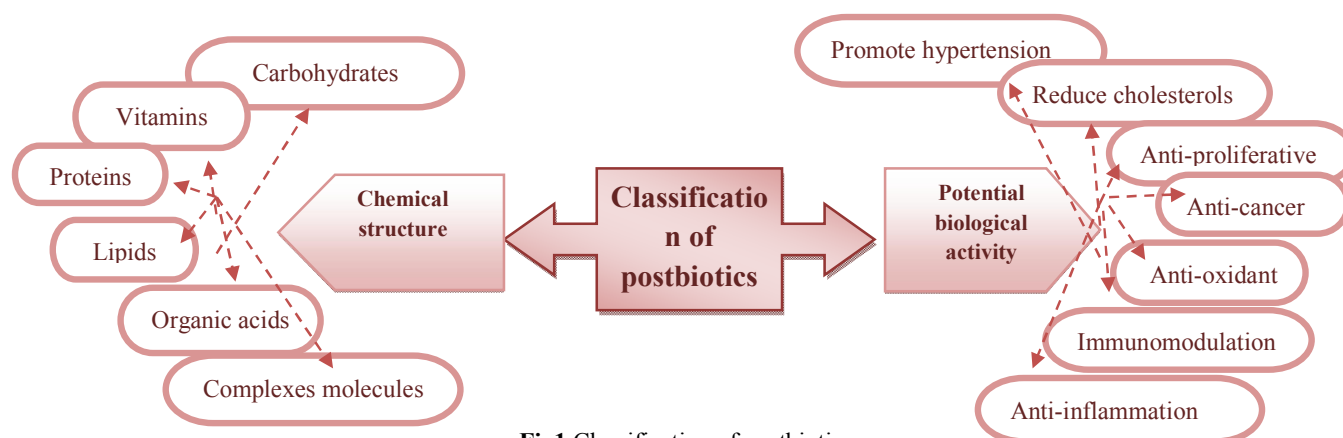


Fig1 Classification of postbiotics

۲-۴- مزایای پست‌بیوتیک‌ها

با توجه به ویژگی‌های مطلوب پست‌بیوتیک‌ها از جمله غیرسمی بودن این ترکیبات، ماندگاری بالا، سهولت در استانداردسازی و حمل‌ونقل، می‌توانند در قالب انواع مختلفی از سیستم‌های تحویل از جمله غذاهای عملگرا (طیف متنوعی از غذاهای تخمیری و غیرتخمیری) جهت افزایش مدت زمان نگهداری مواد غذایی و ارزش تغذیه‌ای آن، همچنین شامل اثرات محلی، تنظیم سیستم ایمنی، ضدالتهاب و ضد میکروبی می‌باشند و دارای اثرات سیستماتیک که شامل،

آنتی‌اکسیدانی، هیپوکلوسترولمیک، ضد فشارخون، ضد چاقی و ضد تکثیر می‌باشند [۵]. این خصوصیات نشان می‌دهد که پست‌بیوتیک‌ها می‌توانند در بهبود سلامتی میزبان نقش داشته باشند. همچنین تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که پست‌بیوتیک‌ها 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 [۱۰].

Table 1 *In vitro* and *in vivo* studies of postbiotics, their bioactivity and/or effects

Bacteria Components	Components	Type of study	Bioactivity or effect	Method or tool used for identification or isolation of postbiotic	References
<i>Bifidobacterium</i> sp., <i>L. acidophilus</i> , <i>L. casei</i> , <i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> , <i>L. gasseri</i> , <i>L. helveticus</i> , <i>L. reuteri</i> , <i>S. Thermophiles</i>	Cell wall components and cytoplasmic extract	RAW 264.7 macrophage cell line	Immunomodulation	N.I.	11
<i>Faecalibacterium prausnitzii</i> A2-165 (DSM 17677)	Cytosolic fraction	Caco-2 cells	Immunomodulation	N.I.	12
<i>L. plantarum</i> K8 (KCTC10887BP)	Lipoteichoic acids	Human monocyte THP-1 cells	Immunomodulation	MALDI-TOF Mass spectrometry	13
<i>B. bifidum</i> BGN4,	Cell free extracts, purified cell wall and supernatant	RAW 264.7 cells	Immunomodulation	N.I.	14
<i>L. johnsonii</i> La1, <i>L. acidophilus</i> La10	Lipoteichoic acids	Human HT29 cell line	Immunomodulation	Octyl-Sepharose® CL-4B column	15
<i>L. casei</i> YIT 9029, <i>L. fermentum</i> YIT 0159	Lipoteichoic acids	RAW 264.7 macrophages	Immunomodulation	Macro-prepHigh Q and Octyl-Sepharose® CL-4B column	16

<i>L. paracasei</i> B21060	Cell-free supernatants	Dendritic cells from human peripheral blood monocytes	Immunomodulation	N.I.	17
<i>L. paracasei</i> B21060	Cell-free supernatants	Human mucosa explant of colon	Anti-inflammatory	N.I.	18
<i>Bacillus coagulans</i>	Cell wall components	Human polymorphonuclear cells	Immunomodulation and anti-inflammatory effect	N.I.	19
<i>L. rhamnosus</i> GG	Cell-free supernatants	Human colonic smooth muscle cells	Anti-inflammatory	N.I.	20
<i>L. acidophilus</i> (ATCC 43121, ATCC 4356, 606), <i>L. brevis</i> ATCC 8287, <i>L. casei</i> (YIT 9029, ATCC 393), <i>L. rhamnosus</i> GG	Intracellular content	HeLa, MCF7, U-87, Hep G2, U2OS, PANC-1, HT-29, WiDr, DLD-1 and CX-1 cells	Antiproliferative	N.I.	21
<i>L. casei</i> ATCC 393	Sonicated-cell suspension	Murine CT26 and human HT29 colon cancer cells line	Antiproliferative	N.I.	22
<i>Strep. salivarius</i> ssp. <i>thermophilus</i> ATCC 19258 and <i>L. delbrueckii</i> ssp. <i>bulgaricus</i> ATCC 11842	Intracellular content	<i>In vitro</i>	Antioxidant	N.I.	23
<i>L. acidophilus</i> KCTC 3111, <i>L. jonsonnii</i> KCTC 3141, <i>L. acidophilus</i> KCTC 3151, <i>L. brevis</i> KCTC 3498	Intracellular content	<i>In vitro</i>	Antioxidant	N.I.	24
<i>L. casei</i> ssp. <i>casei</i> SY13 and <i>L. delbrueckii</i> ssp. <i>bulgaricus</i> LJJ	Intracellular content	<i>In vitro</i>	Antioxidant	N.I.	25
7 <i>Bifidobacterium</i> , 11 <i>Lactobacillus</i> , 6 <i>Lactococcus</i> , and 10 <i>Strep. thermophilus</i> strains	Intracellular content	<i>In vitro</i>	Antioxidant	N.I.	26
<i>B. longum</i> SPM1207	Sonicated-cell suspension	High-cholesterol rat model	Hypocholesterolemic	N.I.	27
<i>L. casei</i> YIT9018	Polysaccharid e-glycopeptide complexes	Spontaneously hypertensive rats and renal hypertensive rats models	Antihypertensive	HPLC and ¹ H-NMR	28
<i>L. amylovorus</i> CP1563	Fragmented cells	Obese mouse model	Antiobesogenic	N.I.	29
<i>L. fermentum</i> BGHV110	Cell lysate suspension	Human hepatoma HepG ² cells	Hepatoprotective	N.I.	30
<i>Enterococcus lactis</i> IITRHR1 and <i>Lactobacillus acidophilus</i> MTCC447	Intracellular content	Cultured rat hepatocytes	Hepatoprotective	N.I.	31
<i>L. plantarum</i> RG11, RG14, RI11, UL4, TL1 and RS5	Cell-free supernatants	<i>In vitro</i>	Antimicrobia	N.I.	32

1. Not identified; MALDI-TOF: Matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight; HPLC: High performance liquid

2. chromatography; ¹H-NMR: Proton nuclear magnetic resonance spectroscopy

۲-۵- روش‌های شناسایی پست‌بیوتیک‌ها

معمولاً تولید پست‌بیوتیک‌ها شامل تکنیک‌های تخریب سلولی مانند تیمارهای حرارتی و آنزیمی، استخراج توسط حلال و همچنین توسط دستگاه سونیکاتور می‌باشد که به دنبال آن مرحله استخراج، سانتریفیوژ، دیالیز، خشک کردن انجمادی نیز برای افزایش بازده تولید و نگهداری از این ترکیبات، مورد استفاده قرار می‌گیرد [۲]. پست‌بیوتیک‌ها را می‌توان به صورت کیفی و کمی شناسایی کرد: (۱) کروماتوگرافی تلفیق شده با طیف سنج جرمی متوالی^{۱۲}: برای شناسایی ویژگی‌های مختلف ترکیبات پست‌بیوتیکی شامل اسیدهای چرب، پورین‌ها، گلیکولیپیدها، الیگوساکاریدها و اسفنگولیپیدها از با استفاده از طیف‌سنجی رزونانس مغناطیسی هسته‌ای پروتون، کروماتوگرافی گازی و کروماتوگرافی مایع می‌باشد. (۲) کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا^{۱۳}: برای جداسازی و شناسایی اجزای پست‌بیوتیک درون سلولی از قبیل: گلوکاتایون ردوکتاز، پروتئین دهنده اسیدآمین، فسفولیپید کیناز، تیوردوکسین، سیستئین سنتاز می‌باشد [۳۳].

۲-۶- مکانیسم غیرفعال سازی پست‌بیوتیک‌ها

تولید پست‌بیوتیک‌ها به میکروارگانیسم‌های غیرفعال نیاز دارد. علاوه بر روش طبیعی (تولید پست‌بیوتیک‌ها با تخمیر)، غیرفعال کردن سلول‌های پروبیوتیک را می‌توان با استفاده از چندین استراتژی تکنولوژیکی به دست آورد که می‌تواند ساختارهای سلولی میکروب و / یا عملکرد فیزیولوژیکی آن‌ها را تغییر دهد. روش غیرفعال‌سازی اعمال‌شده برای تولید پست‌بیوتیک‌ها باید قادر به حفظ اثرات مفید ارائه شده توسط شکل زنده باشد. برخی از پست‌بیوتیک‌ها را می‌توان از طریق غیرفعال‌سازی و انهدام سلول‌های میکروبی والد به وسیله روش‌های مختلف از جمله: عملیات حرارتی، فشار زیاد، فرمالین، اشعه ماوراءبنفش، تابش یونیزان و فراصوت تهیه کرد. علاوه بر این، روش‌های دیگر مانند گرمایش اُهمی و دی

اکسیدکربن فوق بحرانی، میدان الکتریکی پالسی، تغییر pH و خشک‌کردن نیز می‌تواند برای تولید بیشتر پست‌بیوتیک‌ها استفاده گردند. طبق مطالعات صورت گرفته روش‌هایی چون روش تیمارحرارتی و استفاده از فرمالین بیشترین کارایی را در بین روش‌های دیگر دارند [۳۴،۹].

در جدول ۲ از روش‌های غیرفعال‌سازی گونه‌های پروبیوتیکی که برای تولید پست‌بیوتیک استفاده می‌شوند اشاره شده است اما در برخی موارد روش غیرفعال‌سازی هنوز تعیین نشده لذا به مطالعات بیشتر نیاز می‌باشد.

۲-۷- سازوکارهای اصلی دخیل در نقش

بالینی پست‌بیوتیک‌ها

می‌توان به تحریک سیستم ایمنی و تولید اینترکولین ۱۲، مهار کلونیزاسیون، تشکیل بیوفیلم‌ها، کاهش حساسیت به حضور برخی آنتی‌ژن‌ها، مهار عوامل سرطان‌زا و افزایش میزان آپوپتز، تغییر ترکیب میکروبیوتا روده و ساختار پرزها، تحریک تولید اینترکولین ۱۰ و مهار اینترکولین ۸ را نام برد. فعالیت پست‌بیوتیک‌های *لاکتوباسیل*: عوامل ترشح شده *لاکتوباسیل* منبع غنی از باکتریوسین‌ها هستند که رشد و فعالیت

پاتوژن‌های مختلف را محدود می‌کنند. به طور بالقوه احتمال عفونت را کاهش می‌دهند [۴۵،۴۴]. روترین یکی از مولکول‌های توصیف شده با فعالیت ضدپاتوژن قدرتمند است. یک ترکیب مشتق گلیسرول تولید شده توسط *لاکتوباسیلوس روتری* که طیف گسترده‌ای از میکروارگانیسم‌ها از جمله بسیاری از گونه‌های باکتریایی را که برای انسان بیماری‌زا هستند مهار می‌کنند. این باکتری‌ها شامل: *اشرشیا*، *سالمونلا*، *شیگلا*، *پروتئوس*، *سودوموناس*، *کلوستریدیوم*، *استافیلوکوک*، *فانجی* و *پرئوتوزوا* می‌باشد. علاوه براین، روترین از طریق جلوگیری از رشد روده از میکروارگانیسم‌های همزیست و بیماری‌زا، نقش مهمی در نگهداری میکروبیوتا سالم، شکل دادن و مدل‌سازی ترکیب و مکان بافت میکروبیوتا دستگاه گوارش دارد [۴۶]. فعالیت پست‌بیوتیکی گونه‌های *لاکتوباسیل* در جدول ۳ اشاره دارد.

12. Chromatography coupled with tandem mass spectrometry
13. Ultra Performance Liquid Chromatography

Table 2 Inactivation methods of probiotics used to produce postbiotic

References	Health effect	Type of study	Derivative postbiotic	Inactivation procedure	Probiotics
35	Protect the liver	In human liver cells	Lysed cell suspension	Thermal treatment	<i>Lactobacillus fermentum</i> BGHV11
36	Inhibit the growth of pathogens in fish intestines	In animal model (fish)	Inactive cells	Thermal treatment	<i>Bacillus pumilus</i> SE5
37,38	Inhibition of <i>Aeromonas hydrophila</i> growth	In animal model (fish)	Bacteriocins	-	<i>Lactobacillus plantarum</i> I-UL4
39,40	Increased apoptosis	<i>In vitro</i>	Cell-free supernatants	-	<i>Lactobacillus plantarum</i> SP
41,42	Reduced cell proliferation	<i>In vitro</i>	Cell-free supernatants	-	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> MD
12	Immune system modulator	<i>In vitro</i>	Inactive cells	-	<i>Lactobacillus casei</i> , <i>Lactobacillus paracasei</i>
43	Anti-inflammatory	In muscle cells	Cell-free supernatants	-	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> GG

Table 3 Postbiotic activity of *Lactobacillus* species

References	Probiotic bacteria	Mechanism of action
45,47	<i>Lactobacillus acidophilus</i>	Compete with pathogens
48	<i>Lactobacillus brevis</i>	Compete with pathogens
49	<i>Lactobacillus casei</i>	Compete with pathogens
50	<i>Lactobacillus fermentum</i>	Compete with pathogens
51	<i>Lactobacillus gasseri</i>	Compete with pathogens
48	<i>Lactobacillus jonsonii</i>	Compete with pathogens
44, 52	<i>Lactobacillus paracasei</i>	Compete with pathogens
53	<i>Lactobacillus plantarum</i>	Compete with pathogens
44	<i>Lactobacillus rhamnosus</i>	Compete with pathogens
46, 54	<i>Lactobacillus reuteri</i>	Compete with pathogens
55, 56	<i>Lactobacillus rhamnosus</i>	Maintain intestinal integrity
57, 58	<i>Lactobacillus rhamnosus</i>	Inhibition of enterocyte apoptosis
59	<i>Lactobacillus fermentum</i>	Modulation of the inflammatory response
18	<i>Lactobacillus paracasei</i>	Modulation of the inflammatory response
60, 61	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> GG	Modulation of the inflammatory response
62	<i>Lactobacillus reuteri</i>	Modulation of the inflammatory response
63	<i>Lactobacillus fermentum</i>	Inhibition of proinflammatory mediators

شده‌اند، اما رایج‌ترین آن‌ها که باعث بیماری‌های جدی می‌شود شامل: بادام زمینی، آجیل، ماهی، صدف، تخم‌مرغ، شیر، گندم، سویا و دانه‌ها می‌باشد. دانش فعلی نشان می‌دهد که توسعه آلرژی غذایی، ممکن است تحت تأثیر ژنتیک، محیط‌زیست و فعل و انفعالات ژنوم محیط باشد که منجر به اختلال عملکرد سیستم ایمنی بدن می‌شود [۶۶]. شواهد نشان می‌دهد که جمعیت و ترکیب میکروبی روده نقش مهمی در رشد ایمنی دارد و به عنوان یک عامل اصلی برای تعدیل پاسخ‌های آلرژیک غذایی شناخته می‌شود. بنابراین یوبیوزیس می‌تواند به ویژه در اوایل زندگی بر رشد آلرژی غذایی تأثیر گذار باشد [۶۷]. میکروبیوتا مفید روده متابولیت‌های کوچکی را ترشح می‌کنند که نقش عمده‌ای در تنظیم رشد، بهبود تولید مثل ارگانیزم‌های مفید، ارتباط بین سلول‌های مرده و محافظت در

۲-۸- کاربرد پست‌بیوتیک‌ها در آلرژی غذایی

آلرژی غذایی که ناشی از نقص مکانیسم تحمل ایمنی است دارای اثرات منفی بر سلامتی می‌باشد. این بیماری یکی از شایع‌ترین اختلالات آلرژیک در کودکان است. در دو دهه گذشته با افزایش چشمگیر شیوع، شدت تظاهرات بالینی و خطر ماندگاری در سنین بعدی ناشی از آلرژی غذایی را شاهد هستیم. در اروپا حدود هفت میلیون نفر از مردم از آلرژی غذایی رنج می‌برند [۶۴]. حدود هشت درصد از افرادی که به آلرژی غذایی مبتلا هستند در معرض خطر واکنش‌های آلرژیک تهدید آمیز برای زندگی و در نتیجه مرگ قرار دارند که عمدتاً در بین کودکان صفر تا چهارده سال می‌باشد [۶۵]. اگرچه بیش از ۱۷۰ غذا به عنوان محرک آلرژی شناخته

بیماری‌زای که رشد این جمعیت را تغییر می‌دهند، تغییر می‌کند و اشتغال سطوح اپیتلیال فرصت رشد را از میکروبیوتا مفید از بین می‌برد و همچنین تولید متابولیت‌های ثانویه مانند سموم، تأثیرات نامطلوبی بر وضعیت سلامتی می‌گذارد. در چنین شرایطی استفاده از پست‌بیوتیک‌ها رشد میکروب‌ها را متوقف می‌کند در این راستا، مهم‌ترین مکانیسم‌های ضد میکروبی پست‌بیوتیک‌ها به وجود ترکیباتی مانند اسیدهای چرب کوتاه زنجیر، بوتیرات، اسنات، لاکتات و همچنین باکتریوسین‌ها نسبت داده می‌شود (جدول ۴).

همچنین پست‌بیوتیک‌ها می‌توانند عملکرد سیستم ایمنی را تنظیم کرده و دسترسی آلرژی‌غذایی را به گردش سیستمی به حداقل برسانند و درمقابل حساسیت آلرژیک مقاومت کنند. پست‌بیوتیک‌ها به جای اضافه کردن سویه‌های پروبیوتیکی ناآشنا به اکوسیستم میکروبی، پروبیوتیک‌های دوززاد میزبان تقویت می‌کنند و به عنوان ابزاری نویدبخش برای بازگرداندن میکروب‌های محافظ آلرژی از دست رفته باشند [۶۸].

۲-۹- کاربردهای بالقوه غذایی پست‌بیوتیک‌ها

اگرچه چندین غذا به طور طبیعی در پست‌بیوتیک‌ها (مانند ماست، کفیر، سبزیجات ترشی و کامبوچا) یا آغازگر^{۱۴} آن‌ها فراوان هستند، برخی از پست‌بیوتیک‌ها عمداً به جای در نظر گرفتن تولید درجا توسط سویه تولیدکننده، برای برخی غذاها به کار رفته‌اند. اگرچه پلی ساکاریدهای حاوی قندهای کمیاب، به دلیل نقش آنها در ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی (قابلیت چسبندگی، تثبیت یا اتصال به آب) و ویژگی‌های حسی در محصولات غذایی نهایی، برای کاربردهای جدید در صنایع غذایی مورد بررسی قرار گرفته‌اند؛ با این حال، به استثنای دکستران، EPSهای برگرفته از باکتری‌های اسیدلاکتیک به دلیل بازده پایین آنها هنوز به عنوان افزودنی‌های غذایی مورد استفاده تجاری قرار نگرفته‌اند (جدول ۵). با در نظر گرفتن موارد فوق، به نظر می‌رسد استفاده از غذاها به عنوان سیستم ارائه‌ی پست‌بیوتیک، زمینه‌ای با فرصت‌های متعدد و همچنین با چالش‌های بزرگ را تشکیل می‌دهد [۵].

برابر عوامل استرس را دارند. این متابولیت‌های زیست‌فعال محلول (پست‌بیوتیک) منجر به اعطای سلامت بیولوژیکی در میزبان می‌شوند. پست‌بیوتیک‌ها به عنوان یک استراتژی جدید برای جلوگیری از خطرات پروبیوتیک‌های زنده هستند و دارای خواص جذاب مختلف شامل ساختارهای شیمیایی بی‌نظیر، دارای مشخصات ایمنی، غیرسمی، ماندگاری زیاد، مقاومت در برابر آنزیم‌های روده‌ای پستانداران و پایداری در دستگاه گوارش می‌باشد و می‌تواند به عنوان یک جایگزین ایمن به جای پروبیوتیک‌های زنده در درمان آلرژی‌غذایی مورد استفاده قرار گیرند. از مزیت‌هایی که باعث شده از پست‌بیوتیک‌ها به جای پروبیوتیک‌ها استفاده شود در آلرژی‌غذایی خطرات احتمالی پروبیوتیک‌ها زنده شامل گسترش ژن‌های مقاوم نامناسب در جمعیت میکروبی، وجود فاکتورهایی با قدرت عفونت‌زایی در برخی از سویه‌های میکروبی پروبیوتیکی، تحریک پاسخ التهابی، توسعه کلونی‌های مقاوم که از کلونی‌سازی طبیعی میکروبیوتا روده جلوگیری می‌کند و عفونت‌های انسانی از جمله آبسه‌های شکمی، باکتریما که به وجود باکتری در خون گفته می‌شود، سیپسیس، عفونت ارولوژی، مننژیتف، ذات‌الریه، بیماری‌های عروقی رماتیستی، به ویژه در بیمارانی که سیستم ایمنی سرکوب شده دارند یا کودکانی که به شدت بیمار می‌باشند. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که بیماری‌های آلرژیک مانند آلرژی‌غذایی به شدت با میکروبیوتا میزبان مرتبط می‌باشد. به دلیل اینکه واکنش‌های التهابی در مرز اپیدرم رخ می‌دهد. میکروبیوتا روده عملکرد قابل توجهی در فرآیند هضم، حفاظت در برابر تهاجم میکروب‌های بیماری‌زا دارد. عوامل مختلفی از جمله ژنتیک، محیط اطراف، تغذیه، استرس روانی، مصرف دارو، عفونت، شیوه‌ی زندگی می‌تواند در ترکیب میکروبیوتا روده تأثیر بگذارند. تحقیقات نشان می‌دهد که هرگونه تغییر در ساختار میکروبی روده می‌تواند باعث ایجاد دیس‌بیوزیس شود که در اوایل زندگی می‌تواند باعث ایجاد اختلال عملکرد سیستم ایمنی و گسترش اختلالات آلرژیک شود. در افراد مبتلا به دیس‌بیوزیس در دستگاه گوارش، جمعیت میکروبی در روده به نفع میکروارگانیسم‌های

Table 4 Postbiotic activity on target cell

References	Role	Target cell	Connection source	Derivative postbiotic
68	Interleukin 10 production and lymphocyte development in mesenteric lymph nodes	Epithelial dendritic cells and macrophages	G-protein conjugated receptors (GPRs)	Lactobacillus and Bifidobacterium species

Table 5 Use of Postbiotics as a preservative in food industry

References	Foods	Role	Probiotic bacteria	Postbiotic
5	Soybeans	Bio-preservative	<i>L. plantarum</i> YML007	Cell-free surface material
5	Canned soups, ice to keep fresh fish, baby food, toasted products (such as biscuits or cakes), mayonnaise and dairy products, especially cheese	Food preservative	<i>Lactococcus lactis</i>	Nisin

دارویی بالقوه در پیشگیری یا درمان بیماری‌ها معرفی شده‌اند (جدول ۶).

۲-۱۰- کاربردهای دارویی پستیوتیک‌ها

در حال حاضر، آماده‌سازی‌های سوپرناتانت به‌دست‌آمده از محصولات متابولیک باکتری‌های مفید مختلف با کاربردهای

Table 6 Use of Postbiotics in pharmaceutical industry

References	Therapeutic effect	Derived from probiotic bacteria	Commercial products
5	- <i>In vitro</i> inhibition of antibiotic-resistant <i>Salmonella</i> isolates - In the improvement of rat colitis - Significant reduction of skin lesions in patients with polymorphic light eruptions - In the management of salmonellosis in infants	<i>E. coli</i>	Colibiogen (Commercial without protein)
5	- In the treatment of intestinal dysbacteriosis in patients with chronic gastritis - Reducing the incidence and severity of radiation-induced diarrhea in radiopaque patients	<i>E. coli</i> DSM 4087, <i>Streptococcus faecalis</i> DSM 4086, <i>L. acidophilus</i> DSM 414, <i>L. helveticus</i> DS 4183	HylakForte (Bacterial free liquid containing metabolic products)
5	- To correct intestinal dysbiosis - Strengthen the balanced immune response - Improve symptoms in autistic children	<i>L. rhamnosus</i> , <i>L. acidophilus</i> , <i>B. bifidum</i> , <i>B. infantis</i> , <i>B. longum</i> , <i>S. thermophiles</i> , <i>L. plantarum</i> , <i>L. salivarius</i> , <i>L. reuteri</i> , <i>L. casei</i> , <i>L. bulgaricus</i> , <i>L. acidophilus</i> DDS-1, <i>Lactobacillus sporogenes</i>	CytoFlora
5	Significant reduction in the severity of gastrointestinal disorders in children with autism spectrum disorder	<i>L. rhamnosus</i> V	Del-Immune V (A formulation registered with the US Food and Drug Administration containing muramyl peptides, amino acids and DNA fragments)

استفاده از پستیوتیک‌ها، میکروبیوتای روده را اصلاح کرد، جمعیت باکتری‌های محافظ (مانند لاکتوباسیلوس و بیفیدوباکتریوم) را بهبود بخشید و وضعیت سلامت حیوانات مورد آزمایش را افزایش داد. علاوه بر این، پستیوتیک‌ها می‌توانند حاوی مواد ضد میکروبی تولید شده توسط گونه‌های لاکتوباسیلوس باشند، که ممکن است مواد مغذی را فراهم

برخی گزارش‌ها پیشنهاد می‌کنند که تجویز پستیوتیک‌های برگرفته از *L. plantarum* تأثیر مثبتی بر عملکرد رشد و قابلیت هضم پروتئین و همچنین کاهش بروز اسهال دارند. با توجه به داده‌های جمع‌آوری‌شده، نویسندگان پیشنهاد کردند که پستیوتیک‌ها ساختار مخاطی را از نظر پرزهای بلندتر تغییر داده و عملکرد رشد حیوانات را افزایش می‌دهند. همچنین،

بیوتکنولوژیکی با ترکیبات کاربردی برای صنایع غذایی هستند. در نتیجه رویکرد آینده باید طراحی فرآیندهای تولید این متابولیت‌های عملگر در مقیاس بزرگ و در سطح صنعتی باشد. همچنین مطالعات و تکنیک‌های نوین که امکان کشف، تولید و کاربرد پست‌بیوتیک‌های جدید را به منظور استفاده در صنعت مواد غذایی فراهم نماید ضروری است.

۴- منابع

- [1] Amiri, S., Rezazadeh-Bari, M., Alizadeh-Khaledabad, M., Rezaei-Mokarram, R., & Sowti-Khiabani, M. (2021). Fermentation optimization for co-production of postbiotics by *Bifidobacterium lactis* BB12 in cheese whey. Waste and Biomass Valorization, 1-16.
- [2] Rezazadeh-Bari, M., Najafi-Darmian, Y., Alizadeh, M., & Amiri, S. (2019). Numerical optimization of probiotic Ayrar production based on whey containing transglutaminase and Aloe vera gel. Journal of food science and technology, 56(7), 3502-3512.
- [3] Rezaeiyan M, Amiri S. Optimization of survivability of *Lactobacillus casei* LAFTI-L26 and the physicochemical properties of functional flavored set yogurt containing grape syrup. Food Science and Technology. 2021 Aug 10;18(114):195-208.
- [4] Amiri S, Mokarram RR, Khiabani MS, Bari MR, Khaledabad MA. Characterization of antimicrobial peptides produced by *Lactobacillus acidophilus* LA-5 and *Bifidobacterium lactis* BB-12 and their inhibitory effect against foodborne pathogens. LWT. 2022 Jan 1; 153:112449.
- [5] Kazem Alilou N, Amiri S, Rezazadeh Bari M, Dodangeh S. Investigation of chemical and microbial properties of flavored probiotic milk using *Bacillus coagulans* and grape syrup. Food Science and Technology. 2021 Jun 10;18(112):11-9.
- [6] Amiri S, Rezazadeh Bari M, Alizadeh Khaledabad M, Rezaei Mokarram R, Sowti Khiabani M. Co-production of parabiogenic metabolites by *Lactobacillus acidophilus* LA5 and *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12 in dairy effluents. Chemical Review and Letters. 2021 Apr 1;4(2):66-76.
- [7] Amiri S, Kohneshahri SR, Nabizadeh F. The effect of unit operation and adjunct

کرده و فعالیت‌های فیزیولوژیکی را در روده حیوان افزایش دهد و در نتیجه باعث بهبود جذب و کاهش باکتری‌های بیماری‌زای روده شود. پست‌بیوتیک‌ها را می‌توان به عنوان افزودنی‌های خوراک برای دستیابی به بهره‌وری بالاتر و سلامت بهتر دام در نظر گرفت و همچنین ممکن است به عنوان مکمل‌های غذایی بدون میکروب، مواد غذایی تخمیر شده و داروهای پیشگیرانه به صورت درمان مکمل برای چندین بیماری مفید باشند. تحقیقات پست‌بیوتیک‌ها نه تنها فرصتی برای درک دقیق مکانیسم‌های عملکرد آن‌ها می‌باشد، بلکه همچنین برای توسعه استراتژی‌های درمانی جدید برای بهبود سلامت نیز مفید است [۵].

از سوی دیگر، ظهور تکنیک‌های مدرن برای دستکاری ژنتیکی فرصت‌هایی را برای توسعه گونه‌های پروبیوتیک مهندسی زیستی جدید ایجاد کرده است که قادر به تولید متابولیت‌های هدفمند برای پیشگیری و درمان چندین بیماری هستند به عنوان مثال، باکتری‌های اسیدلاکتیک اصلاح‌شده ژنتیکی برای ارائه روده‌ای پپتیدهای ضد میکروبی، پپتیدهای مهارکننده آنزیم تبدیل‌کننده آنتی‌بیوتاسین، پپتید KiSS1 سرکوب‌کننده سرطان، پروتئین همجوشی HSP65 با تکرارهای پشت سر هم از P277 و گلوتامیک اسید دی‌کربوکسیلاز و سیتوکین IL-10 استفاده می‌شوند. بنابراین استراتژی‌های امیدوارکننده‌ای برای درمان عفونت‌های روده، فشار خون بالا، کارسینوم کولون و بیماری‌های التهابی و خودایمنی روده مانند دیابت نوع ۱ ارائه می‌شود. علیرغم کاربرد امیدوارکننده زیست پزشکی متابولیت‌های پروبیوتیک نو ترکیب، جنبه‌های ایمنی و نظارتی مهم هنوز باید به طور عمیق مورد توجه قرار گیرند [۵].

۳- نتیجه گیری

اصطلاح پست‌بیوتیک به پروبیوتیک‌های زنده و متابولیت‌های آن‌ها اشاره دارد که 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 ضد التهابی، تعدیل‌کننده ایمنی، ضد تکثیر، آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی را نشان می‌دهند و می‌توانند اثرات ارتقاء سلامت داشته باشند. بنابراین، پست‌بیوتیک‌ها قطعاً دارای پتانسیل ارزشمندی برای توسعه محصولات

- intestinal epithelial HT29 cells to lipopolysaccharide and gram-negative bacteria. *Infection and Immunity*, 70(4), 2057-2064.
- [16] Matsuguchi, T., Takagi, A., Matsuzaki, T., Nagaoka, M., Ishikawa, K., Yokokura, T., & Yoshikai, Y. (2003). Lipoteichoic acids from *Lactobacillus* strains elicit strong tumor necrosis factor α -inducing activities in macrophages through Toll-like receptor 2. *Clinical and Vaccine Immunology*, 10(2), 259-266.
- [17] Mileti, E., Matteoli, G., Iliev, I. D., & Rescigno, M. (2009). Comparison of the immunomodulatory properties of three probiotic strains of *Lactobacilli* using complex culture systems: prediction for in vivo efficacy. *PloS one*, 4(9), e7056.
- [18] Tsilingiri, K., Barbosa, T., Penna, G., Caprioli, F., Sonzogni, A., Viale, G., & Rescigno, M. (2012). Probiotic and postbiotic activity in health and disease: comparison on a novel polarised ex-vivo organ culture model. *Gut*, 61(7), 1007-1015.
- [19] Benson, K. F., Redman, K. A., Carter, S. G., Keller, D., Farmer, S., Endres, J. R., & Jensen, G. S. (2012). Probiotic metabolites from *Bacillus coagulans* GanedenBC30TM support maturation of antigen-presenting cells in vitro. *World Journal of Gastroenterology*: WJG, 18(16), 1875.
- [20] Cicenía, A., Scirocco, A., Carabotti, M., Pallotta, L., Marignani, M., & Severi, C. (2014). Postbiotic activities of lactobacilli-derived factors. *Journal of clinical gastroenterology*, 48, S18-S22.
- [21] Choi, S. S., Kim, Y., Han, K. S., You, S., Oh, S., & Kim, S. H. (2006). Effects of *Lactobacillus* strains on cancer cell proliferation and oxidative stress in vitro. *Letters in Applied Microbiology*, 42(5), 452-458.
- [22] Tiptiri-Kourpeti, A., Spyridopoulou, K., Santarmaki, V., Aindelis, G., Tompoulidou, E., Lamprianidou, E. E., ... & Chlichlia, K. (2016). *Lactobacillus casei* exerts anti-proliferative effects accompanied by apoptotic cell death and up-regulation of TRAIL in colon carcinoma cells. *PloS one*, 11(2), e0147960.
- [23] Ou, C., Ko, J., & Lin, M. (2006). Antioxidative effects of intracellular extracts of yogurt bacteria on lipid peroxidation and intestine 407 cells. *Journal of Food and Drug analysis*, 14(3), 304-310.
- probiotic culture on physicochemical, biochemical, and textural properties of Dutch Edam cheese. *LWT*. 2021 Nov 24;112859.
- [8] Sohrabpour S, Rezazadeh Bari M, Alizadeh M, Amiri S. Investigation of the rheological, microbial, and physicochemical properties of developed synbiotic yogurt containing *Lactobacillus acidophilus* LA□5, honey, and cinnamon extract. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2021 Apr;45(4): e15323.
- [9] Dunand E, Burns P, Binetti A, Bergamini C, Peralta G, Forzani L, et al. Postbiotics produced at laboratory and industrial level as potential functional food ingredients with the capacity to protect mice against *Salmonella* infection. *Journal of applied microbiology*. 2019; 127(1):219-229.
- [10] Hernández-Mendoza. 2018. Postbiotics: An evolving term within the functional foods field. Elsevier Journal Prince.
- [11] Tejada-Simon, M. V., & Pestka, J. J. (1999). Proinflammatory cytokine and nitric oxide induction in murine macrophages by cell wall and cytoplasmic extracts of lactic acid bacteria. *Journal of food protection*, 62(12), 1435-1444.
- [12] Sokol, H., Pigneur, B., Watterlot, L., Lakhdari, O., Bermúdez-Humarán, L. G., Gratadoux, J. J., ... Langella, P. (2008). *Faecalibacterium prausnitzii* is an anti-inflammatory commensal bacterium identified by gut microbiota analysis of Crohn disease patients. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(43), 16731-16736.
- [13] Kim, H. G., Lee, S. Y., Kim, N. R., Lee, H. Y., Ko, M. Y., Jung, B. J., ... & Chung, D. K. (2011). *Lactobacillus plantarum* lipoteichoic acid down-regulated *Shigella flexneri* peptidoglycan-induced inflammation. *Molecular immunology*, 48(4), 382-391.
- [14] Lee, M. J., Zang, Z., Choi, E. Y., Shin, H. K., & Ji, G. E. (2002). Cytoskeleton reorganization and cytokine production of macrophages by *Bifidobacterial* cells and cell-free extracts. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 12(3), 398-405.
- [15] Vidal, K., Donnet-Hughes, A., & Granato, D. (2002). Lipoteichoic acids from *Lactobacillus johnsonii* strain La1 and *Lactobacillus acidophilus* strain La10 antagonize the responsiveness of human

- media supplemented with inulin. Gut pathogens, 6(1), 1-7.
- [33] Klemashevich C, Wu C, Howsmon D, Alaniz RC, Lee K, Jayaraman A. Rational identification of diet-derived postbiotics for improving intestinal microbiota function. Current Opinion in Biotechnology. 2014; 26:85-90.
- [34] Moradi M, Mardani K, Tajik H. Characterization and application of postbiotics of *Lactobacillus* spp. On *Listeria monocytogenes* in vitro and in food models. LWT. 2019; 111:457-464.
- [35] Dinić M, Lukić J, Djokić J, Milenković M, Strahinić I, Golić N, et al. 2017. *Lactobacillus fermentum* postbiotic-induced autophagy as potential approach for treatment of acetaminophen hepatotoxicity. Front Microbiol.
- [36] Yang H-L, Xia H-Q, Ye Y-D, Zou W-C, Sun Y-Z. 2014. Probiotic *Bacillus pumilus* SE5 shapes the intestinal microbiota and mucosal immunity in grouper *Epinephelus coioides*. Dis Aquat Organ. 119-27.
- [37] Gholam-Zhiyan, A., Amiri, S., Rezazadeh-Bari, M., & Pirsai, S. (2021). Stability of *Bacillus coagulans* IBRC-M 10807 and *Lactobacillus plantarum* PTCC 1058 in Milk Proteins Concentrate (MPC)-Based Edible Film. Journal of Packaging Technology and Research, 5(1), 11-22.
- [38] Foo HL, Loh TC, Motalib NEA, Rahim RA. 2019. The myth and therapeutic potentials of postbiotics. microbiome and metabolome in diagnosis, therapy, and other strategic applications, 8th ed. Elsevier.
- [39] Chuah L-O, Foo HL, Loh TC, Alitheen NBM, Yeap SK, Motalib NEA, et al. 2019. Postbiotic Metabolites produced by *Lactobacillus plantarum* strains exert selective cytotoxicity effects on cancer
- [40] Sharifi, S., Rezazad-Bari, M., Alizadeh, M., Almasi, H., & Amiri, S. (2021). Use of whey protein isolate and gum Arabic for the co-encapsulation of probiotic *Lactobacillus plantarum* and phytosterols by complex coacervation: Enhanced viability of probiotic in Iranian white cheese. Food Hydrocolloids, 113, 106496.
- [41] Sharma M, Chandel D, Shukla G. 2019. Antigenotoxicity and cytotoxic potentials of metabiotics Extracted from isolated probiotic, *Lactobacillus rhamnosus* MD 14 on Caco-2 and HT-29 Human colon cancer
- [24] Kim, H. S., Chae, H. S., Jeong, S. G., Ham, J. S., Im, S. K., Ahn, C. N., & Lee, J. M. (2005). In vitro antioxidative properties of lactobacilli. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 19(2), 262-265.
- [25] Zhang, S., Liu, L., Su, Y., Li, H., Sun, Q., Liang, X., & Lv, J. (2011). Antioxidative activity of lactic acid bacteria in yogurt. African Journal of Microbiology Research, 5(29), 5194-5201.
- [26] Amaretti, A., Di Nunzio, M., Pompei, A., Raimondi, S., Rossi, M., & Bordoni, A. (2013). Antioxidant properties of potentially probiotic bacteria: in vitro and in vivo activities. Applied microbiology and biotechnology, 97(2), 809-817.
- [27] Shin, H. S., Park, S. Y., Lee, D. K., Kim, S. A., An, H. M., Kim, J. R., ... & Ha, N. J. (2010). Hypocholesterolemic effect of sonication-killed *Bifidobacterium longum* isolated from healthy adult Koreans in high cholesterol fed rats. Archives of pharmacal research, 33(9), 1425-1431.
- [28] Sawada, H., Furushiro, M., Hirai, K., Motoike, M., Watanabe, T., & Yokokura, T. (1990). Purification and characterization of an antihypertensive compound from *Lactobacillus casei*. Agricultural and Biological Chemistry, 54(12), 3211-3219.
- [29] Nakamura, F., Ishida, Y., Sawada, D., Ashida, N., Sugawara, T., Sakai, M., ... & Fujiwara, S. (2016). Fragmented lactic acid bacterial cells activate peroxisome proliferator-activated receptors and ameliorate dyslipidemia in obese mice. Journal of agricultural and food chemistry, 64(12), 2549-2559.
- [30] Dinić, M., Lukić, J., Djokić, J., Milenković, M., Strahinić, I., Golić, N., & Begović, J. (2017). *Lactobacillus fermentum* postbiotic-induced autophagy as potential approach for treatment of acetaminophen hepatotoxicity. Frontiers in microbiology, 8, 594.
- [31] Sharma, S., Singh, R. L., & Kakkar, P. (2011). Modulation of Bax/Bcl-2 and caspases by probiotics during acetaminophen induced apoptosis in primary hepatocytes. Food and chemical toxicology, 49(4), 770-779.
- [32] Kareem, K. Y., Hooi Ling, F., Teck Chwen, L., May Foong, O., & Anjas Asmara, S. (2014). Inhibitory activity of postbiotic produced by strains of *Lactobacillus plantarum* using reconstituted

- Lactobacillus johnsonii* 533 and its role in anti-Salmonella activity. FEMS Microbiol Lett.;283: 210–215.
- [52] Zagato E, Mileti E, Massimiliano L, et al. 2014. *Lactobacillus paracasei* CBA L74 metabolic products and fermented milk for infant formula have anti-inflammatory activity on dendritic cells in vitro and protective effects against colitis and an enteric pathogen in vivo. PLoS One.;9: e8761
- [53] Muller DM, Carrasco MS, Tonarelli GG, et al. 2009. Characterization and purification of a new bacteriocin with a broad inhibitory spectrum produced by *Lactobacillus plantarum* Lp 31 strain isolated from dry-fermented sausage. J Appl Microbiol.
- [54] Talarico TL, Dobrogosz WJ. 1989. Chemical characterization of an antimicrobial substance produced by *Lactobacillus reuteri*. Antimicrob Agents Chemother.;33:674–679.
- [55] Wang Y, Kirpich I, Liu Y, et al. 2011. *Lactobacillus rhamnosus* GG treatment potentiates intestinal hypoxia-inducible factor, promotes intestinal integrity and ameliorates alcohol-induced liver injury. Am J Pathol.;179:2866–2875.
- [56] Wang Y, Liu Y, Sidhu A, et al. 2012. *Lactobacillus rhamnosus* GG culture supernatant ameliorates acute alcohol-induced intestinal permeability and liver injury. Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol. ;303: G32–G41.
- [57] Yan F, Liu L, Dempsey PJ, et al. 2013. A *Lactobacillus rhamnosus* GG-derived soluble protein, p40 stimulates ligand release from intestinal epithelial cells to transactivate epidermal growth factor receptor J Biol Chem.;288:30742–30751.
- [58] Lin PW, Nasr TR, Berardinelli AJ, et al. 2008. The probiotic *Lactobacillus* GG may augment host defense by regulating apoptosis and promoting cytoprotective responses in the developing gut. Pediatr Res.; 64:511–516.
- [59] Frick JS, Schenk K, Quitadamo M, et al. 2007. *Lactobacillus fermentum* attenuates the proinflammatory effect of *Yersinia enterocolitica* on human epithelial cells. Inflamm Bowel Dis; 13:83–90.
- [60] Yan F, Cao H, Cover TL, et al. 2007. Soluble proteins produced by probiotic bacteria regulate epithelial cell survival and cells. Nutr Cancer.
- [42] Maleki, O., Khaledabad, M. A., Amiri, S., Asl, A. K., & Makouie, S. (2020). Microencapsulation of *Lactobacillus rhamnosus* ATCC 7469 in whey protein isolate-crystalline nanocellulose-inulin composite enhanced gastrointestinal survivability. LWT, 126, 109224
- [43] Cicienia A, Santangelo F, Gambardella L, Pallotta L, Iebba V, Scirocco A, et al. 2016. Protective role of postbiotic mediators secreted by *Lactobacillus rhamnosus* GG versus lipopolysaccharide-induced damage in human colonic smooth muscle cells. J Clin Gastroenterol.;50: S140-S4.
- [44] Muñoz-Quezada S, Bermudez-Brito M, Chenoll E, et al. 2013. Competitive inhibition of three novel bacteria isolated from faeces of breast milk-fed infants against selected enteropathogens. Br J Nutr. ;109:S63–S69.
- [45] Campana R, Federici S, Ciandrini E, et al. 2012. Antagonistic activity of *Lactobacillus acidophilus* 4356 on the growth and adhesion/invasion characteristics of human *Campylobacter jejuni*. Curr Microbiol.;64:371–378.
- [46] Jones SE, Versalovic J. 2009. Probiotic *Lactobacillus reuteri* biofilms produce antimicrobial and anti-inflammatory factors. BMC Microbiol.;9:35–48.
- [47] Amiri, S., Mokarram, R. R., Khiabani, M. S., Bari, M. R., & Alizadeh, M. (2020). Optimization of food-grade medium for co-production of bioactive substances by *Lactobacillus acidophilus* LA-5 for explaining pharmabiotic mechanisms of probiotic. Journal of Food Science and Technology, 1-12.
- [48] Ward TL, Hosid S, Ioshikhes I, et al. 2013. Human milk metagenome: a functional capacity analysis. BMC Microbiol.; 13:116–127.
- [49] Fayol-Messaoudi D, Berger CN, Coconnier-Polter MH, et al. 2005. pH-, lactic acid-, and non-lactic dependent activities of probiotic *Lactobacilli* against *Salmonella enterica* serovar typhimurium. Appl Environ Microbiol.;71:6008–6013.
- [50] Chery J, Dvoskin D, Morato FP, et al. 2013. *Lactobacillus fermentum*, a pathogen in documented cholecystitis. Int J Sur Case Rep.; 4:662–664.
- [51] Pridmore RD, Pittet AC, Praplan F, et al. 2008. Hydrogen peroxide production by

- Guidelines. World Allergy Organ J 3: 57–161.
- [65] Berni Canani R, Nocerino R, Terrin G et al, 2013. Formula selection for management of children with cow milk allergy influences the rate of acquisition of tolerance: a prospective multicenter study. J Pediatr 163:771–777.
- [66] Lorella Paparo, Rita Nocerino, Carmen Di Scala, Giusy Della Gatta, Margherita Di Costanzo, Aniello Buono, Cristina Bruno, and Roberto Berni Canani. 2019. Targeting Food Allergy with Probiotics.
- [67] Prince, B. T., M. J. Mandel, K. Nadeau, and A. M. Singh. 2015. Gut microbiome and the development of food allergy and allergic disease. Pediatric Clinics of North America 62 (6):1479–1492.
- [68] Aziz Homayouni Rad, Leili Aghebati Maleki, Hossein Samadi Kafil, and Amin Abbasi. 2020. Postbiotics: A novel strategy food allergy treatment. tandfonline Journal. growth. Gastroenterology.;132:562–575.
- [61] Yoda K, Miyazawa K, Hosoda M, et al. 2014. *Lactobacillus* Ggfermented milk prevents DSS-induc colitis and regulates intestinal epithelial homeostasis through activation of epidermal growth factor receptor. Eur J Nutr.;53:105–115.
- [62] Petrof EO. 2009. Probiotics and gastrointestinal diseases: clinical evidence and basic science. Antinflamm Antiallergy Agents Med Chem.; 8:260–269.
- [63] Nemeth E, Fajdiga S, Malago J, et al. 2006. Inhibition of Salmonella-induced IL-8 synthesis and expression of Hsp70 in enterocytelike Caco-2 cells after exposure to non-starter Lactobacilli. Int J Food Microbiol.;112:266–274.
- [64] Fiocchi A, Brozek J, Shunemann H et al 2010. World Allergy Organization (WAO) Diagnosis and Rationale for Action against Cow's Milk Allergy (DRACMA)



Review article

Concept and potential applications of postbiotics in the food industry

Amiri, S.^{1*}, Kazemi, S.²

1. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.

2. M.Sc. Student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received 2022/ 02/ 03 Accepted 2022/ 04/ 16 Keywords: Postbiotics, Probiotics, Biological activity, Health effect, Functional. DOI: 10.22034/FSCT.19.126.87 DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.126.20.1 *Corresponding Author E-Mail: sa.amiri@urmia.ac.ir	Due to the importance of diet in consumer health, the use of functional foods has become widespread. Foods containing probiotics are a good example of these foods, which have both high nutritional value and prevent disease. In addition, the use of bioactive compounds in food formulations is also technologically important. Natural protection with the use of biological preservatives, in addition to improving food safety and increasing its shelf life, as a technological effect, also has a positive effect on promoting consumer health. The mechanisms by which probiotic bacteria develop health-promoting properties can be complex and multifaceted. These beneficial microorganisms produce a potential and almost unlimited source of bioactive substances that can directly or indirectly affect human health. In this regard, active and live cultures of probiotic bacteria can be used to produce postbiotic bioactive compounds, such as exopolysaccharides, enzymes, organic acids, bioactive and antimicrobial peptides such as bacteriocins and unsaturated fatty acids such as conjugated linoleic acid. In recent years, new concepts related to probiotics, such as postbiotics, have been used to describe inanimate microorganisms or extracts free of bacteria that may provide benefits to the host by providing additional bioactivity to probiotics. Therefore, the present review article investigates various aspects of postbiotics and their bioactivity with the aim of expressing the valuable and practical potential of these compounds for the food industry.