

عنوان مقاله : بررسی پیشرفت های اخیر در تکنیک های کپسولاسیون پروبیوتیک ها و غنی کننده ها در

محصولات لبنی و اثربخشی آن

مریم ساکی

کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

حنانه یزدان بخش

کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

دل آرا مرادی میرحصاری

کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

مehشید بهرامی نژاد*

کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

چکیده

تجویز محصولات غذایی پروبیوتیک همراه با پری بیوتیک ها به دلیل اثرات مفید متعدد، به عنوان یک راهکار درمانی بالقوه برای برخی بیماری های عفونی، اختلالات گوارشی، بیماری های التهابی روده و سندرم روده تحریک پذیر پیشنهاد شده است. با این حال، بقای ضعیف باکتری های پروبیوتیک در طول عبور از دستگاه گوارش، به ویژه در محیط اسیدی معده، و کاهش زنده ماندن آنها در فرآورده های صنعتی با دمای بالا، چالش های اساسی در کارایی این محصولات ایجاد می کند. میکروکپسولاسیون به عنوان رویکردی امیدبخش برای بهبود پایداری پروبیوتیک ها شناخته شده، اما میزان موفقیت آن همچنان محدود است. در این راستا، کپسوله سازی همزمان پروبیوتیک ها با پری بیوتیک ها به عنوان رویکردی نوین برای افزایش زنده ماندن و رهایش هدفمند آنها در روده، مورد توجه قرار گرفته است. این مطالعه به بررسی پیشرفت های اخیر در حوزه کپسوله سازی پروبیوتیک ها و ترکیبات زیست فعال پرداخته و نقش آن را در حفظ ارزش تغذیه ای و بهبود عملکرد این ترکیبات در محصولات غذایی مورد بحث قرار می دهد.

واژگان کلیدی: محصولات لبنی فراسودمند، کپسولاسیون، پروبیوتیک، لاکتوباسیلوس ها

مقدمه

در سال‌های اخیر، افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان نسبت به تغذیه سالم، منجر به رشد چشمگیر مصرف غذاهای فراسودمند شده است. در این میان، محصولات لبنی به دلیل دارا بودن ترکیبات مغذی ضروری مانند کلسیم، پروتئین، ویتامین‌ها و مواد معدنی، جایگاه ویژه‌ای در رژیم غذایی انسان در سراسر جهان دارند. این محصولات نه تنها در سلامت و رشد استخوان‌ها و تقویت عضلات نقش مؤثری ایفا می‌کنند، بلکه از طریق ارتقای امنیت غذایی، اشتغال‌زایی، رشد اقتصادی و پیشرفت‌های پژوهشی، تأثیرات گسترده‌ای بر جوامع انسانی دارند (Gao, ۲۰۲۱).

پروبیوتیک‌ها به عنوان یکی از اجزای کلیدی غذاهای فراسودمند، به دلیل اثرات مفیدشان بر سلامت دستگاه گوارش و سیستم ایمنی مورد توجه قرار گرفته‌اند. لاکتوباسیلوس و بیفیدوباکتریوم از مهم‌ترین میکروارگانیسم‌های پروبیوتیکی هستند که در روده بزرگ به صورت همزیستی فعالیت کرده و از طریق تنظیم میکروبیوتای روده، مهار باکتری‌های بیماری‌زا، کاهش سطح کلسترول، بهبود جذب کلسیم و تقویت سیستم ایمنی، اثرات مثبتی بر سلامت میزبان دارند (Arratia, ۲۰۲۴; Manassi, ۲۰۲۲). با این حال، پروبیوتیک‌ها تنها در صورتی می‌توانند اثرات مطلوب خود را اعمال کنند که توانایی مقاومت در برابر شرایط سخت دستگاه گوارش، به ویژه pH پایین معده را داشته باشند. بر همین اساس، میزان کافی از سلول‌های پروبیوتیکی که قادر به تشکیل واحدهای کلنی‌ساز در هر گرم (CFU/g) باشند، از اهمیت بالایی برخوردار است. امروزه، بیشتر محصولات پروبیوتیکی موجود در بازار دارای محدوده‌ای بین 10^7 تا 10^9 CFU در هر دوز خوراکی هستند (Manassi, ۲۰۲۲).

یکی از چالش‌های اساسی در حفظ و پایداری پروبیوتیک‌ها در محصولات لبنی، حساسیت بالای این میکروارگانیسم‌ها نسبت به شرایط محیطی مانند دما، pH و اکسیژن است. در این راستا، فناوری کپسوله‌سازی به عنوان یک راهکار مؤثر برای بهبود بقای پروبیوتیک‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این فرآیند، ذرات کوچک یا قطرات مواد فعال درون یک پوشش محافظ محصور می‌شوند که می‌تواند شامل غشاهای پسته‌ها، مواد حامل یا ماتریس‌های مختلف باشد. این پوشش‌ها به عنوان یک مانع محافظ عمل کرده و پایداری و عملکرد ماده فعال را حفظ می‌کنند (Gao, ۲۰۲۱; Rasika, ۲۰۲۱). انتخاب ماده کپسوله‌سازی مناسب، بسته به ویژگی‌های ماده فعال، شرایط فرآوری، خواص آزادسازی مورد نظر و ملاحظات نظارتی، نقش مهمی در کارایی این روش دارد.

علاوه بر کپسوله‌سازی، استفاده از هیدروکلوئیدها نیز یکی دیگر از رویکردهای مؤثر در بهبود پایداری و کیفیت محصولات غذایی، به ویژه محصولات پروبیوتیکی، محسوب می‌شود. این ترکیبات که شامل پلیمرهای زنجیره بلند هستند، ویژگی‌هایی مانند قوام‌دهندگی، ژل‌دهندگی، پایداری امولسیون‌ها و کنترل آزادسازی ترکیبات زیست‌فعال را فراهم می‌کنند. هیدروکلوئیدها به دلیل توانایی بالای خود در حفظ آب و تغییر خواص رئولوژیکی محلول‌ها، از دیرباز در صنایع غذایی مورد استفاده قرار گرفته‌اند و بسته به نوع و غلظت، می‌توانند

تأثیرات متفاوتی بر پایداری و خصوصیات فیزیکی محصولات داشته باشند (Ali, ۲۰۲۲; Aziz, ۲۰۲۲). علاوه بر این، این ترکیبات در فرایندهای صنعتی مختلف به عنوان عوامل چسبندگی، ژل کننده، پایدارکننده کف، جلوگیری از تشکیل بلور و تثبیت کننده امولسیون ها به کار می روند و نقش مهمی در بهبود کیفیت و ماندگاری محصولات ایفا می کنند (Abdul, ۲۰۲۲; Hadjimbei, ۲۰۲۳; Hakim). با توجه به اهمیت پروبیوتیک ها و چالش های مرتبط با پایداری آن ها در محصولات لبنی، پژوهش های متعددی به بررسی روش های نوین از جمله کپسوله سازی و استفاده از هیدروکلوئیدها پرداخته اند. این مقاله به بررسی نقش این فناوری ها در بهبود ماندگاری و اثربخشی پروبیوتیک ها در محصولات لبنی و فراسودمند می پردازد.

روش تحقیق

این تحقیق به صورت مروری انجام شده است و در آن از مقالات پژوهشی و مروری مرتبط با موضوع استفاده شده است. برای گردآوری اطلاعات، جستجوی سیستماتیک در پایگاه های داده معتبر از جمله Google Scholar و ScienceDirect انجام شد.

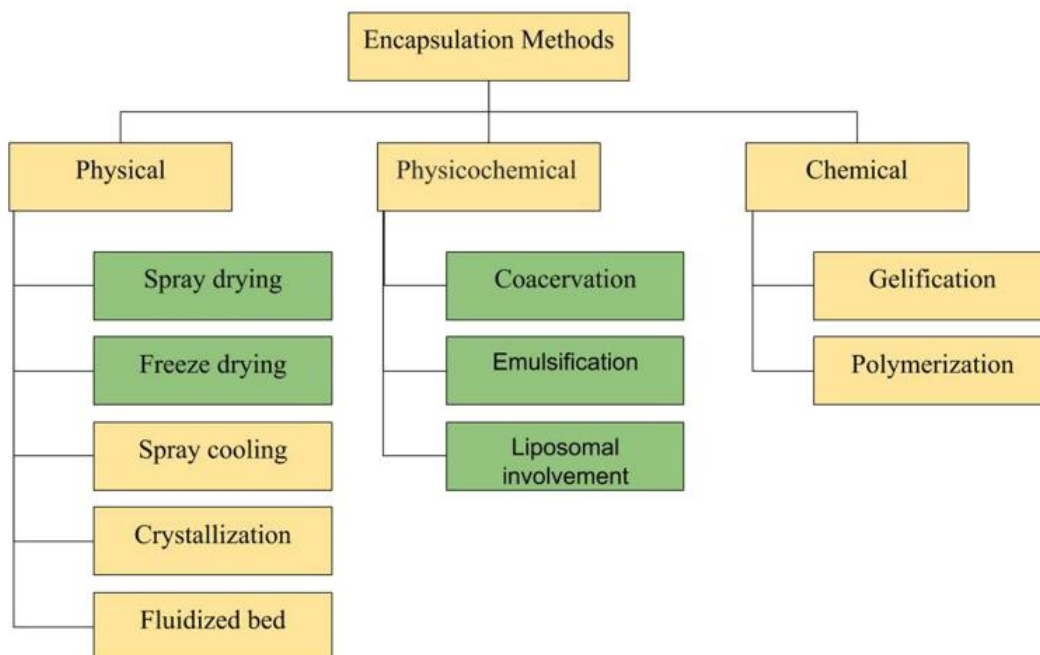
یافته ها

تکنیک های کپسولاسیون در صنایع لبنی شامل استفاده از فناوری های پیشرفته برای محافظت از اجزای سلامت و حفظ کیفیت محصولات لبنی است. این تکنیک ها شامل خشک کردن با اسپری، ریزپوشانی، کپسوله سازی چربی، تکنیک های پوشش دهی، سیستم های رهاسازی کنترل شده و الکترو هیدرودینامیک می باشند (Granato, ۲۰۱۰). این روش ها به افزایش عمر مفید محصولات لبنی، حفظ کیفیت آن ها و تضمین ایمنی مواد غذایی کمک می کنند. همچنین، تکنیک های کپسوله سازی کاربردهای مختلفی در صنایع لبنی از جمله محافظت از اجزای حساس، کنترل رهاسازی و افزایش عملکرد دارند. این تکنیک ها به توسعه محصولات لبنی نوآورانه و باکیفیت کمک می کنند که نیازهای مصرف کنندگان را در زمینه طعم، تغذیه و راحتی برآورده می سازند. بنابراین، شیر به عنوان یک فرآورده لبنی همه کاره می تواند با طیف وسیعی از مواد مغذی ریز کپسوله شده غنی شود (Hadjimbei, ۲۰۲۲; Granato, ۲۰۱۰).

روش های کپسوله کردن پروتئین های لبنی

روش های کپسوله سازی موجود به سه دسته فیزیکی، شیمیایی و فیزیکوشیمیایی تقسیم می شوند. انتخاب روش کپسوله سازی بستگی به خواص مواد مورد استفاده در هسته و ماده دیواره دارد. تکنیک هایی که معمولاً برای کپسوله سازی هیدرولیزات های پروتئین لبنی به کار می روند عبارتند از: خشک کردن پاششی، خشک کردن انجمادی، کوآسرواسیون، امولسیون سازی و استفاده از لیپوزوم ها، همان طور که در

شکل ۱ نشان داده شده است (Abbas, ۲۰۲۴).



شکل ۱. روش های کپسوله سازی هیدرولیز پروتئین های لبنی (Abbas, ۲۰۲۴).

کپسوله کردن هیدرولیزات های پروتئین لبنی با روش خشک کردن پاششی

خشک کردن پاششی شامل تبدیل یک مایع (محلول، امولسیون یا سوسپانسیون) به یک محصول خشک از طریق یک مرحله پردازش واحد است. همان طور که در شکل ۲ نشان داده شده است، محصول خشک از طریق اتمیزه کردن مایع در جریان هوای گرم به دست می آید که بلافاصله رطوبت را از بین می برد و یک ماده جامد ذره ای تشکیل می دهد. این ذرات سپس از طریق سیکلون از هوای خشک جدا شده و در یک ظرف مناسب جمع آوری می شوند. تکنیک خشک کردن پاششی برای کپسوله سازی هیدرولیزات های پروتئین لبنی در مطالعات مختلف استفاده شده است و منجر به محصولاتی با تلفات مواد مغذی کمتر، پایداری بیشتر در ذخیره سازی، حلالیت بهتر در محیط آبی، رطوبت گیری کمتر، کاهش طعم تلخ و رهش کنترل شده شده است. در این روش، عامل فعال می تواند در زمان و مکان مناسب آزاد شود (Abbas, ۲۰۲۴).

کپسوله کردن هیدرولیزات های پروتئین لبنی با روش خشک کردن انجمادی

خشک کردن انجمادی، که به عنوان لیوفیلیزاسیون نیز شناخته می شود، آب را از طریق فرآیند تصعید جدا می کند. این یک تکنیک پرکاربرد برای حفظ مواد حساس به حرارت، مانند پروتئین ها و میکروارگاناسم ها است. لیوفیلیزاسیون در صنعت برای افزایش ماندگاری محصولات غذایی با کاهش فعالیت آب در محصول نهایی استفاده می شود، در نتیجه پایداری فیزیکی و شیمیایی تضمین می شود. فشارهای و

دماهای پایین در مرحله تصعید خشک کردن انجمادی استفاده می شود. محصول مایع منجمد شده و در معرض محیطی با فشار کاهش یافته قرار می گیرد که آب را حذف می کند. سپس محصول مستقیماً از حالت جامد به حالت گازی تبدیل می شود و تلفات مواد مغذی و حسی را به حداقل می رساند. لیوفیلیزاسیون یک فناوری خشک کردن گران قیمت در نظر گرفته می شود، زیرا حذف کامل آب، سطح بالایی از انرژی را برای حفظ فشارهای پایین مصرف می کند (Abbas, ۲۰۲۴).

کپسوله کردن هیدرولیزات های پروتئین لبنی به روش کوآسرواسیون

کپسوله سازی به روش کوآسرواسیون شامل برهمکنش بین فازهایی است که زمانی رخ می دهد که پلی الکترولیت ها با بارهای مخالف، تحت تأثیر pH و قدرت یونی، در یک محیط آبی مخلوط می شوند. ذرات تولید شده از طریق کوآسرواسیون در آب نامحلول هستند و امکان رهش کنترل شده را فراهم می کنند و در برابر حرارت مقاوم هستند. در این روش، ماده دیواره باید دارای بار مخالف با ماده هسته باشد. به عنوان مثال، پلی ساکاریدهای آنیونی مانند صمغ عربی یا آلژینات می توانند برای حفظ پپتیدهای کاتیونی و بالعکس استفاده شوند. کوآسرواسیون به دلیل حساسیت به pH و قدرت یونی بین ماده دیواره و هسته، کاربرد محدودی در صنایع غذایی دارد. با این حال، این فرآیند دارای مزایایی مانند راندمان کپسوله سازی (EE) بالا برای طعم دهنده ها، شرایط دمایی ملایم در طول فرآیند، محافظت در برابر اکسیداسیون و امکان رهش کنترل شده است (Abbas, ۲۰۲۴).

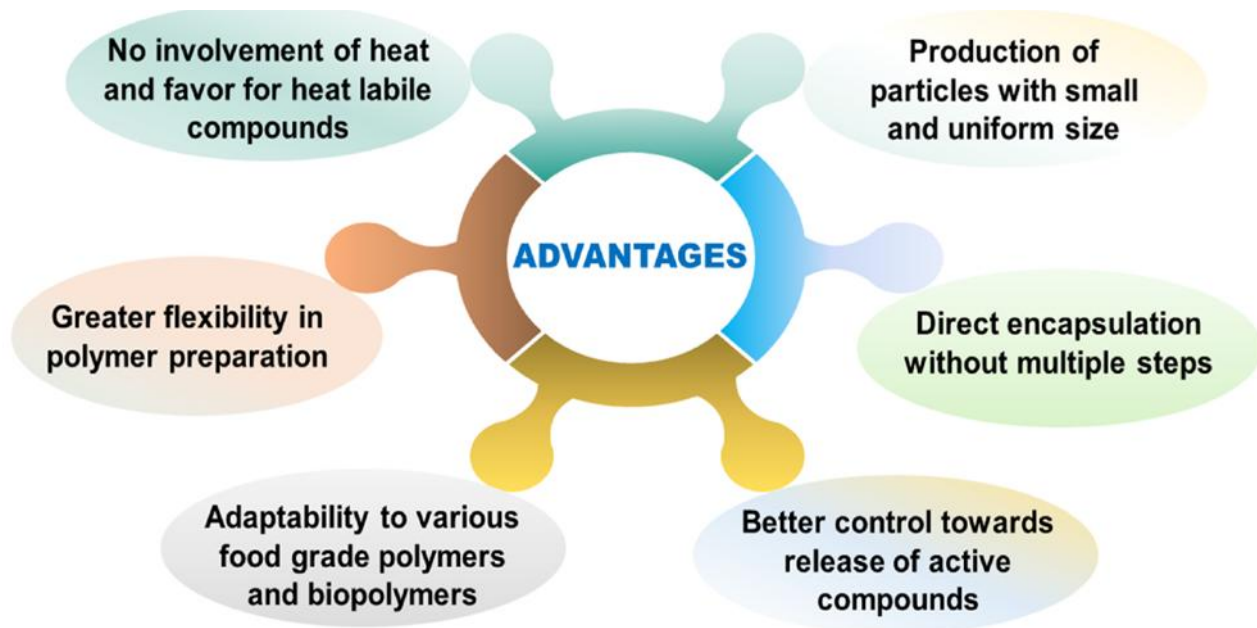
کپسوله سازی الکترو هیدرودینامیک :

از جمله تکنیک های کپسولاسیون در صنایع مختلف و به ویژه در صنایع لبنی، الکترو هیدرودینامیک (EHD) است. محصور سازی الکترو هیدرودینامیک یک تکنیک است که ساختارهای میکرو و نانو را با استفاده از نیروی الکتروستاتیک با ولتاژ بالا برای شارژ کردن سطح قطرات محصول بیوپلیمر تولید می کند که منجر به پرتاب جریان مایع می شود. این تکنیک با ایجاد جریان مایع از طریق پمپ های سرنگ که شامل سوزن هایی با قطرهای مختلف هستند، انجام می شود (a, ۲۰۲۴).

مقایسه بین روش های محصور سازی مختلف و (EHD) و روش های محصور سازی متداول

ترکیبات بیواکتیو می توانند از طریق تکنیک های مختلف محصور سازی محافظت شوند تا پایداری آن ها در شرایط محیطی نامساعد افزایش یابد. از این میان، روش های محصور سازی متداول و محصور سازی الکترو هیدرودینامیک به خاطر کاربردهای منحصر به فردشان برجسته هستند (a, ۲۰۲۴). در مطالعات مختلف، تأثیر خشک کردن اسپری و خشک کردن انجمادی بر محصور سازی ترکیبات زیست فعال ارزیابی شد. نتایج نشان داد که کارایی محصور سازی برای محصولات محصور شده به روش خشک کردن اسپری با مورفولوژی های مطلوب بالاتر است که می تواند در کاربردهای مختلف قابل استفاده باشد. علاوه بر این، محصور سازی به روش الکترو اسپری منجر به تشکیل نانو الیاف یکنواخت و پیوسته می شود که می توانند در کاربردهایی که نیاز به آزاد سازی کنترل شده دارند، استفاده شوند. خشک کردن انجمادی منجر

به تولید محصولات محصور شده با تخلخل بالا می شود که می توانند برای کاربردهایی که نیاز به آزادسازی سریع دارند، استفاده شوند. محصورسازی از طریق الکترواسپری کارایی محصورسازی بالایی با ذرات کروی کوچک دارد، در حالی که از زئین به عنوان ماده دیواره استفاده می شود که در این روش ذرات صاف تری تولید می شود (Rashidinejad & Rasika, ۲۰۲۴).



شکل ۲. تکنیک های مختلف کپسوله سازی (a, ۲۰۲۴).

بحث و نتیجه گیری

مواد لبنی، حامل اصلی پروبیوتیک ها و پری بیوتیک های کپسوله شده ه مواد لبنی، حامل اصلی پروبیوتیک ها و پری بیوتیک های کپسوله شده هستند. با این حال، زنده ماندن سلول های پروبیوتیک در طول تولید، فرآوری و نگهداری مواد لبنی بسیار حیاتی است و بدون حفظ این زنده ماندن، ادغام این باکتری ها در غذا ناموفق خواهد بود (Granato, ۲۰۱۰). این به دلیل بقای ضعیف پروبیوتیک ها در محیط غذایی و دستگاه گوارش است که به طور گسترده گزارش شده است. نتایج حاصل از این پژوهش ها حاکی از آن است که با توجه به اثر پروبیوتیک ها و سایر ترکیبات زیست فعال و موفقیت میکروکپسولاسیون و نانوکپسولاسیون آن ها، به دلیل ساین مناسب میکروکپسول ها و اثرات مفید این

باکتری‌ها بر سلامت انسان‌ها و حفاظت بهتر از پروبیوتیک‌ها تا رسیدن به روده و جذب بهتر در بدن، حفظ و ماندگاری بیشتر در فرآورده‌های تخریبی همچون دمای بالا در صنعت، می‌توان از این میکروکپسول‌ها در صنایع دارویی به عنوان مکمل‌های روزانه و حامل‌های دارویی استفاده کرد (Ortiz, ۲۰۱۷; Manassi, ۲۰۲۲). همچنین می‌توان امیدوار بود که با توجه به سایز کوچک میکروکپسول‌ها و عدم تأثیر منفی آن‌ها در حس چشایی مصرف‌کننده، این گزینه مناسب برای استفاده در صنایع غذایی پرمصرف مانند صنایع لبنی، بیسکویت و شیرینی، و حتی صنعت شکلات‌سازی باشد (Annu, ۲۰۲۱; Dahanad, ۱۴۰۱; Xue, ۲۰۲۲).

با توجه به مطالعات انجام شده، روش‌های مختلف و گسترده‌ای برای کپسولاسیون پروبیوتیک‌ها و ترکیبات زیست‌فعال انجام شده است، اما بهترین روش در جهت کاهش آسیب به مواد مغذی، روش الکتروهایدرودینامیک می‌باشد (a, ۲۰۲۴). در سال‌های آینده، تحقیقات بیشتری بر انتقال پروبیوتیک‌ها با استفاده از فناوری کپسوله‌سازی و برهمکنش پروبیوتیک‌های کپسوله‌شده با میزبان انسانی و همچنین در محصولات سین‌بیوتیک انجام خواهد شد. تحقیقات آینده باید به افزایش بقای پروبیوتیک‌ها در داخل بدن (درون‌زیستی) و توسعه و آزمایش غذاهای عملکردی حاوی این مواد کمک کند (Botella-Martínez, ۲۰۲۳).

Review of recent advances in encapsulation techniques of probiotics and fortifiers in dairy products and their effectiveness

Maryam saki

Student Research Committee, Kermanshah, University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran

Hananeh Yazdanbakhsh

Student Research Committee, Kermanshah, University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran

Delara Moradi Mishesari

Student Research Committee, Kermanshah, University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran

Mahshid Bahraminejad

Student Research Committee, Kermanshah, University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran

۱-۱- Abstract

The administration of probiotic-rich food products containing live probiotics along with prebiotics has been suggested to have several beneficial effects for various conditions, including certain infectious disorders, diarrheal and digestive diseases, some inflammatory bowel diseases, and, more recently, irritable bowel syndrome. However, due to the poor survival of ingested probiotic bacteria during gastric transit, particularly within the highly acidic environment of the stomach, as well as maintaining high viability during high-temperature industrial processes and other damaging challenges, delivering such live bacteria to the host's intestine remains a significant challenge. Although microencapsulation has emerged as a promising approach to improve the viability of probiotics in the human gastrointestinal tract, its success rate is not entirely satisfactory. For this reason, the co-encapsulation of probiotics with prebiotics has been explored as a novel alternative approach to further enhance the oral delivery of live probiotics toward their targeted release in the host's intestine. This article focuses on reviewing recent advances in the encapsulation of probiotics and bioactive compounds and preserving their nutritional value.

Keywords: Tutorial dairy products, incapsulation, probiotic, lactobacillus.

منابع

دهناد، راضیه دربهانیها، عباس اخوان سپهی، صدیقه مهرابیان، علیرضا

جداسازی لاکتوباسیل های پروبیوتیک از پنیر سنتی و میکروکپسولاسیون آن ها جهت افزایش ماندگاری ۱۴۰۱

Gao J, Li X, Zhang G, Sadiq FA, Simal-Gandara J, Xiao J, Sang Y. Probiotics in the dairy industry—Advances and opportunities. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. ۲۰۲۱;۲۰(۴):۳۹۳۷-۸۲.

Rasika D, Vidanarachchi JK, Luiz SF, Azeredo DRP, Cruz AG, Ranadheera CS. Probiotic delivery through non-dairy plant-based food matrices. *Agriculture*. ۲۰۲۱;۱۱(۷):۵۹۹.

Arratia-Quijada J, Nuño K, Ruíz-Santoyo V, Andrade-Espinoza BA. Nano-encapsulation of probiotics: Need and critical considerations to design new non-dairy probiotic products. *Journal of Functional Foods*. ۲۰۲۴;۱۱۶:۱۰۶۱۹۲.

Mojikon FD, Kasimin ME, Molujin AM, Gansau JA, Jawan R. Probiotication of nutritious fruit and vegetable juices: an alternative to dairy-based probiotic functional products. *Nutrients*. ۲۰۲۲;۱۴(۱۷):۳۴۵۷.

Manassi CF, de Souza SS, de Souza Hassemer G, Sartor S, Lima CMG, Miotto M, et al. Functional meat products: Trends in pro-, pre-, syn-, para-and post-biotic use. *Food Research International*. ۲۰۲۲;۱۵۴:۱۱۱۰۳۵.

Wang H, Ge S, Lipton Z, Xing EP. Learning robust global representations by penalizing local predictive power. *Advances in neural information processing systems*. ۲۰۱۹;۳۲.

Ali MA, Kamal MM, Rahman MH, Siddiqui MN, Haque MA, Saha KK, Rahman MA. Functional dairy products as a source of bioactive peptides and probiotics: Current trends and future perspectives. *Journal of Food Science and Technology*. ۲۰۲۲;۵۹(۴):۱۲۶۳-۷۹.

Aziz A, Noreen S, Khalid W, Mubarik F, Niazi MK, Koraqi H, et al. Extraction of bioactive compounds from different vegetable sprouts and their potential role in the formulation of functional foods against various disorders: a literature-based review. *Molecules*. ۲۰۲۲;۲۷(۲۱):۷۳۲۰.

Playne MJ, Bennett L, Smithers G. Functional dairy foods and ingredients. *Australian Journal of Dairy Technology*. ۲۰۰۳;۵۸(۳):۲۴۲-۶۴.

Abdul Hakim BN, Xuan NJ, Oslan SNH. A comprehensive review of bioactive compounds from lactic acid bacteria: Potential functions as functional food in dietetics and the food industry. *Foods*. ۲۰۲۳;۱۲(۱۵):۲۸۵۰.

Hadjimbei E, Botsaris G, Chrysostomou S. Beneficial effects of yoghurts and probiotic fermented milks and their functional food potential. *Foods*. ۲۰۲۲;۱۱(۱۷):۲۶۹۱.

Granato D, Branco GF, Cruz AG, Faria JdAF, Shah NP. Probiotic dairy products as functional foods. *Comprehensive reviews in food science and food safety*. ۲۰۱۰;۹(۵):۴۵۵-۷۰.

- Manassi CF, de Souza SS, de Souza Hassemer G, Sartor S, Lima CMG, Miotto M, et al. Functional meat products: Trends in pro-, pre-, syn-, para-and post-biotic use. Food Research International. ۲۰۲۲;۱۵۴:۱۱۱۰۳۵.
- Ortiz Y, García-Amézquita E, Acosta CH, Sepúlveda DR. Functional dairy products. Global food security and wellness. ۲۰۱۷;۶۷-۱۰۳.
- Xue C, Ng I-S. Sustainable production of γ -aminobutyric acid (GABA) and cultivation of *Chlorella sorokiniana* and *Chlorella vulgaris* as circular economy. Bioresource technology. ۲۰۲۲;۳۴۳:۱۲۶۰۸۹.
- Ali A, Ahmed S. Eco-friendly natural extract loaded antioxidative chitosan/polyvinyl alcohol based active films for food packaging. Heliyon. ۲۰۲۱;۷(۳).
- Botella-Martínez C, Pérez-Álvarez JÁ, Sayas-Barberá E, Navarro Rodríguez de Vera C, Fernández-López J, Viuda-Martos M. Healthier Oils: A new scope in the development of functional meat and dairy products: A review. Biomolecules. ۲۰۲۳;۱۳(۵):۷۷۸.
- a, V.V., et al., Electrohydrodynamic encapsulation: A novel technique to enhance the stability of bioactive compounds in food. ۲۰۲۴.
- Maiara Girolodi, I.M.G., Daniel Neutzling Lehn & Claucia, Encapsulation of dairy protein hydrolysates: Recent trends and future prospects. ۲۰۲۴
- Rashidinejad, Ali, et al.
- ۲۰۲۲ Co-encapsulation of probiotics with prebiotics and their application in functional/synbiotic dairy products. Critical Reviews in Food Science and Nutrition ۶۲(۹):۲۴۷۰-۲۴۹۴.
- Rasika, D. M. D., et al. ۲۰۲۱ Probiotic Delivery through Non-Dairy Plant-Based Food Matrices.