

مروری بر کاربرد ریز جلبک‌ها در افزایش ماندگاری باکتری‌های پروبیوتیک

بهاره نوروزی*

*دانشیار گروه بیوتکنولوژی، دانشکده علوم و فناوری‌های همگرا، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ ارسال: ۱۴۰۲/۱۱/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۲۲

چکیده

سیانوباکتری‌ها، خصوصاً ریز جلبک اسپیرولینا منابع غنی از مواد مغذی آلی هستند که به عنوان مکمل‌های غذایی فراسودمند، موجب افزایش رشد باکتری‌های پروبیوتیکی روده می‌شوند. هدف از این مقاله مروری، بررسی تأثیر افزودن ریز جلبک‌ها در مواد غذایی بر افزایش زمان ماندگاری باکتری‌های پروبیوتیک است. برای نگارش این مقاله، هم از تجربیات و مقالات نویسندگان مقاله و هم از جدیدترین مقالات موجود در پایگاه‌های اطلاعاتی وب اف ساینس، پاب مد، گوگل اسکولار، اسکاپوس و ساینس دایرکت استفاده گردیده است. اسپیرولینا شامل بیش از ۷۸ درصد پروتئین، ویتامین، ۴ تا ۷ درصد چربی، مواد معدنی، کربوهیدرات و ریز مغذی‌های بسیار است که در درمان بیماری‌هایی مانند سرطان، فشارخون، دیابت، کم‌خونی و غیره بسیار شفاف‌بخش عمل کرده است. اسپیرولینا با تولید آگزوپلی ساکاریدهای خارج سلولی نه تنها موجب افزایش تعداد و رشد باکتری‌های اسیدلاکتیک مانند لاکتوباسیلوس بولگاریکوس، استرپتوکوکوس ترموفیلوس، لاکتوکوکوس لاکتیس، لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس و لاکتوباسیلوس کازئی می‌شود، بلکه با افزایش زنده ماندن باکتری‌های پروبیوتیک در مدت تولید و ذخیره‌سازی محصولات لبنی تخمیر شده نقش سودمندی را در صنایع غذایی ایفا می‌کند. ترکیب ریز جلبک‌ها و پروبیوتیک‌ها منجر به تولید محصولات لبنی تخمیر شده‌ای می‌شود که نه تنها باعث افزایش کیفیت مواد غذایی می‌شود، بلکه با افزایش تعداد و زمان ماندگاری باکتری‌های پروبیوتیک، ارزش غذایی آنها را برای مصرف‌کنندگان بالا می‌برند.

واژه‌های کلیدی: پری بیوتیک، پروبیوتیک، اسپیرولینا، صنایع غذایی

مقدمه

باشند. برخی از سویه‌ها متابولیت‌های تقویت‌کننده سلامتی خاصی از جمله پروتئین‌ها و اسیدهای چرب را تولید می‌کنند که از نظر تغذیه‌ای و یا فیزیولوژیکی مطلوب هستند (Malcata et al., 2019). با این حال باید تأکید کرد که بلع موجودات پروبیوتیک احتمال تولید این متابولیت‌های سلامتی را نیز ممکن است در داخل بدن ایجاد کند. اثر پروبیوتیکی این میکروارگانیسم‌ها شامل جلوگیری از یبوست در افراد مسن، جلوگیری از اسهال، تحریک سیستم ایمنی، عدم تحمل لاکتوز، کاهش سطح کلسترول در خون و پیشگیری از سرطان می‌باشد. به‌غیر از این مزایای درمانی، پروبیوتیک‌ها همچنین از بسیاری از عوامل بیماری‌زای انسان

میکروارگانیسم‌های پروبیوتیک، مکمل غذایی زنده میکروبی هستند که با بهبود تعادل میکروبی نقش بسیار مهمی در سلامت انسان‌ها دارند. این سطح، بسته به سویه‌های استفاده‌شده و تأثیر سلامتی مورد نیاز، معمولاً بین 10^8 تا 10^{11} CFU / g است. ماست و سایر شیرهای تخمیر شده با مواد مغذی طبیعی به سلامتی کمک کرده و فلور روده را با باکتری‌های اسیدلاکتیک غنی می‌کنند (Beheshtipour et al., 2012). بنابراین، با فرض مصرف روزانه لبنیات حاوی ۱۰۰ گرم، آنها باید در زمان مصرف بین 10^9 تا 10^6 CFU / g از این باکتری‌های زنده داشته

نیز محافظت می‌کنند. برای مشاهده تأثیری مثبت پروبیوتیک‌ها بر سلامتی، یک میزان حداقلی از میکروارگانیسم‌های زنده ضروری است. این میزان بستگی به نژادها (سویه‌های) استفاده‌شده دارد و محدوده تأثیر بر سلامتی که ضروری می‌باشد، بین 10^8 تا 10^{11} Cfu /gL می‌باشد. آن‌ها خواص اصلاح‌کننده علیه بیماری‌های مختلفی مانند سرطان دارند.

لیگوساکاریدهای پروبیوتیکی به سه روش مختلف می‌توانند ساخته شوند. با استفاده از عصاره گیری از مواد گیاهی، سنتز لیگوفرآکتون‌ها میکروبیوتیکی یا سنتز آنزیمی و هیدرولیز کردن آنزیمی پلی‌ساکاریدها. در عمل اغلب از ترکیبات مخلوط شده‌ی پروبیوتیک‌ها به این علت که اثرات هم‌افزایی‌شان را به محصولات غذایی منتقل می‌کنند، استفاده‌شده و بدین سبب به چنین ترکیباتی سینوبیوتیک^۴ گفته می‌شود. تولید پروبیوتیک‌ها در مقیاس صنعتی با چالش‌های مختلفی مواجه می‌شود، چالش‌هایی شامل استفاده از فن‌های جدید و منابع اقتصادی و تولید قیمت پایین. اغلب لیگوساکاریدها با وضعیت پروبیوتیکی، معمولاً با روش‌های آنزیمی از طریق مواد خام ارزانی چون ساکارز، لاکتوز و مشتقات گیاهی به دست می‌آیند. میزان و طبیعت لیگوساکاریدها شکل داده‌شده به ویژگی‌های مختلفی همچون منبع آنزیم و شرایط واکنش‌ها بستگی دارد. با این اوصاف فرایندهای جاری که باعث استخراج لیگوساکاریدها می‌شوند، بازده بسیار کمی دارند، بدین ترتیب پروبیوتیک‌هایی که وابسته به آب دریا و جلبک‌های وابسته به آب شیرین هستند، منابع جایگزین جذابی برای ارتقای رشد لاکتوباسیلوس^۵ و بی‌فیدوباکتریوم^۶ می‌باشند.

باکتری‌های پروبیوتیک

پروبیوتیک‌ها میکروارگانیسم‌های زنده‌ای هستند (باکتری یا قارچ) که میزبان‌شان را از مزایای سلامتی بهره‌مند

پری‌بیوتیک‌ها غذاهایی برای باکتری‌های پروبیوتیکی هستند، آن‌ها به عنوان مواد غذایی غیرقابل هضم یا دیر هضم تلقی می‌شوند که به طور انتخابی باعث تحریک رشد یا فعالیت یک یا تعداد محدودی از باکتری‌های پروبیوتیکی در کلون^۱ می‌شوند. این عمل توسط کربوهیدرات‌های قابل تخمیر که غیرقابل هضم یا دیر هضم هستند در روده کوچک انجام می‌شود و ترجیحاً باعث تحریک رشد یا فعالیت باکتری‌های بی‌فیدوباکتریوم^۲ و برخی باکتری‌های وابسته به باکتری گرم مثبت می‌شوند که این باکتری‌ها متعلق به باکتری‌های پروبیوتیکی هستند که به انسان تجویز می‌شوند (Martelli et al., 2021). کربوهیدرات‌ها از روده کوچک به روده پایینی حرکت کرده، جایی که برای تعدادی از باکتری‌های کولون (روده باریک) در دسترس هستند، اما برای اکثریت باکتری‌های حاضر در کلون استفاده نمی‌شوند. لاکتولوز، گالاکتوالیگوساکاریدها، فروکتوزالیگوساکاریدها، اینولین و هیدرولیزهای آن، مالتوالیگوساکاریدها و نشاسته مقاوم، پروبیوتیک‌هایی هستند که معمولاً در تغذیه انسان استفاده می‌شوند. محصولات نهایی اصلی خارج‌شده از سوخت‌وساز کربوهیدرات، اسیدهای چرب زنجیره کوتاه برای مثال استات، بوتیرات و پروپیونات هستند که بیشتر توسط ارگانیسم میزبان به عنوان منبع انرژی از آن‌ها استفاده

¹ colon

² bifidobacteria

³ oligofructans

⁴ synbiotics

⁵ lactobacillus

⁶ bifidobacterium spp

مصرف زنده و فراوان باشد و این " ماندگاری " نامیده می‌شود. گرچه هیچ توافق جهانی در سطوح توصیه شده حاصل نشده است، اما به طور کلی مقادیر 10^6 CUF/ml یا 10^7 یا 10^8 CUF/ml به عنوان حداقل و سطح رضایت بخش پذیرفته شده‌اند. با این حال، یک عامل اصلی در تولید شیرهای پروبیوتیک تخمیر شده، افزایش دوام پروبیوتیک در طول فرآیند تخمیر و همچنین در مدت ذخیره در یخچال است. عوامل متعددی که بر دوام کشت‌های پروبیوتیک در شیرهای تخمیر شده تأثیر می‌گذارند به شرح زیر است: pH، اسیدیته قابل تیترا^۱ وجود سایر میکروارگانیسم‌ها، دما، میزان اکسیژن، مواد مغذی و فاکتورهای رشد، استفاده از فن‌آوری‌های جدید مانند میکروکپسولاسیون^۲ و فرمول‌بندی محصولات^۳ (Beheshtipour et al., 2012).

اخیراً، مطالعاتی برای افزودن ریزجلبکها (زیست‌توده‌ی سیانوباکتریوم) به شیرهای تخمیر شده به منظور افزایش ویژگی‌های عملکردی محصول از طریق ارتقای زنده ماندن پروبیوتیک‌ها و همچنین افزایش خصوصیات تغذیه‌ای آغاز شده است. اسپیرولینا و کلرلا، ریزجلبک‌های سبز-آبی هستند که حاوی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی بالا، اسیدآمین‌های فراوان، پروتئین‌هایی باکیفیت بالا، Fe و Ca، اسیدهای چرب اشباع نشده و انواع مختلفی از ویتامین‌ها شامل E, B₂, B₆, B₈, B₁₂, A و K هستند (Nowruz et al., 2024) (Anvara & Nowruzib). این ترکیبات دارای اثرات ضدویروسی (Jafari Porzani et al., 2021)، ضدالتهابی و ضد توموری هستند و باعث کاهش مشخصات چربی خون، قند خون، وزن بدن و زمان ترمیم زخم می‌شوند. بنابراین آن‌ها به عنوان غذای درمانی و کاربردی شناخته می‌شوند (Camacho et al., 2019). درواقع مشارکت ریزجلبک‌ها و پروبیوتیک‌ها باعث تحریک رشد و افزایش زنده ماندن و تولید اسید باکتری‌های پروبیوتیک

می‌کنند. آن‌ها این کار را با حفظ یا بهبود تعادل میکروبی محیط روده‌ای انجام می‌دهند، اگر به مقدار کافی تجویز شوند. زنده ماندن باکتری پروبیوتیک در مدت تولید و ذخیره در شیرهای تخمیر شده مهم‌ترین موضوع موردبحث در صنعت لبنیات است. افزودن ریز جلبک به شیر برای تولید شیر تخمیر شده به منظور افزایش زنده ماندن پروبیوتیک‌ها موضوع تحقیقات اخیر بوده است. اسپیرولینا و کلرلا مهم‌ترین ریز جلبک برای شیرهای تخمیر شده هستند (Beheshtipour et al., 2013). آن‌ها نه تنها بر زنده ماندن پروبیوتیک‌ها در محصول نهایی، بلکه روی ویژگی‌های حسی آن‌ها نیز تأثیر دارند. افزودن ریز جلبک به شیرهای پروبیوتیک تخمیر شده همراه با افزایش دوام پروبیوتیک‌ها، ویژگی‌های عملکردی‌شان را افزایش می‌دهد (Pina-Pérez et al., 2019). این به این دلیل است که حاوی مواد موردتوجهی از مواد مغذی و غذا دارو هستند و به عنوان "غذای کاربردی" در نظر گرفته می‌شوند (Camacho et al., 2019). گزارش‌های زیادی وجود دارند که پروبیوتیک‌ها بر عفونت‌های دستگاه گوارش، فعالیت ضد میکروبی و ضدویروسی (Jafari Porzani et al., 2021)، بهبود در متابولیسم لاکتوز، کاهش سطح کلسترول سرم و فشارخون، بهبود جذب مواد معدنی، تثبیت مخاط روده، خواص ضد سرطانی، تحریک سیستم ایمنی، خواص ضد اسهال و ضد یبوست، عفونت‌های ادراری تناسلی، بیماری آتوپیک، بهبود بیماری التهاب روده، و سرکوب عفونت هلیکوباکتر پیلوری تأثیر بسیار زیادی دارند (Beheshtipour et al., 2012).

گونه‌های خاصی از بیفیدوباکتری‌ها و لاکتوباسیل‌ها مهم‌ترین پروبیوتیک‌های مورد استفاده در محصولات پروبیوتیک هستند و در حال حاضر، بسیاری از انواع این محصولات در بیشتر بازارهای جهانی موجود هستند. برای به دست آوردن مزایای پروبیوتیک، میزان مصرف این باکتری‌ها باید در زمان

¹ Titratable acidity

² Microencapsulation

³ Formulation of products

می‌شود. از طرف دیگر ریز جلبک‌های موجود در شیرهای تخمیر شده بر خواص حسی محصول نهایی تأثیر می‌گذارند (Beheshtipour et al., 2012).

منابع غنی سیانوباکتری/اسپیرولینا

اسپیرولینا یک میکروارگانیسم فوتوتوتروفیک است که به دلیل داشتن مواد مغذی، به‌طور گسترده در طبیعت وجود دارد و توسط انسان‌ها به‌عنوان مکمل غذایی مصرف می‌شوند (Pina-Pérez et al., 2019). زیست‌توده‌ی خشک باکتری اسپیرولینا تقریباً حاوی ۳ تا ۷ درصد رطوبت، ۵۵ تا ۶۰ درصد پروتئین، ۶ تا ۸ درصد لیپید، ۱۲ تا ۲۰ درصد کربوهیدرات، ۷ تا ۱۰ درصد خاکستر، ۸ تا ۱۰ درصد فیبر، ۱ تا ۱۵ درصد کلروفیل و طیف وسیعی از ویتامین‌ها می‌باشد. اسپیرولینا سرشار از انواع پروتئین‌ها است. پروتئین‌هایی که از نظر اقتصادی اهمیت بالایی دارند و شامل بیلی پروتئین‌ها هستند که به‌عنوان مثال به فیکوسیانیین C و آلفو فیکوسیانیین که رنگ‌دانه‌های آبی این دو پروتئین محلول در آب است می‌توان اشاره کرد (جدول ۱) (Nowruzi et al., 2020a). بخش پروتئینی ممکن است دارای ۲۰ درصد فیکوسیانیین باشد (Valikboni et al., 2024) (Anvara & Nowruzib).

(Nowruzib). ترکیب اسیدهای چرب تا حد زیادی تحت تأثیر شرایط محیطی است. اسپیرولینا حاوی ۴۵ تا ۵۰ درصد اسیدهای چرب اشباع‌شده و ۵۰ تا ۵۵ درصد اسیدهای چرب اشباع‌نشده است. حداکثر ۳۰ درصد اسیدهای چرب اسید گاما لینولنیک^۱ هستند که اسید لینولنیک یک اسید چرب اشباع‌نشده نادر است که اگر سویه‌های سودمند/اسپیرولینا را با یک روش فراآوری کارآمد با حداقل یک درصد اسید گاما-لینولنیک تولید کنند دارای خواص دارویی است. از اواخر دهه ۱۹۷۰، اسپیرولینا به‌عنوان یک ماده غذایی بی‌خطر برای انسان به بازار عرضه و مصرف می‌شود و توسط بسیاری از دولت‌ها، شرکت‌های بهداشتی و انجمن‌های حدود ۸۰ کشور از جمله ایالات متحده و مجارستان برای تغذیه انسان تأیید شده است. اسپیرولینا دارای اثرات ضدویروسی، ضدالتهابی و ضد توموری است همچنین باعث کاهش چربی خون، قند خون، وزن بدن و زمان ترمیم زخم‌ها در بدن می‌شود. با همه‌ی این خواص، این سیانوباکتری‌ها به‌عنوان ماده غذایی و غذایی کاربردی شناخته می‌شوند (Anvara & Grosshagauer et al., 2020).

جدول ۱: نمونه‌هایی از کاربردهای تجاری ریز جلبک‌ها در غذا و خوراک (Camacho et al., 2019)

Table 1. Examples of commercial applications of microalgae in food and feed

فوائد محصول Product benefits	محصول اصلی Main Product	جنس / گونه‌ها Genus/Species
مواد غذایی و مکمل رنگی Food colorant and supplement	فیکوسیانیین Phycocyanin	Arthrospira plantensis
مکمل غذایی Food supplement	لوتئین Lutein	Chlorella vulgaris
رنگ‌دهنده و مکمل غذایی Food colorant and supplement	بتا-کاروتن _carotene	Dunaliella salina
مکمل غذایی Food supplement	آستاگزانتین Astaxanthin	Haematococcus Pluvialis
مکمل غذایی Food supplement	ARA	Labosphaera incisa
مکمل غذایی Food supplement	EPA و DHA (۳-۱۰۳-۳)	Nannochloropsis sp.
مکمل غذایی Food supplement	پارامیلون / خطی، بتا-۱،۳-گلوکان Paramylon/Linear beta-1,3-glucan	Euglena gracilis
مکمل غذایی Food supplement	EPA، فوکسانتین EPA, Fucoxanthin	Phaeodactylum tricornutum

¹ Gamma-Linolenic acid

شیر، ویتامین B_{۱۲} بیشتر در مقایسه با کبد گاو، ویتامین های E، B₆، B₂، A و K و همچنین مواد معدنی و آنزیم ها است (جدول ۲). اسیدهای آمینه محدود / اسپیرولینا، متیونین و سیستئین اند؛ اما همچنان مقدار آن ها بالاتر از غلات، دانه ها، سبزی ها و حبوبات و لیزین آن بالاتر از همه سبزی ها به جز حبوبات است. / اسپیرولینا اگر بلافاصله چند ساعت از غذاهای دیگر خورده شود، مکمل پروتئینی گیاهی است و کیفیت اسید آمینه را افزایش می دهد (Ahda et al., 2024) (Anvara & Nowruzib)

تقریباً همه نیازهای اسید آمینه ای ضروری روزانه، برای یک مرد بزرگسال معمولی، فقط با استفاده از ۳۶ گرم / اسپیرولینا در حدود چهار قاشق غذاخوری تأمین می شود. آهن شایع ترین کمبود مواد معدنی در سراسر جهان است؛ به ویژه برای زنان، کودکان و افراد مسن. خانم هایی که رژیم های لاغری می گیرند، به طور معمول آهن کافی دریافت نمی کنند و دچار کم خونی (آنمی) می شوند. این عنصر معدنی برای تولید گلبول های قوی قرمز خون و سیستم ایمنی سالم ضروری است. / اسپیرولینا یک ماده غذایی غنی از آهن است که به راحتی توسط بدن انسان جذب می شود. رنگ دانه آبی فیکوسیانین، مولکول های محلولی را با آهن و سایر مواد معدنی در حین هضم تشکیل می دهد که باعث می شود این عنصر راحت تر در دسترس قرار گیرد (Nowruzib et al., 2020a). بنابراین، آهن موجود در / اسپیرولینا بیش از دو برابر آهن موجود در سبزی ها قابل جذب است؛ / اسپیرولینا همچنین منبع غنی از کاروتنوئیدها است و شامل پرو ویتامین A است (Patel et al., 2019). در کشورهای در حال توسعه مانند هند، سوء تغذیه و کمبود ویتامین A در بین کودکان پیش دبستانی هنوز یک چالش عمده بهداشت عمومی است. مسئله مهم دیگری که بر سلامت تغذیه ای کودکان پیش دبستانی تأثیر می گذارد، حملات مکرر اسهال در مناطق روستایی هند مشخص شده است. گزارش شده است

/ اسپیرولینا در دیواره سلولی خود سلولز ندارد به همین دلیل است یک ماده غذایی مناسب برای بیمارانی است که جذب روده کمی دارند. همچنین برای تغذیه بیماران سالمند مناسب و مهم است. یک پلی ساکارید با وزن مولکولی بالا و با تحریک فعالیت ایمنی از / اسپیرولینا جدا شده و املین^۱ نامیده می شود که پلی ساکاریدی با قابلیت انحلال بسیار زیاد در آب است (Khan et al., 2005) (Anvara & Nowruzib). وزن این ماده خشک رابین ۵/۰ تا ۲ درصد W/W اندازه گیری کرده اند. / اسپیرولینا از گلیکوژن به عنوان منبع انرژی اولیه و ذخیره کربن، استفاده می کند. / اسپیرولینا همچنین حاوی مقادیر زیادی از ویتامین ها، مواد معدنی (خصوصاً آهن)، اسیدهای چرب ضروری (به ویژه اسید گاما لینولئیک)، کاروتنوئیدها و کلروفیل و تعدادی از ترکیبات فعال زیستی کشف نشده است (Gupta et al., 2017). / اسپیرولینا چربی خون را کاهش می دهد، فشارخون را کاهش می دهد، از نارسایی کلیه محافظت می کند، باعث رشد لاکتوباسیل روده می شود و سطح گلوکز سرم را کاهش می دهد (Kulshreshtha et al., 2008) (Anvara & Nowruzib). ثابت شده است که مصرف / اسپیرولینا به دلیل ترکیب شیمیایی آن شامل ترکیباتی مانند اسیدهای آمینه ضروری، ویتامین ها، رنگ دانه های طبیعی و اسیدهای چرب، حاوی اسید گاما لینولئیک، هورمون های پروستاگلاندین در بدن برای سلامتی مفید است. همچنین گزارش شده که / اسپیرولینا دارای فعالیت ضد میکروبی است اما باعث رشد باکتری های اسید لاکتیک در شیر تخمیر شده می شود (Shah et al., 2024) (Anvara & Nowruzib)

استفاده از گونه های مختلف / اسپیرولینا، مانند اسپیرولینا پلتنسیس و اسپیرولینا ماکسیما در غذاهایی مانند ماست، اشترودل، ماست پروبیوتیک کاربرد زیادی دارند (Akalin et al., 2009). / اسپیرولینا شامل بیشتر از ۱۸ مورد از اسیدهای آمینه، پروتئین های با کیفیت بالا، کلسیم زیاد در مقایسه با

¹ Emmeline

که ماست یک محصول غذایی مهم است که می‌تواند در مقابله با بروز اسهال در کودکان پیش‌دبستانی کمک کند. ماست/اسپیرولینا ترکیبی منحصربه‌فرد از مزایای پروبیوتیک و افزایش کاروتنوئیدها برای مبارزه با اسهال و کاهش ویتامین A در کودکان پیش‌دبستانی، به‌ویژه در مناطق روستایی است (Akalin et al., 2009). ترکیب باکتری‌های پروبیوتیک/اسپیرولینا در محصولات شیر تخمیر شده، خواص عملکردی و تغذیه‌ای محصول را افزایش می‌دهد؛ بنابراین زیست‌توده/اسپیرولینا می‌تواند، به‌عنوان یک ماده غذایی مهم برای تهیه فراورده‌های شیر/ماست تخمیر شود تا از اثرات محرک رشد آن بر باکتری‌های پروبیوتیک بهره‌مند شد (Ahda et al., 2024)(Anvara & Nowruzib).

جدول ۲: جدول اثرات درمان‌کنندگی و مواد مغذی موجود در اسپیرولینا را نشان می‌دهد (Camacho et al., 2019)

Table 2: The table shows the therapeutic effects and nutrients in spirulina.

مواد مغذی Nutrients	اثرات درمانی Therapeutic effects
آنتی‌اکسیدان، محلول در چربی Antioxidant, fat soluble	کاهش کلسترول خون Lowering blood cholesterol
کاروتنوئیدها، و محلول در آب Carotenoids, and soluble in water	کاهش قند خون و کنترل بیماری دیابت Reducing blood sugar and controlling diabetes
ویتامین‌های k,E,A,B ₁₂ ,B ₈ ,B ₆ ,B ₂ Vitamins B2, B6, B8, B12, A, E, k	کاهش چربی خون Decrease blood fat
مواد معدنی مثل Ca و Fe Minerals such as Fe and Ca	کاهش نارسایی قلبی Reduce heart failure
سطح بالای بارزش آمینواسیدها و پروتئین‌ها High level of valuable amino acids and proteins	کاهش کم‌خونی Reducing anemia
کربوهیدرات‌ها Carbohydrates	کاهش فشارخون Lower blood pressure
فیبرها Fibers	اثرات ضد توموری Antitumor effects
اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع Saturated and unsaturated fatty acids	اثرات ضد ویروسی Antiviral effects
	اثرات ضد آلرژیک Anti-allergic effects
	افزایش سطح ایمنی Increase the level of safety
	کنترل استرس stress control
	اثر محافظتی در برابر مواد شیمیایی Protective effect against chemicals

محصولات لبنی غنی‌شده با/اسپیرولینا

امروزه استفاده از محصولات شیر تخمیر شده یا ماست، از نظر پروبیوتیک‌هایی که به‌عنوان میکروارگانیسم‌های زنده، باکتری‌ها یا مخمرهایی که مزایای سلامتی (خواص درمانی) را برای میزبان فراهم می‌کند، در اولویت قرار دارند (Gupta et al., 2017). پروبیوتیک‌ها، قابلیت هضم مواد غذایی و استفاده در سوخت‌وساز بدن را بهبود می‌بخشند و با تولید اسیدهای چرب فرار به‌طور غیرمستقیم، ریز پرزهای روده را اصلاح می‌کنند (Akalin et al., 2009). برخی از جلبک‌ها، به دلیل در دسترس بودن و ارزش غذایی بالا، بستر مناسبی برای تولید غذاهای تخمیر شده محسوب می‌شوند. بسیاری از محصولات تخمیر شده و متنوع شامل پودرها و نوشیدنی‌ها، با استفاده از جلبک‌های دریایی و ریز جلبک‌هایی مانند کلرلا، دونالیا و اسپیرولینا و گونه‌های

بیفیدوباکتریوم به خوبی اثبات شده است (Martelli et al., 2021). تعدادی از مطالعات نشان داده که زنده ماندن بیفیدوباکتریوم های گنجانیده شده در ماست اغلب ضعیف است. در مجموع ۵۸ محصول پروبیوتیک به دست آمده در سراسر جهان وجود دارد، که ادعا می کردند حاوی سویه های بیفیدوباکتریوم هستند. نتایج حاصل از مطالعه نشان داد که بیفیدوباکتریوم لاکتیس بیشترین گونه یافت شده بود. محققان، سطح، گونه و مقاومت در برابر اسیدیته و استرس اکسیداتیو بیفیدوباکتریوم را بررسی کردند. آن ها گزارش کردند که بیفیدوباکتریوم لاکتیس، تنها گونه بیفیدوباکتریوم موجود در ماست های سنتی است که در برابر اسیدیته و استرس اکسیداتیو بسیار مقاوم است (Kavimandan, 2015). برخی از این سویه ها متابولیت های تقویت کننده خاصی از جمله پروتئین ها و اسیدهای چرب را تولید می کنند که از نظر تغذیه ای و یا فیزیولوژیکی مطلوب هستند. باین حال، باید تأکید کرد که خوردن پروبیوتیک ها ممکن است احتمال انجام متابولیک های بارز را در بدن انسان افزایش دهد. در واقع ماست و به ویژه ماست های پروبیوتیک با تأمین مواد مغذی طبیعی و غنی سازی میکروبیوتای روده به سلامت کمک می کنند. این ماده غذایی منجر به مقاومت بیشتر در برابر عفونت ها، تحریک سیستم ایمنی بدن و جذب بهتر مواد معدنی و لاکتوز می شود. فعالیت پروبیوتیک برخی از سویه ها با توانایی کلون سازی^۲ در تقویت اپیتلیوم روده برای ایجاد ثبات در میکرو فلور روده، به ویژه پس از درمان با آنتی بیوتیک، به اثبات رسیده است (Pan-Utai et al., 2020). تحقیقات بسیاری بر پروبیوتیک ها در سال های اخیر با افزودن بیفیدوباکتری ها، لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس، لاکتوباسیلوس رامنوز، لاکتوباسیلوس کازی و لاکتوباسیلوس روتری به محصولات لبنی تخمیر شده مانند ماست انجام شده است. پس از مصرف، اعتقاد بر این است که این محیط های

مختلف اسپیرولینا ساخته می شوند (Pina-Pérez et al., 2019). در مقایسه با مطالعات متعددی که در مورد نقش جلبک ها در تخمیر صورت گرفته است، افراد کمتری در مورد سیانوباکتری ها کار می کنند (Kavimandan, 2015). محصولات لبنی تخمیر شده دارای میکروارگانیسم های مفید پروبیوتیک هستند و پروبیوتیک ها، روده انسان را تقویت می کند. حداقل مقدار باکتری های پروبیوتیک در زمان مصرف 10^6 - 10^8 Cfu/ml میلی لیتر است و 10^6 - 10^8 Cfu/ml میلی لیتر است. مواردی که بر زنده بودن و مقدار کافی در زمان مصرف است. مواردی که بر زنده بودن و افزایش تعداد پروبیوتیک ها در شیرهای تخمیری تأثیر می گذارد شامل اکسیژن، مواد مغذی، فاکتورهای رشد، مواد افزودنی خوراکی، استفاده از فناوری های جدید مانند میکروکپسولاسیون و فرمولاسیون^۱ است (Kavimandan, 2015). ماست، ماده غذایی غنی است و یکی از رایج ترین ماده های غذایی ست و محبوب ترین خوراک تهیه شده از شیر تخمیر شده در سراسر جهان است. ماست از طریق تخمیر شیر تازه یا شیر تولید شده از شیر خشک، با باکتری های اسیدلاکتیک به دست می آید و به دلیل اثرات آن در بهبود محیط روده، سیستم گوارش و تقویت ایمنی بدن، توسط مشتریان ترجیح داده می شود (Pan-Utai et al., 2020). افزودن باکتری های پروبیوتیک به ماست، عملکرد و فواید آن را برای سلامتی بهبود می بخشد و فلور روده را با باکتری های اسیدلاکتیک غنی می کنند. بنابراین، با فرض مصرف روزانه ۱۰۰ گرم از محصولات لبنی تخمیری، آن ها باید این کار را انجام دهند. محصولات تخمیری باید حاوی ۴۷۵ باکتری یعنی بین 10^6 تا 10^9 Cfu/g از این باکتری های زنده در زمان مصرف باشند (Akalin et al., 2009).

در ارگانیسم های مختلف پروبیوتیک، جنس بیفیدوباکتریوم به طور گسترده در محصولات لبنی تخمیر شده مورد مطالعه قرار گرفته و فواید سلامتی ناشی از مصرف

¹ Microencapsulation and formulation

² Colonize

باکتری‌های اسیدلاکتیک در محیط آزمایشگاه مورد مطالعه قرار دادند و آشکار کردند که *اسپیروولینا* به عنوان یک محرک رشد آزمایشگاهی عمل می‌کند (Parada et al., 1998). همچنین محققان *اسپیروولینا* را به فرمولاسیون ماست اضافه کردند و زیست پذیری باکتری‌های پروبیوتیک را در طول تخمیر و نگهداری مطالعه کردند. آن‌ها گزارش دادند که *اسپیروولینا* می‌تواند جمعیت لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس (باسیل سازنده اسیدلاکتیک از شیر) و بی فیدوباکتری‌ها را افزایش دهد (de Caire et al., 2000). علاوه بر این، محققان اثر پودر *اسپیروولینا* را در پنیر پروبیوتیک فتا برای ارزیابی تعداد باکتری‌های لاکتیک بررسی کردند (Mazinani et al., 2016). جمعیت لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس و همچنین خصوصیات تغذیه‌ای پنیر در طی نگهداری در یخچال مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که محتوای آهن و پروتئین پودر *اسپیروولینا* موجب افزایش زمان زنده ماندن لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس گردید (Alizadeh et al., 2020).

علاوه بر آن محققان در سال ۲۰۱۰ اثر زیست‌توده خشک را بر روی پروبیوتیک‌های ماست و شیر اسیدی مطالعه کردند (Güldaş & Irkin, 2010). انگیزه اصلی این مطالعه بررسی تأثیر *اسپیروولینا* خشک بر ماست ساده و ماست حاوی لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس در زمان نگهداری در یخچال بود. همه نمونه‌ها در شرایط استریل در آزمایشگاه تهیه شدند. مقدار پودر *اسپیروولینا* به ترتیب ۰/۵ و ۱ درصد وزنی/ حجمی گرفته شد. pH و اسیدیته نمونه در ۴ درجه سانتی‌گراد ذخیره‌سازی و کنترل شد. توانایی زنده ماندن نمونه‌ها در ۱، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ روز در ذخیره‌سازی بررسی شد و در نهایت میزان ماندگاری ماست ساده و ماست حاوی لاکتوباسیلوس دلبروسکی بررسی شد. در نهایت نمونه‌های بدون *اسپیروولینا* ماندگاری کمتری را نشان دادند؛ اما هیچ اختلاف معناداری در نمونه‌های یک درصد غلظت پودر *اسپیروولینا* مشاهده نشد، درحالی‌که تفاوت آشکاری در

کشت پروبیوتیک نقش مهمی در سیستم روده در برابر برخی از میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا مانند یرسینیا انتروکولیتیکا، سالمونلا تیفی و هلیکوباکتر پیلوری دارند (Alizadeh et al., 2020).

مصرف عمومی محصولات لبنی و به‌ویژه محصولات لبنی پروبیوتیک طی سال‌های گذشته به دلیل تأثیرات مطلوب بر سلامتی انسان‌ها که توسط متخصصان تغذیه و پزشکان گواهی شده است، به بعد جدیدی رسیده است (Pina-Pérez et al., 2019). محصولات غذایی حاوی پروبیوتیک را می‌توان به عنوان غذاهای عملکردی دسته‌بندی کرد و این مواد همراه با پری بیوتیک‌ها بزرگ‌ترین بخش بازار مواد غذایی کاربردی در اروپا، ژاپن و استرالیا را نشان می‌دهد (Camacho et al., 2019).

محققان، نقش زیست‌توده *اسپیروولینا* را در کشت‌های مختلف بررسی کردند. آن‌ها زیست‌توده *اسپیروولینا* را به کشت‌های لاکتوباسیلوس و استرپتوکوکوس اضافه کردند و در نهایت حدود ۱۰ ساعت پس از انجام تخمیرهای طبیعی، افزایش تعداد باکتری‌ها را که منجر به افزایش غلظت زیست‌توده شد را مشاهده کردند. در آزمایشی دیگر ماده جداسازی شده از کشت *اسپیروولینا* را به کشت‌های مختلف اسیدلاکتیک که به مدت ۲۴ ساعت تخمیر می‌شدند اضافه کردند، در نهایت اضافه شدن این ماده باعث رشد انواع باکتری‌ها در این کشت‌ها شد. سپس محققان، زیست‌توده *اسپیروولینا* را در غلظت‌های مختلف، به شیر اضافه کرد و سپس سوسپانسیون حاصل از آن را، با ترکیبی از لاکتیک اسید باکتری‌ها تخمیر کردند. چندین محقق دیگر، اثر زیست‌توده *اسپیروولینا* را بر محصولاتی مانند ماست پنیر و شیر تخمیر شده آزمایش کرده‌اند که نتایج آن مثبت بود. نتایج آزمایش شامل افزایش باکتری‌های اسیدلاکتیک و بهبود در کیفیت تغذیه‌ای، در محصول تخمیر شده در طول مدت ذخیره‌سازی بود (Golmakani et al., 2019). به عنوان مثال، پارادا و همکاران، اثرات *اسپیروولینا* را بر روی

ریزفلور محصولات تخمیر شده بود. شیرها با استفاده شیر خشک و کشت باکتری استارتر لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس و بی فیدوباکتریوم انیمالیس تولید شدند و حدود ۱/۵ و ۱ درصد پودر اسپیرولینا به این محصولات اضافه شد. محصولات نهایی به مدت ۱۵ روز در دمای ۵ درجه سانتی گراد نگهداری شدند. سپس اسیدیته، pH، سینرزیس^۱، میزان ظرفیت نگهداری آب و میزان ویسکوزیته نمونه‌ها اندازه گیری گردید. با توجه به تخمیر لاکتوز، اسیدیته در طی دوره انکوباسیون به سرعت در حال افزایش بود. بیشترین میزان تیتراسیون اسیدیته در ریز جلبک ۱ درصد به همراه بی فیدوباکتریوم انیمالیس به دست آمد (Mocanu et al., 2013). علاوه بر آن در تمام مواردی که به آن‌ها ریز جلبک اضافه شده بود، میزان نگهداری آب در پایان ذخیره سازی به ۱۳/۳۹ درصد کاهش یافت و حداکثر تعداد زنده بی فیدوباکتریوم انیمالیس در دوره نگهداری $10^7 \times 33$ Cfu اندازه گیری گردید (Fadaei et al., 2013).

در مطالعه (Beheshtipour et al., 2012)، اثر اسپیرولینا در غلظت در ماست پروبیوتیک مطالعه شد و پارامترهای مختلف مانند pH، اسیدیته قابل تیتراسیون و پتانسیل اکسایش و کاهش زنده ماندن باکتری‌ها در طول تخمیر و ذخیره سازی باکتری‌های پروبیوتیک در ۲۸ روز در دمای ۵ درجه سانتی گراد ارزیابی گردید. ترکیب باکتری‌های پروبیوتیک ماست، لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس، بیفیدوباکتریوم لاکتیس و لاکتوباسیلوس دلبورکی بود. مطالعه نمونه‌های تیمار شده با اسپیرولینا نشان داد کاهش pH کندتر، افزایش اسیدیته سریع تر، زمان کم آبی طولانی تر و اسیدیته نهایی بیشتر می شود. غنی سازی یک درصدی زیست توده جلبکی، نتایج بهتری را در نمونه‌های تلقیح شده از هر دو میکروارگانیسم پروبیوتیک نشان داد. علاوه بر آن نشان داده شد که تا پایان ذخیره سازی در نمونه غنی شده ۰/۵ درصد، تعداد باکتری بیش از 10^7 Cfu در هر

زنده ماندن باکتری‌ها بین نمونه‌های حاوی اسپیرولینا و بدون اسپیرولینا وجود داشت. به غیر از این تفاوت، تفاوت عمده‌ای بین نمونه‌های غنی شده با پودر اسپیرولینا وزنی / حجمی ۰/۵ و ۱ درصد مشاهده نشد (Alizadeh Khaledabad et al., 2020).

در تحقیقی تأثیر پودر اسپیرولینا را روی باکتری‌های شیر تخمیر شده بررسی کردند. ابتدا شیر غنی شده و غیر غنی شده حاوی اسیدوفیلوس - بیفیدوس - ترموفیلوس تخمیر شده توسط کشت‌های استارتر دارای بیفی دوباکتریها، لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس و استرپتوکوکوس ترموفیلوس تولید شد. نمونه‌ها به مدت ۶ ساعت در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد در گرم خانه نگهداری شدند. نتایج نشان داد که پودر اسپیرولینا تأثیر مفیدی در بقای کشت استارتر اسیدوفیلوس بیفیدوس ترموفیلوس (ABT) داشت (Varga et al., 2002); به دلیل افزودن زیست توده سیانوباکتری اسید آمینه، ویتامین‌های ضروری و اسیدهای چرب موجود در شیر بهبود یافت (Gupta et al., 2017).

محققان پودر اسپیرولینا را در تولید اسید و رشد باکتری انتروکوکوس فاسیوم و لاکتوباسیلوس پلنتاروم مطالعه کردند. آن‌ها از ۳ گرم پودر اسپیرولینا استفاده کردند و محتوای جامد بین ۲۰-۳۰ درصد بود. نتایج، تحریک در تولید اسید و افزایش میزان رشد انتروکوکوس فاسیوم و لاکتوباسیلوس پلنتاروم را نشان داد ($p < 0.05$). در واقع نتایج نشان داد که این ماده برای تولید مقرون به صرفه غذاهای تخمیر شده مناسب است و تولید سریع اسید از رشد میکروارگانیسم‌های نامطلوب جلوگیری می کند. در این مطالعه، ثابت شد که لاکتوباسیلوس پلنتاروم کمی اسیدی تر از انتروکوکوس فاسیوم است زیرا pH محصولات بین ۵/۱۵، ۵/۳۴، ۴/۶۲ و ۱۰/۵ می شد (Pina-Pérez et al., 2019). مطالعه دیگری توسط موکانو و همکاران در سال ۲۰۱۳ انجام شد که هدف آن بررسی تأثیر زیست توده اسپیرولینا بر

¹ Syneresis

می‌کنند، اما در باکتری بیفیدوباکتریوم بیفیدوم B12 فقط پپتون، تولید اسید را به سطح رضایت‌بخشی افزایش می‌دهد. نتایج نشان داد وقتی که لاکتوباسیلوس بولگاریکوس یا لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس با بیفیدوباکتریوم بیفیدوم مخلوط شد، موجب افزایش در رشد لاکتوباسیل های میله‌ای می‌شود.

در مطالعه دیگری، تغییرات تولید اسید توسط باکتری‌های اسیدلاکتیک مزوفیل رشد یافته در شیر مورد مطالعه قرار گرفت (de Caire et al., 2000). نمونه‌های شیر غنی‌شده با/اسپیرولینا در غلظت‌های مختلف (۰، ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۸ درصد) به میزان ۱ درصد با سویه‌های باکتری‌های اسیدلاکتیک مزوفیل مورد آزمایش قرار گرفتند. pH در فواصل منظم بررسی شد. نتیجه مطالعه نشان داد که غلظت /اسپیرولینا برافزایش اسیدیته لاکتوکوک ها مؤثر است. زیست‌توده سیانوباکتری مورد استفاده در غلظت ۰/۸ درصد به‌طور قابل توجهی ($p < 0/05$) اسیدیته را توسط لاکتوکوک بین ساعت ششم و دوازدهم از فرآیند تخمیر افزایش داد. در نهایت خواص ارگانولپتیک مطلوب در فرمولاسیون محصول تهیه‌شده با کشت مخلوط لاکتوباسیلوس لاکتیک NCAIM B.2128 و لاکتوباسیلوس لاکتیک سرموریس ATCC 19257 و همراه با ده درصد ساکارز، زیست‌توده /اسپیرولین ۰/۳ درصد و پوره توت فرنگی-کیوی ۱/۵ درصد به دست آمد.

در مطالعه دیگری، اثر تحریک‌کننده افزودن /اسپیرولینا بر رشد باکتری‌های شکل کوکوس مورد مطالعه قرار گرفت. این اتفاق به دلیل وجود محصولات خارج سلولی در فاز تأخیری /اسپیرولینا رخ داد؛ بنابراین پیشنهاد شد که محصولات خارج سلولی که از فاز تأخیری کشت /اسپیرولینا به دست می‌آید، باعث تحریک زنده ماندن لاکتیک باکتری‌ها می‌شوند (Niccolai et al., 2019). در این تحقیق، /اسپیرولینا به محیط کشت MRS آگار اضافه شد و به‌وسیله آن رشد باکتریایی تمام سویه‌ها افزایش یافت. نتایج نشان

میلی‌لیتر است. نتایج حاصل از ارزیابی ارگانولپتیک، نشان داد که افراد طعم را نامطلوب حس می‌کنند، علت این مقدار کم به دلیل اکسیداسیون اسید چرب اشباع‌نشده و وجود مواد معدنی به‌عنوان پراکسیدانت است. تغییر رنگ از سبز به آبی و مشاهده دانه‌های ایجادشده توسط ذرات جلبک نامحلول یکی دیگر از دلایل بود. بنابراین، کمترین امتیاز را برای احساس بافت در دهان گزارش کردند. تحقیقی برای استفاده از زیست‌توده اسپیرولینا پلتنسیس غنی‌شده با عناصر کمیاب برای تولید شیرهای تخمیرشده و تحریک تولید اسید و سرعت رشد لاکتیک اسید باکتری‌ها (LAB) انجام شد. محیط کشت‌ها با میکروارگانیسم‌های بولگاریکوس، دلبورسکی، لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس، بیفیدوباکتریوم بیفیدوم و ترموفیلوس تهیه شدند، سپس اثر ۳ گرم بر لیتر /اسپیرولینا را در شیر همراه با عناصر کمیاب مشاهده و بررسی شد. اجزای زیست‌توده سیانوباکتری حاوی ید، زینک، سلنیوم، ویتامین‌های (B کمپلکس، C، A و E) بود. در آزمایش میزان تلقیح باکتری بیفیدوباکتریوم بیفیدوم B12 برابر ۱ درصد (v/v) بود.

استرپتوکوکوس ترموفیلوس و لاکتوباسیلوس بولگاریکوس در دمای ۴۲/۵ درجه سانتی‌گراد تلقیح شدند، درحالی‌که لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس و بی فیدو باکتریوم در ۳۷/۶ درجه سانتی‌گراد تلقیح شدند. pH بافاصله ۱ ساعت بررسی شد و ترکیبات نیتروژن‌دار (پپتون، آدنین، هیپوگزانتین) آزمایش شدند. نتایج نشان داد که ریزجلبک‌ها تأثیر مثبتی بر روی چهار سویه کشت آغازگر دارند (Mocanu et al., 2013). اثر /اسپیرولینا بر روی استرپتوکوکوس ترموفیلوس طی ۲-۶ ساعت تخمیر بررسی شد و نتیجه‌گیری شد که به دلیل وجود عنصر کمیاب و اجزای نیتروژن دار (ازت) همراه با ویتامین‌ها، تأثیر زیادی روی لاکتوباسیلوس بولگاریکوس دارد. در مورد لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس، پپتون و ویتامین‌ها از همه مواد مؤثرتر بودند؛ ویتامین E و سلنیوم تولید اسید را مهار

قابل توجه بود. به طور کلی، تیمارهای کلرلا خواص حسی بهتری نسبت به اسپیرولینا داشتند (Malcata et al., 2019). تفاوت زیادی بین تیمارهای حاوی هر دو ریز جلبک به میزان ۰/۵ تا ۰/۲۵ درصد وجود نداشت. محققان همچنین تهیهی ماست منجمد کم چرب و پروپروتنین غنی شده با پالپ های میوه پاپایا و اسپیرولینا را با هدف یافتن سطح مطلوبی از اسپیرولینا که می تواند برای به دست آوردن ماست منجمد با کیفیت استفاده شود، مطالعه کردند. ماست منجمد تهیه شده با اسپیرولینا (۶ درصد) و پالپ پاپایا (۱۰ درصد)، دارای خواص حسی بهتری در مقایسه با سایر تیمارهایی مورد مطالعه بود. سطوح بالاتر اسپیرولینا بر ویژگی های حسی ماست منجمد، تأثیر منفی گذاشت. علاوه بر آن محققان تأثیر افزودن کلرلا را بر خواص حسی پنیر فرآوری شده بررسی کردند (Golmakani et al., 2019). بنابراین پنیرهای فرآوری شده با کلرلا و بدون کلرلا تهیه شدند. پنیرها در دمای 10°C ، نگهداری شدند. در مقایسه با گروه کنترل، نمرات توصیفی برای رنگ و ویژگی خوراکی پنیر فرآوری شده با کلرلا، بیشتر بود، به منظور تهیهی ماست های آشامیدنی، انواع جدیدی از ماست های نوشیدنی توسط محققان از شیر بدون چربی تهیه شد، که حاوی ۲۵ درصد پودر عصاره کلرلا و ۲/۵ تا ۱۰ درصد عصاره کلرلا به صورت مایع بود و سپس خواص حسی محصول مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج ارزیابی خواص حسی ماست های نوشیدنی حاوی عصاره کلرلا نشان داد که رنگ، طعم، مزه و پذیرش کلی در تیمارهای بدون افزودن عصاره کلرلا نسبت به بقیه نمونه ها مقبولیت بیشتری دارد. همچنین امتیازات ماست حاوی ۲۰ درصد الیگوساکارید، از نظر طعم و خواص حسی، به طور معناداری بیشتر از سایر گروه ها بود (Beheshtipour et al., 2013).

اثرات درمانی تغذیه با محصولات پروبیوتیک

میکروارگانسیم های پروبیوتیک نقشی اساسی در رژیم غذایی مدرن انسان دارند (جدول ۳)؛ بنابراین اکنون محققان

داد که اسپیرولینا به عنوان یک میکروارگانسیم فوتوتوتروفیک عمل می کند که نیتروژن را از محیط کشت مصرف می کند و اگزوپلی ساکارید و سایر ترکیبات را که می توانند اثر تحریک کننده بر LAB داشته باشند، آزاد می کند. در تحقیق دیگری نتایج نشان داد که افزودن اسپیرولینا باعث کاهش pH نمونه ماست می شود (Alizadeh et al., 2020). علت این کاهش اثر اسپیرولینا بر لاکتوباسیلوس بولگاریکوس بود. در تحقیق دیگری، تولید ماست منجمد کم چرب و حاوی پروتئین همراه با تفاله پاپایا و اسپیرولینا را گزارش کردند. هدف از این مطالعه به دست آوردن ماست منجمد با کیفیت بهتر با غلظت مطلوب اسپیرولینا بود. مشخص شد که ۸-۲٪ اسپیرولینا با ۱۰۰٪ تفاله پاپایا قابل قبول تر است. ماست یخ زده با ۶٪ اسپیرولینا و ۱۰٪ تفاله پاپایا با امتیاز ۶/۸ در ویژگی های حسی در بین تمام عملکردها، بهترین نتیجه را یافت. در واقع در نهایت مشخص شد که سطح بالاتر اسپیرولینا به شدت بر خصوصیات ارگانولپتیک ماست منجمد تأثیر می گذارد (Fadaei et al., 2013).

تأثیرات غنی سازی ریزجلبک ها بر خواص حسی محصولات لبنی تخمیر شده

افزودن ریزجلبک ها به شیرهای تخمیر شده می تواند خواص حسی نامطلوب را تغییر دهد. محققان گزارش کردند که تیمارهایی که مقادیر بالاتری از اسپیرولینا را دارند، دارای خواص حسی ضعیف تری نسبت به گروه کنترل شده هستند. اسپیرولینا در مقایسه با کلرلا عطر و طعم نامطلوبی از خود نشان داد (Beheshtipour et al., 2013). افزودن ریزجلبک ها به ماست بر اساس نوع و غلظت ریزجلبک های اضافه شده، رنگ ماست را به سبز یا مایل به آبی تغییر داد، که این یک ویژگی ظاهری نامناسب بود، که توسط اسپیرولینا ایجاد شد. در تیمارهایی دارای ۱ درصد ریز جلبک نامحلول، حالت دانه دانه ای به وجود آمد. از نظر بافت تفاوت قابل توجهی بین تیمارها وجود نداشت، با این حال، تفاوت از نظر بافت خوراکی

طی ۱، ۷، ۱۴ و ۲۱ روز ارزیابی شدند. نتایج تعداد قابل قبول تمام باکتری‌های اسیدلاکتیک را در تمام محصولات مکمل *اسپیرولینا* تا پایان ذخیره‌سازی به بیش از $6 \log \text{Cfu/mL}$ ($p \leq 0.01$) گزارش کرد. علاوه بر آن نمونه حاوی ۰/۵ درصد وزنی/وزنی *اسپیرولینا* و ۱۰ درصد اسفناج به عنوان مهم‌ترین عامل دوام استرپتوکوکوس ترموفیلوس است و ماست با ۰/۸ درصد *اسپیرولینا* حداکثر تأثیر را در کاهش تعداد باکتری‌های زنده داشت. بر اساس استانداردهای فدراسیون بین‌المللی لبنیات با افزودن دو غلظت اسفناج می‌توان باعث افزایش ۰/۵ درصد *اسپیرولینا* شد و در ارزیابی حسی نمونه‌ها مؤثر بود (Fadaei et al., 2013).

در مطالعاتی در سال ۲۰۱۲ آن‌ها در مورد تأثیر *اسپیرولینا* در رشد و تولید اسید (pH) در بسیاری از سویه‌های لاکتوکوکوس و لئوکونوستو در شیر کار کردند. با بررسی شیر حاوی *اسپیرولینا* کشت‌شده و بررسی تأثیر آن بر میزان زنده ماندن لاکتوکوکوس و سپس با خنک کردن آن متوجه شدند استفاده از زیست‌توده *اسپیرولینا* ۰/۳ درصد برای بسیاری از سویه‌های LAB مزوفیل مؤثر بود. از آنجایی که اغلب تعداد بیفیدوباکتریوم در فراورده‌های لبنی تخمیر شده کم است، محققان اثر اولیگوفروکتوز، انسولین، عسل و پودر *اسپیرولینا* را بر روی باکتری‌های پروبیوتیک موجود در شیر در طی تخمیر و هم در یخچال مخصوصاً در میکروارگانیزم بیفیدوباکتریوم بررسی کردند. نتایج نشان داد که زیست‌توده سیانوباکتریایی اثر تحریک‌کننده‌ای بر روی بیفیدوباکتریوم انیمالیسم دارد. درواقع بیفیدوباکتریوم لاکتیس با کاهش pH زیست‌توده جلبکی در شیر با نسبت مشابه در مقایسه با شاهد و نمونه کشت، مؤثر بود. با این وجود، در مقایسه با شاهد، تغییر قابل توجهی در تعداد میکروارگانیزم زنده در شیر گزارش گردید.

برای افزایش کیفیت، از ریزجلبک‌ها در محصولات لبنی تخمیر شده استفاده می‌کنند. به عنوان مثال محققان آزمایشی را برای مشاهده تحریک رشد سه باکتری اسیدلاکتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس، لاکتوباسیلوس کازی و استرپتوکوکوس ترموفیلوس با افزودن زیست‌توده *اسپیرولینا* در مقادیر مختلف، ۱، ۵ و ۱۰ میلی گرم در میلی لیتر انجام دادند. متوجه شدند که این میکروارگانیزم‌ها در $\text{pH}=6/2$ بیشترین میزان رشد را دارند. علاوه بر آن حداکثر رشد در غلظت 10 mg/ml *اسپیرولینا* تا ۱۰ ساعت به میزان $145/90$ ، $171/67$ و $185/84$ درصد به ترتیب در میکروارگانیزم‌های لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس، لاکتوباسیلوس کازی و استرپتوکوکوس ترموفیلوس مشاهده شد (Niccolai et al., 2019).

محققان پیش‌بینی کردند که هرچه تعداد بیفیدوباکتریوم و *اسپیرولینا* در طی نگهداری و دوره ورود به سیستم بیشتر باشد، باعث کنترل بیشتر محصولات می‌شود. یکی از دلایل وجود *اسپیرولینا* این است که باعث تحریک تولید اسید در نمونه‌ها می‌شود؛ بنابراین، مقدار pH در آن نمونه کمتر می‌شود. نتایج مشابهی نیز در مطالعات قبلی به دست آمد و حداقل رشد در استرپتوکوکوس ترموفیلوس در 10 mg/ml نمونه *اسپیرولینا* غنی‌شده در مقایسه با سایر باکتری‌های اسیدلاکتیک را نشان داد (Parada et al., 1998). مطالعه مشابه در سال ۲۰۱۳ انجام شد. در این مطالعه با افزودن اسفناج در ماست غنی‌شده با *اسپیرولینا* تفاوت را با بقیه نمونه‌ها مشاهده کردند. آن‌ها این اثر را بر تعداد محصولات لاکتوباسیلوس بولگاریکوس استرپتوکوکوس ترموفیلوس مشاهده کردند. آن‌ها ۰/۳، ۰/۵ و ۸۰ درصد وزنی/وزنی *اسپیرولینا* را آماده کردند و آن را به نمونه‌های ماست اضافه کردند. آن‌ها از اسفناج به میزان ۱۰ و ۱۳ درصد وزنی بر وزنی در محصولات غنی‌شده با *اسپیرولینا* استفاده کردند. نمونه‌های ماست در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند و در مدت زمان ذخیره‌سازی در

جدول ۳: کاربردهای صنعتی بالقوه ریزجلبک‌ها در غذاهای کاربردی بر اساس نوع محصول و ترکیب زیست فعال (Nowruzi et al., 2020b).

Table 3. Potential industrial applications of microalgae in functional food, sorted by type of food, commercial form of biomass, and bioactive compound.

مزیت سلامتی Health Benefit	ترکیب زیست فعال Bioactive Compound	فرم تجاری Commercial Form	ارزیابی حسی Sensory E_ect	تولید - محصول Product	جنس / گونه‌ها Genus/Species
کاهش خطر کم‌خونی Reduced risk of anemia	پروتئین، PUFA، EPA و DHA Protein, PUFA-! 3, EPA *, DHA	پودر یا مایع Powder or liquid	عطروطعم بهبود یافته است Improved flavor and mouthfeel	شیر Milk	Chlorella sp. Spirulina sp.
ضد سرطان آنتی‌اکسیدان و ضدالتهاب Anticancer; antioxidant and anti-inflammatory	فیکوسیانین Phycocyanin	عصاره Extract	بافت و ویسکوزیته بهبود یافته Improved texture and viscosity	ماست Yoghurt	Arthrospira platensis
ضد سرطان، کاهش خطر زخم معده، یبوست، کم‌خونی، فشارخون بالا، دیابت، بهبود سو تغذیه نوزاد و اختلالات روانی Anticancer; reduced risk of gastric ulcers, constipation, anemia, hypertension, diabetes, infant malnutrition, neurosis	پروتئین، کربوهیدرات، PUFA Protein, carbohydrates, PUFA-! 3	پودر Powder	بافت بهبود یافته Improved texture	پنیر Cheese	Arthrospira platensis Chlorella sp.
سیستم ایمنی و لنفاوی بهبود یافته، محافظت در برابر سرطان و زخم Improved immune and lymphatic systems, protection against cancers and ulcers	پروتئین، کلروفیل، فیکوسیانین Protein, chlorophylls, phycocyanin	پودر یا مایع Powder or liquid	رنگ و طعم ترش بهبود یافته Improved color and sour taste	نوشیدنی بدون الکل Alcohol-free beverage	Spirulina sp.
فعالیت آنتی‌اکسیدانی، جلوگیری از یبوست Antioxidant activity, prevention of constipation	پروتئین، ویتامین‌ها، مواد معدنی Protein, vitamins, minerals	پودر یا آرد Powder or flour	بهبود رنگ و ثبات Improved color and stability	دسر Desserts	Arthrospira maxima Chlorella protothecoides Haematococcus pluvialis
فعالیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant activity	پروتئین، PUFA، EPA، DHA و آستاگزانتین Protein, PUFA-!3, EPA, DHA, astaxanthin	پودر یا آرد Powder or flour	رنگ، ثبات و بافت بهبود یافته Improved color, stability and texture	کلوچه و بیسکویت Cookies and biscuits	Arthrospira platensis Chlorella vulgaris Haematococcus pluvialis Phaeodactylum tricornutum Tetraselmis suecica
سطح چربی و کلسترول را کاهش می‌دهد، باعث سیری می‌شود Reduced fat and cholesterol levels, induced satiety	پروتئین، ویتامین‌ها، مواد معدنی Protein, vitamins, minerals	پودر یا آرد Powder or flour	عطروطعم، بافت و ظاهر بهبود یافته Improved flavor, texture and appearance	نان و کلوچه Bread and cookies	Arthrospira platensis Chlorella sp.

مزیت سلامتی Health Benefit	ترکیب زیست فعال Bioactive Compound	فرم تجاری Commercial Form	ارزیابی حسی Sensory E_ect	تولید - محصول Product	جنس / گونه‌ها Genus/Species
فعالیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant activity	پروتئین، ویتامین‌ها، مواد معدنی Protein, vitamins, minerals	پودر Powder	کمی طعم جلبک دریایی است Slightly seaweed taste	میسو miso	Dunaliella sp. Spirulina sp.
بهبود ایمنی و فشارخون Improved immunity and blood pressure	n.a	پودر Powder	بدون عطر و طعم و بو No flavor or smell	کوجی koji	Chlorella sp. Spirulina sp.
فعالیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant activity	پروتئین، کاروتنوئیدها Protein, carotenoids	پودر Powder	رنگ و بافت بهبود یافته Improved color and texture	ماکارونی Pasta	Dunaliella salina
محافظت در برابر زخم معده، جلوگیری از یبوست، کاهش کم‌خونی و دیابت، بهبود فشارخون Protection against gastric ulcers, prevention of constipation, reduced anemia and diabetes, improved blood pressure	پروتئین، EPA، DHA، PUFA و کاروتنوئیدها Protein, PUFA-!3, EPA, DHA, astaxanthin	پودر Powder	بهبود رنگ، طعم، بافت و صلابت Improved flavor, texture and appearance	ماکارونی Pasta	Diacronena volkianum Isochrysis galbana
فعالیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant activity	GLA، DHA، EPA، PUFA کاروتنوئیدها PUFA, EPA, DHA, GLA ***, carotenoids	ژل‌ها Gels	بهبود رنگ و استحکام Improved color and firmness	ژل‌های غذایی گیاهی Vegetarian food gels	Arthrospira maxima Diacronena volkianum Haematococcus pluvialis
فعالیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant activity	پروتئین، کاروتنوئیدها Protein, carotenoids	روغن یا امولسیون Oil or emulsions	بهبود رنگ و ثبات Improved color and stability	امولسیون یا مایونز گیاهی Emulsions or vegetarian mayonnaise	Chlorella vulgaris Haematococcus pluvialis
فعالیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant activity	کاروتنوئیدها Carotenoids	روغن Oil	بهبود رنگ و ثبات Improved color and stability	روغن سویا Soybean oil	Chlorella vulgaris
فعالیت‌های ضد میکروبی و ضد ویروسی	کاروتنوئیدها Carotenoids	روغن Oil	n.a	n.a	Arthrospira platensis
فعالیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant activity	کاروتنوئیدها Carotenoids	پودر Powder	عطر و طعم بهبود یافته Improved flavor	چاشنی آشپزی بانمک دریا Culinary condiment with sea salt	Dunaliella salina

مزیت سلامتی Health Benefit	ترکیب زیست فعال Bioactive Compound	فرم تجاری Commercial Form	ارزیابی حسی Sensory Effect	تولید - محصول Product	جنس / گونه ها Genus/Species
پیشگیری از یبوست، ایجاد سیری Prevention of constipation, induction of satiety	پروتئین ها، PUFA Proteins, PUFA	پودر، قرص یا مایع Powder, flour, tablet or liquid	n.a	مکمل غذایی Food supplement	Chlorella sp. Schizochytrium sp. Thraustochytrium sp.
n.a.	پروتئین Protein	کپسول Capsules	n.a.	مکمل غذایی Food supplement	Dunaliella sp. Phaeodactylum tricornutum Nannochloris sp. Nannochloropsis sp.
سلامت چشم و مغز، محافظت در برابر اشعه ماوراء بنفش و سلامت پوست، ضد انعقادی و ضدالتهابی در دیابت، تعدیل سیستم ایمنی بدن، سلامت قلب و عروق Improved eye and brain health, UV protection and skin health, anti-coagulatory and anti-inflammatory effects in diabetes, immune system modulation, cardiovascular health	آستاگزانتین Astaxanthin	کپسول Capsules	n.a.	مکمل غذایی Food supplement	Haematococcus pluvialis
n.a.	ARA	پودر یا قرص Powder or tablet	n.a	مکمل غذایی Food supplement	Parietochoris incisa
پیشگیری از چاقی و دیابت Prevention of obesity and diabetes	n.a	عصاره Extract	n.a.	مکمل غذایی Food supplement	Tetraselmis sueci

n.a - اطلاعات موجود نیست. EPA: ایکوزاپنتانویک اسید، DHA: دوکوزاهگزانوئیک اسید، GLA: گاما لینولنیک اسید، ARA: اسیدآراشیدونیک اسید

تأثیر سینوبیوتیکی^۱ الیگوساکاریدهای جلبکی

نتیجه‌گیری

در آینده‌ای نزدیک غذای پروبیوتیک مکمل جلبکی با هزینه کمتر و احتمال آلودگی کمتر به‌طور وسیع تولید می‌شود؛ بنابراین، به‌راحتی می‌توان هم‌زمان از هر دو منبع با هزینه مشابه بهره برد. همان‌طور که می‌دانیم/اسپیرولینا که غنی از ویتامین و اسیدآمین و باکتری‌های اسیدلاکتیک می‌باشد و برای سلامت روده مصرف می‌شود. درواقع مصرف منظم/اسپیرولینا نه‌تنها باکتری‌های اسیدلاکتیک روده را بهبود می‌بخشد، بلکه از رشد بیماری‌های مضر انسانی نیز جلوگیری می‌کند و درنهایت منجر به بهبود جذب روده می‌شود. ترکیب/اسپیرولینا و باکتری‌های اسیدلاکتیک فرصت جدیدی در رابطه با ارزیابی حسی برای تولیدکننده ایجاد می‌کند. ترکیب این دو با سایر منابع غذایی مانند میوه‌ها و سبزی‌ها می‌تواند غذاهای سالم و خوش‌طعم جدیدی ایجاد کند و علاوه بر ایجاد طعم، رنگ، عطر، بافت و بالا بردن کیفیت برخی از غذاهای تخمیر شده سنتی، این فرصت را برای برخی غذاهای تخمیر شده جدید نیز با همان هزینه به وجود می‌آورد. حتی می‌توان با کشت هم‌زمان جلبک‌ها با میکروارگانیسم‌های تخمیری (غیر از باکتری‌های لاکتیک اسید)، به‌عنوان مثال ساکارومایسس سرویزیه و آسپرژیلوس نایجر مواد غذایی مطلوب‌تری را برای مصرف‌کنندگان از نظر سلامتی ایجاد کرد.

ترکیبی از پروبیوتیک‌ها و پروبیوتیک‌هایی که سین بیوتیک را تشکیل می‌دهند، می‌توانند باعث تحریک و افزایش بقای پروبیوتیک و سویه‌های باکتریایی در دستگاه روده شوند. پروبیوتیک‌ها می‌توانند یک روش درمانی امیدوارکننده، برای حفظ و بازسازی محیط روده باشد (Patel et al., 2021). مصرف میکروارگانیسم‌های زنده سالم مانند باکتری‌های اسیدلاکتیک با پروبیوتیک‌هایی مانند اینولین، گالاتالیکوساکارید و اولیگوفروکتوز ممکن است باعث تقویت ترکیب میکروبی شود (Bhowmik et al., 2009). این ترکیبات ممکن است با افزایش تأثیر بر روده بزرگ باعث بهبود بقای باکتری‌های روده شوند. مطالعات تحقیقاتی متنوعی نشان داده‌اند که عصاره‌های آبی جلبک‌هایی مانند کلرلا،/اسپیرولینا، دونالیا و کلروکوکوک مانع بالقوه‌ای برای تولید پروبیوتیک هستند (Beheshtipour et al., 2013) و تأثیرات تحریکی بر روی رشد سه باکتری پروبیوتیکی لاکتوباسیلوس بولگاریکوس، لاکتوباسیلوس لاکتیس و بیفیدوباکتریوم لانگوم دارند. درواقع تولید زیالوز و گالاتوز و الیگوساکاریدها تحریک‌کننده ترکیبات پروبیوتیکی هستند، بنابراین دامنه‌ی وسیعی برای تولید موفق پروبیوتیک‌ها از منابع جلبکی وجود دارد (Patel et al., 2021).

تعارض منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافی برای اعلام ندارند.

مراجع

- Akalin, A., Unal, G., & Dalay, M. (2009). Influence of *Spirulina platensis* biomass on microbiological viability in traditional and probiotic yogurts during refrigerated storage. *Italian Journal of Food Science*, 21(3), 357-364.
- Alizadeh Khaledabad, M., Ghasempour, Z., Moghaddas Kia, E., Rezazad Bari, M., & Zarrin, R. (2020). Probiotic yoghurt functionalised with microalgae and Zedo gum: chemical, microbiological, rheological and sensory characteristics. *International Journal of Dairy Technology*, 73(1), 67-75.

¹ Synbiotic

- Anvara, A. A., & Nowruzib, B. Bioactive Properties of Spirulina: A Review.
- Beheshtipour, H., Mortazavian, A. M., Haratian, P., & Darani, K. K. (2012). Effects of *Chlorella vulgaris* and *Arthrospira platensis* addition on viability of probiotic bacteria in yogurt and its biochemical properties. *European Food Research and Technology*, 235(4), 719-728.
- Beheshtipour, H., Mortazavian, A. M., Mohammadi, R., Sohrabvandi, S., & Khosravi-Darani, K. (2013). Supplementation of *Spirulina platensis* and *Chlorella vulgaris* algae into probiotic fermented milks. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 12(2), 144-154.
- Bhowmik, D., Dubey, J., & Mehra, S. (2009). Probiotic efficiency of *Spirulina platensis*-stimulating growth of lactic acid bacteria. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 4(2), 160-163.
- Camacho, F., Macedo, A., & Malcata, F. (2019). Potential industrial applications and commercialization of microalgae in the functional food and feed industries: A short review. *Marine drugs*, 17(6), 312.
- de Caire, G. Z., Parada, J. L., Zaccaro, M. C., & de Cano, M. M. S. (2000). Effect of *Spirulina platensis* biomass on the growth of lactic acid bacteria in milk. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 16(6), 563-565.
- Fadaei, V., Mohamadi-Alasti, F., & Khosravi-Darani, K. (2013). Influence of *Spirulina platensis* powder on the starter culture viability in probiotic yoghurt containing spinach during cold storage. *European Journal of Experimental Biology*, 3(3), 389-393.
- Golmakani, M.-T., Soleimanian-Zad, S., Alavi, N., Nazari, E., & Eskandari, M. H. (2019). Effect of *Spirulina* (*Arthrospira platensis*) powder on probiotic bacteriologically acidified feta-type cheese. *Journal of Applied Phycology*, 31(2), 1085-1094.
- Güldaş, M., & Irkin, R. (2010). Influence of *Spirulina platensis* powder on the microflora of yoghurt and acidophilus milk.
- Gupta, S., Gupta, C., Garg, A., & Prakash, D. (2017). Prebiotic efficiency of blue green algae on probiotics microorganisms. *J Microbiol Exp*, 4(4), 00120.
- Jafari Porzani, S., Konur, O., & Nowruzi, B. (2021). Cyanobacterial natural products as sources for antiviral drug discovery against COVID-19. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, 1-17.
- Kavimandan, A. (2015). Incorporation of *Spirulina platensis* into probiotic fermented dairy products. *Int. J. Dairy Sci*, 10, 1-11.
- Malcata, F., Macedo, Â., & Camacho, F. (2019). Potential industrial applications and commercialization of microalgae in the functional food and feed industries: a short review.
- Martelli, F., Cirlini, M., Lazzi, C., Neviani, E., & Bernini, V. (2021). Solid-state fermentation of *Arthrospira platensis* to implement new food products: evaluation of stabilization treatments and bacterial growth on the volatile fraction. *Foods*, 10(1), 67.
- Mazinani, S., Fadaei, V., & Khosravi-Darani, K. (2016). Impact of *Spirulina platensis* on physicochemical properties and viability of *Lactobacillus acidophilus* of probiotic UF feta cheese. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40(6), 1318-1324.
- Mocanu, G., Botez, E., Nistor, O. V., Andronoiu, D., & Vlăsceanu, G. (2013). Influence of *Spirulina platensis* biomass over some starter culture of lactic bacteria. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 19(4), 474-479.
- Niccolai, A., Shannon, E., Abu-Ghannam, N., Biondi, N., Rodolfi, L., & Tredici, M. R. (2019). Lactic acid fermentation of *Arthrospira platensis* (*spirulina*) biomass for probiotic-based products. *Journal of Applied Phycology*, 31(2), 1077-1083.
- Nowruzi, B., Sarvari, G., & Blanco, S. (2020a). Applications of cyanobacteria in biomedicine. In *Handbook of Algal Science, Technology and Medicine* (pp. 441-453). Elsevier.
- Nowruzi, B., Sarvari, G., & Blanco, S. (2020b). The cosmetic application of cyanobacterial secondary metabolites. *Algal Research*, 49, 101959.
- Pan-Utai, W., Atkonghan, J., Onsamark, T., & Imthalay, W. (2020). Effect of *Arthrospira* Microalga Fortification on Physicochemical Properties of Yogurt. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 8(2), 531-540.
- Parada, J. L., de Caire, G. Z., de Mulé, M. a. C. Z., & de Cano, M. M. S. (1998). Lactic acid bacteria growth promoters from *Spirulina platensis*. *International journal of food microbiology*, 45(3), 225-228.
- Patel, A. K., Singhanian, R. R., Awasthi, M. K., Varjani, S., Bhatia, S. K., Tsai, M.-L., . . . Dong, C.-D. (2021). Emerging prospects of macro-and microalgae as prebiotic. *Microbial Cell Factories*, 20(1), 1-16.

- Patel, P., Jethani, H., Radha, C., Vijayendra, S., Mudliar, S. N., Sarada, R., & Chauhan, V. S. (2019). Development of a carotenoid enriched probiotic yogurt from fresh biomass of *Spirulina* and its characterization. *Journal of food science and technology*, 56(8), 3721-3731.
- Pina-Pérez, M. C., Brück, W., Brück, T., & Beyrer, M. (2019). Microalgae as healthy ingredients for functional foods. In *The role of alternative and innovative food ingredients and products in consumer wellness* (pp. 103-137). Elsevier.
- Varga, L., Szigeti, J., Kovács, R., Földes, T., & Buti, S. (2002). Influence of a *Spirulina platensis* biomass on the microflora of fermented ABT milks during storage (R1). *Journal of Dairy Science*, 85(5), 1031-1038.
- Ahda, M., Suhendra, & Permadi, A. (2024). *Spirulina platensis* microalgae as high protein-based products for diabetes treatment. *Food Reviews International*, 40(6), 1796-1804 .
- Akalın, A., Unal, G., & Dalay, M. (2009). Influence of *Spirulina platensis* biomass on microbiological viability in traditional and probiotic yogurts during refrigerated storage. *Italian Journal of Food Science*, 21(3), 357-364 .
- Alizadeh Khaledabad, M., Ghasempour, Z., Moghaddas Kia, E., Rezazad Bari, M., & Zarrin, R. (2020). Probiotic yoghurt functionalised with microalgae and Zedo gum: chemical, microbiological, rheological and sensory characteristics. *International Journal of Dairy Technology*, 73(1), 67-75 .
- Beheshtipour, H., Mortazavian, A. M., Haratian, P., & Darani, K. K. (2012). Effects of *Chlorella vulgaris* and *Arthrospira platensis* addition on viability of probiotic bacteria in yogurt and its biochemical properties. *European Food Research and Technology*, 235(4), 719-728 .
- Beheshtipour, H., Mortazavian, A. M., Mohammadi, R., Sohrabvandi, S., & Khosravi-Darani, K. (2013). Supplementation of *Spirulina platensis* and *Chlorella vulgaris* algae into probiotic fermented milks. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 12(2), 144-154 .
- Bhowmik, D., Dubey, J., & Mehra, S. (۲۰۰۹). Probiotic efficiency of *Spirulina platensis*-stimulating growth of lactic acid bacteria. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 4(2), 160-163 .
- Camacho, F., Macedo, A., & Malcata, F. (2019). Potential industrial applications and commercialization of microalgae in the functional food and feed industries: A short review. *Marine drugs*, 17(6), 312 .
- de Caire, G. Z., Parada, J. L., Zaccaro, M. C., & de Cano, M. M. S. (2000). Effect of *Spirulina platensis* biomass on the growth of lactic acid bacteria in milk. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 16(6), 563-565 .
- Fadaei, V., Mohamadi-Alasti, F., & Khosravi-Darani, K. (2013). Influence of *Spirulina platensis* powder on the starter culture viability in probiotic yoghurt containing spinach during cold storage. *European Journal of Experimental Biology*, 3(3), 389-393 .
- Golmakani, M.-T., Soleimani-Zad, S., Alavi, N., Nazari, E., & Eskandari, M. H. (2019). Effect of *Spirulina* (*Arthrospira platensis*) powder on probiotic bacteriologically acidified feta-type cheese. *Journal of Applied Phycology*, 31(2), 1085-1094 .
- Grosshagauer, S., Kraemer, K., & Somoza, V. (2020). The true value of *Spirulina*. *Journal of agricultural and food chemistry*, 68(14), 4109-4115 .
- Güldaş, M., & Irkin, R. (2010). Influence of *Spirulina platensis* powder on the microflora of yoghurt and acidophilus milk .
- Gupta, S., Gupta, C., Garg, A., & Prakash, D. (2017). Prebiotic efficiency of blue green algae on probiotics microorganisms. *J Microbiol Exp*, 4(4), 00120 .
- Jafari Porzani, S., Konur, O., & Nowruzi, B. (2021). Cyanobacterial natural products as sources for antiviral drug discovery against COVID-19. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, 1-17 .
- Kavimandan, A. (2015). Incorporation of *Spirulina platensis* into probiotic fermented dairy products. *Int. J. Dairy Sci*, 10, 1-11 .
- Khan, Z., Bhadouria, P., & Bisen, P. (2005). Nutritional and therapeutic potential of *Spirulina*. *Current pharmaceutical biotechnology*, 6(5), 373-379 .

- Kulshreshtha, A., Jarouliya, U., Bhadauriya, P., Prasad, G., & Bisen, P. (2008). Spirulina in health care management. *Current pharmaceutical biotechnology*, 9(5), 400-405 .
- Malcata, F., Macedo, Â., & Camacho, F. (2019). Potential industrial applications and commercialization of microalgae in the functional food and feed industries: a short review .
- Martelli, F., Cirlini, M., Lazzi, C., Neviani, E., & Bernini, V. (2021). Solid-state fermentation of *Arthrospira platensis* to implement new food products: evaluation of stabilization treatments and bacterial growth on the volatile fraction. *Foods*, 10(1), 67 .
- Mazinani, S., Fadaei, V., & Khosravi-Darani, K. (2016). Impact of *Spirulina platensis* on physicochemical properties and viability of *Lactobacillus acidophilus* of probiotic UF feta cheese. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40(6), 1318-1324 .
- Mocanu, G., Botez, E., Nistor, O. V., Andronoiu, D., & Vlăsceanu, G. (2013). Influence of *Spirulina platensis* biomass over some starter culture of lactic bacteria. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 19(4), 474-479 .
- Niccolai, A., Shannon, E., Abu-Ghannam, N., Biondi, N., Rodolfi, L., & Tredici, M. R. (2019). Lactic acid fermentation of *Arthrospira platensis* (spirulina) biomass for probiotic-based products. *Journal of Applied Phycology*, 31(2), 1077-1083 .
- Nowruzi, B., Anvar, S. A. A., & Shafaroodi, A. (2024). Study of phycocyanin powder on probiotic bacteriologically and antioxidant properties of yogurt at 4° C. *Nutrire*, 49(2), 42 .
- Nowruzi, B., Sarvari, G., & Blanco, S. (2020a). Applications of cyanobacteria in biomedicine. In *Handbook of Algal Science, Technology and Medicine* (pp. 441-453). Elsevier .
- Nowruzi, B., Sarvari, G., & Blanco, S. (2020b). The cosmetic application of cyanobacterial secondary metabolites. *Algal Research*, 49, 101959 .
- Pan-Utai, W., Atkonghan, J., Onsamark, T., & Imthalay, W. (2020). Effect of *Arthrospira* Microalga Fortification on Physicochemical Properties of Yogurt. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 8(2), 531-540 .
- Parada, J. L., de Caire, G. Z., de Mulé, M. a. C. Z., & de Cano, M. M. S. (1998). Lactic acid bacteria growth promoters from *Spirulina platensis*. *International journal of food microbiology*, 45(3), 225-228 .
- Patel, A. K., Singhanian, R. R., Awasthi, M. K., Varjani, S., Bhatia, S. K., Tsai, M.-L., ... Dong, C.-D. (2021). Emerging prospects of macro-and microalgae as prebiotic. *Microbial Cell Factories*, 20(1), 1-16 .
- Patel, P., Jethani, H., Radha, C., Vijayendra, S., Mudliar, S. N., Sarada, R., & Chauhan, V. S. (2019). Development of a carotenoid enriched probiotic yogurt from fresh biomass of *Spirulina* and its characterization. *Journal of food science and technology*, 56(8), 3721-3731 .
- Pina-Pérez, M. C., Brück, W., Brück, T., & Beyrer, M. (2019). Microalgae as healthy ingredients for functional foods. In *The role of alternative and innovative food ingredients and products in consumer wellness* (pp. 103-137). Elsevier .
- Shah, M. A. R., Zhu, F., Cui, Y., Hu, X., Chen, H., Kayani, S.-I., & Huo, S. (2024). Mechanistic insights into the nutritional and therapeutic potential of *Spirulina* (*Arthrospira*) spp.: Challenges and opportunities. *Trends in Food Science & Technology*, 104648 .
- Valikboni, S. Q., Anvar, S. A. A., & Nowruzi, B. (2024). Study of the effect of phycocyanin powder on physicochemical characteristics of probiotic acidified feta-type cheese during refrigerated storage. *Nutrire*, 49(2), 41 .
- Varga, L., Szigeti, J., Kovács, R., Földes, T., & Buti, S. (2002). Influence of a *Spirulina platensis* biomass on the microflora of fermented ABT milks during storage (R1). *Journal of Dairy Science*, 85(5), 1031-1038 .

Original Research

A review of using the microalgae in increasing the shelf life of probiotic bacteria

B. Nowruzi*

*Corresponding Author: Associate professor of Department of Biotechnology, Faculty of Converging Sciences and Technologies, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

Email: bahare77biol@gmail.com

Received: 3 February 2024 Accepted: 11 June 2024

http://doi: 10.22092/FOODER.2024.364914.1383

ABSTRACT

Cyanobacteria, especially spirulina microalgae, are rich sources of organic nutrients that, as beneficial food supplements, increase the growth of intestinal probiotic bacteria. The purpose of this review article is to investigate the effect of adding microalgae to food on increasing the shelf life of probiotic bacteria. A detailed search was carried out, both the experience and articles of authors and the latest articles in the PubMed, Web of Science, Google Scholar, ScienceDirect, Scopus, Medline, and Scientific Information Database databases. *Spirulina* contains more than 78 percent protein, vitamins, 4 to 7 percent fat, minerals, carbohydrates and many micronutrients that have been very healing in the treatment of diseases such as cancer, hypertension, diabetes, anemia, etc. By producing extracellular exopolysaccharides, *Spirulina* not only increases the number and growth of lactic acid bacteria such as *Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactococcus lactis*, *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus casei*, but also increases bacterial viability and survival in bacteria. Fermented dairy products play a beneficial role in the food industry. The combination of microalgae and probiotics leads to the production of fermented dairy products that not only increase the quality of food, but also increase their nutritional value for consumers by increasing the number and shelf life of probiotic bacteria.

Keywords: Prebiotic, Probiotic, Spirulina, Food Industry