مقاله علمی – ترویجی:

اسپیرولینا، غذای آیندگان

ولید هوتی[۱]، رامین مناف‌فر*[۱]

*r.manaffar@urmia.ac.ir

۱ – گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

تاریخ دریافت: خرداد ۱۴۰۱ تاریخ پذیرش: شهریور ۱۴۰۱

چکیده

اسپیرولینا سیانوباکتر فتوسنتز کننده‌ای است که در بسیاری از کشورهای گرمسیری و نیمه گرمسیری و مناطق معتدله به عنوان تغذیه انسان و حیوانات به صورت تجاری کشت داده می‌شود. این محصول تجاری به دلیل مواد مغذی با ارزش، منبعی غنی از پروتئین و ویتامین‌هاست که در صنعت داروسازی، مواد غذایی و شیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در دو دهه اخیر، تولید ریزجلبک برای غذا بیش از پنج برابر افزایش یافته است و اکنون جلبک‌ها در حدود ۸۰ کشور جهان مصرف می‌شود. همچنین این جلبک در ۲۲ کشور تولید می‌شود که بازار اروپا به تنهایی ۳۲ درصد از کل تولید را مصرف می‌کند. بر اساس مشاهدات انجام شده، یکی از بالاترین نرخ‌های رشد سالانه ۱۵ درصد در این حوزه به ثبت رسیده است. سازمان فضایی آمریکا (ناسا) این ریز جلبک را به عنوان "سوپر فود" نامگذاری کرده است و در تلاش است تا به‌وسیله *اسپیرولینا* برای فضانوردان جیره‌های غذایی مفید تهیه نماید. هدف از مطالعه حاضر بررسی و شناخت جلبک *اسپیرولینا* به عنوان غذایی برای نسل آینده بشر می‌باشد.

کلمات کلیدی: *جلبک اسپیرولینا*، آبزی‌پروری، آبزیان، غذا

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1402.10.2.1.1]

مقدمه

اسپیرولینا[1]، جلبک سبز-آبی دارای ویژگی فتوسنتزکنندگی می‌باشد که در بسیاری از نواحی کره زمین به‌خصوص در آب و هوای گرمسیری و نیمه گرمسیری به صورت طبیعی وجود دارد یا به صورت مصنوعی به عنوان غذای انسان کشت داده می‌شود (Beyrer *et al.*, 2020). این محصول تجاری به دلیل مواد مغذی با ارزش، به عنوان منبعی غنی از پروتئین و ویتامین‌هاست که در صنعت داروسازی، مواد غذایی و شیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Molino *et al.*, 2019). مصرف *Spirulina* به عنوان یک ماده غذایی کاربردی اخیراً در کشورهای غربی افزایش یافته است. *Spirulina* منبع عالی متابولیت‌های ثانویه زیست فعال به‌جز کربوهیدرات‌ها، ویتامین‌ها، پروتئین، مواد معدنی، اسیدهای چرب ضروری و فیبرهای غذایی می‌باشد که به عنوان مکمل غذایی در صنایع غذایی به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد (Menegotto *et al.*, 2019). این جلبک به دلیل داشتن ترکیبات مهم و تاثیرگذار و مزایای بهداشتی مرتبط با مصرف *اسپیرولینا* (یا ترکیبات مشتق شده از آن)، پتانسیل تبدیل شدن به یک غذای مهم در آینده و استفاده از آن به عنوان عنصری در توسعه غذاهای عملکردی را نشان می‌دهد (Lafaraga *et al.*, 2020). همچنین این جلبک دارای کیفیت پروتئین تغذیه‌ای بالا با نسبت اسید آمینه‌های ضروری توصیه شده از سازمان غذا و کشاورزی سازمان ملل متحد (FAO) بوده و همچنین حاوی اسیدهای چرب ضروری و مواد معدنی غنی نیز می‌باشد (Menegotto *et al.*, 2019).

از دیدگاه بیوتکنولوژیک، پروتئین‌های *Spirulina platensis* ممکن است جزء با ارزشمندترین پروتئین‌ها در غذاها باشند که می‌توانند به پردازش صنعت و ویژگی‌های تغذیه‌ای کمک بسیار کنند (Lupatini *et al.*, 2017). ریز جلبک‌ها مانند *S. platensis* دارای ویژگی‌های شیمیایی مانند محتوای پروتئین بالا (۷۰٪)، چربی‌ها (۳-۹٪)، کربوهیدرات‌ها (۱۵-۳۰٪)، βکاروتن (برتر از هویج) و ویتامین‌ها (B_1, B_2, B_{12}) هستند. این زیست‌توده با ترکیبات عالی از کاربرد بسیار در تغذیه حیوانات و همچنین انسان برخوردار است (Cardoso *et al.*, 2020). از این ریز جلبک (*اسپیرولینا*) به عنوان "غذایی برای آینده" یاد شده است، زیرا از قابلیت سنتز به صورت مواد غذایی متراکم با کیفیت بالا برخوردار است و نسبت به سایر جلبک‌ها کارایی بیشتر و بهتری دارد (Costa *et al.*, 2019). هدف از مطالعه حاضر بررسی و شناخت جلبک *اسپیرولینا* به عنوان غذایی برای نسل آینده بشر می‌باشد (شکل ۱).



شکل ۱: جلبک اسپیرولینا (بزرگنمایی ۴۰۰)

معرفی اسپیرولینا

اسپیرولینا، متعلق به خانواده اسیلاتوریاسه، با نام علمی *Arthospira*

یک جنس از سیانوباکتری‌های فتوسنتزی میکروسکوپی و فیلامنتوس (جلبک‌های سبز- آبی) و غیر سمی می‌باشد. همچنین مواد غذایی بیشتر عمدتاً از دو جنس *A. maxima* و *A. platensis* تولید می‌شوند که از دوران باستان به عنوان منبع غذایی مورد استفاده بشر قرار گرفته‌اند (Koukouraki *et al.*, 2020). این میکرو جلبک تک رشته‌ای شناور آزاد است که به طور طبیعی در محیط‌های گرم آبزی رشد می‌کند. در سراسر جهان، این گیاه در زیستگاه طبیعی، حوضچه‌ها و دریاچه‌های خود کشت می‌شود. به طور سنتی از ابتدای قرن شانزدهم در جوامع آسیایی، آفریقایی و مکزیک، از این جلبک برای مصرف مستقیم انسان استفاده می‌شود (de Morais *et al.*, 2015). این محصول تجاری می‌باشد و به دلیل دارا بودن مواد مغذی با ارزش، به‌عنوان منبعی غنی از پروتئین و ویتامین‌ها است که در صنعت داروسازی، مواد غذایی به‌وفور استفاده می‌شود. همچنین جلبک *اسپیرولینا* گونه *platensis* بهترین جلبک آب شیرین

[1] *Spirulina*

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1402.10.2.1.1]

مورد استفاده در رژیم آبزی‌پروری می‌باشد (Teimouri *et al.*, 2019).

مشکلات تأمین منابع غذایی انسان در قرن حاضر

ایمنی مواد غذایی یک مسئله جهانی است و تأثیر قابل توجهی بر سلامت انسان دارد. سالانه بیش از ۲ میلیارد نفر تحت تأثیر بیماری‌های مربوط به غذا قرار دارند که شیوع ناشی از غذا را در سطح جهانی افزایش می‌دهد (Uyttendaele *et al.*, 2016). غذا به عنوان یک ماده حیاتی برای تأمین انرژی و مواد مغذی لازم به منظور حفظ زندگی و ادامه حیات و رشد محسوب می‌شود. نگاه بشر به مواد غذایی نه تنها برای سیر شدن، بلکه برآورده نمودن نیازهای روانی و ذهنی افراد است. روشن است که غذا تنها یک نیاز فیزیولوژیک نبوده بلکه به عنوان یک نیاز اجتماعی و نمادی برای تعلقات ذهنی، آداب و سنن، جایگاه اجتماعی و روابطی است که بین افراد جامعه حکم‌فرماست (Counihan and Van Esterik, 2012). غذا و تغذیه یکی از ضروری‌ترین نیازهای بشر می‌باشد که همواره از بدو پیدایش تا به امروز جوامع انسانی با آن روبه‌رو بوده‌اند. عواملی مانند رابطه غذا و سلامت، کمبودهای غذایی، اجرای سیاست‌های غذایی در سطوح مختلف محلی، ملی و جهانی، پیامدهای رفتارهای تغذیه‌ای تحت تأثیر مجموعه‌ای از عوامل فرهنگی و محیطی شکل می‌گیرند، بسیاری از انتخاب‌ها نسبت به غذاها و عادات غذایی نه به دلیل آموزش‌های فردی بلکه تحت تأثیر فرهنگ، محیط، اقتصاد، سلامت و روابط اجتماعی ظهور یافته است (Kuhnlein *et al.*, 2006).

مهم‌ترین چالش‌های امنیت غذایی

الف) افزایش قیمت جهانی مواد غذایی: این گرانی که موجب کاهش دسترسی فقرا به غذا و پیدایش بیش از یکصد میلیون نفر فقیر جدید شده است "سونامی گرسنگی" نامیده شده است (اسفندیاری و میرعباسی، ۱۳۹۱). بر همین اساس در سالهای اخیر در کشورهای توسعه یافته میلیاردها دلار سوبسید به تولید عمده مواد غذایی اختصاص یافته است.

ب) تغییرات جوی و گرم شدن کره زمین: تغییر اقلیم و افزایش دما اثراتی بر چرخه آب و هوا و فرآیند کشاورزی دارد که از عمده‌ترین آنها می‌توان به تاثیر افزایش دما بر عملکرد محصولات اشاره نمود. اطمینان از دسترسی و تحقق امنیت غذایی با شرایط مذکور با تردیدهای جدی مواجه بوده است و رفع آن مستلزم اتخاذ تصمیمات مناسب جهت حمایت‌های اصولی و سرمایه‌گذاری‌های کافی و مناسب در بخش کشاورزی کشورها می‌باشد (اسفندیاری و میرعباسی، ۱۳۹۱).

ج) تخریب منابع طبیعی: در نیم قرن گذشته حدود ۲ میلیارد از ۷/۸ میلیارد هکتار اراضی کشاورزی، مراتع دائمی و جنگل‌ها تخریب شده که بیش از ۸۰ کشور جهان را تحت تاثیر قرار داده است و بیش از ۳۰ کشور جهان با تخریب اراضی خشک و بیابان‌زایی مواجهند. تخمین زده می‌شود که ۱۰-۵ میلیون هکتار به طور سالانه از حیز انتفاع خارج شده و غیر قابل برگشت نیز می‌شود. طی چند سال گذشته به طور سالانه ۰/۸درصد از جنگل‌های نواحی گرمسیری جهان برای سایر مصارف تبدیل شده است. کشاورزان فقیر از این اراضی برای کشاورزی استفاده می‌کنند تا غذای خود را تامین کنند و این بدان معناست که دوم سوم جنگل‌زدایی جهانی در این محدوده زمانی اتفاق افتاده است (ملکوتی و شتایی جویباری، ۱۳۸۴).

د) کاهش اراضی زیر کشت: توزیع اراضی متعدد در جهان بسیار نامتوازن است. در هفت کشور آرژانتین، برزیل، کلمبیا، بولیوی، آنگولا، کنگو و سودان ۵۰ درصد از اراضی مستعد زیر کشت قرار دارد. در خاور نزدیک و شمال آفریقا ۷۸ درصد و در جنوب آسیا ۹۶ درصد اراضی مناسب زیر کشت رفته است. در چند کشور خاورمیانه و آفریقا بیلان اراضی منفی است. است. به‌علاوه، افزایش تولید نیاز به گسترش تحقیقات و فناوری‌های جدید دارد (کلانتری، ۱۳۸۹).

ه) جهانی شدن اقتصاد و نظام‌های تولید: جهانی شدن و گستردگی وابستگی‌های اقتصادی باعث شده است که تصمیم‌گیری فعالیت‌های کشاورزی نه تنها در سطح ملی بلکه حتی در سطح یک مزرعه نیز متاثر از تحولات و تغییرات اقتصاد جهانی و روندهای آن باشد. نظام‌های تولید نیز به مقدار زیادی تحت تاثیر پدیده جهانی شدن قرار دارند (سلاطین و همکاران، ۱۳۹۶).

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1402.10.2.1.1]

و) فرسایش منابع پایه و بحران‌های زیست محیطی: گذشته از صدمه‌های ناشی از تخریب محیط زیست بر حیات انسانی، از دیگر پیامدهای ناشی از تخریب منابع طبیعی در اثر به‌کارگیری الگوهای نامناسب تولیدی، می‌توان به ناپایداری نظام‌های تولید و بهره‌برداری کشاورزی و از بین رفتن منابع پایه و در نتیجه، تحدید امکانات تولیدی اشاره نمود (اسفندیاری و میرعباسی، ۱۳۹۱). تغییرات زیست محیطی، رشد جمعیت، توزیع نابرابر غذا و گرایش روزافزون به مصرف غذاهای با منبع حیوانی از عواقب و تعیین‌کننده‌های نظام ناپایدار غذا و تغذیه هستند (Godfray *et al.*, 2010; Johnston *et al.*, 2014). این تغییرات موجب شده است که بخش عظیمی از تنوع زیستی از دست رفته و زیست بوم تخریب شود که خود بر سیستم کشاورزی، معیشت و سلامت اثرگذارند (Johnston *et al.*, 2014). بر اساس تعریف سازمان خوار و بار جهانی (FAO) مولفه‌های اصلی رژیم غذایی ایمن شامل: تندرستی و سلامت، تنوع زیستی، محیط زیست و آب و هوا، برابری و تجارت عادلانه، غذاهای منطبق با اکوسیستم، محلی و فصلی، مهارت و میراث فرهنگی، تأمین نیازهای تغذیه‌ای، امنیت غذایی و دسترسی به غذاست (Johnston *et al.*, 2014). ریز جلبک *اسپیرولینا* به عنوان مکمل غذایی دریایی و دوستدار محیط زیست به طور کلی، به عنوان غذای امن و سرشار از پروتئین و سایر مواد معدنی ضروری بدن شناخته شده است و به دلیل سابقه طولانی در استفاده از این ریزجلبک، سازمان غذا و دارو (FDA) آن را در سبد مواد غذاهای جدید قرار داده است (Lafarga *et al.*, 2020).

گرمایش کره زمین و تاثیر کشاورزی و دامداری مدرن بر آن

تغییرات اقلیمی[1] فرآیند منحصر به زمان ما نبوده و براساس شواهد موجود، کره زمین در دوران‌های مختلف زمین‌شناسی همواره با چنین تغییراتی مواجه بوده ولی آنچه تغییرات اقلیمی قرن حاضر به‌ویژه نیمه دوم قرن بیستم را از گذشته، متمایز ساخته است، ماهیت و سرعت آن می‌باشد. عوامل بسیار زیادی بر گرم شدن کره زمین تاثیر دارند، ولی مهم‌ترین عامل، انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌باشد (مرادی و امینیان،۱۳۹۱). منشأ انتشار گازهای گلخانه‌ای در این کره خاکی، بسیار متنوع بوده ولی بیشترین منبع انتشار این گازها، ناشی از کاربرد سوخت فسیلی، مزارع کشت برنج و مرداب‌ها و نیز تخمیر بی‌هوازی در دستگاه گوارش حیوانات اهلی می‌باشند. گاز متان یکی از مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای جهان بوده که حدود ۷۰ درصد از تولید گاز متان در محیط زیست، با فعالیت‌های انسانی مرتبط است. جمعیت ۱/۵۷ میلیاردی حیوانات نشخوارکننده جهان حدود ۱۱۰-۸۰ میلیون مترمکعب گاز متان در هر سال تولید می‌کنند (صفایی و همکاران، ۱۳۹۷). متان پس از دی‌اکسیدکربن، مهم‌ترین عامل گرمایش زمین است و در پیمان کیوتو (۱۹۹۷)[2] بر کاهش مقدار تولید آن تاکید شده است. اثر گلخانه‌ای، به عنوان یک صافی یک طرفه عمل می‌کند و موجب گرم شدن یکطرفه جو زمین می‌گردد. گازهای گلخانه‌ای شامل بخار آب، دی اکسیدکربن، متان، سولفیدهیدروژن، هگزافلورید گوگرد، اکسید نیتروژن، هیدروفلوراکربن و هالوکربن‌ها (فریون‌ها) می‌باشند (نوروزی و خسروی، ۱۳۸۹).

آلودگی محیط زیست به دلیل افزایش سریع صنعتی شدن و شهرنشینی یک مشکل نگران‌کننده در سراسر جهان بوده به‌ویژه استفاده گسترده از آفت‌کش‌های شیمیایی باعث مشکلات زیست‌محیطی متعددی در کشورهای متعدد شده است (Rashwan and Hammad, 2020). محققان در حال یافتن مقدار هنگفتی از منابع جایگزین برای جایگزینی سوخت‌های فسیلی هستند. در بین این منابع، زیست‌توده ریز جلبک‌ها کاندید بالقوه‌ای جهت جایگزین سوخت فسیلی در آینده محسوب می‌شوند. سیانوباکتری‌ها (با نام جلبک‌های سبز – آبی نیز شناخته می‌شوند)، یک فیلوم از میکروارگانیسم‌ها بوده که مربوط به باکتری‌ها بوده، اما قادر به انجام فتوسنتز هستند. به همین دلیل، سیانوباکتری‌ها عموماً در گروه میکرو جلبک‌ها گنجانده می‌شوند (اگرچه پروکاریوت هستند و اصطلاح جلبک‌ها باید محدود به یوکاریوت‌ها باشد). به طور کلی، این میکروارگانیسم‌ها برای عموم ناشناخته هستند، اما انسان‌ها زندگی را مدیون میلیون‌ها سال فعالیت فتوسنتزی سیانوباکترها

[1] Changes climate

[2] کیوتو: پیمان بین‌المللی به منظور کاهش گازهای گلخانه‌ای

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1402.10.2.1.1]

هستند. سیانوباکترها اولین گروه میکروارگانیسم‌هایی بودند که برای رفع دی اکسید کربن جوی به کربن آلی تکامل یافتند (Beyer *et al.*, 2020). میکرو جلبک‌ها و سیانوباکترها می‌توانند بیوتوکسین‌های مختلف را کاهش داده و موجب کاهش گازهای گلخانه‌ای خصوصا دی اکسید کربن شوند. بر همین اساس می‌توانیم بسیار امیدوار باشیم که میکروارگانیسم در آینده‌ای نه چندان دور می‌توانند برای تولید هیدروژن در مقیاس بزرگ مورد استفاده قرار گیرند. تولید هیدروژن از سیانوباکتری‌ها می‌تواند افق روشنی برای آیندگان باشد (Chang *et al.*, 2020). ریز جلبک‌ها به دلیل انطباق‌پذیری خوب، نرخ تبدیل بالا و زیست‌سازگاری آنها، به عنوان یک منبع تجدیدپذیر، پایدار و اقتصادی امیدوارکننده برای جایگزینی سوخت‌های فسیلی و مواد شیمیایی در نظر گرفته می‌شوند (He *et al.*, 2020).

مزایای کشت جلبک

ریز جلبک‌ها به صورت تجاری برای تولید ترکیبات با ارزش از جمله پروتئین، رنگدانه‌ها، لیپیدها، کاروتنوئیدها، اسیدهای چرب چند اشباع نشده، استروئیدها، ویتامین‌ها، و ...، کشت می‌شوند (Bhalamurugan *et al.*, 2018). بهره‌برداری بیوتکنولوژیک از منابع ریز جلبک برای مقاصد تغذیه انسانی با توجه به مقررات سخت‌گیرانه ایمنی مواد غذایی، عوامل تجاری، تقاضای بازار و آماده‌سازی خاص این گونه‌ها، به گونه‌های بسیار کمی محدود شده است (Pulz and Gross, 2004). ریز جلبک‌ها یکی از مهم‌ترین منابع زیست‌توده هستند زیرا می‌توان آنها را در سخت به‌راحتی کشت داد. ریز جلبک‌ها می‌توانند در بسیاری از زمینه‌ها (تولید سوخت زیستی، تصفیه فاضلاب و در مواد غذایی، لوازم آرایشی و صنایع دارویی) مورد استفاده قرار گیرند. همچنین زیست توده ریز جلبک‌ها که از کشت‌های ریز جلبک برداشت می‌شود، حاوی مقدار بالای متابولیت‌های اولیه (کربوهیدرات‌ها، لیپیدها، پروتئین‌ها)، و متابولیت‌های ثانویه (کاروتنوئیدها و اسیدهای فنلی) می‌باشد. این متاولیت‌ها خوراک مفیدی برای بخش مواد غذایی، خوراک، انرژی و محصولات با ارزش بالا هستند. کشت ریز جلبک‌ها (در فلاسک‌ها و در فتوبیوراکتورها[1])، اولین گام به سمت کاهش کربن و تولید زیست توده با ارزش اقتصادی بالا است (Tarhan *et al.*, 2020). کشت *اسپیرولینا* مزایای بسیاری (زیست توده پروتئین بالا، عدم پردازش محصولات جنبی، مناسب بودن برای مناطق خشک یا نیمه خشک جهان و توانایی کشت آن در آب شور)، نسبت به کشاورزی سنتی ارائه می‌دهد. هزینه بالای تولید CO_2 مورد نیاز این جلبک یکی از موانع اصلی تولید زیست توده اسپیرولینا است به ویژه *زمانیکه* $NaHCO_3$ و Na_2CO_3 به عنوان یکی برای از پارامترهای اصلی کشت این جلبک مطرح می‌باشد. همچنین NaCl مورد نیاز در محیط زاروک (SOT) که یک عامل اصلی در جلوگیری از رشد *S. maxima* *می باشد یکی از مشکلات عمده کشت این جلبک دریایی* می‌باشد (Affan *et al.*, 2015). این ریز جلبک که یک میکروارگانیسم فتوسنتزی است، گاز دی اکسید کربن را به همراه نور خورشید و آب، به کربن آلی تبدیل می‌کند که در سلول‌های ریز جلبک ذخیره می‌شود. این فرایند تبدیل به "تثبیت کربن" معروف است. شایان ذکر است، تثبیت کربن یا دی‌اکسیدکربن روشی برای جذب کربن است جایی‌که توالی کربن ترکیب جذب کربن و ذخیره‌سازی بلند مدت است. سرعت رشد سریع ریز جلبک‌ها که در آن سلول‌ها می‌توانند هر ۲۴-۴۸ ساعت دو برابر شوند، یک مزیت رقابتیست. بدین‌ترتیب، میکرو جلبک‌ها ۱۰-۵۰ برابر کارآمدتر در تثبیت کربن در مقایسه با گیاهان زمینی می‌باشند (McGaughy and Reza, 2018). کشت انبوه جلبک‌های میکروسکوپی و استفاده از توده زنده آنها به عنوان منبع غذایی به اوایل دهه ۱۹۵۰ برمی‌گردد. در دهه اخیر، محققان در کشورهای مختلف گام‌های بلندی برای تولید و کاربرد جلبک و فراوری در مقیاس بزرگ آنها انجام داده‌اند. توده زنده جلبک مصارف مختلفی از جمله غذای حیوانات، کود زیستی، بهبود شرایط خاک و غذای آبزیان دارد. همچنین از طریق تصفیه زیستی آب و فاضلاب می‌تواند مشکلات سلامت عمومی را حل کند و به‌سرعت در جامعه توسعه یابد. امروزه حدود ۳۰ هزار گونه جلبک شناخته شده و طبقه‌بندی، تاکسونومی و ویژگی‌های میکروسکوپی آنها از سال‌ها قبل به‌خوبی شناخته شده است. اولین تولید *اسپیرولینا* در مقیاس بزرگ در دهه ۱۹۷۰ در دریاچه Texcoco در نزدیکی مکزیکو سیتی (مکزیک) انجام شد. این کارخانه تا سال ۱۹۹۵، عملیاتی باقی

[1]PBRs (photobioreactor)

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1402.10.2.1.1]

ماند. اسپیرولینا یکی از ریزجلبک‌های است که قادر است در انواع مختلف فاضلاب‌ها حاوی کربن، نیتروژن و فسفر پرورش یابد. این منابع آبی می‌توانند آبهای باقی مانده از کارخانجات تولید مواد غذایی، فاضلابهای شهری، آبهای حاصل از فرایندهای صنعتی، آب کارگاههای تولید محصولات لبنی، بقایای استخراج بیوپلیمرها باشند که با کاهش هزینه‌های کنترل آلودگیهای ثانویه عوامل اقتصادی و محیطی را بهبود ببخشند. تقریباً ۸۰ درصد از کل هزینه‌های تولید میکروجلبک‌ها مربوط به مصرف بیش از حد مواد مغذی و آب است. در نتیجه، استفاده از فاضلاب برای جایگزینی کامل یا جزئی یک محیط رشد مصنوعی می‌تواند هزینه های تولید و نیاز به آب شیرین را کاهش دهد. علاوه‌براین، ریز جلبک‌ها می‌توانند برای درمان آلودگیهای نوظهور محیط زیستی مانند مواد، رنگ و فلزات سنگین مورد استفاده قرار گیرند. مفهوم تولید سوخت‌های زیستی از میکرو جلبک‌ها در دهه ۱۹۶۰ سرچشمه گرفت. در حال حاضر، با توجه به قیمت بالای نفت، گرم شدن کره زمین و افزایش تعداد وسایل حمل و نقل، این مفهوم یک‌بار دیگر مورد توجه قرار گرفته است. در واقع، سالانه حدود صدها مقاله تحقیقاتی، تحلیل‌ها و مطالعات آزمایشگاهی در مورد سوخت‌های زیستی میکروجلبک‌ها در حال انتشار است. میکرو جلبک‌ها انرژی خورشیدی را به‌وسیله مولکول‌های زیستی مورد استفاده به زیست‌توده غنی شده برای تولید سوخت‌های زیستی (لیپیدها، پروتئین ها، و کربوهیدرات ها) با نرخ‌های بالاتری نسبت به محصولات نفتی تبدیل می‌کنند. برای مثال میزان متوسط آب مورد نیاز و استفاده از زمین‌هایی با ارزش اقتصای کمتر (نامناسب برای کشاورزی)، هزینه‌های تولید محصول را کاهش می‌دهد. سوخت‌های سازگار با طبیعت شامل بیودیزل، بیوگاز و بیواتانول، از میکرو جلبک‌ها می‌باشند (Costa *et al.*, 2019).

ارزش غذایی جلبک

در دو دهه اخیر تولید میکرو جلبک‌ها برای غذا و خوراک بیش از پنج برابر افزایش یافته است. در حال حاضر، حدود ۸۰ کشور ریز جلبک‌ها را مصرف می‌کنند. *اسپیرولینا* (*Spirulina*) در بیش از ۲۲ کشور تولید می‌شود که بازار اروپا ٪۳۲ کل تولید را مصرف می‌کند و منطقه آسیا و اقیانوسیه از سریع‌ترین بازار رو به رشد، با نرخ رشد سالانه ٪۱۵ برخوردار است (Moons *et al.*, 2018). بااین‌حال، این منبع ارزشمند نیز منبع غنی از سایر ترکیبات با ارزش افزوده بالا (کلروفیل‌ها، کاروتنوئیدها، و فیکوبیلیپروتئین‌ها) می‌باشد که همگی از این ترکیبات رنگی می‌باشند. کارتنوئیدها که دارای فعالیت Provitamin A[1] می‌باشند و می‌توانند با تقویت سیستم ایمنی بدن، انسان را در مقابل بیماری‌های مزمن دژنراتیو، بیماریهای قلبی عروقی و برخی از انوع سرطان را مقاوم کنند (Lafrage *et al.*, 2020). گونه‌هایی از جنس *اسپرولینا پلاتنسیس* و *ماکسیما* به دلیل داشتن غلظت پروتئین بالا که به طور معمول در غذای انسان مورد استفاده قرار می‌گیرند، حدود ۶۰ درصد وزن خشک این ریز جلبک‌ها را پروتئین تشکیل می‌دهد. علاوه بر این، از دیدگاه ارزش غذایی، این سیانوباکترها دارای محتوای بالای آهن، اسیدهای چرب اشباع نشده ضروری (لینولئیک اسید)، انواع ویتامین‌ها و کارتن‌های طبیعی با قدرت هضم‌پذیری بالا می باشند (Costa *et al.*, 2019). جلبک‌ها موجوداتی گیاهی مانند هستند که حاوی رنگدانه‌های فتوسنتزی در سلول‌های خود هستند که عمدتاً در زیستگاه‌های آبزی از جمله زیستگاه‌های تازه، دریایی و فاضلاب یافت می‌شوند. اندازه آنها از ریز جلبک‌ها تا ماکرو جلبک‌ها متفاوت می‌باشد. جلبک‌ها منبع غنی از مجموعه گسترده‌ای از ترکیبات فعال بیولوژیک در نظر گرفته می‌شوند (Rashwan and Hammad, 2020). *اسپیرولینا* همچنین به عنوان جایگزین وعده غذایی ماهی و عنصر عملکردی در رژیم‌های غذایی برای گونه‌های متعدد آبزی ارزیابی شده است (Twibell *et al.*, 2020). توسعه سریع آبزی‌پروری همراه با تولید غذاهای دریایی (FM)[2] در حال حاضر، تقاضا برای منابع پروتئینی جایگزین را در رژیم‌های غذایی افزایش داده است. در این راستا و پیش از این پروتئین دانه‌ها و حبوبات با موفقیت ارزیابی شده‌اند تا جایگزین FM شوند، اما افزایش بهره‌برداری از این محصولات به عنوان غذای انسان و سایر خوراک دام‌ها، در دسترس بودن آنها را کاهش داده است. به‌تازگی، و به منظور رفع این مشکل، توجه به استفاده از میکرو جلبک‌هایی متمرکز شده است که با رشد

[1] Provitamin A: بتاکاروتن] پیش‌سازهای ویتامین A (کاروتنوئیدها) که در بدن به ویتامین A تبدیل می‌شوند.]

[2] MF (Marine Food)

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.24234575.1402.10.2.1.1]

سریع آنها مشخص می‌شود. ریز جلبک‌ها به عنوان مواد افزودنی در آبزی رژیم غذایی به‌منظور افزایش رشد و سلامت ماهی میزبان استفاده می‌شوند (Van Vo *et al.*, 2020). به‌عنوان یک مکمل خوراک، نشان داده شده است که اثرات مثبتی بر رشد، تولید مثل، ترکیب لاشه، پاسخ‌های ایمنی و مقاومت به بیماری گونه‌های مختلف ماهی، از جمله قزل آلای رنگین کمان (*Smykiss Oncorhynchu*) اعمال می‌کند (Man *et al.*, 2020). همچنین پارامترهای رشد و آنزیم‌های گوارشی روده ماهی گوپی (*Poecilia reticulata*) با افزودن فیکوسیانین استخراجی از *Spirulina platensis* افزایش می‌یابد (Hassaan *et al.*, 2020). ارزش ریز جلبک‌ها برای تولید غذای حیوانات بسیار متغیر است، با این حال، بستگی به گونه‌های میکروجلبک‌ها، ترکیب شیمیایی (عمدتاً پروتئین‌ها، لیپیدها، پلی ساکاریدها، ویتامین‌ها، آنتی‌اکسیدان ها و مواد معدنی) و نیز سازگاری حیوان برای تغذیه از زیست توده ریزجلبک به‌عنوان یک ماده غذایی دارد. ارزش غذایی بالای ریز جلبک‌ها در رژیم غذایی برای خوک، گاو، گوسفند، مرغ، حیوانات خانگی و حیوان خانگی و در آبزی‌پروری نشان داده شده است (Costa *et al.*, 2019). *اسپیرولینا* ممکن است مغذی‌ترین ابرغذاهای جهان باشد که منبع غنی از ویتامین‌ها، بکاروتن، مواد معدنی، کلروفیل، گاما لینولنیک اسید (GLA) و پروتئین‌ها را فراهم می‌کند. مطالعات متعدد نشان داده است که مصرف *اسپیرولینا* بیماری‌های عفونی ضد التهاب و درد را کاهش می‌دهد و می‌تواند سیستم ایمنی بدن را متعادل کند، انرژی را بازگرداند، فشار خون را متعادل و کلسترول را کاهش دهد (Essid *et al.*, 2020). *Spirulina platensis* منبع مهمی از فیکوبیلیپروتین‌ها (PBs) به‌ویژه C-phycocyanin و آلوفیکوسیانین (APC) می‌باشد (Liu *et al.*, 2020Chia *et al.*, 2019;). آنها به طور گسترده‌ای به عنوان یک نشانگر فلورسنت در تشخیص بالینی و به‌عنوان یک رنگ در صنایع دارویی و آرایشی و بهداشتی استفاده می‌شوند (Liu *et al.*, 2020) در گونه‌های *اسپیرولینا*، اجزای مختلف بیوشیمیایی از جمله پروتئین‌ها، پلی ساکاریدها و اسیدهای چرب می‌توانند برای استفاده به‌عنوان نشانگر زیستی سودمند باشند. برای مثال، کلروفیل‌ها و فیکوسیانین‌ها نشانگرهای زیستی نماینده با ضد سرطان و فعالیت‌های ضد باکتری هستند (Jin *et al.*, 2020).

PC مستخرج از *Spirulina platensis* به‌عنوان رنگ طبیعی مورد استفاده در مواد غذایی، نوشیدنی‌ها و بستنی، آدامس و آبنبات مورد استفاده قرار می‌گیرد (Niccolai *et al.*, 2020). همچنین *اسپیرولینا* شامل تمام اسیدهای آمینه ضروری، ویتامین‌ها و مواد معدنی می‌باشد و این ریز جلبک می‌تواند ظرفیت آنتی اکسیدانی بدن را نیز بهبود بخشد و لذا، نقش ویژه‌ای در عملکرد ایمنی بدن ایفاء می‌کند (Liang *et al.*, 2020). در عمل، *S. platensis* به عنوان تنها تولید کننده فایکوسیانین شناخته شده و توجه زیادی را به‌خود جلب کرده است زیرا فایکوسیانین به‌عنوان یکی از محبوب‌ترین افزودنی‌های سلامت در سراسر جهان ثابت شده است (Ge *et al.*, 2020). همچنین به‌عنوان یک جایگزین ایده‌آل برای گوشت ماهی در خوراک ماهی به اثبات رسیده (Man *et al.*, 2020) و به عنوان عنصر جدیدی برای تولید نوشیدنی‌ها پیشنهاد شده است. همچنین در غذاهایی مانند برگر ماهی، انواع پنیرها و ماکارونی‌های بدون گلوتن، نانوایان برای بالا بردن کیفیت نان و به‌عنوان طعم‌دهنده جدید و نوآورانه از این میکرو جلبک‌ها استفاده می‌کنند (Niccolai *et al.*, 2020). در نتیجه، یک ماده غذایی سرشار از منابع پروتئینی را برای مصرف انسان فراهم می‌کند (Grahl *et al.*, 2020). سیانوباکتریوم *آرتروسپیرا پلاتنسیس* که از نظر تجاری با نام «*اسپیرولینا*» شناخته می شود، یک «منبع غذایی امن» محسوب می‌شود و به عنوان غذا در چندین کشور مجاز شناخته شده است (Niccolai *et al.*, 2020).

بر اساس همین ویژگیها و سابقه طولانی استفاده از این جلبک انجمن بین المللی میکروبیولوژی کاربردی، *اسپیرولینا* را به عنوان منبع غذایی برای آینده شناخت (Costa *et al.*, 2019). امروزه، ریز جلبک‌ها در بسیاری از فرمولاسیون‌های غذایی گنجانده می‌شوند که منجر به افزایش قابل توجهی در تعداد محصولات غذایی حاوی میکرو جلبک‌هایی می‌شود که به بازار معرفی شده‌اند. اگرچه بیشتر اینها از ریز جلبک‌ها به عنوان یک عامل رنگ‌آمیزی یا استراتژی بازاریابی استفاده می‌کنند (Lafaraga *et al.*, 2020). این ویژگی‌ها محققان را تشویق کرده است که به‌عنوان غذا و منبع سوخت برای آیندگان بیشتر در مورد ریز جلبک‌ها برای پتانسیل کاوش کنند. واضح است که

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.24234575.1402.10.2.1.1]

مطالعات نشان داد که محتوای ترکیبات ارزشمند درون ریز جلبک‌ها قابل‌توجه می‌باشد (Abdel-Warith *et al.*, 2020).

طریقه مصرف جلبک‌ها

نگرش و درک مصرف‌کنندگان نسبت به شناسایی و مصرف محصولات جدید برای نوآوری‌ها بسیار حائز اهمیت می‌باشد (Grahl *et al.*, 2020) در نتیجه، چندین شرکت در حال حاضر، ریز جلبک *اسپیرولینا* را به صورت تجاری تولید می‌کنند و محصولات آن به عنوان مکمل‌های غذایی (بصورت قرص، پولکی و پودر)، خوراک دام، سوخت‌های زیستی و داروسازی به بازار عرضه می‌شوند. سایر محصولات *اسپیرولینا* برای کاهش وزن و داروهای ترک اعتیاد به صورت فرموله شده درآمده است (Costa *et al.*, 2019). امروزه از *Spirulina* به عنوان یک مکمل تغذیه‌ای با اثرات بالقوه بالا به عنوان یک "غذای فوق‌العاده" یاد می‌کنند که بصورت پولکی و یا پودری و کپسول بفروش می‌رسد (Lafarga *et al.*, 2020). پودر *اسپیرولینا* یک منبع امیدوارکننده به‌عنوان یک مکمل برای دام و خوراک دام می‌باشد (Al-Qahtani, 2020). اثر *S. platensis* بر باکتری پروبیوتیک‌ها در شیر تخمیر شده در سراسر تخمیر و ذخیره‌سازی، یکی دیگر از مسائل مهم است. بنابراین، افزودن *S. platensis* به محصولات شیر تخمیر شده حاوی پروبیوتیکها، توانایی پروبیوتیک‌ها را تشدید خواهد کرد. تحقیقات نشان داده است که غیر از ارزش غذایی بالا، افزودن این جلبک نه تنها توانایی باکتری‌های پروبیوتیک را تقویت می کند بلکه سطح فعالیت آنها را نیز افزایش می‌دهد (Terpou *et al.*, 2020). بنابراین، می‌توان از ریز جلبک‌ها برای بالا بردن ارزش غذایی محصولات غذایی به دلیل ترکیب شیمیایی متعادل آنها و منبعی از مولکول‌های بسیار با ارزش مانند اسیدهای چرب غیر اشباع، رنگدانه‌ها (کاروتنوئیدها، فیکوبیلین‌ها)، استرولز، ویتامین‌ها، هیدروکلوئیدها و سایر ترکیبات فعال بیولوژیک، استفاده کرد. برخی از گونه‌های ریز جلبک مانند *کلرلا* و *اسپیرولینا* قرن‌ها است که به‌عنوان یک غذای متراکم مواد مغذی در آسیا، آفریقا و مکزیک مورد استفاده قرار می‌گیرند. با این‌حال، تولید تجاری در مقیاس بزرگ میکرو جلبک‌ها تنها از اوایل دهه ۱۹۶۰ در ژاپن آغاز شد و امروزه میکرو جلبک‌ها عمدتاً به‌عنوان مکمل‌های غذایی به بازار عرضه می‌شوند که معمولاً به صورت قرص، کپسول یا مایعات به‌فروش می‌رسند. علاوه بر این، محصولات غذایی جدیدی بر پایه میکروجلبکها و یا دارای ترکیبات غنی کننده‌ای از جلبکها مانند پاستا، بیسکویت، نان، میان وعده‌ها، آب نبات، ماست، انواع نوشیدنی‌ها، نوشابه‌ها و غیره، به‌عنوان مکمل غذایی درحال افزایش می‌باشند. در حال حاضر، در برخی از کشورها مانند آلمان، فرانسه، ژاپن، ایالات متحده آمریکا، چین یا تایلند، شرکت‌های تولید و توزیع مواد غذایی فعالیت‌های جدیدی را برای تولید غذاهای کاربردی با میکرو جلبک‌ها و سیانوباکتری‌ها آغاز کرده‌اند (Batista *et al.*, 2012).

نتیجه‌گیری

به دنبال تغییراتی که در ابعاد مختلف سیستم اجتماعی جوامع طی سده‌ها و دهه‌های اخیر اتفاق افتاده است و جوامع از شکل سنتی به مدرن تغییر شکل یافته‌اند، نظام غذا و تغذیه سنتی مبتنی بر کشاورزی معیشتی نیز با تغییر بنیادی به نظام غذا و تغذیه مبتنی بر سرمایه تبدیل شده است. نظام مدرن با اینکه در تولید و عرضه غذا تا حدی موفق عمل کرده است ولی با این‌حال، نه تنها مشکلات غذا و تغذیه به صورت کامل برطرف نشده بلکه تأثیرات زیست‌محیطی زیادی را نیز تحمیل کرده است. عواملی مانند گسترش حمل و نقل، تجاری و کالایی شدن غذا، ورود سرمایه به بخش کشاورزی، جهانی شدن تولیدات غذایی، در گسترش نظام غذا و تغذیه مدرن نقش داشته‌اند. با این‌حال، به دلیل تأثیرات عمیق و غیر قابل بازگشت زیست‌محیطی، بدون اصلاح این نظام، امکان ادامه حیات و تأمین پایدار غذا از بین می‌رود. رژیم‌های غذایی پایدار به عنوان شاخصی در جهت اصلاح نظام غذا و تغذیه بکار می‌روند. استفاده ریز جلبک‌ها به عنوان منابعی سرشار از پروتئین و سایر مواد معدنی ضروری لازم در بدن انسان و نیز برای تغذیه بشر و حیوانات پرورشی بسیار مفید و حائز اهمیت می‌باشد. این میکروجلبک‌ها کاملاً سازگار با محیط زیست و طبیعت هستند که جوامع بشری می‌توانند در آینده نزدیک از این شاخص در سیاست‌گذاری غذا و تغذیه به توسعه پایدار جوامع و استفاده بهینه از منابع انسانی و طبیعی کمک شایانی کنند.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1402.10.2.1.1]

منابع

سلاطین، پ.، اسدی‌لمراسکی، م.، کریمی‌مشکانی، م.، ۱۳۹۶. تاثیرآزادسازی تجاری برارزش افزوده بخش کشاورزی. مطالعات مدیریت و کار آفرینی, ۱۹(۳). صص ۶۱ تا ۷۲.

صفایی، ا. ر.، آقاشاهی، ع. ورضایی، م.، ۱۳۹۷. تدوین راهبردهای استراتژیک کاهش انتشار گازهای گلخانه ای با منشاء علوم دامی. مجله محیط زیست جانوری. دوره دهم، شماره سوم. صص ۵۹ تا ۶۴.
https://doi.org/20.1001.1.27171388.1397.10.3.8.5

مرادی، ا. و امینیان، م.، ۱۳۹۱. میزان نشر گازهای گلخانه ایران در سال ۱۳۸۹. نشریه نشاء علم. سال سوم، شماره اول. صص ۵۵ تا ۵۹.

ملکوتی، ج.، شتایی‌جویباری، ش.، ۱۳۸۴. بررسی تغییرات سیمای طبیعی و کاربردی اراضی سواحل جنوبی دریای خزر با استفاده از عکس‌های هوایی و GIS (مطالعه موردی: سواحل شهرستان نور). پژوهشهای جغرافیایی, ۵۱(۳۷). ۹۵ تا ۱۰۶.

اسفندیاری، چ.، میرعباسی، س.ب. ۱۳۹۱. نقش سازمان ملل در تحقق امنیت غذایی در جامعه جهانی. مجله علوم غذایی و تغذیه. سال نهم، شماره ۲. صص ۹۱ تا ۱۰۳.

نوروزی، ر. و خسروی، م.، ۱۳۸۹. چشمه ها و چاهکهای انتشار گاز گلخانهای متان و نقش آن در پدیده گرمایش جهانی. چهارمین کنگره بین المللی جغرافی‌دانان جهان اسلام. زاهدان. ایران. ۱۵ ص.

Abdel-Warith, A.W.A., Fath El-Bab, A.F., Younis, E.S.M.I., Al-Asgah, N.A., Allam, H.Y., Abd-Elghany, M.F., Shata, Y.H.M. and Shamlol, F.S., 2020. Using of chitosan nanoparticles (CsNPs), *Spirulina* as a feed additives under intensive culture system for black tiger shrimp (*Penaeus monodon*). *Journal of King Saud University - Science*, 32(8), 3359–3363.
https://doi.org/10.1016/j.jksus.2020.09.022

Affan, M.A., Lee, D.W., Jeon, S.M., Noh, J.H., Heo, S.J., Oh, C., Park, H.S., Khomayis, H.S.A. and Kang, D.H., 2015. Bituminous coal and sodium hydroxide-pretreated seawater stimulates *Spirulina* (Arthrospira) maxima growth with decreased production costs. *Aquaculture*, 436, 121–126. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.10.036

Al-Qahtani, W.H., 2020. Assessing Spirulina platensis as a dietary supplement and for toxicity to *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Dryopthoridae). *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(3). https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.12.024

Batista, A.P., Nunes, M.C., Fradinho, P., Gouveia, L., Sousa, I., Raymundo, A. and Franco, J.M., 2012. Novel foods with microalgal ingredients–Effect of gel setting conditions on the linear viscoelasticity of Spirulina and Haematococcus gels. *Journal of Food Engineering*, 110(2), 182–189. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.05.044

Beyrer, M., Pina-Perez, M.C., Martinet, D. and Andlauer, W., 2020. Cold plasma processing of powdered Spirulina algae for spore inactivation and preservation of bioactive compounds. *Food Control*, 118, 107378. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107378

Bhalamurugan, G.L., Valerie, O. and Mark, L., 2018. Valuable bioproducts obtained from microalgal biomass and their commercial applications: A review. *Environmental Engineering Research*, 23(3), 229–241. https://doi.org/10.4491/eer.2017.220

Cardoso, L.G., Duarte, J.H., Andrade, B.B., Lemos, P.V.F., Costa, J.A.V., Druzian, J.I.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.24234575.1402.10.2.1.1]

and Chinalia, F.A., 2020. Spirulina sp. LEB 18 cultivation in outdoor pilot scale using aquaculture wastewater: High biomass, carotenoid, lipid and carbohydrate production. *Aquaculture*, 735272. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735272

Chang, K.L., Lin, Y.C., Shangdiar, S., Chen, S.C. and Hsiao, Y.H., 2020. Hydrogen production from dry spirulina algae with downstream feeding in microwave plasma reactor assisted under atmospheric pressure. *Journal of the Energy Institute*, 93(4): 1597-1601. https://doi.org/10.1016/j.joei.2020.01.021

Chia, S.R., Chew, K.W., Show, P.L., Xia, A., Ho, S.H. and Lim, J.W., 2019. *Spirulina platensis* based biorefinery for the production of value-added products for food and pharmaceutical applications. *Bioresource Technology*, 289, 121727. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121727

C**osta, J.A.V., Freitas, B.C.B., Rosa, G.M., Moraes, L., Morais, M.G. and Mitchell, B.G., 2019.** Operational and economic aspects of Spirulina-based biorefinery. *Bioresource Technology*, 292, 121946. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121946

Counihan, C. and Van Esterik, P., 2012. *Food and culture: A reader*. Routledge. 648. https://doi.org/10.4324/9780203079751

De Morais, M.G., Vaz, B. da S., de Morais, E.G. and Costa, J.A.V., 2015. Biologically active metabolites synthesized by microalgae. *BioMed Research International*. https://doi.org/10.1155/2015/835761

Essid, N., Gharbi, R., Harrath, A.H., Mansour, L., Mahmoudi, E., Beyrem, H., Ansari, K.G.M.T. and Boufahja, F., 2020. Toxicity of a chromium-enriched superfood, Spirulina platensis, assessed by taxonomic and morpho-functional diversity of marine meiofauna. *Environmental Pollution*, 114350. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114350

Ge, Y., Zhu, S., Chang, J.S., Jin, C., and Ho, S.H., 2020. Immobilization of Hg (II) on high-salinity Spirulina residue-induced biochar from aqueous solutions: Sorption and transformation mechanisms by the dual-mode isotherms. *Environmental Pollution*, 265, 115087. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115087

Godfray, H.C.J., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S.M. and Toulmin, C., 2010. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327(5967), 812–818. https:// DOI: 10.1126/science.1185383

Grahl, S., Strack, M., Mensching, A. and Mörlein, D., 2020. Alternative protein sources in Western diets: Food product development and consumer acceptance of spirulina-filled pasta. *Food Quality and Preference*, 103933. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.103933

Hassaan, M.S., Mohammady, E.Y., Soaudy, M.R., Sabae, S.A., Mahmoud, A.M.A. and El-Haroun, E.R., 2020. Comparative study on the effect of dietary β-carotene and phycocyanin extracted from Spirulina platensis on immune-oxidative stress biomarkers, genes expression and intestinal enzymes, serum biochemical in Nile tilapia, Oreochromis niloticus. *Fish and Shellfish Immunology*, 108,

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.24234575.1402.10.2.1.1]

63–72. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.11.012

He, Z., Wang, B., Zhang, B., Feng, H., Kandasamy, S. and Chen, H., 2020. Synergistic effect of hydrothermal Co-liquefaction of Spirulina platensis and Lignin: Optimization of operating parameters by response surface methodology. *Energy*, 117550. https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117550

Jin, S.E., Lee, S.J. and Park, C.Y., 2020. Mass-production and biomarker-based characterization of high-value Spirulina powder for nutritional supplements. *Food Chemistry*, 126751. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126751

Johnston, J.L., Fanzo, J.C. and Cogill, B., 2014. Understanding sustainable diets: a descriptive analysis of the determinants and processes that influence diets and their impact on health, food security, and environmental sustainability. *Advances in Nutrition*, 5(4), 418–429. https://doi.org/10.3945/an.113.005553

Koukouraki, P., Tsoupras, A., Sotiroudis, G., Demopoulos, C.A. and Sotiroudis, T.G., 2020. Antithrombotic properties of Spirulina extracts against platelet-activating factor and thrombin. *Food Bioscience*, 37, 100686. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100686

Kuhnlein, H., Erasmus, B., Creed-Kanashiro, H., Englberger, L., Okeke, C., Turner, N., Allen, L. and Bhattacharjee, L., 2006. Indigenous peoples' food systems for health: finding interventions that work. *Public Health Nutrition*, 9(8), 1013–1019. https://doi.org/10.1017/PHN2006987

Lafarga, T., Fernández-Sevilla, J.M., González-López, C. and Acién-Fernández, F.G., 2020. Spirulina for the food and functional food industries. *Food Research International*, 137, 109356. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109356

Liang, Y., Bao, Y., Gao, X., Deng, K., An, S., Wang, Z., Huang, X., Liu, D., Liu, Z. and Wang, F., 2020. Effects of spirulina supplementation on lipid metabolism disorder, oxidative stress caused by high-energy dietary in Hu sheep. *Meat Science*, 108094. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108094

Liu, B.L., Chai, W.S., Show, P.L., Chen, J.Y., and Chang, Y.K., 2020. Evaluation of dynamic binding performance of C-phycocyanin and allophycocyanin in *Spirulina platensis* algae by aminated polyacrylonitrile nanofiber membrane. *Biochemical Engineering Journal*, 161, 107686. https://doi.org/10.1016/j.bej.2020.107686

Lupatini, A.L., Colla, L.M., Canan, C. and Colla, E., 2017. Potential application of microalga *Spirulina platensis* as a protein source. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(3), 724–732. https://doi.org/10.1002/jsfa.7987

Man, Y.B., Zhang, F., Ma, K.L., Mo, W.Y., Kwan, H.S., Chow, K.L., Man, K.Y., Tsang, Y.F., Li, W.C. and Wong, M.H., 2020. Growth and intestinal microbiota of Sabah giant grouper reared on food waste-based pellets supplemented with *spirulina* as a growth promoter and alternative protein source. *Aquaculture Reports*, 18, 100553.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1402.10.2.1.1]

https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100553

McGaughy, K. and Reza, M.T., 2018. Recovery of macro and micro-nutrients by hydrothermal carbonization of septage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(8), 1854–1862. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b05667

Menegotto, A.L.L., de Souza, L.E.S., Colla, L.M., Costa, J.A.V., Sehn, E., Bittencourt, P.R.S., de Moraes Flores, É.L., Canan, C. and Colla, E., 2019. Investigation of techno-functional and physicochemical properties of Spirulina platensis protein concentrate for food enrichment. *LWT*, 114, 108267. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108267

Molino, A., Mehariya, S., Karatza, D., Chianese, S., Iovine, A., Casella, P., Marino, T. and Musmarra, D., 2019. Bench-scale cultivation of microalgae scenedesmus almeriensis for CO_2 capture and lutein production. *Energies*, 12(14), 2806. https://doi.org/10.3390/en12142806

Moons, I., Barbarossa, C. and De Pelsmacker, P., 2018. The determinants of the adoption intention of eco-friendly functional food in different market segments. *Ecological Economics*, 151, 151–161. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.05.012

Niccolai, A., Venturi, M., Galli, V., Pini, N., Rodolfi, L., Biondi, N., Granchi, L. and Tredici, M.R., 2020. Vegetable oils protect phycocyanin from thermal degradation during cooking of spirulina-based "crostini." *LWT*, 110776. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110776

Pulz, O. and Gross, W., 2004. Valuable products from biotechnology of microalgae. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 65(6), 635–648. https://doi.org/10.1007/s00253-004-1647-x

Rashwan, R.S. and Hammad, D.M., 2020. Toxic effect of *Spirulina platensis* and sargassum vulgar as natural pesticides on survival and biological characteristics of cotton leaf worm spodoptera littoralis. *Scientific African*, e00323. https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00323

Tarhan, S.Z., Koçer, A.T., Özçimen, D. and Gökalp, İ., 2020. Cultivation of green microalgae by recovering aqueous nutrients in hydrothermal carbonization process water of biomass wastes. *Journal of Water Process Engineering*, 101783. https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101783

Teimouri, M., Yeganeh, S., Mianji, G.R., Najafi, M. and Mahjoub, S., 2019. The effect of *Spirulina platensis* meal on antioxidant gene expression, total antioxidant capacity, and lipid peroxidation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish Physiology and Biochemistry*, 45(3), 977–986. https://doi.org/10.1007/s10695-019-0608-3

Terpou, A., Bosnea, L., Mataragkas, M. and Markou, G., 2020. Influence of Incorporated *Spirulina platensis* on the growth of microflora and physicochemical properties of feta-type cheese as functional Food. *Proceedings*, 70(1), 97. https://doi.org/10.3390/foods_2020-07659

Twibell, R., Johnson, R., Hyde, N. and Gannam, A., 2020. Evaluation of *Spirulina* and plant oil in diets for juvenile steelhead (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 735598. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735598

Uyttendaele, M., Franz, E. and Schlüter, O.,

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.24234575.1402.10.2.1.1]

2016. *Food safety, a global challenge*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute.

Van Vo, B., Siddik, M.A.B., Fotedar, R., Chaklader, M.R., Hanif, M.A., Foysal, M.J. and Nguyen, H.Q., 2020. Progressive replacement of fishmeal by raw and enzyme-treated alga, *Spirulina platensis* influences growth, intestinal micromorphology and stress response in juvenile barramundi, *Lates calcarifer*. *Aquaculture*, 529, 735741. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735741

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1402.10.2.1.1]

Spirulina; the food for future

Hooti V.[1]; Manaffar R.[2*].

*r.manaffar@urmia.ic.ir

1- Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Iran.

Abstract:

Spirulina is a cyanobacterial photosynthesis that is grown commercially in many tropical and subtropical countries and temperate regions for human and animal nutrition. This commercial product is used as a rich source of protein and vitamins in the pharmaceutical, food and chemical industries due to its valuable nutrients. In the last two decades, the production of microalgae for food has increased more than five times and now algae are consumed in about 80 countries. Also they are produced in 22 countries, where the European market consumes lonely 32% of total production. Based on the observations made, one of the highest growth rates the fastest growing market, with an annual growth rate of 15%, has been recorded in this area. The algae has been introduced by the US space agency (NASA) as a superfood and tries to provide a healthy diet for astronauts with the help of *Spirulina*. The aim of this study was to investigate and identify *spirulina* algae as food for the next generation of humans.

Keywords: *Spirulina* algae, aquaculture, aquatic, food.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1402.10.2.1.1]