NCMBJ
Review article

New Cell Mol Biotech
j.11/42 , 2021

Scan online to view this article

Dietary supplement based on microalgae, as a new therapeutic approach in the future

Roohollah Mohseni[1], Ameneh Zamani Sedehi[1], Zahra Arab Sadeghabadi[2], Mohsen Safaei[3], Mohammad Heiat[4]

1- Clinical Biochemistry Research Center, Basic Health Sciences Institute, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, Iran
2- Department of Clinical Biochemistry, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
3- Cellular and Molecular Research Center, Basic Health Sciences Institute, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, Iran
4- Baqiyatallah Research Center for Gastroenterology and Liver Diseases, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Abstract

Recently, in many developed and developing countries, the consumption of food supplements derived from natural resources has become popular due to the lack of side effects, low cost, and antioxidant properties for the prevention and treatment of many diseases. Microalgae contain a wide range of beneficial compounds, including essential amino acids, minerals, unsaturated fatty acids, and dietary fiber. They are also known as powerful free radical scavengers.

In this study, using the findings published in the databases of Scopus, PubMed, ScienceDirect, Wiley, and ISI, etc., recent evidence about the therapeutic and protective effects of microalgae on human health was collected. The industrial applications and clinical challenges of these compounds were also presented.

Due to the wide range of microalgae ingredients, its long-term consumption can provide many essential nutrients in our body where leads to improve Community health. In addition, in many cases, especially liver disorders, *Chlorella* and *Spirulina* microalga have a significant therapeutic effect which can be used as a drug. However, many differrent components, sometimes causes side effects, which should be minimized by consuming the standard dosage under the care of a physician.

Key word: Microalgae, Antioxidant, Natural Supplemet, Chlorella, Spirulinav, IAU science.

Corresponding author:
Baqiyatallah Research Center for Gastroenterology and Liver Diseases, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran
Email: Mohamad.Heiat@bmsu.ac.i

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22285458.1400.11.42.4.4]

مجله تازه های بیوتکنولوژی سلولی مولکولی
دوره ۱۱ - شماره۴۲ - بهار ۱۴۰۰
NCMBJ
مقاله مروری

برای مشاهده این مقاله به صورت آنلاین اسکن کنید

مکمل غذایی برپایه ریزجلبک‌ها، به‌عنوان رویکرد درمانی نوین در آینده

روح الله محسنی[۱]، آمنه زمانی سدهی[۱]، زهرا عرب صادق آبادی[۲]، محسن صفایی[۳]، محمد هیئت*[۴]

۱- مرکز تحقیقات بیوشیمی بالینی، پژوهشکده علوم پایه سلامت، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران
۲- گروه بیوشیمی بالینی دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
۳- مرکز تحقیقات سلولی مولکولی، پژوهشکده علوم پایه سلامت، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران
۴- مرکز تحقیقات گوارش و کبد دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله، تهران، ایران

چکیده

به‌تازگی در بسیاری از جوامع توسعه یافته و در حال توسعه مصرف مکمل غذایی مشتق از منابع طبیعی به‌دلیل عدم عوارض جانبی، قیمت پایین و خاصیت آنتی اکسیدانی به‌منظور پیشگیری و درمان بسیاری از بیماری‌ها رواج یافته است. ریزجلبک‌ها، حاوی طیف گسترده‌ای از ترکیب‌های مفید، از جمله اسیدهای آمینه ضروری، مواد معدنی، اسیدهای چرب اشباع نشده و فیبرهای غذایی هستند. هم‌چنین به‌عنوان از بین برنده قوی رادیکال های آزاد شناخته شده اند.

در این مطالعه، با استفاده از یافته‌های منتشرشده در پایگاه‌های داده Scopus، PubMed، ScienceDirect، Wiley و ISI و ... با تأکید بر یافته‌های بالینی و به روز، مطالعه‌های مختلف پیرامون اثرهای درمانی و محافظتی ریزجلبک‌ها بر وضعیت سلامت انسان، کاربرد صنعتی و چالش‌های پیش روی این ترکیب‌ها در زمینه پزشکی گردآوری شده است.

با توجه‌به تنوع محتویات ریزجلبک‌ها، مصرف بلند مدت آن‌ها می‌تواند بسیاری از نیازهای ضروری بدن را تأمین سازد و به بهبود سلامت افراد جامعه کمک کند. مضاف براین‌که در بسیاری از موارد از جمله اختلال‌های کبدی، این ترکیب‌ها به‌ویژه کلرلا و اسپیرولینا تأثیر درمانی قابل ملاحظه‌ای داشته به‌طوری‌که به‌عنوان دارو مورد استفاده قرار می‌گیرند. اگرچه این تنوع در ترکیب‌های ریزجلبک‌ها بعضا باعث عوارض جانبی ناشی از مصرف می‌شود که می‌بایست با مصرف میزان استاندارد و به‌موقع زیرنظر متخصص عوارض احتمالی موجود را به حداقل رساند.

واژه‌های کلیدی: ریزجلبک، آنتی اکسیدان، مکمل طبیعی، کلرلا، اسپیرولینا، IAU science

مقدمه

ریزجلبک‌ها

براساس گزارش‌های منتشر شده از پروژه Hunger در سال ۲۰۱۷ از ۷/۶ میلیارد نفر جمعیت جهان، ۸۱۵ میلیون نفر از غذای کافی برای ادامه زندگی محروم‌اند. اگرچه از این تعداد کمابیش سه چهارم مردم به‌طور مستقیم به کشاورزی و فعالیت‌های مشابه در جهت تولید مواد غذایی مورد نیاز سایر مردم جهان مشغولند (۱). بی‌شک با افزایش جمعیت جهان این تهدید جدی‌تر می‌شود و امنیت غذایی برای این قشر از مردم نیز کم‌تر خواهد شد. بنابراین سازمان‌های غذا و کشاورزی مرتبط با سازمان ملل اظهار داشتند "تولیدات کشاورزی و راهکارهای تأمین مواد غذایی در جهت نیاز دارد" (۲). در این بین می‌توان از ریزجلبک‌ها به‌عنوان یکی از بهترین گزینه‌ها استفاده

نویسنده مسئول:
مرکز تحقیقات گوارش و کبد دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله، تهران،
پست الکترونیکی: Mohamad.Heiat@bmsu.ac.ir
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۰۸

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22285458.1400.11.42.4.4]

نمود. این موجودات حاوی طیف گسترده و متنوعی از ترکیب‌های ضروری مورد نیاز بدن بوده و در سخت-ترین شرایط محیطی قابل رشد و پرورش است. از طرف دیگر میزان مصرف آب شیرین و زمین‌های قابل کشت مورد نیاز آن‌ها نسبت‌به منابع گیاهی و حیوانی موجود بسیار کم‌تر است. این موضوع بر اهمیت ورود پررنگ‌تر ریزجلبک‌ها در صنایع غذایی و این‌که چگونه می‌تواند به بهبود سلامت و رفاه انسان کمک کند تأکید دارد (۳،۴).

جلبک‌ها را می‌توان به جلبک‌های قرمز (Rhodophyta)، جلبک‌های سبز (Chlorophyta) و جلبک‌های قهوه‌ای (Phaeophyta) طبقه‌بندی نمود. هم‌چنین می‌توان آن را با توجه‌به اندازه، به جلبک چندسلولی (Algae) و ریزجلبک‌های به‌طور عمده تک سلولی (Microalgae) نیز طبقه‌بندی کرد (۵). جلبک‌های چند سلولی در ابعاد بزرگ موسوم به ماکرو جلبک شناخته می‌شوند که با چشم غیرمسلح قابل مشاهده-اند، در حالی‌که جلبک‌های تک سلولی اندازه کوچک‌تر داشته و ممکن است پروکاریوتی یا یوکاریوتی باشند (۶). از دوران باستان تاکنون، شواهد بسیاری بیانگر خواص مفید ریزجلبک‌ها بر بهبود سلامت انسان بوده است. هم‌چنین به جهت طیف وسیع ترکیب‌ها، کاربردهای متنوعی در حوزه صنعتی می‌توان برای آن-ها متصور بود. تولید سوخت زیستی از ریزجلبک‌های غنی از لیپید نمونه‌ای از یک کاربرد صنعتی است که می‌تواند به‌عنوان سوخت طبیعی جایگزین مناسبی برای سوخت‌های فسیلی در نظر گرفته شود. در این بین شواهد بسیاری نشان داده است که مصرف ریزجلبک‌ها با ترکیب‌های مفید و متنوع خود در بسیاری از کشورها به‌عنوان یک مکمل غذایی طبیعی ایده آل در حال افزایش است.

تجزیه و تحلیل شیمیایی نشان داده است که ریزجلبک‌ها منابع بسیار خوبی از طیف وسیعی از ترکیب‌ها با ارزش غذایی بالا از جمله کربوهیدرات ها، اسیدهای آمینه ضروری، ویتامین‌ها و مواد معدنی هستند. هم‌چنین، این موجودات سرشار از مواد آنتی اکسیدانی قوی مانند β کاروتن، آستاگزانتین، نئوکانتین، کانتاگزانتین، لوتئین، توکوفرول، اسید آسکوربیک و... هستند (۷،۸). به‌همین جهت در برخی جوامع ماده خشک آن‌ها به‌عنوان افزودنی غذایی با خواص آنتی اکسیدان طبیعی، ضد التهاب و افزایش-دهنده سطح انرژی بدن به‌مصرف می‌رسد. به‌دلیل محتوای بالای کلروفیل و الیاف موجود در ماده خشک (۱۸ ~ ۹٪)، مصرف ریزجلبک‌ها می‌تواند مانع جذب فلزات سنگین و مواد سمی وارده به بدن از طریق دستگاه گوارش شود و از طرف دیگر موجبات دفع این ترکیب‌های مضر را از بدن فراهم کند (۹). هم‌چنین به‌واسطه توانایی بالای ریزجلبک‌ها در جذب فلزات سنگین، از آن‌ها به‌عنوان تصفیه کننده فاضلاب‌های صنعتی یاد می‌شود. ترکیب‌های مشتق شده از ریزجلبک‌ها دارای فعالیت‌های بیولوژیکی بالقوه بیش-تری نسبت‌به ترکیب‌های گیاهی شناخته شده موجود هستند (۱۰).

در میان محصول‌های مشتق شده از جلبک، تولید سالانه گونه اسپیرولینا (Spirulina) با حدود ۱۲۰۰۰ تن، پرمصرف‌ترین و پس از آن کلرلا (Chlorella) و دانیلا سالینا (Dunaliella salina) به‌ترتیب با ۵۰۰۰ و ۳۰۰۰ تن در سال قرار دارند. با این حال، این مقادیر در مقایسه با محصول‌های زمینی هم‌چون روغن نخل که تولید سالیانه آن ۴۰ میلیون تن است، بسیار کم‌تر است با توجه‌به افزایش تقاضای ریزجلبک‌ها، به‌ویژه اسپیرولینا، برای استفاده در مواد آرایشی و رنگی طبیعی، انتظار می‌رود ارزش معاملات بازار جهانی این محصول رشد ۱۰٪ را تجربه کند و به ارزش تخمینی ۲۰۰۰ میلیون دلار تا سال ۲۰۲۶ برسد. از طرف دیگر، پیش‌بینی می‌شود که بازار محصول‌های مشتق شده از کلرلا تا سال ۲۰۲۲ به ۷۰۰ میلیون دلار برسد. تقاضای بالای بازار جهانی برای تولید منابع طبیعی غنی از آستاگزانتین جهت مصرف در خوراک آبزیان، مواد آرایشی، غذایی و نوشیدنی‌ها و مواد مغذی باعث شده تا استفاده از ریزجلبک‌ها به‌عنوان منابع غنی از این ترکیب ارزشمند بسیار افزایش یابد (۱۱).

در کشورهای توسعه یافته، مردم به‌دلیل سبک زندگی مدرن خود به‌طور عمده از غذاهای با کالری بالا استفاده می‌کنند. این امر منجر به بروز چاقی، فشار خون بالا، دیابت و بیماری‌های قلبی عروقی می‌شود. برای حفظ سبک زندگی سالم در این جوامع، یک

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22285458.1400.11.42.4.4]

رژیم غذایی متعادل متشکل از آنتی اکسیدان‌ها، ویتامین‌ها و اسیدهای چرب غیراشباع به‌شدت احساس می‌شود. امروزه محققان بر تولید مکمل‌های طبیعی به‌خصوص مکمل‌های گیاهی متمرکز هستند. گستره مطالعه‌ها شامل اجزای مختلف گیاه ریشه، ساقه، برگ و میوه هم در گیاهان ناشناخته وکم‌تر شناخته شده و هم گیاهان معروف و پر مصرف است. از جمله این مکمل‌ها می‌توان به کرن بری، پالم، سویا، گارلیک، رویبوس و هونی براش و جینسینگ و...اشاره داشت. به‌عنوان مثال ذغال اخته به‌دلیل فعالیت آنتی اکسیدانی و زیستی شامل محافظت از قلب و دستگاه ادراری، فعالیت ضد قارچی، ضد باکتریایی و ضد سرطانی از اهمیت ویژه‌ای جهت ساخت مکمل‌های گیاهی برخوردار است. فعالیت آنتی اکسیدانی آن را می‌توان به اسیدهای آلی و ویتامین C هم‌چنین وجود ترکیب‌های فنلی و فلاونوئیدی از جمله آنتوسیانین، پروآنتوسیانین و تری‌ترپنوئیدها نسبت داد (۱۲). باتوجه‌به روند روز افزون رژیم غذایی گیاهی، تولید و مصرف مکمل‌ها و غذاهای گیاهی حاوی پروتئین زیاد جایگاه ویژه‌ای در بین افراد پیدا کرده است. به‌عنوان مثال سویا سرشار از پروتئین و پلی‌فنول‌ها در تولید آنالوگ گوشت و جایگزین محصول‌های لبنی از جمله شیر، کاربرد فراوانی داشته و به‌نظر می‌رسد این روند سیر صعودی در پیش داشته باشد. تنها دغدغه محققان بعد از تأمین پروتئین با کیفیت بالا، کمبود یا عدم وجود ویتامین B_{12} در گیاهان و بروز مشکلات ناشی از آن در گیاهخواران است. به‌طور کلی سویا در مقایسه با دیگر حبوبات مثل لوبیا، نخود، نخودسبز و عدس که حاوی مقادیر متفاوتی از پروتئین، چربی، کربوهیدرات، آهن، کلسیم و فیبر هستند، حاوی کربوهیدرات کم‌تر، پروتئین، چربی غیر اشباع، آهن و کلسیم بیش‌تری است (۱۳). بخش‌های مختلف شامل پوست، دانه‌ها، گل و جوانه‌های انار جهت تهیه عصاره انار مورد استفاده قرار می‌گیرند. عصاره انار فعالیت پیشگیرانه علیه بیماری‌های قلبی عروقی، دیابت، سرطان را داراست. عصاره انار حاوی پلی‌فنول، فلاونوئید، پروآنتوسیانین، ویتامین، بتاکاروتن و در واقع نوعی آنتی اکسیدان، از بین برنده رادیکال‌های آزاد، ضد التهاب و ضد تکثیر و شمار می‌رود. عصاره‌های آن به‌صورت کپسول، قرص و ژل نرم به بازار عرضه می‌شود. از طرفی به‌عنوان مکمل خوراک دام نیز کاربرد دارد (۱۴).

بی‌تحرکی، افزایش وزن و چاقی دغدغه بسیاری از افراد جامعه بوده و از این‌رو روزانه افراد زیادی به استفاده از مکمل‌ها جهت پیشگیری از چاقی و کاهش وزن روی می‌آورند. از طرفی گفته می‌شود ترکیب‌های غنی از فیبر و هم‌چنین مهار آنزیم فسفولیپاز کبدی از عواملی است که می‌تواند کمک کننده باشد. لذا مطالعه‌ها نشان می‌دهد رزوراترول و عصاره هسته انگور، عصاره بلوط و چای سبز که حاوی ترکیب‌های پلی‌فنولیک هستند در این زمینه کمک کننده هستند (۱۵). استقبال روز افزون مردم از محصول‌های آرایشی- بهداشتی و زیبایی محققان را به بررسی‌های گسترده پیرامون فرآورده‌های طبیعی پاسخگوی این نیاز واداشته است. بدین‌منظور مطالعه‌های گسترده بر روی ترکیب‌های مختلف و اجزای مختلف گیاهان صورت گرفته که از آن دسته می‌توان به برگ‌ها و شاخه‌های رویبوس و هونی براش حاوی پلی‌فنل آسپالاتین با خصوصیت‌های آنتی اکسیدان و ضد التهابی مناسب جهت بیماری‌های پوستی و محصول-های آرایشی-بهداشتی با عملکرد آبرسانی و ضد چین و چروک اشاره نمود (۱۶). مردم چین حدود ۲۰۰۰ سال پیش گونه‌های ریزجلبک Nostoc را به‌عنوان غذا و پس از آن گونه‌های کلرلا و اسپیرولینا به‌عنوان غذاهای سالم در تایوان، ژاپن و مکزیک مورد استفاده قرارگرفت (۱۷). ریزجلبک‌ها حاوی انواع و اقسام ویتامین‌ها و مواد معدنی از جمله ویتامین‌های محلول در آب C، B_1، B_2، B_6 و B_{12}، ویتامین‌های محلول در چربی A وE، مواد معدنی شامل آهن، کلسیم، پتاسیم، منیزیم و ید و ترکیب‌های گوناگون پلی فنول، آنتوسیانین، لوتئین، کلروفیل، فاکتور رشد، اسیدهای چرب اشباع نشده مثل امگا ۳ و ۶، کاروتنوئیدها و انواع گزانتین‌ها، غنی از پروتئین و فیبرهای غذایی است. هم‌چنین به‌دلیل داشتن پروتئین بالا و ویتامین B_{12} به‌نظر می‌رسد از دیگر منابع گیاهی غنی‌تر و سودمندتر باشند. با بررسی و مقایسه اجمالی گیاهان و ریزجلبک‌ها به‌صراحت می‌توان دریافت که مکمل‌های ریزجلبک در مقایسه با مکمل‌های گیاهی می‌توانند در حجم کم‌تر گستره وسی‌تری از نیازها را برآورده کنند. به‌عنوان مثال غنای بسیاری از ریزجلبک‌ها از طیف

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22285458.1400.11.42.4.4]

وسیعی از کاروتنوئیدها به‌ویژه آستاگزانتین، می‌تواند جایگزین مناسب بسیاری از مکمل‌های طبیعی هم‌چون انار باشد. از طرف دیگر تنوع وسیع ترکیب‌ها با خواص جذب رادیکال‌های آزاد ریزجلبک‌ها می‌تواند خاصیت آنتی اکسیدانی بسیار بالایی برابر یا بیش‌تر از سایر منابع گیاهی هم‌چون: رزوراترول مشتق از انگور، عصاره انار، جینسینگ و گریپ فروت و ... داشته باشد. بیش از نیمی از ماده خشک ریزجلبک‌هایی هم‌چون اسپیرولینا حاوی اسیدآمینه‌های ضروری بدن انسان هستند که می‌تواند مفیدتر از هر مکمل گیاهی و حتی منابع غذایی با منشاء حیوانی باشد. هم‌چنین برخلاف منابع غذایی با منشاء حیوانی، ریزجلبک کلرلا غنی از ویتامین B_{12} است که در مکمل‌های غذایی با منشاء گیاهی یافت نمی‌شود. علاوه‌بر این، به‌علت فتوسنتز بسیار بالای ریزجلبک‌ها، محتوای کلروفیل آن‌ها چندین برابر گیاهان است. این امر باعث می‌شود مصرف آن‌ها باعث ممانعت از جذب فلزات سنگین و بسیاری از سموم وارده به بدن از طریق دستگاه گوارش شود. هم‌چنین به‌عنوان یک داروی افزایش دهنده دفع لیپیدهای غذایی در افراد مورد هدف مطرح گردد. بدیهی است که فواید ذکر شده در مورد ریزجلبک‌ها تنها بخشی از مجموع خواص مفید آن‌ها در حفظ سلامتی افراد است و این امر به‌دلیل دارا بودن طیف وسیعی از ترکیب‌های مفید و سودمند است (۷،۱۳،۱۴). بنابراین از مجموع مطالب ذکر شده در فوق می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که در صورت مصرف بهینه و رعایت دوز استاندارد مکمل‌های بر پایه ریزجلبک‌ها، بسیاری از مواد ضروری بدن تأمین می‌شود به‌طوری‌که می‌توان با مصرف مکمل‌های غذایی با منشاء ریزجلبک‌ها از مصرف سایر مکمل‌های با منشاء گیاهی بی‌نیاز شد. به‌ویژه این‌که در اکثر موراد مصرف بلند مدت این‌گونه ترکیب‌ها عوارض جانبی قابل ملاحظه‌ای به‌همراه ندارد. در حال حاضر غذاهای مشتق شده از ریزجلبک‌ها به‌عنوان غذاهای سالم به بازار عرضه می‌شوند و به شکل کپسول، قرص، پودر و مایعات موجود هستند. آن‌ها هم‌چنین در ترکیب با آب نبات، آدامس، تنقلات، خمیر، غلات صبحانه و نوشیدنی‌ها مصرف می‌شوند. در طی سال‌های اخیر، گونه‌های کلرلا و اسپیرولینا از محبوبیت بیش‌تری در بازار جهانی برخوردار هستند و این امر به محتویات غنی از مواد مغذی این گونه‌ها نسبت داده می‌شود. به‌همین دلیل در این مطالعه نیز ما به مطالعه خواص مفید گونه‌های مختلف ریزجلبک‌ها و با تکیه بیش‌تر بر دو گونه یاد شده پرداختیم. مجموع مطالع‌های بالینی و حیوانی موجود پیرامون بررسی اثرهای حفاظتی و درمانی ریزجلبک‌ها در بسیاری از اختلال‌های متابولیک باعث شد که ما به‌دنبال گردآوری یافته‌های ارزشمند اخیر برآییم و با نشان دادن اثرهای سودمند این محصول سعی در بهبود سبد غذایی جامعه کشورمان برای افزایش سطح سلامت جامعه گام برداشته باشیم.

ریزجلبک کلرلا

ریزجلبک‌ها به عنوان منابع غذایی ایمن توسط سازمان غذا و دارو آمریکا طبقه‌بندی می‌شوند. از جمله این ریزجلبک‌ها می‌توان به اسپیرولینا، کلرلا، دانیلا، هماتوکوکوس، پروفیریدیوم کروئنتوم، آفانیزومنون و... اشاره داشت. به‌دلیل افزایش نگرانی در مورد رژیم غذایی سالم و متعادل، فروش کلرلا در بازار جهانی در سال ۲۰۱۶ به میزان ۱۳۸ میلیون دلار بوده است و انتظار می‌رود تا سال آینده به بیش از ۱۶۴ میلیون دلار برسد. علاوه‌بر این، گونه‌های کلرلا منابع خوبی از مواد غذایی غنی از مواد مغذی برای گونه‌های آبزی، مرغ و نشخوارکنندگان هستند. در حال حاضر، بیش از ۷۰ شرکت صنعتی وجود دارد که سالانه حدود ۲۰۰۰ تن محصولات کلرلا تولید می‌کنند. بزرگترین تولید کننده کلرلا در تایوان واقع شده است که ۴۰۰ تن در سال تولید می‌کند و پس از آن یک شرکت آلمانی ۱۳۰ تا ۱۵۰ تن در سال تولید می‌کند (۱۸). تحقیقی که در دهه ۱۹۴۰ توسط دو محقق به نام‌های Jorgenson و Convit روی ۸۰ بیمار جذام در ونزوئلا انجام شد که در آن سوپ پلانکتون متشکل از کلرلا به‌عنوان مکمل غذایی در بیماران مورد استفاده قرار گرفت و مشاهده شد که سطح انرژی، سلامتی و وزن بیماران را افزایش داد. این اولین شواهد مستند از جلبک‌های کوچک به‌عنوان یک مکمل غذایی سودمند بود (۱۹). کلرلا در برابر سو تغذیه و مسمومیت با Ethionine، از عوامل محافظت کننده کبدی محسوب می‌شود و غلظت قند خون را کاهش داده و غلظت هموگلوبین را افزایش می‌دهند. مصرف کلرلا

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22285458.1400.11.42.4.4]

همچنین باعث تحریک سیستم ایمنی از طریق بتا گلوکان می‌شود که پروفایل چربی خون را متعادل ساخته و سطح رادیکال‌های آزاد خون را کاهش می-دهد (۲۰).

ریزجلبک اسپیرولینا

سازمان بهداشت جهانی اسپیرولینا را ماده مغذی فوق-العاده نامیده است (۲۱). اسپیرولینا همچنین به‌عنوان "Superfood"توسط سازمان بهداشت جهانی مطرح است. سلول‌های آن غنی از پروتئین با محتوای پروتئین تا ۷۰٪ وزن خشک است و از سال ۱۹۵۰ تاکنون توسط مردم بومی مکزیک و آفریقا استفاده می‌شود (۲۲). همچنین یک منبع طبیعی عالی از ویتامین A، B_1، B_2، B_{12}، اسیدهای چرب ضروری و رنگدانه‌های مفید مانند گزانتوفیل و کاروتنوئیدها است به‌طوری‌که مصرف یک قاشق (۷ گرم) ماده خشک اسپیرولینا کمابیش ۴ گرم پروتئین، ۱ گرم چربی شامل اسیدهای چرب غیراشباع مانند اسیدهای چرب امگا ۳ و امگا ۶ و ۱۱٪، ۱۵٪ و ۴٪ میزان نیاز روزانه (Recommended Dietary Allowance) به‌ترتیب ویتامین B_1، B_2، B_3 و همچنین به‌ترتیب ۲۱٪ و ۱۱٪ میزان نیاز روزانه مربوط به مس و آهن است (۲۳). با انجام مقایسه‌ای ساده بین ترکیب‌های موجود در اسپیرولینا و مواد غذایی سودمندی که به‌طور رایج مورد استفاده قرار می‌گیرد می‌تواند به غنای بالای ترکیب‌های این ریزجلبک پی برد. گزارش شده است که اسپیرولینا حاوی پروتئین ۶۷۰٪ در مقایسه با پنیر سویا، کلسیم تا ۱۸۰٪ در مقایسه با شیر، آهن تا ۵۱۰۰٪ در مقایسه با اسفناج و β-carotene تا ۳۱۰۰٪ در مقایسه با هویج است (۲۴). علاوه‌بر این، مواد معدنی مختلف دیگری مانند منیزیم، منگنز و پتاسیم در مکمل غذایی اسپیرولینا به مقدار کم گزارش شده است. مطالعه‌ها نشان داده است که مصرف اسپیرولینا با اثرهای متعادل کنندگی کلسترول، لیپوپروتئین با چگالی کم (LDL)، تری-گلیسرید، فشار خون و قندخون همراه است. هم-چنین گزارش شده است که مکمل اسپیرولینا باعث افزایش سطح هموگلوبین سلول‌های قرمز خون در افراد مسن و بهبود سیستم ایمنی بدن آن‌ها می‌شود. اسپیرولینا سرشار از گامالینولئیک اسید و فیکوبیلی پروتئین است. گاما لینولئیک اسید، یک اسید چرب اشباع نشده غیرضروری مغذی است که مطالعه‌های مختلف ارزش دارویی آن در زمینه‌های مختلف از جمله: کاهش لیپوپروتئین‌های کم چگال در بیماران مبتلا به هایپرکلسترولمی، کاهش علائم در بیماران مبتلا به سندروم قبل قاعدگی و اگزمای آتوپیک، از بین بردن انتخابی سلول‌های توموری بدون آسیب به سلول‌های سالم، بهبود بیماران مبتلا به اسکیزوفرنی، مالتیپل اسکلروز، درماتیت، دیابت و آرتریت را به اثبات رسانده‌اند. فیکوبیلی پروتئین موجود در اسپیرولینا به-واسطه خاصیت جذب رادیکال‌های آزاد می‌تواند به-عنوان داروی ضد سرطان و ضد تومور مورد استفاده قرار بگیرد. گفته می‌شود اسپیرولینا به جهت تأمین مواد مغذی و معدنی کاندید مناسبی برای زنان در طول بارداری و شیردهی و حتی رفع سو تغذیه در کودکان است. اسپیرولینا عملکردهای گوارشی را تقویت و باکتری‌های روده را حفظ می‌کند. گفتنی است اسپیرولینا در کلوچه، شیرینی‌های خشک، رشته فرنگی و سایر محصولات غذایی به مصرف می‌رسد (۲۱،۲۵،۲۶). با توجه‌به آنچه که پیرامون خواص مفید اسپیرولینا تاکنون ذکر گردید، دور از انتظار نیست که فضانوردان سازمان ملی هوانوردی و فضا (ناسا) از اسپیرولینا به‌عنوان غذایی ایده آل برای سفرهای فضایی خود جهت تأمین طیف گسترده مواد مغذی مورد نیاز بدن در حجم کم استفاده کنند (۲۷).

خواص محافظتی ریزجلبک‌ها در برابر اختلال-های کبدی

کبد به‌عنوان مهم‌ترین اندام در متابولیسم و سم‌زدایی مواد بیگانه و داروها در بدن مطرح است. در نتیجه نسبت‌به سایر اندام‌ها بسیار مستعد سمیت بافتی است. از این‌رو طی سال‌های گذشته، رویکردهای مختلف درمانی متداول و مدرن زیادی برای شناسایی و توسعه ترکیب‌های محافظت کننده کبدی انجام شده است (۲۸،۲۹). مکمل‌های طبیعی به‌عنوان یک رویکرد درمانی طبیعی برای پیشگیری و درمان اختلال‌های کبدی به‌طور فزاینده‌ای مورد توجه قرار گرفته‌اند. عوارض جانبی کم‌تر، قیمت پایین، امکان استفاده طولانی مدت و خواص آنتی اکسیدانی از مزایای اصلی مکمل‌های طبیعی نسبت‌به داروهای شیمیایی است (۳۱،۳۰). مطالعه‌های حیوانی و انسانی متعددی نشان داده است که مصرف کلرلا در بیماران و افراد سالم با

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22285458.1400.11.42.4.4]

کم‌ترین عارضه کبدی همراه بوده است. در این مطالعه با توجه‌به این‌که استرس اکسیداتیو نقشی بسیار مهم در بیماری‌زایی اختلال‌های کبد دارد، لذا توجه ویژه‌ای به خواص آنتی اکسیدانی کلرلا برای پیشگیری و درمان بیماری‌های کبدی جلب خواهد شد.

مدل‌های آسیب کبدی به‌طور کلی توسط مواد شیمیایی مختلف سمی مانند تتراکلرید کربن (CCl_4)، استامینوفن، تیواستامید (TAA) و فلزات سنگین ایجاد می‌شود (۳۲). مطالعه‌های قبلی مدل‌های مختلف آزمایشی آسیب کبدی را توسعه داده و اثر محافظت کننده کبدی عصاره تام یا فراکشن خاصی از عصاره کلرلا را بررسی کرده‌اند. اثر محافظت کنندگی کبدی کلرلا ولگاریس در برابر سمیت نفتالین توسط Vijayavel و همکاران مورد بررسی قرار گرفت (۳۳). در این مطالعه سمیت ناشی از نفتالین باعث افزایش قابل توجه آنتی اکسیدان‌های آنزیمی و غیر آنزیمی در کبد، کلیه و سرم شد. نفتالین فعالیت آنتی اکسیدان-های آنزیمی مانند CAT، SOD، GPx و آنتی اکسیدان‌های غیرآنزیمی GSH و اسیدهای اسکوربیک را کاهش داد. اگرچه تجویز عصاره اتانولی کلرلا ولگاریس با دوز ۷۰ میلی‌گرم در کیلوگرم به‌مدت ۱۵روز اثر نامطلوب نفتالین را کمابیش به حد نرمال برگرداند. محققان دریافتند به‌احتمال نقش محافظتی عصاره کلرلا ولگاریس ممکن است به جلوگیری از تخلیه نیکوتین آمید آدنین دی نوکلئوتید فسفات (NADPH) و توانایی برای از بین بردن رادیکال‌های آزاد در کبد و بافت‌های کلیه توسط درمان کلرلا ولگاریس مرتبط باشد. در واقع توانایی مهار ROS عصاره کلرلا ولگاریس به برخی از مواد آنتی اکسیدانی مانند کاروتن‌ها و اسید اسکوربیک اشاره دارد که روند پراکسیداسیون لیپیدها را کاهش می‌دهد و فعالیت آنتی اکسیدان‌های آنزیمی را حفظ می‌کند. در یک مطالعه تجربی دیگر توسط Shim و همکاران، اثر تجویز کلرلا ولگاریس در برابر سمیت کبدی القا شده توسط کادمیوم بررسی گردید. در این مطالعه مدل حیوانی سمیت کادمیوم را با تغذیه روزانه ppm ۲۰۰ کادمیوم به‌مدت ۸ هفته القا شد و مصرف کلرلا ولگاریس به‌مدت ۴ هفته ادامه یافت. در این مطالعه، تأثیر درمان کلرلا ولگاریس بر وزن بدن و اندام و اعمال کادمیوم بررسی شد (۳۴). نتایج نشان داد کلرلا ولگاریس نمی‌تواند باعث کاهش وزن ناشی از کادمیوم در کبد، کلیه و اندام‌های طحال شود. به‌نظر می‌رسد سم‌زدایی از فلزات سنگین توسط کلرلا ولگاریس بیش‌تر مربوط به کاهش جذب روده‌ای آن باشد. مطالعه قبلی توسط Kim و همکاران شواهد دیگری را در مورد اثر محافظت کنندگی کبدی کلرلا ولگاریس در برابر سمیت کادمیوم بیان کرد. در این مطالعه مسمومیت با کادمیوم باعث کاهش وزن حیوانات شد و درمان کلرلا ولگاریس توانست به‌طور قابل توجهی از این تغییر جلوگیری کند. هم‌چنین، درمان کلرلا ولگاریس غلظت کادمیوم کبدی را در مقایسه با حیواناتی که کادمیوم به تنهایی دریافت کرده بودند کاهش داد (۳۵). نویسندگان اظهار داشتند که اثرهای مفید کلرلا ولگاریس ممکن است در ارتباط با کاهش جذب روده‌ای کادمیوم و تقویت فعالیت سم‌زدایی کبدی توسط کلرلا ولگاریس باشد.

اثر ضدسرطانی کلرلا ولگاریس بر روی رده سلول‌های سرطانی کبد (HepG2)، توسط Saad و همکاران صورت گرفت. در این تلاش HepG2 به‌عنوان رده سلول سرطانی کبد و WRL68 به‌عنوان رده سلول طبیعی کبدی (گروه کنترل) با عصاره کلرلا ولگاریس با دوزهای ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ میکروگرم در میلی-لیتر تحت درمان قرار گرفتند. افزودن دوزهای مختلف عصاره آبی به سلول‌های کشت یافته باعث آپوپتوز به-صورت وابسته‌به دوز می‌شود. اثر آپوپتوزی در رده سلولی HepG2 از رده سلولیWRL68 آشکارتر بود (۳۶). نویسندگان نتیجه گرفتند که اثر ضد سرطانی کلرلا ولگاریس می‌تواند مرتبط با ترکیب‌هایی هم‌چون ویتامین‌ها، اسیدهای آمینه ضروری و مواد معدنی باشد. هم‌چنین محتوای بالای گلیکوپروتئین‌ها می-تواند به اثر ضدسرطانی کلرلا ولگاریس کمک کند. اگرچه نمی‌توان اثر آنتی اکسیدانی قدرت کلرلا ولگاریس را نادیده گرفت.

در مطالعه‌های انسانی مکمل‌های غذایی متشکل از سیلی‌مارین، N-استیل سیستئین، آلفا لیپوئیک اسید، کوئرستین، رزوراترول، سلنیوم و عصاره چای سبز به-طور گسترده‌ای برای بهبود بیماری‌های کبدی مورد بررسی قرار گرفته‌اند (۳۹-۳۷). کلرلا ولگاریس به‌دلیل

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22285458.1400.11.42.4.4]

داشتن طیف گسترده‌ای از مواد مفید، می‌تواند یک جایگزین بسیار مفید برای مکمل‌های ذکر شده باشد. برخلاف مطالعه‌ها به‌نسبت پرتعداد پیرامون اثرهای درمانی کلرلا ولگاریس بر روی مدل‌های حیوانی، تاکنون، تلاش‌های کارآزمایی بالینی محدودی طراحی و ارزیابی شده است که اثر محافظتی مکمل کلرلا ولگاریس در بیماران مبتلا به بیماری‌های کبدی را مورد ارزیابی قرار دهد (۴۰).

بیماری کبد چرب غیرالکلی (NAFLD) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین دلایل بیماری‌های مزمن کبدی، همراه با توسعه سبک زندگی مدرن، به‌ویژه در کشورهای صنعتی، به‌سرعت در سراسر جهان در حال گسترش است. در بیماران NAFLD، تجمع چربی سلول‌های کبدی باعث چندین اختلال متابولیک ثانویه می‌شود. به‌همین دلیل، طیف وسیعی از ترکیب‌های سنتتیک و طبیعی برای بهبود بیماری‌های کبد چرب آزمایش شده‌اند (۴۱). در همین حال، کلرلا ولگاریس به‌عنوان یک مکمل طبیعی آینده امیدوار کننده‌ای دارد. اولین مطالعه انسانی یک مطالعه کارآزمایی بالینی در ایران بود که توسط Panahi و همکاران انجام شد که اثر مکمل تجاری کلرلا ولگاریس با نام تجاری ALGMED را بر بیماران کبد چرب غیر الکلی در بیمارستان بقیه الله (تهران) گزارش کردند. آن‌ها مکمل کلرلا ولگاریس را با دوز ۱۲۰۰ میلی‌گرم در روز جایگزین متفورمین کردند. شاخص توده بدنی (BMI)، پارامترهای تن سنجی، پروفایل لیپیدی سرم، سنجش عملکرد کبدی، ارزیابی سونوگرافی و ارزیابی شاخص مقاومت به انسولین (HOMA-IR) اندازه-گیری شد (۴۲). بیماران هر دو گروه درمانی با یا بدون درمان کلرلا ولگاریس با کاهش وزن قابل توجهی همراه بودند. پارامترهای بیوشیمیایی سرم شامل آلانین آمینوترانسفراز (ALT)، آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) و تری گلیسرید (TG) در پایان مداخله فقط در بیمارانی که کلرلا ولگاریس دریافت کرده بودند کاهش یافت. مقاومت به انسولین نقش اساسی در پاتوژنز NAFLD دارد که در این مطالعه با مصرف مکمل کلرلا ولگاریس کاهش یافت. بهبود مقاومت به انسولین منجر به افزایش حساسیت به انسولین محیطی و لیپوژنز محیطی می شود که به ترشح چربی کبدی کمک می کند. نویسندگان نتیجه گرفتند که اثر تعدیل کنندگی کلرلا ولگاریس بر روی قند خون و پروفایل لیپیدی در کنار خاصیت آنتی اکسیدانی آن اصلی‌ترین عوامل ایجاد کننده اثر محافظتی کلرلا ولگاریس در بیماران NAFLD بوده است. با توجه‌به نتایج به‌دست آمده Panahi و همکاران بیان کردند علاوه‌بر اصلاح سبک زندگی، تجویز کلرلا ولگاریس می‌تواند مؤثرترین روش برای بهبود بیماری کبد چرب غیرالکلی باشد (۴۲). در تلاش تحقیقاتی دیگر توسط Itakura و همکاران، مکانیسم مولکولی برای اثر کاهندگی قند خون کلرلا انجام شد. در این راستا، یک آزمایش تصادفی و دوسوکور کنترل شده با دارونما، تجزیه و تحلیل بیان ژن در سلول‌های خون محیطی افراد دیابتی و گروه دارونما انجام شد. Resistin به‌عنوان یک هورمون مشتق از چربی، نقشی حیاتی در مقاومت به انسولین ایفا می‌کند. در مطالعه مذکور مشاهده شد که مصرف کلرلا به‌مدت ۱۲ هفته بیان ژن Resistin را در سلول های خون محیطی کاهش داد و سطح سرمی IL-6 و TNF-α به‌عنوان یک نتیجه از فعالیت Resistin نیزکاهش یافت (۴۳).

اثر محافظتی کبدی کلرلا در بیماران مبتلا به عفونت مزمن ویروس هپاتیت C توسط Azocar و همکاران انجام شد. این مطالعه کوهورت روی ۱۳ نفر در محدوده سنی ۶۵- ۱۳ و در افراد بدون هیچ بیماری کبدی دیگری انجام گرفت (۴۴). شرکت کنندگان در هفته اول ۰/۱ گرم در روز کلرلا و در ادامه تا هفته دوازدهم ۱/۵ گرم در روز کلرلا دریافت کردند. قبل و بعد از مداخله، لود سرمی ویروس هپاتیت C، پارامترهای هماتولوژی و آزمایش‌های بیوشیمیایی اندازه‌گیری شد. هم‌چنین ۲۶ بیمار مبتلا به عفونت مزمن ویروس هپاتیت C که مکمل کلرلا دریافت نکردند، به‌عنوان یک گروه کنترل در نظر گرفته شدند. Azocar و همکارانش نشان دادند که درمان کلرلا باعث بهبود سطح سرمی آنزیم‌های کبدی می‌شود. هم‌چنین، با استفاده از مکمل کلرلا، میزان ویروس سرم به مقدار قابل توجهی کاهش یافت. اگرچه سایر اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی تغییرهای قابل توجهی نشان ندادند. علاوه‌بر اثرهای مفید مکمل کلرلا، از طریق تجویز کلرلا در گروه کنترل، عوارض جانبی کمی مانند یبوست و اسهال ثبت شد. در این مطالعه،

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22285458.1400.11.42.4.4]

نویسندگان نتیجه گرفتند که کلرلا در کاهش عوارض عفونت مزمن ویروس هپاتیت C از طریق تحریک سیستم ایمنی و هم‌چنین تقویت سیستم دفاعی آنتی اکسیدان کبدی نقش دارد.

خواص ضدتوموری ریزجلبک‌ها

کاروتنوئیدها از جمله آنتی اکسیدان‌های با منشاء طبیعی شناخته شده هستند که فعالیت ضد توموری را نشان می‌دهند. به‌تازگی، مشخص شده است که مصرف کاروتنوئیدها به‌همراه ۵-فلوروراسیل منجر به اثرهای ضدسرطانی بهتری نسبت‌به زمانی که ۵-فلوروراسیل به‌تنهایی مورد استفاده قرار می گرفت، شدند. این اثر بخشی می‌تواند به کاهش سطح بافتی رادیکال آزاد ایجاد شده توسط ۵-فلوروراسیل مربوط باشد. بنابراین، ریزجلبک‌ها ممکن است به‌عنوان یک داروی طبیعی بالقوه برای مهار و درمان بیماری‌های مرتبط با اکسیژن فعال (ROS) مطرح شوند. کاروتنوئیدهای مشتق شده از ریزجلبک شامل انواع مختلفی مانند آستاگزانتین هستند که دارای یک قابلیت ضد توموری بالقوه‌اند. آستاگزانتین به روش وابسته‌به دوز از تکثیر سلولی دو رده سلولی سرطان معده KATO-III و SNU-1 جلوگیری می‌کند (۴۵). علاوه‌بر این، به‌واسطه متعادل‌سازی پروتئین‌های مرتبط با فاکتور ERK می‌تواند بیان p27 را افزایش دهد. آستاگزانتین یک آنتی اکسیدان کارآمد است که قادر است از سمیت ژنی و سمیت سلولی ایجاد شده توسط گونه‌های فعال مشتق از اکسیژن جلوگیری کند و آنزیم‌های کبدی مؤثر در سم زدایی ترکیب‌های سرطان‌زا و بیگانه را فعال کند. علاوه‌بر این، آستاگزانتین قادر است ضایعات بیماری‌زا مرتبط با تکثیر سلولی و رگ‌زایی را در کارآزمایی‌های بالینی مربوط به هیپرپلازی پروستات ترمیم سازد (۴۶).

در موارد بالینی سرطان روده بزرگ، رژیم غذایی حاوی آستاگزانتین فعالیت ضد تکثیری را در مرحله پس از شروع چرخه‌های سلولی نشان می‌دهد. علاوه‌بر این آستاگزانتین یک نقش ضد التهابی و ضد سرطانی کارآمد در مدل‌های آزمایشگاهی سرطان روده بزرگ در موش‌های صحرایی نر نژاد ویستار از طریق القای آپوپتوز نشان داد. در اینجا، تحریک آپوپتوز از طریق افزایش بیان NF-kB همراه با بیان تعدیل شده آنزیم-های ماتریکس متالوپروتئیناز خارج سلولی ۹ (MMP-9)، سیکلوکسیژناز ۲ (COX-2)، ماتریکس متالوپروتئیناز خارج سلولی ۲ (MMP-2)، آنزیم کیناز تنظیم کننده خارج سلولی (ERK-2) و پروتئین کیناز AKT انجام می‌گیرد. در مرحله بعدی پیشرفت تومور، این ترکیب متاستاز کبدی ناشی از استرس را در موش‌ها کاهش می‌دهد و پاسخ ایمنی را از طریق تنظیم پراکسیداسیون لیپیدی افزایش می‌دهد. علی-رغم خواص ضدسرطانی آستاگزانتین، هزینه بالای سنتز و خالص سازی آن به روش سنتتیک تمایل به استخراج آن از منابع طبیعی را افزایش داده است. در اینجا ریزجلبک‌هایی همانند کلرلا ولگاریس حاوی مقادیر سرشار از آستاگزانتین هستند که می‌توانند این محدودیت را از سر راه تولید کنندگان آستاگزانتین بردارد (۴۷).

گالاکتان سولفات (GA3P) به‌عنوان یک عامل پلی-ساکارید خارج سلولی ضد تومور شناخته شده است. این ترکیب قادر به مهارآنزیم توپوایزومراز ۱ و ۲ است و از این طریق می‌تواند فعالیت ضدتوموری از خود بروز دهد. فوکویدان (Fucoidan) از جمله پلی‌ساکاریدهای سولفاته است که در ماتریکس بین سلولی جلبک‌های قهوه‌ای یافت می‌شود و دارای اثرهای مختلفی از جمله مهار رگ‌زایی، ضدویروسی و هم‌چنین تنظیم کننده سیستم انعقادی است (۴۸). از طرف دیگر پپتیدهای حاصل از هیدرولیز ریزجلبک‌ها دارای فعالیت‌های مختلفی هستند. به‌عنوان مثال پپتیدهای فعال متعلق-به کلرلا ولگاریس قادر به مهار تکثیر سلول‌های سرطان معده در فاز G1 از تقسیم سلولی است. هم-چنین این پپتیدها قادر به تقویت خواص آنتی اکسیدانی در برابر رادیکال‌های پروکسیل هستند (۴۹).

اثر ضددیابتی ریزجلبک ها

یک روش درمانی برای جلوگیری از چاقی و دیابت، کاهش جذب گلوکز و هم‌چنین لیپیدهای رژیم غذایی است. ترکیب فعال فوکوگزانتین موجود در ریزجلبک‌ها قادر به مهار آنزیم‌های آلفا آمیلاز و آلفا گلوکوزیداز در دستگاه گوارش هستند. هم‌چنین از طریق القای

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22285458.1400.11.42.4.4]

فعالیت گلوکز اکسیداز و کاهش تجمع چربی، متابولیسم گلوکز را در سلول‌های بدن بهبود می-بخشند. علاوه‌بر این، از طریق مهار آنزیم‌های هضم کننده کربوهیدرات با تأخیر در جذب کربوهیدرات‌های غذایی از اندام‌های گوارشی، باعث کاهش میزان هیپرگلایسمی پس از خوردن غذا می‌شود. با توجه‌به نتایج به‌دست آمده، فوکوگزانتین مشتق از ریزجلبک‌ها از جمله منابع طبیعی است که می‌توان برای جلوگیری از چاقی و دیابت نوع ۲ استفاده کرد و به‌عنوان یک ترکیب مؤثر برای تولید مکمل‌های غذایی مورد استفاده قرار داد (۵۰).

پپتیدهای فعال موجود در منابع ریزجلبک‌ها از طریق کاهش بیان سیتوکین‌های التهابی هم‌چون اینترلوکین ۱ بتا و فاکتور نکروز تومور آلفا در سلول‌های بتا پانکراس باعث افزایش نرخ تولید انسولین توسط این سلول‌ها شده و هیپوگلایسمی را به‌دنبال دارند. هم-چنین یک پپتید مشتق از کلرلا قادر به کاهش التهاب سرمی القا شده توسط لیپوپلی ساکاریدها شد (۵۱). علاوه‌بر این، گزارش شده است که دسته‌ای از پپتیدهای مشتق از کلرلا می‌توانند بیان فاکتور رشد شبه انسولین ۲ (IGF-II) را افزایش دهند. فاکتور رشد شبه انسولین نوعی آدیپوکین در سلول‌های β پانکراس است که تصور می‌شود به‌عنوان مهارکننده پیشرفت مقاومت به انسولین عمل می‌کند (۵۲).

اسپیرولینا به‌عنوان یک افزودنی غذایی در سال‌های اخیر، دارای محتوای فنلی غنی، اسیدهای چرب اشباع نشده (PUFA) و ظرفیت آنتی اکسیدانی بالایی است. علاوه‌بر این دارای مقادیر قابل توجهی اسیدهای چرب غیر اشباع هستند که دارای فعالیت آنتی اکسیدانی هستند. کیفیت و مقدار محتوای فنلی و اسیدهای چرب موجود در مواد غذایی، بسته به نوع روش تولید و سایر شرایط خارجی مانند آب و هوا متفاوت است. در مطالعه گذشته مشخص شد محتوای فنلی اسپیرولینا قابلیت زیست‌پذیری بالایی در حدود ۶۰٪ دارند. هم‌چنین میزان دسترسی زیستی بالای آن با آزمایش‌هاب حیوانی تأیید شده است. محتوای فنلی غنی این ریزجلبک باعث کاهش سطح مالون دی-آلدئید مدل‌های حیوانی دیابت نوع ۲ شده است. هم-چنین میزان گلوکز خون ناشتا، تری گلیسیرید و کلسترول تام در بافت‌های قلب، عضله، کبد، کلیه و پلاسما به میزان معنی‌داری کاهش یافت. بنابراین تصور می‌شود که اسپیرولینا نقش فعالی در از بین بردن آسیب اکسیداتیو در دیابت از جمله عملکردهای کاهنده گلوکز و چربی خون داشته باشد (۵۳).

کلرلا ولگاریس باعث تعدیل وضعیت آنتی اکسیدانی و کاهش پراکسیداسیون لیپیدها در موارد استرس اکسیداتیو ناشی از نفتالین در موش‌های صحرایی آلبینو می‌شود و اثرهای کاهش قند خون ناشی از تزریق انسولین را در موش‌های تحت تزریق STZ افزایش و طولانی می‌کند. هم‌چنین کلرلا ولگاریس باعث کاهش سطح سرمی محصول‌های نهایی حاصل از گلیکوزیلاسیون ترکیب‌ها (AGE) می‌شود که ممکن است در پیشگیری یا کاهش عارضه‌های مربوط به سن از جمله دیابت کمک کند (۵۴).

در مدل‌های حیوانی دیابت القا شده توسط تزریق STZ، تجویز کلرلا ولگاریس باعث جلوگیری از کاهش سطح سرمی کاتالاز ناشی از تزریق STZ شد. البته در این مطالعه تغییر قابل توجهی در فعالیت‌های سوپراکسید دیسموتاز در موش‌های دیابتی تحت درمان با کلرلا ولگاریس مشاهده نشد. یافته قابل توجه در این مطالعه کاهش فعالیت آنتی اکسیدان‌های آنزیمی در حیواناتی بود که تنها کلرلا ولگاریس دریافت کرده بودند. محققان به‌عنوان یک توضیح احتمالی، بیان کردند که با دریافت کلرلا ولگاریس، مقدار رادیکال‌های آزاد سوپراکسید کاهش یافته و به-طبع آن فعالیت آنتی اکسیدانی کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز مورد نیاز بافتی نیز کاهش یافته است.

ریزجلبک‌ها به‌عنوان منابع گیاهی کاهنده وزن بدن

تاکنون مطالعه‌های متنوعی بیانگر اثرهای مفید مصرف ریزجلبک‌ها در کاهش وزن افراد چاق بوده است. به-عنوان مثال کارآزمایی بالینی کنترل شده دوسوکور برای ارزیابی تأثیر کوتاه مدت مصرف مکمل اسپیرولینا بر سطح پروفایل لیپیدی پلاسما، محتوای لیپیدی بدن و BMI انجام گرفته است. برای این منظور مردان جوان (۲۶ سال) کم تحرک با BMI≥۲۵ که برخی از آنها دارای پروفایل لیپیدی نامتعادل بودند، به دو گروه

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22285458.1400.11.42.4.4]

مداخله تقسیم شدند: گروه Sm مکمل اسپیرولینا (۴/۵ گرم در روز) و گروه کنترل دارونما دریافت کردند (۵۵). در طی این مطالعه در افراد چاق مصرف اسپیرولینا باعث کاهش وزن معنی‌دار و محتوای لیپیدی بدن شد.

اسپیرولینا هم‌چنین در یک کارآزمایی بالینی تصادفی دوسوکور، کنترل شده با دارونما مورد استفاده قرار گرفت که توسط Yousefi و همکاران گزارش شد. افراد چاق دارای اضافه وزن (BMI=۲۵-۴۰) به دو گروه، دارونما و تحت درمان با اسپیرولینا تقسیم شدند که به‌مدت ۱۲ هفته رژیم غذایی محدود کالری را دنبال کردند. ریزجلبک به میزان چهار قرص ۵۰۰ میلی‌گرم در روز به شکل کپسول تجویز شد. در پایان مداخله، وزن بدن و دور کمر در گروه مکمل ریزجلبک نسبت‌به گروه کنترل کاهش یافت. علاوه‌بر این، در گروه درمانی کاهش چربی بدن نسبت‌به گروه دارونما بیش‌تر بود. با توجه‌به اثرهای تعدیل کنندگی اسپیرولینا بر پارامترهای پلاسما شامل TG، LDL، کلسترول و نسبت لیپوپروتئین با چگالی کم به لیپوپروتئین با چگالی زیاد (LDL/HDL) در پایان دوره در گروه درمانی، نویسندگان پیشنهاد کردند که مصرف این ریزجلبک می‌تواند به‌عنوان یک رویکرد درمان تکمیلی جهت کاهش وزن و سطح TG مفید باشد (۵۶).

در یک آزمایش تصادفی دو سوکور، کنترل شده با پلاسبو که توسط Zeinalian و همکاران انجام شد، اثر مکمل اسپیرولینا بر BMI، لیپیدهای سرم، اشتها و فاکتور رشد اندوتلیال عروقی سرم (VEGF) مورد مطالعه قرار گرفت (۵۷). افراد مبتلا به چاقی به دو گروه تقسیم شدند: گروه دارونما و گروهی که دو بار در روز اسپیرولینا (هر دوز ۵۰۰ میلی‌گرم) دریافت کردند. پس از ۱۲ هفته مداخله، کاهش وزن بدن و بنابراین BMI همراه با کاهش اشتها در گروه تحت درمان با اسپیرولینا مشاهده شد. در مورد فاکتورهای پروفایل لیپیدهای سرم، تنها کاهش قابل توجهی در کلسترول تام مشاهده شد، در حالی‌که LDL و TG پس از مداخله بدون تغییر باقی‌ماند. با وجود افزایش قابل توجه در کلسترول HDL در هر دو گروه تحت درمان و دارونما در پایان دوره آزمایش، هیچ تغییری در میانگین اختلاف بین دو گروه مشاهده نشد. VEGF یک عامل مهم رگ‌زایی است که در تشکیل عروق طبیعی و پاتولوژیک نقش دارد و می‌تواند یک نشانگر مهم چاقی و پیشرفت سرطان مرتبط با چاقی باشد. VEGF پس از درمان با اسپیرولینا بدون تغییر باقی ماند. محققان نتیجه گرفتند که دوز ۱ گرم در روز اسپیرولینا به‌مدت ۱۲ هفته اثرهای مفیدی در تعدیل وزن بدن و اشتها دارد و شاخص‌های لیپیدی سرم را البته به میزان کم‌تر اصلاح می‌کند. نتایج نشان داد که کاهش قابل توجهی در کلسترول و TG همراه با افزایش قابل توجهی در HDL در گروه تحت درمان با اسپیرولینا زمانی‌که با سطح پایه مقایسه می‌شود وجود دارد. محققان تنوع هر پارامتر را بین دو گروه آزمایش مقایسه کردند و مشاهده کردند که سطح سرمی کلسترول و LDL در افراد چاق تحت درمان با اسپیرولینا به میزان قابل توجهی کاهش یافت. بنابراین این نتایج حاکی از آن است که مصرف مکمل اسپیرولینا منجر به بهبود نسبی شاخص‌های چربی خون و BMI در مردان دارای اضافه وزن بدن و چربی خون می‌شود.

مشابه مطالعه قبلی، Szulinska و همکاران یک آزمایش تصادفی دوسوکور، دارونما و تحت درمان با اسپیرولینا، بر روی افراد ۲۵-۶۰ ساله مبتلا به چاقی (BMI ≥۳۰)، با فشار خون بالای کنترل شده و بدون سایر بیماری‌های زمینه‌ای انجام دادند. شرکت کنندگان به دو گروه آزمایشی تقسیم شدند: گروه دارونما (چهار کپسول دارونما در روز به‌مدت ۳ ماه) و گروه اسپیرولینا (چهار کپسول در روز اسپیرولینا به‌مدت ۳ ماه). هر کپسول اسپیرولینا حاوی ۰/۵ گرم اسپیرولینا بود. در پایان دوره آزمایش، گروه درمانی نسبت‌به گروه دارونما مقادیر BMI، دور کمر، کلسترول، LDL، گلوکز و انسولین کم‌تری را نشان دادند (۵۸).

ریزجلبک‌ها به‌عنوان تنظیم کننده عملکرد سیستم ایمنی

مطالعه‌های اخیر نشان داد که مصرف ریزجلبک‌ها تقویت سیستم ایمنی را به دنبال دارد. با این حال، ترکیب‌های مسئول این فعالیت اغلب هنوز ناشناخته

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22285458.1400.11.42.4.4]

مانده است. Cutignano و همکاران اثر تنظیم کنندگی سیستم ایمنی عصاره متانولی تام و فراکشن-های مختلف از جلبک‌های بسیاری را بر روی سلول-های تک هسته‌ای خون محیطی مورد مطالعه قرار دادند (۵۹). فعالیت تحریک کنندگی سیستم ایمنی در این مطالعه از طریق القای IL-6 در سلول‌های تک هسته‌ای خون محیطی در نظر گرفته شد. آن‌ها دریافتند که فراکشن‌های عصاره دو ریزجلبک .S costatum و S. dohrni به‌ترتیب حاوی TG و نوکلئوزید مسؤل خواص مفید این دو ریزجلبک هستند. به‌همین ترتیب سایر گونه‌ها، حاوی گلیکولیپیدی، فسفولیپیدی و اسیدآمینه دارای فعالیت تنظیم کنندگی بر روی سلول‌های مذکور بودند.

در مطالعه‌ای دیگر عصاره‌های مشتق شده از ریزجلبک‌ها جهت ارزیابی فعالیت تحریک سیستم ایمنی در محیط in-vivo مورد بررسی قرار گرفت. عصاره‌های پلی ساکاریدی کلرلا در مدل‌های موش آزمایشگاهی به‌صورت in vivo آزمایش و به‌طور خاص، به موش‌های BALB/c ۵ میلی‌گرم عصاره پلی‌ساکاریدی به ازای هر کیلوگرم وزن بدن تزریق شد تا فعالیت فاگوسیتوزی ماکروفاژها مورد آزمایش قرار گیرد. دو روز قبل و دو روز پس از تزریق گلبول‌های قرمز گوسفند به موش‌ها عصاره پلی‌ساکارید با ۵ میلی‌گرم و ۱۰ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن تزریق شد. هر دو آزمایش نشان داد که عصاره‌های پلی‌ساکاریدی کلرلا قادر به فعال سازی قابلیت فاگوسیتوزی ماکروفاژها هستند (۶۰). هم‌چنین ترکیبی به نام Euglena gracilis β-glucans قادر به فعال نمودن سلول‌های NK است و سطح دو واسطه پیش التهابی فاکتور نکروز توموری آلفا و اینترلوکین ۶ را افزایش می‌دهد. اگزوپلی ساکاریدهای سولفاته پاسخ سلولی را در ماکروفاژهای صفاقی در مدل‌های آزمایشگاهی موش ایجاد کرد. علاوه‌بر این، مشخص شد که پلی‌ساکاریدهای سولفاته استخراج شده از Tribonema sp باعث افزایش زنده ماندن سلول‌های ماکروفاژ و بهبود بیان سیتوکین‌ها می‌شود. از طرف دیگر Park و همکاران فعالیت تحریک سیستم ایمنی Thraustochytriidae sp را بر روی سلول‌های B لنفوسیت انسانی بررسی کردند. آن‌ها دریافتند که پلی‌ساکاریدهای این جلبک آزمایش شده قادر به تحریک تکثیر سلول‌های فوق است اما تولید سیتوکین را تحریک نمی‌کنند (۶۱).

کارآزمایی‌های بالینی تصادفی دوسوکور نیز برای آزمایش فعالیت تحریک سیستم ایمنی کلرلا ولگاریس در محیط in-vivo انجام شد. ۶۰ نفر به‌طور تصادفی در گروه دارونما و گروه درمانی شرکت داده شدند. در این مطالعه ۵ گرم در روز کلرلا ولگاریس به رژیم غذایی شرکت کنندگان اضافه شد. همه شرکت کنندگان برای حفظ سبک زندگی معمول و عادات غذایی تشویق شدند. یافته‌های به‌دست آمده در این مطالعه نشان داد رژیم غذایی حاوی کلرلا ولگاریس فعالیت NK را در سلول‌های تک هسته‌ای خون محیطی جدا شده از بیماران بهبود بخشید و سطح سرمیفاکتورهای اینترلوکین ۱ بتا، اینترفرون گاما و اینترلوکین ۱۲را افزایش داد (۶۲).

مصرف مکمل غذایی برپایه ریزجلبک دالینا سالینا نیز در مدل‌های حیوانی آزمایشگاهی باعث بهبود فعالیت سلول‌های کشنده طبیعی، ماکروفاژها و هم‌چنین افزایش میزان بقا در موش‌های لوسمیک شد. تجویز خوراکی Tetraselmis chuii در گونه دریایی Sparus aurata L باعث افزایش سطح بیان چندین ژن مرتبط با سیستم ایمنی بدن، مانند گیرنده بتای سلول‌های T، ژن‌های کد کننده فاکتورهای سازگارنسجی و IgM شد. به‌طورکلی اکثر این ترکیب-ها به‌عنوان ادجوانات واکسن با فعال کردن سلول‌های ارائه دهنده آنتی ژن، پاسخ ایمنی را بهبود می‌بخشند (۶۳).

سایر موارد

خواص مفید گزارش شده پیرامون ریزجلبک‌ها به موارد ذکر شده در فوق محدود نمی‌شود و بررسی‌های بالینی متعددی توانسته فواید بی‌شماری در مورد مصرف ریزجلبک‌ها مشخص کند. به‌عنوان مثال در تلاشی به‌وسیله Guzman و همکاران خواص ضد درد و ضد التهاب عصاره‌های آبی و الکلی دو ریزجلبک به نام Phaeodactylum Tricornutum و Chlorella Stigmatophora اثبات شد. از طرف دیگر چندین مطالعه در مورد خواص ضد ویروسی تعدادی از پلی-ساکاریدهای ترشحی به‌دست آمده از چندین گونه

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22285458.1400.11.42.4.4]

ریزجلبک گزارش شده است. این فعالیت در بسیاری از ویروس‌ها در شرایط in vitro ثابت شده است (۶۴،۶۵). بیش‌ترین مطالعه‌ها پیرامون بررسی خواص ضدمیکروبی ریزجلبک‌ها در مورد دو گونه کلرلا و آرترواسپیرا صورت گرفته است. در یک مطالعه، خواص ضد ویروسی بسیاری از ریزجلبک‌ها مانند سیانوباکتری‌ها، دینوفلاژلاها و رودوفیت‌ها مورد بحث قرار گرفته است. فعالیت ضد ویروسی پلی‌ساکاریدهای سولفاته از برجسته‌ترین آن‌هاست و در برخی مراحل، گروه‌های سولفات و یون کلسیم می‌توانند یک کمپلکس مولکولی ایجاد کنند تا اثر ضد ویروسی داشته باشند. هم‌چنین تحقیقات اخیر نشان داده است که پلی‌ساکاریدهای ریزجلبکی می‌توانند از نفوذ و جذب ویروس در سلول‌های بدن جلوگیری کنند. بسیاری از گونه‌های ریزجلبک حاوی مقادیر زیادی از پلی‌ساکاریدهای سولفاته هستند که خاصیت بازدارندگی تکثیر ویروس مانند Togavirus، Flavivirus، Herpesvirus و Orthopoxvirus دارند. خواص ضد میکروبی در عصاره‌های زیادی از ریزجلبک‌ها یافت شده است. مشخص شد که ترکیب-های آلژینات، لامینارین و فوکوئیدان موجود در عصاره‌های ریزجلبک‌ها و پلی‌ساکاریدهای به‌دست آمده از آن‌ها توانایی مقاومت در برابر بیماری‌های ویروسی را دارند. هم‌چنین خواص پروبیوتیک و وجود محتوای فیبر و کربوهیدرات بسیار بالای آن‌ها باعث تنظیم حرکات دستگاه گوارش و تنظیم فلور میکروبی روده می‌شود (۶۶).

ریزجلبک‌ها به‌عنوان منبع غنی از رنگدانه‌های طبیعی با خواص آنتی اکسیدانی

رنگدانه‌ها برای محصول‌های متنوعی از جمله مواد افزودنی خوراکی/ مواد رنگی، پرورش ماهیان زینتی، محصول‌های دارویی و مواد مغذی استفاده می‌شوند. این رنگدانه‌ها در حال حاضر در مقیاس صنعتی از طریق منابع شیمیایی تجدید ناپذیر مانند مواد شیمیایی معدنی و اسیدهای آلی تولید می شوند. علی‌رغم این‌که تولید رنگدانه‌ها به‌روش شیمیایی نسبت‌به تولید برپایه ترکیب‌های طبیعی ارزان‌تر است، با این حال به‌دلیل ایمنی و نگرانی‌های زیست محیطی مرتبط با رنگدانه‌های تولید شده به روش شیمیایی، تقاضا برای تولید رنگدانه‌های طبیعی در حال افزایش است. از طرف دیگر صنایع غذایی به‌دلیل عناصر مضر موجود در منابع شیمیایی علاقه زیادی به استفاده از رنگدانه‌های طبیعی به‌عنوان ماده رنگی غذایی دارند. منابع طبیعی تولید رنگدانه‌ها شامل میوه‌ها، گل‌ها، سبزیجات و میکروارگانیسم‌های فتوسنتز کننده مانند ریزجلبک‌ها و سیانوباکتری‌ها است. ریزجلبک‌ها گونه-های فتوسنتزی هستند که بسته‌به نوع و رنگ مربوط به آن‌ها رنگدانه‌های مختلفی تولید می‌کنند. به‌عنوان مثال، ریزجلبک‌های سبز حاوی کلروفیل، ریزجلبک-های قرمز و آبی دارای پروتئین‌های فیکوبیلین و ریزجلبک‌های زرد، نارنجی و قرمز کاروتنوئیدها را سنتز می‌کنند. از بین منابع مختلف، ریزجلبک‌ها به-دلیل توانایی آن‌ها در سنتز رنگدانه‌های طبیعی با غلظت بالاتر نسبت‌به دیگر منابع، منبع برتری از رنگدانه‌ها هستند (۶۷).

بررسی آستاگزانتین مشتق از جلبک Haematococcus نشان می‌دهد آستاگزانتین طبیعی به‌عنوان یک ترکیب آنتی اکسیدان قوی عمل می‌کند و باعث کاهش التهاب و بهبود دستگاه گوارش و سیستم ایمنی می‌شود. هم‌چنین علیه بیماری‌های مختلف ازجمله: بیماری‌های قلبی عروقی، بیماری آلزایمر، بیماری‌های عصبی فعالیت داشته و باعث کاهش ریسک حمله قلبی، مهار رشد سلول‌های سرطانی، سرکوب تومور، کاهش احتمال ناباروری ایدیوپاتیک و حفاظت علیه اشعه فرابنفش می‌شود. Haematococcus حاوی کاروتنوئید با خاصیت آنتی اکسیدانی بسیار قوی به نام آستاگزانتین است. مطالعه‌های حیوانی نشان می‌دهد آستاگزانتین عملکردهای متنوع از جمله محافظت از پوست در برابر اشعه ماورابنفش، حفاظت علیه مواد شیمیایی القا کننده سرطان و تقویت سیستم ایمنی دارد. هم‌چنین آستاگزانتین با خاصیت ضدالتهابی در کاهش علائم آرتریت، درد عضلانی و سندروم تونل کارپل نقش دارد. این کاروتنوئید بسیار مفید در سال های اخیر تجاری سازی شده و تحت نام‌های مختلفی برای مثال بیوآستین تولید شده توسط شرکت سیانوتک کروپ آمریکا به‌فروش می‌رسد. از طرف دیگر بررسی لوتئین مشتق از ریزجلبک S.almeriensis نشان دهنده

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22285458.1400.11.42.4.4]

مزایای زیادی برای سلامتی انسان از جمله پیشگیری از تخریب ماکولار وابسته‌به سن و آب مروارید، بهبود آترواسکلروز در مراحل اولیه، حفاظت از شبکیه چشم در برابر استرس اکسیداتیو و برخی از انواع سرطان است. بتاکاروتن مشتق از D. salina به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان قوی و طبیعی باعث کاهش ریسک بیماری‌های مرتبط با گونه‌های فعال اکسیژن از جمله سرطان می‌شود هم‌چنین خاصیت ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی آن باعث شده در مکمل‌های غذایی مورد استفاده قرار بگیرند. دانیلا که به‌عنوان مجموعه کاروتنوئیدها به بازار عرضه می‌شود در درجه اول حاوی بتاکاروتن است و پس از آن می‌توان به لوتئین، نئوگزانتین، زاگزانتین، ویولاگزانتین، کریپتوگزانتین و آلفا کاروتن اشاره داشت (۲۱،۲۵،۲۶،۶۸).

مطالعه‌های انجام شده پیرامون ریزجلبک‌ها در ایران

در ایران نیز مطالعه‌های متنوعی به جهت تولید و بهره‌برداری ریزجلبک‌ها انجام گرفته است. این مطالعه‌ها در زمینه‌های مختلف از تأثیر مواد مغذی و شدت نور بر رشد ریزجلبک‌ها تا بهره برداری در زمینه‌های گوناگون از جمله استخراج پیش‌ساز ویتامین A، سوخت‌های بیودیزلی، تغذیه آبزیان، ساخت نانوذرات، تأثیر آن روی بیماران کبدی، تصفیه فاضلاب، فرآوری مواد غذایی، تولید واکسن و سرکوب فعالیت توموری مورد ارزیابی قرار گرفته است. به‌عنوان مثال Khalili و همکاران تأثیر انواع مختلف منابع نیتروژنی، غلظت مواد مغذی، شدت و طول موج نور LED را بر رشد و تکثیر ریزجلبک کلرلا ولگاریس مورد بررسی قرار دادند و عنوان کردند طول موج ۸۰ میکرومول بر متر مربع در ثانیه و منبع نیتروژنی اوره جهت پرورش کلرلا ولگاریس مطلوب است (۶۹). Ghaeni و همکاران استخراج ریزمغذی کاروتنوئید و کلروفیل از اسپیرولینا را مورد بررسی قرار داده و عنوان کردند اسپیرولینا منبع خوبی برای کاروتنوئیدها به‌عنوان پیش‌ساز ویتامین A در موجودات است (۷۰). Naeini و همکاران تولید نسل سوم بیودیزل از ریزجلبک‌ها به‌واسطه روش‌های ترکیبی را مورد مطالعه قرار دادند. از آنجایی که امکان تولید موتورهای بیودیزل از ریزجلبک‌ها وجود دارد و موتورهای بیودیزل شباهت زیادی به موتورهای دیزلی دارند، گفته می‌شود به‌احتمال بتوانند به‌عنوان منبعی تجدیدپذیر جایگزین موتورهای دیزلی شوند (۷۱). Mohebbi و همکاران ضمن بررسی ریزجلبک‌ها به‌عنوان منبع غذایی جهت پرورش آرتمیا در ارومیه که به‌عنوان غذای انواع مختلفی از آبزیان مورد استفاده قرار می‌گیرد، اذعان داشتند ریزجلبک‌ها می‌توانند در این زمینه نیز مورد استفاده قرار گیرند (۷۲). Ghanbari و همکاران تولید نانوذرات اکسی-هیدروکسید آهن از ریزجلبک کلرلا ولگاریس را مورد مطالعه قرار دادند. سابقا این نانوذرات در فشار و دمای بالا ضمن مصرف انرژی زیاد که به لحاظ اقتصادی به صرفه نبود تولید می‌شد. این مطالعه استفاده از ریزجلبک کلرلا ولگاریس جهت تولید این نانوذرات را در دمای اتاق پیشنهاد می‌کند که می‌تواند کارایی فراوانی به همراه داشته باشد (۷۳). Ebrahimi-Mameghani و همکاران اثر ریزجلبک کلرلاولگاریس برهموستاز گلوکز، مقاومت به انسولین و التهاب در بیماران کبد چرب غیر الکلی را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد مکمل کلرلاولگاریس به‌عنوان درمان کمکی می‌تواند موجب کاهش وزن، التهاب، بهبود وضعیت گلیسمی و عملکرد کبد شود (۷۴). Kabir و همکاران کاربرد ریزجلبک کلرلا ولگاریس و Scenedesmus obliquus در تصفیه فاضلاب پرورش میگو در گلستان را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد استفاده ترکیبی از جلبک-ها جهت تصفیه پساب حاصل از پرورش نه تنها قبل از تخلیه به دریا بلکه جهت استفاده مجدد در سیستم می‌تواند کاربرد داشته باشد (۷۵). Khaledabad و همکاران ماست ساده و پروبیوتیک فرآوری شده با ریزجلبک اسپیرولینا و صمغ Zedo را مورد مطالعه قرار دادند. اسپیرولینا باعث زنده ماندن لاکتوباسیلوس پاراکازئی و افزایش خاصیت آنتی اکسیدانی در ماست و صمغ Zedo باعث توزیع یکنواخت اسپیرولینا در ماست فرآوری شده می‌شود (۷۶). Dehghani و همکاران ضمن مد نظر داشتن امکان تولید پروتئین-های دارویی-خوراکی از ریزجلبک اسپیرولینا مطالعاتی انجام دادند. این محققان تولید واکسن از ریزجلبک‌ها را پیشنهاد می‌دهند که ضمن امکان نگهداری برای مدت طولانی این واکسن خوراکی بوده و مزایای متنوع از جمله غیرتهاجمی بودن، عدم نیاز به فرآیند

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22285458.1400.11.42.4.4]

استریلاسیون در طول دوره رشد، نیمه عمر بیش‌تر، تقویت ایمنی مخاطی مربوط به خوراکی بودن واکسن و هم‌چنین پروتئین بالا، قوام دوز، ثبات پروتئین و امکان تولید پروتئین در حجم وسیع‌تر را پیشنهاد می-دهند. مطالعه‌های آن‌ها با انتقال موفقیت‌آمیز پلاسمید ترانسپوزون مبتنی‌بر آگروباکتریوم در ریزجلبک اسپیرولینا همراه بود (۷۷). Erfani و همکاران فعالیت سیتوتوکسیک ده جلبک از خلیج فارس و دریای عمان روی سه رده سلول سرطان سینه را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد جلبک‌های فولیفرا و کلادوفوروپسیس به‌احتمال از طریق مکانیسم مستقل از گیرنده استروژن/پروژسترون اثر ضد سرطانی خود را ایفا می‌کند (۷۸). امید است با توجه‌به مجموعه نتایج ذکر شده در این قسمت به همراه سایر تلاش‌های ارزشمند محققان ایرانی همانند گروه پژوهشی Panahi و همکاران، بررسی‌های بیش‌تر و جزئی‌تر نه تنها در زمینه‌های عنوان شده بلکه در زمینه‌های متنوع دیگری صورت گیرد و شاهد انقلابی در حوزه کاربردهای پزشکی و صنعتی این ترکیب‌ها در کشور باشیم.

رویکردهای صنعتی و تجاری ریزجلبک‌ها

در طی سال‌های اخیر افزایش تقاضا جهت تولید ریزجلبک‌ها و عصاره آن باعث شده تا محصولات فرآوری شده و اشکال خام ریزجلبک‌ها جایگاه ویژه‌ای در بازار جهانی پیدا کنند و از این رو شرکت‌های مشهور در کشورهای مختلف از جمله آلمان متمرکز بر تولید و تجاری سازی محصولات غذایی برپایه ریزجلبک‌ها و سیانوباکترها از جمله نان، پاستا، رشته فرنگی، ماست و نوشیدنی باشند. این در حالی است که فعالیت‌های مشابه و موازی در این زمینه درکشورهای دیگر مثل فرانسه، آمریکا، چین، تایلند و ژاپن گزارش شده است. از طرفی نوآوری و خلاقیت به جهت استفاده از ریزجلبک‌ها در مواد غذایی می‌تواند زمینه-ساز تولید محصولات جدید و متنوع برای مهندسین صنایع غذایی ودانشمندان باشد. برای مثال مطالعه‌های قبلی نشان داد دانشمندان موفق شدند چربی استخراج شده از ریزجلبک‌ها را جایگزین چربی گوشت خوک کنند. هم‌چنین مطالعه‌ها در زمینه جایگزینی چربی اشباع نشده امگا ۳ در سوسیس نیز انجام گرفته بود. مسئله حائز اهمیت این است که برخلاف موفقیت دانشمندان در این زمینه متأسفانه با برخورد مقبولی از جانب مصرف کنندگان مواجه نشد. این بررسی‌ها هم-چنان به طرق مختلفی در حال انجام است. به‌عنوان مثال گفته می‌شود در نیوزیلند و حتی در شرکت‌های معروفی چون کوکاکولا و پپسی کولا از عصاره این جلبک‌ها به‌خصوص اسپیرولینا در نوشیدنی‌ها به‌صورت ترکیبی با مواد دیگر با هدف بهبود عطر و طعم آن استفاده می‌شود .این در حالی است که گفته می‌شود کمابیش این محصول تنها توسط طرفداران سلامت و کودکان ونوجوانانی که به دنبال مواد غذایی غیر معمول هستند، خریداری و مصرف می‌شود. از طرفی مطالعه‌های انجام شده در پرتغال و برخی کشورهای دیگر استفاده موفقیت آمیز از ترکیب کلرلا و Haematococcus به‌منظور ایجاد رنگ طبیعی و مقاومت در برابر اکسیداسیون در تهیه برخی روغن‌ها و هم‌چنین استفاده از کلرلا به‌منظور ایجاد رنگ طبیعی در تهیه کلوچه و بیسکویت را گزارش کردند. هم‌چنین کیفیت مطلوب، پایداری رنگ، بافت و نمای خوب بیسکویت در نتیجه اسیدچرب اشباع نشده آن نیز گزارش شد. به‌هر حال محققان هم‌چنان معتقدند ریزجلبک‌ها منابع غنی از ویتامین‌ها هستند. برای مثال Cyanobacterium S. platensis در مقایسه با هر منبع گیاهی یا حیوانی حاوی سطح بالاتری از ویتامین B_{12} است. گفتنی است کلرلا به‌دلیل ارزش غذایی بسیار بالایی که دارد می‌تواند به‌عنوان منبع غذایی انسان جایگاه ویژه‌ای پیدا کند. از طرفی به-دلیل قابل قیاس نبودن هزینه کشت ریزجلبک با سایر منابع پروتئینی از جمله سویا هنوز این هدف محقق نشده است. این درحالی است که تحقیقات نشان می-دهد منبع پروتئینی ریزجلبک‌ها از جمله کلرلا و اسپیرولینا تا ۷۸٪ بیش‌تر از گیاهان زراعی است. ریزجلبک‌ها به‌خصوص اسپیرولینا غنی‌ترین منبع پرو ویتامین‌های A، E، بیوتین، اینوزیتول، کوبالامین و تیامین در مقایسه با دیگر منابع گیاهی و حیوانی از قبیل اسفناج و کبد است. هم‌چنین سیانوباکترها همو و هترو پلی‌ساکاریدهای سولفاته ای تولید می‌کنند که می‌تواند در مقابل فعالیت رترو ویروس‌هایی مثل HIV و هرپس فعالیت داشته باشند (۶۱-۵۹).

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22285458.1400.11.42.4.4]

از مزایای ریزجلبک‌ها می‌توان به تولید منابع خام جهت سوخت بیودیزل، بیومتان، بیواتانول و بیوهیدروژن، تغییر و تبدیل فوتون‌های کارآمد، استفاده از جریان پساب آب شور برای کاهش استفاده از آب شیرین و تجزیه دی‌اکسید کربن و تولید سوخت خنثی و در نتیجه سوخت پاک اشاره داشت. کمابیش ریزجلبک‌ها ۳۰ برابر گیاهان روغن تولید می‌کنند. گفته می‌شود این روغن به‌طور غالب TG است و به‌همین جهت برای تولید سوخت‌های زیستی بسیار مناسب است. از دیگر مزایا رشد ریزجلبک‌ها در فاضلاب است که دو هدف هم‌زمان محقق می‌شوند. در حین تصفیه فاضلاب، از مواد مغذی موجود در فاضلاب استفاده کرده و نیاز به استفاده از کود جهت پرورش ریزجلبک‌ها را برطرف می‌کند (۷۹). با توجه‌به افزایش روز افزون استفاده از انرژی، یافتن منبع جایگزین، تجدیدپذیر و ایمن نیاز بالقوه محسوب می‌شود. مطالعه‌های بیش‌تر در جهت افزایش تکثیر و تولید ریزجلبک‌ها و به موازات آن افزایش لیپید در ریزجلبک‌ها ضروری به‌نظرمی‌رسد. به‌عنوان مثال مطالعه‌های Bhuyar و همکاران نشان داد استفاده از هورمون فیتوپروتئین ضمن تسریع رشد ریزجلبک، میزان تولید لیپید بیش‌تری در ریزجلبک کلرلا را باعث می‌شود (۸۰). ریزجلبک‌ها حاوی مواد گوناگون شامل بتاکاروتن، آستاگزانتین، کانتاگزانتین و فیکوبیلی پروتئین بوده و از این رو پتانسیل استفاده به‌عنوان رنگ‌دهنده و مکمل غذایی را نیز داراست. آستاگزانتین موجود در ریزجلبک‌ها به‌عنوان آنتی اکسیدان قوی، محافظ در برابر اشعه فرابنفش، مهارکننده پراکسیداسیون، التهاب و ضد آپوپتوز به‌صورت تجاری تهیه و در صنایع مختلف استفاده می‌شوند. بتاکاروتن پیش‌ساز ویتامین A، کمبود آن باعث شب کوری، خشکی چشم و نقص سیستم ایمنی می‌شود. ریزجلبک‌ها حاوی بتاکاروتن بالایی است. بتاکاروتن استخراج شده از ریزجلبک‌ها به‌عناوینی هم‌چون افزودنی و رنگ دهنده، خوراک دام و مکمل‌های مصرفی تجاری سازی می‌شوند. لوتئین موجود در ریزجلبک ضمن پیشگیری یا تأخیر در شروع بیماری‌های مزمن، باعث بهبود بیماری‌های چشمی مثل تاری، دوبینی و کاتاراکت شده و به‌صورت مکمل‌های غذایی تجاری سازی شده و به بازار عرضه می‌شود. هم‌چنین سازمان غذا و دارو از دوکوزاهگزانوئیک اسید استخراج شده از ریزجلبک به‌عنوان افزودنی شیرخشک استفاده می‌کند (۸۱).

چالش‌های پیش‌رو

ضمن مدنظر داشتن تمام مزایای احتمالی و ثابت شده در رابطه با ریزجلبک‌ها، هم‌چنان عوارض جانبی نامطلوب ناشی از مصرف این ترکیب‌ها هنوز به‌طورکامل شناخته نشده است و چالش‌ها و مشکلاتی در این زمینه وجود دارد. محققان طی آنالیزهای انجام شده دریافتند که ۹۷ درصد سیانوباکترها طی متابولیسم ثانویه، b-N-methylamino-l-alanine (BMAA) را که پیش‌ساز نوروتوکسین است، تولید می‌کنند. لازم‌به ذکر است مدارک علمی محکم و مستقیم از اثر سو این ترکیب بر سلامت انسان هنوز ارائه نشده اما به هرحال مصرف ریزجلبک‌ها در بلند مدت و احتمال تأثیرگذاری این ماده بر سلامت انسان از دغدغه‌ها و نگرانی‌های محققان است. این جلبک‌ها به‌نوبه خود غیرسمی هستند اما مصرف ایمن و کیفیت آن به شرایط کشت و تولید وابسته است. در لهستان مطالعه‌ای انجام شد که این مطالعه دو مورد مسمومیت انسانی به دنبال مصرف هم‌زمان اسپیرولینا و کلرلا را مورد بررسی قرار داده بود. درماتیت آتوپیک، سرگیجه، تهوع، خستگی و سردرد از جمله علائم بالینی گزارش شده در طی این نوع مسمومیت بودند. بررسی‌ها نشان داد در حالی‌که قرص‌ها تنها حاوی سطح بالاتری از عناصر سرب، جیوه و کادمیم و نیز سطح چشمگیری از آلومینیم بودند اما در افراد باعث فعالیت پیش نکروزی در نوتروفیل‌ها شده بود.در نهایت به این نتیجه رسیده بودند که مشکل آلودگی ریزجلبک‌ها به احتمال زیاد پلی‌تروپیک باشد (۲۵). در مطالعه دیگر که به‌صورت پرسش‌نامه آنلاین از مصرف کنندگان مکمل‌های برپایه کلرلا، اسپیرولینا و آفانیزومنون انجام شد، نشان داد این مکمل‌ها که به‌جهت مغذی بودن، تقویت سیستم ایمنی، سم‌زدایی، افزایش نشاط، بهبود کیفیت پوست و مو بین گیاه‌خواران به‌خوبی شناخته شده اند، به‌طور غالب به‌صورت طولانی مدت، خودسرانه و بدون مشورت با متخصصان مصرف می‌شود. کمابیش در تمام بروشورهای مصرف داروها و مکمل‌ها اعم از گیاهی و صنعتی جمله مشترک هر دارو به موازات اثرهای درمانی مطلوب ممکن است

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22285458.1400.11.42.4.4]

باعث عوارض جانبی نامطلوب شود، دیده می‌شود. طبیعی است مکمل‌هایی که برپایه ریزجلبک‌ها تهیه می‌شوند از این قاعده مستثنی نباشند. لذا بخشی از سؤالات پرسش‌نامه آنلاین به این موضوع اختصاص داشته است و در نهایت اسهال، حالت تهوع، دردهای شکمی، واکنش‌های آلرژیک از جمله آسم و آنافیلاکسی، حساسیت به نور و بثورات جلدی در برخی مصرف کنندگان گزارش شده بود. هم‌چنین شرایط پزشکی قبلی به‌عنوان مثال نارسایی کلیه و کم کاری تیروئید افزایش عوارض جانبی را در پی داشت. از طرفی کاهش چشمگیر عوارض جانبی در افرادی که جهت مصرف با متخصصان مربوط مشورت داشتند، جالب توجه بود. در نهایت در بین مصرف کنندگان، آن دسته از افرادی که مکمل‌های برپایه آفانیزومنون را مصرف کرده بودند عوارض جانبی بیش‌تر و رضایت خیلی کم‌تری گزارش شده بود (۸۲،۸۳).

رنگ خیلی سبز، طعم و بوی ماهی و قوام پودری ریزجلبک‌ها به‌خصوص در جوامع غربی که مصرف جلبک‌ها به‌طور معمول در رژیم غذایی تاریخچه‌ای آن‌ها تعریف نشده از مشکلات مصرف این ترکیب‌ها است و بیش‌تر ریزجلبک‌ها در این جوامع به‌صورت قرص، پودر و کپسول توسط افراد مصرف می‌شوند. بدیهی است استخراج بیومولکول مورد نظر از ریزجلبک‌ها به‌جهت استفاده در صنایع مختلف از جمله آرایشی-بهداشتی، تغذیه‌ای و داروسازی بسیار کارآمد است. اما یکی از چالش‌های موجود، هزینه استخراج انجام شده بر محصول نهایی از قبیل لوازم آرایشی، مواد غذایی یا داروها افزوده شده و قیمت بالاتری را به مصرف کننده تحمیل می‌کند. از دیگر عوامل محدود کننده مصرف ریزجلبک‌ها، محتوی بالای اسید نوکلئیک موجود در آن‌ها است. از آنجایی-که بازهای پورین موجود در اسیدهای نوکلئیک به اسید اوریک متابولیزه می‌شود و مقادیر بیش از حد اسید اوریک اثرهای سوء بر سلامتی انسان از جمله ایجاد سنگ کلیه و نقرس دارد، لذا محققان احتمال می‌دهند مصرف بلند مدت ریزجلبک‌ها می‌تواند مشکل‌ساز باشد (۲۱،۲۶،۸۴) بنابراین پیشنهاد می‌شود مصرف ریزجلبک تحت نظر پزشک و در محدوده دوز کنترلی می‌تواند بسیاری از مشکلات احتمالی را کاهش دهد. از طرف دیگر ضمن تأکید بر ارزشمندی این مکمل‌ها، محققان را به بررسی و مطالعه بیش‌تر به‌خصوص در زمینه بالینی تشویق می‌کند. هم‌چنین پرهیز از مصرف هم‌زمان مکمل کلرلا و اسپیرولینا، پرهیز از مصرف مکمل‌های تجاری توسط افراد مبتلا به نارسایی کلیه و بیماری های خود ایمن، پرهیز از مصرف مکمل‌های با منشاء ناشناخته، محدود کردن مصرف این مکمل‌ها در نوازادان و کودکان، ارزیابی ایمنی و کیفیت مکمل‌ها به‌صورت مداوم و توسط شرکت‌های مختلف و حذف مکمل‌های حاوی سطح بالایی از آلومینیم، فلزات سمی و سیانوتوکسین از بازار، به‌عنوان راهکارهایی جهت مصرف ایمن‌تر پیشنهاد می‌شود. لذا به‌نظر می‌رسد فرهنگ‌سازی و افزایش آگاهی عموم در رابطه با مصرف ایمن ریزجلبک‌ها، چاره اندیشی درجهت بهبود عطر و طعم ریزجلبک‌ها، افزایش کنترل کیفی و نظارت مداوم ضمن تولید در شرایط به‌طور کامل کنترل شده نه تنها می‌تواند ۹۰ درصد چالش‌ها و مشکلات احتمالی را برطرف کند بلکه پنجره‌های بسیاری در زمینه‌های مختلف از پیشگیری بیماری تا درمان و حتی تولید دارو یا واکسن علیه ویروس‌های مختلف که امروزه دامن‌گیر بسیاری از افراد در سراسر جهان است بازگشاید.

نتیجه‌گیری

به‌طور خلاصه این مقاله اطلاعاتی در مورد ریزجلبک‌ها و ترکیب‌های فعال زیستی آن‌ها با قابلیت بهبود بسیاری از اختلال‌های متابولیک و غیرمتابولیک فراهم می‌کند. انواع مختلفی از مولکول‌های زیستی فعال مشتق از این موجودات تاکنون شناسایی و استخراج شده است. هم‌چنین بسیاری از خواص مفید آن‌ها در بهبود وضعیت سلامت جوامع انسانی و غیر انسانی به-وضوح مشخص شده است. انواع مختلفی از این ترکیب‌ها حاوی محصول جانبی فعال بیولوژیکی مانند کاروتنوئیدها، پلی‌ساکاریدهای طبیعی یا سولفاته شده، مشتقات پلی فنلی و ... هستند. به‌طورکلی این ترکیب‌ها از طرق مختلفی هم‌چون خواص آنتی اکسیدانی، تأمین مواد ضروری برای متابولیسم بدن، محتوای بالای فیبرهای غذایی و کلروفیل، تنظیم کننده حدواسط‌های سیستم ایمنی و خواص

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22285458.1400.11.42.4.4]

ضدتوموری و فعال کننده آپوپتوزی خود می‌توانند در بهبود وضعیت سلامت جامعه بسیار مفید باشند. اگرچه مطالعه‌های آینده به‌خصوص به شکل کارآزمایی بالینی بایستی در مورد ترکیب‌های فعال زیستی ریزجلبک‌ها انجام شود تا اثرهای مفید و مضر آن‌ها با جزئیات بیش‌تری شناسایی شود. هم‌چنین با مصرف دوزهای درمانی مختلف به تنهایی یا در کنار سایر مکمل‌های دیگر، میزان مصرف استاندارد آن با کم‌ترین عوارض ناخواسته در اختلال‌های بالینی مختلف مشخص شود.

نقش نویسندگان

همه نویسندکان در نگارش و ویرایش تمامی قسمت-های اثر سهیم بوده و مسئولیت دقت و صحت مطالب مندرج در آن را می‌پذیرند.

تضاد منافع

نویسندگان به‌صراحت بیان می‌کنند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22285458.1400.11.42.4.4]

منابع

1- Know Your World: Facts About World Hunger & Poverty. 2018.

2- FAO – News Article: World's future food security "in jeopardy" due tomultiple challenges, report warns. 2018.

3- Bleakley S, Hayes M. Algal proteins: extraction, application, and challenges concerning production. Foods. 2017;6(5):33.

4- Koyande AK, Chew KW, Rambabu K, Tao Y, Chu D-T, Show P-L. Microalgae: A potential alternative to health supplementation for humans. Food Science and Human Wellness. 2019;8(1):16-24.

5- Barsanti L, Coltelli P ,Evangelista V, Frassanito AM, Passarelli V, Vesentini N, et al. Oddities and curiosities in the algal world. Algal toxins: nature, occurrence, effect and detection: Springer; 2008. p. 353-91.

6- Das P, Aziz SS, Obbard JP. Two phase microalgae growth in the open system for enhanced lipid productivity. Renewable Energy. 2011;36(9):2524-8.

7- Safi C, Zebib B, Merah O, Pontalier P-Y, Vaca-Garcia C. Morphology, composition, production, processing and applications of Chlorella vulgaris: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2014;35:265-78.

8- Fabregas J, Herrero C. Vitamin content of four marine microalgae. Potential use as source of vitamins in nutrition. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology. 1990;5(4):259-63.

9- Islam MN, Alsenani F, Schenk PM. Microalgae as a sustainable source of nutraceuticals. Microbial functional foods and nutraceuticals. 2017;1.

10- Fazal T, Mushtaq A, Rehman F, Khan AU, Rashid N, Farooq W, et al. Bioremediation of textile wastewater and successive biodiesel production using microalgae. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2018;82:3107-26.

11- Van Krimpen M, Bikker P, Van der Meer I, Van der Peet-Schwering C, Vereijken J. Cultivation, processing and nutritional aspects for pigs and poultry of European protein sources as alternatives for imported soybean products. Wageningen UR Livestock Research, 2013 1570-8616.

12- Jurikova T, Skrovankova S, Mlcek J, Balla S, Snopek L. Bioactive compounds, antioxidant activity, and biological effects of European cranberry (Vaccinium oxycoccos). Molecules. 2019;24(1):24.

13- Rizzo G, Baroni L. Soy, soy foods and their role in vegetarian diets. Nutrients. 2018;10(1):43.

14- Akhtar S, Ismail T, Fraternale D, Sestili P. Pomegranate peel and peel extracts: Chemistry and food features. Food chemistry. 2015;174:417-25.

15- Sergent T, Vanderstraeten J, Winand J, Beguin P, Schneider Y-J. Phenolic compounds and plant extracts as potential natural anti-obesity substances. Food chemistry. 2012;135(1):68-73.

16- Cavinato M, Waltenberger B, Baraldo G, Grade CV, Stuppner H, Jansen-Dürr P. Plant extracts and natural compounds used against UVB-induced photoaging. Biogerontology. 2017;18(4):499-516.

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22285458.1400.11.42.4.4]

17- Hu H. The freshwater algae of China: systematics, taxonomy and ecology: Science Press; 2006.

18- Sathasivam R, Radhakrishnan R, Hashem A, Abd_Allah EF. Microalgae metabolites: A rich source for food and medicine. Saudi journal of biological sciences. 2019;26(4):709-22.

19- Rani K, Sandal N, Sahoo P. A comprehensive review on chlorella-its composition, health benefits, market and regulatory scenario. The Pharma Innovation Journal. 2018;7(7):584-9.

20- Barrow C, Shahidi F. Marine nutraceuticals and functional foods: CRC Press; 2007.

21- Chacón-Lee T, González-Mariño G. Microalgae for "healthy" foods—possibilities and challenges. Comprehensive reviews in food science and food safety. 2010;9(6):655-75.

22- Wallace J. Increasing agricultural water use efficiency to meet future food production. Agriculture, ecosystems & environment. 2000;8219-105:(3-1).

23- Service UAR. USDA National Nutrient Database for Standard Reference: USDA; 2004.

24- Capelli B, Cysewski GR. Potential health benefits of spirulina microalgae. Nutrafoods. 2010;9(2):19-26.

25- Rzymski P, Niedzielski P, Kaczmarek N, Jurczak T, Klimaszyk P. The multidisciplinary approach to safety and toxicity assessment of microalgae-based food supplements following clinical cases of poisoning. Harmful Algae. 2015;46:34-42.

26- Gantar M, Svirčev Z. Microalgae and cyanobacteria: food for thought 1. Journal of phycology. 2008;44(2):260-8.

27- Khan Z, Bhadouria P, Bisen P. Nutritional and therapeutic potential of Spirulina. Current pharmaceutical biotechnology. 2005;6(5):373-9.

28- Ramachandran A, Jaeschke H. Oxidative stress and acute hepatic injury. Current opinion in toxicology. 2018;7:17-21.

29- Corsini A, Bortolini M. Drug-induced liver injury: The role of drug metabolism and transport. The Journal of Clinical Pharmacology. 2013;53(5):463-74.

30- Rajaratnam M, Prystupa A, Lachowska-Kotowska P, Zaluska W, Filip R. Herbal medicine for treatment and prevention of liver diseases. Journal of Pre-Clinical and Clinical Research. 2014;8(2.(

31- Adewusi E, Afolayan AJ. A review of natural products with hepatoprotective activity. J Med Plant Res 34-1318:(13)4:2010.

32- Kuo C, Chang Y, Lin T, Yang Y, Zhang W, Lai J, et al. Effects of a Protein-Enriched Crude Lysate from Chlorella Sp. Against Acetaminophen-Induced Liver Injury.

33- Vijayavel K, Anbuselvam C, Balasubramanian M. Antioxidant effect of the marine algae Chlorella vulgaris against naphthalene-induced oxidative stress in the albino rats. Molecular and cellular biochemistry. 2007;303(1-2):39-44.

34- Shim J-Y, Shin H-s, Han J-G, Park H-S, Lim B-L, Chung K-W, et al. Protective effects of Chlorella vulgaris on liver toxicity in cadmium-administered rats. Journal of medicinal food. 2008;11(3):479-85.

35- Kim YJ, Kwon S, Kim MK. Effect of Chlorella vulgaris intake on cadmium detoxification in rats fed cadmium. Nutrition research and practice 94-89:(2)3:2009.

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22285458.1400.11.42.4.4]

36- Saad SM, Yusof YAM, Ngah WZW. Comparison between locally produced Chlorella vulgaris and Chlorella vulgaris from Japan on proliferation and apoptosis of liver cancer cell line, HepG2. Malays J Biochem Mol Biol. 2006;13:32-6.

37- Vargas-Mendoza N, Madrigal-Santillán E, Morales-González Á, Esquivel-Soto J, Esquivel-Chirino C, y González-Rubio MG-L, et al. Hepatoprotective effect of silymarin. World journal of hepatology. 2014;6(3):144.

38- Abdulrazzaq AM, Badr M, Gammoh O, Abu Khalil AA ,Ghanim BY, Alhussainy TM, et al. Hepatoprotective actions of ascorbic acid, alpha lipoic acid and silymarin or their combination against acetaminophen-induced hepatotoxicity in rats. Medicina. 2019;55(5):181.

39- Miltonprabu S, Tomczyk M, Skalicka-Woźniak K, Rastrelli L, Daglia M, Nabavi SF, et al. Hepatoprotective effect of quercetin: From chemistry to medicine. Food and Chemical Toxicology. 2017;108:365-74.

40- Bjelakovic G, Gluud LL, Nikolova D, Bjelakovic M, Nagorni A, Gluud C. Antioxidant supplements for liver diseases. Cochrane database of systematic reviews. 2011(3).

41- Centis E, Marzocchi R, Suppini A, Dalle Grave R, Villanova N, J Hickman I, et al. The role of lifestyle change in the prevention and treatment of NAFLD. Current pharmaceutical design. 2013;19(29):5270-9.

42- Panahi Y, Ghamarchehreh ME, Beiraghdar F, Zare R, Jalalian HR, Sahebkar A. Investigation of the effects of Chlorella vulgaris supplementation in patients with non-alcoholic fatty liver disease: a randomized clinical trial. Hepato-gastroenterology. 2012;59(119):2099-103.

43- Itakura H, Kobayashi M, Nakamura S. Chlorella ingestion suppresses resistin gene expression in peripheral blood cells of borderline diabetics. Clinical nutrition espen. 2015;10(3):e95-e101.

44- Azocar J, Diaz A. Efficacy and safety of Chlorella supplementation in adults with chronic hepatitis C virus infection. World Journal of Gastroenterology: WJG. 2013;19(7):1085.

45- Fleischauer AT, Simonsen N, Arab L. Antioxidant supplements and risk of breast cancer recurrence and breast cancer-related mortality among postmenopausal women. Nutrition and cancer. 2003;46(1):15-22.

46- Jyonouchi H, Zhang L, Gross M, Tomita Y. Immunomodulating actions of carotenoids: enhancement of in vivo and in vitro antibody production to T-dependent antigens. 1994.

47- Prabhu PN, Ashokkumar P, Sudhandiran G. Antioxidative and antiproliferative effects of astaxanthin during the initiation stages of 1, 2-dimethyl hydrazine-induced experimental colon carcinogenesis. Fundamental & clinical pharmacology. 2009;23(2):225-34.

48- Umemura K, Yanase K, Suzuki M, Okutani K, Yamori T, Andoh T. Inhibition of DNA topoisomerases I and II, and growth inhibition of human cancer cell lines by a marine microalgal polysaccharide. Biochemical pharmacology. 2003;66(3):481-7.

49- Sheih I-C, Fang TJ, Wu T-K, Lin P-H. Anticancer and antioxidant activities of the peptide fraction from algae protein waste. Journal of agricultural and food chemistry. 2010;58(2):1202-7.

50- Kawee-Ai A, Kim AT, Kim SM. Inhibitory activities of microalgal fucoxanthin against α-amylase, α-glucosidase, and glucose oxidase in 3T3-L1 cells linked to type 2 diabetes. Journal of Oceanology and Limnology. 2019;37(3):928-37.

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22285458.1400.11.42.4.4]

51- Cherng J, Liu C, Shen C, Lin H, Shih M. Beneficial effects of Chlorella-11 peptide on blocking LPS-induced macrophage activation and alleviating thermal injury-induced inflammation in rats. International journal of immunopathology and pharmacology. 2010;23(3):811-20.

52- Polyzos SA, Kountouras J, Mantzoros CS. Adipokines in nonalcoholic fatty liver disease. Metabolism. 2016;65(8):1062-79.

53- Layam A, Reddy CLK. Antidiabetic property of spirulina. Diabetologia croatica. 2006;35(2):29-33.

54- Aizzat O, Yap S, Sopiah H, Madiha M, Hazreen M, Shailah A, et al. Modulation of oxidative stress by Chlorella vulgaris in streptozotocin (STZ) induced diabetic Sprague-Dawley rats. Advances in Medical Sciences. 2010;55(2):281-8.

55- Hernández-Lepe MA, López-Díaz JA, Juárez-Oropeza MA, Hernández-Torres RP, Wall-Medrano A, Ramos-Jiménez A. Effect of Arthrospira (Spirulina) maxima supplementation and a systematic physical exercise program on the body composition and cardiorespiratory fitness of overweight or obese subjects: a double-blind, randomized, and crossover controlled trial. Marine drugs. 2018;16(10):364.

56- Yousefi R, Mottaghi A, Saidpour A. Spirulina platensis effectively ameliorates anthropometric measurements and obesity-related metabolic disorders in obese or overweight healthy individuals: A randomized controlled trial. Complementary therapies in medicine. 2018;40:106-12.

57- Zeinalian R, Farhangi MA, Shariat A, Saghafi-Asl M. The effects of Spirulina Platensis on anthropometric indices, appetite, lipid profile and serum vascular endothelial growth factor (VEGF) in obese individuals: a randomized double blinded placebo controlled trial. BMC complementary and alternative medicine. 2017;17(1):1-8.

58- Szulinska M, Gibas-Dorna M, Miller-Kasprzak E, Suliburska J, Miczke A, Walczak-Gałezewska M, et al. Spirulina maxima improves insulin sensitivity, lipid profile, and total antioxidant status in obese patients with well-treated hypertension: a randomized double-blind placebo-controlled study. Eur Rev Med Pharmacol Sci. 2017;21(10):2473-81.

59- Cutignano A, Nuzzo G, Ianora A, Luongo E, Romano G, Gallo C, et al. Development and application of a novel SPE-method for bioassay-guided fractionation of marine extracts. Marine drugs. 2015;13(9):5736-49.

60- Guzman S, Gato A, Lamela M, Freire-Garabal M, Calleja J. Anti-inflammatory and immunomodulatory activities of polysaccharide from Chlorella stigmatophora and Phaeodactylum tricornutum. Phytotherapy Research. 2003;17(6):665-70.

61- Barsanti L, Gualtieri P. Paramylon, a potent immunomodulator from wzsl mutant of Euglena gracilis. Molecules. 2019;24(17):3114.

62- Kwak JH, Baek SH, Woo Y, Han JK, Kim BG, Kim OY, et al. Beneficial immunostimulatory effect of short-term Chlorella supplementation: enhancement of natural killer cell activity and early inflammatory response (randomized, double-blinded, placebo-controlled trial). Nutrition journal. 2012;11(1):1-8.

63- Cerezuela R, Guardiola FA, Meseguer J, Esteban MA. Enrichment of gilthead seabream (Sparus aurata L.) diet with microalgae: effects on the immune system. Fish Physiology and Biochemistry. 2012;38(6):1729-39.

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22285458.1400.11.42.4.4]

64- Samarakoon KW, Ko J-Y, Rahman SM, Lee J-H, Kang M-C, Kwon O-N, et al. In vitro studies of anti-inflammatory and anticancer activities of organic solvent extracts from cultured marine microalgae. Algae. 2013;28(19-111).

65- Guzman S, Gato A, Calleja J. Antiinflammatory, analgesic and free radical scavenging activities of the marine microalgaeChlorella stigmatophora andPhaeodactylum tricornutum. Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives. 2001;15(3):224-30.

66- Witvrouw M, De Clercq E. Sulfated polysaccharides extracted from sea algae as potential antiviral drugs. General Pharmacology: The Vascular System. 1997;29(4):497-511.

67- Mulders KJ, Lamers PP, Martens DE, Wijffels RH. Phototrophic pigment production with microalgae: biological constraints and opportunities. Journal of phycology. 2014;50(2):229-42.

68- Molino A, Mehariya S, Di Sanzo G, Larocca V, Martino M, Leone GP ,et al. Recent developments in supercritical fluid extraction of bioactive compounds from microalgae: Role of key parameters, technological achievements and challenges. Journal of CO2 Utilization. 2020;36:196-209.

69- Khalili A, Najafpour GD, Amini G, Samkhaniyani F. Influence of nutrients and LED light intensities on biomass production of microalgae Chlorella vulgaris. Biotechnology and bioprocess engineering. 2015;20(2):284-90.

70- Ghaeni M, Roomiani L, Moradi Y. Evaluation of carotenoids and chlorophyll as natural resources for food in spirulina microalgae. 2014.

71- Naeini MA, Zandieh M, Najafi SE, Sajadi SM. Analyzing the development of the third-generation biodiesel production from microalgae by a novel hybrid decision-making method: The case of Iran. Energy. 2020;195:116895.

72- Mohebbi F, Hafezieh M, Seidgar M, Hosseinzadeh Sahhafi H, Mohsenpour Azari A, Ahmadi R. The growth, survival rate and reproductive characteristics of Artemia urmiana fed by Dunaliella tertiolecta, Tetraselmis suecica, Nannochloropsis oculata, Chaetoceros sp., Chlorella sp. and Spirolina sp. as feeding microalgae. Iranian Journal of Fisheries Sciences. 2016;15(2):727-37.

73- Ghanbariasad A, Taghizadeh S-M, Show PL, Nomanbhay S, Berenjian A, Ghasemi Y, et al. Controlled synthesis of iron oxyhydroxide (FeOOH) nanoparticles using secretory compounds from Chlorella vulgaris microalgae. Bioengineered. 2019;10(1):390-6.

74- Ebrahimi-Mameghani M, Sadeghi Z, Farhangi MA, Vaghef-Mehrabany E, Aliashrafi S. Glucose homeostasis, insulin resistance and inflammatory biomarkers in patients with non-alcoholic fatty liver disease: Beneficial effects of supplementation with microalgae Chlorella vulgaris: A double-blind placebo-controlled randomized clinical trial. Clinical nutrition. 2017;366-1001:(4).

75- Kabir M, Hoseini SA, Ghorbani R, Kashiri H. Performance of microalgae Chlorella vulgaris and Scenedesmus obliquus in wastewater treatment of Gomishan (Golestan-Iran) shrimp farms. Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation. 2017;10(32-622).

76- Alizadeh Khaledabad M, Ghasempour Z, Moghaddas Kia E, Rezazad Bari M, Zarrin R. Probiotic yoghurt functionalised with microalgae and Zedo gum: chemical, microbiological, rheological and sensory characteristics. International Journal of Dairy Technology. 2020;73(1):67-75.

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22285458.1400.11.42.4.4]

77- Dehghani J, Adibkia K, Movafeghi A, Barzegari A, Pourseif MM, Kakelar HM, et al. Stable transformation of Spirulina (Arthrospira) platensis: a promising microalga for production of edible vaccines. Applied microbiology and biotechnology. 2018;102(21):9267-78.

78- Erfani N, Nazemosadat Z, Moein M. Cytotoxic activity of ten algae from the Persian Gulf and Oman Sea on human breast cancer cell lines; MDA-MB-231, MCF-7, and T-47D. Pharmacognosy research. 2015;7(2):133.

79- Rahpeyma SS, Raheb J. Microalgae biodiesel as a valuable alternative to fossil fuels. BioEnergy Research. 2019;12(4):958-65.

80- Bhuyar P, Yusoff MM, Ab Rahim MH, Sundararaju S, Maniam GP, Govindan N. Effect of plant hormones on the production of biomass and lipid extraction for biodiesel production from microalgae Chlorella sp. The Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences. 2020;9(4):671.

81- Tang DYY, Khoo KS, Chew KW, Tao Y, Ho S-H, Show PL. Potential utilization of bioproducts from microalgae for the quality enhancement of natural products. Bioresource technology. 2020;304:122997.

82- Panahi Y, Darvishi B, Jowzi N, Beiraghdar F, Sahebkar A. Chlorella vulgaris: a multifunctional dietary supplement with diverse medicinal properties. Current pharmaceutical design. 2016;22(2):164-73.

83- Rzymski P, Jaśkiewicz M. Microalgal food supplements from the perspective of Polish consumers: patterns of use, adverse events, and beneficial effects. Journal of applied phycology. 2017;29(4):1841-50.

84- Pulz O, Gross W. Valuable products from biotechnology of microalgae. Applied microbiology and biotechnology. 2004;65(6):635-48.

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22285458.1400.11.42.4.4]