



Scan online to view this article

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

Roohollah Mohseni¹, Ameneh Zamani Sedehi¹,

Zahra Arab Sadeghabadi², Mohsen Safaei³, Mohammad Heiat⁴

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 different 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



برای مشاهده این مقاله به صورت
آنلاین اسکن کنید

مکمل غذایی برپایه ریزجلبک‌ها، به عنوان رویکرد درمانی نوین در آینده

روح الله محسنسی^۱، آمنه زمانی سده‌ی^۱، زهرا عرب صادق آبادی^۲، محسن صفائی^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

به تازگی 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 به عنوان از بین برنده قوی رادیکال‌های آزاد شناخته شده اند.

در این مطالعه، با استفاده از یافته‌های منتشرشده در پایگاه‌های داده Wiley, ScienceDirect, PubMed, Scopus 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 توجه به تنوع محتويات ریزجلبک‌ها، مصرف بلند مدت آن‌ها می‌تواند بسیاری از نیازهای ضروری بدن را تأمین سازد و به بهبود سلامت افراد جامعه کمک کند. مضاف براین که در بسیاری از موارد از جمله اختلال‌های کبدی، این ترکیب‌ها بهویژه کلرلا و اسپیرونولیانا تأثیر درمانی قابل ملاحظه‌ای داشته به طوری که به عنوان دارو مورد استفاده قرار می‌گیرند. اگرچه این تنوع در ترکیب‌های ریزجلبک‌ها بعضاً باعث عوارض جانبی ناشی از مصرف می‌شود که می‌بایست با مصرف میزان استاندارد و به موقع زیرنظر متخصص عوارض احتمالی موجود را به حداقل رساند.

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

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 به عنوان یکی از بهترین گزینه‌ها استفاده

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.

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 یزیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۰۸

آسکوربیک و... هستند (۷،۸). به همین جهت در برخی جوامع ماده خشک آنها به عنوان افزودنی غذایی با خواص آنتی اکسیدان طبیعی، ضد التهاب و افزایش-دهنده سطح انرژی بدن به مصرف می‌رسد. به دلیل 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 به واسطه توانایی بالای ریزجلبک‌ها در جذب فلزات سنگین، از آنها به عنوان تصفیه کننده فاضلاب‌های صنعتی یاد می‌شود. ترکیب‌های مشتق شده از ریزجلبک‌ها دارای فعالیت‌های بیولوژیکی بالقوه بیشتری نسبت به ترکیب‌های گیاهی شناخته شده موجود هستند (۱۰).

در میان محصول‌های مشتق شده از جلبک، تولید سالانه گونه اسپیرولینا (*Spirulina*) با حدود ۱۲۰۰۰ تن، پر مصرف ترین و پس از آن کلرلا (*Chlorella*) و دانیلا سالینا (*Dunaliella salina*) به ترتیب 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 توجه به افزایش تقاضای ریزجلبک‌ها، به ویژه 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 آبرسان، مواد آرایشی، غذایی و نوشیدنی‌ها و مواد مغذی باعث شده تا استفاده از ریزجلبک‌ها به عنوان منابع غنی از این ترکیب ارزشمند بسیار افزایش یابد (۱۱).

در کشورهای توسعه یافته، مردم به دلیل سبک زندگی مدرن خود به طور عمدی 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

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 نسبت به 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*، Rhodophyta)، جلبک‌های سبز (*Chlorophyta*) و جلبک‌های قهوه‌ای (*Phaeophyta*) طبقه‌بندی نمود. همچنین می‌توان آن را با توجه به اندازه، به جلبک چندسلولی (*Algae*) و ریزجلبک‌های به طور عمدی تک سلولی (*Microalgae*) نیز طبقه‌بندی کرد (۵). جلبک‌های چند سلولی در ابعاد بزرگ موسوم به ماکرو جلبک شناخته می‌شوند که با چشم غیرمسلح قابل مشاهده‌اند، در حالی که 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 آن‌ها متصور بود. تولید سوخت زیستی از ریزجلبک‌های غنی از لیپید نمونه‌ای از یک کاربرد صنعتی است که می‌تواند به عنوان سوخت طبیعی جایگزین مناسی 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 به عنوان 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 کربوهیدرات‌ها، اسیدهای آمینه ضروری، ویتامین‌ها و مواد معدنی هستند. همچنین، این موجودات سرشار از مواد آنتی اکسیدانی قوی مانند β -کاروتون، آستاگزانتین، نئوکانتین، کانتاگزانتین، لوთئین، توکوفرول، اسید

رژیم غذایی متعادل مشتمل از آنتی اکسیدان‌ها، ویتامین‌ها و اسیدهای چرب غیراشباع بهشت احساس می‌شود. امروزه محققان بر تولید مکمل‌های طبیعی بهخصوص مکمل‌های گیاهی متمرکز هستند. گسترده مطالعه‌ها شامل اجزای مختلف گیاه ریشه، ساقه، برگ و میوه هم در گیاهان ناشناخته و کمتر شناخته شده و هم گیاهان معروف و پر مصرف است. از جمله این مکمل‌ها می‌توان به کرن برقی، پالم، سویا، گارلیک، رویبوس و هونی براش و جینسینگ... اشاره داشت. به عنوان مثال ذغال اخته بهدلیل فعالیت آنتی اکسیدانی و زیستی شامل محافظت از قلب و دستگاه ادراری، فعالیت ضد قارچی، ضد باکتریایی و ضد سلطانی 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 تریترپونوئیدها نسبت داد (۱۲). با توجه به روند روز افزون رژیم غذایی گیاهی، تولید و مصرف مکمل‌ها و غذاهای گیاهی حاوی پروتئین زیاد جایگاه ویژه‌ای در بین افراد پیدا کرده است. به عنوان مثال سویا سرشار از پروتئین و پلی‌فنول‌ها در تولید آنانالوگ گوشت و جایگزین محصول‌های لبنی از جمله شیر، کاربرد فراوانی داشته و به نظر می‌رسد این روند سیر صعودی در پیش داشته باشد. تنها دغدغه محققان بعد از تأمین پروتئین با کیفیت بالا، کمبود یا عدم وجود ویتامین B₁₂ در گیاهان و بروز مشکلات ناشی از آن در گیاهخواران است. به طور کلی سویا در مقایسه با دیگر حبوبات مثل لوبيا، نخود، نخودسیز 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 بیشتر 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، سلطان را دارد. 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 به صورت کپسول، قرص و ژل نرم به بازار عرضه می-

شود. از طرفی به عنوان 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 روى 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 روزاترول 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 آسپالتین با خصوصیت‌های آنتی اکسیدان و ضد التهابی مناسب جهت بیماری‌های پوستی و محصول-های آرایشی- بهداشتی با عملکرد آبرسانی و ضد چین ۲۰۰۰ و چروک اشاره نمود (۱۶). مردم چین حدود ۲۰۰۰ سال پیش گونه‌های ریزجلبک Nostoc را به عنوان غذا و پس از آن گونه‌های کلرلا و اسپیرولینا به عنوان غذاهای سالم در تایوان، ژاپن و مکزیک مورد استفاده قرار گرفت (۱۷). ریزجلبک‌ها حاوی انواع و اقسام ویتامین‌ها و مواد معدنی از جمله ویتامین‌های محلول در آب C، B₆ و B₁₂، ویتامین‌های محلول در چربی A و E، مواد معدنی شامل آهن، کلسیم، پتاسیم، منیزیم و ید و ترکیب‌های گوناگون پلی‌فنول، آنتوسیانین، لوئین، کلروفیل، فاکتور رشد، اسیدهای چرب اشباع نشده مثل امگا ۳ و ۶، کاروتونوئیدها و انواع گرانتین‌ها، غنی از پروتئین و فیبرهای غذایی است. هم‌چنین به دلیل داشتن پروتئین بالا و ویتامین B₁₂ به نظر می‌رسد از دیگر منابع گیاهی غنی‌تر و سودمندتر باشند. با بررسی و مقایسه اجمالی گیاهان و ریزجلبک‌ها به صراحت می‌توان دریافت که مکمل‌های ریزجلبک در مقایسه با مکمل‌های گیاهی می‌توانند در حجم کمتر گسترده و سی‌تری از نیازها را برآورده کنند. به عنوان مثال غنای بسیاری از ریزجلبک‌ها از طیف

ریزجلبک کلرلا

ریزجلبک‌ها به عنوان منابع غذایی ایمن توسط سازمان غذا و دارو آمریکا طبقه‌بندی می‌شوند. از جمله این ریزجلبک‌ها می‌توان به اسپیروولینا، کلرلا، دانیلا، هماتوکوکوس، پروفیریدیوم کروئنتوم، آفانیزوممنون و... اشاره داشت. به دلیل 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 نام-های Jorgenson و Convit روی ۸۰ بیمار جذام در وزنوفلائی انجام شد که در آن سوپ پلانکتون مشکل از کلرلا به عنوان 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 به عنوان یک مکمل غذایی سودمند بود (۱۹). کلرلا در برابر سو تغذیه و مسمومیت با Ethionine محسوب می‌شود و غلظت قند خون را کاهش داده و غلظت هموگلوبین را افزایش می‌دهند. مصرف کلرلا

وسيعی از کاروتینويدها بهويه آستاگراتين، می‌تواند جايگزين مناسب بسياري از مكمليهای طبیعی هم-چون انار باشد. از طرف ديگر تنوع وسيع تركيبها با خواص جذب راديکالهای آزاد ريزجلبک‌ها می‌تواند خاصیت آنتی اكسیدانی بسيار بالاني برابر يا بيشتر از ساير منابع گياهی همچون: زوراترول مشتق از انگور، عصاره انار، جينسينگ و گريپ فروت و ... داشته باشد. بيش از نيمی از ماده خشك ريزجلبک‌هایی همچون اسپيرولينا حاوی اسييدامينه‌های ضروری بدن انسان هستند که می‌تواند مفیدتر از هر مكمم گياهی و حتى منابع غذایی با منشاء حیوانی باشد. همچنان برخلاف منابع غذایی با منشاء حیوانی، ريزجلبک کلرلا غنی از ويتمامین B₁₂ است که در مكمليهای غذایی با منشاء گياهی يافت نمی‌شود. علاوه‌بر اين، بهعلت فتوستنتز بسيار بالاي ريزجلبک‌ها، محتواي کلروفيل آنها چندين برابر گياهان است. اين امر باعث می‌شود مصرف آنها باعث ممانعت از جذب فلزات سنگين و بسياری از سموم وارد به بدن از طريق دستگاه گوارش شود. همچنان به عنوان يك داروي افزایش دهنده دفع ليپيدهای غذایی در افراد مورد هدف مطرح گردد. بدیهی است که فواید ذکر شده در مورد ريزجلبک‌ها تها بخشی از مجموع خواص مفید آنها در حفظ سلامتی افراد است و اين امر به دليل دارا بودن طيف وسيعی از تركيبهای مفید و سودمند است (۷، ۱۳، ۱۴). بنابراین از مجموع مطالب ذکر شده در فوق می‌توان اين گونه نتیجه گرفت که در صورت مصرف بهينه و رعایت دوز استاندارد مكمليهای بر پایه ريزجلبک‌ها، بسياري از مواد ضروري بدن تأمین می-شود بهطوری که می‌توان با مصرف مكمليهای غذایی با منشاء ريزجلبک‌ها از مصرف ساير مكمليهای با منشاء گياهی بي نياز شد. بهويه اين که در اکثر موارد مصرف بلند مدت اين گونه تركيبها عوارض جانبی قابل ملاحظه‌ای به همراه ندارد. در حال حاضر غذاهای مشتق شده از ريزجلبک‌ها به عنوان غذاهای سالم به بازار عرضه می‌شوند و به شکل کپسول، قرص، پودر و مایعات موجود هستند. آنها همچنان در تركيب با آب نبات، آدامس، تنقلات، خمير، غلات صبحانه و نوشیدنی‌ها مصرف می‌شوند. در طی سال‌های اخير، گونه‌های کلرلا و اسپيرولينا از محبوبیت بيشتری در بازار جهانی برخوردار هستند و اين امر به محتويات

ریزجلبک اسپیرولینا

سازمان بهداشت جهانی اسپیرولینا را ماده مغذی فوق العاده نامیده است (۲۱). اسپیرولینا همچنین به عنوان "Superfood" توسط سازمان بهداشت جهانی مطرح است. سلول های آن غنی از پروتئین با محتوای پروتئین تا ۷۰٪ وزن خشک است و از سال ۱۹۵۰ تاکنون توسط مردم بومی مکزیک و آفریقا استفاده می شود (۲۲). همچنین یک منبع طبیعی عالی از ویتامین A، B₁، B₂، B₁₂، اسیدهای چرب ضروری و رنگدانه های مفید مانند گرانتوفیل و کاروتونیدها است به طوری که مصرف یک قاشق (۷ گرم) ماده خشک اسپیرولینا کمایش ۴ گرم پروتئین، ۱ گرم چربی شامل اسیدهای چرب غیر اشباع مانند اسیدهای چرب امگا ۳ و امگا ۶ و ۱۱٪ و ۱۵٪ و ۴٪ میزان نیاز روزانه (Recommended Dietary Allowance) به ترتیب ویتامین B₁، B₂، B₃ و همچنین به ترتیب ۱۱٪ و ۲۱٪ میزان نیاز روزانه مربوط به مس و آهن است (۲۳). با انجام مقایسه ای ساده بین ترکیب های موجود در اسپیرولینا و مواد غذایی سودمندی که به طور رایج مورد استفاده قرار می گیرد می تواند به غنای بالای ترکیب های این ریزجلبک پی برد. گزارش شده است که اسپیرولینا حاوی پروتئین ۶۷٪ در مقایسه با پنیر سویا، کلسیم تا ۱۸۰٪ در مقایسه با شیر، آهن تا ۵۱٪ در مقایسه با اسفناج و β-carotene تا ۳۱۰٪ در مقایسه با هویج است (۲۴). علاوه بر این، مواد معدنی مختلف دیگری مانند منیزیم، منگنز و پتاسیم در مکمل غذایی اسپیرولینا به مقدار کم گزارش شده است. مطالعه ها نشان داده است که مصرف اسپیرولینا با اثرهای متعادل کنندگی کلسترول، لیپوپروتئین با چگالی کم (LDL)، تری-گلیسرید، فشار خون و قندخون همراه است. همچنین گزارش شده است که مکمل اسپیرولینا باعث افزایش سطح هموگلوبین سلول های قرمز خون در افراد مسن و بهبود سیستم ایمنی بدن آن ها می شود. اسپیرولینا سرشار از گاما مالینولئیک اسید و فیکوبیلی پروتئین است. گاما لینولئیک اسید، یک اسید چرب

اشبع نشده غیر ضروری مغذی است که مطالعه های مختلف ارزش دارویی آن در زمینه های مختلف از جمله: کاهش لیپوپروتئین های کم چگال در بیماران مبتلا به هایپر کلسترولمی، کاهش علائم در بیماران مبتلا به سندروم قبل قاعدگی و اگزما آتوپیک، از بین بردن انتخابی سلول های توموری بدون آسیب به سلول های سالم، بهبود بیماران مبتلا به اسکیزو فرنی، مالتیپل اسکلروز، درماتیت، دیابت و آرتریت را به اثبات رسانده اند. فیکوبیلی پروتئین موجود در اسپیرولینا به واسطه خاصیت جذب رادیکال های آزاد می تواند به عنوان داروی ضد سرطان و ضد تومور مورد استفاده قرار بگیرد. گفته می شود 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 باکتری های روده را حفظ می کند. گفتنی است اسپیرولینا در کلوجه، شیرینی های خشک، رشته فرنگی و سایر محصولات غذایی به مصرف می رسد (۲۱، ۲۵، ۲۶). با توجه به آنچه که پیرامون خواص مفید اسپیرولینا تاکنون ذکر گردید، دور از انتظار نیست که فضانوران دان سازمان ملی هوانوردی و فضا (ناسا) از اسپیرولینا به عنوان غذایی ایده آل برای سفرهای فضایی خود جهت تأمین طیف گسترده مواد مغذی مورد نیاز بدن در حجم کم استفاده کنند (۲۷).

خواص محافظتی ریزجلبک ها در برابر اختلال های کبدی

کبد به عنوان مهم ترین اندام در متابولیسم و سمزدایی مواد بیگانه و داروها در بدن مطرح است. در نتیجه نسبت به سایر اندام ها بسیار مستعد سمیت بافتی است. از این رو طی سال های گذشته، رویکردهای مختلف درمانی متداول و مدرن زیادی برای شناسایی و توسعه ترکیب های محافظت کننده کبدی انجام شده است (۲۸، ۲۹). مکمل های طبیعی به عنوان یک رویکرد درمانی طبیعی برای پیشگیری و درمان اختلال های کبدی به طور فزاینده ای مورد توجه قرار گرفته اند. عوارض جانبی کمتر، قیمت پایین، امکان استفاده طولانی مدت و خواص آنتی اکسیدانی از مزایای اصلی مکمل های طبیعی نسبت به داروهای شیمیایی است (۳۱، ۳۰). مطالعه های حیوانی و انسانی متعددی نشان داده است که مصرف کلرلا در بیماران و افراد سالم با

اعمال کادمیوم بررسی شد (۳۴). نتایج نشان داد کلرلا ولگاریس نمی‌تواند باعث کاهش وزن ناشی از کادمیوم در کبد، کلیه و اندام‌های طحال شود. به نظر می‌رسد سم زدایی 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 به طور قابل توجهی از این تغییر جلوگیری کند. همچنین، درمان کلرلا ولگاریس غلظت کادمیوم کبدی را در مقایسه با حیواناتی که کادمیوم به تنها یی دریافت کرده بودند کاهش داد (۳۵). نویسنده‌گان اظهار داشتند که اثرهای مفید کلرلا ولگاریس ممکن است در ارتباط با کاهش جذب روده‌ای کادمیوم و تقویت فعالیت سم زدایی 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 به عنوان رده سلول سرطانی کبد و WRL68 به عنوان 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 وابسته به دوز می‌شود. اثر آپوپتوزی در رده سلولی HepG2 از رده سلولی WRL68 آشکارتر بود (۳۶). نویسنده‌گان نتیجه گرفتند که اثر ضدسرطانی کلرلا ولگاریس می‌تواند مرتبط با ترکیب‌هایی همچون ویتامین‌ها، اسیدهای آمینه ضروری و مواد معدنی باشد. همچنین محتوای بالای گلیکوپروتئین‌ها می‌تواند 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، کوئستین، رزوراتول، سلنیوم و عصاره چای سیز به طور گستره‌های برای بهبود بیماری‌های کبدی مورد بررسی قرار گرفته‌اند (۳۷-۳۹). کلرلا ولگاریس بهدلیل

کم ترین عارضه کبدی همراه بوده است. در این مطالعه با توجه به این که 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 به طور کلی توسط مواد شیمیایی مختلف سمی مانند تراکلرید کربن (CCl₄، 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 کننده 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 اکسیدان‌های آنزیمی مانند CAT، SOD، GPx و آنتی اکسیدان‌های غیر آنزیمی GSH و اسیدهای اسکوربیک را کاهش داد. اگرچه تجویز عصاره اتانولی کلرلا ولگاریس با دوز ۷۰ میلی‌گرم در کیلوگرم به مدت ۱۵ روز اثر نامطلوب نفتالین را کمابیش به حد نرمال برگرداند. محققان دریافتند به احتمال نقض 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 کاروتون‌ها 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 تعذیبه روزانه ۲۰۰ ppm کادمیوم به مدت ۸ هفته القا شد و مصرف کلرلا ولگاریس به مدت ۴ هفته ادامه یافت. در این مطالعه، تأثیر درمان کلرلا ولگاریس بر وزن بدن و اندام و

داشتن طیف گسترده‌ای از مواد مفید، می‌تواند یک جایگزین بسیار مفید برای مکمل‌های ذکر شده باشد. برخلاف مطالعه‌ها بهنسبت پرتعاد 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).

گرفتند که اثر تعديل 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 توجه به نتایج به دست 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 کاهنده‌گی 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 به عنوان یک هورمون مشتق از چربی، نقشی حیاتی در مقاومت به انسولین ایفا می‌کند. در مطالعه مذکور مشاهده شد که مصرف کلرلا به مدت ۱۲ هفته بیان ژن Resistin را در سلول‌های خون محیطی کاهش داد و سطح سرمی IL-6 و TNF- α به عنوان یک نتیجه از فعالیت Resistin نیز کاهش 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 نکردن، به عنوان 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،

بیماری کبد چرب غیرالکلی (NAFLD) به عنوان یکی از مهم‌ترین دلایل بیماری‌های مزمن کبدی، همراه با توسعه سبک زندگی مدرن، بهویژه در کشورهای صنعتی، به سرعت در سراسر جهان در حال گسترش است. در بیماران NAFLD، تجمع چربی سلول‌های کبدی باعث چندین اختلال متابولیک ثانویه می‌شود. به همین دلیل، طیف وسیعی از ترکیب‌های سنتیک و طبیعی برای بهبود بیماری‌های کبد چرب آزمایش شده‌اند (۴۱). در همین حال، کلرلا ولگاریس به عنوان 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 بیمارستان بقیه الله (تهران) گزارش کردند. آن‌ها مکمل کلرلا ولگاریس را با دوز ۱۲۰۰ میلی‌گرم در روز جایگزین متغور مین کردند. شاخص توده بدنی (BMI)، پارامترهای تن سنجی، پروفایل لیپیدی سرم، سنجش عملکرد کبدی، ارزیابی سونوگرافی و ارزیابی شاخص مقاومت به انسولین (HOMA-IR) اندازه‌گیری شد (۴۲). بیماران هر دو گروه درمانی با یا بدون درمان کلرلا ولگاریس با کاهش وزن قابل توجهی همراه بودند. پارامترهای بیوشیمیایی سرم شامل آالائین 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 پاتوزن 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 لیپوزن محیطی می‌شود که به ترشح چربی کبدی کمک می‌کند. نویسنده‌گان نتیجه

افزایش بیان NF-kB همراه با بیان تعديل شده آنزیم‌های ماتریکس متالوپروتئیناز خارج سلولی ۹ (MMP-9)، سیکلوکسیستانز 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 اینمی را از طریق تنظیم پراکسیداسیون لیپیدی افزایش می‌دهد. علی‌رغم خواص ضدسرطانی آستاگرانتین، هزینه بالای سنتز و خالص سازی آن به روش سنتیک تمایل به استخراج آن از منابع طبیعی را افزایش داده است. در اینجا ریزجلبک‌هایی همانند کلرلا ولگاریس حاوی مقادیر سرشار از آستاگرانتین هستند که می‌توانند این محدودیت را از سر راه تولید کنندگان آستاگرانتین بردارد (۴۷).

گالاکتان سولفات (GA3P) به عنوان یک عامل پلی-ساکارید خارج سلولی ضد تومور شناخته شده است. این ترکیب قادر به مهار آنزیم توپوایزومناز 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 قهقهه‌ای یافت می‌شود و دارای اثرهای مختلفی از جمله مهار رگ‌زایی، ضدپیروسی و همچنین تنظیم کننده سیستم انعقادی است (۴۸). از طرف دیگر پیتیدهای حاصل از هیدرولیز ریزجلبک‌ها دارای فعالیت‌های مختلفی هستند. به عنوان مثال پیتیدهای فعال متعلق به کلرلا ولگاریس قادر به مهار تکثیر سلول‌های سرطان معده در فاز G1 از تقسیم سلولی است. هم‌چنین این پیتیدها قادر به تقویت خواص آنتی‌اکسیدانی در برابر رادیکال‌های پروکسیل هستند (۴۹).

اثر ضدیابتی ریزجلبک‌ها

یک روش درمانی برای جلوگیری از چاقی و دیابت، کاهش جذب گلوكز و همچنین لیپیدهای رژیم غذایی است. ترکیب فعال فوکوگرانتین موجود در ریزجلبک‌ها قادر به مهار آنزیم‌های آلفا‌آمیلاز و آلفا‌گلوكوزیداز در دستگاه گوارش هستند. همچنین از طریق القای

نویسندهای نتیجه گرفتند که کلرلا در کاهش عوارض عفونت مزمن ویروس هپاچیت C از طریق تحريك سیستم ایمنی و همچنین تقویت سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدان کبدی نقش دارد.

خواص ضدتوموری ریزجلبک‌ها

کاروتونوئیدها از جمله آنتی اکسیدان‌های با منشاء طبیعی شناخته شده هستند که فعالیت ضد توموری را نشان می‌دهند. به تازگی، مشخص شده است که مصرف کاروتونوئیدها به همراه ۵-فلوروراسیل منجر به اثرهای ضدسرطانی بهتری نسبت به زمانی که ۵-فلوروراسیل به تنهایی مورد استفاده قرار می‌گرفت، شدند. این اثر بخشی می‌تواند به کاهش سطح بافتی رادیکال آزاد ایجاد شده توسط ۵-فلوروراسیل مربوط باشد. بنابراین، ریزجلبک‌ها ممکن است به عنوان یک داروی طبیعی بالقوه برای مهار و درمان بیماری‌های مرتبط با اکسیژن فعال (ROS) مطرح شوند. کاروتونوئیدهای مشتق شده از ریزجلبک شامل انواع مختلفی مانند آستاگرانتین هستند که دارای یک قابلیت ضد توموری بالقوه‌اند. آستاگرانتین به روش واپس‌تهبه دوز از تکثیر سلولی دو رده سلولی سرطان معده SNU-III و KATO-1 جلوگیری می‌کند (۴۵). علاوه‌بر این، به واسطه متعادل‌سازی پروتئین‌های مرتبط با فاکتور ERK می‌تواند بیان p27 را افزایش دهد. آستاگرانتین یک آنتی اکسیدان کارآمد است که قادر است از سمیت زنی 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، آستاگرانتین 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 آستاگرانتین فعالیت ضد تکثیری را در مرحله پس از شروع چرخه‌های سلولی نشان می‌دهد. علاوه‌بر این آستاگرانتین 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، تحريك آپوپتوز از طریق

فعالیت گلوکز اکسیداز و کاهش تجمع چربی، متابولیسم گلوکز را در سلول‌های بدن بهبود می‌بخشد. 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 توجه به نتایج به دست آمده، فوکوگزانتین مشتق از ریزجلبک‌ها از جمله منابع طبیعی است که می‌توان برای جلوگیری از چاقی و دیابت نوع ۲ استفاده کرد و به عنوان 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 به دنبال دارند. هم‌چنین 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 شبیه انسولین ۲ (IGF-II) را افزایش دهند. فاکتور رشد شبیه انسولین نوعی آدیپوکین در سلول‌های β پانکراس است که تصور می‌شود به عنوان مهارکننده پیشرفت مقاومت به انسولین عمل می‌کند (۵۲).

اسپیروولینا به عنوان یک افزودنی غذایی در سال‌های اخیر، دارای محتوای فلئی 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 فلئی 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 فلئی اسپیروولینا قابلیت زیست‌پذیری بالایی در حدود ۶۰٪ دارند. هم‌چنین میزان دسترسی زیستی بالای آن با آزمایش‌هاب حیوانی تأیید شده است. محتوای فلئی غنی این ریزجلبک باعث کاهش سطح مالون دی-آلدئید مدل‌های حیوانی دیابت نوع ۲ شده است. هم‌چنین میزان گلوکز خون ناشتا، تری گلیسرید و

کلسترول تام در بافت‌های قلب، عضله، کبد، کلیه و پلاسما به میزان معنی‌داری کاهش یافت. بنابراین تصور می‌شود که اسپیروولینا 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 گلیکوزیلاتاسیون 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 به عنوان 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 به عنوان 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 اسپیروولینا بر سطح پروفایل لیپیدی پلاسما، محتوای لیپیدی بدن و BMI انجام گرفته است. برای این منظور مردان جوان (۲۶ سال) کم تحرک با $BMI \geq 25$ که برخی از آنها دارای پروفایل لیپیدی نامتعادل بودند، به دو گروه

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 به مدت ۱۲ هفته اثرهای مفیدی در تعديل 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 زمانی که 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 ۶۰-۲۵ ساله مبتلا به چاقی (BMI ≥ 30)، 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 به مدت ۳ ماه) و گروه اسپیرولینا (چهار کپسول در روز اسپیرولینا به مدت ۳ ماه). هر کپسول اسپیرولینا حاوی ۰/۵ گرم اسپیرولینا بود. در پایان دوره آزمایش، گروه درمانی نسبت به گروه دارونما مقادیر BMI، دور کمر، کلسترول، LDL، گلوکز و انسولین کمتری را نشان دادند (۵۸).

ریزجلبک‌ها به عنوان 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

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 به مدت 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 نسبت به گروه کنترل کاهش یافت. علاوه‌بر این، در گروه درمانی کاهش چربی بدن نسبت به گروه دارونما بیشتر بود. با توجه به اثرهای تعديل کننده LDL، اسپیرولینا بر پارامترهای پلاسمای شامل TG، کلسترول و نسبت لیپوپروتئین با چگالی کم به لیپوپروتئین با چگالی زیاد (LDL/HDL) در پایان دوره در گروه درمانی، نویسنده‌گان پیشنهاد کردند که مصرف این ریزجلبک می‌تواند به عنوان 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 اندوتیال 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 TG LDL و کلسترول تام مشاهده شد، در حالی که LDL و 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

مانده است. Cutignano و همکاران اثر تنظیم کنندگی سیستم ایمنی عصاره متابولی تام و فراکشن-های مختلف از جلبک‌های بسیاری را بر روی سلول‌های 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. dohrni و S. costatum نوکلئوزید مسؤول خواص مفید این دو ریزجلبک هستند. بهمین 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 به صورت in vivo آزمایش و به طور خاص، به موش‌های BALB/c ۵ میلی‌گرم عصاره پلی‌ساکاریدی به ازای هر کیلوگرم وزن بدن تزریق شد تا فعالیت فاگوسیتوزی ماکروفازها 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 ماکروفازها 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. اگرچه پلی‌ساکاریدهای سولفاته پاسخ سلولی را در ماکروفازهای صفاقی در مدل‌های آزمایشگاهی موش ایجاد کرد. علاوه‌بر این، مشخص شد که پلی‌ساکاریدهای سولفاته استخراج شده از Tribonema sp باعث افزایش زندگی ماندن سلول‌های ماکروفاز و بهبود بیان سیتوکین‌ها می‌شود. از طرف دیگر Park و همکاران فعالیت تحریک سیستم ایمنی Thraustochytriidae sp را بر روی سلول‌های B لنفوцит انسانی بررسی کردند. آن‌ها دریافتند که پلی‌ساکاریدهای این جلبک آزمایش شده

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. به عنوان مثال در تلاشی به وسیله Guzman و همکاران خواص ضد درد و ضد التهاب عصاره‌های آبی و الکلی دو ریزجلبک به نام Chlorella و Phaeodactylum Tricornutum اثبات شد. از طرف دیگر چندین مطالعه در مورد خواص ضد ویروسی تعدادی از پلی‌ساکاریدهای ترشحی به دست آمده از چندین گونه

تقاضا برای تولید رنگدانه های طبیعی در حال افزایش است. از طرف دیگر صنایع غذایی بهدلیل عناصر مضر موجود در منابع شیمیایی علاقه زیادی به استفاده از رنگدانه های طبیعی به عنوان ماده رنگی غذایی دارند. منابع طبیعی تولید رنگدانه ها شامل میوه ها، گل ها، سبزیجات و میکروارگانیسم های فتوسنتز کننده مانند ریزجلبک ها و سیانوباکتری ها است. ریزجلبک ها گونه های فتوسنتزی هستند که بسته به نوع و رنگ مربوط به آنها رنگدانه های مختلفی تولید می کنند. به عنوان مثال، ریزجلبک های سبز حاوی کلروفیل، ریزجلبک های قرمز و آبی دارای پروتئین های فیکوپیلین و ریزجلبک های زرد، نارنجی و قرمز کاروتونوئیدها را سنتز می کنند. از بین منابع مختلف، ریزجلبک ها به دلیل توانایی آنها در سنتز رنگدانه های طبیعی با غلاظت بالاتر نسبت به دیگر منابع، منبع برتری از رنگدانه ها هستند (۶۷).

بررسی آستاگرانتین مشتق از جلبک *Haematococcus* نشان می دهد آستاگرانتین طبیعی به عنوان یک ترکیب آنتی اکسیدان قوی عمل می کند و باعث کاهش التهاب و بهبود دستگاه گوارش و سیستم ایمنی می شود. همچنین علیه بیماری های مختلف از جمله: بیماری های قلبی عروقی، بیماری آزالایم، بیماری های عصبی فعالیت داشته و باعث کاهش ریسک حمله قلبی، مهار رشد سلول های سرطانی، سرکوب تومور، کاهش احتمال نایاروری ایدیوپاتیک و حفاظت علیه اشعه فرابنفش می شود. *Haematococcus* حاوی کاروتونوئید با خاصیت آنتی اکسیدانی بسیار قوی به نام آستاگرانتین است. مطالعه های حیوانی نشان می دهد آستاگرانتین عملکردهای متنوع از جمله محافظت از پوست در برابر اشعه ماوراء بنفش، حفاظت علیه مواد شیمیایی القا کننده سرطان و تقویت سیستم ایمنی دارد. همچنین آستاگرانتین با خاصیت ضد التهابی در کاهش علائم آرتریت، درد عضلانی و سندروم تونل کارپل نقش دارد. این کاروتونوئید بسیار مفید در سال های اخیر تجاری سازی شده و تحت نام های مختلفی برای مثال بیوآستین تولید شده توسط شرکت سیانوتک کروب آمریکا به فروش می رسد. از طرف دیگر بررسی لوتنین مشتق از ریزجلبک *S.almeriensis* نشان دهنده

ریزجلبک گزارش شده است. این فعالیت در بسیاری از ویروس ها در شرایط *in vitro* ثابت شده است (۶۴, ۶۵). بیشترین مطالعه ها پیرامون بررسی خواص ضد میکروبی ریزجلبک ها در مورد دو گونه کلرلا و آرترواسپیرا صورت گرفته است. در یک مطالعه، خواص ضد ویروسی بسیاری از ریزجلبک ها مانند سیانوباکتری ها، دینوفلازلaha و رودوفیت ها مورد بحث قرار گرفته است. فعالیت ضد ویروسی پلی ساکاریدهای سولفات از برجسته ترین آن هاست و در برخی مراحل، گروه های سولفات و یون کلسیم می توانند یک کمپلکس مولکولی ایجاد کنند تا اثر ضد ویروسی داشته باشند. همچنین تحقیقات اخیر نشان داده است که پلی ساکاریدهای ریزجلبکی می توانند از نفوذ و جذب ویروس در سلول های بدن جلوگیری کنند. بسیاری از گونه های ریزجلبک حاوی مقادیر زیادی از پلی ساکاریدهای سولفات از خاصیت بازدارندگی تکثیر ویروس مانند *Togavirus*, *Orthopoxvirus* و *Herpesvirus*, *Flavivirus* دارند. خواص ضد میکروبی در عصاره های زیادی از ریزجلبک ها یافت شده است. مشخص شد که ترکیب های آرثینات، لامینارین و فوکوئیدان موجود در عصاره های ریزجلبک ها و پلی ساکاریدهای به دست آمده از آنها توانایی مقاومت در برابر بیماری های ویروسی را دارند. همچنین خواص پروپوپتیک وجود محتوای فیبر و کربوهیدرات بسیار بالای آنها باعث تنظیم حرکات دستگاه گوارش و تنظیم فلور میکروبی روده می شود (۶۶).

ریزجلبک ها به عنوان منبع غنی از رنگدانه های طبیعی با خواص آنتی اکسیدانی

رنگدانه ها برای محصول های متنوعی از جمله مواد افزودنی خوراکی / مواد رنگی، پرورش ماهیان زینتی، محصول های دارویی و مواد مغذی استفاده می شوند. این رنگدانه ها در حال حاضر در مقیاس صنعتی از طریق منابع شیمیایی تجدید ناپذیر مانند مواد شیمیایی معدنی و اسیدهای آلی تولید می شوند. علی رغم این که تولید رنگدانه ها به روش شیمیایی نسبت به تولید برپایه ترکیب های طبیعی ارزان تر است، با این حال به دلیل ایمنی و نگرانی های زیست محیطی مرتبط با رنگدانه های تولید شده به روش شیمیایی،

مزایای زیادی برای سلامتی انسان از جمله پیشگیری از تخریب ماکولار وابسته به سن و آب مروارید، بهبود آترواسکلروز در مراحل اولیه، حفاظت از شبکیه چشم در برابر استرس اکسیداتیو و برخی از انواع سرطان است. بناکاروتن مشتق از *D. salina* یک آنتیاکسیدان قوی و طبیعی باعث کاهش ریسک بیماری‌های مرتبط با گونه‌های فعل اکسیژن از جمله سرطان می‌شود همچنان خاصیت ضد میکروبی و آنتیاکسیدانی آن باعث شده در مکمل‌های غذایی مورد استفاده قرار بگیرند. دانیلا که به عنوان مجموعه کاروتونئیدها به بازار عرضه می‌شود در درجه اول حاوی بناکاروتن است و پس از آن می‌توان به لوئیین، نئوگرانتین، زاگرانتین، ویولاگزانتین، کریپتوگرانتین و آلفا کاروتون 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 بیو دیزلی، تغذیه آبیان، ساخت نانوذرات، تأثیر آن روی بیماران کبدی، تصفیه فاضلاب، فرآوری مواد غذایی، تولید واکسن و سرکوب فعالیت توموری مورد ارزیابی قرار گرفته است. به عنوان 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 کاروتونئید و کلروفیل از اسپیرولینا را مورد بررسی قرار داده و عنوان کردند اسپیرولینا منبع خوبی برای کاروتونئیدها به عنوان پیش‌ساز ویتامین A در موجودات است (۷۰). Naeini و همکاران تولید نسل سوم بیو دیزل از ریزجلبک‌ها به واسطه روش‌های ترکیبی را مورد مطالعه قرار دادند. از آنجایی که امکان تولید موتورهای بیو دیزل از ریزجلبک‌ها وجود دارد و موتورهای بیو دیزل شباهت زیادی به موتورهای دیزلی دارند،

مسئله حائز اهمیت این است که برخلاف موقفیت دانشمندان در این زمینه متأسفانه با برخورد مقبولی از جانب مصرف کنندگان مواجه نشد. این بررسی‌ها هم‌چنان به طرق مختلفی در حال انجام است. به عنوان مثال گفته می‌شود در نیوزیلند و حتی در شرکت‌های معروفی چون کوکاکولا و پیپسی کولا از عصاره این جلبک‌ها به خصوص اسپیرولینا در نوشیدنی‌ها به صورت 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 و نوجوانانی که به دنبال مواد غذایی غیر معمول هستند، خردیاری و مصرف می‌شود. از طرفی مطالعه‌های انجام شده در پرتغال و برخی کشورهای دیگر استفاده موقفيت آميز از ترکیب کلرلا و *Haematococcus* به منظور ایجاد رنگ طبیعی و مقاومت در برابر اکسیداسیون در تهیه برخی روغن‌ها و همچنین استفاده از کلرلا به منظور 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. بهر 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 به دلیل ارزش غذایی بسیار بالایی که دارد می‌تواند به عنوان 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 در حالی است که تحقیقات نشان می‌دهد منبع پروتئینی ریزجلبک‌ها از جمله کلرلا و اسپیرولینا تا ۷۸٪ بیشتر از گیاهان زراعی است. ریزجلبک‌ها به خصوص 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 پلی‌ساقاریدهای سولفاته ای تولید می‌کنند که می‌تواند در مقابل فعالیت رترو ویروس‌هایی مثل HIV و هرپس فعالیت داشته باشند (۶۱-۵۹).

استریلاسیون در طول دوره رشد، نیمه عمر بیشتر، تقویت اینمی مخاطی مربوط به خوارکی بودن واکسن و هم‌چنین پروتئین بالا، قوام دور، ثبات پروتئین و امکان تولید پروتئین در حجم وسیع‌تر را پیشنهاد می‌دهند. مطالعه‌های آن‌ها با انتقال موقفيت آميز پلاسمید ترانسپوزون مبتنی بر آگروبакتریوم در ریزجلبک اسپیرولینا همراه بود (۷۷). Erfani و همکاران فعالیت سیتو توکسیک ده جلبک از خلیج فارس و دریای عمان روی سه رده سلول سلطان سینه را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد جلبک‌های فلیفرا و کلادوفوروپسیس به‌احتمال از طریق مکانیسم مستقل از گیرنده استروژن/پروژستررون اثر ضد سلطانی خود را ایفا می‌کند (۷۸). امید است با توجه به 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 پژوهشی و صنعتی این ترکیب‌ها در کشور باشیم.

رویدهای 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 کند و از این رو شرکت‌های مشهور در کشورهای مختلف از جمله آلمان مرکز بر تولید و تجاری سازی محصولات غذایی برپایه ریزجلبک‌ها و سیانوباکترها از جمله نان، پاسته، رشته فرنگی، ماست و نوشیدنی باشند. این در حالی است که فعالیت‌های مشابه و موازی در این زمینه در کشورهای 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 زمینه‌ساز تولید محصولات جدید و متنوع برای مهندسین صنایع غذایی و دانشمندان 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.

از مزایای ریزجلبک‌ها می‌توان به تولید منابع خام جهت سوخت بیودیزل، بیومتان، بیوتاتنول 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. ریزجلبک‌ها گفته می‌شود این روغن به طور غالب TG است و به همین 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 توجه به 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 بهنظر می‌رسد. به عنوان مثال مطالعه‌های Bhuyar و همکاران نشان داد استفاده از هورمون فیتوپروتئین ضمن تسریع رشد ریزجلبک، میزان تولید لیپید بیشتری در ریزجلبک کلرا را باعث می‌شود (۸۰). ریزجلبک‌ها حاوی مواد گوناگون شامل بتاکاروتون، آستاگرانتین، کانتاگرانتین و فیکوبیلی پروتئین بوده و از این رو پتانسیل استفاده به عنوان رنگدهنده و مکمل غذایی را نیز دارد. آستاگرانتین موجود در ریزجلبک‌ها به عنوان آنتی اکسیدان قوی، محافظ در برابر اشعه فرابنفش، مهارکننده پراکسیداسیون، التهاب و ضد آپوپتوز به صورت تجاری تهیه و در صنایع مختلف استفاده می‌شوند. بتاکاروتون بیش‌ساز ویتمین A، کمبود آن باعث شب کوری، خشکی چشم و نقص سیستم ایمنی می‌شود. ریزجلبک‌ها حاوی بتاکاروتون بالایی است. بتاکاروتون استخراج شده از ریزجلبک‌ها به عنوان یونی هم‌چون افزودنی و رنگ دهنده، خوراک دام و مکمل‌های صرفی تجاری سازی می‌شوند. لوتین موجود در ریزجلبک ضمن پیشگیری یا تأخیر در شروع بیماری‌های مزمن، باعث بهبود بیماری‌های چشمی مثل تاری، دوبینی و کاتاراکت شده و به صورت مکمل‌های غذایی تجاری سازی شده و به بازار عرضه می‌شود.

هم‌چنین سازمان غذا و دارو از دو کوزاهگزانوئیک اسید استخراج شده از ریزجلبک به عنوان 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 به‌طور کامل شناخته نشده است و چالش‌ها و مشکلاتی در این زمینه وجود دارد. محققان طی آثاریزهای انجام شده دریافتند که ۹۷ درصد سیانوپاکترها طی متابولیسم ثانویه، b-N-methylamino-l-alanine (BMAA) را که پیش‌ساز نوروتوکسین است، تولید می‌کنند. لازمه ذکر است مدارک علمی محکم و مستقیم از اثر سو این ترکیب بر سلامت انسان هنوز ارائه نشده اما به هر حال مصرف ریزجلبک‌ها در بلند مدت و احتمال تأثیرگذاری این ماده بر سلامت انسان از دغدغه‌ها و نگرانی‌های محققان است. این جلبک‌ها بهنوبه خود غیررسمی 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 اسپیروولینا و کلرلا را مورد بررسی قرار داده بود. در ماتیت آتوپیک، سرگیجه، تهوع، خستگی و سردرد از جمله علائم بالینی گزارش شده در طی این نوع مسمومیت بودند. بررسی‌ها نشان داد در حالی که قرص‌ها تنها حاوی سطح بالاتری از عنصر سرب، جیوه و کادمیم و نیز سطح چشمگیری از آلومینیم بودند اما در افراد باعث فعالیت پیش نگروزی 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 به صورت پرسشنامه آنلاین از مصرف کنندگان مکمل‌های برپایه کلرلا، اسپیروولینا و آفانیزومون انجام شد، نشان داد این مکمل‌ها که به جهت مغذی بودن، تقویت سیستم ایمنی، سمزدایی، افزایش نشاط، بهبود کیفیت پوست و مو بین گیاه‌خواران به خوبی شناخته شده اند، به طور غالب به صورت 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

کاهش دهد. از طرف دیگر ضمن تأکید بر ارزشمندی این مکمل‌ها، محققان را به بررسی و مطالعه بیشتر به خصوص در زمینه بالینی تشویق می‌کند. هم‌چنین پرهیز از مصرف هم‌زمان مکمل کلرلا و اسپیروولینا، پرهیز از مصرف مکمل‌های تجارتی توسط افراد مبتلا به نارسایی کلیه و بیماری‌های خود ایمن، پرهیز از مصرف مکمل‌های با منشاء ناشناخته، محدود کردن مصرف این مکمل‌ها در نوازادان و کودکان، ارزیابی ایمنی و کیفیت مکمل‌ها به صورت مداوم و توسط شرکت‌های مختلف و حذف مکمل‌های حاوی سطح بالایی از آلومینیم، فلزات سمی و سیانوتوکسین از بازار، به عنوان راهکارهایی جهت مصرف ایمن‌تر پیشنهاد می‌شود. لذا به نظر می‌رسد فرهنگ‌سازی و افزایش آگاهی عموم در رابطه با مصرف ایمن ریزجلبک‌ها، چاره اندیشه درجهت بهبود عطر و طعم ریزجلبک‌ها، افزایش کنترل کیفی و نظارت مداوم ضمن تولید در شرایط به طور 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

به طور 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 به‌وضوح مشخص شده است. انواع مختلفی از این ترکیب‌ها حاوی محصول جانبی فعال بیولوژیکی مانند کاروتونوئیدها، پلی‌ساقاریدهای طبیعی یا سولفاته شده، مشتقان پلی فنلی و ... هستند. به طور کلی این ترکیب‌ها از طرق مختلفی هم‌چون خواص آنتی اکسیدانی، تأمین مواد ضروری برای متابولیسم بدن، محتوای بالای فیبرهای غذایی و کلروفیل، تنظیم کننده حدوات‌های سیستم ایمنی و خواص

باعث عوارض جانبی نامطلوب شود، دیده می‌شود. طبیعی است مکمل‌هایی که برپایه ریزجلبک‌ها تهیه می‌شوند از این قاعده مستثنی نباشد. 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 به عنوان مثال نارسایی کلیه و کم کاری تیروئید افزایش عوارض جانبی در افرادی که 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 آفانیزومون 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 به خصوص در جوامع غربی که مصرف جلبک‌ها به طور معمول در رژیم غذایی تاریخچه‌ای آن‌ها تعریف نشده از مشکلات مصرف این ترکیب‌ها است و بیشتر ریزجلبک‌ها در این جوامع به صورت قرص، پودر و کپسول توسط افراد مصرف می‌شوند. بدیهی است استخراج بیومولکول مورد نظر از ریزجلبک‌ها به جهت 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

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

نقش نویسندگان

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

تضاد منافع

نویسنده‌گان به صراحت بیان می‌کنند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

منابع

- 1- Know Your World: Facts About World Hunger & Poverty. 2018.
- 2- FAO – News Article: World's future food security “in jeopardy” due to multiple 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, Coltellli 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, Snopk L. Bioactive compounds, antioxidant activity, and biological effects of European cranberry (*Vaccinium oxycoccus*). *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.



- 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;82:19-105:(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, Klimaszek 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.

- 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, Gammon 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, Ghazarchehreh 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 espn.* 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.

- 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-Gałuszewska 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



- 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 microalgae Chlorella stigmatophora and Phaeodactylum 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 Saghafi 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-Mehraban 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.

- 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.