مروری بر ترکیبات زیست‌فعال سیانوباکتری‌ها و ریزجلبک‌ها به‌عنوان مکمل‌های آرایشی ـ بهداشتی فراسودمند

بهاره نوروزی

گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم و فناوری‌های همگرا، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

نویسنده مسئول:
بهاره نوروزی

تهران، انتهای اتوبان شهید ستاری، میدان دانشگاه، بلوار شهدای حصارک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات
پست الکترونیک:
bahareh.nowruzi@srbiau.ac.ir

تعارض منافع: اعلام نشده است.

امروزه متابولیت‌های ارزشمند ریزجلبک‌ها در تولید بسیاری از محصولات آرایشی بهداشتی کاربرد عمده‌ای دارد؛ چراکه زیست‌توده جلبک‌ها حاوی رنگدانه‌ها، پروتئین‌ها، اسیدهای چرب ضروری، پلی‌ساکاریدها، ویتامین‌ها و مواد معدنی است که همگی در تهیه مواد طبیعی هم به‌عنوان غذا و هم در لوازم آرایشی مورداستفاده هستند. درواقع این متابولیت‌های ثانویه با اثرات ضدلک و ضدمیکروبی، ضدپیری، ضدآفتاب و سفیدکننده پوست می‌توانند پوست را ترمیم و التیام بخشیده و از پوست در برابر آسیب اشعه فرابنفش محافظت و از التهاب جلوگیری نماید. محصولات آرایشی موجود را می‌توان در بسیاری از موارد با محصولات آرایشی مشتق‌شده از ریزجلبک‌ها که سازگار با محیط زیست و همین‌طور ایمن هستند، جایگزین کرد. اثرات ریزجلبک‌ها و محصولات غذایی مشتق‌شده از آن‌ها در مطالعات مختلف تغذیه‌ای در سراسر جهان آزمایش شده است. با این حال، مطالعات بسیار کمی در مورد کاربردهای آرایشی آن‌ها وجود دارد؛ لذا در این مقاله مروری سعی گردید به بررسی چندین گونه ریزجلبک، روش‌های کشت، استفاده از زیست‌توده و مولکول‌های زیست‌فعال مشتق‌شده از ریزجلبک‌ها در تولید محصولات ضدپیری، ضدآفتاب و سفیدکننده پوست در فرمولاسیون ترکیبات آرایشی بپردازد.

کلیدواژه‌ها: ریزجلبک‌ها، سیانوباکتری‌ها، مکمل آرایشی، ترکیبات زیست‌فعال

دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱۱/۱۴ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۱۱/۲۵

پوست و زیبایی؛ زمستان ۱۴۰۰، دوره ۱۲ (۴): ۲۶۹-۲۵۶

مقدمه

سیانوباکتری‌ها، گروهی از ریزجلبک‌ها و جزو پروکاریوت‌های گرم منفی فتوسنتزی هستند و تقریباً در همه زیستگاه‌ها مانند دریا، آب شیرین، خاک، پوسته‌های بیولوژیکی خاک، برف و غیره زیست می‌کنند. توانایی زیست در محدوده وسیعی از زیستگاه‌ها، به‌دلیل دوره تکامل طولانی این موجودات است که حتی می‌توانند شرایط افراطی مانند خاکستر آتشفشانی و خاک‌های شور را نیز تحمل نمایند[۱]. هنگامی که ریزجلبک‌ها در معرض اشعه فرابنفش، گونه‌های فعال اکسیژن و رادیکال‌های آزاد و غیره قرار می‌گیرند، محصولات ارزشمندی را برای محافظت از خود تولید کرده که در بسیاری از صنایع آرایشی و بهداشتی کاربرد دارد[۲].

ازجمله ترکیبات زیست‌فعال می‌توان به اسیدهای چرب غیراشباع، رنگدانه‌ها مانند کلروفیل‌ها، کاروتینوئیدها و فیکوبیلی پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، پپتیدها، اسیدهای آمینه، ویتامین‌ها، پلی‌فنل‌ها و فیتواسترول‌ها اشاره کرد[۳]. این ترکیبات اثرات مختلفی ازجمله فعالیت‌های ضداکسیدانی، ضدسرطانی، ضدباکتریایی، ضدویروسی و ضدقارچی و اثر محرک‌های سیستم ایمنی را از خود نشان می‌دهند[۴]. مورد توجه‌ترین اثر ترکیبات ریزجلبک‌ها، فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن‌هاست و به‌طورکلی می‌توان آن‌را با روش‌های مختلفی مانند مهار رادیکال سوپراکسید و

مهار رادیکال هیدروکسیل اندازه‌گیری کرد[۵].

محققان دریافتند که عصاره‌های ریزجلبک یا ترکیبات زیست‌فعال مشتق‌شده از آن‌ها، پتانسیل بالایی برای تبدیل‌شدن به محصولات جدید بر پایه زیستی مانند لوازم آرایشی، دارویی، مواد غذایی، پلاستیک‌ها و پلیمرهای زیستی دارند[۶].

علاوه‌بر آن ریزجلبک‌ها، متابولیت‌های ثانویه‌ای ازقبیل پروتئین‌ها، اسیدهای چرب، کاروتنوئیدها، کلروفیل و ... تولید می‌کنند. متابولیت‌های ثانویه میکروجلبک‌ها می‌توانند اثر ضدلک یا ضدمیکروبی داشته باشند و هم‌چنین می‌تواند پوست را ترمیم و التیام بخشیده و از التهاب جلوگیری نمایند[۷]. برای مثال اسپیرولینا غنی از ۷۰-۵۰ درصد پروتئین است که می‌تواند به‌عنوان یک ترکیب فعال زیستی برای ترمیم پیری پوست و جلوگیری از ایجاد چین و چروک استفاده شود. عصاره کلرلا ولگاریس می‌تواند سنتز کلاژن را در پوست تحریک کرده، از بافت پوست حفاظت کند و تولد مجدد بافت جدید را افزایش دهد و عصاره ریزجلبک دونالیلا سالینا می‌تواند رشد سلولی را تحریک کند[۷].

ریزجلبک نوستوک، کلرلا و اسپیرولینا در حضور اشعه فرابنفش، کلروفیل و کاروتنوئیدهای بیشتری تولید کرده که خاصیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری دارند. حتی دیاتومه‌ها نیز اسیدهای چرب مهمی را تولید می‌کنند[۵]. برخی از اجزای عصاره ریزجلبک‌ها با پروتئین‌های مختلف روی پوست واکنش داده و یک ژل محافظ روی سطح پوست تشکیل می‌دهند که درنهایت، مانع ازدست‌دادن رطوبت می‌گردند. هم‌چنین برخی از گونه‌های ریزجلبک‌ها توانایی حفظ تعادل فلور پوست را داشته و فعالیت ضدمیکروبی بالایی در برابر اشریشیا کلی، کاندیدا آلبیکنس، استافیلوکوکوس اورئوس و آسپرژیلوس نایجر نشان می‌دهند[۷].

هدف این مقاله مروری این است که به کاربردهای امیدوارکننده ریزجلبک‌ها و محصولات ارزشمند آن‌ها در لوازم آرایشی و نحوه استفاده از آن‌ها در محصولات ضدپیری، ضدآفتاب، سفیدکننده‌های پوست و نحوه تولید و خالص‌سازی متابولیت‌های ریزجلبک‌ها بپردازیم.

کاربرد ریزجلبک‌ها در لوازم آرایشی

محصول آرایشی به هر ماده یا ترکیبی که در تماس با قسمت‌های خارجی بدن انسان مانند اپیدرم، مو، ناخن‌ها، لب‌ها و اندام‌های تناسلی خارجی، دندان‌ها و لب، منحصراً به‌منظور تمیز و خوشبوکردن آن‌ها، تغییر ظاهر و محافظت از آن‌ها یا اصلاح بوی بدن قرار می‌گیرد، تعریف می‌شود[۸]. امروزه، بسیاری از مردم از محصولات آرایشی و مواد تشکیل‌دهنده آن‌ها برای اهداف درمانی و برخی دیگر برای افزایش زیبایی خود، استفاده می‌نمایند؛ بنابراین، این صنعت در جست‌وجوی مولکول‌های فعال جدید می‌تواند توجه مخاطب را به خود جلب کند[۹].

لوازم آرایشی و بهداشتی، ترکیبی از لوازم آرایشی و دارویی‌اند که «دارو مانند یا شبه‌دارو» می‌باشند. محصولات آرایشی و بهداشتی باید از خواص پوست محافظت کرده و ظاهر سالم آن‌را تقویت کنند. علاوه‌بر ارائه این ویژگی‌ها، آن‌ها هم‌چنین باید مهارت کشتن باکتری‌ها و قارچ‌ها را داشته باشند تا از فلور پوست محافظت کنند[۲].

علاوه‌راین، پپتیدهای ضدمیکروبی تولیدشده توسط ریزجلبک‌ها نقش منحصربه‌فردی در رنگ پوست، هموستاز ماتریکس خارج سلولی، مدیریت آکنه[۱۰]، نوسازی سلولی، سفیدکردن پوست، کنترل التهاب، القای رگ‌زایی و مدیریت استرس اکسیداتیو دارند[۷]. مهم‌ترین ویژگی لوازم آرایشی این است که باید ایمن باشند. مواد شیمیایی موجود در لوازم آرایشی ممکن است عوارض جانبی مانند ایجاد واکنش‌های حساسیت مفرط، مسمومیت و کشندگی داشته باشند[۱۱]. این نوع اثرات باید قبل از استفاده شناسایی شده و برخی از آزمایشات مهم مانند سمیت ژنتیکی، سمیت نوری،

فوتوژنوتوکسیسیته، تاکسیکوکینتیک و سرطان‌زایی، باید برای شناسایی ترکیبات به‌عنوان یک ماده آرایشی ایمن انجام شود[۲].

به‌عنوان مثال، پتانسیل سرطان‌زایی ترکیبات زیستی مشتق‌شده از ریزجلبک‌ها را می‌توان با استفاده از آزمایش‌های سمیت ژنتیکی آزمایش کرد. هم‌چنین، سمیت نوری ترکیبات زیستی ریزجلبکی را می‌توان با استفاده از تست فوتوهمولیز گلبول‌های قرمز تشخیص داد. علاوه‌بر این، غربالگری فوتوژنوتوکسیسیته این ترکیبات را می‌توان با استفاده از سنجش کامت که یک آزمون بسیار حساس جهت تعیین آسیب به DNA با سلول‌های پستانداران است، اندازه‌گیری نمود. هم‌چنین سمیت سلولی هر ترکیب مربوط به ریزجلبک‌ها و مولکول‌های زیست‌فعال مشتق‌شده از آن‌ها را می‌توان با استفاده از روش 12MTT و تست روی رده‌های سلولی سرطان کبد انسان و رده‌های سلولی ملانومای موشی قبل از استفاده در انسان انجام داد. با این حال، مکانیسم تأثیر مواد آرایشی بر بدن انسان اغلب هنوز مشخص نیست[۹].

در دهه‌های اخیر با افزایش علاقه به لوازم آرایشی، نیاز به منابع طبیعی و پایدار برای تولید لوازم آرایشی و بهداشتی افزایش یافته است[۱۳]. محصولات آرایشی موجود را می‌توان با محصولات آرایشی مشتق‌شده از ریزجلبک‌ها که سازگار با محیط زیست و ایمن‌اند، جایگزین نمود. FDA، عصاره اسپیرولینا را به‌عنوان «ایمن» به‌عنوان افزودنی رنگ در غذا تأیید کرد. محققان دریافته‌اند که ترکیبات مشتق‌شده از ریزجلبک‌ها را می‌توان به‌عنوان یک ماده فعال اصلی در لوازم آرایشی استفاده کرد؛ اما برخی از آن‌ها را می‌توان به‌عنوان یک ماده کمکی مانند تثبیت‌کننده، رنگ یا عوامل غلیظ‌کننده نیز استفاده کرد[۱۴].

عصاره‌ها یا مولکول‌های زیست‌فعال آن‌ها معمولاً در تولید محصولات آرایشی مانند لوسیون صورت، کرم، شامپو، صابون بدن[۱۵] و ایجاد رنگ در ترکیب فرمولاسیون‌های آرایشی مانند سایه چشم، رژ لب و آرایش صورت استفاده می‌شود[۵]. علاوه‌بر این، استرول‌های آن‌ها را می‌توان در کرم‌های مرطوب‌کننده استفاده نمود. هم‌چنین رنگدانه‌های آن‌ها مانند کلروفیل، کتو کاروتنوئید آستاگزانتین و بتاکاروتن در کرم‌های ضدپیری، لایه‌بردارهای ضدحساسیت‌زایی و محصولات مراقبت از پوست استفاده می‌شود[۷]. علاوه‌بر این، آستاکسانتین‌های کتوکاروتنوئید و بتاکاروتن‌ها، مولکول‌های پیش‌ساز ویتامین A هستند که از ایجاد لک جلوگیری و پوست آسیب‌دیده را ترمیم و رطوبت پوست را حفظ می‌کنند.

معمولاً از عصاره‌های ریزجلبک‌ها یا ترکیبات زیست‌فعال حاصل از آن‌ها در لوازم آرایشی و بهداشتی و هم‌چنین در ساخت ترکیبات ضدپیری، ضدآفتاب و سفیدکننده پوست استفاده می‌شود[۱۶] (جدول ۱).

مکانیسم ضدپیری ترکیبات ریزجلبکی

پیری به‌عنوان آسیب ایجادشده به سلول‌ها در طول زمان، ناشی از ژنتیک و عوامل درون‌زا یا محیطی تعریف می‌شود. پیری پوست را می‌توان به دو دسته پیری درونی و بیرونی تقسیم کرد. پیری درونی ناشی از عوامل داخلی مانند اختلالات هورمونی، تغییرات ژنتیکی یا کمبود ویتامین بوده، درحالی که پیری بیرونی ناشی از عوامل خارجی مانند اشعه فرابنفش، سموم و کاهش مراقبت از پوست می‌باشد[۱۷].

درنتیجه پیری طبیعی، زوال پوست ازنظر افزایش شفافیت، کیفیت و ازدست‌دادن خاصیت ارتجاعی ناشی از برجسته‌ترشدن عروق رخ می‌دهد. علاوه‌بر این، با افزایش سن، نازک‌شدن پوست، شل‌شدن، افزایش خشکی، رشد منافذ متخلخل، ایجاد خط و چین و چروک درنتیجه تشکیل فیبرهای الاستیک و تخریب کلاژن در درم افزایش پیدا کرده، هم‌چنین هیپرپیگمانتاسیون نیز رخ می‌دهد[۷]. عامل اصلی پیری پوست، قرارگرفتن در معرض اشعه فرابنفش است که درواقع پیری بیرونی یا پیری ناشی از صدمه آفتاب،

جدول ۱: معرفی برخی از سویه‌های ریزجلبکی، نوع ترکیب بیواکتیو و کاربرد آن‌ها در صنایع آرایشی بهداشتی[۲]

ترکیب	سویه ریزجلبک	فعالیت‌ها و کاربردهای بالقوه در لوازم آرایشی
فوکوسترول مایکوسپورین ـ ۲ ـ گلیسین	نوستوک کامونه، آنابنا وریبلیس، آفانوتک هالوفیتیکا	افزایش تولید کلاژن
هیدروکسی‌اسید	پدیاسترم دوپلکس، کلامیدوموناس رینهاردتی، کلرلا پیرنویدوسا، سیانیدیوم کالداریوم، آ. وریبلیس، آناسیستیس نیدولانس، گونه‌های اسیلاتوریا، فورمیدیوم فولاروم	مرطوب‌کننده پوست
رتینول	دونالیلا سالینا، گونه‌های سندسموس و اسپیرولینا	کاهش آسیب‌های اکسیداتیو نوری پوست و محافظت از پوست در برابر آفتاب‌سوختگی، پیری پوست و ایجاد چین و چروک
اسکوالن	بوتریکوکوس برونی، شیزوتریکس مانگروی، گونه‌های آرانتیوکتریوم و تراسترتیکوم	آب‌رسانی به پوست، کاهش لکه‌های پیری و تیرگی پوست
مرطوب‌کننده و غلیظ‌کننده	گونه‌های کلرلا	پلی‌ساکاریدها
آنتی‌اکسیدان	آرتروسپیرا پلتنسیس	عصاره متانولی اگزوپلی ساکاریدها
آنتی‌اکسیدان	ادونتلا اوریتا	کریزولامینرین
آنتی‌اکسیدان	گونه‌های پورفیریدیوم، رودلا رتیکولاتا	پلی‌ساکاریدهای سولفاته
تخریب رادیکال‌های آزاد و تقویت‌کننده سیستم ایمنی، ضدالتهاب	گونه‌های کلرلا، اسکلتونما، پورفیریدیوم و نوستوک فلاجیفورمه	ß-1,3-Glucan
آنتی‌اکسیدان	د. سالینا	ß-carotenes
آنتی‌اکسیدان، محافظ ضدآفتاب	هماتوکوکوس پلوویلیس	آستاگزانتین
آنتی‌اکسیدان، رنگدانه برای خط چشم و رژ لب	گونه‌های اسپیرولینا و پورفیریدیوم	فیکوسیانوبیلین فیکواریتروبیلین
ضدالتهاب، تقویت سنتز هیالورونان	د. سالینا	β-کریپتوکسانتین
ازبین‌برنده بوهای موجود در دئودورانت‌ها	گونه‌های کلرلا	کلروفیل
لوازم آرایشی و بهداشتی برنزه‌کننده	نانوکلروپسیس سالینا، نانوکلروپسیس اکولاتا، نانوکلروپسیس گادیتانا	کانتاگزانتین
سایه چشم	پورفیریدیوم کرونتوم، اسپیرولینا پلتنسیس	فیکوسیانین
آنتی‌اکسیدان، ضدپیری و ضدآفتاب	آنابنا واجینیکولا	لیکوپن
آنتی‌اکسیدان	دونالیلا تریتیولکتا، تتراسلمیس سوکیکا	ویتامین E (α-توکوفرول)
ضدآفتاب	پلاکنکتوترکیس دریازی	بیوپترین گلوکز
محافظت در برابر اشعه فرابنفش، محافظت در برابر استرس و مرطوب‌کننده	هالوموناس الانگیت	اکتوئین
ضدپیری	ن. اسنیکا	فیتوهورمون‌ها (اکسین، آبسیزیک اسید، سیتوکینین، اتیلن، ژیبرلین‌ها)
ترمیم کلاژن (ضدپیری)	ک.ولگاریس	عصاره کلرلا ولگاریس
آنتی‌اکسیدان	فاداکتیلوم تریکورنوتوم، سندسموس واکولانتوس، ک. کسلری	عصاره ریزجلبک‌ها

می‌نامند. مایکوسپورین ـ ۲ ـ گلیسین، یک اسید آمینه نسبتاً کمیاب شبه‌مایکوسپورین است که توسط ریزجلبک‌های آنابنا، نوستوک و آفانیزومنون تولید می‌شود و اخیراً به‌عنوان یک مهارکننده فرایند پیری گزارش شده است[۷].

عوامل آنتی‌اکسیدانی به‌طور طبیعی در پوست به‌منظور جلوگیری از بی‌ثباتی سلولی ناشی از تشکیل و تجمع گونه‌های فعال اکسیژن وجود دارد؛ اما این مکانیسم حفاظتی طبیعی با افزایش سن دچار اشکالاتی می‌شود؛ زیرا سطح آنتی‌اکسیدان کاهش می‌یابد[۱۸]. در این شرایط، عصاره ریزجلبک‌ها مانند کلروفیل، کاروتنوئیدها، فوکوسترول، اسکوالن، اسیدهای آمینه شبه‌مایکوسپورین و غیره مشتق‌شده از چندین ریزجلبک می‌توانند به‌عنوان عامل آنتی‌اکسیدانی برای مهار پراکسیداسیون لیپیدی، پراکسید، سوپراکسید و یون‌های هیدروکسیل برای

محافظت از آسیب‌های پوستی استفاده شوند بنابراین، سطح آنتی اکسیدان حفظ شده و از آسیب پوست توسط گونه‌های فعال اکسیژن جلوگیری می‌شود. آزمایشات نشان داده است که استرس اکسیژنی، ترکیبات آنتی‌اکسیدانی اسپیرولینا را می‌تواند تا ۳/۲ برابر افزایش می‌دهد[۳].

مهم‌ترین اقدام برای جلوگیری از پیری پوست، مرطوب‌کردن پوست است و می‌تواند ظاهر و خاصیت ارتجاعی پوست را حفظ کرده و از شرایط محیطی مضر پیشگیری کند. میزان رطوبت پوست به دفعات شست‌وشو با مواد تنش‌زا یا پتانسیل دفاعی آن در برابر عامل تحریک‌کننده مربوط می‌شود. هیدروکسی اسیدها در محصولات آرایشی و بهداشتی برای مرطوب‌کردن پوست استفاده می‌شود[۱۹]. محبوب‌ترین هیدروکسی‌اسیدهای مورد استفاده در لوازم آرایشی، اسید گلیکولیک و اسید لاکتیک هستند. ریزجلبک‌های آنابنا، کلرلا، کلامیدوموناس، آناسیستیس، فورمیدیوم و اسپیلاتوریا، اسیدهای ۲ ـ هیدروکسی و اسیدهای ۳ـ هیدروکسی تولید کرده و عصاره‌های آن‌ها می‌توانند به‌عنوان یک کاندیدای امیدبخش برای عصاره‌گیری عمل نمایند[۲].

هم‌چنین اگزوپلی‌ساکاریدهای تولیدشده توسط ریزجلبک‌ها را می‌توان به‌عنوان یک محصول مرطوب‌کننده قابل توجه درنظرگرفت. اگزوپلی ساکاریدها شامل چندین بیوپلیمر قابل‌توجه بوده که وزن مولکولی بالایی دارند. ریزجلبک‌ها، این بیوپلیمرها را تولید و در طول کشت به محیط کشت ترشح می‌کنند. گلوکورونیک اسید، یکی از آن‌ها است و می‌توان از آن‌ها برای جلوگیری از خشکی پوست و تنظیم محتوای آب در پوست استفاده نمود.

اگزوپلی ساکاریدهای تولیدشده توسط ریزجلبک‌ها درنتیجه تغییرات در مکانیسم بیوسنتز با توجه به مواد مغذی، شرایط کشت و سویه‌ها تنوع بسیاری دارند. به‌عنوان مثال ریزجلبک‌های اسپیرولینا، کلروکوکوم و سندسموس به‌عنوان تولیدکنندگان عمده اگزوپلی‌ساکارید شناخته‌شده و محیط‌های کشت عاری از سلول آن‌ها ممکن است به‌دلیل محتوای اسید گلوکورونیک به‌عنوان یک ماده آرایشی ارزیابی شوند. مشخص شده که محیط کشت بدون سلول ریزجلبک‌ها، به‌دلیل محتوای اسید گلوکورونیک می‌تواند کاندید خوبی به‌عنوان یک محصول آرایشی باشد[۲۰].

انسان‌ها نمی‌توانند کاروتنوئیدها را به‌صورت de novo سنتز کنند و باید ازطریق رژیم غذایی تأمین شوند. آن‌ها توانایی تجزیه کاروتنوئیدها مانند بتاکاروتن را ازطریق فرآیند متابولیسم دارند. مطالعات نشان داد که اسپیرولینا، دونالیلا و سندسموس مقادیر بالایی از بتاکاروتن را با فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالا تولید می‌کنند و می‌توانند آسیب‌های اکسیداتیو نوری روی پوست را کاهش داده و از پوست در برابر آفتاب سوختگی، پیری پوست و ایجاد چین و چروک محافظت کند[۲۱].

یکی دیگر از محصولات ریزجلبکی به نام اسکوالن و شکل هیدروژنه آن اسکوالان می‌تواند در لوازم آرایشی استفاده شود. این ترکیبات توانایی حفظ اثرات ضدالکتریسیته ساکن و نرم‌کنندگی کرم‌های مرطوب‌کننده را برای تضمین کیفیت ایده‌آل پوست دارند. هم‌چنین فعالیت آنتی‌اکسیدانی مهمی برای آب‌رسانی به پوست و کاهش لکه‌های پیری و تیرگی پوست به‌دلیل خواص غیرسمی، غیرحساس و غیرتحریک‌کننده از خود نشان می‌دهند[۱۹].

امروزه اسکوالن در مناطق مختلف در بسیاری از مناطق جهان استفاده می‌شود. به‌عنوان مثال در اروپا به میزان یک تا ۱۰ درصد در لوسیون‌ها، مداد چشم، سایه چشم، پاک‌کننده آرایش چشم و عطرها و هم‌چنین ۵۰ درصد در رژ لب و محصولات صورت استفاده می‌شود، درحالی که در ایالات متحده در لمینت استفاده می‌شود. منبع اصلی اسکوالن کبد کوسه است؛ اما ریزجلبک‌ها را می‌توان به‌عنوان

کاندیدای خوبی برای تولید اسکوالن ارزیابی کرد. اگرچه محتوای اسکوالن کبد کوسه بیشتر از گیاهان و ریزجلبک‌ها است؛ اما در دسترس‌بودن فصلی و سموم محیطی، مشکلات اساسی در استفاده از کوسه‌ها به‌عنوان منبع اسکوالن می‌باشد. ریزجلبک‌ها نمی‌توانند اسکوالن را به‌اندازه جگر کوسه انباشته کنند؛ اما اخیراً، صنایع آرایشی و بهداشتی به‌دلیل کشت آسان و رشد سریع ریزجلبک‌ها از آن‌ها برای تولید اسکوالن به‌عنوان جایگزینی برای ماهی استفاده می‌کنند[۲۲].

علاوه‌بر این، هنگامی که ریزجلبک‌ها و گیاهان ازنظر پتانسیل تولید اسکوالن مقایسه می‌شوند، نتایج نشان داده است که ریزجلبک‌ها می‌توانند ۱۵ تا ۳۰۰۰ برابر بیشتر از گیاهان، این ترکیب را تولید کنند. بوتریکوکوس برانی، به‌دلیل محتوای لیپید بالایی که دارد به‌عنوان امیدوارکننده‌ترین تولیدکننده اسکوالن درنظر گرفته می‌شود؛ اما اخیراً آزمایش‌ها نشان داده است که گونه‌های آرانتیچیتریوم، امیدوارکننده‌ترین سویه ریزجلبک به‌عنوان منبع اسکوالن است[۲۲].

پتانسیل محافظت از اشعه فرابنفش توسط محصولات ریزجلبکی

تخریب لایه اوزون با انتشار فزاینده آلاینده‌های جوی باعث شد تا تشعشعات فرابنفش با شدت بیشتری به سطح زمین برسد. ریزجلبک‌ها مکانیسم‌های مختلفی را برای محافظت از خود در برابر اشعه فرابنفش، توسعه دادند؛ از آن جمله می‌تواند به بیان آنزیم‌های ترمیم‌کننده DNA، تولید آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، تولید و تجمع متابولیت‌های فیلترکننده UV اشاره کرد[۲۳]. این مکانیسم‌ها برای زنده‌ماندن ریزجلبک‌ها در زیستگاه‌های شدید بسیار مهم بوده و هم‌چنین بیوسنتز متابولیت‌های فیلترکننده UV ـ که به‌عنوان «ضدآفتاب‌های میکروبی» نیز نامیده می‌شود ـ ریزجلبک‌ها را به نامزدهای بالقوه‌ای برای صنایع آرایشی و بهداشتی تبدیل می‌کند تا در ضدآفتاب‌های مشتق‌شده از مواد طبیعی استفاده شوند[۲۱].

دو راه برای محافظت در برابر اشعه فرابنفش وجود دارد: جذب یا بازتاب اشعه که فیلترهای فیزیکی تابش خورشید را منعکس می‌کنند تا از نفوذ آن به پوست جلوگیری شود. جاذب‌های شیمیایی، اشعه فرابنفش را جذب می‌کنند تا از رسیدن آن به DNA و آسیب‌رساندن به آن، جلوگیری کنند. اکثر کرم‌های ضدآفتاب در فرمولاسیون خود جاذب و بازتابنده دارند؛ با این حال، کرم‌های ضدآفتاب ممکن است از پوست در برابر اشعه فرابنفش با طول موج‌های مختلف محافظت نکنند و در عین حال به محیط زیست، به‌ویژه موجودات دریایی آسیب بزنند. اکسی‌بنزون، یک جاذب شیمیایی است که مشخص شده برای موجودات دریایی سمی است، بنابراین جاذب‌های زیستی به‌دلیل سازگاری با محیط زیست، محبوبیت بیشتری پیدا کردند و در این راستا ریزجلبک‌ها به‌دلیل محتوای بالای مولکول‌های فیلترکننده UV مورد توجه بیشتری قرار گرفتند[۲۱].

ریزجلبک‌ها، ترکیبات فیلترکننده UV مختلفی را برای محافظت از خود در برابر تابش خورشید تولید می‌کنند که از آن جمله می‌توان به اسپورپولنین، سیتونمین، اسیدهای آمینه شبه مایکوسپورین، کاروتنوئیدها و سایر ترکیبات مانند گلوکزید بیوپترین، لیکوپن به‌عنوان مولکول فیلتر UV و اکتوئین برای محافظت در برابر اشعه فرابنفش و پیری ناشی از آفتاب اشاره کرد. این ترکیبات زیست‌فعال، از بدن انسان در برابر آفتاب سوختگی و سرطان پوست جلوگیری و از سنتز ملانین و غیره جلوگیری می‌کنند[۵]. هم‌چنین عصاره‌ها از ایجاد چین و چروک، افتادگی پوست و پیری ناشی از نور آفتاب جلوگیری می‌کنند. عصاره فاداکتیلوم تریکونوتوم از پوست در برابر اثرات مضر ناشی از قرارگرفتن در معرض اشعه فرابنفش محافظت کرده، ایجاد چین و چروک را به تأخیر می‌اندازد و با تحریک فعالیت پروتئازوم در پوست، عمق آن‌ها را کاهش می‌دهد[۲۴] (جدول ۲).

جدول ۲: معرفی برخی از گونه‌های ریزجلبک که در لوازم آرایشی به‌عنوان ضدآفتاب استفاده می‌شوند[۲۱]

سویه ریزجلبک	ترکیب/عصاره	کاربرد آرایشی
گونه‌های کلروجلوپسیس	عصاره آبی	پیری ناشی از آفتاب، ایجاد چین و چروک، افتادگی پوست
نانوکلروپسیس	بیومس	ضدآفتاب
ن. اکالاتا	عصاره	جلوگیری از رنگدانه‌سازی پوست، القای سفیدشدن پوست
ف. تریکونوتوم	عصاره اتانولی	محافظت از پوست در برابر قرارگرفتن اثرات مضر در معرض UV
ک. پروتوتکویدس، س. آلمرنسیس، د. سالینا، گونه‌های موریلوپسیس، نئوسپونجیوکوکوس جلاتینوسوم، کلروکوکوم سیتریفورمه، ک. زوفینجینسیس، گالدیریا سولفوراریا	لوسیون	محافظت از پوست در برابر آسیب‌های ناشی از اشعه فرابنفش
ک. پروتوتکویدس	مخلوطی از عصاره‌ها	تقویت ظاهر سالم پوست
گونه‌های آنابنا، گونه‌های کلروتریکس، گونه‌های کلروجلوپسیس، گونه‌های دیپلوکولون، گونه‌های گلئوپکپسا، گونه‌های هاپالوسیفون، گونه‌های لینگبیا، گونه‌های نوستوک، گونه‌های فورمیدیوم، گونه‌های پلئوروکپسا، گونه‌های ریولاریا، گونه‌های شیزوتریکس، گونه‌های سایتونما، گونه‌های تولیپوتریکس	سیتونمین	ضدآفتاب

عصاره‌های میکروجلبک یا ترکیبات مشتق‌شده از آن‌ها می‌توانند از پوست در برابر آسیب‌های ناشی از آفتاب محافظت کنند. اسیدهای آمینه مانند اسکیتونمین و مایکوسپورین، مهم‌ترین و موردمطالعه‌ترین مولکول‌هایی‌اند که در ضدآفتاب‌های تولیدشده توسط ریزجلبک‌ها استفاده می‌شوند[۲۱].

اسکیتونمین، یک رنگدانه کوچک چربی‌دوست و خارج سلولی زرد ــ قهوه‌ای است که زمانی که در معرض تابش خورشیدی زیاد قرار می‌گیرد، توسط سیانوباکتری‌ها در غلاف آن‌ها سنتز می‌شود تا از خود در برابر اشعه UV-A با جذب تا ۹۰٪ محافظت کنند. حداکثر جذب سیتونمین بین ۳۸۶-۲۵۲ نانومتر بوده و UV-A، ژن مسئول بیوسنتز سیتونمین را تحریک می‌کند و شروع به تولید سیتونمین کرده و در ماتریکس خارج سلولی انباشته می‌شود. سیتونمین و مشتقات سیتونمین توسط ریزجلبک‌هایی مانند هاپالوسیفون، گلئوکپسا، دیپلوکون، کلروژئوپسیس، کلروتریکس، آنابنا، سایتونما، شیزوتریکس، ریولاریا، فورمیدیوم، نوستوک، لینگبیا و تولیپوتریکس تولید می‌شود[۲۵].

آمینواسیدهای شبه‌مایکوسپورین، ترکیبات بی‌رنگ و محلول در آب هستند که توسط میکروارگانیسم‌های دریایی مانند سیانوباکتری‌ها، ریزجلبک‌ها، جلبک‌های ماکرو، قارچ‌ها و غیره تولید شده که با محافظت از سلول‌ها در برابر اشعه‌های UV-B و UV-A با جذب تشعشع و پخش انرژی حرارتی اضافی به سلول و محیط اطراف، به‌عنوان محافظ نوری و هم‌چنین با جلوگیری از آسیب DNA ناشی از گونه‌های اکسیژن فعال، به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان عمل می‌کنند[۲۳].

فیلترهای فیزیکی و شیمیایی موجود در بازار عمدتاً در برابر UV-A یا UV-B محافظت می‌کنند. فقط برخی از آن‌ها می‌تواند برای هر دوی آن‌ها مؤثر باشد که به آن «ضدآفتاب وسیع‌الطیف» می‌گویند. با این حال، استفاده از اسیدهای آمینه مایکوسپورین‌مانند به‌عنوان فیلتر UV در ضدآفتاب‌ها

بسیار مهم است؛ زیرا می‌تواند اشعه فرابنفش ۳۰۹-۳۶۲ نانومتر را به‌شدت جذب کرده و درنتیجه آن‌ها را به یک ضدآفتاب با طیف گسترده تبدیل می‌کند. آن‌ها هم‌چنین بسیار مقاوم در برابر نور بوده و در برابر گرما، تغییرات pH و حلال‌های مختلف بسیار مقاومند و می‌تواند یک محصول آرایشی بسیار پایدار باشند. ریزجلبک‌هایی مانند نوستوک و لینگبیا، ترکیبات مایکوسپورینی را تولید می‌کنند که خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی در شرایط آزمایشگاهی بوده و پتانسیل مهار گونه‌های اکسیژن فعال را به‌صورت in vivo دارند[۲۶].

استفاده از ترکیبات ریزجلبکی به‌عنوان عامل سفیدکننده پوست

سفیدشدن پوست، یکی از مسائل مهم در لوازم آرایشی است. اشعه فرابنفش، پیری و حاملگی، پوست را در برخی قسمت‌ها تیره کرده و باعث ایجاد لکه‌های تیره می‌شود و می‌تواند باعث مشکلات جدی مانند ملانوما شود. رنگدانه ملانین، دلیل تیرگی مو، پوست و چشم بوده و برای محافظت از پوست در برابر آسیب اشعه فرابنفش سنتز گردیده؛ اما تولید بیش از حد ملانین باعث ایجاد رنگ متفاوت پوست می‌شود. گونه‌های فعال اکسیژن پرانرژی تولیدشده در اپیدرم پوست، توسط ملانوسیت‌ها جذب می‌شوند و انرژی آن‌ها برای تبدیل تیروزیناز به ملانین ازطریق اکسیداسیون استفاده می‌گردد[۲۷].

معمولاً از عصاره ریزجلبک اسپیرولینا، می‌توان به‌عنوان مهارکننده تیروزیناز استفاده کرد. علاوه‌بر مهار آنزیم تیروزیناز، با استفاده از ویتامین‌های C و E می‌توان از تشکیل ملانوزوم در پوست جلوگیری کرد. با توجه به تحقیقات انجام‌شده برروی گونه‌های ریزجلبک‌های مختلف به‌عنوان تولیدکنندگان بالقوه ویتامین‌ها، می‌توان پیشنهاد کرد که پدیاستروم کرونتوم به‌دلیل محتوای بالای ویتامین‌های C و E، می‌تواند نامزد مناسبی به‌عنوان یک ماده آرایشی به‌منظور پیشگیری از ملانوما باشد[۲۸].

کشت ریزجلبک و خالص‌سازی ترکیبات بالقوه آرایشی

فرآیند کشت ریزجلبک شامل چندین مرحله مهم برای تولید مقدار مطلوب محصول هدف است. انتخاب ریزجلبک مناسب برای تولید بسیار مهم است؛ زیرا طراحی فرآیند، شرایط کشت و روش‌های برداشت و استخراج، بر این اساس تغییر می‌کند که درنهایت بر راندمان تولید، عملکرد و کیفیت محصول تأثیر می‌گذارد[۲۹]. به‌عنوان مثال، اگر کشت در فضای باز انجام شود، سویه باید تحمل بالایی در شرایط محیطی داشته باشد تا از آلودگی جلوگیری شود. هم‌چنین درصورتی که کشت در سیستم بسته اجرا شود، سویه موردنظر باید توانایی زنده‌ماندن در تنش‌های محیطی بالا را داشته باشد[۳۰].

کشت را می‌توان در دو سیستم مختلف یعنی سیستم باز و سیستم بسته انجام داد. فتوبیوراکتور مناسب باید با توجه به گونه‌های ریزجلبک انتخاب شود. به‌عنوان مثال، شناخته شده که گونه‌های دونالیا و د. ترتیولکتا سازگاری بالایی با تغییرات دما نشان می‌دهند و در طول کشت نیاز به نور زیاد دارند بنابراین، هنگام کار با این دو گونه ریزجلبک، فوتوبیوراکتور صفحه تخت، نسبت به سایر فوتوبیوراکتورها مفیدتر خواهد بود[۳۱].

با توجه به مقایسه سیستم باز و بسته، گزارش شده که در سیستم‌های باز، خطر آلودگی و تبخیر آب، کیفیت محصول و قابلیت کنترل کمتر از سیستم بسته است؛ اما هزینه عملیات سیستم باز که در آن فقط تعداد کمی از گونه‌ها قابل کشت هستند، ارزان‌تر از سیستم‌های بسته است، درحالی که هزینه برداشت به‌دلیل محتوای آب بالا بیشتر می‌باشد. میزان تولید زیست‌توده ریزجلبکی در سیستم بسته، کمتر از سیستم باز است؛ اما تنها می‌توان از ترکیبات افزودنی بالای تولیدشده در این سیستم، در تولید مواد غذایی و

آرایشی استفاده کرد[۶].

شرایط کشت ریزجلبک‌ها ازقبیل مواد مغذی، دما، سطح pH، هوادهی، مخلوط‌سازی، شدت نور و حالت رشد مانند فتواتوتروفیک، اتوتروف، هتروتروف، فوتوهتروفیک و میکسوتروفیک، با توجه به نیاز گونه‌های ریزجلبک مورداستفاده، تغییر می‌کند. این شرایط بر روش‌های متابولیک تأثیر گذاشته و با تغییر حالت کشت، همان گونه‌ها در نتیجه جابه‌جایی متابولیکی، محصولات مختلفی تولید می‌کنند. به‌عنوان مثال اسپیرولینا را می‌توان در شرایط فوتواتوتروف، هتروتروف و میکسوتروف کشت کرد و درنهایت بهترین شرایط را با درنظرگرفتن محصولات نهایی انتخاب کرد[۳]. هنگامی که مقدار مطلوب نهایی هدف تولید می‌شود، لازم است مقدار زیادی آب از محیط کشت ازطریق فرآیند برداشت حذف شود.

این مرحله مهم را می‌توان با سانتریفیوژ، فیلتراسیون، اولترافیلتراسیون، رسوب‌سازی و انعقاد انجام داد. پس از اتمام این فرآیندها، خشک‌کردن حرارتی برای حذف رطوبت از عصاره ریزجلبک‌ها انجام می‌شود (جدول ۳).

جدول ۳: روش‌های خالص‌سازی برخی از مولکول‌های زیست‌فعال میکروجلبکی[۹]

ترکیب زیست‌فعال	روش خالص‌سازی	خلوص
اسید لینولئیک	کروماتوگرافی ستونی سیلیکاژل نقره	۹۵ درصد
آستاگزانتین	کروماتوگرافی	۹۷ درصد
زآگزانتین	کروماتوگرافی	۹۶ درصد
لوتئین	کروماتوگرافی	۹۸ درصد
فیکوسیانین	فلوتاسیون	۶۰/۲ درصد
فیکواریترین	کروماتوگرافی ستونی	۵۷/۴ درصد
سیتونمین	کروماتوگرافی لایه نازک	ـــــ
مایکوسپورین شبه‌اسیدهای آمینه	کروماتوگرافی ستونی	ـــــ
فوکوسترول	کروماتوگرافی	۹۷ درصد

توسعه صنعتی تولید ریزجلبک‌ها

چهار ریزجلبک کلرلا، اسپیرولینا، دونالیلا و هماتوکوکوس، توجه تولیدکنندگان صنعتی را به خود جلب کرده اند، سازگاری آن‌ها با سیستم‌های تولید در مقیاس بالا و محصولات با ارزش، آن‌ها را از نظر بیوتکنولوژیکی بسیار مهم کرده است. کلرلا یکی از مهم ترین ریزجلبک‌ها در بیوتکنولوژی جلبکی است. کشت در محیط کشت‌های باز مشکلات عمده‌ای دارد، یکی از این مشکلات آلودگی باکتریایی است. عمق کشت، سرعت مخلوط سازی و تراکم جمعیت جلبک، پارامترهای عملیاتی کلیدی کشت انبوه هستند، چه در حوضچه‌های باز و چه در فتوبیوراکتورها، زیرا این پارامترها با به کارگیری نور مرتبط بوده و نور، عامل اصلی رشد ریزجلبک‌ها است[۳۱].

اسپیرولینا، یکی دیگر از ریزجلبکهای بسیار مهم در بیوتکنولوژی جلبکی نیز، در حوضچه‌های باز تولید می‌شود. اسپیرولینا به دلیل محتوای پروتئین بالایی که دارد، برای رژیم غذایی انسان به ویژه برای گیاهخواران بسیار مهم بوده، اما از آنجایی که منبع اصلی فیکوسیانین که یک رنگدانه آبی است، می‌باشد، اهمیت تجاری آن بیشتر شده زیرا می‌توان از آن به عنوان رنگ در لوازم آرایشی ازقبیل خط چشم و رژ لب استفاده نمود[۳]. تولید اسپیرولینا شامل چهار مرحله است: تولید، برداشت، خشک‌کردن و بسته‌بندی. کشت در حوضچه‌های نهر مانند انجام و سپس برداشت بیشتر با فیلتراسیون انجام می‌شود؛ اما باید توجه داشت که ممکن است به‌دلیل تخریب فیلامنت که ممکن است منجر به آلودگی باکتریایی شود، کارآمد نباشد. حتی اگر برخی از اشکالات در مورد این سیستم‌ها وجود داشته باشد، باز هم خشک‌کردن را می‌توان با خشک‌نمودن با اسپری یا خشک‌کردن با آفتاب انجام داد[۳۲].

تولید دونالیلا در حوضچه‌های باز در مقایسه با گونه‌های مهم تجاری آسان تر است، زیرا این گونه‌ها

می‌توانند در شوری بالا یا دماهای متفاوتی از ۵ ـ تا بیش از ۴۰ درجه سانتی‌گراد رشد کنند که باعث می‌شود این گونه مناسب ترین ریزجلبک برای تولید انبوه در جهان باشد. برخلاف کلرلا، دونالیلا را می‌توان به صورت اتوتروف کشت کرد. تولید بتاکاروتن از دونالیلا در مقیاس بزرگ، چه تولید در حوضچه‌های باز باشد و چه در فتوبیوراکتورها، نیازمند برخی تنش‌های محیطی مانند شوری بالا و محرومیت از منابع نیتروژن می‌باشد. تولید هم‌چنین می‌تواند با شدت نور بالا تحریک شود، از این رو تأسیسات تولید، در مناطقی با نورخورشید بالا ایجاد می‌شود[۳۳].

ازطرف دیگر هماتوکوکوس در محیط ساده‌ای رشد می‌کند که هیچ ماده مغذی خاصی برای خود ندارد که منجر به آلودگی می‌شود، بنابراین به فناوری پیشرفته تری نیاز ندارد. از آنجایی که هماتوکوکوس مهمترین تولیدکننده آستاگزانتین است، مطالعاتی در مورد توسعه فناوریها یا روشهای کشت آسانتر وجود دارد. از نظر تجاری، آستاگزانتین با یک فرآیند دو مرحله‌ای تولید شده که شامل تولید سلولهای رویشی در مرحله اول و سپس به‌عنوان مرحله دوم استخراج آستاگزانتین از هماتوکوکوس است. در سیستم‌های تجاری با ایجاد کمبود در مقادیر نیترات و فسفات، با افزودن نمک یا با شدت نور و درجه حرارت بالا، برای سلول‌ها استرس ایجاد می‌کنند.چون هموسیستیس‌ها چگالی بالاتری نسبت به آب دارند، به‌راحتی با رسوب‌گیری و سپس سانتریفیوژ برداشته می‌شوند. برای آزادسازی آستانگزاتین به اختلال سلولی نیاز بوده؛ اما تکنیک‌های دقیق آن توسط تولیدکنندگان علنی نشده است[۳۴].

محصولات ریزجلبک فعلی در بازار جهانی لوازم آرایشی

طی دو دهه گذشته، محصولات مشتق‌شده از ریزجلبک‌هایی مانند کلرلا، اسپیرولینا، آناسیستیس، نانوکلروپسیس، دونالیلا و هالیمنیا در تولید محصولات آرایشی در اروپا و ایالات متحده توسعه یافته است. به‌عنوان مثال ماسک جلبک سفت‌کننده اسپیرولینا برای تعادل رطوبت پوست و افزایش ایمنی ساخته شد. یکی دیگر از محصولات اسپیرولینا، ماسک سفیدکننده صورت اسپیرولینا بوده که می‌تواند چین و چروک را کاهش و رنگ پوست را بهبود بخشد[۳].

شرکت دیگری محصولی را از عصاره کلرلا روانه بازار کرد که التهاب را خنثی و محافظت طبیعی پوست را به‌وسیله خواص آنتی‌اکسیدانی بهبود بخشید[۲۶]. بتاکاروتن مشتق‌شده از ریزجلبک دونالیلا با ادعای تحریک تکثیر سلولی تولید گشت. پلی ساکارید سولفاته مشتق‌شده از گونه‌های پورفیریدیوم برای محافظت از پوست در برابر پیری ناشی از صدمه آفتاب و میکروارگانیسم‌ها با خواص ضدمیکروبی آن‌ها استفاده شد.

اسیدهای آمینه و کاروتنوئیدهای کلرلا، بسیار شبیه به فیبرهای کلاژن در پوست بوده و سنتز کلاژن را دوباره فعال و هم‌چنین از آن محافظت می‌نماید. فیکوسیانین، یک رنگدانه اصلی فتوسنتزی رنگ آبی اسپیرولینا است که به‌عنوان یک عامل رنگی در سایه چشم استفاده می‌شود[۳۲]. رنگ قرمز فیکواریترین مستخرج از گونه‌های پورفیرا و پورفیریدیوم به‌عنوان عامل رنگ‌کننده در محصولات آرایشی و بهداشتی استفاده می‌گردد[۳۶و۳۵و۳] (جدول ۴).

نتیجه‌گیری

ریزجلبک‌ها متابولیت‌های زیست‌فعال منحصربه‌فرد و مهمی را ازطریق فتوسنتز و مسیرای دیگر تولید کرده که توجه صنایع آرایشی و بهداشتی را به خود جلب کردند. طیف گسترده‌ای از ترکیبات فعال زیستی مانند پروتئین‌ها، ویتامین‌ها، مواد معدنی، کربوهیدرات‌ها، رنگدانه‌ها، پلی‌ساکاریدها، اگزوپلی ساکاریدها، اسانس‌ها و غیره برای تهیه لوازم آرایشی مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند.

جدول ۴: محصولات آرایشی و بهداشتی تجاری استفاده‌شده از برخی ریزجلبک‌ها و کاربرد آن‌ها (37-Guedes et al., 2011).

نام شرکت	محصول	گونه ریزجلبکی	ادعای محصول
Optimum Derma Aciditate	ماسک جلبک سفت‌کننده اسپیرولینا	آرتروسپیرا ماکسیما اسپیرولینا پلاتنسیس	تعادل و تقویت ایمنی پوست
Ferenes Cosmetics	ماسک سفیدکننده صورت اسپیرولینا	ا. پلتنسیس	کاهش تشکیل چین و چروک و بهبود رنگ پوست
Phytomer	ـــــ	ک. ولگاریس	التهاب را خنثی کرده و محافظ طبیعی پوست است
Skinicier	ـــــ	ا. پلتنسیس	تقویت تولید و بازسازی طبیعی پوست
Biotherm	رتینول آبی	د. سالینا	تحریک تکثیر سلولی
Exsymol	پروتولین‌ها	ا. پلتنسیس	جلوگیری از ایجاد چین و چروک و ایجاد اثر سفت کنندگی
Solazyme	آلژنیست	آناکیستیس نیدولان	تقویت ایمنی پوست
Frutarom	آلگارد	گونه‌های پورفیریدیوم	محافظت از پوست در برابر پیری ناشی از صدمه آفتاب و فعالیت ضدمیکروبی
Codif Recherche و Nature	درموکلرلا	ک. ولگاریس	تقویت کلاژن‌سازی در پوست و محافظت از پوست
Dainippon Ink و Chemicals Inc.	ـــــ	گونه‌های اسپیرولینا، پورفیرا و پورفیریدیوم	عامل ایجاد رنگ در سایه چشم

ریزجلبک‌ها منابع پایدار و طبیعی برای ترکیبات زیست‌فعالند بنابراین، آن‌ها به‌عنوان نامزدهایی امیدوارکننده برای محصولات آرایشی درنظر گرفته می‌شوند. یکی از زمینه‌های مورد علاقه می‌تواند تولید رنگدانه‌های طبیعی برای لوازم آرایشی زیبایی (به‌عنوان مثال رژ لب، سایه چشم، خط چشم و غیره) باشد؛ زیرا برخی از ریزجلبک‌ها و سیانوباکتری‌ها سرشار از رنگدانه‌هایی مانند فیکوسیانین‌ها، فیکوسیانوبیلین‌ها و فیکواریتروبیلین‌ها هستند[۳۸]. درواقع ریزجلبک‌ها پتانسیل بالقوه‌ای برای جایگزینی مولکول‌های سنتزی شیمیایی در لوازم آرایشی و بهداشتی دارند؛ چراکه برخی از لوازم آرایشی شامل مواد شیمیایی، فلزات سنگین (سرب، نیکل، جیوه) و ترکیبات سمی دیگری هستند که عوارض جانبی برروی بدن انسان دارند؛ بنابر این باید تحقیقات بیشتری برای ارزیابی سویه‌های ریزجلبک‌ها برای تولید ترکیبات زیست‌فعال جدید انجام شود تا منجر به بیوتکنولوژی پیشرفته ریزجلبک‌ها گردد بنابراین، تحقیقات فشرده تر در مورد شناسایی ترکیبات جدید از ریزجلبک‌ها و سیانوباکترها می‌تواند مورد توجه صنعت آرایشی و بهداشتی باشد.

References

1. Zahra Z, Choo DH, Lee H, et al. Cyanobacteria: Review of current potentials and applications. Environments 2020; 7:13.
2. Ariede MB, Candido TM, Jacome AL, et al. Cosmetic attributes of algae-A review. Algal Res 2017; 25: 483-7.
3. Anvar SAA, Nowruzi B. A review of phycobiliproteins of cyanobacteria: structure, function and industrial applications in food and pharmaceutical industries. J Res Innov Food Sci Technol 2021; 10: 181-98.
4. Jafari Porzani S, Konur O, Nowruzi B. Cyanobacterial natural products as sources for antiviral drug discovery against COVID-19. J Biomol Struct 2021: 1-7.
5. Anvar SAA, Nowruzi B, Tala M. Bioactive products of cyanobacteria and microalgae as valuable dietary and medicinal supplements. Food Hygiene 2021; 11: 87-106.

6. Nowruzi B, Anvar SAA. Cyanobacteria halal food sources in the future. The first national halal food congress, Tehran 1398.
7. Berthon JY, Nachat-Kappes R, Bey M, et al. Marine algae as attractive source to skin care. Free Radic Res 2017; 51: 555-67.
8. Morocho-Jácome AL, Ruscinc N, Martinez RM, et al. (Bio) Technological aspects of microalgae pigments for cosmetics. Appl Microbiol Biotechnol 2020; 104: 9513-22.
9. Carvalho LR, Costa-Neves A, Conserva GA, et al. Biologically active compounds from cyanobacteria extracts: in vivo and in vitro aspects. Rev Bras Farmacogn 2013; 23: 471-80.
10. Kusuma SA, Abdassah M, Valas BE. Formulation and evaluation of anti-acne gel containing citrus aurantifolia fruit juice using carbopol as gelling agent. Int J Appl Pharm 2018: 147-52.
11. Tseng CC, Yeh HY, Liao ZH, et al. An in vitro study shows the potential of Nostoc commune (Cyanobacteria) polysaccharides extract for wound-healing and anti-allergic use in the cosmetics industry. J Funct Foods 2021; 87: 104754.
12. Safavi M, Nowruzi B, Estalaki S, et al. Biological activity of methanol extract from Nostoc sp. N42 and Fischerella sp. S29 isolated from aquatic and terrestrial ecosystems. Int J Algae 2019; 21: 373-91.
13. Haneefa MK, Shilpa NM, Junise V, et al. Formulation and evaluation of medicated soap of Ixora coccinea root extract for dermal infections. Int J Pharm Sci 2019; 11: 3094-7.
14. Anvar SAA, Nowruzi B. A review of microalgae as dietary and medicinal useful complements. J Food Sci Technol Nutr 2022; 19: 55-74.
15. Afsar Z, Khanam S. Formulation and evaluation of polyherbal soap and hand sanitizer. Int Res J Pharm 2016; 7: 54-7.
16. Acharya SB, Ghosh S, Yadav G, et al. Formulation, evaluation and antibacterial efficiency of water-based herbal hand sanitizer gel. bioRxiv 2018: 373928.
17. Yarkent Ç, Gürlek C, Oncel SS. Potential of microalgal compounds in trending natural cosmetics: A review. Sustain Chem Pharm 2020; 17: 100304.
18. Guerreiro A, Andrade MA, Menezes C, et al. Antioxidant and cytoprotective properties of cyanobacteria: Potential for biotechnological applications. Toxins 2020; 12: 548.
19. Farooq SM, Asokan D, Kalaiselvi P, et al. Prophylactic role of phycocyanin: a study of oxalate mediated renal cell injury. Chem Biol Interact 2004; 149: 1-7.
20. Nowruzi B, Haghighat S, Fahimi H, et al. Nostoc cyanobacteria species: a new and rich source of novel bioactive compounds with pharmaceutical potential. J Pharm Health Serv Res 2018; 9: 5-12.
21. Derikvand P, Llewellyn CA, Purton S. Cyanobacterial metabolites as a source of sunscreens and moisturizers: A comparison with current synthetic compounds. Eur J Phycol 2017; 52: 43-56.
22. Mourelle ML, Gómez CP, Legido JL. The potential use of marine microalgae and cyanobacteria in cosmetics and thalassotherapy. Cosmetics 2017; 4: 46.
23. Fernández-Rojas B, Medina-Campos ON, Hernández-Pando R, et al. C-phycocyanin prevents cisplatin-induced nephrotoxicity through inhibition of oxidative stress. Food Funct 2014; 5: 480-90.
24. Nowruzi B, Sarvari G, Blanco S. Applications of cyanobacteria in biomedicine. In Handbook of Algal Science, Technol Med 2020; 441-53. Academic Press.

25. Erikson NT. Production of phycocyanin-a pigment with applications in biology, biotechnology, foods and mediicine. Appl Microbiol Biotechnol 2008; 80: 1-4.

26. Cherng SC, Cheng SN, Tarn A, et al. Anti-inflammatory activity of c-phycocyanin in lipopolysaccharide-stimulated RAW 264.7 macrophages. Life Sci 2007; 81: 1431-5.

27. Encarnação T, Pais AA, Campos MG, et al. Cyanobacteria and microalgae: a renewable source of bioactive compounds and other chemicals. Sci Prog 2015; 98: 145-68.

28. Gonzalez R, Rodriguez S, Romay C, et al. Anti-inflammatory activity of phycocyanin extract in acetic acid-induced colitis in rats. Pharmacol Res 1999; 39: 55-9.

29. Joshi S, Kumari R, Upasani VN. Applications of algae in cosmetics: An overview. Int J Innov Res Sci Eng Technol 2018; 7: 1269.

30. Nowruzi B, Sarvari G, Blanco S. The cosmetic application of cyanobacterial secondary metabolites. Algal Res 2020; 49: 101959.

31. Carlozzi P. Dilution of solar radiation through “culture” lamination in photobioreactor rows facing south-north: a way to improve the efficiency of light utilization by cyanobacteria (Arthrospira platensis). Biotechnol Bioeng 2003; 81: 305-15.

32. Adir N, Dobrovetsky Y, Lerner N. Structure of c-phycocyanin from the thermophilic cyanobacterium Synechococcus vulcanus at 2.5 Å: structural implications for thermal stability in phycobilisome assembly. J Mol Biol 2001; 313: 71-81.

33. Bhat VB, Madyastha KM. C-phycocyanin: a potent peroxyl radical scavenger in vivo and in vitro. Biochem Bioph Res Co 2000; 275: 20-5.

34. Jaiswal P, Singh PK, Prasanna R. Cyanobacterial bioactive molecules-an overview of their toxic properties. Can J Microbiol 2008; 54: 701-17.

35. Nowruzi B, Anvar A, Ahari H. Extraction, purification and evaluation of antimicrobial and antioxidant properties of phycoerythrin from terrestrial cyanobacterium Nostoc sp. FA1. World J Microbiol 2020; 13: 138-53.

36. Nowruzi B, Fahimi H, Lorenzi AS. Recovery of pure C-phycoerythrin from a limestone drought tolerant cyanobacterium Nostoc sp. and evaluation of its biological activity. In Anales de Biología 2020; 6: 115-28.

37. Guedes AC, Amaro HM, Malcata FX. Microalgae as sources of high added-value compounds-a brief review of recent work. Biotechnol Prog 2011; 27: 597-613.

38. Chiu HF, Yang SP, Kuo YL, et al. Mechanisms involved in the antiplatelet effect of C-phycocyanin. British J Nutrit 2006; 95: 435-40.

A review of bioactive compounds of cyanobacteria and microalgae as cosmetically useful supplements

Bahareh Nowruzi, PhD

Department of Biology, School of Converging Sciences and Technologies, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

Received: Feb 03, 2022
Accepted: Feb 14, 2022
Pages: 256-269

Corresponding Author:
Bahareh Nowruzi, PhD

Shohaday-e- Hesarak Blvd., Daneshgah Sq., End of Sattari Hiwghway, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran
Email: bahareh.nowruzi@srbiau.ac.ir

Conflict of interest: None to declare

Today, the valuable metabolites of microalgae are widely used in the production of many cosmetic products, as the biomass of algae contains pigments, proteins, essential fatty acids, polysaccharides, vitamins and minerals, all of which are present in both natural foods and cosmetics are used. In fact, these secondary metabolites with anti-blemish and anti-microbial, anti-aging, sunscreen and skin whitening effects can repair and heal the skin and protect the skin from UV damage and prevent inflammation. Existing cosmetics can in many cases be replaced with microalgae-derived cosmetics that are environmentally friendly as well as safe. The effects of microalgae and their derivatives have been tested in various nutritional studies around the world. However, there are very few studies on their cosmetic applications, so in this review article we tried to study several species of microalgae, cultivation methods, use of biomass and bioactive molecules derived from microalgae in the production of anti-aging products, sunscreen and skin whitening in the formulation of cosmetic compounds.

Keywords: microalgae, cyanobacteria, cosmetic complement, bioactive compounds

Copyright © 2022 Published by Tehran University of Medical Sciences.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.