

## مروری بر ترکیبات زیست فعال سیانوباکتری ها و ریز جلبک ها به عنوان مکمل های آرایشی - بهداشتی فراسودمند

بهاره نوروزی

گروه زیست شناسی، دانشکده علوم و فناوری های 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 متابولیت های ارزشمند ریزجلبک ها در تولید بسیاری از محصولات آرایشی بهداشتی کاربرد عمده ای دارد؛ چراکه زیست توده جلبک ها حاوی رنگدانه ها، پروتئین ها، اسیدهای چرب ضروری، پلی ساکاریدها، ویتامین ها و مواد معدنی است که همگی در تهیه مواد طبیعی هم به عنوان غذا و هم در لوازم آرایشی مورد استفاده هستند. در واقع این متابولیت های ثانویه با اثرات ضدلک و ضد میکروبی، ضد پیری، ضد آفتاب و سفید کننده پوست می توانند پوست را ترمیم و التیام بخشیده و از پوست در برابر آسیب اشعه فرابنفش محافظت و از التهاب جلوگیری نماید. محصولات آرایشی موجود را می توان در بسیاری از موارد با محصولات آرایشی مشتق شده از ریزجلبک ها که سازگار با محیط زیست و همین طور ایمن هستند، جایگزین کرد. اثرات ریزجلبک ها و محصولات غذایی مشتق شده از آن ها در مطالعات مختلف تغذیه ای در سراسر جهان آزمایش شده است. با این حال، مطالعات بسیار کمی در مورد کاربردهای آرایشی آن ها وجود دارد؛ لذا در این مقاله مروری سعی گردید به بررسی چندین گونه ریزجلبک، روش های کشت، استفاده از زیست توده و مولکول های زیست فعال مشتق شده از ریزجلبک ها در تولید محصولات ضد پیری، ضد آفتاب و سفید کننده پوست در فرمولاسیون ترکیبات آرایشی بپردازد.

**کلیدواژه ها:** ریزجلبک ها، سیانوباکتری ها، مکمل آرایشی، ترکیبات زیست فعال

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

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

### مقدمه

سیانوباکتری ها، گروهی از ریزجلبک ها و جزو پروکاریوت های گرم منفی فتوسنتزی هستند و تقریباً در همه زیستگاه ها مانند دریا، آب شیرین، خاک، پوسته های بیولوژیکی خاک، برف و غیره زیست می کنند. توانایی زیست در محدوده وسیعی از زیستگاه ها، به دلیل دوره تکامل طولانی این موجودات است که حتی می توانند شرایط افراطی مانند خاکستر آتشفشانی و خاک های شور را نیز تحمل نمایند<sup>۱</sup>. هنگامی که ریزجلبک ها در معرض اشعه فرابنفش، گونه های فعال اکسیژن و رادیکال های آزاد و غیره قرار می گیرند، محصولات ارزشمندی را برای محافظت از خود تولید کرده که در بسیاری از صنایع آرایشی و

بهداشتی کاربرد دارد<sup>۲</sup>.

از جمله ترکیبات زیست فعال می توان به اسیدهای چرب غیراشباع، رنگدانه ها مانند کلروفیل ها، کاروتینوئیدها و فیکوبیلی پروتئین ها، کربوهیدرات ها، پروتئین ها، پپتیدها، اسیدهای آمینه، ویتامین ها، پلی فنل ها و فیتواسترول ها اشاره کرد<sup>۳</sup>. این ترکیبات اثرات مختلفی از جمله فعالیت های ضد اکسیدانی، ضد سرطانی، ضد باکتریایی، ضد ویروسی و ضد قارچی و اثر محرک های سیستم ایمنی را از خود نشان می دهند<sup>۴</sup>. مورد توجه ترین اثر ترکیبات ریزجلبک ها، فعالیت آنتی اکسیدانی آن هاست و به طور کلی می توان آن را با روش های مختلفی مانند مهار رادیکال سوپراکسید و

مه‌ار رادیکال هیدروکسیل اندازه‌گیری کرد.<sup>۵</sup>

محققان دریافتند که عصاره‌های ریزجلبک یا ترکیبات زیست‌فعال مشتق‌شده از آن‌ها، پتانسیل بالایی برای تبدیل شدن به محصولات جدید بر پایه زیستی مانند لوازم آرایشی، دارویی، مواد غذایی، پلاستیک‌ها و پلیمرهای زیستی دارند.<sup>۶</sup>

علاوه بر آن ریزجلبک‌ها، متابولیت‌های ثانویه‌ای از قبیل پروتئین‌ها، اسیدهای چرب، کاروتنوئیدها، کلروفیل و ... تولید می‌کنند. متابولیت‌های ثانویه میکروجلبک‌ها می‌توانند اثر ضدلک یا ضد میکروبی داشته باشند و هم‌چنین می‌توانند پوست را ترمیم و التیام بخشیده و از التهاب جلوگیری نمایند.<sup>۷</sup> 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 و لگاریس می‌تواند سنتز کلاژن را در پوست تحریک کرده، از بافت پوست حفاظت کند و تولد مجدد بافت جدید را افزایش دهد و عصاره ریزجلبک دونالیا سالینا می‌تواند رشد سلولی را تحریک کند.<sup>۷</sup>

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.<sup>۵</sup> برخی از اجزای عصاره ریزجلبک‌ها با پروتئین‌های مختلف روی پوست واکنش داده و یک ژل محافظ روی سطح پوست تشکیل می‌دهند که در نهایت، مانع از دست‌دادن رطوبت می‌گردند. هم‌چنین برخی از گونه‌های ریزجلبک‌ها توانایی حفظ تعادل فلور پوست را داشته و فعالیت ضد میکروبی بالایی در برابر اشیریشیا کلی، کاندیدا آلبیکنس، استافیلوکوکوس اورئوس و آسپرژیلوس نایجر نشان می‌دهند.<sup>۷</sup>

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، منحصرأ به‌منظور تمیز و خوشبوکردن آن‌ها، تغییر ظاهر و محافظت از آن‌ها یا اصلاح بوی بدن قرار می‌گیرد، تعریف می‌شود.<sup>۸</sup> 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.<sup>۹</sup>

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.<sup>۱۰</sup>

علاوه‌راین، پپتیدهای ضد میکروبی تولیدشده توسط ریزجلبک‌ها نقش منحصره‌فردی در رنگ پوست، هموستاز ماتریکس خارج سلولی، مدیریت آکنه<sup>۱۱</sup>، نوسازی سلولی، سفیدکردن پوست، کنترل التهاب، القای رگ‌زایی و مدیریت استرس اکسیداتیو دارند.<sup>۷</sup> 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.<sup>۱۱</sup> 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.<sup>۲</sup>

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 ملانوما، موشی قبل از استفاده در انسان انجام داد. با این حال، مکانیسم تأثیر مواد آرایشی بر بدن انسان اغلب هنوز مشخص نیست.<sup>۹</sup>

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.<sup>۱۶</sup> (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، درحالی‌که پیری بیرونی ناشی از عوامل خارجی مانند اشعه فرابنفش، سموم و کاهش مراقبت از پوست می‌باشد.<sup>۱۷</sup>

در نتیجه پیری طبیعی، زوال پوست از نظر افزایش شفافیت، کیفیت و ازدست‌دادن خاصیت ارتجاعی ناشی از برجسته‌تر شدن عروق رخ می‌دهد. علاوه‌بر این، با افزایش سن، نازک‌شدن پوست، شل‌شدن، افزایش خشکی، رشد منافذ متخلخل، ایجاد خط و چین و چروک در نتیجه تشکیل فیبرهای الاستیک و تخریب کلاژن در درم افزایش پیدا کرده، هم‌چنین هیپرپیگمانتاسیون نیز رخ می‌دهد.<sup>۷</sup> عامل اصلی پیری پوست، قرارگرفتن در معرض اشعه فرابنفش است که در واقع پیری بیرونی یا پیری ناشی از صدمه آفتاب،

در دهه‌های اخیر با افزایش علاقه به لوازم آرایشی، نیاز به منابع طبیعی و پایدار برای تولید لوازم آرایشی و بهداشتی افزایش یافته است.<sup>۱۳</sup> 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.<sup>۱۴</sup>

عصاره‌ها یا مولکول‌های زیست‌فعال آن‌ها معمولاً در تولید محصولات آرایشی مانند لوسیون صورت، کرم، شامپو، صابون بدن<sup>۱۵</sup> و ایجاد رنگ در ترکیب

در دهه‌های اخیر با افزایش علاقه به لوازم آرایشی، نیاز به منابع طبیعی و پایدار برای تولید لوازم آرایشی و بهداشتی افزایش یافته است.<sup>۱۳</sup> 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.<sup>۱۴</sup>

عصاره‌ها یا مولکول‌های زیست‌فعال آن‌ها معمولاً در تولید محصولات آرایشی مانند لوسیون صورت، کرم، شامپو، صابون بدن<sup>۱۵</sup> و ایجاد رنگ در ترکیب

جدول ۱: معرفی برخی از سوبه‌های ریزجلبکی، نوع ترکیب بیواکتیو و کاربرد آن‌ها در صنایع آرایشی بهداشتی<sup>۲</sup>

فعالیت‌ها و کاربردهای بالقوه در لوازم آرایشی	سوبه ریزجلبک	ترکیب
افزایش تولید کلاژن	نوستوک کامونه، آنابنا وریبلیس، آفانوتک هالوفیتیکا	فوکوسترول مایکوسپورین - ۲ - گلیسین
مرطوب‌کننده پوست	پدیاسترم دوپلکس، کلامیدوموناس رینهاردتی، کلرلا پیرنودوسا، سیانیدیوم کالداریوم، آ. وریبلیس، آناسیستیس نیدولانس، گونه‌های اسیلاتوریا، فورمیدیوم فولاروم	هیدروکسی اسید
کاهش آسیب‌های اکسیداتیو نوری پوست و محافظت از پوست در برابر آفتاب‌سوختگی، پیری پوست و ایجاد چین و چروک	دونالیلا سالیبا، گونه‌های سندسموس و اسپیرولینا	رتینول
آبرسانی به پوست، کاهش لکه‌های پیری و تیرگی پوست	بوتریکوکوس برون، شیزوتریکس مانگروی، گونه‌های آراتیوکتیریوم و تراستریتیکوم	اسکوالن
پلی‌ساکاریدها	گونه‌های کلرلا	مرطوب‌کننده و غلیظ‌کننده
عصاره متانولی آگزوپلی ساکاریدها	آرتروسیرا پلتنسیس	آنتی‌اکسیدان
کریزولامینرین	ادونتلا اوریتا	آنتی‌اکسیدان
پلی‌ساکاریدهای سولفات	گونه‌های پورفیریدیوم، رودلا رتیکولاتا	آنتی‌اکسیدان
$\beta$ -1,3-Glucan	گونه‌های کلرلا، اسکلتونما، پورفیریدیوم و نوستوک فلاجیفورمه	تخریب رادیکال‌های آزاد و تقویت‌کننده سیستم ایمنی، ضدالتهاب
$\beta$ -carotenes	د. سالیبا	آنتی‌اکسیدان
آستاگزانتین	هماتوکوکوس پلوولیس	آنتی‌اکسیدان، محافظ ضدآفتاب
فیکوسیانوئیلین	گونه‌های اسپیرولینا و پورفیریدیوم	آنتی‌اکسیدان، رنگدانه برای خط چشم و رژ لب
فیکواریتریویلین	د. سالیبا	ضدالتهاب، تقویت سنتز هیالورونان
-کریپتوکسانتین	گونه‌های کلرلا	ازبین‌برنده بوهای موجود در دئودورانت‌ها
کلروفیل	گونه‌های کلرلا	لوازم آرایشی و بهداشتی برنزه‌کننده
کانتاگزانتین	نانوکلروپسیس سالیبا، نانوکلروپسیس اکولاتا، نانوکلروپسیس گادیتانا	سایه چشم
فیکوسیانیین	پورفیریدیوم کروتوم، اسپیرولینا پلتنسیس	آنتی‌اکسیدان، ضدپیری و ضدآفتاب
لیکوپن	آنابنا واجینیکولا	آنتی‌اکسیدان
ویتامین E ( -توکوفرول)	دونالیلا تریبولکتا، تراسلمیس سوکیکا	ضدآفتاب
بیوپترین گلوکز	پلاکتوتورکتیس دریازی	محافظت در برابر اشعه فرابنفش، محافظت در برابر استرس و مرطوب‌کننده
اکتوئین	هالوموناس الانگیت	ضدپیری
فیتوهومون‌ها (اکسین، آبسزیک اسید، سیتوکینین، اتیلن، ژیرلین‌ها)	ن. اسنیکا	ترمیم کلاژن (ضدپیری)
عصاره کلرلا ولگاریس	ک. ولگاریس	آنتی‌اکسیدان
عصاره ریزجلبک‌ها	فاداکتیلوم تریکورتوم، سندسموس واکولاتوس، ک. کسلری	

مکانیسم حفاظتی طبیعی با افزایش سن دچار اشکالاتی می‌شود؛ زیرا سطح آنتی‌اکسیدان کاهش می‌یابد<sup>۱۸</sup>. در این شرایط، عصاره ریزجلبک‌ها مانند کلروفیل، کاروتنوئیدها، فوکوسترول، اسکوالن، اسیدهای آمینه شبه‌مایکوسپورین و غیره مشتق شده از چندین ریزجلبک می‌توانند به‌عنوان عامل آنتی‌اکسیدانی برای مهار پراکسیداسیون لیپیدی، پراکسید، سوپراکسید و یون‌های هیدروکسیل برای

می‌نامند. مایکوسپورین - ۲ - 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<sup>۷</sup>.

عوامل آنتی‌اکسیدانی به‌طور طبیعی در پوست به‌منظور جلوگیری از بی‌ثباتی سلولی ناشی از تشکیل و تجمع گونه‌های فعال اکسیژن وجود دارد؛ اما این

سندسموس به‌عنوان تولیدکنندگان عمده اگزوپلی ساکارید 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.<sup>۲۰</sup>

انسان‌ها نمی‌توانند کاروتنوئیدها را به‌صورت *de novo* سنتز کنند و باید از طریق رژیم غذایی تأمین شوند. آن‌ها توانایی تجزیه کاروتنوئیدها مانند بتاکاروتن را از طریق 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.<sup>۲۱</sup>

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.<sup>۱۹</sup>

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، درحالی‌که در ایالات متحده در لمینت استفاده می‌شود. منبع اصلی اسکوالن کبد کوسه است؛ اما ریزجلبک‌ها را می‌توان به‌عنوان

محافظت از آسیب‌های پوستی استفاده شوند بنابراین، سطح آنتی‌اکسیدان 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.<sup>۳</sup>

مهم‌ترین اقدام برای جلوگیری از پیری پوست، مرطوب کردن 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 مرطوب کردن پوست استفاده می‌شود.<sup>۱۹</sup> محبوب‌ترین هیدروکسی‌اسیدهای مورد استفاده در لوازم آرایشی، اسید گلیکولیک و اسید لاکتیک هستند. ریزجلبک‌های آنابنا، کلرلا، کلامیدوموناس، آناسیستیس، فورمیدیوم و اسیلاتوریا، اسیدهای ۲ - هیدروکسی و اسیدهای ۳- هیدروکسی تولید کرده و عصاره‌های آن‌ها می‌توانند به‌عنوان یک کاندیدای امیدبخش برای عصاره‌گیری عمل نمایند.<sup>۲</sup>

هم‌چنین اگزوپلی ساکاریدهای تولیدشده توسط ریزجلبک‌ها را می‌توان به‌عنوان یک محصول مرطوب‌کننده قابل توجه در نظر گرفت. اگزوپلی ساکاریدها شامل چندین بیوپلیمر قابل توجه 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 در نتیجه تغییرات در مکانیسم بیوسنتز با توجه به مواد مغذی، شرایط کشت و سویه‌ها تنوع بسیاری دارند. به‌عنوان مثال ریزجلبک‌های اسپیرولینا، کلروکوکوم و

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 به دلیل سازگاری با محیط زیست، محبوبیت بیشتری پیدا کردند و در این راستا ریزجلبک‌ها به دلیل محتوای بالای مولکول‌های فیلترکننده UV مورد توجه بیشتری قرار گرفتند.<sup>۲۱</sup>

ریزجلبک‌ها، ترکیبات فیلترکننده UV مختلفی را برای محافظت از خود در برابر تابش خورشید تولید می‌کنند که از آن جمله می‌توان به اسپورپولن، 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.<sup>۵</sup> 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.<sup>۲۴</sup> (جدول ۲).

کاندیدای خوبی برای تولید اسکوالن ارزیابی کرد. اگرچه محتوای اسکوالن کبد کوسه بیشتر از گیاهان و ریزجلبک‌ها است؛ اما در دسترس بودن 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.<sup>۲۲</sup>

علاوه بر این، هنگامی که ریزجلبک‌ها و گیاهان از نظر 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، به دلیل محتوای لیپید بالایی که دارد به‌عنوان امیدوارکننده‌ترین تولیدکننده اسکوالن در نظر گرفته می‌شود؛ اما اخیراً آزمایش‌ها نشان داده است که گونه‌های آرانتیچیتریوم، امیدوارکننده‌ترین سویه ریزجلبک به‌عنوان منبع اسکوالن است.<sup>۲۳</sup>

### 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.<sup>۲۳</sup> این مکانیسم‌ها برای زنده‌ماندن ریزجلبک‌ها در زیستگاه‌های شدید بسیار مهم بوده و هم‌چنین بیوسنتز متابولیت‌های فیلترکننده UV - که به‌عنوان «ضدآفتاب‌های میکروبی» نیز نامیده می‌شود - ریزجلبک‌ها را به نامزدهای بالقوه‌ای برای صنایع آرایشی و بهداشتی تبدیل می‌کند تا در ضدآفتاب‌های مشتق‌شده از مواد طبیعی استفاده شوند.<sup>۲۱</sup>

جدول ۲: معرفی برخی از گونه‌های ریزجلبک که در لوازم آرایشی به‌عنوان ضدآفتاب استفاده می‌شوند<sup>۲۱</sup>

سویه ریزجلبک	ترکیب/عصاره	کاربرد آرایشی
گونه‌های کلروکلوپسیس	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. پروتوتکودیس، س. آلمرنسیس، د. سالیئا، گونه‌های موریلوپسیس، نئوسپونجیوکوکوس جلاتینوسوم، کلروکوکوم سیتیریفورمه، ک. زوفینجینسیس، گالدیریا سولفوراریا	لوسیون	محافظت از پوست در برابر آسیب‌های ناشی از اشعه فرابنفش
ک. پروتوتکودیس	مخلوطی از عصاره‌ها	تقویت ظاهر سالم پوست
گونه‌های آنابنا، گونه‌های کلروتریکس، گونه‌های کلروکلوپسیس، گونه‌های دیپلوکولون، گونه‌های گلثوپکپسا، گونه‌های هاپالوسیفون، گونه‌های لینگیبا، گونه‌های نوستوک، گونه‌های فورمیدیوم، گونه‌های پلئوروکپسا، گونه‌های ریولاریا، گونه‌های شیزوتریکس، گونه‌های سایتونما، گونه‌های تولیپوتریکس	سیتونمین	ضدآفتاب

آنابنا، سایتونما، شیزوتریکس، ریولاریا، فورمیدیوم، نوستوک، لینگیبا و تولیپوتریکس تولید می‌شود<sup>۲۵</sup>.

آمینواسیدهای شبه‌مایکوسپورین، ترکیبات بی‌رنگ و محلول در آب هستند که توسط میکروارگانیزم‌های 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<sup>۲۳</sup>.

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 مایکوسپورین مانند به‌عنوان فیلتر UV در ضدآفتاب‌ها

عصاره‌های میکروجلبک یا ترکیبات مشتق شده از آن‌ها می‌توانند از پوست در برابر آسیب‌های ناشی از آفتاب محافظت کنند. اسیدهای آمینه مانند اسکیتونمین و مایکوسپورین، مهم‌ترین و مورد مطالعه‌ترین مولکول‌هایی‌اند که در ضدآفتاب‌های تولیدشده توسط ریزجلبک‌ها استفاده می‌شوند<sup>۲۱</sup>.

اسکیتونمین، یک رنگدانه کوچک چربی‌دوست و خارج سلولی زرد - 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، گلثوکپسا، دیپلوکون، کلروژئوپسیس، کلروتریکس،

بسیار مهم است؛ زیرا می‌تواند اشعه فرابنفش ۳۰۹-۳۶۲ نانومتر را به شدت جذب کرده و در نتیجه 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 لینگیا، ترکیبات میکوسپورینی را تولید می‌کنند که خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی در شرایط آزمایشگاهی بوده و پتانسیل مهار گونه‌های اکسیژن فعال را به صورت *in vivo* دارند.<sup>۲۶</sup>

### 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 از طریق اکسیداسیون استفاده می‌گردد.<sup>۲۷</sup>

معمولاً از عصاره ریزجلبک اسپیرولینا، می‌توان به‌عنوان مهارکننده تیروزیناز استفاده کرد. علاوه بر مهار آنزیم تیروزیناز، با استفاده از ویتامین‌های C و E می‌توان از تشکیل ملانوزوم در پوست جلوگیری کرد. با توجه به تحقیقات انجام‌شده بر روی گونه‌های ریزجلبک‌های مختلف به‌عنوان تولیدکنندگان بالقوه ویتامین‌ها، می‌توان پیشنهاد کرد که پدیاستروم کرونوم به‌دلیل محتوای بالای ویتامین‌های C و E، می‌تواند نامزد مناسبی به‌عنوان یک ماده آرایشی

به‌منظور پیشگیری از ملانوما باشد.<sup>۲۸</sup>

### 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 در نهایت بر راندمان تولید، عملکرد و کیفیت محصول تأثیر می‌گذارد.<sup>۲۹</sup> به‌عنوان مثال، اگر کشت در فضای باز انجام شود، سویه باید تحمل بالایی در شرایط محیطی داشته باشد تا از آلودگی جلوگیری شود. هم‌چنین در صورتی که کشت در سیستم بسته اجرا شود، سویه موردنظر باید توانایی زنده‌ماندن در تنش‌های محیطی بالا را داشته باشد.<sup>۳۰</sup>

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، فتوبیوراکتور صفحه تخت، نسبت به سایر فتوبیوراکتورها مفیدتر خواهد بود.<sup>۳۱</sup>

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.<sup>۶</sup>

### 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.<sup>۳۱</sup>

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 از قبیل خط چشم و رژ لب استفاده نمود.<sup>۳۲</sup> تولید اسپیرولینا شامل چهار مرحله است: تولید، برداشت، خشک کردن و بسته‌بندی. کشت در حوضچه‌های نهر مانند انجام و سپس برداشت بیشتر با فیلتراسیون انجام می‌شود؛ اما باید توجه داشت که ممکن است به دلیل 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 خشک کردن را می‌توان با خشک‌نمودن با اسپری یا خشک کردن با آفتاب انجام داد.<sup>۳۳</sup>

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

شرایط کشت ریزجلبک‌ها از قبیل 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 مورد استفاده، 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 در نهایت بهترین شرایط را با در نظر گرفتن محصولات نهایی انتخاب کرد.<sup>۳</sup> هنگامی که مقدار مطلوب نهایی هدف تولید می‌شود، لازم است مقدار زیادی آب از محیط کشت از طریق فرآیند برداشت حذف شود.

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

جدول ۳: روش‌های خالص‌سازی برخی از مولکول‌های زیست فعال میکرو جلبکی<sup>۹</sup>

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

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.<sup>۳</sup>

شرکت دیگری محصولی را از عصاره کلرلا روانه بازار کرد که التهاب را خنثی و محافظت طبیعی پوست را به‌وسیله خواص آنتی‌اکسیدانی بهبود بخشید.<sup>۲۶</sup> بتاکاروتن مشتق‌شده از ریزجلبک دونالیلا با ادعای تحریک تکثیر سلولی تولید گشت. پلی ساکارید سولفات مشتق‌شده از گونه‌های پورفیریدیوم برای محافظت از پوست در برابر پیری ناشی از صدمه آفتاب و میکروارگانیزم‌ها با خواص ضد میکروبی 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. فیکوسیاینین، یک رنگدانه اصلی فتوسنتزی رنگ آبی اسپیرولینا است که به‌عنوان یک عامل رنگی در سایه چشم استفاده می‌شود.<sup>۳۲</sup> رنگ قرمز فیکواریترین مستخرج از گونه‌های پورفیرا و پورفیریدیوم به‌عنوان عامل رنگ‌کننده در محصولات آرایشی و بهداشتی استفاده می‌گردد.<sup>۳۳،۳۴</sup> (جدول ۴).

### نتیجه‌گیری

ریزجلبک‌ها متابولیت‌های زیست‌فعال منحصربه‌فرد و مهمی را از طریق 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، آگزوپلی ساکاریدها، اسانس‌ها و غیره برای تهیه لوازم آرایشی مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند.

می‌توانند در شوری بالا یا دماهای متفاوتی از ۵ - تا بیش از ۴۰ درجه سانتی‌گراد رشد کنند که باعث می‌شود این گونه مناسب‌ترین 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 نور خورشید بالا ایجاد می‌شود.<sup>۳۳</sup>

از طرف 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، به راحتی با رسوب‌گیری و سپس سانتریفیوژ برداشته می‌شوند. برای آزادسازی آستاگزانتین به اختلال سلولی نیاز بوده؛ اما تکنیک‌های دقیق آن توسط تولیدکنندگان علنی نشده است.<sup>۳۴</sup>

### محصولات ریزجلبک فعلی در بازار جهانی لوازم آرایشی

طی دو دهه گذشته، محصولات مشتق‌شده از ریزجلبک‌هایی مانند کلرلا، اسپیرولینا، آناسیستیس، نانوکلوپسیس، دونالیلا و هالیمنیا در تولید محصولات آرایشی در اروپا و ایالات متحده توسعه یافته است.

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
Ferens Cosmetics	ماسک سفیدکننده صورت اسپیرولینا	ا. پلتنسیس	کاهش تشکیل چین و چروک و بهبود رنگ پوست
Phytomer	—	ک. ولگاریس	التهاب را خنثی کرده و محافظ طبیعی پوست است
Skinicier	—	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 سفت‌کنندگی
Solazyme	آلژینست	آناکیتیس نیدولان	تقویت ایمنی پوست
Frutarom	آلگارد	گونه‌های پورفیریدیوم	محافظت از پوست در برابر پیری ناشی از صدمه آفتاب و فعالیت ضد میکروبی
Nature و Codif Recherche	درموکلرا	ک. ولگاریس	تقویت کلاژن‌سازی در پوست و محافظت از پوست
Dainippon Ink و Chemicals Inc.	—	گونه‌های اسپیرولینا، پورفیرا و پورفیریدیوم	عامل ایجاد رنگ در سایه چشم

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 بر روی بدن انسان دارند؛ بنابراین 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.

ریزجلبک‌ها منابع پایدار و طبیعی برای ترکیبات زیست‌فعالند بنابراین، آن‌ها به‌عنوان نامزدهایی امیدوارکننده برای محصولات آرایشی در نظر 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<sup>۲۸</sup>. در واقع ریزجلبک‌ها پتانسیل بالقوه‌ای برای جایگزینی مولکول‌های سنتزی

## References

- Zahra Z, Choo DH, Lee H, et al. Cyanobacteria: Review of current potentials and applications. *Environments* 2020; 7:13.
- Ariede MB, Candido TM, Jacome AL, et al. Cosmetic attributes of algae-A review. *Algal Res* 2017; 25: 483-7.
- 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.
- 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.
- 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, Haghghat 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 medicine. *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 peroxy 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

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

**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

---

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.

**2022, Volume 12, Number 4**