مروری بر کاربرد ریزجلبک‌ها در تولید لوازم آرایشی ـ بهداشتی

بهاره نوروزی [1*]
مهسا فتاحی [2]
محمدامین جهانگیرزاده [1]

۱. گروه بیوتکنولوژی، دانشکده علوم و فناوری‌های همگرا، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲. انستیتو تحقیقات ایمونولوژی، آسم و آلرژی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، 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.

ریزجلبک‌ها گروهی متنوع از میکروارگانیسم‌های یوکاریوتی و پروکاریوتی فتوسنتزکننده در اشکال و اندازه‌های مختلف هستند که با قرارگرفتن در شرایط استرس‌زا تکامل یافته و مکانیسم‌هایی در جهت حفظ بقای خود ابداع نموده‌اند. تولید ترکیبات بیوشیمیایی منحصربه‌فرد تحت عنوان ترکیبات زیست‌فعال یکی از این مکانیسم‌ها است. این ترکیبات ترمیم‌کننده و التیام‌دهنده پوست هستند و از پوست در برابر آسیب‌های ناشی از عوامل مختلف محافظت می‌کنند و در بسیاری از موارد، از این محصولات در درمان بیماری‌ها و فرمولاسیون‌های آرایشی استفاده می‌کنند. امروزه محصولات آرایشی مشتق‌شده از ریزجلبک‌ها که سازگار با محیط زیست و ایمن هستند، جایگزین محصولات موجود در بازار شدند. در این مقاله مروری، پتانسیل بسیاری از گونه‌های ریزجلبک و مولکول‌های زیست‌فعال مشتق‌شده از آن‌ها در تولید مواد آرایشی بهداشتی مورد بحث قرار می‌گیرد. علاوه‌بر آن با ارائه محصولات میکروجلبک فعلی در بازار جهانی لوازم آرایشی، اهمیت این موجودات را در استفاده از ریزجلبک‌ها در تولید لوازم آرایشی با کیفیت برجسته‌تر می‌سازد و درنهایت هم با ارائه پیشنهاداتی ازقبیل کپسوله‌سازی رنگدانه‌ها برای افزایش مقاومت و پایداری رنگدانه‌ها، کاربرد بیشتر آن‌ها را در صنایع آرایشی در آینده متصور می‌سازد.

کلیدواژه‌ها: ریز جلبک‌ها، محصولات آرایشی ـ بهداشتی، ترکیبات زیست‌فعال

دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۳/۲۹ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۶/۱۰

پوست و زیبایی؛ تابستان ۱۴۰۲، دوره ۱۴ (۲): ۱۲۹-۱۱۴

مقدمه

ریزجلبک‌ها گروهی ناهمگن از میکروارگانیسم‌های فتوسنتزکننده یوکاریوتی و پروکاریوتی در اندازه‌ها (۰/۲ میکرومتر و حتی بزرگتر از ۷۰ میلی‌متر) و اشکال مختلف هستند که بسیاری از ترکیبات ارزشمند با کاربردهای صنعتی را تولید می‌کنند. این ترکیبات بیولوژیکی با ارزش بالا شامل رنگدانه‌ها، آنتی‌اکسیدان‌ها، پلی‌ساکاریدها، تری‌گلیسیریدها، اسیدهای چرب و ویتامین‌ها هستند.

به‌نظر می‌رسد فعالیت‌های ضدسرطانی، آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی، ضدمیکروبی و تعدیل‌کنندگی سیستم ایمنی، ازجمله خواص مرتبط با این ترکیبات باارزش باشد. این‌گونه خواص موجب شده تا استفاده از این ترکیبات در حوضه محصولات آرایشی و بهداشتی رویکردی امیدوارکننده و نوآورانه در جهت توسعه محصولات سالم‌تر، کاربردی و پایدار باشد. از ریزجلبک‌ها می‌توان برای تولید برخی محصولات با ارزش یا ترکیبات زیست‌فعال استفاده کرد[1].

با این حال، ترکیبات خالص‌شده یا عصاره‌های فعال زیستی ریزجلبکی معمولاً ازنظر شیمیایی ناپایدار و به‌شدت مستعد تخریب اکسیداتیو هستند؛ به‌ویژه هنگامی که در معرض اکسیژن، نور، رطوبت، pH شدید و دماهای بالا قرار می‌گیرند. تخریب اکسیداتیو هم‌چنین ممکن است ترکیبات را مضر کرده و منجر به ایجاد طعم و بوی نامطبوع در محصول تولیدشده و متعاقباً منجر به تأثیر منفی در پایداری محصول و مقبولیت محصول در نگاه مصرف‌کننده شود. علاوه‌بر

[Downloaded from jdc.tums.ac.ir on 2025-04-04]

این‌ها، حلالیت ضعیف در آب معمولاً ازجمله مشکلات پیشِ رو و مربوط به کاربرد ترکیبات زیست‌فعال در محصولات مختلف است.

برای مثال در محصولات غذایی دارویی و کاربردی، جذب این ترکیبات ممکن است به‌دلیل شرایط دستگاه گوارش و خواص فیزیکی و شیمیایی آن‌ها با مشکل مواجه شود. در این زمینه، سیستم‌های کپسوله‌سازی یک رویکرد امیدوارکننده درنظر گرفته می‌شوند که با موفقیت در زمینه‌های مختلف به‌کار گرفته شده‌اند. این فرآیند شامل احاطه‌کردن یک ماده در یک پوشش ازطریق تکنیک‌های مختلف است که منجر به تولید نانو یا میکروذرات می‌شود. این استراتژی با چندین مزیت همراه است که از آن‌ها می‌توان به محافظت از ترکیب در طول پردازش، ذخیره‌سازی و توزیع تا مصرف و هم‌چنین ارتقای کنترل انتشار، پوشاندن طعم‌ها و بهبود حلالیت اشاره کرد[۲].

بررسی‌ها نشان داده بیشترین اثر ترکیبات ریزجلبکی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن‌هاست که به‌طور کلی می‌توان آن‌را با استفاده از روش‌های متعدد مانند مهار رادیکال سوپراکسید، مهار رادیکال هیدروکسیل، مهار رادیکال ۱،۱ ـ دی فنیل ـ ۲ ـ پیکریل هیدرازیل، اسید تیوباربیتوریک، تیوسیانات آهن، مهار رادیکال ۲، ۲۰ ـ آزینوبیس ـ ۳ ـ اتیل بنزوتیزولین ـ ۶ ـ سولفونات و سنجش مهار پراکسید لیپید اندازه‌گیری کرد. پس از مشخص‌شدن فعالیت آنتی‌اکسیدانی ترکیبات زیست‌فعال، محققان دریافتند که عصاره‌های ریزجلبکی یا ترکیبات زیست‌فعال مشتق‌شده از آن‌ها پتانسیل بالایی برای تبدیل‌شدن به محصولات جدید هم‌چون لوازم آرایشی، دارویی، مواد غذایی، بیوپلاستیک‌ها و بیوپلیمرها دارند[۳].

ترکیبات زیست‌فعال مستخرج از ریزجلبک‌ها

ریزجلبک‌ها مجموعه‌ای از مولکول‌های بیوشیمیایی تولید می‌کنند که با توجه به سویه ریزجلبکی و پاسخ‌های فیزیولوژیکی آن‌ها به عوامل زنده و غیرزنده، مانند شدت نور، دوره نوری، دما، مواد مغذی و فاز رشد متفاوتند. این عوامل بر فتوسنتز و مسیر و فعالیت متابولیسم سلولی تأثیر می‌گذارند که موجب تغییر در ترکیب سلولی می‌شود[۴]. در اکثر ریزجلبک‌ها، ترکیبات زیست‌فعال در زیست توده انباشته می‌شوند، با این حال در برخی موارد این متابولیت‌ها به‌عنوان اگزومتابولیت در محیط دفع می‌شوند. این ترکیبات می‌توانند مستقیماً ازطریق متابولیسم‌های اولیه یا مانند پروتئین‌ها، اسیدهای چرب و ویتامین‌ها طی متابولیسم ثانویه سنتز شوند.

ظاهر رنگارنگ ریزجلبک‌ها ناشی از رنگدانه‌هایی است که نور مرئی را جذب و نقش اساسی در فتوسنتز برعهده دارند. سه دسته اصلی این ترکیبات کلروفیل‌ها، کاروتنوئیدها و فیکوبیلیپروتئین‌ها هستند. کلروفیل ـ a رنگدانه اولیه در همه موجودات فتوسنتزی است، بیشترین انرژی را از طول موج‌های نور آبی ـ بنفش و قرمز ـ نارنجی جذب می‌کند و به‌عنوان دهنده الکترون اولیه در زنجیره انتقال الکترون عمل می‌کند.

همه ریزجلبک‌ها حاوی یک یا چند نوع کلروفیل هستند که براساس ویژگی‌های ساختاری و جذب طول موج آن‌ها طبقه بندی می‌شوند. نوع ـ a تنها نوع موجود در سیانوباکتری‌ها و رودوفیتا است و انواع ـ a و ـ b در کلروفیتا و اوگلنوفیتا یافت می‌شود. کلروفیل ـ c، ـ d و ـ e را می‌توان در ریزجلبک‌های دریایی و دیاتوم‌های آب شیرین یافت. دسته دیگر کاروتنوئیدها هستند که جزو مواد محلول در چربی با رنگ‌های متفاوت از قهوه‌ای، قرمز، نارنجی تا زرد هستند[۵].

این رنگدانه‌ها دو نقش کلیدی در فتوسنتز دارند؛ جذب نور در مناطق طیف مرئی و محافظت نوری سیستم‌های فتوسنتزی. تمام کاروتنوئیدهایی که مستقیماً در فتوسنتز نقش دارند، کاروتنوئیدهای اولیه نامیده می‌شوند؛ جایی که در انتقال انرژی جذب‌شده به کلروفیل‌ها شرکت می‌کنند بنابراین، طیف

[Downloaded from jdc.tums.ac.ir on 2025-04-04]

جذب‌کننده نور سلول را گسترش می‌دهد. برخی از گونه‌های ریزجلبکی می‌توانند به‌عنوان پاسخی به تنش‌های محیطی مانند نور با شدت بالا، کمبود مواد مغذی و تغییرات دما، تحت فرآیند کاروتن‌زایی قرار گیرند. این مواد که به‌عنوان کاروتنوئیدهای ثانویه طبقه‌بندی می‌شوند، نقش عمده‌ای در مکانیسم‌های محافظتی سلول ایفا می‌کنند. وجود این کاروتنوئیدها مانع از تشکیل گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود که ناشی از خاصیت آنتی‌اکسیدانی این گروه از رنگدانه‌ها است.

نمونه‌هایی از کاروتنوئیدهای اولیه عبارتند از آلفا کاروتن، بتاکاروتن، لوتئین، ویولاگزانتین، زآگزانتین و نئوگزانتین؛ درحالی که کاروتنوئیدهای ثانویه معمولی شامل آستاگزانتین، کانتاگزانتین و اکیننون هستند. علاوه‌بر کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها، فیکوبیلی‌پروتئین (کمپلکس رنگدانه ـ پروتئین) نیز معمولاً در سیانوباکتری‌ها، رودوفیتا و کریپتوموناداها وجود دارد که اجزای سلولی فلورسنت محلول در آب هستند[۶].

با توجه به توالی اسیدهای آمینه و طیف جذب، فیکوبیلی پروتئین‌ها را می‌توان به چهار کلاس اصلی تقسیم کرد: آلوفیکوسیانین (سبز مایل به آبی)، فیکوسیانین (آبی)، فیکواریترین (قرمز) و فیکواریتروسینین (نارنجی). تولیدکنندگان اصلی رنگدانه‌های میکروجلبکی گونه‌های آرتروسپیرا پلاتنسیس، پورفیریدیوم کروئنتوم، هماتوکوکوس پلوویالیس و دونالیلا سالینا هستند که به‌ترتیب قادر به جمع‌آوری مقدار قابل‌توجهی از فیکوسیانین، فیکواریترین، آستاگزانتین و β ـ کاروتن هستند[۷].

ریزجلبک‌ها هم‌چنین منبع ارزشمندی از ویتامین‌ها و مواد معدنی هستند. ویتامین‌های A، B1، B2، B6، B12، C، E، K، نیاسین، نیکوتینات، بیوتین و اسیدفولیک ازجمله نمونه‌هایی هستند که در این میکروارگانیسم‌ها یافت می‌شوند. در برخی از جنس‌های ریزجلبکی مانند آرتروسپیرا، کلرلا و سیندسموز، ویتامین A، B1، B2، E و نیاسین می‌توانند حتی سطوح بالاتری نسبت به مقادیر موجود در سبزیجات داشته باشند[۸].

معرفی برخی ترکیبات زیست‌فعال مستخرج از ریزجلبک‌ها

آستاگزانتین: از هماتوکوکوس پلوویالیس (رنگ قرمز) به‌دست می‌آید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی ده برابر قوی‌تر از سایر کاروتنوئیدها (مانند بتاکاروتن، زآگزانتین و غیره) و ۱۰۰ برابر قوی‌تر از آلفا توکوفرول دارد. بسیاری از پژوهشگران بر این باورند که آستاگزانتین در پاسخ‌های التهابی سیستم ایمنی، در فشار خون بالا، سرطان، بیماری‌های چشم و بیماری‌های قلبی ـ عروقی و هم‌چنین در مقابله با پیرشدن پوست بسیارمؤثر است[۹].

لیکوپن: به خانواده کاروتنوئیدها تعلق داشته و یک آنتی‌اکسیدان کارآمد است که می‌تواند رادیکال‌های آزاد مشتق‌شده از اکسیژن را خنثی کند. امروزه از لیکوپن در فرمولاسیون‌های مراقبت فردی به‌عنوان یک عامل ضدپیری استفاده می‌شود. علاوه‌بر آن از آنابنا واژینیکولا می‌توان به‌عنوان یکی از منابع لیکوپن یاد کرد[۱۰].

فوکوگزانتین: یک رنگدانه کاروتنوئیدی است که مصرف آن با بهبود مقاومت به انسولین و کاهش سطح گلوکز خون همراه با اثرات ضدسرطانی و ضدالتهابی همراه است. فئوداکتیلیوم تریکورنوتوم که یک دیاتوم دریایی است، منبعی غنی از فوکوگزانتین می‌باشد[۱۱].

فیکوسیانین: یک رنگدانه فتوسنتزی آبی رنگ که می‌توان از آن به‌عنوان رنگ در لوازم آرایشی مانند خط چشم و رژ لب استفاده کرد. مطالعات نشان داده برخی از فعالیت‌های بیولوژیکی مانند فعالیت‌های ضدتوموری، ضدباکتریایی، ضدالتهابی و محافظت از کبد، به‌طور مستقیم با ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آن مرتبط هستند. آرتروسپیرا ماکسیما و آرتروسپیرا پلاتنسیس دو منبع غنی از فیکوسیانین هستند[۱۲].

[Downloaded from jdc.tums.ac.ir on 2025-04-04]

فیکوسیانوبیلین‌ها (رنگدانه آبی) و فیکواریتروبیلین‌ها: از اسپیرولینا و پورفیریدیوم به‌دست‌آمده و خاصیت آنتیساکسیدانی بالقوه‌ای دارند. این ترکیبات، رنگ‌هایی پروتئینی با سمیت کم و جایگزینی مناسب برای رنگ‌های مصنوعی هستند[۱۳].

ß ـ کریپتوگزانتین: یک کاروتن موجود در دونالیلا سالینا است که علاوه‌بر خاصیت ضدالتهابی، قادر به القای سنتز اسید هیالورونیک ـ که یک گلیکوزآمینوگلیکان دخیل در آبرسانی پوست است ـ می‌باشد[۱۴].

کلروفیل: برخی از گونه‌های جنس کلرلا (عمدتاً کلرلا ولگاریس) برای به‌دست‌آوردن کلروفیل به‌منظور استفاده به‌عنوان رنگدانه در فورمولاسیون‌های آرایشی مورداستفاده قرار گرفته‌اند. کلروفیل‌ها در دئودورانت‌ها، به‌دلیل توانایی آن‌ها در پوشاندن بوها و همچنین در خمیردندان‌ها کاربرد دارند؛ اما خواص ضدسرطانی نیز به آن‌ها نسبت داده شده است[۱۵].

1-β-3 گلوکان: مهم‌ترین ترکیب تولیدشده توسط گونه‌های جنس کلرلا است که محرک سیستم ایمنی، پاک‌کننده رادیکال‌های آزاد و کاهش‌دهنده چربی خون می‌باشد[۱۶].

ویتامین E: ویتامین E یک آنتی‌اکسیدان مؤثر درنظر گرفته می‌شود و به‌طور گسترده در فرمولاسیون‌های آرایشی استفاده می‌شود. دونالیلا ترتیولکتا و تتراسلمیس سویسیکا، غلظت نسبتاً بالایی از ویتامین‌ها را تولید می‌کنند که یکی از آن‌ها ویتامین E است. این ویتامین به‌عنوان یک سیستم وابسته به نیکوتین آمید آدنین دی نوکلئوتید هیدرات (NADH) از پوست پستانداران در برابر آسیب‌های ناشی از اشعه فرابنفش محافظت می‌کند. علاوه‌بر این، می‌تواند به‌طور ویژه‌ای در لایه شاخی که در بالای پوست قرار دارد و انتشار غیرفعال آب را کنترل می‌کند، جذب شود[۱۷].

اکتوئین (۱،۴،۵،۶ ـ تتراهیدرو ـ ۲ ـ متیل ـ ۴ ـ پیریمیدین کربو زایلیک اسید): اکتوئین مزایای آرایشی متعددی مانند محافظت از سیستم ایمنی، محافظت از سلول، محافظت در برابر اشعه فرابنفش و محافظت از غشاء دارد. اکتوئین‌ها را می‌توان در باکتری‌های هالوفیل مانند هالوموناس الونگاتا، هالوموناس بولیوینسیس، بروی‌باکتریوم اپیدرمیدیس، کروموهالوباکتر ایسرائیلنسیس یا کروموهالوباکتر سالکسیجنس یافت[۱۸].

مایکوسپورین ـ ۲ ـ گلیسین (M2G): یک اسید آمینه نسبتاً کمیاب و مهارکننده تشکیل AGE (محصولات نهایی گلیکاسیون پیشرفته) است که می‌تواند یک ترکیب مهم در محصولات ضدپیری باشد. مطالعات نشان داده‌اند که نوستوک کامیونی، آنابنا واریابیلیس و آفانوتیس هالوفیتیکا می‌توانند مایکوسپورین ـ ۲ ـ گلیسین را سنتز کنند[۱۸].

فوکوسترول: یک جزء ساختاری غشای سلولی و یک ترکیب استرول طبیعی است که خاصیت آنتی‌اکسیدانی و ضدسرطانی دارد که می‌تواند در بیان MMPS کاهش و در تولید کلاژن افزایش یابد. اولیشودیسکوز لوتئوس حاوی ۳۱٫۳ درصد از کل زیست توده فوکوسترول و نانوکلروپسیس سالینا نیز حاوی درصد بالایی از آن است[۱۸].

سیتونمین: یک رنگدانه کوچک چربی‌دوست، خارج سلولی و زرد ـ قهوه ای است که توسط سیانوباکتری‌ها و در غلاف آن‌ها سنتز می‌شود، تا زمانی که در معرض تابش زیاد خورشید قرار می‌گیرد از آن در برابر اشعه UVA با جذب تا ۹۰٪ محافظت کند. UVA ژن مسئول بیوسنتز سیتونمین را تحریک و شروع به تولید سیتونمین می‌کند و در ماتریکس خارج سلولی انباشته می‌شود. سیتونمین و مشتقات سیتونمین را می‌توان توسط آنابنا، کالوتریکس، کلروگلوئوپسیس، دیپلوکولون، گلوئوکاپسا، هاپالوسایفون، لینگبیا، نوستوک، فورمیدیوم، پلیوروکاپسا، ریویولاریا، اسکیزوتریکس، سیتونما و تولیپوتریکس تولید کرد[۱۸].

لوتئین: از پوست در برابر آسیب‌های ناشی از اشعه

[Downloaded from jdc.tums.ac.ir on 2025-04-04]

UV محافظت می‌کند. از منابع آن می‌توان به کلرلا پروتوتکویداز، سیندسموز المرینسیس، موریلوپسیس .sp، نئوسپونجی کوکوس گلاتینوزوم، کلروکوکیوم سیتریفورم، کلرلا زوفینجینسیس، دونالیلا سالینا و گالدیریا سولفوراریا اشاره کرد[۱۹].

هورمون‌های گیاهی: جنس‌های مختلف سیانوباکتری‌ها و جلبک‌ها گروه متنوعی از هورمون‌های گیاهی را که در رشد و نمو گیاهان دخیل هستند، تولید و آزاد می‌کنند. فیتوهورمون‌ها، ازجمله اکسین، اسید آبسیزیک، سیتوکینین، اتیلن (ET) و ژیبرلین‌ها، در طیف وسیعی از دودمان‌های ریزجلبکی یافت شده‌اند. فیتوهورمون‌های ریزجلبکی می‌توانند در مقابله با علائم پیری پوست نقش داشته باشند[۱۹].

پلی‌ساکاریدهای ریزجلبکی: کاربردهای بالقوه‌ای در محصولات آرایشی دارند. به‌طور مثال به‌عنوان عوامل ژل‌کننده و غلیظ‌کننده در فرمول‌های آرایشی مختلف یا مرطوب‌کننده کاربرد دارند. دارای خواص ضدویروسی، ضدالتهابی، تعدیل‌کنندگی سیستم ایمنی و هم‌چنین روان‌کنندگی مفاصل هستند. محبوب‌ترین جنس‌ها و گونه‌های تولیدکننده این پلی‌ساکاریدها شامل تتراسلمیس .sp، ایزوکرایسیس .sp، پورفیریدیوم کروئنتوم و پورفیریدیوم پورپوریوم و کلرلا و پدیستریوم دیوپلکس هستند[۱۹].

عصاره‌های ریزجلبکی: برخی از عصاره‌های ریزجلبک‌ها را می‌توان در محصولات مراقبت از پوست استفاده کرد (به‌عنوان مثال، عصاره کلرلا ولگاریس سنتز کلاژن را در پوست تحریک می‌کند و می‌تواند در محصولات حمایت‌کننده از بازسازی بافت و کاهش چین و چروک استفاده شود). برخی عصاره‌های ریزجلبکی می‌توانند از پوست در برابر آسیب‌های ناشی از آفتاب محافظت کنند (به‌طور مثال، عصاره فئوداکتلیوم تریکورنوتوم از پوست در برابر اثرات مضر قرارگرفتن در معرض اشعه فرابنفش محافظت می‌کند، ایجاد چین و چروک را به تأخیر می‌اندازد و با تحریک فعالیت پروتئازوم در پوست، عمق آن‌ها را کاهش می‌دهد)[۲۰].

لوازم آرایشی مستخرج از جلبک‌ها و مؤثر در سلامت پوست

پوست که به‌عنوان سد اولیه در برابر ازبین‌رفتن مواد درون‌زا و هم‌چنین نفوذ عوامل خارجی به بدن عمل می‌کند و ازآنجایی که در ارتباط مستقیم با محیط قرار دارد، هدف برخی عوامل برون‌زا مانند اشعه فرابنفش، عوامل بیماری‌زا، آلودگی و سایر ترکیبات سمی است. چنین عواملی معمولاً با تولید بیش از حد گونه‌های فعال اکسیژن و سایر رادیکال‌های آزاد مرتبط هستند و ممکن است اثرات مضر زیادی ازجمله آسیب DNA، استرس اکسیداتیو، پیری نوری، و سرطان‌زایی ایجاد کنند که نیاز به پیشگیری و یا درمان دارند.

اگرچه پوست مجهز به یک سیستم آنتی‌اکسیدانی بسیار پیچیده است که از آن در برابر عوامل درونی و بیرونی محافظت می‌کند، با این حال این سیستم آنتی‌اکسیدانی پوست ممکن است در اثر عوامل مختلف دچار آسیب شود. استفاده از محصولات آرایشی و بهداشتی در جهت پیشگیری از آسیب‌ها یا بهبود ساختار، مورفولوژی و ظاهر پوست یا دیگر قسمت‌های خارجی بدن که تحت تأثیر چنین عواملی قرار گرفته‌اند، یک راه‌حل در رفع این مشکل است. بخش بزرگی از این محصولات شامل فرمولاسیون‌های موضعی پوست است که از مواد کمکی و یک یا چند ماده فعال تشکیل شده و در بهبود آسیب‌های وارده به پوست یا پیشگیری از آن‌ها مؤثر هستند[۲۱].

علاوه‌بر این، عصاره‌های ریزجلبک‌ها دارای ترکیبات زیست‌فعال مختلفی هستند که روند بهبودی را تسریع و رطوبت پوست را حفظ می‌کنند و متابولیت‌های ثانویه موجود در آن‌ها مانند پروتئین‌ها، کاروتنوئیدها، رنگدانه‌ها، اسیدهای چرب می‌توانند از ایجاد لک جلوگیری کرده، پوست آسیب‌دیده را ترمیم و رطوبت

[Downloaded from jdc.tums.ac.ir on 2025-04-04]

پوست را حفظ کنند. از دیگر ترکیبات ریز جلبکی می‌توان به پپتیدهای ضدمیکروبی اشاره کرد که نقش منحصربه‌فردی در رنگ پوست، هموستاز ماتریکس خارج سلولی، مدیریت آکنه، نوسازی سلولی، سفیدکردن پوست، کنترل التهاب، القای رگ‌زایی و مدیریت استرس اکسیداتیو برعهده دارند[۲۲].

یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های محصولات آرایشی و بهداشتی این است که باید ایمن باشند؛ زیرا مواد شیمیایی موجود در آن‌ها ممکن است عوارض جانبی مانند ایجاد واکنش‌های حساسیت مفرط، واکنش آنافیلاکتیک یا مسمومیت کشنده را نشان دهند. این قبیل اثرات باید قبل از استفاده، شناسایی و نظارت شوند تا از عوارض جانبی حاصل از آن‌ها اطمینان حاصل شود. برخی از آزمایشات مهم در این زمینه شامل تست سنجش سمیت ژنتیکی، سمیت نوری، سمیت فوتوژن، سموم سینتیک و سرطان‌زایی است که برای شناسایی یک ترکیب به‌عنوان یک ماده آرایشی ایمن باید مورد بررسی قرار گیرند.

بدون شک محصولات آرایشی ـ بهداشتی مشتق‌شده از ترکیبات ریزجلبکی نیز از این قاعده مستثنی نبوده و باید در این زمینه‌ها مورد بررسی قرار گیرند. برای مثال در زمینه بررسی پتانسیل سرطان‌زایی ترکیبات زیستی مشتق‌شده از ریزجلبک‌ها، می‌توان از آزمایش‌های سمیت ژنتیکی و یا سمیت نوری ترکیبات زیستی ریزجلبکی و تست فوتوهمولیز گلبول‌های قرمز استفاده کرد. رده سلولی سرطان کبد انسان (HepG2) و رده سلولی ملانوم موشی (B16F10)، دو رده سلولی مناسب برای ارزیابی در این زمینه هستند[۲۳].

در دهه‌های اخیر با افزایش علاقه به لوازم آرایشی، نیاز به منابع ایمن و پایدار برای تولید لوازم آرایشی و بهداشتی افزایش یافته است. عصاره‌های ریزجلبکی و یا ترکیبات زیست‌فعال آن‌ها معمولاً در محصولات مراقبت شخصی مانند لوسیون، کرم، شامپو، صابون کاربرد دارند و استرول‌های ریزجلبکی را می‌توان در کرم‌های مرطوب‌کننده استفاده کرد. رنگدانه‌های ریزجلبکی مانند کلروفیل، کتوکاروتنوئید، آستاگزانتین و بتاکاروتن در کرم‌های ضدپیری، لایه بردارهای ضدتحریک و محصولات مراقبت از پوست کاربرد دارند.

برخی ترکیبات دیگر هم‌چون آستاگزانتین‌های کتوکاروتنوئید و بتاکاروتن‌ها مولکول‌های پیش‌ساز ویتامین A هستند. گزارش شده که پلی‌ساکاریدهای ذخیره شده در سیتوپلاسم ریزجلبک‌ها می‌توانند تأثیر مهمی بر درمان‌های زیست‌پزشکی داشته باشند. ازسوی دیگر این واقعیت که برخی از این پلی‌ساکاریدها، به‌ویژه 1-ß و 3- گلوکان، جمع‌کننده‌های رادیکال‌های آزاد و محرک‌های ایمنی فعال هستند، آن‌ها را کاندیدهای خوبی برای استفاده در لوازم آرایشی مراقبت از پوست، به‌ویژه در جلوگیری از پیری پوست (مرتبط با عوامل محیطی) و اکسیداسیون ناشی از رادیکال‌های آزاد می‌کند[۲۴].

بررسی پتانسیل ضدپیری ترکیبات زیست فعال

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 است، درحالی که پیری بیرونی ناشی از عوامل خارجی مانند اشعه فرابنفش، سموم و عدم مراقبت از پوست است. درنتیجه پیری ذاتی، زوال پوست ازنظر کاهش شفافیت، کیفیت و ازدست‌دادن خاصیت ارتجاعی به‌دلیل برجسته‌ترشدن عروق رخ می‌دهد.

عامل اصلی پیری پوست، قرارگرفتن در معرض اشعه فرابنفش است. بیش از ۳۰۰ نظریه در مورد فرآیند پیری وجود دارد و تشکیل محصولات نهایی گلیکاسیون پیشرفته، اثرات ROS و متالوپروتئینازهای ماتریکس (MMPs)، مهم‌ترین فرآیندهای آن هستند. با وجود اینکه به‌طور طبیعی عوامل آنتی‌اکسیدانی در

[Downloaded from jdc.tums.ac.ir on 2025-04-04]

پوست وجود دارد که موجب جلوگیری از بی‌ثباتی سلولی ناشی از تشکیل و تجمع ROS هستند، این مکانیسم حفاظت طبیعی با افزایش سن دچار اشکالاتی می‌شود و سطح آنتی‌اکسیدانی آن کاهش می‌یابد. در این شرایط، عصاره ریزجلبک‌ها و کلروفیل، کاروتنوئیدها، فوکوسترول، اسکوالن، آمینواسیدهای شبه‌مایکوسپورین و غیره که از چندین ریزجلبک مشتق شده‌اند، می‌توانند به‌عنوان عامل آنتی‌اکسیدانی برای مهار پراکسیداسیون لیپیدی، پراکسید، سوپراکسید و فرمولاسیون هیدروکسیلیون‌ها برای محافظت از آسیب‌های پوستی استفاده شوند بنابراین، سطح آنتی‌اکسیدان حفظ می‌شود و از آسیب پوست توسط ROS جلوگیری می‌شود.

آزمایشات نشان داده‌اند که استرس اکسیژن اجزای آنتی‌اکسیدانی اسپیرولینا پلاتنسیس را تا ۲٫۳ برابر افزایش می‌دهد. MMPها آنزیم‌های اصلی ماتریکس خارج سلولی هستند و باعث تخریب کلاژن، کاهش خاصیت ارتجاعی پوست، ایجاد چین و چروک و افزایش پیری پوست می‌شوند[۲۵].

اگزوپلی ساکاریدها (EPS) تولیدشده توسط ریزجلبک‌ها را می‌توان به‌عنوان یک محصول مرطوب‌کننده قابل‌توجه درنظر گرفت. EPS شامل چندین بیوپلیمر قابل توجه است که وزن مولکولی بالایی دارند. ریزجلبک‌ها این بیوپلیمرها را تولید می‌کنند و در حین کشت آن‌ها را به محیط کشت ترشح می‌کنند. گلوکورونیک اسید یکی از آن‌هاست که می‌توان از آن برای جلوگیری از خشکی پوست و تنظیم محتوای آب در پوست استفاده کرد. کلرلا پیرنویدوسا FACHB-9، کلروکوکیوم .sp، پورفیریدیوم کروئنتوم، اسپیرولینا پلاتنسیس و سیندسموز .sp به‌عنوان تولیدکنندگان EPS شناخته می‌شوند. دونالیلا سالینا، سیندسموز .sp و اسپیرولینا .sp مقدار بالایی از بتاکاروتن با فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالا تولید می‌کنند.

هر مولکول این رنگدانه دو مولکول ویتامین A (رتینول) تولید می‌کند. ویتامین A آسیب‌های اکسیداتیو نوری روی پوست را کاهش می‌دهد و از پوست در برابر آفتاب‌سوختگی، پیری پوست و ایجاد چین و چروک محافظت می‌کند. محصول ریزجلبکی دیگر به‌نام اسکوالن و شکل هیدروژنه آن اسکوالان توانایی حفظ اثرات ضدالکتریسیته ساکن و نرم‌کننده کرم‌های مرطوب‌کننده را دارند تا کیفیت پوست ایده‌آل را تضمین کنند. هم‌چنین فعالیت آنتی‌اکسیدانی مهمی برای آبرسانی به پوست و کاهش لکه‌های پیری و هایپرپیگمانتاسیون به دلیل خواص غیرسمی، غیرحساس و غیرتحریک‌کننده از خود نشان می‌دهند.

منبع اصلی اسکوالن کبد کوسه است؛ اما ریزجلبک‌ها را می‌توان به‌عنوان کاندیدای خوبی برای تولید اسکوالن ارزیابی کرد. درنتیجه چندین آزمایش، بوتریکوکوس برایونی، اسکیزوکیتریوم مانگروی و تراستوکیتریوم .sp به‌عنوان تولیدکنندگان اسکوالن تعیین شده‌اند. در جدول یک برخی از ترکیبات با فعالیت ضدپیری و ریزجلبک‌های تولیدکننده آن‌ها به همراه خاصیت آن‌ها آورده شده است[۲۶].

پتانسیل ضدآفتاب ترکیبات زیست‌فعال مشتق از ریزجلبک‌ها

UVB تشعشع اصلی از تابش‌های خورشیدی است و اثرات بسیار خطرناکی مانند شکستن رشته‌های DNA، اختلال در غشاء، غیرفعال‌شدن آنزیم، تشکیل ضایعات DNA سیتوتوکسیک بر موجوداتی که در معرض نور خورشید قرار دارند، دارد. اشعه UVA به طور غیرمستقیم با تشکیل گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) به DNA آسیب می‌زند. درنتیجه این اثرات، UVA و UVB اثرات سرطان زا و جهش زا را بر بدن انسان نشان می‌دهند و پیری پوست و بیماری‌های پوستی را تسریع می‌کنند.

[Downloaded from jdc.tums.ac.ir on 2025-04-04]

جدول ۱: ترکیبات ریزجلبکی موثر با اثرات ضدپیری[۲۷].

ترکیب	ریزجلبک	اثر آرایشی
مایکوسپورین ـ ۲ ـ گلایسین	نوستوک کامیونی، انابنا واریابیلیس، آفانوتیس هالوفیتیکا	مهار نهایی محصولات گلیکاسیون پیشرفته
فوکوسترول	اولیستودیسکوز لوتئوس و نانوکلروپسیس سالینا	کاهش بیان متالوپروتئینازهای ماتریکس و افزایش تولید کلاژن
هیدروکسی اسید	پدیستریوم دیوپلکس، کلامیدوموناس، رینهاردتی، کلرلا، پیرنوئیدوزا، سیانیدیوم، کالداریوم، آنابنا واریابیلیس، آناسیستیس نیدولانس، اوسیلاتوریا اسپسیس، فورمیدیوم و فووئولاریوم	رطوبت‌رسانی به پوست
رتینول	دونالیلا سالینا، سیندسموز .Sp و اسپیرولینا .Sp	کاهش آسیب‌های اکسداتیو روی پوست و محافظت از پوست در برابر آفتاب سوختگی، پیری پوست و ایجاد چین و چروک
اسکوالان	بوتری‌کوکوس برایونی، اسکیزوکیتریوم، منگرووی، اورانتیوکیتریوم .sp و تراستوکیتریوم .sp	آب‌رسانی به پوست، کاهش لکه‌های پیری و هایپرپیگمانتاسیون

ریزجلبک‌ها مکانیسم‌های مختلفی را برای محافظت از خود در برابر اشعه فرابنفش توسعه دادند: ۱) بیان آنزیم‌های ترمیم DNA، ۲) تولید آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، ۳) اجتناب از UV و ۴) تولید و تجمع متابولیت‌های فیلتر UV. این مکانیسم‌ها برای زنده‌ماندن ریزجلبک‌ها در شرایط سخت بسیار مهم هستند و همچنین بیوسنتز این متابولیت‌های فیلترکننده UV، که «ضدآفتاب‌های میکروبی» نیز نامیده می‌شود، ریزجلبک‌ها را کاندیدای بالقوه‌ای برای صنایع آرایشی و بهداشتی می‌کند تا در ضدآفتاب‌های مشتق‌شده از طبیعت استفاده شوند. دو راه برای محافظت در برابر اشعه فرابنفش وجود دارد: جذب یا بازتاب اشعه.

فیلترهای فیزیکی تابش خورشید را منعکس می‌کنند تا از نفوذ آن به پوست جلوگیری کنند. جاذب‌های شیمیایی اشعه فرابنفش را جذب می‌کنند تا از رسیدن آن به DNA جلوگیری کنند. اکثر کرم‌های ضدآفتاب در فرمولاسیون خود، جاذب و بازتابنده هستند، 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. مشخص شده است که اکسی بنزون، یک جاذب شیمیایی، برای موجودات دریایی سمی است بنابراین، جذب‌کننده‌های بیولوژیکی به‌دلیل سازگاری با محیط زیست محبوبیت بیشتری پیدا کردند و در این راستا ریزجلبک‌ها به‌دلیل محتوای بالای مولکول‌های فیلتر UV بیشتر مورد توجه قرار گرفتند. از این مولکول‌ها می‌توان به اسپوروپولنین، سیتونمین، اسیدهای آمینه شبه‌مایکوسپورین، کاروتنوئیدها و سایر ترکیبات مانند گلوکوزید بیوپترین، لیکوپن به‌عنوان مولکول فیلتر UV و اکتوئین برای محافظت در برابر اشعه فرابنفش و فوتوایجینگ (پیری پوست) اشاره کرد[۲۸].

اسیدهای آمینه مانند سیتونمین و مایکوسپورین مهم‌ترین و موردمطالعه‌ترین مولکول‌های ریزجلبکی مورداستفاده در ضدآفتاب‌ها هستند. بیش از ۲۲ آمینواسید شبه‌مایکوسپورین (MMA) توسط ارگانیسم‌های دریایی مانند سیانوباکتری‌ها، ریزجلبک‌ها، جلبک‌های ماکرو، قارچ‌ها و غیره تولید می‌شود که با محافظت از سلول‌ها در برابر اشعه‌های UVB و UVA و جذب تشعشع و پخش انرژی حرارتی اضافی به سلول و محیط اطراف، به‌عنوان محافظ عمل

[Downloaded from jdc.tums.ac.ir on 2025-04-04]

می‌کنند. هم‌چنین با جلوگیری از آسیب DNA ناشی از گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان عمل می‌کند. استفاده از MAAها به‌عنوان فیلتر UV در ضدآفتاب‌ها بسیار مهم است؛ زیرا می‌تواند اشعه فرابنفش ۳۶۲-۳۰۹ نانومتر را به‌شدت جذب کند. آن‌ها همچنین در برابر نور، گرما، تغییرات pH و حلال‌های مختلف بسیار مقاوم هستند.

مشخص شده است که نوستوک کامیونی، نوستوک اسفریکوم و نوستوک .R76DM sp، MAAهایی تولید می‌کنند که دارای خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی در شرایط آزمایشگاهی و پتانسیل مهار گونه‌های اکسیژن فعال در داخل بدن هستند[۲۹] (جدول ۲).

پتانسیل سفیدکنندگی ترکیبات زیست‌فعال مشتق از ریزجلبک ها

پوست در برخی از قسمت‌ها به دلیل اشعه فرابنفش، پیری و بارداری دچار تیرگی شده و یکنواختی از بین می‌رود، که حتی اگر مضر نباشد، می‌تواند باعث مشکلات جدی مانند ملانوما شود. رنگدانه ملانین دلیل رنگدانه‌شدن مو، پوست و چشم است و برای محافظت از پوست در برابر آسیب اشعه فرابنفش سنتز می‌شود؛ اما تولید بیش از حد ملانین باعث ایجاد رنگ متفاوت پوست می‌شود. هنگامی که پوست در معرض آفتاب قرار می‌گیرد، سنتز تیروزیناز و ملانوزوم افزایش می‌یابد[۳۰].

ملانوزوم‌ها چهار مرحله برای تشکیل ملانین دارند: تولید ملانوزوم، توسعه فیبرهای داخلی، پیشرفت و رسوب بالای ملانین. تیروزیناز آنزیمی کلیدی است که سنتز ملانین را آغاز می‌کند. با استفاده از مهارکننده‌های تیروزیناز می‌توان از تولید ملانین در پوست جلوگیری کرد. مهارکننده‌های تیروزیناز شامل ساختار فنلی یا گروه‌های لخته‌کننده فلز هستند که از آن‌ها می‌توان به هیدروکینون، آربوتین، اسید کوجیک، اسید آزلائیک، اسید ال ـ آسکوربیک، اسید الاژیک،

جدول ۲: ترکیبات ریزجلبکی دارای اثرات ضدآفتاب[۲۹].

ریزجلبک	ترکیب/عصاره	اثر آرایشی
کلروپسیس .spp	عصاره آبی	جلوگیری از پیری نوری، ایجاد چین و چروک و افتادگی پوست
نانوکلروپسیس	زیست توده	ضدآفتاب
نانوکلروپسیس آکیولاتا	عصاره	جلوگیری از تشکیل رنگدانه پوست، القای سفیدشدن
فئوداکتیلیوم تریکورنوتوم	عصره اتانولی	محافظت از پوست در برابر اشعه UV و کاهش ایجاد چین و چروک
کلرلا پروتوتکوئیدیس، سیندسموز، المرینسیس، دونالیلا سالینا، موریلوپسیس .sp، نئوسپونژیوکوکوس، ژلاتینوزوم، کلروکوک سیتریفورم، کلرلا زوفینجینسیس و گالدیریا سولفورااریا	لوتئین	محافظت از پوست در برابر اشعه UV
کلرلا پروتکوئیدیس (UTEX 31) و پاراکلرلا	ترکیب عصاره‌ها	تقویت ظاهر سالم پوست
آنابنا .spp، کالوتریکس .spp، کلروگلوئوپسیس .spp، دیپلوکولون .spp، گلئوکپسا .spp، هاپالوسایفون .spp، لینگبیا .sp، نوستوک .spp، فورمیدیوم .spp، پلوروکپسا .spp، ریولاریا .spp، اسکیزوتریکس .spp، سیتونما .spp و تولیپوتریکس .spp	سیتونمین	ضدآفتاب
نوستوک کامیونی، نوستوک اسفریکوم R76DM نوستوک .sp و لینگبیا .sp	MAAs	ضدآفتاب و محافظت از پوست

[Downloaded from jdc.tums.ac.ir on 2025-04-04]

ترانکسامیک اسید اشاره کرد. متأسفانه آزمایشات نشان داده که این مهارکننده‌ها، اثرات مضری مانند تحریک پوست، جهش‌زایی برای سلول‌های پستانداران، ایجاد آسیب DNA و درماتیت آلرژیک هستند.

با توجه به سمیت بالا، پایداری کم، فعالیت ناکافی و نفوذ ضعیف به پوست، یافتن جایگزین‌های طبیعی مناسب برای این مهارکننده‌های تیروزیناز مصنوعی ضروری است و ریزجلبک‌ها می‌توانند یک کاندیدای امیدوارکننده باشند. در همین زمینه مطالعات نشان می‌دهد که عصاره اسپیرولینا پلاتنسیس را می‌توان به‌عنوان مهارکننده تیروزیناز استفاده کرد. اوسیلاپپتین G از اوسیلاتوریا آگاردی، آستاگزانتین از هماتوکوکوس پلوویالیس و زآگزانتین از نانوکلروپسیس آکیولاتا فعالیت مهاری تیروزیناز را نشان دادند. علاوه‌بر مهار آنزیم تیروزیناز، با استفاده از ویتامین‌های C و E می‌توان از تشکیل ملانوزوم در پوست جلوگیری کرد.

گزارش شده است که مقادیر تراکم جمعیت ملانوسیت در موش‌های تحت درمان با ویتامین C و E در مقایسه با موش‌های درمان‌نشده به میزان ۳۵ درصد کاهش می‌یابد. با توجه به تحقیقات انجام‌شده بر روی گونه‌های ریزجلبک به‌عنوان تولیدکنندگان بالقوه ویتامین‌ها، می‌توان پیشنهاد کرد که پدیستریوم کروئنتوم به‌دلیل محتوای بالای ویتامین‌های C و E می‌تواند کاندید مناسبی به‌عنوان یک ماده آرایشی در پیشگیری از ملانوما باشد[۳۱].

کشت ریزجلبک‌ها و خالص‌سازی ترکیبات بالقوه برای لوازم آرایشی

فرآیند کشت ریزجلبک‌ها شامل چندین مرحله مهم برای تولید مقدار مطلوب محصول هدف می‌باشد. انتخاب ریزجلبک مناسب برای تولید بسیار مهم است؛ زیرا طراحی فرآیند، شرایط کشت، روش‌های برداشت و استخراج بر این اساس تغییر می‌کند که درنهایت بر راندمان تولید، عملکرد و کیفیت محصول تأثیر می‌گذارد.

کشت را می‌توان در دو سیستم مختلف یعنی سیستم باز و سیستم بسته انجام داد؛ سیستم‌های باز شامل مخازن، حوضچه‌های هم‌زده‌نشده، حوضچه‌های با جوی آب و حوضچه‌های مدور است. سیستم بسته را می‌توان به‌عنوان صفحه تخت، ستون حباب، ستون حمل و نقل هوایی، پلیت‌ها، فتوبیوراکتورهای لوله‌ای و مخزن همزده طبقه‌بندی کرد. اگر کشت در فضای باز انجام شود، سویه باید تحمل بالایی در شرایط محیطی سخت نشان دهد تا از آلودگی جلوگیری کند. هم‌چنین درصورتی که در سیستم بسته اجرا شود، سویه باید توانایی زنده ماندن در تنش بالا را داشته باشد. فتوبیوراکتور صحیح باید با توجه به گونه‌های ریزجلبک انتخاب شود.

به‌عنوان مثال، مشخص است که دونالیلا .sp و دونالیلا 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 فوتوبیوراکتورها مفیدتر خواهد بود. با توجه به مقایسه سیستم باز و بسته، گزارش شده است که در سیستم باز، خطر آلودگی و تبخیر آب بیشتر از سیستم بسته و استفاده از نور، کیفیت محصول و قابلیت کنترل کمتر از سیستم بسته است. هزینه بهره‌برداری از سیستم باز، که در آن فقط تعداد کمی از گونه‌ها می‌توانند کشت شوند، ارزان‌تر از سیستم بسته است. درحالی که هزینه‌ها به‌دلیل محتوای بالای آب بیشتر است، میزان تولید زیست توده ریزجلبکی در سیستم بسته کمتر از سیستم باز است[۳۲].

شرایط کشت ریزجلبک مانند مواد مغذی، دما، سطح pH، هوادهی، اختلاط، شدت نور، حالت رشد (اتوتروف، فوتواتوتروف، هتروتروف، فوتوتوتروفیک، میکسوتروفیک) با توجه به نیاز گونه ریزجلبک مورد استفاده تغییر می‌کند. این شرایط بر روش‌های متابولیک تأثیر می‌گذارد و با تغییر حالت کشت، همان

[Downloaded from jdc.tums.ac.ir on 2025-04-04]

گونه‌ها درنتیجه جابه‌جایی متابولیک محصولات مختلفی تولید می‌کنند. در طول کشت، میزان رشد ریزجلبک‌ها را می‌توان به روش‌های مختلفی ازجمله شمارش کل سلول‌ها، استفاده از تحلیلگر ذرات، اندازه‌گیری زمان دوبرابرشدن زیست توده تعیین کرد.

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، ته‌نشینی، انعقاد، لخته‌سازی شیمیایی، فلوتاسیون فوم، روش‌های الکتریکی، اولتراسوند و گاهی اوقات در ترکیب با یکدیگر انجام داد. ازطرفی گاهی اوقات، فرآیندهای استخراج برای دستیابی به برخی مولکول‌ها مانند رنگدانه‌ها ضروری است.

به‌طورکلی، تکنیک‌های استخراج با حلال آلی مانند نفوذ، خیساندن، استخراج مایع تحت فشار، استخراج سوکسله، استخراج با فشار فوق‌العاده بالا بستگی به خواص بیوشیمیایی مولکول‌ها، زمان استخراج حلال‌ها (مانند متانول، ایزوپروپانول، کلروفرم، هگزان، اتانول و غیره) و بازده، تکرارپذیری، اثرات منفی بر مولکول و هزینه دارد. برخی از فرآیندها برای افزایش راندمان استخراج شامل تکنیک‌های اضافی مانند همگن‌سازی با فشار بالا و سرعت بالا، آسیاب مهره، فراصوت، کاربرد میدان الکتریکی پالسی، کاربرد مایکروویو، کاربرد آنزیمی است. پس از تمام این فرآیندها، خشک‌کردن حرارتی و خشک‌کردن انجمادی برای حذف رطوبت از عصاره ریزجلبک‌ها انجام می‌شود. برای تعیین بهترین شرایط و تکنیک‌های کشت باید مقیاس آزمایشگاهی و فوتوبیوراکتورها انجام شود[۳۳].

محصولات میکروجلبک فعلی در بازار جهانی لوازم آرایشی

از محصولات ریزجلبکی موجود در بازار جهانی می‌توان به برخی محصولات زیر اشاره کرد (جدول ۳)[۳۴]:

۱. پروتولین: محصولی از اسید گاما لینولئیک مشتق شده از اسپیرولینا و غنی‌شده با پروتئین است که از ایجاد چین و چروک جلوگیری می‌کند و با ایجاد اثر سفت‌کنندگی، از پیری پوست جلوگیری می‌کند[۳۵].

۲. آلجنیست: محصولی که از اسید آلگورونیک مشتق شده از آناسیسایس نیدولانس به‌دست می‌آید و ایمنی پوست را تقویت می‌کند.

۳. آلگارد: محصولی که از پلی‌ساکارید سولفاته مشتق‌شده از پورفیریدیوم در جهت محافظت از پوست در برابر پیری نوری و میکروارگانیسم‌ها با خواص ضدمیکروبی خود ساخته شده است[۳۶].

۴. درموکلرلا: محصولی مشتق‌شده از کاروتنوئیدهای کلرلا ولگاریس می‌باشد. اسیدهای آمینه کلرلا ولگاریس بسیار شبیه به فیبرهای کلاژن در پوست بوده و سنتز کلاژن را دوباره فعال می‌کنند و هم‌چنین از آن محافظت می‌کنند[۲۷].

۵. فیکوواریترین (رنگ قرمز): از پورفیرا .spp و پورفیریدیوم .spp به‌دست می‌آید که به‌عنوان یک عامل رنگی در محصولات آرایشی و بهداشتی و یک محصول ضدپیری مشتق از عصاره آبی سیندسموز روبیسنس است[۳۷].

۶. سیلیدین: محصولی حاوی عصاره پورفیریدیوم کروئنتوم است که برای بهبود ظاهر پوست کاربرد دارد[۳۸].

۷. BIO1659 و BIO1631: دو محصول حاوی عصاره اتیل استات به‌عنوان برنزه‌کننده پوست و عصاره متانولی به‌عنوان تقویت رشد مو هستند[۳۹].

۸. ریویل: تشکیل شده از عصاره‌های دونالیلا سالینا و هماتوکوکموس پلوویالیس که در جهت یکدست‌شدن رنگ پوست استفاده می‌شود[۴۰].

۹. رتینول آبی TM: حاوی عصاره جلبک دونالیلا سالینا است که رشد و تکثیر سلول‌های پوست را تحریک می‌کند[۴۱].

[Downloaded from jdc.tums.ac.ir on 2025-04-04]

جدول ۳: برخی محصولات میکروجلبک فعلی در بازار جهانی لوازم آرایشی[۴۲و۳۴].

نام شرکت	محصول	گونه‌های ریزجلبک	ادعای محصول
اوپتیموم درما اسیدیتیت	ماسک سفت‌کننده جلبک اسپیرولینا	آرتروسپیرا ماکسیما و اسپیرولینا پلاتنسیس	بهبود رطوبت پوست، تقویت ایمنی پوست
فرنس کاسموتیکز	ماسک سفت‌کننده جلبک اسپیرولینا	اسپیرولینا پلاتنسیس	کاهش چین و چروک و بهبود رنگ چهره و پوست
فیتومر	–	کلرلا ولگاریس	ضدالتهاب و بهبود پوست و حفاظت طبیعی
اسکینایزر	–	اسپیرولینا پلاتنسیس	قویت و بازسازی پوست
پنتافارم	Pepha-Tight	نانوکلروپسیس آکیولات	سفت‌کننده عالی پوست
پنتافارم	Pepta-Ctive	دونالیلا سالینا	تحریک تکثیر سلولی
بایودرم	رتینول آبی	دونالیلا سالینا	تحریک تکثیر سلولی
اکسیمول	پروتولین‌ها	اسپیرولینا پلاتنسیس	جلوگیری از ایجاد چین و چروکو ایجاد اثر سفت کنندگی و در نتیجه جلوگیری از پیری پوست
سولازایم	آلجنیست	اناسیستیس نیدولانس	تقویت ایمنی پوست
فروتارم	آلگارد	پورفیریدیوم .spp	محافظت از پوست در برابر پیری نوری و فعالیت ضد میکروبی
کدیف ریشرشی و نیچر	درموکلرلا	کلرلا ولگاریس	تقویت کلاژن سازی در پوست و محافظت از پوست
داینیپون Ink و کمیکالز .Inc		اسپیرولینا، پورفیرا .spp و پورفیریدیوم .spp	عامل رنگ در سایه چشم

۱۰. سیلیدین®: محصولی ساخته‌شده از جلبک قرمز ـ بنفش پورفیریدیوم کروئنتوم که عروق و ظاهر پوست را بهبود می‌بخشد و موجب یکنواختی و درخشندگی چهره می‌شود[۱۷].

در پایان نتیجه می‌گیریم که امروزه ریزجلبک‌ها به‌طور خاص در مقیاس صنعتی برای تولید مقادیر زیادی از ترکیبات مختلف یا مولکول‌های فعال زیستی خاص کشت داده می‌شوند. علاقه به ریزجلبک‌ها برای کاربردهای صنعتی در دهه گذشته به‌دلیل مجموعه وسیعی از ترکیبات فعال بیولوژیکی با ارزش تولید شده توسط این گروه رو به افزایش بوده است. این ترکیبات با خواص دارویی متعددی مرتبط هستند که بررسی‌ها نشان داده که اثرات مفیدی برای سلامت انسان دارند.

علاوه‌بر این، ریزجلبک‌ها منابع پایدار و طبیعی برای ترکیبات زیست فعال هستند. از سوی دیگر با توجه به محدودیت‌های فیزیکوشیمیایی و چالش‌های تکنولوژیکی گزارش‌شده برای استفاده از ترکیبات زیست‌فعال در محصولات مختلف، سیستم‌های کپسولاسیون به‌عنوان ابزاری نوظهور برای غلبه بر چنین مسائلی کاربردی به‌نظر می‌رسند. در حال حاضر، تنها چند نمونه از محصولات تجاری وجود دارد که ادعا می‌کنند حاوی ترکیبات زیست‌فعال ریزجلبکی کپسوله‌شده هستند، عمدتاً محصولاتی مبتنی‌بر آستاگزانتین از پلوویالیس و کاروتنوئیدها از ریزجلبک سالینا. با این حال، انتظار می‌رود که با مطالعاتی که در مورد افزایش مقیاس فرآیندهای کپسولاسیون و ارزیابی کارایی و پیشرفت ایمنی در داخل بدن انجام می‌شود، شرکت‌های بیشتری شروع به عرضه محصولات جدید مبتنی‌بر ترکیبات زیست فعال ریزجلبکی کنند.

[Downloaded from jdc.tums.ac.ir on 2025-04-04]

References

1. Vieira M, Pastrana L, Fuciños P. Microalgae encapsulation systems for food, pharmaceutical and cosmetics applications. Marine Drugs 2020; 18: 644.
2. Panico A, Serio F, Bagordo F, et al. Skin safety and health prevention: An overview of chemicals in cosmetic products. J Prev Med Hyg 2019; 60: 50-7.
3. Anvar SA, 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. Berthon JY, Nachat-Kappes R, Bey M, et al. Marine algae as attractive source to skin care. Free Radic Res 2017; 51: 555-67.
5. Nowruzi B, Sarvari G, Blanco S. The cosmetic application of cyanobacterial secondary metabolites. Algal Res 2020; 49: 101959.
6. 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.
7. Dwivedi S, Ahmad IZ. A review of the emerging role of cyanobacteria-based nanoformulations for skin care: Opportunities and challenges. J appl biol 2022; 10: 21-31.
8. Fuentes-Tristan S, Parra-Saldivar R, Iqbal HM, et al. Bioinspired biomolecules: Mycosporinelike amino acids and scytonemin from lyngbya sp. with UV-protection potentialities. J Photochem Photobiol Biol 2019; 201: 111684.
9. Gao X, Jing X, Liu X, et al. Biotechnological production of the sunscreen pigment scytonemin in cyanobacteria: Progress and strategy. Mar Drugs 2021; 19: 129-39.
10. Mishra A, Tandon R, Kesarwani S, et al. Emerging applications of cyanobacterial ultraviolet protecting compound scytonemin. J Appl Phycol 2015; 27: 1045-051.
11. Santhosh A, Sravani A, Resshma V, et al. Formulation and evalution of herbal acne gel. World J Pharm Res 2015; 4: 2324-330.
12. Rafferty DW, Dupin L, Zellia J, et al. Predicting lipstick sensory properties with laboratory tests, Int J Cosmet Sci 2018; 40: 451-60.
13. Morocho-Jácome AL, Ruscinc N, Martinez RM, et al. Technological aspects of microalgae pigments for cosmetics. Appl Microbiol Biotechnol 2020; 104: 9513-522.
14. Ragusa I, Nardone GN, Zanatta S, et al. Spirulina for skin care: A bright blue future. Cosmetics 2021; 8: 7.
15. Suksaeree J, Chuchote C. Formulation and characterization of topical anti-acne spot gel containing herbal extracts. MATEC Web Conf 2018; 237: 1–6.
16. Ingle A, Meshram MB. Formulation and evaluation of ayurvedic face wash. Int J Phytopharm 2018; 8: 26-30.
17. Nowruzi B. A review of bioactive compounds of cyanobacteria and microalgae as cosmetically useful supplements. J Dermatol Cosmet 2022; 12: 256-69.
18. 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.

[Downloaded from jdc.tums.ac.ir on 2025-04-04]

19. 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.
20. 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; 42: 115-28.
21. Juma'at N, Rahmat NA, Hamidi SA, et al. The production and stability evaluation of natural lipstick, multidisciplinary. App Res In 2021; 2: 220-25.
22. Poomanee W, Kongin K, Sriputorn K, et al. Application of factorial experimental design for optimization and development of color lipstick containing antioxidant-rich Sacha inchi oil. Pak J Pharm Sci 2021; 34: 1437-448.
23. Yadav N, Maury SH, Yadav P, et al. Formulation and development of face wash. J Emerg Tech In Res 2021; 8: 2349-362
24. Panda S, Dalapati N, Kar PK. Preparation and evaluation of herbal lipstick. En J Pharm Ad Re 2018; 7: 245-49.
25. Rastogi RP, Sonani RR, Madamwar D. Cyanobacterial sunscreen scytonemin: Role in photoprotection and biomedical research. Appl Biochem Biotechnol 2015; 176: 1551-563.
26. Sen S, Mallick N. Mycosporine-like amino acids: Algal metabolites shaping the safety and sustainability profiles of commercial sunscreens. Algal Res 2021; 58: 102-25.
27. Nowruzi B, Sarvari G, Blanco S. Applications of cyanobacteria in biomedicine in handbook of Algal science. Technol Med 2020; 11: 441-53.
28. Ariede MB, Candido TM, Jacome AL, et al. Cosmetic attributes of algae-A review. Algal Res 2017; 25: 483-87.
29. 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; 10: 147-52.
30. Acharya SB, Ghosh S, Yadav G, et al. Formulation, evaluation and antibacterial efficiency of water-based herbal hand sanitizer gel. Bio Rxiv 2018; 11: 1-16.
31. Joshi S, Kumari R, Upasani VN. Applications of algae in cosmetics: An overview. Int J Innov Res Sci Eng Technol 2018; 7: 1269.
32. Nowruzi B. A review of sunscreens and moisturizers compounds drived from cyanobacteria. J Dermatol Cosmet 2022; 13: 119-32.
33. Sindhu RK, Chitkara M, Kaur G, et al. Formulation development and antimicrobial evaluation of polyherbal soap. Plant Arch 2019; 19: 1342-346.
34. Mir-Naiman A, Nour G, Sowfer A, et al. Evaluation of laboratory formulated hand sanitizing gel in riyadh municipality central area labs. Saudi J Med Pharm Sci 2020; 6: 548-58.
35. Sumiyani R, Diatmika IK, Muslimah NH, et al. Analysis of red colorants and heavy metals in lipstick at traditional market in Surabaya. IOP Conf Ser Mater 2021; 1053: 012083.
36. Morone J, Alfeus A, Vasconcelos V, et al. Revealing the potential of cyanobacteria in cosmetics and cosmeceuticals -A new bioactive approach. Algal Res 2019; 41: 101541.
37. Setyawaty R, Pratama MR. The usage of jati leaves extract (Tectona grandis Lf) as color of lipstick. Maj Obat Tradis 2018; 23: 16-22.
38. Koli DS, Mane AN, Kumbhar VB, et al. Formulation & evaluation of herbal anti-acne face wash. World J Pharm Pharm Sci 2016; 5: 2001-200.

[Downloaded from jdc.tums.ac.ir on 2025-04-04]

39. Singh HP, Samnhotra N, Gullaiya S, et al. Anti-acne synergistic herbal face wash gel: Formulation, evaluation and stability studies. World J Pharm Res 2015; 4: 1261-273.

40. Mahanthesh MC, Manjappa AS, Shinde MV, et al. Design development and assessment of herbal lipstick from natural pigments. Int J Pharm Sci Rev Res 2020; 61: 59-64.

41. Mourelle ML, Gómez CP, Legido JL. The potential use of marine microalgae and cyanobacteria in cosmetics and thalassotherapy. Cosmetics 2017; 4: 46.

42. Kamble M, Selwate T, Dhabarde D, et al. Formulation and evaluation of anti-acne face wash gel using guava seed extract. J drug deliv ther 2019; 9: 5-7.

[Downloaded from jdc.tums.ac.ir on 2025-04-04]

A review of the use of microalgae in the production of cosmetics

Bahareh Nowruzi, PhD[1*]
Mahsa Fattahi, PhD[2]
Mohammadamin Jahangirzadeh, MSc[1]

1. Department of Biotechnology, School of Converging Sciences and Technologies, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran
2. Immunology, Asthma and Allergy Research Institute, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Received: Jun 19, 2023
Accepted: Sep 01, 2023
Pages: 114-129

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

Microalgae are a diverse group of photosynthetic eukaryotic and prokaryotic microorganisms in different shapes and sizes that have evolved by being in stressful conditions and have devised mechanisms to maintain their survival. The production of unique biochemical compounds called bioactive compounds is one of these mechanisms. These compounds restore and heal the skin and protect the skin from damage caused by various factors, and in many cases these products are used in the treatment of diseases and cosmetic formulations. Today, cosmetic products derived from microalgae, which are environmentally friendly and safe, replaced the products in the market. In this review article, the potential of many species of microalgae and their derived bioactive molecules in the production of cosmetics is discussed. In addition to that, by presenting the current microalgae products in the global cosmetics market, it highlights the importance of these organisms in the use of microalgae in the production of quality cosmetics, and finally by providing suggestions such as encapsulating pigments to increase resistance and the stability of pigments envisages their greater use in the cosmetic industry in the future.

Keywords: microalgae, cosmetic-sanitary products, bioactive compounds

Copyright © 2023 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.

[Downloaded from jdc.tums.ac.ir on 2025-04-04]