مقاله کامل علمی- ترویجی

بهره‌برداری و پرورش آبزیان
جلد نهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۹
۵۷-۷۹
http://japu.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/japu.2020.17056.1517

ترکیبات زیست‌فعال جلبک‌ها در صنایع آرایشی بهداشتی

رضوان قره‌خان[۱]، *معظمه کردجزی[۱]، افشین عادلی[۱] و فرزاد آدوسی[۲]

[۱]گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران،
[۲]دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه عمل‌آوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰٤/۰٤؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰٦/۰٤

چکیده

محیط‌های آبی منبع غنی از مواد زیست‌فعال برای صنایع آرایشی و بهداشتی هستند. ماکروجلبک‌ها و میکروجلبک‌ها شامل ترکیباتی مانند پروتئین، اسیدهای آمینه، کربوهیدرات، ویتامین‌ها، رنگدانه‌ها، پلی‌فنل‌ها و مواد معدنی بوده که همگی این مواد نقش مهمی در سلامت پوست ایفا می‌کنند و در صنایع مختلف آرایشی- بهداشتی و دارویی استفاده می‌شوند. بسیاری از متابولیت‌های ثانویه مشتق شده از جلبک‌ها دارای کاربردهای موضعی شامل حفاظت از پوست در برابر اشعه ماوراءبنفش، جلوگیری از خشکی پوست و کاهش چین و چروک می‌باشند، هم‌چنین با توجه به وجود ترکیبات آنتی‌اکسیدانی به‌عنوان ترکیبات ضدپیری استفاده می‌شوند. تهیه انواع مواد آرایشی با استفاده از ترکیبات زیستی موجود در عصاره جلبک‌ها به‌دلیل آن‌که از منابع طبیعی تهیه می‌شوند، رو به افزایش است. در این مطالعه، اگرچه اثرات برخی از این ترکیبات توضیح داده شده است، اما هنوز نقش جلبک‌ها در صنایع آرایشی از نظر نوع ترکیبات زیستی و مکانیسم‌های دخیل در عملکرد آن‌ها به روشنی مشخص نشده است، به همین دلیل بیش‌تر مولکول‌های زیستی موجود در انواع گونه‌های جلبکی هنوز مورد مطالعه قرار نگرفته‌اند و کم‌تر برای مصارف آرایشی و بهداشتی استفاده نمی‌شوند.

واژه‌های کلیدی: جلبک‌ها، زیست‌فناوری، محصولات موضعی

* مسئول مکاتبه: kordjazi.m@gmail.com

مقدمه

پهنه آبی دارای تنوع زیستی بالایی است و به‌عنوان منبع منحصربه‌فرد میکروارگانیسم‌ها، جانوران و گیاهان با ویژگی‌های خاص می‌باشد. جلبک‌ها طیف وسیعی از گروه‌های مختلف فیلوژنیک با حدود ۳۰۰۰۰ گونه هستند و به‌طورکلی به دو گروه ماکروجلبک‌ها[1] و میکروجلبک‌ها[2] طبقه‌بندی می‌شوند (آریده و همکاران، ۲۰۱۷). از کل جلبک‌های کشت داده شده در جهان، ٦٠ درصد متعلق به جلبک‌های قهوه‌ای و کم‌تر از ۱ درصد متعلق به جلبک‌های سبز می‌باشد (توافیق و همکاران، ۲۰۱٦). جلبک‌های سبز می‌توانند مقدار زیادی انرژی نورانی را جذب کنند، در حالی‌که جلبک‌های قرمز و قهوه‌ای به‌دلیل این‌که اکثراً در آب‌های عمیق زندگی می‌کنند، نور خورشید زیاد در دسترس آن‌ها قرار نمی‌گیرد.

میکروجلبک‌ها: میکروجلبک‌ها دارای قطر تقریبی ۵۰-۱ میکرومتر هستند. حاوی فسفر، کلسیم، آهن، ویتامین‌های A، B، C، E، B_{12}، بیوتین، بتاکاروتن و غیره می‌باشند (جاشی و همکاران، ۲۰۱۸). بیش‌ترین گونه‌هایی از میکروجلبک‌ها که مورد مطالعه و استفاده قرار می‌گیرند شامل *Spirulina*، *Chlorella*، *Haematococcus*، *Dunaliella*، *Botryococcus*، *Phaeodactylum* و *Porphyridium* هستند (آریده و همکاران، ۲۰۱۷). علاقه به پتانسیل میکروجلبک‌ها در گستره وسیعی از ترکیبات و متابولیت‌ها مانند پروتئین‌ها، چربی‌ها، کربوهیدرات‌ها و رنگدانه‌ها برای محصولات بهداشتی، مواد غذایی و افزودنی خوراکی، لوازم آرایشی و منابع انرژی متمرکز شده است. میکروجلبک‌ها (سیانوباکتری‌ها) قادر به بازسازی و محافظت از خود در برابر شرایط شدید استرس‌زا هستند. آن‌ها مکانیسم‌های محافظتی برای جلوگیری از تجمع رادیکال‌های آزاد و گونه‌های واکنش‌پذیر اکسیژن دارند. بنابراین، علاقه زیادی به میکروجلبک‌ها وجود دارد زیرا آن‌ها دارای ویژگی‌های ارزشمندی برای زمینه محصولات آرایشی- بهداشتی و دارویی هستند (ریو و همکاران، ۲۰۱۵).

ماکروجلبک‌ها: جلبک‌های یوکاریوتی، پرسلولی و ماکروسکوپی هستند. زیستگاه آن‌ها مناطق ساحلی با دسترسی مطلوب به نور خورشید است (آریده و همکاران، ۲۰۱۷). ماکروجلبک‌ها را می‌توان بر اساس رنگدانه به سه گروه جلبک سبز (Chlorophyceae)، جلبک‌های قهوه‌ای (Phaeophyceae) و جلبک‌های قرمز (Rhodophyceae) تقسیم‌بندی نمود (جاشی و همکاران، ۲۰۱۸). ماکروجلبک‌ها طیف گسترده‌ای از گونه‌ها را شامل می‌شود که خاصیت‌های بیوشیمی متعددی را پوشش می‌دهند. آن‌ها در شرایط محدودی از محیط زیست، مانند تنش‌های گرمایی، سرمایی، شوری و فشار اسمزی قادر به زندگی بوده و به قرار گرفتن در معرض نور شدید خورشید مقاوم هستند (بربیون، ۲۰۱۳). رنگدانه‌های به‌دست آمده از جلبک‌ها در ترکیبات آرایشی مانند رنگ‌های آرایشی چشم، آرایش صورت و ... استفاده می‌شوند. علاوه بر این، برخی از انواع ماکروجلبک‌های قهوه‌ای و قرمز در لوازم آرایشی به‌علت وجود ویتامین‌ها، مواد معدنی، اسید آمینه، قندها، چربی‌ها و سایر ترکیبات فعال زیستی مورد استفاده قرار می‌گیرند (آریده و همکاران، ۲۰۱۷).

اهمیت زیستی جلبک‌های دریایی: جلبک‌های دریایی برای قرن‌ها به‌عنوان غذا و دارو استفاده می‌شدند. همچنین عصاره حاصل از جلبک‌ها نیز به‌عنوان افزودنی‌های ارگانیک در بسیاری از مواد غذایی، لبنی، دارویی، لوازم آرایشی و صنعتی استفاده می‌شود. جلبک‌ها می‌توانند برای تولید بیودیزل، بیواتانول، بیوبوتانول و گاز هیدروژن استفاده شوند. پرورش

1- Macroalgae
2- Microalgae

جلبک در مقیاس وسیع در برخی مناطق با هدف استخراج ترکیبات زیست‌فعال متنوع نوعی از فعالیت آبزی‌پروری را تشکیل می‌دهد. اقیانوس‌های جهان، که بیش از ۷۰ درصد از سطح زمین را پوشش می‌دهند، می‌توانند یک منبع عظیم برای کشف عوامل درمانی بالقوه به حساب آیند (راجا و همکاران، ۲۰۱۳).

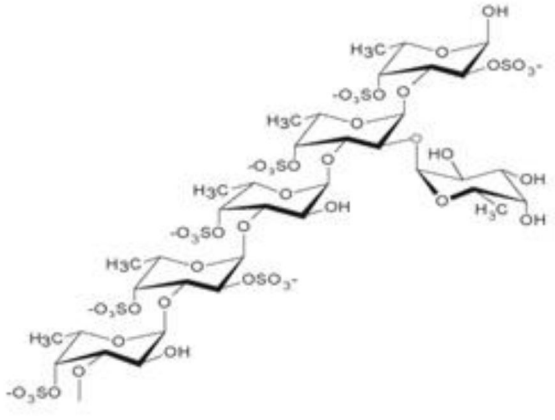
در سال‌های گذشته، ترکیبات متعددی از گیاهان دریایی با طیف وسیعی از فعالیت‌های دارویی به‌دست آمده است که نشان می‌دهد موجودات دریایی نه تنها به‌عنوان یک منبع بالقوه برای ارائه مواد فعال زیستی هستند بلکه برای توسعه صنعت داروسازی نیز استفاده می‌شوند. چندین متابولیت زیست‌فعال تولیدشده توسط جلبک‌ها، توسط برنامه‌های غربالگری کشف شدند که فعالیت‌های بیولوژیکی و شیمیایی متنوعی از خود نشان دادند (وانگ و همکاران، ۲۰۱۳).

خواص ترکیبات زیست‌فعال در جلبک‌ها: در طول سال‌ها، مطالعات بسیاری در مورد ترکیبات غذایی، متابولیت‌های ثانویه، فعالیت‌های زیستی و اثرات بالقوه از لحاظ ارتقاء سلامت روی جلبک‌ها انجام شده است. تا به امروز، بیش‌تر این جلبک‌های دریایی برای موارد غذایی و دارویی مورد استفاده قرار گرفته‌اند (هولت و کران، ۲۰۱۱). هم‌چنین، چندین پژوهش درباره اثرات ماکروجلبک‌ها در مورد سلامتی، نشان داد که در ارتباط با برخی از انواع سرطان‌ها پیشرفت و پیامدهای مثبتی به‌دست آمده است. بهبود بیماری‌های قلبی، تنظیم فعالیت تیروئید، بهبود سیستم ایمنی مانند کنترل آلرژی و التهاب، به همراه فعالیت‌های ضداکسیدانی، ضدباکتریایی و ضدویروسی (پرز و همکاران، ۲۰۱۶) و بسیاری از خاصیت‌های دیگر برای جلبک‌های دریایی به اثبات رسیده است. از این جهت، صنعت لوازم آرایشی و بهداشتی علاقه‌مند به استفاده از ماکروجلبک‌ها به‌عنوان منبع مواد زیستی پایدار است، زیرا ماکروجلبک‌ها از نظر بیولوژیکی بسیار غنی هستند و ترکیبات فعال متعددی را سنتز می‌کنند که برخی از این ترکیبات در حال حاضر به‌عنوان عوامل فعال در حفاظت و مراقبت از پوست شناخته شده‌اند (گیلرمه و همکاران، ۲۰۱۷؛ برتون و همکاران، ۲۰۱۷). هم‌چنین این مواد می‌توانند ارزان باشند، در حالی‌که خواسته مصرف‌کنندگان برای دسترسی به محصولات "طبیعی" و "سالم" را نیز پاسخگو باشند. علاقه به پتانسیل میکروجلبک‌ها در گستره وسیعی از ترکیبات و متابولیت‌ها مانند پروتئین‌ها، چربی‌ها، کربوهیدرات‌ها، رنگدانه‌ها برای محصولات بهداشتی، مواد غذایی و افزودنی‌های خوراکی، لوازم آرایشی و منابع انرژی متمرکز شده است. میکروجلبک‌ها (سیانوباکتری‌ها) قادر به بازسازی و محافظت از خود در برابر شرایط شدید استرس‌زا هستند. آن‌ها مکانیسم‌های محافظتی برای جلوگیری از تجمع رادیکال‌های آزاد و گونه‌های واکنش‌پذیر اکسیژن دارند. بنابراین، علاقه زیادی به میکروجلبک‌ها وجود دارد زیرا آن‌ها دارای ویژگی‌های ارزشمندی برای زمینه محصولات آرایشی- بهداشتی دارویی هستند (ریو و همکاران، ۲۰۱۵). ارزش دارویی سیانوباکتری‌ها ۱۵۰۰ سال قبل از میلاد، زمانی که *Nostoc* برای درمان نقرس و چندین نوع سرطان استفاده شد، مورد بررسی قرار گرفت. بیش از ٤٠ نوع مختلف از *Nostocales* به‌عنوان تولیدکننده ۱۲۰ متابولیت مختلف با فعالیت ضد HIV، ضد قارچی، ضد سرطان، ضد مالاریایی و ضد میکروبی گزارش شده است. در اوائل ۲۰۰۰، شرکت‌های متعددی در اروپا و ایالات متحده شروع به تولید لوازم آرایشی از میکروجلبک‌هایی مانند *Spirulina*، *Chlorell*، *Anacystis*، *Halymenia*، *Nannochloro* و *Dunaliella* کردند. این میکروجلبک‌ها بر روی اپیدرم عمل می‌کنند تا عیوب انقباض عروق را از بین ببرند، سنتز کلاژن را تقویت کنند و در نهایت از

تشکیل چروک جلوگیری می‌کنند (ریو و همکاران، ۲۰۱۵).

پلی‌ساکاریدها: جلبک‌های دریایی علاوه بر پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک، حاوی مقادیر زیادی از پلی‌ساکاریدها (PS) مانند اولوان (جلبک‌های سبز)، فوکوییدان، آلژینات، لامیناران (جلبک‌های قهوه‌ای)، کاراگینان و آگار (جلبک‌های قرمز) هستند. هم‌چنین پلی‌ساکاریدها، به‌خصوص اگزوپلی‌ساکاریدهای سولفاته، که توسط بسیاری از گونه‌های میکروجلبک‌ها تولید می‌شوند، کاربردهایی مثل ماده ضدویروسی، مواد آنتی‌اکسیدانی، خواص ضدالتهابی و نقش در سیستم ایمنی بدن و ... دارند (راپوسو و همکاران، ۲۰۱۳). فعالیت‌های زیستی و فارماکولوژیک پلی‌ساکاریدها به‌طور معمول ناشی از تعامل پیچیده چندین ویژگی ساختاری، از جمله سطح سولفات، توزیع گروه‌های سولفات در طول زنجیره کربنی پلی‌ساکارید، وزن مولکولی و سایر ترکیبات قندی است. پلی‌ساکاریدهای استخراج شده از میکروجلبک‌ها و ماکروجلبک‌ها اثرات بسیار مفیدی در لوازم آرایشی دارند (برتون و همکاران، ۲۰۱۷).

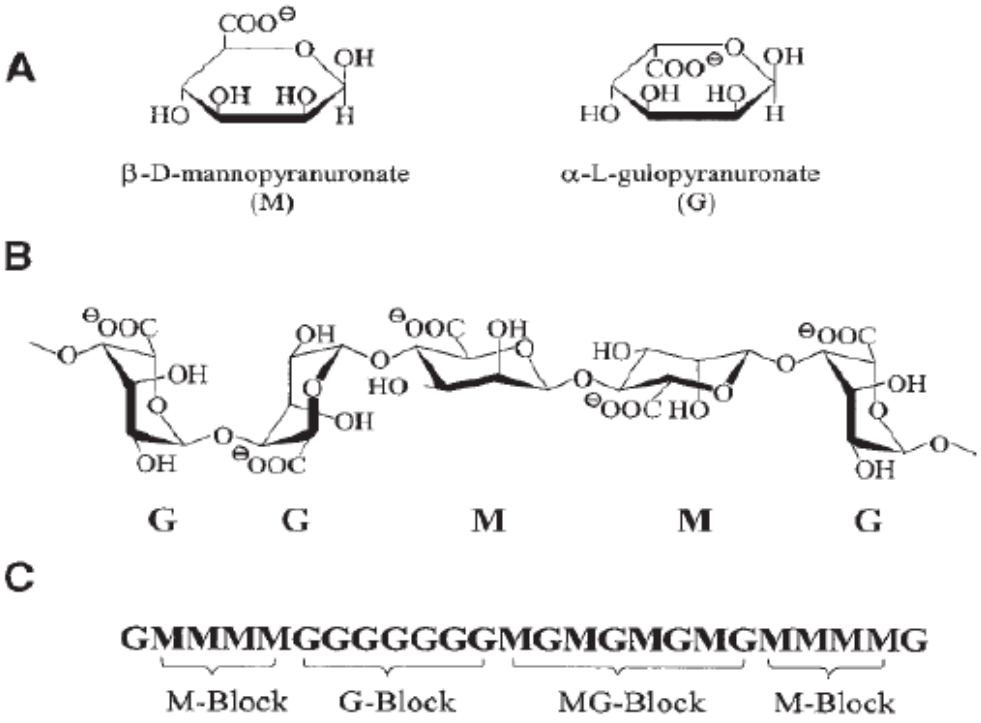
فوکوییدان[1]: فوکوییدان پلی‌ساکاریدی سولفاته، نوع دیگری از پلی‌ساکاریدهای ساختاری هستند که در طبیعت در جلبک‌های دریایی وجود دارند و در گیاهان خشکی یافت نمی‌شوند، گرچه در بافت‌های حیوانی مانند خیار دریایی و توتیای دریایی نیز وجود دارند (بربیون، ۲۰۱۳). نقش فیزیولوژیکی فوکوییدان‌ها به‌طور کامل مشخص نشده است، اما ممکن است به‌علت هومئوستیس الکترولیتی باشد، به‌دلیل ماهیت آنیونی و خواص هیدروژنی که ممکن است با قرار گرفتن طولانی‌مدت در معرض کمبود آب، از تنش خشکی جلوگیری کند. در برخی مطالعات همبستگی بین محتوای فوکوییدان و عمقی که در آن جلبک‌های قهوه‌ای رشد می‌کنند، نشان داده شده است به‌طوری‌که جلبک‌های نزدیک‌تر به سطح، حاوی فوکوییدان بیش‌تری هستند. به‌نظر می‌رسد فوکوییدان‌ها در تشکیل دیواره سلولی جلبک نقش مهمی ایفا می‌کنند و ممکن است در مورفوژنز اولیه جلبک‌ها نقش داشته باشند. عملکرد پلی‌ساکاریدهای سولفاته عمدتاً به حضور و موقعیت مکانی گروه سولفات بستگی دارد (بربیون، ۲۰۱۳).



شکل ۱- ساختار شیمیایی فوکوئیدان استخراج شده از جلبک *Chorda filum* اقتباس از آله و مایر، ۲۰۱۳.

1- Fucoidan

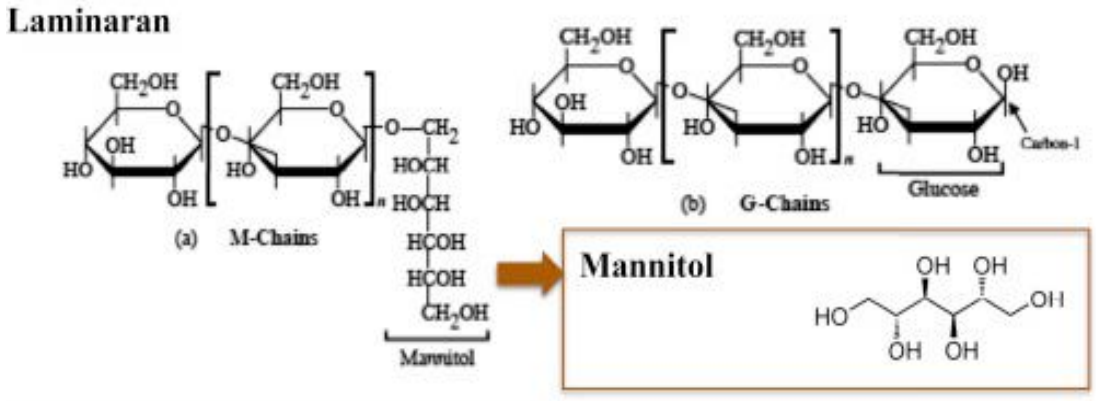
آلژینات[1]: آلژینات از جمله اجزای موجود در عصاره جلبک‌های قهوه‌ای است و به‌عنوان ماده ژلاتینی‌کننده و تثبیت‌کننده در صنایع غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. گونه‌های مختلف جلبک قهوه‌ای برای استخراج این هیدروکلوئید مورد استفاده قرار می‌گیرند، اما گونه‌های *Laminariales* جلبک اصلی در تولید این ماده است که در آسیا به وفور (۸۱ درصد کل تولیدات) وجود دارند. آلژینات‌ها جزء اصلی دیواره سلولی جلبک‌ها هستند و ممکن است تا ۵۰ درصد وزن خشک جلبک را تشکیل دهند. آن‌ها در دیواره سلولی و هم‌چنین در فضاهای بین سلولی قرار دارند. آلژینات‌ها نقش مهمی را در ساختار و هم‌چنین برای اهداف مبادله یونی در محیط طبیعی بازی می‌کنند و هم‌چنین در زمان پس‌روی آب موجب حفاظت از جلبک در برابر خشکی می‌شوند. وزن مولکولی آلژینات به‌طورکلی بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلودالتون است و حلالیت آن تحت‌تأثیر عواملی مانند pH، غلظت، یون‌های محلول و حضور یون‌های دوظرفیتی است (بربیون، ۲۰۱۳).



شکل ۲- اطلاعات ساختاری آلژینات: (A) مونومرهای آلژینات (M مقابل G)؛ (B) ترکیبات ماکرومولکولی آلژینات، (C) توالی زنجیره‌ای آلژینات اقتباس از لطیفی و همکاران، ۲۰۱۵.

1- Alginate

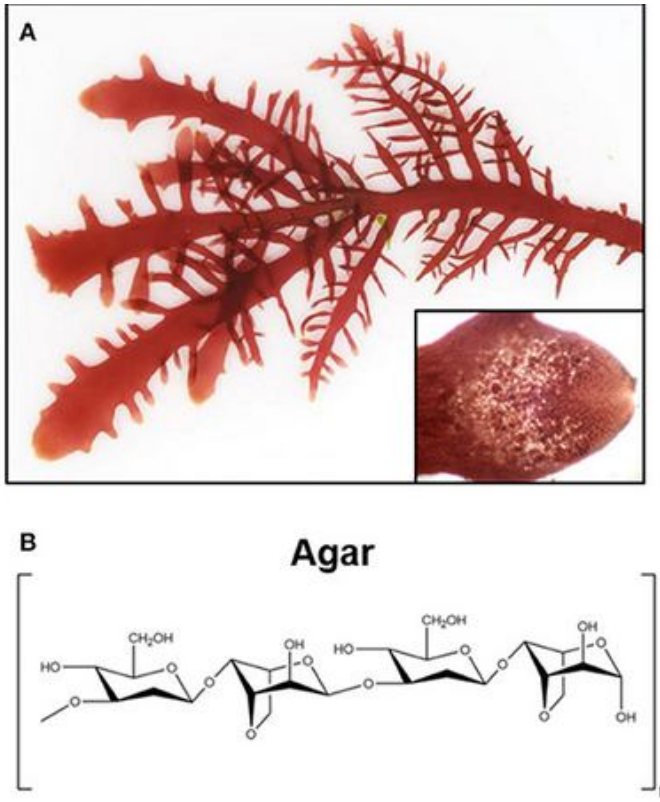
لامیناران[1]: لامیناران یک پلی‌ساکارید ذخیره‌ای به‌عنوان منبع غذایی در جلبک‌های قهوه‌ای است و برای اولین بار توسط Schmiedeberg در سال ۱۸۸۵ جدا شد. مقدار لامیناران حدوداً بین ۲ تا ۳٤ درصد وزن خشک جلبک را تشکیل می‌دهد که این مقدار بستگی به گونه جلبک قهوه‌ای دارد. در *Ascophyllum nodosum* میزان لامیناران از ۱ تا ۷ درصد متغیر است، در حالی‌که سطح لامیناران در *Laminaria sp.* از ۰/۷۵ تا ۲۷/۵ درصد بر اساس وزن خشک متغیر است. لامیناران و فوکوییدان اصلی‌ترین پلی‌ساکاریدهای محلول در آب جلبک‌های قهوه‌ای هستند، با این تفاوت که لامینارین‌ها فراوان‌ترین پلی‌ساکارید ذخیره‌ای در جلبک‌های قهوه‌ای به حساب می‌آیند (بربیون، ۲۰۱۳).



شکل ۳- ساختار لامیناران اقتباس از استیگر- پوورو و همکاران، ۲۰۱٦.

آگار[2]: آگار یکی از رایج‌ترین هیدروکلوئیدها است که به‌عنوان عوامل ژل‌سازی در صنایع غذایی، بیوتکنولوژی و مواد آرایشی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این ترکیبات از جلبک دریایی قرمز، به اصطلاح آگاروفیت‌ها استخراج می‌شوند. آگار بیش‌تر از جلبک‌های متعلق به دو جنس *Gelidium* و *Gracilaria* استخراج شده است، پلی‌ساکاریدی است که عمدتاً از جانشینی واحدهای آگاروبیوز تشکیل شده است. کیفیت آگار استخراج‌شده به عملکرد و قدرت ژل آن بستگی دارد. آگار استخراجی از جلبک *Gelidium* دارای کیفیت بهتری بوده، اما جمعیت وسیع و رشد انبوه گونه‌های *Gracilaria* باعث شده است که این جلبک منبع اصلی آگار استخراجی در دنیا باشد (پاتی و و همکاران، ۲۰۱۸).

1- Laminarin
2- Agar

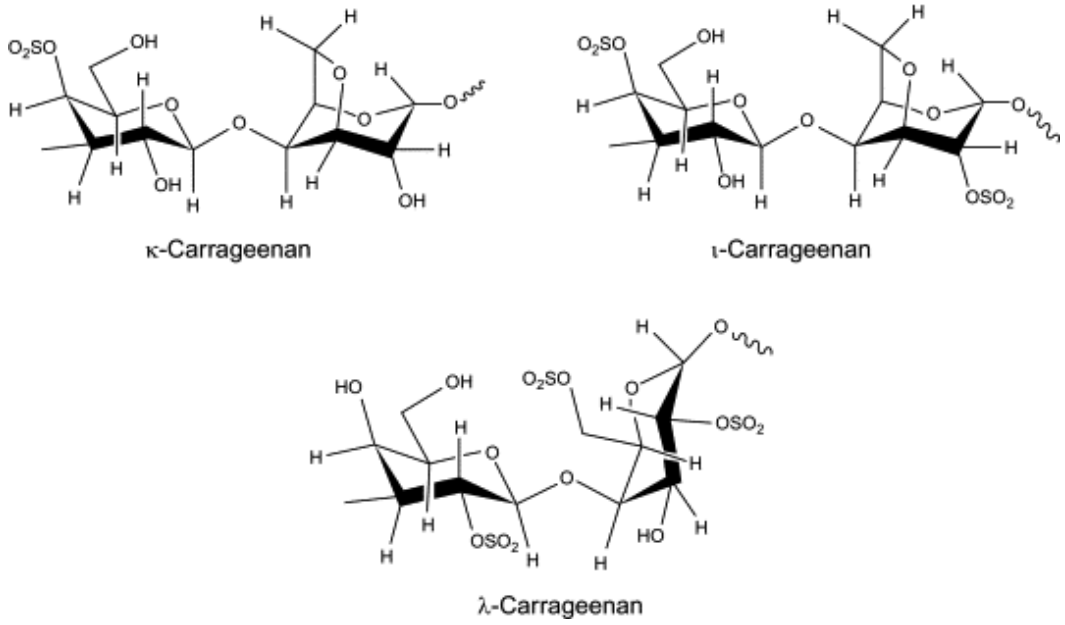


شکل ٤- ساختار پلی‌ساکارید آگار از جلبک قرمز *Gelidium pusillum* اقتباس از پاتی و همکاران، ۲۰۱۸.

کاراگینان[1]: کاراگینان یک هیدروکلوئید که خانواده‌ای از پلی‌ساکاریدهای سولفات خطی هستند که از جلبک دریایی قرمز استخراج می‌شوند. کاراگینان‌ها مولکول‌های بزرگ و بسیار انعطاف‌پذیری هستند که ساختارهای مارپیچی را تشکیل می‌دهند، بنابراین، آن‌ها قادر به تشکیل ژل در دمای اتاق می‌باشند. تمام کاراگینان‌ها پلی‌ساکاریدهایی با وزن مولکولی بالا هستند که از واحدهای تکرار شده گالاکتوز و ۳،٦- آنهیدروگالاکتوز، هر دو سولفاته‌شده و غیرسولفات تشکیل شده‌اند. این واحدها با پیوندهای مختلف آلفا ۱-۳ و پیوندهای گلیکوزیدی بتا ۱-٤ به یکدیگر پیوسته‌اند. با توجه به خاصیت ژل‌کنندگی و تثبیت آن‌ها در صنایع غذایی کاربرد گسترده‌ای دارند (کریدوراگاناوا و همکان، ۲۰۱٤).

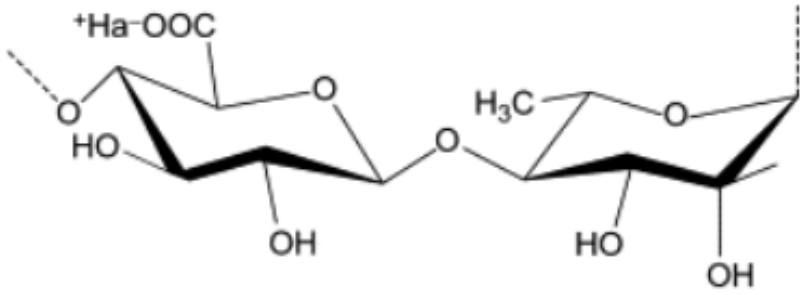
کاراگینان‌ها به سه شکل تقسیم می‌شوند که شامل کاپا، لامبدا و یوتا هستند. کاپا در حضور یون‌های پتاسیم ژل‌های سفت و سخت تشکیل می‌دهد. این ترکیب عمدتاً از *Kappaphycus alvarezii* گرفته می‌شود. یوتا در حضور یون‌های کلسیم ژل‌های نرم ایجاد می‌کند. این ترکیب عمدتاً از *Eucheuma denticulatum* تولید می‌شود. لامبدا ژل نیست، رایج‌ترین منبع آن *Gigartina* از آمریکای جنوبی است (زوراتو و ماتریکاردی، ۲۰۱۸).

1- Carrageenan



شکل ۵- ساختار پلی‌ساکارید کاراگینان کاپا، یوتا و لامبدا اقتباس از زوراتو و ماتریکاردی، ۲۰۱۸.

اولوان[1]: اولوان‌ها پلی‌ساکاریدهایی با ساختار اسیدی موجود در دیواره سلولی جلبک‌های سبز هستند. آن‌ها پلی‌ساکاریدهایی سولفاته و از واحدهای رامنوز ۳-سولفات، زایلوس، زایلوس ۲-سولفات، اسید گلوکورونیک و واحدهای اسید ایدورونیک تشکیل شده‌اند و هم‌چنین وزن مولکولی آن به‌طور متوسط ۸۹ تا ۲۲۰۰ کیلو دالتون است. اولوان‌ها چندین ویژگی فیزیولوژیکی و بیولوژیکی بالقوه برای کاربردهای مواد غذایی، دارویی، کشاورزی و شیمیایی به نمایش گذاشته‌اند (وانگ و همکاران، ۲۰۱۳).



شکل ٦- ساختار شیمیایی پلی‌ساکارید اولوان اقتباس از کیم و همکاران، ۲۰۱۱.

1- Ulvan

رنگدانه‌ها: جلبک‌ها به‌عنوان موجودات فتوسنتزکننده، سه نوع رنگدانه کلروفیل، کاروتنوئیدها و فیکوبیلین‌ها را تولید می‌کنند. رنگدانه‌ها در جلبک‌ها، رنگ جلبک را تعیین می‌کنند. رنگ سبز به‌وسیله حضور کلروفیل a و b به‌وجود می‌آید، رنگ قرمز به فیکوبیلین‌ها، مانند فایکوئیریترول و فایکوسیانین نسبت داده شده است (پرز و همکاران، ۲۰۱٦) و رنگدانه‌ها در جلبک‌های قهوه‌ای معمولا کلروفیل a، c_1 و c_2، آلفا-کراتین و فوکوگزانتین می‌باشند (وانگ و همکاران، ۲۰۱۷). کاروتنوئیدها رنگدانه‌های طبیعی از مشتقات ایزوپرنوئید هستند که توسط تمام گیاهان فتوسنتزکننده، باکتری‌ها و هم‌چنین برخی از باکتری‌های هتروتروف، برخی از قارچ‌ها و برخی از بی‌مهرگان تولید می‌شوند. میکروجلبک‌های دریایی حاوی ۰/۲ درصد از کاروتنوئید هستند. منبع اصلی کاروتنوئیدها، میکروجلبک‌های متعلق به خانواده *Chlorophyceae* است. میکروجلبک‌ها بالاترین سنتز گزانتوفیل‌ها را نسبت به سایر گیاهان (ویولاگزانتین، آنتراگزانتین، زاگزانتین، نئوگزانتین و لوتئین) دارند. فوکوگزانتین، دیاتوگزانتین و دیادینوگزانتین توسط جلبک‌های قهوه‌ای یا دیاتومه‌ها تولید می‌شوند. بتا-کاروتن به‌دست آمده از *Dunaliella salina* به‌عنوان رنگدانه، مکمل غذایی و پیش‌ماده ساخت ویتامین A مورد استفاده قرار می‌گیرد (وانگ و همکاران، ۲۰۱۷).

ترکیبات فنلی: از میان ترکیبات فنلی جداشده از جلبک‌ها، فلوروتانین‌ها یکی از مهم‌ترین متابولیت‌های ثانویه طبیعی هستند که طیف وسیعی از خواص عملکردی و زیستی را دارا می‌باشند که از الیگومرهای فلوگلوکینول (فوکول، فلوترول و اکلول) تشکیل شده است. آن‌ها فعالیت‌های مختلف بیولوژیکی مانند آنتی‌اکسیدانی، مهار رادیکال آزاد، خواص ضدالتهابی و حتی مهار آنزیم هیالورونیداز را نشان داده‌اند. آن‌ها می‌توانند یون‌های فلزی را توسط گروه‌های هیدروکسیل به دام اندازند و هم‌چنین آزادسازی هیستامین را در بیماری‌های التهابی پوست که شامل درماتیت آتوپیک است مهار کنند. تفاوت‌های مشخصی در ساختار ترکیبات پلی‌فنل‌های خشکی در مقایسه با پلی‌فنل‌های دریایی وجود دارد. فلاونوئیدها و اسید گالیک، واحدهای ساختمانی پلی‌فنل‌های خشکی هستند در حالی‌که فلوروتانین‌ها زنجیره‌ای از ۱،۲،۳،۵-تری هیدروکسی بنزن هستند که در مسیر استات-ملونات تشکیل شده‌اند (برتون و همکاران، ۲۰۱۷). جلبک‌های حاوی ترکیبات فنلی فعالیت‌های بسیاری مانند آنتی‌اکسیدان، ضدسرطان، ضدالتهاب و حفاظت در برابر اشعه UV را از خود نشان می‌دهند (وانگ و همکاران، ۲۰۱۷).

پروتئین، پپتیدها و آمینو اسیدها: در ماکرو و میکروجلبک‌ها پروتئین‌ها بخشی از ساختار دیواره سلولی، آنزیم‌ها و مولکول‌های زیستی فعال مانندگلیکوپروتئین‌ها و رنگدانه‌ها را تشکیل می‌دهند (دیمی و مورانکیس، ۲۰۱٦).

پروتئین: محتوای پروتئین یکی از پارامترهای مهم در تعیین ارزش زیست‌توده‌ها می‌باشد و ممکن است علت انتخاب گونه‌هایی باشد که هدف از آن به‌دست آوردن پپتیدهای زیست‌فعال و اسیدهای آمینه از طریق آنزیم‌های انتخابی باشد. استفاده از آنزیم‌ها در صنعت لوازم آرایشی افزایش یافته است زیرا آنزیم‌ها بسیار اختصاصی و انتخابی عمل کرده و به راحتی تهیه می‌شوند و می‌توان از آن‌ها در طیف گسترده‌ای از زیربناها و تبدیل مواد آلی در واکنش‌های مختلف استفاده کرد (پیمنتل و همکاران، ۲۰۱۸). میزان

پروتئین با توجه به گونه‌ها متفاوت است، به‌طورکلی در جلبک‌های قرمز (۵۰–۸ درصد)، در مقایسه با جلبک‌های سبز و جلبک‌های قهوه‌ای (به‌ترتیب ۳۲–۷ درصد و ٢٤–٦ درصد) بیش‌تر است هم‌چنین بیش‌ترین درصد پروتئین مربوط به اسپیرولینا بوده که ٦٥ درصد می‌باشد. منشأ جغرافیایی و فصلی نیز بر ترکیب پروتئین آن‌ها تأثیر می‌گذارد، به‌خصوص به‌دلیل این‌که در دسترس بودن نیتروژن ممکن است به‌دلیل تغییر دما، شوری آب، تابش نور و نیروی موج در نوسان باشد و بدین‌ترتیب بر تأمین مواد مغذی آن‌ها تأثیرگذار می‌باشد (هارندی و فیتزجرلد، ۲۰۱۱).

آمینواسیدها: ماکروجلبک‌ها یک منبع عالی از اسیدهای آمینه هستند که فاکتور مرطوب‌کننده طبیعی (NMF[1]) را ایجاد کرده و باعث تحریک تولید کلاژن در پوست می‌شوند (بیدوکس و همکاران، ٢٠١٤). گزارش شده است که برخی از گونه‌های جلبک قرمز مانند *Palmaria* و *Porphyra* مقدار زیادی آرژنین در ترکیب آن‌ها وجود دارد. آرژنین به ساخته شدن اوره که جزء NMF است که در ترکیبات آرایشی استفاده می‌شود، کمک می‌کند (بیدوکس و همکاران، ٢٠١٤). آمینواسیدهایی مانند شبه مایکوسپورین‌ها (MAAs) یک خانواده از متابولیت‌های محلول در آب با وزن مولکولی کم می‌باشند (هارندی و فیتزجرالد، ۲۰۱۱). مایکوسپورین‌ها ترکیبات طبیعی موجود در انواع مختلفی از ارگانیسم‌ها، از جمله سیانوباکتری‌ها و جلبک‌ها هستند. با توجه به اثرات مثبت بر بازسازی سلولی که در فیبروبلاست‌های پوست انسان دیده می‌شود، به‌نظر می‌رسد مایکوسپورین‌ها می‌توانند نقش مهمی در صنایع آرایش ایفا کنند. این خانواده شامل ۳۰ عضو، از جمله میکوسپورین گلیسین (MGly)، پالیتین، پالیتینول، ستیرین ۳۳۰، پورفیرا ٣٣٤ ، شینورین و ... است که بیش‌ترین فراوانی آن‌ها در گونه‌های میکروجلبک‌ها است (برتون و همکاران، ۲۰۱۷)، هم‌چنین این ترکیبات به‌عنوان ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مهم در جلبک قرمز توصیف شده و از عوامل حفاظت‌کننده در برابر اشعه ماوراءبنفش به حساب می‌آیند (هارندی و فیتزجرالد، ۲۰۱۱؛ بیدوکس و همکاران، ٢٠١٤). از این‌رو، این متابولیت‌ها دارای پتانسیل بالایی برای استفاده در ترکیبات حفاظت‌کننده پوست در فرمولاسیون‌های محافظتی هستند.

پپتیدها: پپتیدها از زنجیره‌های کوتاه ۲ تا ۲۰ اسید آمینه تشکیل می‌شوند. خواص عملکردی آن‌ها به ترکیب اسید آمینه‌ها و توالی آن‌ها در پروتئین والد بستگی دارد، که باید تحت هیدرولیز آنزیمی قرار گیرد تا پپتیدها آزاد و فعال شوند (هارندی و فیتزجرلد، ۲۰۱۱). پپتیدهای دریایی، به‌خصوص آن‌هایی که از مشتقات ماکرو جلبک‌ها هستند، به‌دلیل فعالیت زیستی بالا و با عوارض جانبی نادر و کاهش خطر عوارض جانبی ناخواسته، ایمن‌تر از مولکول‌های مصنوعی در نظر گرفته شده اند. در حقیقت اخیراً، پپتیدها موضوعی جذاب در زمینه لوازم آرایشی و کاربردهای پوست محسوب می‌شوند (کانگ و همکاران، ۲۰۱۵).

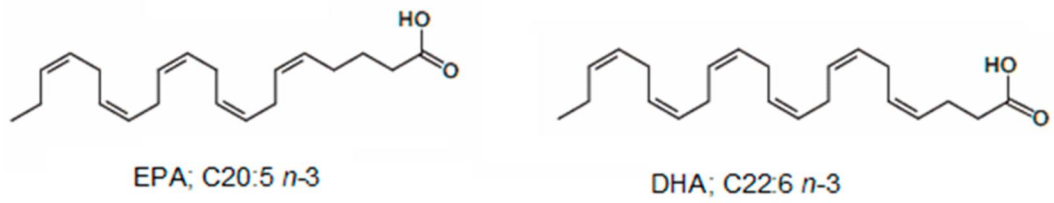
لیپیدها، اسیدهای چرب و استروئید

لیپیدها: جلبک‌ها به‌عنوان یک غذای کم‌انرژی شناخته می‌شوند و اگرچه سهم کل لیپید آن‌ها به‌طورکلی بسیار کم است (کم‌تر از ٤/٥ درصد)، اما محتوای PUFA آن‌ها قابل مقایسه یا حتی بالاتر از مقادیری است که در گیاهان خشکی یافت می‌شود. بااین‌حال،

1- Natural Moisturizing Factor

انواع مهمی از لیپیدها در ترکیب آن‌ها وجود دارند (پیمنتل و همکاران، ۲۰۱۸). لیپیدهای جلبکی شامل گلیکولیپید، فسفولیپید و گلیسرولیپید غیرقطبی (لیپیدهای خنثی) هستند. فسفولیپیدها با حضور یک گروه فسفات در موقعیت SN-3 مشخص می‌شوند. فسفولیپیدهای مشتق‌شده از جلبک‌ها عبارتند از فسفاتیدیل گلیسرول (PG)، فسفاتیدیل کولین (PC)، فسفاتیدیل ایندولامین (PE)، فسفاتیدیل سئین (PS)، فسفاتیدیل اینواستول (PI) و فسفاتید اسید (PA) اسیدهای چرب، اسیدهای کربوکسیلیک با زنجیره‌های آلیفاتیک بلند هستند که ممکن است مستقیم یا شاخه‌ای اشباع یا اشباع‌نشده باشند (گیلرمه و همکاران، ۲۰۱۷).

اسیدهای چرب: اسیدهای چرب اجزای ضروری تمام غشاهای سلولی و پیش‌سازهای ایکوزانوئید هستند و از تنظیم‌کننده‌های حیاتی، بسیاری از فرآیندهای سلولی به حساب می‌آیند (پیمنتل و همکاران، ۲۰۱۸). آن‌ها به‌عنوان واسطه‌های بسیاری از مسیرهای بیوشیمیایی مختلف نقش مهمی در سلامت دارند. اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه با زنجیره بلند (LC-PUFAs) دارای ۲۰ کربن یا حتی بیش‌تر، با دو یا چند پیوند دوگانه در پایانه متیل (امگا) هستند. لیپیدهای دریایی حاوی مقادیر قابل‌توجهی LC-PUFA هستند که از این میان مهم‌ترین آن اسید ایکوزاپنتائنوئیک[1] (EPA) و اسید داکوزهگزاوائیک[2] (DHA) است، همراه با پیش‌سازهای آلفا- اسید لینولنیک[3] (ALA) و اسید داکوزاپنتانوئیک می‌باشد (هولت و کران، ۲۰۱۱). در برخی از گونه‌های بزرگ جلبک دریایی، EPA اغلب بیش‌ترین جزو PUFA است، که در برخی موارد به ۵۰ درصد از محتوای کل اسیدهای چرب می‌رسد (پیمنتل و همکاران، ۲۰۱۸).



شکل ۷- ساختار شیمیایی اسید ایکوزاپنتائنوئیک (EPA) و اسید داکوزهگزاوائیک (DHA) اقتباس از هولت وکران، ۲۰۱۱.

استروئید: استرول‌ها اجزای ساختاری مهم غشای سلولی هستند که می‌توانند نفوذ پذیری و سیالیت غشا را تنظیم کنند. ساختار اساسی استرول از چهار حلقه (A، B، C و D) به همراه یک گروه هیدروکسیل در C_3، دو گروه متیل در C_{18} و C_{19} و یک زنجیره جانبی در C_{17} تشکیل شده است. استرول‌های رایج موجود در جلبک‌ها فوکسترول، کلسترول، ایزوفسترول و کلونستئول است (پیمنتل و همکاران، ۲۰۱۸).

ویتامین‌ها و مواد معدنی: جلبک‌ها منابع خوبی از ویتامین‌های محلول در چربی مانند ویتامین A، D و E و ویتامین‌های محلول در آب مانند B_1 (تیامین)،

1- Eicosapentaenoic acid
2- Docosahexaenoic acid
3- α-Linolenic acid

B_2 (ریبوفلاوین)، B_3 (نیاسین)، B_5 (اسید پانتوتنیک)، B_6 (پیریدوکسین)، B_{12} (کوبالامین)، B_8 (بیوتین)، B_9 (اسید فولیک) و ویتامین C (اسید اسکوربیک) است. جلبک‌ها هم‌چنین یکی از معدود منابع ویتامین B_{12} گیاهی هستند، که حضور آن احتمالاً به‌خاطر باکتری‌های زنده تثبیت‌شده در سطح جلبک و یا در آب‌های نزدیک آن می‌باشد. علاوه بر این، جلبک‌ها منابع مهم مواد معدنی و عناصر کمیاب، یعنی، کلسیم، سدیم، پتاسیم، منیزیم، آهن، مس، ید و روی می‌باشند (پیمنتل و همکاران، ۲۰۱۷).

بررسی پتانسیل آرایشی بهداشتی جلبک‌ها: گرایش جهانی برای محصولات طبیعی رو به افزایش است، به همین دلیل منجر شد تا صنایع آرایشی، تحقیقات و توسعه محصولات جدید حاوی ترکیبات یا عصاره‌های طبیعی را دنبال کند. جلبک‌ها به‌طور طبیعی در معرض استرس اکسیداتیو قرار دارند، به همین دلیل دارای سیستم‌های محافظتی کارآمدی در برابر انواع اکسیژن واکنش‌پذیر و رادیکال‌های آزاد می‌باشند، استخراج این ترکیبات و وارد کردن آن‌ها در مواد آرایشی می‌تواند مصرف‌کننده را از اثرات مضر تابش اشعه ماوراءبنفش محافظت نماید (آریده و همکاران، ۲۰۱۷). جلبک‌های قهوه‌ای *Isochrysis* spp.، *Postelsiapa maeformis* و *Laminaria digilata* از جمله جلبک‌هایی هستند که به‌طور معمول در ترکیب لوازم آرایشی مورد استفاده قرار می‌گیرند (جاشی و همکاران، ۲۰۱۸). بعضی از متابولیت‌های ثانویه استخراج شده از میکروجلبک‌ها می‌توانند از لکه‌های پوستی جلوگیری کرده و پوست آسیب‌دیده را درمان کنند، برخی از فرآیندهای التهابی را مهار سازند و به روند بهبود سرعت ببخشند (آریده و همکاران، ۲۰۱۷). به‌منظور درک بهتر اثرات آرایشی و بهداشتی جلبک‌ها، استفاده از ترکیبات مشتق شده از جلبک‌ها بر اساس نوع محصول، بررسی می‌گردد.

جدول ۱- برخی منابع دریایی جلبکی حاوی ترکیبات فعال زیستی با پتانسیل آرایشی و بهداشتی، اقتباس از برتون و همکاران، ۲۰۱۷.

فعالیت بیولوژیکی	منابع	ترکیبات زیست‌فعال
آنتی‌اکسیدان ضد التهاب ضد اشعه (جذب پرتوهای فرابنفش) ضد پیری	جلبک‌های قرمز: *Porphyra sp.* *Catenella repens* جلبک‌های سبز: *Chlamydomonas hedleyi* جلبک‌های قهوه‌ای: *Padina crassa* *Desmarestia aculeatia*	اسیدهای آمینه شبه مایکوسپورین (Aminocyclohexenone-type) (Aminocyclohexene imine-type
آنتی‌اکسیدان ضد التهاب ضد پیری	جلبک‌های قرمز: *Porphyridium sp.* جلبک‌های قهوه‌ای: *Costaria costata* جلبک‌های سبز: *Ulva lactuca* دیاتوم: *Cylindrotheca closterium*	پلی‌ساکاریدهای سولفاته: فوکوییدان اولوان کاراگینان گالاکتان سولفات‌دار
آنتی‌اکسیدان	*Isochrysis galbana*	هترو پلی‌ساکارید با واحدهای سازنده آرایش نوع بتا
آنتی‌اکسیدان سفیدکننده	جلبک‌های قرمز: *Gracilaria gracilis* جلبک‌های سبز-آبی: *Spirulina platensis* جلبک‌های قرمز: *Porphyridium sp.*	رنگدانه‌های فایکوبیلین فایکواریترین فایکوسیانین آلوفایکوسیانین

ادامه جدول ۱-

فعالیت بیولوژیکی	منابع	ترکیبات زیست‌فعال
آنتی‌اکسیدان ضد التهاب ضد پیری بر اثر اشعه	جلبک‌های سبز: *D. salina* *Haematococcus sp.*	کاروتنوئیدهای گزانتوفیل (رنگدانه‌های محلول در لیپید) بتاکاروتن
آنتی‌اکسیدان ضد التهاب محافظت در برابر اشعه/ضد پیری بر اثر اشعه	جلبک‌های سبز: *D. salina* *Chlorella sorokiniana*	لوتئین
آنتی‌اکسیدان ضد التهاب	جلبک‌های سبز-آبی: *Synechocystis sp.* جلبک‌های سبز: *Chlorella saccharophila*	زآگزانتین
آنتی اکسیدان ضد التهاب محافظت در برابر اشعه/ضد پیری بر اثر اشعه	جلبک‌های قرمز: *Porphyra sp.*	زآگزانتین آلفا وبتا کاروتن
آنتی‌اکسیدان ضد التهاب محافظت در برابر اشعه ضد پیری بر اثر اشعه	جلبک‌های سبز: *D. salina* *U. lactuca*	لوتئین آنتراگزانتین بتاکاروتن زآگزانتین زآگزانتین ویولاگزانتین سیفونین سیفونوکسانتین
آنتی‌اکسیدان ضد التهاب محافظت در برابر اشعه/ضد پیری بر اثر اشعه ضد ملانوژنیک (روشن‌کننده)	جلبک‌های سبز: *Haematococcus pluvialis* *Chlorella zofigiensis* *Chlorococcum sp.*	آستاگزانتین
آنتی‌اکسیدان به واسطه سیگنال‌های Nrf2 ضد التهاب ضد ملانوژنیک (روشن‌کننده)	جلبک‌های قهوه‌ای: *Sargasum siliquastrum* دیاتوم: *Chaetoceros sp.* *Odontella aurita*	فوکوگزانتین
آنتی‌اکسیدان ضد التهاب ضد پیری بر اثر اشعه	جلبک‌های سبز: *Tetraselmis sp.* *Nannochloropsis sp.* جلبک‌های قرمز: *Porphyridium sp.* سیانوباکتری‌ها: *Spirinula plantensis*	لیپیدها: ایکوزاپنتائنوئیک اسید (EPA) داکوزهگزاوائیک اسید (DHA) ایکوزاترانوئیک اسید (ETA) اسیدهای چرب غیراشباع امگا ۳
آنتی‌اکسیدان ضد التهاب	دیاتومه‌ها: *Stephanodiscus sp.*	گلیکولیپیدها مونو گالاکتوزیل دی آسیل گلیسرول دی گالاکتوزیل دی آسیل گلیسرول Sulfoquinovosyl دی آسیل گلیسرول
آنتی‌اکسیدان ضد التهاب ضد ملانوژنیک (روشن‌کننده) ضد هیستامین ضد پیری محافظت در برابر اشعه	جلبک‌های قهوه‌ای: *Fucus vesiculosus* *Cystoseira nodicaulis* *Cystoseira tamariscifolia* *Cystoseira usneoides* *Ecklonia cava*	فلوروتانین‌ها: Fucophloroethol Fucodiphloroethol Fucotriphloroethol Phlorofucofuroeckol bieckol/dieckol

کرم ضد آفتاب: پوست از سه لایه اپیدرم، درم و هیپودرم تشکیل شده است، که به‌عنوان یک مانع شیمیایی و فیزیکی عمل می‌کند. پوست می‌تواند توسط عوامل مختلف محیطی، از جمله مواد شیمیایی، اشعه ماوراءبنفش (UV) و آلودگی محیط آسیب ببیند. قرار گرفتن در معرض اشعه ماوراءبنفش ممکن است منجر به اثرات کوتاه‌مدت و بلندمدت روی پوست شود (یونگ و همکاران، ۲۰۱۷).

اشعه ماوراءبنفش یا UV شامل UV-A[1]، UV-B[2] و UV-C[3] است. جذب پوستی کرم‌های ضد آفتاب مصنوعی که برای مراقبت روزانه پوست هستند در برابر UV-A کم است (دنیل و همکاران، ۲۰۰٤) بنابراین جهت استفاده هر روزه باید کاملاً ایمن باشند، کرم‌های ضد آفتاب UV-A که توسط جلبک‌ها، مرجان‌ها و زئوپلانکتون تولید می‌شوند، انتخاب مناسبی هستند.

جلبک‌های دریایی به‌دلیل داشتن مواد زیستی فعال منحصربه‌فرد که شامل پلی‌ساکاریدهای سولفاته، مایکوسپورین، کاروتنوئیدها و پلی‌فنول‌ها هستند، قادر به محافظت از نور خورشید می‌باشند. برخی از گونه‌های جلبک مواد شیمیایی خاصی را تشکیل می‌دهند که نه تنها اشعه ماوراءبنفش را جذب می‌کنند بلکه مانع فعالیت‌های سنتز ملانین نیز شوند. میکروجلبک *Nannochloropsis*، در برابر انتقال UVA و UVB مؤثر عمل کرده است. علاوه بر این، استفاده از سیانوباکتریوم Nostoc sp. R76DM در فرمول‌های ضد آفتاب باعث جذب بهتر در ناحیه UVA–UVB (۲۹۰ تا ٤۰۰ نانومتر) می‌شود. این جلبک با آمینو اسیدهایی مانند مایکوسپورین باعث جذب UV می‌شوند (آریده و همکاران، ۲۰۱۷). هم‌چنین گزارش شده است که عصاره برخی میکروجلبک‌ها با مهار UVR[4] از طریق بالا بردن تنظیم ژن می‌توانند از پوست حفاظت کنند (برتون و همکاران، ۲۰۱۷).

پلی‌ساکاریدهایی با وزن مولکولی کم (۱۰ کیلو دالتون) از جلبک قرمز (*Pyropia yezoensis*)، دارای اعمال بیولوژیک متعددی مانند آنتی‌اکسیدان، ضد تومور و فعالیت ضد التهابی بوده و مشخص شده است که در برابر تابش اشعه UVA مقاومت کرده و اثرات آن را خنثی می‌کند (برتون و همکاران، ۲۰۱۷). یافته‌های اخیر فعالیت محافظتی فوکوییدان جدا شده از جلبک‌های قهوه‌ای از جمله *E. cava*، *Undaria pinnatifida*، *C. costata* و *Fucus evanescens* را در مقابل اشعه ماوراءبنفش گزارش کرده‌اند (پانگشتی و همکاران، ۲۰۱۸). هم‌چنین رنگدانه سیتونمین می‌تواند از سلول‌ها در برابر اشعه‌های ماوراءبنفش محافظت کند (کیم و همکاران، ۲۰۱۳). کاروتنوئیدها رنگدانه‌های محلولی هستند که به‌طور مستقیم عمل محافظتی در برابر اشعه ماوراءبنفش را در پوست انجام می‌دهند (برتون و همکاران، ۲۰۱۷). پلی‌فنول‌ها نیز مواد زیست‌فعالی هستند که فعالیت محافظتی در برابر نور خورشید دارند (پانگشتی و همکاران، ۲۰۱۸). جلبک قرمز *Porphyra umbilicalis* و هم‌چنین جلبک *Nori* (مجموعه‌ای از جلبک‌های دریایی خوراکی قرمز به همراه سایر مواد که شکل ظاهری آن‌ها به کاغذ شباهت دارد) به‌عنوان منبع غنی از اسیدهای آمینه‌ای مانند مایکوسپورین می‌باشند. آن‌ها با داشتن آمینواسیدهایی مانند مایکوسپورین لیپوزوم‌ها در مطالعه پیری پوست ناشی از UV-A مورد آزمایش قرار گرفتند. در این مطالعه دوز UV-A اعمال شده که به شرایط روزمره در اروپای مرکزی مربوط می‌شود، تهیه شد. مقایسه اکسیداسیون چربی پوست و پارامترهای پیری پوست مانند

1- Ultraviolet A
2- Ultraviolet B
3- Ultraviolet C
4- Ultraviolet radiation

انعطاف‌پذیری، عمق چین و چروک و زبری، کرم با آمینو اسیدهایی مانند میکوسپورین انجام و نتایج نشان داد که مانند یک کرم ضد آفتاب UV-A مصنوعی که سیستم محافظ UV آن کامل نیست، عمل نمی‌کند (دنیل و همکاران، ۲۰۰٤). کرم ضد آفتاب غنی‌شده از جلبک قرمز از لحاظ فنی و تجاری قابل استفاده است و قوی‌ترین ترکیبات جذب UV-A در طبیعت را دارا می‌باشد. اشعه ماوراءبنفش A ژنراتور قدرتمند رادیکال‌های مضر در سلول های پوست انسان می‌باشد. هدف اول آن هم لیپیدها در غشای سلولی هستند که به پراکسیدهای چربی اکسیده می‌شوند (دنیل و همکاران، ۲۰۰٤). مایکوسپورین‌ها به‌دلیل توانایی بالای خود در محافظت از اشعه UV و رادیکال‌های آزاد توجه زیادی را به خود جلب کرده‌اند (برتون و همکاران، ۲۰۱۷). مایکوسپورین‌ها از پوست در برابر UV-A که سبب آسیب پوستی و پیر شدن زودرس می‌شود جلوگیری می‌کنند (دنیل و همکاران، ۲۰۰٤؛ جاشی و همکاران، ۲۰۱۸).

محصولات ضد پیری: پیری پوست یک فرایند آهسته و پیچیده است که شامل مکانیزم‌های درونی و بیرونی است که موجب تغییرات زیادی مانند نازک شدن، خشکی، سفتی، شکنندگی، منافذ بزرگ، خطوط ظریف و چین و چروک می‌شود. کلاژن تا ۸۰–۷۰ درصد وزن خشک پوست را تشکیل می‌دهد و به ثبات و یکپارچگی ساختاری بافت‌ها کمک می‌کند. علت اصلی چین و چروک از دست رفتن پروتئین ساختاری (کلاژن نوع ۱) در لایه درم پوستی است. آنزیم‌های ماتریکس متالوپروتئیناز ۱ (MMP-1) و الاستاز مسئول تجزیه اجزای مختلف ماتریکس خارج سلولی یعنی کلاژن و الاستین هستند (موکرجی و همکاران، ۲۰۱۱). جلبک‌ها منابع غنی از انواع متابولیت‌هایی هستند که می‌توانند برای مبارزه با استرس‌های اکسیداسیونی و جلوگیری از پیری پوست استفاده شوند. این متابولیت‌ها شامل آمینواسیدهای مایکوسپورین، پلی‌ساکاریدها، پلی‌ساکاریدهای سولفاته، گلوکوزیل گلیسیرین، رنگدانه‌ها و پلی‌فنل‌ها هستند (برتون و همکاران، ۲۰۱۷).

عصاره جلبک *Artrospira* می‌تواند علائم پیری زودرس پوست را ترمیم کند و از ایجاد نشانه‌های پیری جلوگیری کند. عصاره *Chlorella vulgaris* باعث تحریک سنتز کلاژن در پوست، ترویج بازسازی بافت و کاهش چین و چروک پوست می‌شود (آریده و همکاران، ۲۰۱۷). میکروجلبک‌هایی مانند *Chlorella*، *Dunaliella* و *Arthrospira* روی اپیدرم پوست اثر کرده و انسداد مجراهای پوستی را کاهش می‌دهند، سنتز کلاژن را تقویت کرده و احتمالاً از تشکیل چین و چروک جلوگیری می‌کنند. هم‌چنین عصاره استخراج شده از جلبک سبز می‌تواند فعالیت آنزیم‌های ماتریکس متالوپروتئیناز را مهار کند و تعدادی از کلاژن‌ها و الاستین‌ها را در فیبروبلاست افزایش دهد، به این ترتیب می‌تواند از مشکلات پوستی حاصل از اشعه ماوراءبنفش جلوگیری کند (آریده و همکاران، ۲۰۱۷).

پلی‌ساکاریدهای سولفاته به‌دست آمده از جلبک *Porphyridium* به‌نظر می‌رسد گزینه مناسبی برای جایگزینی اسید هیالورونیک به‌عنوان یک تخمیرکننده زیستی و فعالیت ضد اکسیدانی در برابر اکسیداسیون خودبه‌خودی در اسید لینولئیک باشند (راپوسو و همکاران، ۲۰۱۵). لامینارین، آلژینات و فوکوئیدان استخراج‌شده از جلبک قهوه‌ای (*Turbinaria conoides*) دارای خواص ضد آنتی‌اکسیدانی می‌باشند و می‌توانند برای جلوگیری از پیری پوست استفاده شوند (برتون و همکاران، ۲۰۱۷). لازم به ذکر است که آلژینات به‌عنوان یک ماده ژل‌کننده و آبرسان عمل می‌کند (برتون و همکاران، ۲۰۱۷).

اخیراً، کیم و همکاران (۲۰۱۷) با استخراج پپتید PYP1-5 از جلبک قرمز *P. yezoensis*، عملکرد این ماده روی افزایش سنتز کلاژن در فیبروبلاست‌های پوست انسان را بررسی کردند، نتایج نشان داد که PYP1-5 باعث افزایش سنتز کلاژن می‌شود. هم‌چنین به‌نظر می‌رسد که دوز PYP1-5، تنظیم‌کننده پروتئین فاکتور رشد تغییردهنده بتا ۱ (TGF-b1) به‌عنوان عامل اصلی سنتز کلاژن در فیبروبلاست‌های پوست و RNA پیام‌رسان است. در نهایت PYP1-5 مسیر سیگنالینگ TGF-b / Smad را فعال کرده که در مرحله بعد منجر به سنتز کلاژن می‌گردد.

فوکوییدان (پلی‌ساکارید سولفاته) از جلبک‌های قهوه‌ای، بر مهاجرت و تکثیر فیبروبلاست‌ها اثر کرده و پروتئولیز بافت همبند را کاهش می‌دهد. فوکوئیدان به‌دست آمده از *Costania costata* در برابر ماتریکس متالوپروتئیناز که توسط اشعه ماوراءبنفش نور خورشید تحریک می‌شود، عمل کرده و باعث افزایش RNA پیام رسان و بیان پروتئین در سلول‌های کراتین‌ساز انسان در شرایط آزمایشگاهی می‌شود (برتون و همکاران، ۲۰۱۷)، علاوه بر این، نتایج در شرایط محیطی نشان داد که فوکوییدان می‌تواند فعالیت الاستاز انسانی را به حداقل برساند و موجب محافظت از شبکه فیبری و افزایش الاستیسیته در برابر پروتئولیز آنزیمی شود (توافیق و همکاران، ۲۰۱۶). به‌نظر می‌رسد خطر ابتلا به بیماری‌های التهابی که توسط ماتریکس متالوپروتئیناز موجب تخریب ماتریکس خارج سلولی می‌شود، ممکن است توسط فوکوییدان استخراج شده از جلبک‌های دریایی کاهش یابد. هم‌چنین مشخص شده است که پلی‌ساکاریدهای سولفاته مستخرج از جلبک‌های سبز خاصیت ضد اکسیدانی از طریق حذف رادیکال‌های آزاد (سوپراکسید، هیدروکسیل، DPPH[1]) را دارا می‌باشند (برتون و همکاران، ۲۰۱۷). بنابراین پلی‌ساکاریدهای استخراجی از جلبک‌ها دارای توانایی‌های زیادی در زمینه آرایشی و دارویی می‌باشند و انتظار می‌رود در آینده به‌عنوان یک منبع زیستی، مقرون به صرفه و غیرسمی استفاده شوند.

رنگدانه فوکوگزانتین موجود در جلبک قهوه‌ای در جلوگیری از پیری پوست با کمک تشکیل کلاژن اثر مثبتی دارد هم‌چنین این رنگدانه پوست را نیز مرطوب نگه می‌دارد (جاشی و همکاران، ۲۰۱۸).

در یک پژوهش اخیر، فلوروتانین‌های استخراج شده از جلبک قهوه‌ای *Macrocystis pyrifera* می‌توانند اثرات آنتی‌اکسیدانی را از خود نشان دهند که می‌توانند از پیری پوست جلوگیری کنند (آریده و همکاران، ۲۰۱۷). خاصیت ضدپیری مرتبط با فلوروتانین‌ها مانند فعالیت‌های مهارکنندگی آنزیم ماتریکس متالوپروتئیناز و فعالیت مهارکنندگی هیالورونیداز مورد بررسی قرار گرفته است و نتایج مثبتی از خود نشان داد (برتون و همکاران، ۲۰۱۷).

مایکوسپورین‌ها در تمام بخش‌های عمده جلبک دریایی یافت می‌شوند و دارای اثرات محافظتی شیمیایی مقاوم در مقابل پیری پوست، کنترل رونویسی و ترجمه DNA، خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد و خواص آنتی‌اکسیدانی می‌باشند (برتون و همکاران، ۲۰۱۷). مایکوسپورین‌ها از پوست در برابر UV-A، که موجب آسیب پوستی و پیر شدن زودرس پوست می‌شوند، محافظت می‌کنند. مایکوسپورین‌ها در *P. umbilicalis* یافت می‌شوند (جاشی و همکاران، ۲۰۱۷).

سفیدکننده‌ها: ملانین، که تعیین‌کننده اصلی رنگ پوست است، وظیفه جذب اشعه ماوراءبنفش، جلوگیری از تولید رادیکال‌های آزاد و محافظت از

1- 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl

پوست در برابر آسیب‌های خورشید را عهده‌دار است. بااین‌حال، تولید غیرطبیعی ملانین می‌تواند به‌عنوان یک بیماری پوستی و یک مسأله مهم زیبایی باشد (پیمنتل و همکاران، ۲۰۱۸). هنگامی که پوست برای مدت طولانی در معرض تماس مستقیم با اشعه ماوراءبنفش قرار می‌گیرد، ملانین که یک رنگدانه پیچیده پلیمری است انرژی خورشید را جذب می‌کند و رنگ را به پوست انسان تحمیل و به‌عنوان یک مانع محافظتی برای سلول‌های پوستی انسان عمل می‌کند (جاشی و همکاران، ۲۰۱۸). قرار گرفتن در معرض نور خورشید، باعث افزایش تولید ملانین در پوست می‌گردد که موجب برنزه شدن پوست می‌شود. اشعه ماوراءبنفش باعث سنتز تیروزیناز می‌گردد که به واکنش‌هایی برای تشکیل ملانوزوم‌ها کمک می‌کند و سپس به ملانین بالغ تبدیل می‌شود و بیش‌تر به کراتینوسیت‌ها متصل می‌گردد تا سبب تخریب پوست شود. بنابراین هیدروکسی شدن L- تیروزین به ۳و٤- دی هیدروکسی ال-فنیلالانین و لوودوپا (L-DOP) اتفاق می‌افتد که در آن اکسیداسیون باعث ایجاد دوپاکینون می‌شود. ملانین پس از تشکیل دوپاکینون تشکیل می‌شود. افزایش تقاضا برای لوازم آرایش سفیدکننده برای مراقبت از لنتیگو[1] (کک و مک‌های قهوه‌ای رنگی است، به اندازه یک سانتی‌متر یا بیش‌تر که روی صورت و پشت دست‌ها در سنین ۳۰-٤۰ سالگی شروع می‌شود)، لکه‌های ناشی از بارداری، هیپرپیگمنتاسیون[2] ارثی (ظاهر روشن‌تر پوست در قسمت‌های خاصی از بدن و یا در سراسر بدن) و یا هیپرپیگمانتاسیون بعد از مسمومیت با دارو وجود دارد. تیروزیناز آنزیم کلیدی سنتز ملانین است. مهارکننده‌های این آنزیم به‌طور فعال مورد جستجو هستند (گیلرمه و همکاران، ۲۰۱۷). در سال‌های اخیر، پژوهش روی کشف میکروارگانیسم‌های جدید دریایی با خواص سفیدکننده پوست متمرکز شده است.

عصاره میکروجلبک کلرلا که توسط شرکت Codif پیشنهاد شده است، می‌تواند ۱۰ درصد رنگدانه پوست را کاهش دهد (گیلرمه و همکاران، ۲۰۱۷). چان و همکاران (۲۰۱۱) دریافتند که عصاره اتانولی *Sargassum polycystum* و قطعه غیرقطبی آن (به‌عنوان مثال، بخش هگزانی) نشان‌دهنده فعالیت مهاری قابل‌توجهی در برابر تیروزیناز است.

گزارش شده است که رنگدانه فوکوگزآنتین جدا شده از *Laminaria japonica*، باعث مهار فعالیت تیروزیناز در برابر UVB شده و ملانوژنز در موش‌های تحت پرتوی UVB افزایش می‌یابد (برتون و همکاران، ۲۰۱۷). فوکوگزانتین یک رنگدانه مکمل در کلرپلاست جلبک‌های قهوه‌ای است که مهارکننده تیروزیناز می‌باشد و به کاهش یا کنترل رنگ پوست کمک می‌کند و دارای اثر ضد التهابی است (جاشی و همکاران، ۲۰۱۷). زاگزانتین استخراج‌شده از عصاره *Nannochloropsis oculata* به‌نظر می‌رسد دارای خواص سفیدکننده پوست است (گیلرمه و همکاران، ۲۰۱۷). بنابراین می‌توانند به‌عنوان عوامل آرایشی یا دارویی امیدوارکننده‌ای عمل کنند. این نتیجه نشان می‌دهد که جلبک‌ها ممکن است به‌عنوان یک عنصر ضد رنگدانه جدید در زمینه‌های پزشکی و لوازم آرایشی استفاده شوند.

مراقبت از مو: عصاره‌های *Monodus sp.*، *Thalassiosira sp*، *Chaeloceros sp* و *Chlorococcum sp* برای پیشگیری از ریزش مو پیشنهاد شده‌اند زیرا آن‌ها می‌توانند ملانوژنز[3] مو و پوست انسان را تعدیل کنند و موجب بهبود و تحریک متمایز کراتینوسیت، تکثیر ملانسیتی، رشد مو و

1- Lentigo
2- Hyperpigmentation
3- Melanogenesis

فولیکول‌های موی انسان شوند. عصاره‌های استخراج شده از میکروجلبک‌ها حاوی روغن‌هایی با توانایی نرم‌کنندگی و انعطاف‌پذیری پوست و مو انسان هستند (آریده و همکاران، ۲۰۱۷).

مرطوب‌کننده: استفاده از مرطوب‌کننده‌ها برای حفظ ظاهر و انعطاف‌پذیری پوست بسیار ضروری هستند (بیدوکس و همکاران، ۲۰۱٤). تقریباً ٦۰ درصد از اپیدرم را آب در بر دارد که توسط مواد هوروسکوپی شناخته‌شده با نام عمومی NMF[1] (عامل مرطوب‌کننده طبیعی) ثابت می‌شوند (پیمنتل و همکاران، ۲۰۱۷). حداقل ۱۰ درصد آب در پوست مورد نیاز است تا آن را نرم و انعطاف‌پذیر نگه دارد. هنگامی‌که محتوای آب زیر سطح پوست کاهش یابد، کراتین به‌طور قابل‌توجهی کاهش می‌یابد. تغییرات در محتوای آب پوست تنها ۱ درصد می‌تواند به‌شدت باعث تغییر کشش و نفوذپذیری آن شود. مرطوب‌کننده‌ها، بخش مهمی از سبد کالایی آرایشی و بهداشتی افراد هستند که برای درمان بیماری‌های پوستی و حفظ ظاهر سالم پوست استفاده می‌شوند. اسید هیالورونیک (HA)، مولکول پلی‌ساکاریدی است، که از یک پلیمر منظم و یکپارچه با واحد تکراری از نوع n (-N-G-) تشکیل شده است، که N، ان-استیل‌گلوکزامین و G، اسید گلوکورونیک است. اسید هیالورونیک به‌دلیل توانایی حفظ رطوبت بالای خود به‌عنوان یکی از مواد تشکیل‌دهنده مهم در لوازم آرایشی و پزشکی می‌باشد. گرچه اسید هیالورونیک در گیاهان و حیوانات وجود دارد، ولی مقدار آن محدود و قیمت بسیار بالایی دارد. در چند سال گذشته، به‌دلیل، توجه بشر به محیط زیست و امکان جایگزینی بعضی از مواد شیمیایی، علاقه به‌میزان استفاده از پلیمرهای طبیعی شناخته‌شده به‌عنوان پلی‌ساکاریدها افزایش یافته است (وانگ و همکاران، ۲۰۱۳).

انواع مختلفی از ترکیبات مرطوب‌کننده در فرمولاسیون‌های مختلف مانند گلیسیرین، ویتامین E و سوربیتول و ... موجود است. بااین‌حال، تقاضا برای یک مرطوب‌کننده بسیار مؤثر با کارایی ایمن و عالی وجود دارد و سال‌هاست که تلاش زیادی برای توسعه عوامل جدیدی که قادر به پیشگیری یا درمان خشکی پوست شوند، انجام می‌شود. در این میان گیاهان دریایی به‌عنوان منابع بالقوه و امیدوارکننده دارویی در سال‌های اخیر مورد استفاده قرار گرفته‌اند. جلبک دریایی می‌تواند به‌عنوان منبع ترکیبات زیست‌فعال عمل کند و قادر به تولید انواع وسیعی از متابولیت‌های ثانویه با فعالیت‌های گوناگون شود (برتون و همکاران، ۲۰۱۷).

فرمولاسیون لوازم آرایشی حاوی ۱۰-۵ درصد عصاره *L. japonica* باعث بهبود رطوبت پوست در یک گروه داوطلب شد. نویسندگان معتقدند که دو مکانیسم ممکن است برای این نتایج امیدوارکننده باشد: از یک طرف، آمینو اسیدهای آزاد، قندها و مواد معدنی ممکن است به تقویت عامل مرطوب‌کننده طبیعی در پوست کمک کند، که باعث حفظ رطوبت مناسب سطوح اپیدرم می‌شود (جاشی و همکاران، ۲۰۱۸).

پلی‌ساکاریدها در فرمولاسیون‌های آرایشی نقش بسیار مهمی را ایفا می‌کنند. این ماکرومولکول‌ها دارای ظرفیت بالا برای ذخیره‌سازی آب هستند و می‌توانند به کراتین از طریق پیوندهای هیدروژنی پیوند برقرار کنند و در نتیجه رطوبت پوست را افزایش دهند (بیدوکس و همکاران، ۲۰۱٤). طبق نظر وانگ و همکاران (۲۰۱۳)، پلی‌ساکاریدهایی که از *Saccharina japonica* استخراج شده‌اند خواص مرطوب‌کننده بهتری را نسبت به اسید هیالورونیک نشان دادند و این نشان می‌دهد که این پلی‌ساکاریدها می‌توانند یک ماده جالب برای لوازم آرایشی باشند.

1- Natural Moisturizing Factor

نویسندگان هم‌چنین دریافتند که پلی‌ساکاریدها با وزن مولکولی پایین دارای بالاترین توانایی جذب رطوبت هستند (پیمنتل و همکاران، ۲۰۱۷).

پلی‌ساکاریدهایی مانند آلژینات، آگار، کاراگینان و فوکوییدان به تنظیم توزیع آب در پوست کمک می‌کنند. پلی‌ساکاریدهایی غیرسمی، مقرون به صرفه، فراوان در زیست‌توده جلبک هستند که می‌توانند به‌عنوان یک جایگزین برای روغن‌های سبک مانند استیل الکل یا مواد تشکیل‌دهنده سیلیکون باشند (جاشی و همکاران، ۲۰۱۸).

مطالعات پلی‌ساکاریدها نشان داده‌اند که برخی از گونه‌های جلبک مانند *S. japonica*، *Chondrus crispus* و *Codium tomentosum* به جذب آب کمک می‌کنند و پوست را مرطوب نگه می‌دارند (وانگ و همکاران، ۲۰۱۳).

وانگ و همکاران (۲۰۱۳) نیز ترکیب شیمیایی و قابلیت جذب و حفظ رطوبت پلی‌ساکاریدهای جلبکی را در مقایسه با اسید هیالورونیک مورد بررسی قرار دادند، در این مطالعه هفت نوع پلی‌ساکارید از پنج جلبک از جمله یک جلبک قهوه‌ای *Saccharina japonica*، یک جلبک قرمز *Porphyra haitanensis* و سه جلبک سبز *Codium fragile*، *Enteromorpha linza* و *Bryopsis plumose* با پلی‌ساکارید با وزن مولکولی پایین استخراج‌شده از جلبک دریایی قهوه‌ای، دارای بالاترین توانایی جذب رطوبت از تمام پلی‌ساکاریدهای مورد مطالعه و اسید هیالورونیک به‌عنوان شاهد بود و هم‌چنین چوی و همکاران (۲۰۱۳) فعالیت مرطوب‌کنندگی ۱۲ گونه جلبک دریایی جمع‌آوری‌شده در کشور کره را مقایسه کردند، که جلبک *L. japonica* بالاترین فعالیت را از خود نشان داد. هم‌چنین یو و گو (۲۰۱۵) گزارش دادند که پلی‌ساکاریدها می‌توانند یک غشای محافظتی برای جلوگیری از تبخیر رطوبت پوست ایجاد کرده و رطوبت پوست را حفظ نمایند.

جلبک‌ها به‌عنوان آنتی‌اکسیدان: آنتی‌اکسیدان‌ها می‌توانند در تسکین پوست، کاهش چین و چروک و کاهش التهاب کمک کنند. ترکیبات آنتی‌اکسیدانی موجود در جلبک‌ها شامل فایکوبیلی پروتئین‌ها، فلوروتانین‌ها، کاروتنوئیدها، پلی‌ساکاریدهای سولفاته، سیتونمین و مایکوسپورین هستند. کاراگینان، اولوان و فوکوییدان نمونه‌ای از پلی‌ساکاریدهای سولفاته هستند که دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی در برابر رادیکال‌های DPPH، سوپراکسید و هیدروکسیل می‌باشند (مانلولوکو همکاران، ۲۰۱۹). اسید رتینوئیک نوعی از ویتامین A است که لکه‌های تیره و چین و چروک را کاهش می‌دهد و هم‌چنین باعث افزایش خاصیت الاستیک پوست می‌گردد. طبق نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که رنگدانه‌های سیانوباکتری‌ها باعث تولید رتینوئیک اسید می‌شوند (جاشی و همکاران، ۲۰۱۸). ویتامین C و ویتامین A به‌عنوان آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی استفاده می‌شوند. جلبک‌هایی مانند *Spirulina maxima* و *Chlorella. vulgaris* شامل این ویتامین‌ها هستندکه در تسکین پوست، پاکسازی پوست، افزایش رشد مو و درمان شوره سر کمک می‌کنند (جاشی و همکاران، ۲۰۱۸). کاروتنوئیدها رنگدانه‌های موجود در محلول چربی هستند که به جلبک‌ها کمک می‌کنند تا نور را در ترکیب با کلروفیل به‌کار گیرند تا فتوسنتز را ادامه دهند. کاروتنوئیدهای موجود در جلبک‌ها به‌دلیل توانایی آن‌ها برای به دام انداختن اکسیژن فعال و ایزومری شدن آن‌ها، به‌عنوان آنتی‌اکسیدان‌های قوی به حساب می‌آیند (برتون و همکاران، ۲۰۱۷). رنگدانه‌های کاروتینوئیدی قرمز حاصل از جلبک، خواص آنتی‌اکسیدانی قوی‌تر از ویتامین E و بتا-کاروتن را از خود نشان می‌دهند. فوکوگزآنتین به‌دست آمده از جلبک قهوه‌ای (*Sargassum saliquastrum*) فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالایی را در مقابل آسیب سلولی ناشی از پراکسید هیدروژن از خود نشان داد (ریو و

همکاران، ۲۰۱۵). فوکوگزانتین به‌دست آمده از جلبک قهوه‌ای (*Hijika fusiformis*) نیز فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالایی در برابر به دام انداختن رادیکال DPPH داشت (برتون و همکاران، ۲۰۱۷).

اثرات لاغری و ضد سلولیت جلبک‌ها: برخی از گونه‌های جلبکی در فرمولاسیون‌های آرایشی برای کاهش سلولیت استفاده می‌شوند (بیدوکس و همکاران، ۲۰۱٤). آلبادر و همکارانش (۲۰۱۲) یک فرمول حاوی عصاره‌های آبی *Furcellari lumbricalis* و *F. vesiculosus* را آزمایش کردند که موجب بهبود مکانیسم‌های مرتبط با لیپولیز و تولید پروتئین کلاژن I شد. بعد، آن‌ها سلولیت را با درجه‌بندی پوستی و اندازه‌گیری اولتراسوند ارزیابی کرده و بهبود بالینی سلولیت را مشاهده کردند. عصاره‌های جلبکی نیز می‌توانند برای اهداف لاغری مورد توجه قرار گیرند، زیرا شواهد نشان می‌دهد که آن‌ها به‌طور قابل‌توجهی افزایش وزن بدن و چربی کبد را در موش‌های صحرایی چاق نر و ماده *Sprague Dawley* کنترل کردند (پیمنتل و همکاران، ۲۰۱۸).

نقش جلبک در برابر آکنه ولگاریس: آکنه ولگاریس، به نام آکنه، یک بیماری پوستی معمولی است که در بسیاری از نوجوانان و جوانان تاثیر می‌گذارد. این آکنه به‌صورت سر سفید و سیاه، جوش و زخم‌های احتمالی مشخص می‌شوند. آکنه می‌تواند سال‌ها ادامه یابد و یا به‌صورت زخم‌هایی دائمی باقی بماند. به‌طورکلی، این بیماری به‌عنوان یک بیماری التهابی دیده می‌شود، عوامل دیگری مانند موهای زیر پوستی، ترشحات سبوم و باکتری‌ها نیز می‌توانند موجب تشکیل آکنه شوند (فرار و اینگهام، ۲۰۰٤). باکتری‌هایی مانند *Staphylococcus epidermidis*، *Staphylococcus aureus* و Pseudo*monas aeruginosa* معمولاً در تشکیل آکنه دخیل هستند (وانگ و همکاران، ۲۰۱۷). آکنه ولگاریس به‌علت رشد باکتری‌ها به‌طور سنتی با درمان‌های آنتی‌بیوتیکی مانند کلیندامایسین و اریترومایسین درمان می‌شود. بااین‌حال، استفاده گسترده از آنتی‌بیوتیک‌ها منجر به مقاومت باکتریایی خواهد شد. علاوه‌بر این، آنتی‌بیوتیک‌ها باعث ایجاد حساسیت‌های پوستی و تحریک پوست می‌گردند. در نتیجه، ترکیبات زیست‌فعال، استخراج‌شده از جلبک دریایی می‌تواند یک جایگزین طبیعی و مناسب باشد. گزارش شده که عصاره‌های ماکروجلبک‌ها دارای فعالیت ضد باکتری و ضد قارچی هستند (پرز و همکاران، ۲۰۱٦). عصاره‌های مختلف جلبک‌های دریایی برای فعالیت ضد باکتریایی آن‌ها در مقابل باکتری‌های پوست نیز مورد بررسی قرار گرفتند.

فرصت‌ها و چالش‌های آینده: جلبک‌های دریایی غنی از ترکیبات زیست‌فعالی مانند پلی‌ساکاریدها، کاروتنوئیدها، استرول‌ها، فلوروتانین‌ها، اسیدهای چرب، مواد معدنی و ویتامین‌ها هستند. به تازگی جلبک‌های دریایی در صنایع دارویی و محصولات آرایشی- بهداشتی توجه زیادی را به خود جلب کرده‌اند. دانشمندان نشان داده‌اند که ترکیبات مشتق شده از جلبک دریایی فعالیت‌های گوناگونی را بر سلامت و مراقبت از پوست نشان می‌دهد (جاشی و همکاران، ۲۰۱۸)، ورود جلبک به بازارهای دارویی و محصولات آرایشی- بهداشتی، دارای آینده برجسته‌ای است، با توجه به سرعت رشد بالا و کشت آن‌ها در دریا، می‌توان به‌عنوان منبع زیست‌فعال برای تهیه محصولات مختلف بهره برد و علاوه بر این، برای دستیابی به تولید بیش‌تر، محتویات زیستی بالا و بهینه‌سازی تکنولوژی، نیاز به کشت جلبک است. روش‌های متداول برای پرورش آن‌ها با کارایی بالا برای تولید ترکیبات زیست‌فعال، از طریق تبدیل ژنتیکی، امکان‌پذیر خواهد بود. بااین‌حال، به‌دلیل کمبود اطلاعات ژنتیکی و مکانیزم‌های تنظیم ژنوتیپ

ترکیبات زیست‌فعال در جلبک‌ها، محدودیت‌های زیادی وجود دارد که مانع توسعه این نوع پژوهش‌ها شده است (چن و همکاران، ۲۰۱۵). بنابراین، ممکن است پژوهش‌های درازمدتی برای دستیابی به پیشرفت‌های عمده در این زمینه لازم باشد. علاوه بر این، ایجاد بستری جهت استفاده از جلبک در صنعت آرایشی- بهداشتی و دارویی، نیاز به ارزیابی توسط بازار دارد.

نتیجه‌گیری

جلبک‌ها بسیاری از متابولیت‌های ثانویه را در طول رشد تولید می‌کنند. با توجه به این خصوصیات، آن‌ها به‌عنوان منبع مهم ترکیبات زیست‌فعال با تعداد زیادی از فعالیت‌های بیولوژیکی در ترکیبات آرایشی مورد توجه قرار گرفته‌اند. بسیاری از لوازم آرایشی حاوی جلبک و یا حتی عصاره‌های جلبک برای افزایش اثرات بیولوژیکی در پوست استفاده می‌شوند. بااین‌حال، بسیاری از این مطالعات، که عمدتاً در اختراعات یافت می‌شوند، به‌طور دقیق فعالیت ترکیبات زیستی و مکانیسم‌هایی که مسئول هر عملکرد لوازم آرایشی هستند را گزارش نمی‌کنند. هم‌چنین مشخص نیست که آیا این عمل مشترک با سایر مواد بوده است یا هر یک از مواد زیستی به‌طور جداگانه‌ای عمل کرده‌اند. علاوه بر این، به‌منظور ارزیابی پتانسیل تجارتی واقعی جلبک‌ها برای تولید لوازم آرایشی صنعتی، باید به بررسی ثبات، سازگاری و حتی مطالعات سم‌شناسی توجه کرد. شکی نیست که ترکیبات آرایشی براساس مواد طبیعی حاصل از منابع دریایی استدلال بازاریابی خوبی دارد، اگرچه این منابع هنوز به‌شدت مورد سوءاستفاده قرار می‌گیرند. کاربردهای بالقوه مولکول‌های طبیعی حاصل از دنیای دریایی، آینده‌ای روشن برای صنعت لوازم آرایشی را به‌دنبال دارد که به‌طور مداوم به‌دنبال نوآوری است.

منابع

1. Al-Bader, T., Byrne, A., Gillbro, J., Mitarotonda, A., Metois, A., Vial, F., Rawlings, A.V., and Laloeuf, A. 2012. Effect of cosmetic ingredients as anticellulite agents: synergistic action of actives with in vitro and in vivo efficacy. J. Cosmet. Dermatol. 11: 1. 17-26.
2. Ale, M.T., and Meyer, A.S. 2013. Fucoidans from brown seaweeds: An update on structures, extraction techniques and use of enzymes as tools for structural elucidation. RSC Advances. 3: 22. 8131-8141.
3. Ariede, M.B., Candido, T.M., Jacome, A.L.M., Velasco, M.V.R., de Carvalho, J.C.M., and Baby, A.R. 2017. Cosmetic attributes of algae-A review. Algal research. 25: 483-487.
4. Bedoux, G., Hardouin, K., Burlot, A.S., and Bourgougnon, N. 2014. Bioactive components from seaweeds: Cosmetic applications and future development. In Advances in Botanical Research. 71: 345-378.
5. Berthon, J.Y., Nachat-Kappes, R., Bey, M., Cadoret, J.P., Renimel, I., and Filaire, E. 2017. Marine algae as attractive source to skin care. Free radical research. 51: 6. 555-567.
6. Brebion, J. 2013. Statistical analysis of the influence of extraction parameters on the extraction yields, extract and polysaccharide compositions and prebiotic activities of seaweed extracts from Ascophyllum nodosum (Doctoral dissertation). 248p.
7. Chan, Y.Y., Kim, K.H., and Cheah, S.H. 2011. Inhibitory effects of Sargassum polycystum on tyrosinase activity and melanin formation in B16F10 murine melanoma cells. J. Ethnopharmacol. 137: 3. 183-1188.
8. Chen, C.Y., Lin, L.C., Yang, W.F., Bordon, J., and D Wang, H.M. 2015. An updated organic classification of tyrosinase inhibitors on melanin biosynthesis. Current Organic Chemistry. 19: 1. 4-18.

9.Choi, J.S., Moon, W.S., Choi, J.N., Do, K.H., Moon, S.H., Cho, K.K., Han, C.J., and Choi, I.S. 2013. Effects of seaweed Laminaria japonica extracts on skin moisturizing activity in vivo. J. Cosmet. Sci. 64: 193-205.
10.Daniel, S., Cornelia, S., and Fred, Z. 2004. UV-A sunscreen from red algae for protection against premature skin aging. Cosmet. Toilet. Manufact. Worldw. 129: 139-143.
11.Dumay, J., and Morançais, M. 2016. Proteins and Pigments. In Seaweed in Health and Disease Prevention; Fleurence, J., Levine, I., Eds.; Elsevier Inc.: Amsterdam, The Netherlands. Pp: 275-318.
12.Farrar, M.D., and Ingham, E. 2004. Acne: inflammation. Clinics in dermatology. 22: 5. 380-384.
13.Guillerme, J.B., Couteau, C., and Coiffard, L. 2017. Applications for marine resources in cosmetics. Cosmetics. 4: 3. 35.
14.Harnedy, P.A., and FitzGerald, R.J. 2011. Bioactive Proteins, Peptides and Amino Acids From Macroalgae 1. J. Phycol. 47: 2. 218-232.
15.Holdt, S.L., and Kraan, S. 2011. Bioactive compounds in seaweed: functional food applications and legislation. J. Appl. Phycol. 23: 3. 543-597.
16.Joshi, S., Kumari, R., and Upasani, V.N. 2018. Applications of algae in cosmetics: An overview. Int. J. Innov. Res. Sci. Eng. Technol. 7: 1269-1278.
17.Kang, H., Seo, C., and Park, Y. 2015. Marine peptides and their anti-infective activities. Marine drugs. 13: 1. 618-654.
18.Kariduraganavar, M.Y., Kittur, A.A., and Kamble, R.R. 2014. Polymer synthesis and processing. In Natural and Synthetic Biomedical Polymers (pp. 1-31). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-396983-5.00001.
19.Kim, C.R., Kim, Y.M., Lee, M.K., Kim, I.H., Choi, Y.H., and Nam, T.J. 2017. Pyropia yezoensis peptide promotes collagen synthesis by activating the TGF-β/Smad signaling pathway in the human dermal fibroblast cell line Hs27. Inter. J. Mol. Med. 39: 1. 31-38.
20.Kim, M.S., Oh, G.H., Kim, M.J., and Hwang, J.K. 2013. Fucosterol inhibits matrix metalloproteinase expression and promotes type-1 procollagen production in UVB-induced HaCaT cells. Photochemistry and photobiology. 89: 4. 911-918.
21.Kim, S.K., Pangestuti, R., and Rahmadi, P. 2011. Sea lettuces: culinary uses and nutritional value. In Advances in food and nutrition research. 64: 57-70.
22.Latifi, A.M., Nejad, E.S., and Babavalian, H. 2015. Comparison of extraction different methods of sodium alginate from brown alga Sargassum sp. localized in the southern of Iran. J. Appl. Biotechnol. Report. 2: 2. 251-255.
23.Manlusoc, J.K.T., Hsieh, C.L., Hsieh, C.Y., Salac, E.S.N., Lee, Y.T., and Tsai, P.W. 2019. Pharmacologic Application Potentials of Sulfated Polysaccharide from Marine Algae. *Polymers*. 11: 7. 1163.
24.Mukherjee, P.K., Maity, N., Nema, N.K., and Sarkar, B.K. 2011. Bioactive compounds from natural resources against skin aging. Phytomedicine. 19: 1. 64-73.
25.Pangestuti, R., Siahaan, E., and Kim, S.K. 2018. Photoprotective substances derived from marine algae. *Marine drugs*, 16: 11. 399.
26.Patil, N., Le, V., Sligar, A.D., Mei, L., Chavarria, D., Yang, E.Y., and Baker, A. 2018. Algal polysaccharides as therapeutic agents for atherosclerosis. Frontiers in Cardiovascular Medicine, 5: 153.
27.Pérez, M., Falqué, E., and Domínguez, H. 2016. Antimicrobial action of compounds from marine seaweed. Marine drugs. 14: 3. 52.
28.Pimentel, F., Alves, R., Rodrigues, F., and PP Oliveira, M. 2018. Macroalgae-derived ingredients for cosmetic industry- an update. Cosmetics. 5: 1. 2.
29.Raja, A., Vipin, C., and Aiyappan, A. 2013. Biological importance of marine algae-an overview. Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci. 2: 222-227.

30. Raposo, M., de Morais, A., and de Morais, R. 2015. Marine polysaccharides from algae with potential biomedical applications. Marine drugs. 13: 5. 2967-3028.
31. Raposo, M.F.D.J., De Morais, R.M.S.C., and Bernardo de Morais, A.M.M. 2013. Bioactivity and applications of sulphated polysaccharides from marine microalgae. Marine drugs. 11: 1. 233-252.
32. Ryu, B., Himaya, S.W.A., and Kim, S.K. 2015. Applications of Microalgae-Derived Active Ingredients as Cosmeceuticals. In Handbook of Marine Microalgae. Pp: 309-316.
33. Stiger-Pouvreau, V., Bourgougnon, N., and Deslandes, E. 2016. Carbohydrates from seaweeds. In Seaweed in health and disease prevention. 223-274. https:// doi.org/ 10.1016/ B978-0-12-802772-1.00008-7.
34. Taofiq, O., González-Paramás, A.M., Martins, A., Barreiro, M.F., and Ferreira, I.C. 2016. Mushrooms extracts and compounds in cosmetics, cosmeceuticals and nutricosmetics-A review. Industrial Crops and Products. 90: 38-48.
35. Wang, H.M.D., Li, X.C., Lee, D.J., and Chang, J.S. 2017. Potential biomedical applications of marine algae. Bioresource technology. 244: 1407-1415.
36. Wang, J., Jin, W., Hou, Y., Niu, X., Zhang, H., and Zhang, Q. 2013. Chemical composition and moisture-absorption/retention ability of polysaccharides extracted from five algae. Inter. J. Biol. Macromol. 57: 26-29.
37. Yu, P., and Gu, H. 2015 Bioactive substances from marine fishes, shrimps, and algae and their functions: present and future. Critical reviews in food science and nutrition. 55: 8. 1114-1136
38. Zoratto, N., and Matricardi, P. 2018. Semi-IPNs and IPN-based hydrogels. In Polymeric Gels (pp. 91-124). Woodhead Publishing. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102179-8.00004-1.