

مواد مؤثره آرایشی-دارویی با قابلیت بازیافت از زائدات شیلاتی

محمدعلی دانش‌مهر^۱، فرانک سلمان‌نژاد^{۲*}

^۱گروه شیمی دارویی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.
^۲گروه فارماسیوتیکس، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی البرز، کرج، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۰۴

چکیده

محصولات آرایشی که حاوی ترکیبات دریایی هستند از جذابیت ویژه‌ای برای مصرف‌کنندگان برخوردارند و به همین دلیل است که در یک دهه اخیر تقاضا برای این محصولات نیز افزایش یافته است. اما از طرفی، منابع طبیعی از جمله منابع دریایی، محدود هستند و نمی‌توان به صورت بی‌رویه از آن‌ها بهره‌برداری نمود؛ زیرا سالیان زمان می‌برد تا این منابع تجدید شوند. بنابراین، این موضوع باعث شده است تا امروزه از زائدات شیلاتی به‌عنوان منبعی پایدار برای بازیافت و استخراج موادی با ارزش بالا که در صنعت محصولات آرایشی نیز کاربرد دارند، استفاده شود. از جمله این مواد می‌توان به کلاژن، کیتین، فسفات کلسیم، آستاگزانتین و فیکوبیلی‌پروتئین‌ها اشاره کرد که به‌عنوان آنتی‌اکسیدان، ضد پیری، ضد چروک، ضد آکنه و ضد التهاب در فرمولاسیون‌های آرایشی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در نتیجه، با توجه به اهمیت موضوع، در این مطالعه به پتانسیل زائدات شیلاتی برای بازیافت مواد مؤثره آرایشی-دارویی پرداخته شده است.

کلید واژگان: زائدات شیلاتی، آرایشی-دارویی، کلاژن، کیتین

مقدمه

حاضر، مطالعات محدودی در مورد تولید مواد مؤثر آرایشی از زائادات دریایی گزارش شده است که در این مطالعه ترکیبات فعال آرایشی-دارویی حاصل از زائادات دریایی و کاربرد بالقوه آنها در صنعت آرایشی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

پیشینه تحقیق

مواد فعال آرایشی-دارویی از ماهی‌های استخوانی یا غضروفی: زائادات فرآوری ماهی‌ها معمولاً از سر (۱۲-۹ درصد درصد وزن ماهی)، روده (۱۸-۱۲ درصد)، پوست (۳-۱ درصد)، استخوان (۱۵-۹ درصد) و فلس (۵٪) تشکیل شده است که این درصدها بسته به اندازه ماهی، گونه، فرآیند فرآوری و روش مورد استفاده، ممکن است متغیر باشد. پوست، استخوان و فلس ماهی به‌عنوان زائادات ماهی‌ها حاوی مواد با ارزشی با کاربردهای آرایشی (مانند کلاژن، ژلاتین، روغن ماهی و فسفات کلسیم) هستند (Ferraro *et al.*, 2013).

کلاژن، ژلاتین و مشتقات کلاژن: کلاژن به‌عنوان یک ماده فعال آرایشی با زیست‌سازگاری بالا و حداقل ایمنی‌زایی برای انسان محسوب می‌شود و به‌عنوان ماده مؤثر در محصولات آرایشی تقاضای زیادی دارد. به‌طور کلی، کلاژن نوع I، از جمله کلاژن بازیافت شده از فلس، استخوان و کیسه شنای ماهی‌ها است که برای محصولات آرایشی مطلوب‌تر می‌باشد، از آنجا که پوست انسان عمدتاً حاوی کلاژن نوع I است، بنابراین با پوست انسان سازگارتر است. کلاژن دریایی یک جایگزین اصلی برای کلاژن خوک و گاو است؛ زیرا منابع زمینی با بیماری‌های مشترک بین انسان و دام (مانند جنون گاوی و بیماری پا و دهان) مرتبط هستند. علاوه بر این، در جوامع اسلامی مانند ایران، استفاده از ژلاتین، کلاژن و هر ماده مؤثر دیگری با منشاء خوک ممنوع است و در مورد منشاء گاوی نیز نیاز به آزمون‌های خاصی است تا مورد تأیید قرار گیرد. بنابراین موارد ذکر شده، اهمیت تولید کلاژن با منشاء دریایی را بیشتر نشان می‌دهد (Sionkowska *et al.*, 2020).

استخوان ماهی، پوست، فلس و کیسه شنای ماهی سرشار از ماتریکس کلاژن هستند. کلاژن مجموعه‌ای از پروتئین‌های ساختاری ماتریکس خارج سلولی است که در آرایش فیبریلار سازماندهی شده‌اند، همچنین اغلب توسط زنجیره‌های پلی پپتیدی (تری‌هلیکس) ساخته شده‌اند که اسیدآمینه گلیسین

موجودات دریایی برای انطباق با شرایط محیط دریا، مکانیسم‌های مختلفی را ایجاد کرده‌اند که منجر به تولید ترکیبات زیست‌فعال مختلف نیز شده است. اگرچه موجوداتی که در دریا زندگی می‌کنند از این ترکیبات برای تولید مثل، ارتباطات و اهداف حفاظتی استفاده می‌کنند، با این حال بسیاری از این مواد، پتانسیل زیادی برای بهبود سلامت و رفاه انسان دارند و برخی از آنها می‌توانند در محصولات آرایشی-دارویی استفاده شوند. مواد طبیعی دریایی با کاربرد در محصولات آرایشی در جدول ۱ مشاهده می‌شود (Fonseca *et al.*, 2023). برخی از این مواد مؤثر دریایی قابل بازیافت از زائادات شیلاتی نیز هستند که موضوع بحث این مطالعه می‌باشد.

براساس آمار ثبت‌شده سازمان خواربار و کشاورزی جهانی (FAO)، کل تولیدات شیلات و آبزیان جهان در سال ۲۰۲۰ حدود ۱۷۹ میلیون تن برآورد شده است و پیش‌بینی می‌شود که میزان تولیدات شیلاتی به‌دلیل تقاضای فزاینده برای محصولات دریایی هر سال به‌طور قابل توجهی افزایش یابد. با این حال، این حجم انبوه از تولیدات دریایی، مقادیر قابل توجهی از زائادات شیلاتی را نیز ایجاد می‌کند که دارای اثرات منفی از جمله آلودگی محیط‌زیست و ضرر و زیان اقتصادی می‌باشد. طبق گزارش FAO، میزان این زائادات از شیلات جهانی، سالانه تقریباً ۲۰ میلیون تن، شامل پسماندهای فرآوری فرآورده‌های دریایی، محصولات جانبی (باله، سر، پوست، روده، کیسه هوایی، فلس، پوسته و استخوان) و نیز صید ضمنی می‌باشد. با توجه به این موضوع مهم، استفاده راهبردی از زائادات دریایی نه تنها باعث ارزش‌آفرینی پسماندها می‌شود، بلکه برای حفظ محیط زیست نیز مورد نیاز است. علاوه بر این، استفاده از زائادات دریایی باعث حفظ و استفاده پایدار از منابع اقیانوس‌ها و دریاها خواهد شود (Siahaan *et al.*, 2022).

توسعه محصولات با ارزش از زائادات دریایی موضوع جدیدی نیست. تا به امروز، بیشتر زائادات دریایی به‌طور سنتی و به‌عنوان محصولاتی با ارزش تجاری پایین (مانند سیلاژ، آرد ماهی، کود و یا به‌عنوان طعمه در هنگام ماهیگیری) استفاده شده‌اند، درحالی‌که این مواد پتانسیل بازیافت مواد مؤثر آرایشی را نیز دارند (Beheshti Foroutani *et al.*, 2018; Coppola *et al.*, 2021; Ahuja *et al.*, 2020). در حال

جدول ۱- ترکیبات زیست‌فعال دریایی با کاربرد در محصولات آرایشی

دسته ماده	اسم ماده	فعالیت زیستی
اسیدهای آمینه شبه مایکوسپورین	پورفیرا-۳۳۴ Shinorine Palythine	اثر محافظتی در برابر نور، ضدپیری، آنتی‌اکسیدان و ضدالتهاب
	مایکوسپورین- گلايسين مایکوسپورین-۲- گلايسين گالاکتوزیل پورفیرا Collemine A	
پلی ساکاریدها	آلژینات‌ها کیتین کایتوزان Fucoidan	عامل ژل ساز، ترمیم‌کننده زخم مرطوب‌کننده مرطوب‌کننده ضدپیری، سفیدکننده و ترمیم‌کننده زخم آنتی‌اکسیدان، ضدپیری ناشی از نور، سفیدکننده ضدپیری، جوان‌کننده و ترمیم‌کننده زخم ترمیم‌کننده زخم
	اسید هیالورونیک Gracilaria lemaneiformis polysaccharide fraction 2 (GLP-2)	
	Laminarin	آنتی‌اکسیدان، ضدپیری ناشی از نور
کاروتنوئیدها	بتا-کاروتن آستاگزانتین فوکوگزانتین زیگزانتین	ضدپیری، آنتی‌اکسیدان و محافظت‌کننده در برابر نور آنتی‌اکسیدان، ضدپیری ناشی از نور و سفیدکننده آنتی‌اکسیدان و محافظت‌کننده در برابر نور آنتی‌اکسیدان، محافظت‌کننده در برابر نور و سفیدکننده
	Dieckol Phlorotannins Sargachromanol E	تقویت رویش مو و ضدپیری سفیدکننده، ضدپیری و محافظت‌کننده در برابر نور ضدپیری ناشی از نور و سفیدکننده
اسیدهای چرب	اسیدهای چرب غیراشباع امگا ۳ دوکوزاهگزا‌تئوئیک اسید (DHA) ایکوزاپنتا‌تئوئیک اسید (EPA)	ضدپیری ناشی از نور، ضدپیری و ترمیم‌کننده زخم ضدپیری ناشی از نور، ضدپیری و ترمیم‌کننده زخم ضدپیری ناشی از نور، ضدپیری، محافظت‌کننده در برابر نور و مرطوب‌کننده
	لینولئیک اسید آلفا-لینولئیک اسید اسیدهای چرب غیراشباع امگا ۶	محافظت‌کننده در برابر نور، ضدپیری ناشی از نور، ضدپیری و ترمیم‌کننده زخم ترمیم‌کننده زخم و مرطوب‌کننده وقتی که به‌صورت پانسمان استفاده شود، بازسازی پوست در زخم‌ها را افزایش می‌دهد. با مهار تیروزیناز، رنگدانه‌های پوست را کاهش می‌دهد. ماتریکس متالوپروتئیناز را تعدیل می‌کند. با تعدیل استرس اکسیداتیو القایی در داخل بدن، از پیری ناشی از نور در موش‌های تحت تابش اشعه UV جلوگیری می‌کند.
پروتئین‌ها و پپتیدها	کارنوزین آنسرین	فعالیت آنتی‌اکسیدانی در شرایط برون تن
	ژلاتین پپتیدهای ژلاتین	کاهش پیری ناشی از نور در پوست موش و سرکوب آسیب ناشی از اشعه ماوراء بنفش پس از تابش در داخل بدن.
آلکالوئیدها	بیوپپتید Aosa	تولید کلاژن در فیبروبلاست‌ها را در شرایط آزمایشگاهی تحریک می‌کند.
	فیکوآریتین Golmaenone	به‌عنوان رنگدانه در محصولات آرایشی مهار رادیکال‌های آزاد و محافظت از اشعه UVA در شرایط آزمایشگاهی.
ترپنوئیدها	دی هیدروکسی ایزو‌کینولین A اکینولین Tetraprenyltoluquinol	کاهش تولید ROS در فیبروبلاست‌ها در شرایط آزمایشگاهی
	Spatane diterpenoids	باعث ایجاد آپوپتوز در سلول‌هایی می‌شود که در شرایط آزمایشگاهی دچار آسیب نوری شده‌اند.

می‌شوند. کلاژن نوع I عمدتاً از پوست، تاندون، استخوان و فلس ماهی‌های استخوانی بازیافت می‌شود، در حالی که کلاژن نوع II را می‌توان از ماهی‌های غضروفی به‌دست

و دو اسیدآمینه دیگر، که متداول‌ترین آن‌ها پرولین و هیدروکسی پرولین است، به‌طور مکرر در طول زنجیره تکرار شده‌اند. کلاژن‌ها از مجموع حدود ۱۰۰۰ اسیدآمینه ساخته

که می‌تواند از زائادات شیلات بازیافت شود. ماهی‌ها به‌عنوان منبع خوبی از روغن ماهی شناخته می‌شوند. روغن ماهی را می‌توان از سر، امعاء و احشاء و نیز فرآوری ماهی تون و زائادات ماهی‌های روغنی (oily fish) به‌دست آورد. IFFO (International Fishmeal and Fish Oil Organization) گزارش کرده است که حدود ۵۱ درصد از کل روغن ماهی جهان از زائادات شیلاتی بازیافت می‌شود (Huang *et al.*, 2018, IFFO, 2022). خواص روغن ماهی برای ارتقای سلامت پوست؛ عمدتاً به محتوای اسیدهای چرب اشباع نشده مانند دوکوزاهگزانوئیک اسید و ایکوزاپنتانوئیک اسید مربوط می‌شود. از فواید روغن ماهی می‌توان به کاهش قابل ملاحظه واکنش پوست به اشعه ماوراء بنفش، کاهش قرمزی، سرکوب تشکیل ماتریکس متالوپروتئیناز-۱ (MMP-1) و نیز کاهش خارش، اریتم (بیماری التهابی سلول‌های چربی زیر پوست) و پوسته پوسته شدن در بیماران مبتلا به پسوریازیس مزمن اشاره کرد (Huang *et al.*, 2018).

فسفات کلسیم: فسفات کلسیم، به گروهی از مواد معدنی گفته می‌شود که جزء معدنی استخوان و دندان مهره‌داران را تشکیل می‌دهد. در حال حاضر، فسفات کلسیم عمدتاً در پزشکی برای جوان‌سازی یا جایگزینی بافت استخوانی استفاده می‌شود. فسفات کلسیم را می‌توان به‌صورت مصنوعی تولید یا از منابع طبیعی بازیافت کرد. فلس و استخوان ماهی اخیراً به‌عنوان منبع فسفات کلسیم طبیعی مورد مطالعه قرار گرفته است. Chen و همکارانش در (۲۰۱۹) استخوان ماهی حلوا (*Solea solea*) را در دمای ۷۰۰ تا ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد، کلسینه کردند تا فسفات کلسیم به‌دست آید که عمدتاً هم حاوی بتا تری‌کلسیم فسفات (β -TCP) بود (Chen *et al.*, 2019). هیدروکسی آپاتیت (کلسیم هیدروکسید فسفات) نیز از فلس ماهی تون و با استفاده از محلول آبی و به‌دنبال آن چندین مرحله کلسینه کردن در دمای ۲۵۰ تا ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد، بازیافت شد (Piccirillo *et al.*, 2015; Eliaz and Metoki, 2017).

فسفات کلسیم‌های مصنوعی و طبیعی به‌طور گسترده در محصولات آرایشی مانند محصولات مراقبت از پوست، مراقبت از مو، مراقبت از دهان و نیز دئودورانت‌ها استفاده می‌شوند. با این حال، تعداد محدودی از مطالعات در مورد

آورد. پوست، استخوان و فلس ماهی حاوی کلاژنی است که از نظر ویژگی‌هایی مانند تغییر شکل دادن، دمای ذوب و ترکیب نسبت به کلاژن پستانداران متفاوت است (Jafari *et al.*, 2020).

پپتید کلاژن دریایی یا همان کلاژن هیدرولیز شده دریایی یک محصول مشتق شده از کلاژن است که از هیدرولیز کلاژن برای تولید پپتید کوتاه‌تر ایجاد می‌شود. برخلاف کلاژن طبیعی، کلاژن هیدرولیز شده، معمولاً دارای وزن مولکولی ۳۰۰ تا ۶۰۰۰ دالتون است. پپتیدهای کوچک و پلی‌پپتیدهای کوتاه تولید شده از کلاژن طبیعی به‌دلیل محلول بودن در آب، به راحتی در فرمولاسیون‌های آرایشی کاربرد وسیعی دارند (Sionkowska *et al.*, 2017; León-López *et al.*, 2019). کلاژن دریایی نه تنها از طریق کاربرد موضعی بلکه از طریق مصرف خوراکی نیز بر زیبایی پوست اثر می‌گذارد. کلاژن هیدرولیز شده پوست ماهی می‌تواند به‌طور قابل توجهی رطوبت، قابلیت ارتجاعی و سبوم (چربی طبیعی) پوست را بهبود بخشد و باعث تسریع بهبود زخم‌های پوستی شود (Li *et al.*, 2005; Felician *et al.*, 2018). ژلاتین و هیدرولیزهای حاصل و مشتقات پپتیدهای کلاژن نیز برای محصولات آرایشی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. ژلاتین از طریق هیدرولیز جزئی کلاژن با استفاده از اسید (ژلاتین نوع A) و قلیا (ژلاتین نوع B) و به‌دنبال آن گرما به‌دست می‌آید. بنابراین، گرما و اسید/قلیا، کلاژن نامحلول را به ژلاتین محلول در آب تبدیل می‌کند. به‌طور کلی، ژلاتین ماهی دمای ذوب پایین‌تری نسبت به ژلاتین پستانداران دارد (۳۵-۳۲ درجه سانتی‌گراد) (Coppola *et al.*, 2020; Al-Nimry *et al.*, 2021). توجه به اینکه ژلاتین هیدرولیز شده، کاربرد گسترده‌تری در محصولات آرایشی دارد بنابراین می‌توان ژلاتین را با استفاده از آنزیم هیدرولیز کرده و پپتیدهای ژلاتین را تولید کرد. آلکالاز، Flavorzyme، نوتراز و پروتامکس برای هیدرولیز ژلاتین پوست ماهی استفاده شده است که نتایج نشان داد محصولات حاصل از هیدرولیز، دارای خواص آنتی‌اکسیدانی قابل توجهی هستند (Ngo *et al.*, 2014). همچنین، ژلاتین هیدرولیز شده، دارای توانایی ژل‌سازی و فیلم‌سازی بوده و به‌عنوان عامل ویسکوزکننده در محصولات آرایشی عمل می‌کند (Al-Nimry *et al.*, 2021).

روغن ماهی: روغن ماهی یک ماده آرایشی-دارویی است

حل می‌شود ($pKa=6$) تبدیل به یک پلیمر پلی‌کاتیونی شده و یک محلول چسبناک تولید می‌کند. کیتوزان کاربرد بیشتری نسبت به کیتین دارد و کاربردهای پزشکی و دارویی آن به دلیل ویسکوزیته و وزن مولکولی آن متنوع است. علاوه بر این، کیتوزان را می‌توان به کیتولیگوساکارید یا لیگومر کیتوزان تبدیل کرد که درجه استیل‌زدایی و پلیمریزاسیون متفاوتی در جهت کاهش وزن مولکولی آن دارد. لیگومر کیتوزان را می‌توان در صنایع غذایی، آرایشی، زیست‌پزشکی و کشاورزی استفاده کرد (Younes and Rinaudo, 2015; Aranaz et al., 2018; Tabassum et al., 2021).

کیتوزان و مشتقات آن می‌توانند به‌عنوان سیستم‌های دارورسانی مواد مؤثر عمل کنند. به‌عنوان مثال، از نانوذرات کیتوزان به‌عنوان یک حامل برای دارورسانی زعفران طبیعی و خالص (عامل ضد آفتاب) استفاده شده است. همچنین می‌توان با توجه به توانایی تشکیل فیلم و سازگاری با بسیاری از مواد، از نانوفیبرهای تهیه شده از کیتوزان برای دارورسانی مواد مؤثر و به‌صورت ماسک‌های زیبایی دوستدار طبیعت و زیست‌تخریب‌پذیر بهره برد. لیگومر کیتوزان دارای اثر ضدباکتریایی روی پروپیونی باکتریوم آکنه (*Propionibacterium acnes*) است. لیگوکیتوزان با وزن مولکولی ۱۰ کیلو دالتون اثر ضد میکروبی بالایی روی *P. acnes* نشان داده است. این لیگومر در ترکیب با تتراسایکلین و اریترومايسين (آنتی‌بیوتیک‌های مدل) نیز مهار عالی *P. acnes* را نشان دادند. بنابراین، ترکیب لیگوکیتوزان-آنتی‌بیوتیک برای درمان باکتری‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک پیشنهاد می‌شود. علاوه بر این، کربوکسی متیل کیتوزان به‌عنوان یک ماده مؤثر آرایشی می‌تواند به‌عنوان عامل دارورسانی، مرطوب‌کننده، ضد میکروبی، آنتی‌اکسیدانی و تثبیت‌کننده امولسیون طبیعی عمل کند (Younes and Rinaudo, 2015; Aranaz et al., 2018; Tabassum et al., 2021). تحقیقات در مورد کیتین و مشتقات آن برای محصولات آرایشی عمدتاً بر کاربرد موضعی آن‌ها متمرکز است در حالی که مطالعات بیشتری در مورد تجویز خوراکی کیتین و مشتقات آن روی سلامت پوست جهت درک بهتر خواص آرایشی آن‌ها مورد نیاز است.

آستاگزانتین: زائدات حاصل از فرآوری غذاهای دریایی سخت‌پوستان منبع قابل توجهی از آستاگزانتین طبیعی است. آستاگزانتین یک محصول فرعی از کاروتنوئید زانتوفیل است

فسفات کلسیم‌های مشتق شده از ماهی به‌منظور استفاده در محصولات آرایشی انجام شده است. مطالعات نشان داده‌اند که پودر هیدروکسی آپاتیت اصلاح شده با اکسید آهن خواص جذب مؤثری را در برابر پرتو فرابنفش کامل نشان می‌دهد و در برابر تابش نیز رادیکال ایجاد نمی‌کند. کرم ضد آفتاب تهیه شده از این ماده نیز دارای جذب بالایی در UVA و UVB بوده و می‌تواند به‌عنوان یک ضد آفتاب با طیف وسیع مورد استفاده قرار گیرد (Piccirillo et al., 2014). با این حال، مطالعات بیشتری روی فسفات کلسیم‌های حاصل از زائدات شیلاتی مورد نیاز است تا بتوان شواهد علمی کافی برای کاربرد آن‌ها در محصولات آرایشی ارائه داد، زیرا فسفات کلسیم‌های مشتق شده از دریا ممکن است دارای محتوای مواد معدنی متفاوتی با نوع حیوانی باشند که این موضوع می‌تواند دامنه خواص متفاوتی را نیز ارائه دهد (Carella et al., 2021).

مواد مؤثر آرایشی از زائدات سخت‌پوستان: فرآوری غذاهای دریایی سخت‌پوستان از جمله انواع میگوها و خرچنگ‌های دریایی، زائدات قابل توجهی را تولید می‌کند که شامل پوسته بیرونی و سر است. این زائدات دارای سه ماده شیمیایی اصلی هستند که شامل ۲۰ تا ۵۰ درصد کربنات کلسیم، ۱۵ تا ۴۰ درصد کیتین و ۲۰ تا ۴۰ درصد پروتئین است. چندین ماده مؤثر آرایشی را هم می‌توان از زائدات سخت‌پوستان که شامل کیتین، کیتوزان و آستاگزانتین می‌باشد، بازیافت کرد (Yan and Chen, 2015).

کیتین و مشتقات آن: کیتین $(C_8H_{13}O_5N)_n$ دومین کربوهیدرات فراوان بعد از سلولز است. این ماده یک ترکیب بسیار آبریز، بی‌بو و بی‌مزه است که از پلی- β -(1,4)-N-استیل-D-گلوکزآمین خطی تشکیل شده و سفید یا زرد رنگ است. کیتین و سلولز ساختار مشابهی دارند، اما کیتین دارای یک گروه استامید $(NHCOCH_3)$ در موقعیت C_2 است که نقش اساسی در خصوصیات و تبدیل آن به یک ماده شیمیایی همه‌کاره دارد. پوسته خرچنگ و میگو به‌عنوان منابع تجاری کیتین و کیتوزان شناخته شده‌اند. کیتوزان از استیل‌زدایی کیتین توسط تیمار قلیایی اضافی، به‌دست می‌آید. کیتوزان یک کوپلیمر تصادفی از D-گلوکزآمین و N-استیل-(1-4)-d-گلوکزآمین است. کیتوزان یک کوپلیمر تصادفی از D-گلوکزآمین و N-استیل-(1,4)-D-گلوکزآمین است. کیتوزان زمانی که در محلول اسیدی

درصدی از تجارت بین‌الملل غذاهای دریایی را به خود اختصاص دادند، جایی که گوش‌ماهی (Scallop)، حلزون (Calm)، صدف (Oyster) و صدف‌های رودخانه‌ای (Mussel)، گونه‌های اصلی نرم‌تنان دوکفه‌ای در تجارت بین‌المللی هستند. این کالاها مقدار زیادی ضایعات پوسته تولید می‌کنند که تقریباً ۹۰٪ وزن کل نرم‌تنان را تشکیل می‌دهد. علاوه بر این، پوسته حاوی ترکیباتی است که سلامت و زیبایی پوست را افزایش می‌دهد (Yoon et al., 2003). به‌طور کلی، پوسته نرم‌تنان معمولاً از سه لایه تشکیل شده است: یک پریوستراکوم آلی در خارج، یک لایه منشوری آهکی در وسط، و یک لایه ناکرئوس آهکی در داخل. کنچولین‌ها که عمدتاً پروتئین‌های نامحلول هستند، پریوستراکوم را تشکیل می‌دهند. کنچولین، منشورهای آهکی و آراگونیت در لایه‌های ناکرئوس و منشوری وجود دارند. علاوه بر این، ناکرئوس یا لایه مادر مروارید، یک ساختار کلسیفیه است که لایه داخلی را در پوسته‌های دوکفه‌ای ایجاد می‌کند. این لایه شامل قرص‌های آراگونیت (تقریباً ۹۷-۹۵٪) است که در چندین لایه قرار دارند که هر یک توسط یک ماتریکس آلی محدود شده‌اند. این ماتریکس که تقریباً ۵ درصد از ساختار ناکرئوس را تشکیل می‌دهد، عمدتاً از پروتئین‌ها و پلی‌ساکاریدها ساخته شده است. پودر پوسته‌های مروارید یا همان پودر لایه‌ی ناکرئوس به یک ماده مورد توجه برای محصولات آرایشی تبدیل شده است (Agarwal et al., 2014). ناکرئوس محلول در آب استخراج شده از پودر صدف مرواریدی (*Pteria martensii*) باعث بهبود زخم عمیق در پوست سوخته خوک شد. استفاده موضعی (اسپری) ناکرئوس محلول در آب به‌طور مستقیم روی پوست سوخته باعث تشکیل کلاژن شده است و پوست را به‌حالت طبیعی بازگردانده است. در مطالعات برون‌تنی نیز تیمار سلول‌های فیبروبلاست NIH3T3 با ناکرئوس محلول در آب باعث تکثیر و افزایش سنتز کلاژن شده است (Lee et al., 2012). عصاره پوسته گوش‌ماهی و صدف رودخانه‌ای نیز دارای اثرات بالقوه آرایشی هستند. در یک مطالعه درون‌تن، عصاره اسیدی پوسته گوش‌ماهی باعث سنتز کلاژن نوع I و III شد. علاوه بر این، این عصاره باعث افزایش متابولیسم کلاژن در سلول‌های فیبروبلاست پوست در شرایط آزمایشگاهی شده است (Latire et al., 2014).

که یک رنگدانه محلول در چربی قرمز رنگ است. سخت‌پوستان، آستاگزانتین یا به‌صورت کمپلکس به پروتئینی به نام کاروتوپروتئین و یا به شکل آزاد وجود دارد و مقدار آن در صدف‌ها براساس گونه و فصل متفاوت است. آستاگزانتینی که به پروتئین آزاد یا کیتین متصل است، در مقادیر قابل توجهی در لاشه سخت‌پوستان از ۲/۹ تا ۷۰۰۰ میکروگرم بر گرم ماده خشک یافت می‌شود. با اینکه آستاگزانتین مهم‌ترین کاروتنوئید در پوسته سخت‌پوستان است ولی در حال حاضر آستاگزانتین مشتق‌شده از ریزجلبک‌ها در محصولات آرایشی استفاده می‌شود (Ambati et al., 2014; Šimat et al., 2022). این ماده ارزشمند را می‌توان از پوسته سخت‌پوستان از طریق روش‌های متعددی مانند استفاده از حلال‌های آلی، روغن و تکنیک استخراج سبزی، بازیافت کرد. در یک مطالعه، آستاگزانتین از پوسته خشک خرچنگ قرمز باتلاق (*Procambarus clarkii*) با استفاده از اتانول استخراج شد و سپس از کروماتوگرافی ستونی برای به‌دست آوردن آستاگزانتین خالص استفاده شد. در مطالعه‌ای دیگر، آستاگزانتین را با استفاده از روغن ماهی به‌عنوان جایگزین روغن گیاهی استخراج کردند. درصد بالاتری از آستاگزانتین از تخمیر پوسته میگو با ساکارومایسس سرویزیه و به‌دنبال آن استخراج با هگزان-استون به نسبت ۱:۱ به‌دست آمد. علاوه بر این، آستاگزانتین را می‌توان از پوسته خرچنگ و با تیمار اولیه با امواج مایکروویو و سپس استفاده از سیالات فوق بحرانی استخراج کرد (Siahaan et al., 2022). استفاده موضعی و تجویز خوراکی آستاگزانتین دارای مزایایی برای سلامت پوست است. این ماده می‌تواند به‌عنوان محافظ اشعه، آنتی‌اکسیدان، ضدپیری، ضدچروک، مرطوب‌کننده، التیام زخم، ضدسرطان و ضدآگزما عمل کند (Ambati et al., 2014; Šimat et al., 2022). حتی اگر شواهد علمی در مورد فواید آستاگزانتین در محصولات آرایشی و بهداشتی وجود داشته باشد، گزارش‌های محدودی در مورد آستاگزانتین محصولات دریایی وجود دارد. تحقیقات بالینی بیشتری در مورد مزایای آرایشی آستاگزانتین دریایی مورد نیاز است، زیرا آستاگزانتین با منشاء حیوانات ممکن است پاسخ‌های متفاوتی در سلامت پوست انسان داشته باشد.

مواد مؤثر آرایشی-دارویی از زائادات نرم‌تنان: در سال ۲۰۲۲، نرم‌تنان و سایر بی‌مهرگان آبزی تقریباً سهم یازده

(Takashi, 2021). ریزجلبک‌ها موجودات میکروسکوپی، فتوسنتز کننده و تک‌سلولی هستند که طیف وسیعی از پروتئین‌ها، لیپیدها، کربوهیدرات‌ها، کاروتنوئیدها و ویتامین‌ها را تولید می‌کنند. ریزجلبک‌های *Arthrospira* و *Chlorella* به‌طور گسترده‌ای در صنعت آرایشی بررسی شده‌اند و از عصاره آن‌ها در محصولات مراقبت از پوست استفاده می‌شود (Kim et al., 2008). *Chlorella* یک جلبک سبز تک سلولی، حاوی ۴۰ تا ۶۰ درصد پروتئین است و به‌طور گسترده در صنایع آرایشی‌پوری، مواد غذایی و بیوتکنولوژی استفاده می‌شود. عصاره *Chlorella* حاوی ترکیبات فعال زیستی مختلفی از جمله فاکتورهای رشد، مواد ضدالتهابی و ترمیم‌کننده زخم، آنتی‌اکسیدان‌ها و ترکیبات نرم‌کننده است. گونه‌های *Dunaliella* در صنعت بیوتکنولوژی جلبک‌ها به‌خوبی شناخته شده‌اند و به‌طور گسترده برای تولید مواد بیوشیمیایی ارزشمند مانند کاروتنوئیدها استفاده می‌شوند. جلبک سبز *Dunaliella* در شرایط محیطی شدید مانند شوری بالا، pH پایین، تابش زیاد و دمای زیر صفر درجه سانتی‌گراد رشد می‌کند. برخی از سوبه‌های *Dunaliella* به‌صورت تجاری در حوضچه‌های بزرگ در فضای باز کشت می‌شوند و برای تولید کنجاله‌های جلبکی خشک مانند اسیدهای چرب غیراشباع و روغن برای صنایع غذایی سالم و مواد رنگی برای صنایع غذایی و آرایشی برداشت می‌شوند. ظهور زیست مولکولی و جهش‌زایی در *Dunaliella* باعث افزایش محتویات کاروتنوئیدی این جلبک سبز شده است و آن را برای کاربردهای بیوتکنولوژیکی جذاب‌تر کرده است (Kim et al., 2008).

مواد مؤثر آرایشی-دارویی از باکتری‌های دریایی: ترکیبات فعال زیستی تولید شده توسط باکتری‌های دریایی ارزش تجاری بسیار بالایی دارند و از پالایش آلانده‌های محیطی گرفته تا فرآوری مواد غذایی و صنایع آرایشی استفاده می‌شوند. برای مثال، باکتری گرم مثبت *Planococcus maitriensis* از تولید می‌کند که می‌توان از آن‌ها برای پالایش آلانده‌های محیطی، افزایش بازیافت روغن و نیز به‌عنوان افزودنی‌های آرایشی استفاده کرد. باکتری‌های هالوفیل، اکتوئین‌ها را تولید می‌کنند که می‌توانند برای محافظت از پوست انسان در برابر تأثیرات مخرب محیطی استفاده شوند. اکتوئین مزایای آرایشی متعددی مانند محافظت از سیستم ایمنی، محافظت

مواد مؤثر آرایشی-دارویی از زائدات زی توده جلبک‌های دریایی: از فرآوری جلبک‌های دریایی معمولاً موادی مانند آگار، کاراژینان و آلژینات تولید می‌شود و بقیه مواد فرعی در طول فرآیند یا دور ریخته می‌شوند و یا از بین می‌روند. این درحالی‌است که برخی از این مواد جانبی مانند فیکوسیانین، فیکواریترین و اسیدهای آمینه شبه مایکوسپورین (MAA) به‌عنوان مواد بالقوه آرایشی شناخته می‌شوند. فیکوبیلیپروتئین‌ها و MAA ها پروتئین‌های فعال عملکردی هستند که در محصولات آرایشی کاربرد گسترده‌ای داشته و هر دو ترکیب فعال را می‌توان در جلبک‌های قرمز با ارزش اقتصادی بالا (آگاروفیت و کاراژنوفیت) یافت (Pangestuti and Kim, 2011; Sadhukhan et al., 2019). فیکوبیلیپروتئین‌ها (فیکوسیانین و فیکواریترین) یک گروه اصلی از ترکیبات ماکروجلبکی گرانبها هستند، علی‌رغم اینکه پایداری کمتری در برابر گرما و نور دارند، جزء رنگ‌های آرایشی طبیعی محسوب می‌شوند. این رنگ‌های طبیعی برای چندین محصول آرایشی مانند رژ لب یا خط چشم استفاده شده‌اند. همچنین دارای خواص آنتی‌اکسیدانی و ضد التهابی نیز هستند (Suganya et al., 2016). MAA ها برای جذب نور خورشید بسیار مهم هستند و از موجودات دریایی در برابر اشعه UV محافظت می‌کنند. محتوای MAA در جلبک‌های دریایی بین گونه‌ها و فصل‌ها متفاوت است و جلبک‌های قرمز به‌عنوان منبع بالقوه MAA شناخته شده‌اند (Jofre et al., 2020; Vega et al., 2021). Ryu و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که عصاره متانولی *Corallina pilulifera* دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی قوی و اثرات محافظتی در برابر اکسیداتیو ناشی از UVA روی فیبروبلاست پوست انسان است. MAAs-Porphyrin-334 مشتق شده از پورفیرا از فیبروبلاست‌های پوست انسان در برابر پیری ناشی از UVA از طریق سرکوب تولید ROS و بیان MMPs محافظت کرده و باعث افزایش سطح اجزای ماتریکس خارج سلولی پروکلاژن، کلاژن نوع I و الاستین شده است (Ryu et al., 2009). زائدات ناشی از فرآوری جلبک قهوه ای *Sargassum fusiforme*، دارای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالا و مهار تیروزیناز است، همچنین عصاره متانولی این زائدات جلبکی تولید ملانین را در یک مدل پوست سه بعدی انسان به‌صورت موضعی مهار می‌کند

از سلول، محافظت در برابر اشعه ماوراء بنفش و محافظت از غشاء را داراست (Kim et al., 2008). اسید هیالورونیک، یک گلیکوز آمینوگلیکان است که دارای یک هیالورونات یا هیالورونان پلی ساکارید بدون شاخه است و معمولاً به فرم نمک سدیم وجود دارد. اسید هیالورونیک کاربردهای بالقوه‌ای در صنایع آرایشی و بهداشتی دارد. وزن مولکولی اسید هیالورونیک به طور کلی در محدوده ۵۰ تا ۸۰۰۰ کیلو دالتون متغیر است. برخی از باکتری‌های دریایی توانایی تولید اسید هیالورونیک را دارند و با اصلاح بیوتکنولوژیکی توانسته‌اند مقادیر بالاتری از اسید هیالورونیک را طریق تخمیر تولید کنند (Kim et al., 2008). Biopterin، glucose، رنگدانه‌ای است که از سیانوباکتری پلانکتون دریایی تولید می‌شود و از پوست در برابر اثرات نامطلوب اشعه UVA محافظت می‌کند. از این رو، از آن در فرمولاسیون ضد آفتاب‌ها استفاده می‌شود (Kim et al., 2008).

یکی دیگر از مواد ارزشمند به دست آمده از باکتری‌های دریایی پارابن‌ها هستند. پارابن‌ها آلکیل استرهای هیدروکسی بنزوات هستند و سمیت کمی برای انسان و میکروب‌ها دارند. به همین دلیل، به طور گسترده‌ای به عنوان نگهدارنده در طیف گسترده‌ای از صنایع غذایی، دارویی و آرایشی استفاده می‌شوند. باکتری‌های دریایی متعلق به جنس *Microbulbifer* توانایی تولید ۴-هیدروکسی بنزوات را دارند (Kim et al., 2008). همچنین کاروتنوئید Scytonemin تولید شده توسط سیانوباکتری‌های دریایی می‌تواند به عنوان یک ماده ضد UV در ضد آفتاب‌ها استفاده شود (Kim et al., 2008).

مواد مؤثر آرایشی-دارویی از فیتوپلانکتون‌ها:
فیتوپلانکتون‌ها گروه بسیار متنوعی از موجودات مهم هستند که شامل دیاتوم‌ها، سیانوباکترها و داینوفلاژل‌ها می‌شود. فیتوپلانکتون‌ها از نظر لپیدها و اسیدهای چرب امگا-۳ بسیار غنی هستند، بنابراین تولید پروسرامیدها توسط سلول‌ها را تحریک کرده و سد حفاظتی پوست را تجدید می‌کنند. بنابراین، فیتوپلانکتون‌ها را می‌توان برای سفید کردن و تقویت پوست، خواص ضدچروک و ضدپیری استفاده کرد (Fonseca et al., 2023).

مواد مؤثر آرایشی-دارویی از آب و گل و لای دریایی:
آب دریا منبع فراوانی از بسیاری از مواد معدنی (مانند پتاسیم، منیزیم، سولفات‌ها، سدیم، کلسیم، و کلریدها) با فواید شناخته شده‌ای برای محصولات آرایشی و مراقبت از پوست است. به ویژه، آبی که در اعماق دریا و در شرایط سخت (یعنی فقدان نور یا بسیار کم نور، دمای نزدیک به انجماد و فشار بالا) یافت می‌شود، خواص بسیار زیادی بر سلامت پوست، به ویژه در بیماری‌هایی مانند درماتیت اتوپیک دارد. تصور می‌شود که چنین خواص مفیدی به محتوای معدنی بالاتری نسبت به آب دریا مربوط می‌شود. گل دریایی، همچنین غنی از بسیاری از نمک‌ها و مواد معدنی بوده و فعالیت ضد باکتریایی را در برابر بسیاری از گونه‌های باکتریایی (مانند اشیریشیا کلی، استافیلوکوکوس اورئوس، پروپیونی آکنه و کاندیدا آلبیکنس) نشان می‌دهد و در بسیاری از فرمول‌های

از سلول، محافظت در برابر اشعه ماوراء بنفش و محافظت از غشاء را داراست (Kim et al., 2008). اسید هیالورونیک، یک گلیکوز آمینوگلیکان است که دارای یک هیالورونات یا هیالورونان پلی ساکارید بدون شاخه است و معمولاً به فرم نمک سدیم وجود دارد. اسید هیالورونیک کاربردهای بالقوه‌ای در صنایع آرایشی و بهداشتی دارد. وزن مولکولی اسید هیالورونیک به طور کلی در محدوده ۵۰ تا ۸۰۰۰ کیلو دالتون متغیر است. برخی از باکتری‌های دریایی توانایی تولید اسید هیالورونیک را دارند و با اصلاح بیوتکنولوژیکی توانسته‌اند مقادیر بالاتری از اسید هیالورونیک را طریق تخمیر تولید کنند (Kim et al., 2008). Biopterin، glucose، رنگدانه‌ای است که از سیانوباکتری پلانکتون دریایی تولید می‌شود و از پوست در برابر اثرات نامطلوب اشعه UVA محافظت می‌کند. از این رو، از آن در فرمولاسیون ضد آفتاب‌ها استفاده می‌شود (Kim et al., 2008).

یکی دیگر از مواد ارزشمند به دست آمده از باکتری‌های دریایی پارابن‌ها هستند. پارابن‌ها آلکیل استرهای هیدروکسی بنزوات هستند و سمیت کمی برای انسان و میکروب‌ها دارند. به همین دلیل، به طور گسترده‌ای به عنوان نگهدارنده در طیف گسترده‌ای از صنایع غذایی، دارویی و آرایشی استفاده می‌شوند. باکتری‌های دریایی متعلق به جنس *Microbulbifer* توانایی تولید ۴-هیدروکسی بنزوات را دارند (Kim et al., 2008). همچنین کاروتنوئید Scytonemin تولید شده توسط سیانوباکتری‌های دریایی می‌تواند به عنوان یک ماده ضد UV در ضد آفتاب‌ها استفاده شود (Kim et al., 2008).

مواد مؤثر آرایشی-دارویی از مرجان‌ها: استفاده از مرجان‌ها در محصولات آرایشی تاژگی ندارد. مرجان‌ها سال‌هاست که به طور گسترده‌ای به شکل پودر (به عنوان مثال، به عنوان اسکرابر پوست) و به عنوان منبع مواد معدنی و به طور کلی به دلیل ویژگی‌های بافتی و فیزیکوشیمیایی مناسب در محصولات آرایشی استفاده می‌شوند. علاوه بر این، پودر مرجان به دلیل خواص حفاظتی در برابر نور، آنتی‌اکسیدان، ضدپیری و ضدآکنه استفاده شده است (Fonseca et al., 2023). مرجان‌های گورگونی دریایی منبع بسیار خوبی از ترکیبات ترپنوئیدی هستند. یکی از محصولات جذاب دریایی، خانواده‌ای از گلیکوزیدهای دی‌ترین معروف به پسودوپتروزین‌ها است که از مرجان گورگونی کارائیب

منبعی برای مواد بالقوه آرایشی شناخته شده و مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. علاوه بر این، ثابت شده است که بسیاری از زائدات ناشی از فرآوری محصولات دریایی دارای خواص آرایشی بالقوه هستند (سفیدکننده پوست، ضد پیری، خواص جوان‌سازی پوست، و اثرات مرطوب‌کنندگی). با این حال، عوامل متعددی باید در نظر گرفته شود تا زائدات شیلاتی بتوانند به‌عنوان مواد مؤثر در محصولات آرایشی و بهداشتی استفاده شوند. این عوامل شامل مکانیسم عمل این مواد، مدل‌های مناسب درون و برون تن برای آزمایش مواد مؤثر آرایشی، بهداشت و ایمنی آن‌ها، و امکان‌سنجی اقتصادی است. با اینکه بسیاری از زائدات شیلاتی دارای خواص بالقوه آرایشی هستند ولی تنها تعداد کمی از مواد آرایشی مشتق‌شده از آن‌ها در بازار عرضه شده است. بنابراین، این امر چالش‌ها و فرصت‌هایی را برای محققان فراهم می‌کند تا بتوانند مواد آرایشی-دارویی جدید و با ارزش اقتصادی بالا را از زائداتی که از فرآوری محصولات دریایی به‌دست می‌آیند، تولید کنند.

آرایشی گنجانده شده است و برای بیماری‌هایی مانند پسوریازیس مفید است. ثابت شده است که pH پوست را متعادل می‌کند، از طریق جذب آب باعث ترمیم و آبرسانی پوست می‌شود و دارای خواص پیشگیری‌کننده از آکنه و پیری است. استفاده از گل دریایی در ماسک‌های صورت باعث افزایش سفتی پوست و در عین حال تمیز کردن و تقویت پوست شده است. متأسفانه، آب و گل دریا ممکن است حاوی فلزات سمی مانند کادمیوم و سرب باشند. به‌همین دلیل، برای استفاده در محصولات آرایشی و بهداشتی یا سایر محصولات، باید کنترل دقیقی روی آن‌ها اعمال شود. بنابراین، محصولات حاوی آب دریا یا گل و لای باید دارای برچسب‌های شفاف‌ی باشند که مصرف‌کنندگان به‌ویژه افراد با پوست حساس را از خطرات مرتبط با چنین عناصری آگاه می‌سازد (Fonseca *et al.*, 2023).

نتیجه‌گیری

زائدات شیلاتی به‌طور گسترده‌ای در سال‌های اخیر به‌عنوان

منابع

- Agarwal V., Tjandra E.S., Iyer K.S., Humfrey B., Fear M., Wood F.M., Dunlop S., Roston C.L. 2014. Evaluating the effects of nacre on human skin and scar cells in culture. *Toxicology Research* 3(4), 223-227.
- Ahuja I., Dauksas E., Remme J.F., Richardsen R., Løes A.K. 2020. Fish and fish waste-based fertilizers in organic farming - With status in Norway: A review. *Waste Management* 115, 95-112.
- Al-Nimry S., Dayah A.A., Hasan I., Daghmash R. 2021. Cosmetic, Biomedical and Pharmaceutical Applications of Fish Gelatin/Hydrolysates. *Marine Drugs* 19(3), 145.
- Ambati R.R., Phang S.M., Ravi S., Aswathanarayana R.G. 2014. Astaxanthin: sources, extraction, stability, biological activities and its commercial applications--a review. *Marine Drugs* 12(1), 128-152.
- Aranaz I., Acosta N., Civera C., Elorza B., Mingo J., Castro C., Gandia M.D.I.L. 2018. Cosmetics and cosmeceutical applications of chitin, chitosan and their derivatives. *Polymers (Basel)* 10(2), 213.
- Beheshti Foroutani M., Parrish C.C., Wells J., Taylor R.G., Rise M.L., Shahidi F. 2018. Minimizing marine ingredients in diets of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*): Effects on growth performance and muscle lipid and fatty acid composition. *PLoS One* 13(9), e0198538.
- By-Product. IFFO. 2022. Available: <https://www.iffco.com/product> (Accessed on 12 April 2022).
- Carella F., Degli Esposti L., Adamiano A., Iafisco M. 2021. The use of calcium phosphates in cosmetics, state of the art and future perspectives. *Materials (Basel)* 14(21), 6398.
- Coppola D., Lauritano C., Palma Esposito F., Riccio G., Rizzo C., De Pascale D. 2021. Fish waste: from problem to valuable resource. *Marine Drugs* 19(2), 116.
- Coppola D., Oliviero M., Vitale G.A., Lauritano C., D'Ambra I., Iannace S., De Pascale D. 2020. Marine collagen from alternative and sustainable sources: extraction, processing and applications. *Marine Drugs* 18(4), 214.
- Eliaz N., Metoki N. 2017. Calcium Phosphate Bioceramics: A review of their history, structure, properties, coating technologies and biomedical applications. *Materials (Basel)* 10(4), 334.

- Felician F.F., Xia C., Qi W., Xu H. 2018.** Collagen from marine biological sources and medical applications. *Chemistry & Biodiversity* 15(5), e1700557.
- Ferraro V., Carvalho A.P., Piccirillo C., Santos M.M., Castro P.M., Pintado M.E. 2013.** Extraction of high added value biological compounds from sardine, sardine-type fish and mackerel canning residues--a review. *Materials Science & Engineering C, Materials for Biological Applications* 33(6), 3111-3120.
- Fonseca S., Amaral M.N., Reis C.P., Custódio L. 2023.** Marine Natural Products as Innovative Cosmetic Ingredients. *Marine Drugs* 21(3), 170.
- Huang T.H., Wang P.W., Yang S.C., Chou W.L., Fang J.Y. 2018.** Cosmetic and therapeutic applications of fish oil's fatty acids on the skin. *Marine Drugs* 16(8), 256.
- Jafari H., Lista A., Siekapen M.M., Ghaffari-Bohlouli P., Nie L., Alimoradi H., Shavandi A. 2020.** Fish collagen: extraction, characterization, and applications for biomaterials engineering. *Polymers (Basel)* 12(10), 2230.
- Jofre J., Celis-Plá P.S.M., Figueroa F.L., Navarro N.P. 2020.** Seasonal variation of Mycosporine-like amino acids in three subantarctic red seaweeds. *Marine Drugs* 18(2), 75.
- Kim S.K., Ravichandran Y.D., Khan S.B., Kim Y.T. 2008.** Prospective of the cosmeceuticals derived from marine organisms. *Biotechnology and Bioprocess Engineering* 13, 511-523.
- Latire T., Legendre F., Bigot N., Carduner L., Kellouche S., Bouyoucef M., Carreiras F., Marin F., Lebel J.M., Galera P., Serpentiti A. 2014.** Shell extracts from the marine bivalve *Pecten maximus* regulate the synthesis of extracellular matrix in primary cultured human skin fibroblasts. *PLoS One* 9(6), e99931.
- Lee K., Kim H., Kim J.M., Chung Y.H., Lee T.Y., Lim H.S., Lim J.H., Kim T., Bae J.S., Woo C.H., Kim K.J., Jeong D. 2012.** Nacre-driven water-soluble factors promote wound healing of the deep burn porcine skin by recovering angiogenesis and fibroblast function. *Molecular Biology Reports* 39(3), 3211-3218.
- León-López A., Morales-Peñaloza A., Martínez-Juárez V.M., Vargas-Torres A., Zeugolis D.I., Aguirre-Álvarez G. 2019.** Hydrolyzed collagen-sources and applications. *Molecules* 24(22), 4031.
- Li G.Y., Fukunaga S., Takenouchi K., Nakamura F. 2005.** Comparative study of the physiological properties of collagen, gelatin and collagen hydrolysate as cosmetic materials. *International Journal of Cosmetic Science* 27(2), 101-106.
- Ngo D.H., Ryu B., Kim S.K. 2014.** Active peptides from skate (*Okamejei kenojei*) skin gelatin diminish angiotensin-I converting enzyme activity and intracellular free radical-mediated oxidation. *Food Chemistry* 143, 246-255.
- Pangestuti R., Kim S.K. 2011.** Biological activities and health benefit effects of natural pigments derived from marine algae. *Journal of Functional Foods* 3(4), 255-266.
- Piccirillo C., Pullar R.C., Costa E., Santos-Silva A., Pintado M.M., Castro P.M. 2015.** Hydroxyapatite-based materials of marine origin: a bioactivity and sintering study. *Materials Science & Engineering C, Materials for Biological Applications* 51, 309-315.
- Ryu B., Qian Z.J., Kim M.M., Nam K.W., Kim S.K. 2009.** Anti-photoaging activity and inhibition of matrix metalloproteinase (MMP) by marine red alga, *Corallina pilulifera* methanol extract. *Radiation Physics and Chemistry* 78(2), 98-105.
- Sadhukhan J., Gadkari S., Martinez-Hernandez E., Ng K.S., Shemfe M., Torres-Garcia E., Lynch J. 2019.** Novel macroalgae (seaweed) biorefinery systems for integrated chemical, protein, salt, nutrient and mineral extractions and environmental protection by green synthesis and life cycle sustainability assessments. *Green Chemistry* 21(10), 2635-2655.
- Siahaan E.A., Agusman, Pangestuti R., Shin K.H., Kim S.K. 2022.** Potential cosmetic active ingredients derived from marine by-products. *Marine Drugs* 20(12), 734.
- Šimat V., Rathod N.B., Čagalj M., Hamed I., Generalić Mekinić I. 2022.** Astaxanthin from crustaceans and their byproducts: a bioactive metabolite candidate for therapeutic application. *Marine Drugs* 20(3), 206.
- Sionkowska A., Adamiak K., Musiał K., Gadomska M. 2020.** Collagen Based materials in cosmetic applications: a review. *Materials (Basel)* 13(19), 4217.
- Sionkowska A., Skrzyński S., Śmiechowski K., Kołodziejczak A. 2017.** The review of versatile application of collagen. *Polymers for Advanced Technologies* 28(1), 4-9.

- Suganya T., Varman M., Masjuki H.H., Renganathan S. 2016.** Macroalgae and microalgae as a potential source for commercial applications along with biofuels production: A biorefinery approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 55, 909-941.
- Tabassum N., Ahmed S., Ali M.A. 2021.** Chitooligosaccharides and their structural-functional effect on hydrogels: A review. *Carbohydrate Polymers* 261, 117882.
- Takashi H. 2021.** Cosmetic potential of boiled water of Hijiki (*Sargassum fusiforme*) grown in the ocean in Okinawa, Japan.
- Vega J., Schneider G., Moreira B.R., Herrera C., Bonomi-Barufi J., Figueroa F.L. 2021.** Mycosporine-like amino acids from red macroalgae: uv-photoprotectors with potential cosmeceutical applications. *Applied Sciences* 11(11), 5112.
- Yan N., Chen X. 2015.** Sustainability: don't waste seafood waste. *Nature* 524(7564), 155-157.
- Yoon G.L., Kim B.T., Kim B.O., Han S.H. 2003.** Chemical-mechanical characteristics of crushed oyster-shell. *Waste Management* 23(9), 825-834.
- Younes I., Rinaudo M. 2015.** Chitin and chitosan preparation from marine sources. Structure, properties and applications. *Marine Drugs* 13(3), 1133-1174.

Recoverable cosmeceutical ingredients from marine discards/by-products

Mohammad Ali Daneshmehr¹, Faranak Salmannejad^{2*}

¹Department of Medicinal Chemistry, School of Pharmacy, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

²Department of Pharmaceutics, Faculty of Pharmacy, Alborz University of Medical Sciences, Karaj, Iran.

*Corresponding author: salmannejad.f@gmail.com

Received: 24. Jan.2023

Accepted: 16. Mar.2023

Abstract

Cosmetic products with marine-derived ingredients instead of synthetic ingredients are indeed particularly attractive to consumers, and that is why the demand for these products has increased in the last decade. However, natural resources, including marine resources, are limited and should not be overexploited because their regeneration involves the passage of many years. One of the solutions for natural resource depletion is to recover their discards and by-products. Therefore, this issue has led to the use of marine discards and by-products produced in the fishing industry as a sustainable source for extracting high-value ingredients that are used in the cosmetic industry. These ingredients such as collagen, chitin, natural calcium phosphates, astaxanthin, and phycobiliproteins could be utilized as antioxidants, anti-photoaging, anti-wrinkle, anti-acne, and anti-inflammation in cosmetic formulations. As a result, in this study, according to the importance of the subject, the potential of marine discards and by-products to extract effective cosmeceuticals was discussed.

Keywords: Discards/by-products, Cosmeceuticals, Collagen, Chitin