Journal of Aquaculture Sciences 11(21): 47-73 (2023)
Print ISSN: 2322-5351
www.aquaculturesciences.ir

نشریه علوم آبزی‌پروری
دوره ۱۱، شماره ۲۱: ۴۷-۷۳ (۱۴۰۲)

خواص کاربردی و سلامتی‌بخش ترکیبات زیست‌فعال آبزیان

علیرضا ربیع‌پور[۱]، آریا باباخانی[۱،۲*]

[۱] گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، گیلان، ایران.
[۲] گروه علوم دریایی، پژوهشکده حوضه آبی دریای خزر، دانشگاه گیلان، رشت، گیلان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۲۴ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۲۹**

چکیده

جست‌وجو، شناسایی و در نهایت استفاده از ترکیبات زیست‌فعال مهم و با ارزش، یکی از اهداف اصلی جهت مدیریت اصولی و توسعه پایدار صنعت شیلات می‌باشد. شیلات و آبزی‌پروری امروزه نقش بسیار ویژه‌ای در اقتصاد، تأمین رژیم‌های غذایی سالم پایدار و توسعه داروهای جدید جهت برقراری سلامت مردم دارند و آبزیان منبع غنی از پروتئین، اسیدهای آمینه ضروری، اسیدهای چرب (اشباع، تک غیراشباع، چند غیراشباع (امگا ۳ و امگا ۶))، کربوهیدرات‌ها، ویتامین‌ها و مواد معدنی می‌باشند. از طرف دیگر، در دنیای امروز، مقادیر زیادی از صیدهای ضمنی و جانبی شیلات یا صنایع فرآوری آبزیان دور ریخته شده و باعث مشکلات زیست‌محیطی فراوان می‌گردند. با توجه به ارزش غذایی و وجود ترکیبات زیست‌فعال در محصولات جانبی حاصل از آبزیان، این موجودات می‌توانند به‌عنوان منبع غنی از این ترکیبات مورد استفاده قرار گیرند. نتایج این مطالعه نشان داد که ترکیبات زیست‌فعال استخراج شده از آبزیان، نقش مهمی در رژیم غذایی، افزایش سلامت، پیشگیری و درمان بیماری‌های مختلف در انسان‌ها ایفا می‌کنند. این ترکیبات حاوی منابع ارزشمندی مانند پپتیدها و هیدرولیزهای پروتئینی، اسیدهای چرب چند غیراشباعی، کلاژن و ژلاتین، پلی‌ساکاریدها، کیتین و کیتوزان، گلیکوزآمینوگلیکان‌ها، کاروتنوئیدها، ترکیبات فنولی، عناصر کمیاب و دیگر ترکیبات طبیعی با ظرفیت‌های آنتی‌اکسیدانی، ضدمیکروبی، ضدویروسی، ضدسرطانی، ضدالتهاب، ضددیابت، ضدانعقاد، ضدفشارخون، ضدپیری، محافظت‌کننده قلب، محافظت‌کننده عصبی و تعدیل‌کننده ایمنی هستند. بر این اساس، آن‌ها به‌دلیل ظرفیت عملکردی خاصشان کاربردهای متعددی در صنایع غذایی–دارویی، پزشکی، کشاورزی، زیست‌فناوری، آرایشی و دیگر صنایع پیدا کرده‌اند. هدف از این مطالعه، مروری بر اهمیت خواص کاربردی و سلامتی‌بخش ترکیبات زیست‌فعال استحصالی از آبزیان است.

کلید واژگان: خواص کاربردی، محصولات شیلاتی، آبزیان، مواد مغذی، ترکیبات زیست‌فعال

*نویسنده مسئول babakhani@guilan.ac.ir

مقدمه

عوارض جانبی بسیار زیاد داروهای شیمیایی بر سلامت انسان در بیماری‌های متعدد به اثبات رسیده است؛ بنابراین ترکیبات استخراج شده از منابع طبیعی می‌توانند جایگزین‌های بالقوه‌ای برای پیشگیری و درمان بیماری‌های مزمن در مقایسه با داروهای سنتزی مضر باشند (Bilal and Iqbal, 2020; Mateos *et al.*, 2020). هم‌چنین در سال های اخیر، مصرف‌کنندگان آن دسته از مواد غذایی را ترجیح می‌دهند که توانایی بهبود سلامت، کاهش یا تأخیر خطر ابتلا به بیماری‌ها را داشته باشند (ربیع‌پور و زکی‌پور رحیم‌آبادی، ۱۴۰۲). اکوسیستم‌های دریایی منبع غنی از ترکیبات زیست-فعال جدید با ظرفیت‌های مختلف می‌باشند. تنوع این مولکول‌های زیست‌فعال منحصر به فرد و تولید آن به‌دلیل شرایط شیمیایی و فیزیکی دریا مطلوب است و شواهد اخیر نقش مفیدی این ترکیبات را برای سلامت انسان پیشنهاد کرده است (Catanesi *et al.*, 2021). از طرفی صنعت شیلات و آبزی‌پروری نقش مهمی در تأمین غذا و درآمد در بسیاری از کشورهای در حال توسعه دارند. به‌طوری‌که در چند دهه اخیر، بخش آبزی‌پروری شاهد توسعه در مقیاس بزرگ با اشتغال بالا و تولید غذاهای غنی از ارزش غذایی برای مصرف انسان بوده است (Pradeepkiran, 2019). با این حال با افزایش جمعیت، امروزه دفع ضایعات حاصل از صنعت عمل‌آوری آبزیان، یک موضوع حیاتی است که نیازمند ارائه راه‌حل‌های جدیدی جهت رفع اثرات زیست محیطی و اقتصادی است (Alfio *et al.*, 2021). از این‌رو بازیافت و استفاده از ضایعات شیلات می‌تواند تأثیر مثبتی بر اکوسیستم و اقتصاد صنعت شیلات نیز داشته باشد. انتظار می‌رود به‌زودی کاربرد این ضایعات در کشورهای در حال توسعه افزایش یابد (Rabiepour *et al.*, 2022). در این مقاله، به‌طور خلاصه خواص کاربردی و سلامتی‌بخش مهم ترین ترکیبات زیست‌فعال حاصل از آبزیان؛ شامل پپتیدهای فعال زیستی، اسیدهای چرب چند غیراشباع بلند زنجیره، پلی‌ساکاریدهای جداشده از منابع دریایی، جلبک‌ها، کیتین و کیتوزان، گلیکوزآمینوگلیکان، کلاژن و ژلاتین، کاروتنوئیدها، ترکیبات فنولی و ظرفیت زیستی-عملکردی آن‌ها مورد بررسی قرار گرفته است.

فواید سلامتی‌بخش ترکیبات زیست‌فعال آبزیان: با وجود همه‌گیری کووید-۱۹، هم‌چنان بیماری‌های مزمن غیرواگیر[1] (NCDs) شایع‌ترین علت جهانی مرگ و میر هستند (World Health Organization, 2018). در کنار سایر عوامل خطر، استرس اکسیداتیو و التهاب به‌عنوان عوامل مهم در خطر ابتلا به بیماری‌های غیرواگیر شناخته شده‌اند (Furman *et al.*, 2019). در این میان، آبزیان به‌دلیل دارا بودن ترکیبات مفید، نقش بسیار مهمی را در افزایش سلامتی دارند.

اسیدهای چرب چند غیراشباعی: اسیدهای چرب چند غیراشباعی[2] (PUFAs) از منابع مختلفی به‌دست می‌آیند که می‌توانند برای حفظ سلامت در رژیم غذایی مورد استفاده قرار گیرند (Kapoor *et al.*, 2021). چربی‌های حاصل از موجودات دریایی منبعی از مولکول‌های با اهمیت مانند اسیدهای چرب غیراشباع چندگانه (PUFA) و آنتی‌اکسیدان‌ها هستند (Cretton *et al.*, 2022). اسیدهای چرب غیراشباع موجود در روغن ماهی و همچنین روغن جلبک، از جمله ایکوزاپنتانوئیک اسید[3] (EPA) و دوکوزاهگزانوئیک اسید[4] (DHA)، برای تغذیه انسان ضروری هستند و باید از طریق رژیم غذایی تأمین شوند (Hu *et al.*, 2019). بسیاری از مطالعات نشان دادند که مصرف بیش‌تر PUFA های امگا ۳، به EPA و DHA، با بروز کم‌تر بیماری‌های مزمن مرتبط است. براساس شواهد اولیه فعلی، PUFAهای n-3 (EPA + DHA) اثرات امیدوارکننده‌ای در بیماران کووید-۱۹ دارند (Djuricic and Calder, 2021). مطالعات بر روی انواع مختلف سرطان نشان می‌دهد که مصرف EPA و DHA حاصل از منابع دریایی با کاهش اثرات سیتوتوکسیک (سمیت سلولی) آن‌ها، اثربخشی داروهای ضدسرطان را افزایش می‌دهد (Sawada, 2012). هم‌چنین امولسیون‌های لیپیدی حاوی روغن ماهی سطوح DHA و EPA گلبول‌های قرمز پلاسما و EPA را در بیماران اطفال افزایش می‌دهند (Edward *et al.*, 2018). PUFAها هم‌چنین باعث بهبود ضربان قلب و کاهش احتمال حمله قلبی، حفظ سطح چربی خون و به حداقل رساندن استحکام و سخت شدن شریان‌ها، تنظیم فشار خون، لخته شدن خون، و توسعه و عملکرد سیستم

[1] Chronic non-communicable diseases
[2] Polyunsaturated fatty acids
[3] Eicosapentaenoic acid
[4] Docosahexaenoic acid

جدول ۱- چربی‌های حاصل از منابع دریایی، بافت‌های جدا شده و کاربرد زیست‌فناورانه آن‌ها

گونه‌های دریایی	بافت یا اندام	محصول	فعالیت زیستی	منبع
سخت‌پوست (*Jasus edwardsii*)	کبد	PUFA	ضدالتهاب، ضدفشار خون و ضددیابت	Nguyen et al. (2015)
سفالوپود (*Todarodes pacificus*)	بقایای احشاء	لسیتین	خواص امولسیون‌کنندگی	Uddin et al. (2011)
جلبک (*Chlorella vulgaris*)	-	PUFA و SFA و MUFA	آنتی‌اکسیدان	Conde et al. (2021)
ماهی آزاد (*Salmo salar*)	قسمت شکم، ماهیچه-های بریده شده، استخوان تنه و پوست	روغن ماهی و مولتی ویتامین	مهار استرس اکسیداتیو	Pipingas et al. (2015) and Haq et al. (2016)
ماهی (*Thunnus tonggol*)	سر	اسیدهای چرب DHA، امگا ۳ و ۶	ضدالتهاب، ضدفشار خون و ضددیابت	Ferdosh et al. (2014)

عصبی می‌شوند (Jamshidi *et al.*, 2020). جدول ۱ چربی‌های حاصل از منابع دریایی، بافت‌های جدا شده و کاربرد زیست‌فناورانه آن‌ها را نشان می‌دهد.

پپتیدها و هیدرولیزهای پروتئینی: پپتیدهای مشتق شده از منابع دریایی نیز به‌دلیل خواص عملکردی و پتانسیل ارزشمندشان در صنایع دارویی، غذایی، آرایشی و دیگر صنایع در منابع متعددی مورد توجه قرار گرفته‌اند (Cunha and Pintado, 2021). نتایج یک بررسی نشان داد که پپتیدهای به دست آمده با روش استخراج شیمیایی از پوست گربه ماهی دریایی (*Tachysurus dussumieri*) دارای فعالیت ضدسرطانی در برابر سرطان روده بزرگ انسانی است (Raja *et al.*, 2020). Mechri و همکاران (۲۰۲۰) اظهار داشتند که پوسته میگو می‌تواند به‌عنوان منبعی از پپتیدهای زیست‌فعال با فعالیت مهاری ACE بالاتری در مقایسه با داروی فشار خون بالا (کاپتوپریل[5]) باشد. همچنین اسید آمینه شبه‌مایکوسپورین[6] به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان حیاتی در جلبک‌های قرمز برای تسهیل جذب اشعه‌های مضر UV در محافظت از پوست، ضدپیری و عوامل محافظت‌کننده از نور در پوست در صنعت آرایشی و بهداشتی استفاده می‌شود (Bedoux *et al.*, 2014). نتایج مطالعه Pang و همکاران (۲۰۲۲) نشان داد که عصاره متانولی به‌دست آمده از جلبک قرمز (*Gracilaria manilaensis*) دارای فعالیت مهار کولین استراز می‌باشد که جهت بهبود و سلامت عصبی توصیه می‌شود. علاوه بر این، پپتیدهای جداشده از صدف *Crassostrea gigas* به عملکرد سیستم ایمنی، تقسیم سلولی، رشد سلولی و بهبود زخم کمک می‌کنند (Hara *et al.*, 2017). Naghdi و همکاران، (۲۰۲۳)، در یک بررسی نشان دادند که پروتئین هیدرولیز شده حاصل از ضایعات سر ماهی تون (*Katsuwonus pelamis*) دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ضدباکتریایی مناسبی در برابر *E. coli* است. هم‌چنین، در یک پژوهش نشان داده شد که عصاره به‌دست آمده از نرم‌تن هشت‌پا (*Octopus vulgaris*) دارای پتانسیل تعدیل‌کننده ایمنی و ضدتکثیر بالقوه در برابر رده‌های سلولی سرطان انسانی (Rv122، HeLa، A549) می‌باشد (Hernández-Zazueta *et al.*, 2021). در مطالعه دیگری که توسط Alahmad و همکاران (۲۰۲۲) صورت گرفت؛ مشخص شد که شرایط بهینه جهت تولید پروتئین هیدرولیز شده از کپور سرگنده (*Hypophthalmichthys nobilis*) با استفاده از آنزیم فیسین[7]، شامل نسبت آنزیم به سوبسترا ۳ درصد، دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد و pH=6 می‌باشد که به‌دلیل خواص عملکردی بهبود یافته، می‌تواند به‌عنوان مکمل و منابع پروتئینی عالی در کاربردهای غذایی مورد استفاده قرار گیرد. جدول ۲ فعالیت زیستی پپتیدهای زیست‌فعال حاصل از آبزیان را نشان می‌دهد.

[5]Captopril
[6]Mycosporin
[7]Ficin

جدول۲- پپتیدهای زیست فعال حاصل از آبزیان و فعالیت زیستی آن‌ها

گونه‌های دریایی	بافت یا اندام	فعالیت زیستی	منبع
خیار دریایی (*Cucumaria frondosa*)	دیواره بدن	آنتی‌اکسیدان	Hossain et al. (2022)
جلبک قهوه‌ای	-	مهار استرس اکسیداتیو	Phang et al. (2023)
ماهی کپور علفخوار (*Ctenopharyngodon idella*)	پوست	ضدآلزایمر و محافظت‌کننده عصبی	Cai et al. (2015)
ماهی تون	سر	فعالیت ضدباکتری	Vázquez et al. (2022)
عروس دریایی (*Nemopilema nomurai*)	-	آنتی‌اکسیدان	Teng et al. (2023)
دیاتومه دریایی (*Bellerochea malleus*)	-	ضدفشارخون، آنتی‌اکسیدان و مهار ACE	Barkia et al. (2019)

پلی‌ساکاریدهای جدا شده از منابع دریایی

پلی‌ساکاریدهای استحصالی از جلبک‌ها: جلبک‌های بزرگ یا جلبک‌های دریایی موجودات گیاهی هستند که معمولاً منطقه ساحلی اعماق دریا را اشغال می‌کنند. آن‌ها معمولاً به جلبک‌های سبز (Chlorophyta)، جلبک‌های قهوه‌ای (Phaeophyta) و جلبک‌های قرمز (Rhodophyta) طبقه‌بندی می‌شوند (Otero *et al.*, 2018). این موجودات حاوی مولکول‌های باارزشی مانند پروتئین‌ها، اسیدهای چرب غیراشباع امگا ۳، مواد معدنی، پلی‌فنل‌ها، آلکالوئیدها[8]، ترپن‌ها[9]، رنگدانه‌ها (کلروفیل‌ها، کاروتنوئیدها و فیکوبیلین‌ها[10]) و پلی‌ساکاریدها هستند (Pereira *et al.*, 2021). پلی‌ساکاریدها با موجودیت‌های ساختاری و کاربردی منحصر به‌فرد هستند که دارای طیف گسترده‌ای از کاربردهای درمانی مانند ضدتومور، تعدیل‌کننده ایمنی، ضدالتهاب، ضدانعقاد، ضدویروسی، ضدتک‌یاخته، ضدمیکروبی و ضدچربی خون با کاربردهایی در دارورسانی، ساخت واکسن و کاربرد مهندسی بافت هستند (Arokiarajan *et al.*, 2022). جلبک‌های سبز حاوی پلی‌ساکارید اولوان[11] هستند، جلبک‌های دریایی قهوه‌ای سرشار از آلژینات، لامینارین[12]، فوکان[13] و فوکوئیدان[14] هستند، در حالی که جلبک‌های قرمز از کاراگینان، آگار، نشاسته فلوریدین[15] و هم‌چنین سایر گالاکتان‌ها[16] تشکیل شده‌اند. این تفاوت‌ها در ساختار شیمیایی آن‌ها منجر به خواص متفاوت SP می‌شود (De Jesus Raposo *et al.*, 2015). نتایج تحقیق Tabarsa و همکاران (۲۰۲۲) نشان داد که پلی‌ساکاریدهای به‌دست آمده از *Cuminum cyminum* دارای وزن مولکولی کم‌تر و ساختار منبسط شده بیش‌تری بودند که به‌طور مؤثرتری سلول‌های RAW264.7 و NK-92 را تحریک می‌کنند و بنابراین می‌توانند برای مطالعات بیش‌تر در زمینه کاربردهای زیست‌پزشکی در نظر گرفته شوند. جدول ۳ به‌طور خلاصه نشان‌دهنده پلی‌ساکاریدهای جدا شده از جلبک‌های دریایی است.

کیتین و کیتوزان: در حال حاضر، پوسته سخت‌پوستان و دیگر موجودات دریایی منابع مهم تولید کیتین و کیتوزان در سراسر جهان هستند (Islam *et al.*, 2023). کیتین دومین پلیمرزیستی پس از سلولز است و به سه شکل α، β و γ وجود دارد و به‌عنوان یک هموپلی‌ساکارید متشکل از ان‌استیل دی‌گلوکز آمین[17] شناخته می‌شود (Ahmad *et al.*, 2020). پلیمر کاتیونی استیل‌زدایی شده به‌دست آمده از کیتین، منجر به تشکیل کیتوزان می‌شود (Thomas *et al.*, 2020). کیتین و مشتقات آن کیتوزان، دارای خواص مطلوبی

[8]Alkaloid
[9]Terpene
[10]Phycobilins
[11]Ulvan
[12]Laminarin
[13]Fucan
[14]Fucoidan
[15]Floridian starch
[16]Galactans
[17]N-acetyl-D-glucosamine

جدول ۳- پلی‌ساکاریدهای جدا شده از جلبک‌های دریایی

گونه‌های دریایی	محصول	فعالیت زیستی	منبع
جلبک قرمز (*Ulva lactuca*)	اولوان	آنتی‌اکسیدان	Pappou et al. (2022)
جلبک قرمز (*Porphyra sp*)	پروفیران	آنتی‌اکسیدان	Cikos et al. (2018)
جلبک قهوه‌ای (*Colpomenia sinuosa*)	آلژینات و فوکوئیدان	ضدسرطان	Al Monla et al. (2022)
جلبک قهوه‌ای (*Padina tetrastromatica*)	لامینارین، فوکوئیدان و آلژینات	ضددیابت و آنتی‌اکسیدان	Naveen et al. (2021)
جلبک قهوه‌ای (*Sargassum angustifolium*)	فوکوئیدان	آنتی‌اکسیدان، ضدالتهاب، ضدحساسیت، ضد تومور، ضدچاقی و ضدویروسی	Vo and Kim (2013)
جلبک سبز (*Codium bernabei*)	گالاکتان	ضدانعقاد، ضدتومور و آنتی‌اکسیدان	Figueroa et al. (2022)

مانند زیست‌سازگاری، زیست‌تخریب‌پذیری، غیرسمی بودن و غیرایمنی‌زایی هستند و به‌دلیل کاربردهای بالقوه زیستی بسیار زیاد اخیراً مورد توجه قرار گرفته‌اند (Baharlouei and Rahman, 2022). کیتوزان در واقع به‌دلیل خواص باارزش از جمله چسبندگی زیستی، داشتن سطح پلی‌کاتیونی که ایجاد پیوندهای هیدروژنی و یونی را تسهیل می‌کند و زیست‌سازگاری، به‌طور قابل توجهی در تولید هیدروژل برای دارورسانی استفاده می‌شود (Ahmad *et al.*, 2020). کیتوزان خالص شده از ماهی مرکب به‌عنوان یک ماده عالی برای استفاده در لنزهای تماسی عمل می‌کند (Tao *et al.*, 2020). کیتوالیگومرهای به‌دست آمده از میگوها را می‌توان در خوراک دام استفاده کرد و جایگزین آنتی‌بیوتیک‌ها کرد (Varun *et al.*, 2017). تحقیقان نشان داده‌اند که الیگوساکاریدهای کیتوزان به‌طور مؤثری فعالیت ضددیابتی را در موش‌های تزریق شده با استرپتوزوتوسین[18] اعمال می‌کنند (Hamed *et al.*, 2016). کریل (نوعی سخت‌پوست)، حاوی پروتئین، چربی و کیتین است و حاوی مواد مغذی متنوعی است که می‌تواند در فرمولاسیون غذاهای کاربردی با پتانسیل درمانی استفاده شود (Ngo and Kim, 2014). مطالعه‌ای که بر روی کیتین استخراج شده از میگو انجام شد، حاکی از خواص ضدمیکروبی آن را در برابر چهار میکروارگانیسم بیماری‌زای *Enterococcus faecalis*، *Staphylococcus aureus* و *Enterobacter aerogenes* و *Escherichia coli* بود. علاوه براین مشخص شده است که عصاره‌های سخت پوستان دارای ویسکوزیته بسیار بالایی هستند و بهتر می‌توانند به‌عنوان عوامل ضخیم‌کننده و تشکیل‌دهنده فیلم استفاده شوند (Ibitoye *et al.*, 2018). جدول ۴ کیتین و کیتوزان استخراج شده از منابع دریایی و کاربرد زیست‌فناورانه آن‌ها را نشان می‌دهد.

گلیکوزآمینوگلیکان‌ها (GAGs): گلیکوزآمینوگلیکان‌ها[19] (GAGs) پتانسیل زیادی برای طراحی و تهیه داروهای درمانی برای درمان بیماری‌های قلبی، سکته مغزی، سرطان‌ها، بیماری‌های عفونی و بیماری‌های دژنراتیو (فرسایشی- تخریبی) ارائه می‌دهند (Colliec-Jouault *et al.*, 2019). بنابراین استخراج، کاربرد، و عملکرد این ترکیبات به‌دلیل اهمیت زیستی آن‌ها از گونه‌های مهره‌داران، بی‌مهرگان، نرم‌تنان و منابع دریایی ضروری است. این ترکیبات از گروه‌های دی‌ساکاریدی تکراری تشکیل شده‌اند (Sahu *et al.*, 2022). منابع دریایی در مقایسه با مهره‌داران خشکی‌زی اساساً در ترکیب GAGها از نظر سولفاته شدن متفاوت هستند، زیرا شاخه‌های گلوکز و فروکتوز سولفاته در منابع خشکی نادر هستند. ضایعات شیلات و آبزی‌پروری از جمله باله‌ها، سر، پوست، احشاء و ضایعات ماهی منبع غنی

[18]Streptozotocin

[19]Glycosaminoglycans

جدول ۴- کیتین و کیتوزان حاصل از منابع دریایی و کاربرد زیست‌فناورانه آن‌ها

گونه‌های دریایی	بافت یا اندام	فعالیت زیستی	منبع
سخت‌پوست (*Polybius henslowii*)	-	ضدقارچی و آنتی‌اکسیدانی	Avelelas et al. (2019)
میگوی عمانی	پوسته	-	Al Hoqani et al. (2020)
خرچنگ نعل اسبی (*Limulus polyphemus*)	کاراپاس	آنتی‌اکسیدانی	Pati et al. (2020)
نرم‌تن (*Rapana venosa*)	تخم‌ها	آنتی‌اکسیدان، ضدمیکروبی، ضدویروسی و ضدفشار خون	Apetroaei et al. (2016)
ماهی (*Lutjanus* sp.)	فلس	آنتی‌اکسیدان، ضدمیکروبی، ضدویروسی و ضدفشار خون	Takarina and Fanani (2016)

جدول ۵- گلیکوزآمینوگلیکان‌های استخراج شده از منابع دریایی

گونه‌های دریایی	بافت یا اندام	فعالیت زیستی	منبع
کپور (*Mesopotamichthys sharpeyi*)	فلس	ضدانعقادی	Abdulameer et al. (2021)
اسکالوپ اعماق اقیانوس اطلس (*Placopecten magellanicus*)	-	ضدآلزایمر	Mycroft-West et al. (2023)
دوکفه‌ای (*Perna canaliculus*)	بدن	ضدالتهاب و ضدآرتروز	Cheras et al. (2005) و Aroma New Zealand Ltd (2021)
ستاره دریایی اقیانوس آرام (*Lethasterias fusca*)	دیواره بدن	-	Bilan et al. (2023)

از GAGها هستند (Valcarcel *et al.*, 2017) که بیش‌تر برای اهداف تجاری در تولید لوازم آرایشی و قرص‌های مغذی/غذای کاربردی استفاده می‌شوند. گزارش‌ها نشان می‌دهند که GAGهای جدا شده از گونه‌های ماهیان تیلاپیا (*Oreochromis niloticus*) و پاکو (*Piaractus mesopotamicus*) خاصیت ضدانعقادی از خود نشان می‌دهند (Nogueira *et al.*, 2019). GAGهای استخراج شده از پوست ماهی تون باله آبی اقیانوس اطلس نیز فعالیت‌های مهاری قابل توجهی از آنزیم مبدل آنژیوتانسین I [۲۰](ACE) نشان دادند (Krichen *et al.*, 2018). علاوه بر این، GAGها و مولکول‌های مبتنی بر GAG، به‌دلیل خواص منحصر به‌فرد خود، به‌عنوان اثربخش‌های امیدوارکننده برای درمان ضدسرطان پیشنهاد می‌شوند (Berdiaki *et al.*, 2021). جدول ۵، سایر گلیکوزامینوگلیکان‌های استخراج شده از منابع دریایی را نشان می‌دهد.

کلاژن و ژلاتین: کلاژن‌ها یکی از فراوان‌ترین پروتئین‌های بافت پیوندی در حیوانات هستند که در ماتریکس خارج سلولی بافت‌های همبند از جمله پوست، استخوان‌ها، تاندون‌ها، رباط‌ها، غضروف‌ها، دیسک‌های بین مهره‌ای و رگ‌های خونی یافت می‌شوند (Tang *et al.*, 2022). در حال حاضر، کلاژن حاصل از منابع دریایی خطر بسیار کم‌تری از نظر بیماری‌های قابل انتقال نشان داده و عاری از نگرانی‌های مذهبی بوده و به‌دلیل ایمنی، قابلیت اتصال سلولی، آنتی‌ژنی ضعیف، زیست‌سازگاری، زیست-تخریب‌پذیری و خاصیت جذب بالا دارای فعالیت‌های زیستی و خواص درمانی متعددی مانند فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی، ضدانعقاد، محافظت‌کننده عصبی، ضدمیکروبی،

[20]Angiotensin converting enzyme (ACE)

جدول ۶- کلاژن و ژلاتین استحصالی از منابع دریایی و فعالیت زیستی آن‌ها

گونه‌های دریایی	بافت یا اندام	محصول	فعالیت زیستی	منبع
صدف آبی (*Mytilus edulis*)	-	کلاژن	مهارکننده دی پپتیدیل پپتیداز IV- و فعالیت آنتی‌اکسیدانی	CunhaNeves et al. (2022)
کپور علفخوار (*Ctenopharyngodon idella*)، کپور سرگنده (*Aristichthys nobilis*)	کیسه شنا	کلاژن	آنتی‌اکسیدان	Dong et al. (2022)
دوکفه‌ای (*Dosidicus giga,*)	تونیک‌های داخلی و خارجی	ژلاتین	آنتی‌اکسیدان	Aleman et al. (2011)
خیار دریایی (*Acaudina molpadioides*)	-	کلاژن	مهار آسیب کبدی و استرس اکسیداتیو	Li et al. (2022)
عروس دریایی (*Nemopilema nomurai*)	بدن	کلاژن	آنتی‌اکسیدان	Morishige et al. (2011)

ضددیابت، ضدسرطان، ضدپیری و غیره می‌باشد (ربیع‌پور و زکی‌پور رحیم‌آبادی، ۱۴۰۲). کلاژن هیدرولیز شده، پروتئینی است که از منابع مختلف به‌دست می آید؛ و دارای اثرات مفید مختلفی بر سلامت و بیماری‌های انسان است. نتایج پژوهشی در بررسی خاصیت ضدالتهابی هیدرولیز کلاژن از پوست *Cypselurus melanurus*، *Catla catla*، ماهی ماکرل هندی، *Clarias batrachus* (Cb) و *Pangasius pangasius* (Pp) در سلول‌های ماکروفاژ فعال RAW 264.7 نشان داد که فراکسیون‌های Cb و Pp پس از خالص‌سازی کروماتوگرافی دو مرحله‌ای حاوی پپتیدهایی در محدوده وزن مولکولی ۱-۳ کیلو دالتون بودند و به‌دلیل فعالیت ضدالتهابی باعث سرکوب پروتئین‌های التهابی (TNF-α، IL6، NFκB، و p-IκB) شدند (Sivaraman and Shanthi, 2021). ترکیب کلاژن دریایی با ترکیباتی مانند کربوهیدرات‌ها می‌تواند خواص آن را به‌عنوان یک سیستم دارورسانی افزایش دهد، همان‌طور که Nguyen و همکارانش (۲۰۲۰)، کلاژن به‌دست آمده از فلس ماهی کپور آب شیرین را با کاراگینان ترکیب کردند و دانه‌های هیدروژل حساس به pH را به‌دست آورند. بدین‌ترتیب، آن‌ها توانستند فراهمی زیستی کنترل شده آلوپورینول[۲۱] بارگیری شده را برای درمان بیماری نقرس بهبود بخشند. همچنین ژلاتین که از کلاژن ماهی با هیدرولیز جزئی و به‌دنبال آن عملیات حرارتی استخراج می‌شود، علاقه فزاینده‌ای را برای توسعه فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی با خواص پروبیوتیک به‌خود جلب می‌کند (Lu *et al.*, 2022). جدول ۶ کلاژن و ژلاتین استحصالی از منابع دریایی را نشان می‌دهد.

کاروتنوئیدها: کاروتنوئیدها به گروهی از ترکیبات شیمیایی آلی تعلق دارند. آن‌ها رنگدانه‌های طبیعی در گیاهان، قارچ‌ها، جلبک‌ها و باکتری‌ها هستند و عمدتاً از ترپنوئیدهای ۴۰ کربنی با ۸ واحد ایزوپرنوئید به‌عنوان واحد ساختاری پایه تشکیل شده‌اند (Swapnil *et al.*, 2021). این ترکیبات زیست‌فعال را می‌توان به ۲ گروه تقسیم کرد؛ گروه اول شامل کاروتن‌ها بوده که فقط از یک زنجیره هیدروکربنی بدون هیچ گروه عاملی مانند لیکوپن و بتاکاروتن تشکیل شده‌اند و گروه دوم شامل زانتوفیل‌ها هستند که در زنجیره‌شان در گروه عاملی (مانند الکل‌ها، آلدئیدها، کتون‌ها) حاوی اکسیژن هستند؛ این گروه شامل لوتئین و لوت‌زاگزانتین است (Saini and Keum, 2018). کاروتنوئیدها جدا از رنگ دادن به گونه‌های دریایی، کیفیت غذاهای دریایی را نیز تعیین می‌کنند. سایر کاروتنوئیدها مانند پرینیدین تولید شده از دینوفلاژلات‌ها و آستاگزانتین، ویولاگزانتین[۲۲]، سیفوناگزانتین[۲۳]، توناگزانتین[۲۴] تولید شده از

[21]Allopurinol
[22]Violaxanthin
[23]Siphonaxanthine
[24]Tunaxanthine

جدول ۷- کاروتنوئیدهای حاصل از منابع دریایی و فعالیت زیستی آن‌ها

گونه‌های دریایی	بافت یا اندام	محصول	فعالیت زیستی	منبع
جلبک سبز (*Tetraspora sp*)	-	لوتئین، کانتاگزانتین و بتاکاروتن	-	Maswanna et al. (2022)
سخت‌پوست (*Litopenaeus vannamei*)	پوسته	آستاگزانتین	آنتی‌اکسیدان	Taksima et al. (2015)
جلبک قهوه‌ای (*Sargassum wightii*)	-	فوکوگزانتین	آنتی‌اکسیدان و مهار ACE	Raji (2020)
ریزجلبک سبز (*Haematococcus pluvialis*)	-	آستاگزانتین	پاک‌سازی رادیکال آزاد، مهار بیماری‌های قلبی عروقی، محافظت از پوست، ضد دیابت و ضد سرطان	Kumar et al. (2022)
ریز جلبک (*Chlorella sorokiniana*)	-	لوتئین	فعالیت ضد سرطانی و ضدتکثیر	Dinh et al. (2022)

جلبک‌های دریایی و همچنین در موجودات دریایی به مقدار قابل توجهی وجود دارند (Matsuno, 2001). آستاگزانتین، به‌عنوان یک مولکول رنگدانه‌ای قرمز، یک فعالیت آنتی‌اکسیدانی قوی در برابر پرواکسیدان‌ها و رادیکال‌های آزاد نشان می‌دهد. ساختار مولکولی متمایز، آن را در مقایسه با بتاکاروتن، لوتئین و کانتاگزانتین به آنتی‌اکسیدانی ۱۰ برابر قوی‌تر تبدیل کرده است (Gammone *et al.*, 2015). فوکوگزانتین، که بیش‌تر در جلبک دریایی قهوه‌ای وجود دارد و ۱۰ درصد از کل تولید کاروتنوئیدهای دریایی را تشکیل می‌دهد (Sangeetha *et al.*, 2009). در مطالعه آقاجانپور سورکوهی و همکاران (۲۰۱۸)، بهینه‌سازی شرایط استخراج رنگدانه‌های جلبک قهوه‌ای *Sargassum angustifolium* خلیج فارس به روش غوطه‌وری و با استفاده از روش سطح پاسخ (RSM) بررسی شد. نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان فوکوزانتین، کاروتنوئید کل و کلروفیل کل در شرایط بهینه در مدت زمان ۴ ساعت، اتانول ۱۰۰ درصد و نسبت جامد-مایع ۱:۵ به‌دست آمد. جدول ۷ کاروتنوئیدهای حاصل از منابع دریایی و فعالیت زیستی آن‌ها را نشان می‌دهد.

ترکیبات فنولی: ترکیبات فنولی مواد شیمیایی گیاهی و متابولیت‌های ثانویه‌ای هستند که به‌دلیل خواص آنتی اکسیدانی، ضدالتهابی، ضدسرطانی، ضدباکتریایی، ضدپیری، محافظت از قلب، ضد فشار خون، محافظ‌کننده عصبی، ضدکلسترول و ضد دیابت؛ پتانسیل قابل توجهی از نظر پیشگیری و درمانی دارند (Franco *et al.*, 2023). این ترکیبات در فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف در گیاهان، از جمله پاسخ استرس، به ارگانیسم اجازه تعامل و سازگاری با محیط اطراف خود و زنده ماندن در شرایط سخت، مانند اشعه UV را می‌دهند. فلاونوئیدها[25] (flavonoids) فراوان ترین ترکیبات فنلی هستند و رایج‌ترین فلاونوئیدها شامل آنتوسیانین‌ها[26]، فلاونول‌ها[27]، فلاوانون‌ها[28]، ایزوفلاون‌ها[29]، دی هیدروکالکون‌ها[30] و غیره می‌باشند. از دیگر ترکیبات فنولی می‌توان به اسیدهای فنولیک، مانند اسید گالیک[31]، اسید پروتوکاتچوئیک [32]، اسید کافئیک[33]، اسید کلروژنیک[34]، اسید وانیلیک[35]، p–هیدروکسی بنزوئیک[36] و اسید سالیسیلیک[37] اشاره کرد که در گونه‌های مختلف جلبک‌های دریایی یافت شده‌اند (Klejdus *et al.*, 2010; Goiris *et al.*, 2015; Sun and Shahrajabian, 2023). غلظت

[25]Flavonoids
[26]Anthocyanin
[27]Flavonols
[28]Flavanones
[29]Isoflavones
[30]Dihydrochalcones
[31]Gallic acid
[32]Protocatechuic acid
[33]Caffeic acid
[34]Chlorogenic acid
[35]Vanillic acid
[36]P-hydroxybenzoic
[37]Salicylic acid

جدول ۸- ترکیبات فنولی و پلی‌فنولی حاصل از منابع دریایی و فعالیت زیستی آن‌ها

گونه‌های دریایی	ترکیبات فنولی و پلی‌فنولی	فعالیت زیستی	منبع
جلبک قهوه‌ای (*Sargassum angustifolium*)	ترکیبات فنولی (اسید گالیک، اسید پروتئوکاتچوئیک، اسید جنتیستیک و اسید هیدروکسی بنزوئیک)	فعالیت آنتی‌اکسیدان	باباخانی‌لشکان و همکاران، ۱۳۹۱
جلبک سبز (*Nannochloropsis oculata*)	فنول و فلاونوئید	فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی، ضدمیکروبی و مهار سرطان سینه انسان	Wali et al. (2020)
ریزجلبک (*Spirulina platensis*)	ترکیبات فنولی (پیروگالول، E-وانیکلیک اسید، الاژیک اسید) و فلاونوئید (هسپریدین)	فعالیت‌های ضدالتهابی، آنتی‌اکسیدانی و مهار استرس اکسیداتیو	Gabr et al. (2022)
جلبک قهوه‌ای (*Ascophyllum nodosum*)	پلی‌فنول (فلوروتانین)	خواص آنتی‌اکسیدانی و ضددیابتی	Gisbert et al. (2023)
گیاه آبزی سنبل آبی (*Eichhornia crassipes*)	ترکیبات فنولی (گالیگ اسید، کاتچین، اسید کلروژنیک، اسید کلروژنیک، اسید وانیلیک، p-اسید کوماریک، اسید فرولیک، روتین، کوئرستین)	آنتی‌اکسیدان	Rufchaei et al. (2022)

پلی‌فنول‌های جلبکی در سلول‌های جلبک بسته به فصل، زیستگاه و عواملی مانند تابش UV ، نور، در دسترس بودن مواد مغذی و شوری متفاوت است (Freile-Pelegrín and Robledo, 2013). ترکیبات فنولی دریایی در منابع طبیعی متنوعی مانند جلبک‌های دریایی، سیانوباکتری‌ها، گیاهان آبزی و اسفنج‌ها یافت می‌شوند. محصولات تجاری مانند مکمل‌های غذایی و لوازم آرایشی عمدتاً از عصاره‌های فلوروگلوسینول[38] و فلوروتانین[39] به‌دست می‌آیند (Rodríguez *et al.*, 2023). در تحقیقی، باباخانی و سرزارع (۱۳۹۵)، بهینه‌سازی استخراج ترکیبات آنتی اکسیدانی گیاه آزولا (*Azolla filiculoides*) را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که محتوای ترکیبات فنولی در عصاره آبی–اتانولی (۵۰:۵۰) بیش‌تر از عصاره‌های آبی و اتانولی بود و غلظت ۵۰ درصد اتانول، نسبت ۱ به ۱۵ ماده خشک به حلال و زمان استخراج ۴۸ ساعت به‌عنوان تیمار بهینه انتخاب شد. جدول ۸ ترکیبات فنولی و پلی‌فنولی استخراج شده از منابع دریایی و فعالیت زیستی آن‌ها را نشان می‌دهد.

خواص زیستی- عملکردی ترکیبات حاصل از آبزیان

خواص ضدحساسیت (ضدالتهابی)

التهاب نحوه احیای بدن پس از آسیب، جایگزینی بافت آسیب دیده و مبارزه با عوامل بیماری‌زا است (Liu *et al.*, 2022). فرآیندهای التهاب و اکسیداتیو ارتباط نزدیکی با بسیاری از بیماری‌ها و اختلالات (به‌عنوان مثال، بیماری‌های متابولیک قلبی، چاقی، افسردگی) دارند و پاسخ التهابی می‌تواند منجر به افزایش استرس اکسیداتیو شود (Steven *et al.*, 2019). اگرچه آنتی‌هیستامین‌ها داروی انتخابی هستند، اما با عوارض جانبی زیادی همراه هستند (Wallace *et al.*, 2008). آسم یکی از التهاب‌های مزمن ناشی از آلرژی است که با آزاد شدن کموکاین‌ها[40]، ائوزینوفیل‌ها[41] و سیتوکین‌ها[42] مشخص می‌شود (Girodet *et al.*, 2011). گلوکوکورتیکوئید[43] یک داروی انتخابی در بیماران است، اما گزارش شده است که

[38]Phloroglucinol
[39]Phlorotannin
[40]Chemokines
[41]Eosinophils
[42]Cytokines
[43]Glucocorticoids

حدود ۵ تا ۱۰ درصد از بیماران مبتلا به آسم به این دارو مقاوم هستند (Durrani *et al*, 2011). ماهی به‌طور کامل یا به شکل روغن دارای اسیدهای چرب چند غیراشباعی با غلظت بالایی از EPA و DHA است. نشان داده شد که PUFA پیشرفت التهاب حاد به مزمن را سرکوب می‌کند (Moreillon *et al.*, 2012). همچنین ثابت شد که امولسیون لیپیدی مبتنی بر ماهی به‌طور قابل توجهی التهاب را در نوزادان انسان کاهش می‌دهد (Nurdiani, *et al.*, 2017). در یک پژوهش، عصاره‌های چربی استخراج شده از قارچ‌های دریایی *Emericellopsis cladophorae* و *Zalerion maritima* به‌عنوان منبعی از ترکیبات ضدالتهابی، آنتی‌اکسیدانی و ضدباکتریایی عمل کرد (Abraúl *et al.*, 2023). همچنین فوکواسترول‌های به‌دست آمده از جلبک قهوه‌ای (*Panida australis*) فعالیت ضدالتهابی از خود نشان دادند (Hannan *et al.*, 2019). از طرفی در یک مطالعه، یک رژیم غذایی مبتنی بر روغن ماهی عملکرد ریه را در موش‌های دارای التهاب ریه افزایش داد (Bargut *et al.*, 2013).

خواص آنتی‌اکسیدانی: استرس اکسیداتیو (ناشی از عدم تعادل بین رادیکال‌های آزاد و سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی بدن انسان)، باعث بیماری‌های قلبی و عروقی، عصبی، سکته مغزی، بیماری‌های کبدی، تولیدمثلی، دیابتی، اوتیسم، سرطان و پیری می‌گردد. از این‌رو لازم است که برای پیشگیری و مقابله با این بیماری‌ها به آنتی‌اکسیدان‌ها روی آورد (ربیع‌پور و همکاران، ۱۴۰۱). امروزه به‌دلیل سمیت و عوارض جانبی آنتی‌اکسیدان‌های مصنوعی، آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی ترجیحات مصرف‌کننده را با توجه به مزایای سلامتی بالقوه‌شان به دست آورده‌اند (Xu *et al.*, 2021). برای مثال، در تحقیقات متعدد، پپتیدهای استحصالی از خون ماهی کاد (codfish) (Ghalamara *et al.*, 2020)، پوست و استخوان ماهی *Cynoscion guatucupa* (Lima *et al.*, 2019) شناسایی شدند که به‌عنوان منابع بالقوه از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی درنظر گرفته می‌شوند که می‌توانند به‌عنوان یک افزودنی غذایی کاربردی برای کاهش بیماری‌های مرتبط با استرس اکسیداتیو و مهار اکسیداسیون در غذاها استفاده شوند. علاوه براین، در یک مطالعه، پپتیدهای جدا شده از ضایعات آبالون (نوعی گاستروپود دریایی) (*Haliotis discus hannai*) پخته شده فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالایی در برابر رادیکال‌های آزاد (۱،۱–دی فنیل–۲–پیکریل–هیدرازیل (DPPH)، رادیکال‌های هیدروکسیل، پراکسیل و سوپراکسید) نشان دادند (Qian *et al.*, 2018). در پژوهش‌های دیگر، پپتیدهای زیست‌فعال (پپتیدهای کلاژن نوع II و الیگوساکاریدهای کندرویتین سولفات) به‌دست آمده از غضروف سپر ماهی *Leucoraja erinacea* توسط آنزیم پاپائین و هیدرولیز حرارتی (Li *et al.*, 2021) و پپتیدهای به‌دست آمده از محصولات جانبی (سر و سینه، پوسته و پلوپود) میگوی سفید اقیانوس آرام (*Litopenaeus vannamei*) توسط هیدرولیز خودبه‌خودی تریپسین (Nikoo *et al.*, 2021)، بهبود فعالیت مهار رادیکال‌های آزاد و مهار واکنش‌های اکسیداتیو را از خود نشان دادند. مطالعه‌ای نشان داد که پپتیدهای زیست فعال استخراج شده از ماهیانی با سر پهن، با به چالش کشیدن استرس اکسیداتیو ناشی از H_2O_2 در رده‌های سلولی $Caco_2$، دارای فعالیت خوبی در مهار رادیکال‌های آزاد هستند (Nurdiani *et al.*, 2017). همچنین در نتایج تحقیق Naghdi و همکاران (۲۰۲۱) و ربیع‌پور و همکاران (۱۴۰۲) مشخص شد که گیاهان مهاجم و آبزی *A. filiculoides* و سنبل‌آبی (*Eichhornia crassipes*) می‌توانند به‌عنوان منابع آنتی‌اکسیدانی و ضد باکتری مورد استفاده قرار گیرند.

خواص ضدمیکروبی: عفونت عبارت است از هجوم یک عامل برون‌زا به بدن برای بقا و تولید مثل. در دنیای امروز ماهی و فرآورده‌های جانبی ماهی نیز برای انجام فعالیت ضد میکروبی تکامل یافته‌اند (Palaksha *et al.*, 2008). در همین حال، پروتئین هیدرولیز به‌دست آمده از محصولات جانبی (احشاء) تون باله زرد (*Thunnus albacores*) دارای فعالیت زیستی مشابهی در برابر رشد باکتری است. گفته می‌شود که وزن مولکولی پایین پپتیدها برهمکنش و نفوذ بهتری برای برهم زدن ساختار دیواره سلولی باکتریایی دارد (Pezeshk *et al.*, 2019). علاوه بر این، باکتری اسید لاکتیک جدا شده از تیلاپیا فعالیت مهارکنندگی در برابر برخی از گونه‌های آئروموناس[44] و اسفنگوموناس[45] نشان داد (Olvera *et al.*, 2001). یک مطالعه نشان داد که عصاره پروتئینی از محصولات جانبی (احشاء) ماهی مرکب دارای

[44]Aeromonas

[45]Sphingomonas

فعالیت‌های زیستی برای مهار باکتری‌های گرم منفی و گرم مثبت است (Jiang *et al.*, 2018). نشان داده شده است که یک بیوپپتید ضدمیکروبی، پیسیدین ۱[46] جدا شده از تیلاپیا، عفونت ویبریو ولنیفیکوس (*Vibrio vulnificus*) و هلیکوباکتر پیلوری (*Helicobacter pylori*) را در هر دو مدل موش آزمایشگاهی و غیرآزمایشگاهی ناشی از عفونت پوستی مهار می‌کند (Narayana *et al.*, 2015; Pan *et al.*, 2017). همچنین ثابت شده است که کاراپاس میگوی سفید (*Litopenaeus vannamei*) پس از ترکیب با گلوکزآمین دارای فعالیت ضدباکتریایی است (Djellouli *et al.*, 2020). گزارش شده است که یک بیوپپتید، CK11 از ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، با تنظیم مثبت نفوذپذیری در پاتوژن‌های هدف، فعالیت باکتری‌های گرم منفی و گرم مثبت را سرکوب می‌کند (Munoz-Atienza *et al.*, 2019). در رابطه با محصولات جانبی ماهی، روغن حاصل از ضایعات ماهی *Salmo Salar* اثر ضدمیکروبی در برابر باکتری‌های گرم منفی و گرم مثبت نشان داده است (Inguglia *et al.*, 2020). به‌طور مشابه، هیدرولیز ژلاتین از ماهی تون *Hemiramphus Far* تعداد باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی را کاهش می‌دهد (Abdelhedi *et al.*, 2017). همچنین مرتضایی و همکاران (۱۳۹۹) در تحقیقی نشان دادند که سویه باکتریایی *Lactococcus lactis subsp. cremoris* NABRII66 جدا شده از روده ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، دارای خواص ضدمیکروبی علیه چهار عامل باکتریایی بیماری‌زای شایع *Aeromonas salmonicida*، *Lactococcus garvieae*، *Escherichia coli* و *Staphylococcus aureus* است.

خواص ضدویروسی: در سال‌های اخیر، بیماری‌های ویروسی مختلفی مانند سارس و آنفولانزای پرندگان در حال ظهور بوده‌اند که تهدید بزرگی برای سلامت انسان هستند. داروهای ضد ویروسی سنتی اغلب عوارض جانبی دارند و مستعد مقاومت دارویی هستند. بنابراین توسعه داروهای ضد ویروسی جدید با عوارض جانبی کم و فعالیت ضد ویروسی مناسب ضروری است. برخی از مطالعات به‌طور خلاصه نشان داده‌اند که پلی‌ساکاریدهای سولفاته استخراج شده از اکوسیستم دریایی از جمله کاراگینان و اولوان مهارکننده‌های انتخابی چندین ویروس از جمله ویروس هرپس سیمپلکس[47] (HSV)، ویروس پاپیلوم انسانی[48] (HPV) و ویروس واریسلا زوستر[49] (VZV) و غیره هستند (Kidgell *et al.*, 2019; Laurie *et al.*, 2021). Lopes و همکاران (۲۰۱۷)، در بررسی یک پلی‌ساکارید اصلاح شده از اولوان، فعالیت ضد HSV-1 قابل توجهی با بالاترین شاخص انتخابی نشان دادند. تحقیق Alsaidi و همکاران (۲۰۲۱) نشان‌دهنده اثرگذاری و مفید بودن گریفیتسین[50] و کاراگینان در پیشگیری یا درمان عفونت‌های ناشی از SARS-CoV-1یا SARS-CoV-2 (نیمه حداکثر غلظت موثر بین ۳/۲ و ۷/۵ گرم در میلی‌لیتر) بود. علاوه بر این، مطالعات نشان داده‌اند که این پلی‌ساکاریدهای سولفاته فوکان‌ها، فوکوئیدان‌ها، گالاکتان‌ها، کاراگینان‌ها و هپارین می‌توانند برای درمان و پیشگیری از کروناویروس COVID-19 استفاده شوند (Barriga and Fields, 2023). در یک تحقیق مشخص شد که کندرویتین سولفات فوکوزیله[51] و فوکان سولفاته[52] جدا شده از دیواره بدن خیار دریایی (*Thyonella gemmata*) دارای اثرات ضدویروسی در برابر عفونت‌های ناشی از SARS-CoV-2 می‌باشند (Dwivedi *et al.*, 2023). یک مطالعه نشان داد که یک پپتید (ژن-β دفنسین) شناسایی شده از ماهی *Trachinotus ovatus* نقش مهمی در ایمنی در برابر عفونت *Vibrio harveyi* و ویروس نکروز عصبی ویروسی[53] (VNNV) ایفا می‌کند (Zhou *et al.*, 2019).

خواص ضد سرطانی: سرطان به‌دلیل دشواری در یافتن روش درمانی یا تشخیص کارآمد، مقرون به صرفه و هدفمند، به‌دلیل اصلی مرگ و میر در سراسر جهان تبدیل شده است و میزان مبتلایان به سرطان در حال افزایش است (Shanmuganathan *et al.*, 2019). مطالعات نشان داده‌اند که اکثر داروهای شیمی درمانی می‌توانند مرگ سلولی سلول‌های تومور را باعث گردند و در عین حال اثرات مخربی بر سلول‌های طبیعی بدن نیز دارند که تا حدی مضر و گاهی اوقات تهدیدکننده زندگی هستند (He *et al.*,

[46] Piscidin 1
[47] Herpes simplex virus
[48] Human papilloma virus
[49] Varicella zoster virus
[50] Griffithsin
[51] Fucosylated chondroitin sulfate
[52] Fucan sulfate
[53] Viral Nervous Necrosis virus

2016). از این‌رو، استخراج ترکیبات زیست‌فعال از موجودات دریایی اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است. Lin و همکاران (۲۰۲۰) دریافتند که گلیکوزامینوگلیکان (GAG) هولوتورین استخراج شده از دیواره بدن خیار دریایی می‌تواند مرگ سلولی سلول‌های آدنوکارسینوم ریه[54] (سرطان ریه غیرکوچک) A549 را تسریع کرده و از تکثیر رده‌های سلول‌های A549 جلوگیری کند. مطالعات بیش‌تر نشان داد که GAG می‌تواند باعث توقف چرخه سلولی در فازهای G1و G2 شود و اثر شیمی درمانی داروی سیس پلاتین[55] را بر روی سلول های A549 بهبود بخشد. نتایج Taher و همکاران (۲۰۱۹)، در کیتوزان تهیه شده از کیتین استخراج شده از اسکلت بیرونی خرچنگ قرمز باتلاقی (*Procambarus clarkii*) نشان داد که کیتوزان سنتز شده (DA بالاتر) و نانوذرات آن فعالیت ضدتوموری بالاتری را بر روی سرطان سینه انسان MDA-MB-23 SK-BR-3 دارا است. دانشمندان با بررسی اثر ضد سرطانی ماهی، مطالعات متعددی را گزارش کرده‌اند. یک مطالعه رابطه معکوس بین مصرف ماهی و خطر ابتلا به سرطان کولورکتال[56] را تأیید کرد (Hall, 2008; Aglago *et al.*, 2020). از طرف دیگر، ترکیبات اولیه و ثانویه تولید شده از جلبک‌های دریایی شامل پلی‌ساکاریدهای مختلف، پلی‌فنول و ترپن‌ها به‌دلیل بروز برخی مکانیسم‌های سلولی مانند تحریک سیستم ایمنی، ارسال سیگنال‌های سلولی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی قادر به مهار سلول‌های جهش یافته و سرطانی هستند (مرتضایی و باباخانی ۱۴۰۰). نتایج Tian و همکاران (۲۰۲۰)، نشان داد که لامینارین جلبک دریایی (*Laminaria japonica*) به‌طور قابل‌توجهی از تکثیر و آپوپتوزیس[57] (مرگ سلولی) سلول‌های BEL-7404 و HepG2در شرایط آزمایشگاهی جلوگیری می‌کند؛ همچنین رشد تومور را در موش‌های حامل تومور Hepa 1-6 به‌طور قابل‌توجهی مهار می‌کند. علاوه بر این کاروتنوئیدهای جلبک‌های دریایی به‌طور مؤثری رشد سلول‌های سرطانی را با فعال کردن آپوپتوز (apoptosis) و سرکوب سیگنال‌های آنتی‌اکسیدانی و تکثیر مهار می‌کنند (Niranjana *et al.*, 2015). بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که پلی‌ساکارید سولفاته فوکوییدان به گیرنده‌های مختلفی روی سطح غشای سلولی متصل می‌شود و با فعال کردن مسیرهای سیگنال دهی درون‌زا (مسیر میتوکندری و شبکه آندوپلاسمی) و اگزوژن (مسیر گیرنده مرگ) باعث مرگ سلول‌های تومور می‌شود (Bai *et al.*, 2020).

خواص ضدانعقادی: انعقاد خون، شکل دیگری از مکانیسم دفاعی است که در بدن برنامه‌ریزی شده است تا هموستاز تغییر یافته را متوقف کند (Dahlbäck, 2005). هپارین یک ضدانعقاد است که عموماً در بیماری‌های ترومبوآمبولیک[58] (تشکیل لخته درون رگ‌های خونی) استفاده می‌شود (Kreutz, 2014). اخیراً، مطالعاتی با استفاده از خواص ضدانعقاد سولفاته مشتق شده از پوست ماهی تکامل یافته است. به‌عنوان مثال کندرویتین سولفات/درماتان سولفات[59] (dermatan sulfate) استخراج شده از پوست و استخوان *Sciaena umbra* جزء گلیکوزآمینوگلیکان‌های با خاصیت ضدانعقادی محسوب می شوند (Bougatef *et al.*, 2020). همچنین کندرویتین سولفات فوکوزیله به‌دست آمده از خیار دریایی (*Holothuria Mexicana*) فعالیت ضدانعقادی از خود نشان داد (Li *et al.*, 2018). علاوه براین روغن ماهی با فواید سلامتی بسیاری از جمله ضدانعقاد مورد بررسی قرار گرفته است. یک مطالعه بر روی آزمایشات حیوانی گزارش داد که روغن ماهی غنی از اسیدهای چرب امگا-۳ سطح تری‌گلیسرید و فاکتورهای انعقادی را سرکوب می‌کند؛ همچنین مصرف ویتامین K توسط کبد را کاهش می‌دهد (De Roos *et al.*, 2005). مطالعه دیگری اثر ضد انعقادی رژیم غذایی مبتنی بر روغن ماهی را با تحریک فعالیت آنزیم اکسیداتیو آسیل کوآاکسیداز[60] و اسید چرب نشان داد (Yamashita *et al.*, 2005).

خواص ضدچاقی-ضددیابت: چاقی یک تهدید مهم برای سلامت انسان در سراسر جهان است (World Health Organization, 2020). این بیماری همه‌گیر خطری برای چندین بیماری مزمن مرتبط با رژیم غذایی از جمله دیابت نوع دوم، بیماری قلبی- عروقی[61] (CVD)، فشار خون بالا

[54]Lung adenocarcinoma cells
[55]Cisplatin
[56]Colorectal
[57]Apoptosis
[58]Thromboembolic diseases
[59]Dermatan sulfate
[60]Acyl-CoA oxidase
[61]Cardiovascular diseases

و سکته مغزی و انواع خاصی از سرطان است. پیامدهای سلامتی چاقی از افزایش خطر مرگ زودرس تا شرایط مزمن شدیدی که کیفیت کلی زندگی را کاهش می‌دهند، متغیر است (Choo*i et al.*, 2019؛ World Health Organization, 2020). یک مطالعه نشان داد که پروتئین هیدرولیز شده از ماهیچه تیره ماهی تون (*Thunnus orientalis*) باعث افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب در میتوکندری، افزایش دفع چربی، جذب محدود چربی توسط دیواره روده و سرکوب رسوب چربی در بافت چربی شد (Maeda et al., 2017). مطالعات بسیاری نقش PUFA امگا-۳ را در سرکوب دیس لیپیدمی[۶۲] (اختلال چربی خون- سطوح ناسالم یک یا چند نوع لیپید در خون) اشاره کرده‌اند (Pilon *et al.*, 2011). یک مطالعه نشان داد که روغن ماهی همراه با تورین[۶۳] (نوعی آمینواسید سولفونیک غیرپروتئینی) با کاهش سطح کلسترول کبدی از رسوب چربی جلوگیری می‌کند (Mikami *et al.*, 2012). یک تحقیق، بر روی جمعیت بزرگسالی که تحت مصرف مکمل PUFA امگا-۳ قرار گرفته بودند، کاهش فشار خون نرمال، سطوح تری‌گلیسرید و کاهش خطر چاقی را نشان داد (De Camargo Talon *et al.*, 2015). به‌طور مشابه، یک پپتید از پوست *Raja kenojei* با مهار لیپوژنز و تمایز سلول‌های چربی و اجازه اکسیداسیون اسیدهای چرب بیش‌تر، فعالیت‌های ضدچاقی را نشان داد؛ به‌طوری‌که اندازه بافت چربی از ۳ درصد (شاهد) به ۱/۵ درصد (پوست) کاهش یافت (Woo *et al.*, 2018).

خواص محافظت‌کننده عصبی: بیماری‌های عصبی به‌ویژه بیماری‌های مرتبط با افزایش سن، در حال افزایش هستند و درمان‌های دارویی به‌ندرت مؤثر واقع می‌شوند. همچنین با توجه به این‌که اختلالات عملکردی و انحطاط ارگانیک بافت عصبی اغلب دلایل پیچیده‌ای دارند که در آن پدیده‌های استرس اکسیداتیو، التهاب و سمیت سلولی نقش مهمی دارند. بنابراین جست‌وجوی مواد طبیعی که می‌توانند این آسیب‌شناسی‌ها را کند یا خنثی کنند، در دو دهه گذشته به سرعت افزایش یافته است (Bellavite, 2023). اسیدهای چرب امگا-۳، DHA و EPA اجزای مشروط ضروری از بدو تولد و یک مرحله کلی از طول عمر هستند. یک مطالعه بر روی زایمان زودرس در مادران باردار نشان داد که به‌دلیل نداشتن مکمل DHA مناسب توسط مادر، نوزادان در معرض خطر بیش‌تری از کمبودهای سلامتی مانند اختلال در عملکرد شناختی، عملکرد بینایی، تغییر توانایی یادگیری و خطر مشکلات رفتاری هستند (Anderson *et al.*, 2005). یک مطالعه اپیدمیولوژیک رابطه بین مصرف ماهی و ساختار مغز را بررسی کرد. این مطالعه نشان داد که مصرف روغن ماهی باعث بهبود ماده خاکستری مغز و کاهش ضایعات ماده سفید مرتبط با آسیب شناختی و افزایش خطر زوال عقل در افراد عادی شد (Kokubun *et al.*, 2020). همچنین نشان داده شده است که پلی‌ساکارید مانان[۶۴] جدا شده از جلبک سبز *Codium fragile* فعالیت مهار آنزیم سکرتاز و ضدآلزایمر از خود نشان داد (Liu *et al.*, 2021). از طرفی ثابت شده است که مکمل روغن ماهی غنی شده باعث بهبود گردش خون در قشر جلویی مغز در طی انجام کارهای شناختی مختلف می‌گردد (Jackson *et al.*, 2012).

خواص ضدفشار خون: بیماری فشار خون بالا (HHD)[۶۵] در حال حاضر دومین علت اصلی نارسایی قلبی است. شیوع HHD و خطر نارسایی قلبی مرتبط با آن علی‌رغم بهبود قابل توجهی در درمان و کنترل فشار خون شریانی در دهه‌های اخیر افزایش یافته است (Díez and Butler, 2023). رنین[۶۶] و آنزیم مبدل آنژیوتانسین (ACE) دو آنزیم کلیدی مرتبط با سیستم رنین-آنژیوتانسین[۶۷]، سیستم غدد درون‌ریز مهمی هستند که فشار خون را تنظیم می‌کند. بنابراین، مهار ACE و رینین ممکن است به‌طور مثبت به درمان فشار خون کمک کند (Pujiastuti *et al.*, 2019). بسیاری از مهارکننده‌های مصنوعی ACE و رنین مانند آلیسکیرن[۶۸]، کاپتوپریل[۶۹]، انالاپریل[۷۰]، لیزینوپریل[۷۱] و آلکاسپریل[۷۲] به‌طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته‌اند. با این حال، ضد فشارهای خون طبیعی به‌دلیل عوارض جانبی کم آن برای پیشگیری و درمان فشار خون مطلوب‌تر هستند

[62] Dyslipidemia
[63] Taurine
[64] Mannan
[65] Hypertensive heart disease
[66] Renin
[67] Renin-angiotensin system
[68] Aliskiren
[69] Captopril
[70] Enalapril
[71] Lisinopril
[72] Alcasapril

(Abachi *et al.*, 2019). پروتئین هیدرولیز شده از محصولات جانبی میگو *Metapenaeus monoceros*، دارای فعالیت های مهاری قوی ACE (IC50 ٪۷۲/۵۱) نسبت به داروی فشار خون بالا، کاپتوپریل (IC50 ٪۸۵/۳۳) بود (Mechri *et al.*, 2020). یک مطالعه بر روی پوسته اویستر مرواریدی (*Pinctada fucata*) حاکی از خواص مهاری ACE ، هگزاپپتید حاصله از پوسته آن بود (Sasaki *et al.*, 2019). مطالعه دیگری همچنین نشان داد که خون ماهی تون (*Katsuwonus pelamis*) دارای خواص بازدارندگی ACE است (Mongkonkamthorn *et al.*, 2020). نتایج تحقیقات Sasaki و همکاران (۲۰۱۹) در جداسازی و شناسایی یک پپتید مهارکننده آنزیم مبدل آنژیوتانسین I از هیدرولیز پروتئین پوسته اویستر مرواریدی (*Pinctada fucata*) نشان داد که پپتید پروتئینی اویستر مرواریدی می‌تواند ماده خام جذاب و جدیدی برای تولید غذاهای کاربردی در برابر فشار خون بالا باشد. همچنین در یک بررسی، پپتیدی با وزن مولکولی پایین از ضایعات هیدرولیز پروتئین عضله‌ی میگوی *Oratosquilla woodmasoni* جدا شد که خواص مهار آنزیم مبدل آنژیوتانسین ACE-I و آنتی‌اکسیدانی را خود نشان داد (Joshi *et al.*, 2020).

اثر تعدیل‌کننده ایمنی: سیستم ایمنی مجموعه‌ای از سلول‌ها، مواد شیمیایی و عملکردهای مختلف است که هدف آن انجام اقدامات دفاعی است (Marshall *et al.*, 2018). مطالعات مختلف نقش روغن ماهی PUFA را بر تعدیل ایمنی بررسی کرده‌اند. نتایج یک تحقیق در تغذیه جوجه مرغ گوشتی که با روغن ماهی تون و روغن آفتابگردان، حاکی از افزایش IgG و IgMalong با غلظت سلول‌های B در سرم بود (Maroufyan *et al.*, 2012). در همین حال، پروتئین هیدرولیز از پوست ماهی *Nibea japonica* سیستم ایمنی را از طریق ایمنی سلولی، مانند افزایش تکثیر سلولی طحال، و ایمنی هومورال، مانند افزایش سطح ایمونوگلوبین، تقویت می‌کند (Yu *et al.*, 2020). مطالعه‌ای بر روی مکمل اسیدهای چرب امگا- ۳ و بیان ایمنی در نوزادان سالم از سن ۹ تا ۱۲ ماهگی دنبال شد. نوزادان بر اساس فرمول‌های غذایی مختلف گروه‌بندی شدند، نتایج حاکی از افزایش مؤثر اینترفرون‌ها[73] و IL-10، بدون تغییر رونویس‌کننده ایمنی دیگر در فرمولاسیون حاوی روغن ماهی بود (Damsgaard *et al.*, 2007). در یک تحقیق داوطلبان سالمی که تحت سه دوز روغن دریایی غنی‌شده حاوی لیپوکسین‌ها[74] (lipoxins)، رزولوین‌ها[75] (resolvins)، پروتکتین‌ها[76] (protectins) و مارسین‌ها[77] (maresins) قرار گرفتند، افزایش وابسته به دوز در نوتروفیل‌ها و تعداد مونوسیت‌ها و کاهش بیان لکوسیت‌ها و پلاکت‌ها را نشان دادند (Souza *et al.*, 2020). در واقع مشخص شده است که مکمل روغن ماهی با سرکوب تولید پروستاگلاندین[78] و افزایش تکثیر اینترفرون و لنفوسیت، پاسخ ایمنی را تنظیم می‌کند (Trebble *et al.*, 2003).

خواص محافظت‌کنندگی از قلب: آترواسکلروز[79] عامل اصلی بیماری عروق کرونری قلب[80] (CAD) است. نشان داده شده است که التهاب و استرس اکسیداتیو جدا از افزایش کلسترول و تجمع پلاک ترومبوتیک، هر دو نقش مهمی در پاتوژنز آترواسکلروز دارند. گونه‌های دریایی کاندیدهای بالقوه‌ای برای یک معکوس طبیعی یا تضعیف پیشرفت آترواسکلروز هستند و می‌توان آن‌ها را در مدیریت درمانی آترواسکلروز گنجاند (Furniturewalla and Barve, 2023). داده‌های تحقیقاتی در آزمایش‌های مختلف در شرایط آزمایشگاهی و غیر آزمایشگاهی مزایای PUFA-3 را در سرکوب آترواسکلروز عروق کرونر از طریق مسیر تجمع پلاکتی، کاهش سطح تری گلیسیرید (De Caterina *et al.*, 1990)، کاهش غلظت کلسترول تام (He *et al.*, 2009)، افزایش سطح کلسترول HDL، کاهش فشار خون، سرکوب پاسخ التهابی به واسطه اینترلوکین[81] نشان دادند. مطالعه بالینی بر روی دریافت رژیم غذایی PUFA امگا-۳ نشان داد که این رژیم غذایی، تشکیل پلاک آترواسکلروتیک ناشی از استرس اکسیداتیو را کاهش می‌دهد (Renier *et al.*, 1993). علاوه بر این، نتایج تحقیق Hodhodi و همکاران (۲۰۲۲)، نشان داد که ترکیبات فلوروتانین

[73]Interferons
[74]Lipoxins
[75]Resolvins
[76]Protectins
[77]Maresins
[78]Prostaglandin
[79]Atherosclerosis
[80]Coronary artery disease
[81]Interleukin

استحصالی از جلبک‌های قهوه‌ای با مهار کردن رادیکال‌های آزاد در سلول‌ها، روند اکسایش را به تأخیر انداخته و با کاهش جهش‌های احتمالی از بسیاری از بیماری‌های قلبی–عروقی، سرطان و غیره جلوگیری می‌کنند.

خواص ضدپیری: پیری یک فرآیند پیشرونده است و پیامدهای آن سبب تغییراتی در سطوح بافتی و سلولی خواهد شد. پیری بر تمام لایه‌های پوست تأثیر می‌گذارد و ساختار و عملکرد آن‌ها را تغییر می‌دهد (Bonté *et al.*, 2019). علائم پیری ناشی از عوامل بیرونی شامل رنگدانه‌های نامنظم، چین و چروک‌های درشت و لکه‌های پیری است. مدت و شدت قرار گرفتن در معرض عوامل محیطی و نوع پوست بر بروز علائم پیری پوست تأثیر می‌گذارد (Krutmann *et al.*, 2021). یک مطالعه نشان داد که پپتیدهای حاصله از هیدرولیز صدف (*Crassostrea Gias*) قادر به ایجاد اثرات ضدچروک هستند که علاوه بر خواص ضد سرطانی آن، ممکن است با اثرات آنتی‌اکسیدانی آن مرتبط باشد (Bang *et al.*, 2020). علاوه بر این، یک مطالعه اخیر گزارش کرد که انواع مواد فعال پپتیدی را می‌توان از هیدرولیز آنزیمی *Crassostrea Hongkongensis* جدا کرد. پپتیدهای به‌دست آمده باعث افزایش تکثیر سلولی، مهار گالاکتوزیداز[82]، کاهش پیری سلولی شدند (Zhang *et al.*, 2022). در پژوهشی به بررسی استفاده از نانولیپوزوم‌های[83] الاستیک پپتیدهای کلاژن استخراج شده از ستاره‌های دریایی برای کاربردهای آرایشی پرداخته شد، نانولیپوزوم‌های الاستیک پپتیدهای کلاژن با وزن مولکولی پایین مشتق‌شده از *Asterias pectinifera*، اثرات مخرب ناشی از اشعه ماوراء بنفش را کاهش داده و خواص ضدپیری از خود نشان دادند (Han *et al.*, 2021).

نتیجه‌گیری

سبک زندگی مدرن و عادات غذایی نادرست منجر به افزایش تعداد بیماری‌هایی با منشاء گوناگون شده است. بنابراین پژوهشگران در جهت افزایش سلامتی و طول عمر انسان‌ها به‌دنبال کشف و استخراج ترکیبات طبیعی جدید با هدف تولید محصولاتی با ارزش افزوده می‌باشند. منابع دریایی دربرگرفته از گیاهان و جانورانی است که دارای ظرفیت فوق‌العاده‌ای برای ارتقاء سلامت هستند. به‌عبارتی موجودات گیاهی و جانوری اکوسیستم دریا می‌توانند منبع بسیار متنوعی از متابولیت‌های طبیعی با کارکردهای گوناگونی در صنایع غذایی–دارویی، پزشکی، آرایشی و دیگر صنایع باشند و مواد مغذی به‌دست آمده از منابع طبیعی و ترکیبات زیست‌فعال آن‌ها مولکول‌هایی با ظرفیت‌های زیستی قوی را فراهم می‌کنند. از طرف دیگر در صنعت شیلات و عمل‌آوری آبزیان، هر ساله بخش عمده‌ای از محصولات جانبی صنایع فرآوری آبزیان که عمدتاً شامل شامل پوسته، استخوان، روده، باله و پوست، کیسه شنا و امعا و احشاء و غیره هستند، به‌عنوان ضایعات دور ریخته می‌شوند و باعث آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌گردند. این در حالی است که این ضایعات سرشار از پروتئین‌ها، اسیدهای چرب (اشباع، تک غیراشباع، چند غیراشباع (امگا ۳ و امگا ۶))، کربوهیدرات‌ها، ویتامین‌ها و مواد معدنی هستند و منابع ارزشمندی از جمله پپتیدها و هیدرولیزهای پروتئینی، اسیدهای چرب چند غیراشباعی، کلاژن و ژلاتین، پلی-ساکاریدها، کیتین و کیتوزان، گلیکوزآمینوگلیکان‌ها، کاروتنوئیدها، ترکیبات فنولی، عناصر کمیاب و دیگر ترکیبات طبیعی را در خود جای داده‌اند. علاوه بر این، این ترکیبات فعال زیستی استخراج شده از آبزیان می‌توانند سلامتی بشر را از طریق اثرات آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی، ضدسرطانی، ضدچاقی، ضد انعقاد، ضدمیکروبی، ضدویروسی، ضدفشار خون، محافظت‌کننده از قلب، محافظت‌کننده عصبی و فعالیت‌های تعدیل‌کننده ایمنی افزایش دهند. بنابراین محصولات شیلاتی و ترکیبات زیست‌فعال حاصل از عمل‌آوری آبزیان می‌توانند به‌عنوان غذاهای کاربردی و ترکیبات غذا–دارو نقش بسیار مهمی در توسعه سیستم‌های غذایی پایدار و تأمین سلامت بشر ایفا کنند. در نهایت پیشنهاد می‌گردد که برنامه‌های آموزشی، پژوهشی، فرهنگ-سازی مؤثرتری با هدف تأکید بر استفاده حداکثری از ضایعات عمل‌آوری آبزیان در جهت تولید محصولات غذایی–دارویی، زیست‌پزشکی و درنتیجه افزایش سلامت مصرف‌کنندگان و ارتقای صنایع شیلاتی در داخل کشور صورت پذیرد.

[82] Galactosidase

[83] Nanoliposomes

منابع

آقاجانپور سورکوهی ن.، باباخانی آ.، طبرسا م. ۱۳۹۸. بهینه‌سازی استخراج رنگدانه جلبک قهوه‌ای خلیج فارس *Sargassum angustifolium* با استفاده از روش سطح پاسخ (RSM). *مجله شیلات*. ۷۱(۴): ۴۰۰-۳۹۰.

باباخانی لشکان آ.، رضائی م.، رضایی ک.ا.، سیف‌آبادی س.ج. ۱۳۹۱. بهینه‌سازی استخراج ترکیبات آنتی‌اکسیدانی جلبک قهوه‌ای *Sargassum angustifolium* خلیج فارس به روش استخراج به کمک مایکروویو. *شیلات*. ۶۵(۳): ۲۵۵-۲۴۳.

باباخانی آ.، سرزارع ا. ۱۳۹۵. در بهینه‌سازی استخراج ترکیبات آنتی‌اکسیدانی گیاه آزولا (*Azolla filiculoides*). *علوم و فنون شیلات*. ۵(۱): ۱۳۰-۱۱۷.

ربیع‌پور ع.، هدهدی ع.، باباخانی آ. ۱۴۰۱. مروری بر اثرات مخرب رادیکال‌های آزاد در ایجاد بیماری‌های مختلف. *نشا علم*. ۱۲(۲): ۱۷۹-۱۶۸.

ربیع‌پور ع.، زکی‌پور رحیم‌آبادی ا. ۱۴۰۲. اهمیت کاربردی کلاژن استخراج شده از منابع دریایی، روش‌های استخراج و فعالیت زیستی پپتیدهای آن. *مجله علوم آبزی‌پروری پیشرفته*. ۷(۱): ۴۱-۱۱.

ربیع‌پور ع.، باباخانی آ.، زکی‌پور رحیم‌آبادی ا. ۱۴۰۲. ارزیابی فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه آبزی سنبل‌آبی (*Eichhornia crassipes*) تالاب انزلی با استفاده از روش استخراج غوطه‌وری. *نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان*. ۱۲(۱): ۱۴-۱.

مرتضائی ف.، باباخانی آ. ۱۴۰۱. مروری بر ترکیبات ضد سرطانی جدا شده از جلبک‌های دریایی. *مجله علوم آبزی‌پروری*. ۹(۲)، ۱۷۱-۱۵۸.

مرتضائی ف.، رویان م.، باباخانی آ.، صیقلانی ر. ۱۳۹۹. بررسی فعالیت ضدمیکروبی سویه باکتریایی cremoris NABRII66 جدا شده از روده قزل‌آلای رنگین‌کمان. *مجله محیط زیست جانوری*. ۱۲(۱): ۲۵۰-۲۴۵.

Abachi S., Bazinet L., Beaulieu L. 2019. Antihypertensive and angiotensin-I-converting enzyme (ACE)-inhibitory peptides from fish as potential cardioprotective compounds. *Marine Drugs* 17(11), 613.

Abdelhedi O., Nasri R., Mora L., Toldra F., Nasri M., Jridi M. 2017. Collagenous proteins from black-barred halfbeak skin as a source of gelatin and bioactive peptides. *Food Hydrocolloids* 70, 123-133.

Abdulameer H.A., Aldebs A.I., Hassan N.F. 2021. Anticoagulant effectiveness of glycosaminoglycan extracted from the scale of Binni, Mesopotamichthys sharpeyi (Cyprinidae). *International Journal of Aquatic Biology* 9(5), 344-349.

Abraúl M., Alves A., Hilário S., Melo T., Conde T., Domingues M.R., Rey F. 2023. Evaluation of Lipid Extracts from the Marine Fungi Emericellopsis cladophorae and Zalerion maritima as a Source of Anti-Inflammatory, Antioxidant and Antibacterial Compounds. *Marine Drugs* 21(4), 199.

Aglago E. K., Huybrechts I., Murphy N., Casagrande C., Nicolas G., Pischon T., Gunter M. J. 2020. Consumption of fish and long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids is associated with reduced risk of colorectal cancer in a large European cohort. *Clinical Gastroenterology and Hepatology* 18(3), 654-666.

Ahmad A., Mubarak N.M., Naseem K., Tabassum H., Rizwan M., Najda A., Kashif M., Bin-Jumah M., Hussain A., Shaheen A., Abdel-Daim M.M. 2020. Recent advancement and development of chitin and chitosan-based nanocomposite for drug delivery: Critical approach to clinical research. *Arabian Journal of Chemistry* 13(12), 8935-8964.

Ahmad S.I., Ahmad R., Khan M.S., Kant R., Shahid S., Gautam L., Hasan G.M., Hassan M.I. 2020. Chitin and its derivatives: Structural properties and biomedical applications. *International Journal of Biological Macromolecules* 164, 526-539.

Al Hoqani H.A.S., Noura A.S., Hossain M.A., Al Sibani M.A. 2020. Isolation and optimization of the method for industrial production of chitin and chitosan from Omani shrimp shell. *Carbohydrate research* 492, p.108001.

Al Monla R., Dassouki Z., Sari-Chmayssem N., Mawlawi H., Gali-Muhtasib H. 2022. Fucoidan and alginate from the brown algae Colpomenia sinuosa and their combination with vitamin C trigger apoptosis in colon cancer. *Molecules* 27(2), 358.

Alahmad K., Xia W., Jiang Q., Xu Y., 2022. Effect of the degree of hydrolysis on nutritional, functional, and morphological characteristics of protein hydrolysate produced from bighead carp (*Hypophthalmichthys nobilis*) using ficin enzyme. *Foods* 11(9), 1320.

Alemán A., Giménez B., Montero P., Gómez-Guillén M.C. 2011. Antioxidant activity of several marine skin gelatins. *LWT-Food Science and Technology* 44(2), 407-413.

Alencar P.O.C., Lima G.C., Barros F.C.N., Costa L.E., Ribeiro C.V.P., Sousa W.M., Sombra V.G., Abreu C.M.W., Abreu E.S., Pontes E.O., Oliveira A.C. 2019. A novel antioxidant sulfated polysaccharide from the algae Gracilaria caudata: In vitro and in vivo activities. *Food Hydrocolloids* 90, 28-34.

Alfio V.G., Manzo C., Micillo R. 2021. From fish waste to value: an overview of the sustainable recovery of omega-3 for food supplements. *Molecules* 26(4), 1002.

Alsaidi S., Cornejal N., Mahoney O., Melo C., Verma N., Bonnaire T., Chang T., O'keefe B.R., Sailer J., Zydowsky T.M., Teleshova N. 2021. Griffithsin and carrageenan combination results in antiviral synergy against SARS-CoV-1 and 2 in a pseudoviral model. *Marine Drugs* 19(8), p.418.

Anderson G. J., Neuringer M., Lin D. S., Connor W. E. 2005. Can prenatal N-3 fatty acid deficiency be completely reversed after birth? Effects on retinal and brain biochemistry and visual function in rhesus monkeys. *Pediatric Research* 58(5), 865-872.

Apetroaei M.R., Zgârian R.G., Manea A.M., Rau I., Tihan G.T., Schroder V. 2016. New source of chitosan from Black Sea marine organisms identification. *Molecular Crystals and Liquid Crystals* 628(1), 102-109.

Arai T., Kim H. J., Chiba H., Matsumoto A. 2009. Anti-obesity effect of fish oil and fish oil-fenofibrate combination in female KK mice. *Journal of Atherosclerosis and Thrombosis* 16, 674-683.

Arokiarajan M.S., Thirunavukkarasu R., Joseph J., Ekaterina O., Aruni W. 2022. Advance research in biomedical applications on marine sulfated polysaccharide. *International Journal of Biological Macromolecules* 194, 870-881.

Aroma New Zealand Ltd. Available online: www.aromanz.com (accessed on 31 March 2021).

Avelelas F., Horta A., Pinto L.F., Cotrim Marques S., Marques Nunes P., Pedrosa R., Leandro S.M. 2019. Antifungal and antioxidant properties of chitosan polymers obtained from nontraditional Polybius henslowii sources. *Marine drugs* 17(4), 239.

Baharlouei P., Rahman A. 2022. Chitin and Chitosan: Prospective Biomedical Applications in Drug Delivery, Cancer Treatment, and Wound Healing. *Marine Drugs* 20(7), 460.

Bai X., Wang Y., Hu B., Cao Q., Xing M., Song S., Ji A. 2020. Fucoidan induces apoptosis of HT-29 cells via the activation of DR4 and mitochondrial pathway. *Marine Drugs* 18(4), 220.

Bang J.S., Choung S.Y. 2020. Inhibitory effect of oyster hydrolysate on wrinkle formation against UVB irradiation in human dermal fibroblast via MAPK/AP-1 and TGFβ/Smad pathway. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* 209, 111946.

Bargut T.C.L., Ferreira T.P.T., Daleprane J.B., Martins M.A., Silva P.M.R., Aguila M. B. 2013. Fish oil has beneficial effects on allergen-induced airway inflammation and hyperreactivity in mice. *PLoS One* 8(9), e75059.

Barkia I., Al-Haj L., Abdul Hamid A., Zakaria M., Saari N., Zadjali F. 2019. Indigenous marine diatoms as novel sources of bioactive peptides with antihypertensive and antioxidant properties. *International Journal of Food Science & Technology* 54(5), 1514-1522.

Barriga E.J.C., Fields R.D. 2023. Sulfated polysaccharides as multi target molecules to fight COVID 19 and comorbidities. Heliyon.

Bedoux G., Hardouin K., Marty C., Taupin L., Vandanjon L., Bourgougnon N. 2014. Chemical characterization and photoprotective activity measurement of extracts from the red macroalga Solieria chordalis. *Botanica Marina* 57(4), 291-301.

Bellavite, P., 2023. Neuroprotective Potentials of Flavonoids: Experimental Studies and Mechanisms of Action. *Antioxidants* 12(2), 280.

Berdiaki A., Neagu M., Giatagana E.M., Kuskov A., Tsatsakis A.M., Tzanakakis G.N., Nikitovic D. 2021. Glycosaminoglycans: Carriers and targets for tailored anti-cancer therapy. *Biomolecules* 11(3), 395.

Bilal M., Iqbal, H. M.N. 2020. Biologically active macromolecules: Extraction strategies, therapeutic potential and biomedical perspective. *International Journal of Biological Macromolecules* 151, 1–18.

Bilan M.I., Anisimova N.Y., Tokatly A.I., Nikogosova S.P., Vinnitskiy D.Z., Ustyuzhanina N.E., Dmitrenok A.S., Tsvetkova E.A., Kiselevskiy M.V., Nifantiev N.E., Usov A.I. 2023.

Glycosaminoglycans from the Starfish Lethasterias fusca: Structures and Influence on Hematopoiesis. *Marine Drugs* 21(4), 205.

Blüher M. 2019. Obesity: global epidemiology and pathogenesis. *Nature Reviews Endocrinology* 15(5), 288-298.

Bonté F., Girard D., Archambault J.C., Desmoulière A. 2019. Skin changes during ageing. Biochemistry and Cell Biology of Ageing: *Part II Clinical Science* pp. 249-280.

Bougatef H., Ghlissi Z., Kallel R., Amor I.B., Boudawara T., Gargouri J., Sahnoun Z., Volpi N., Sila A., Bougatef A. 2020. Chondroitin/dermatan sulfate purified from corb (Sciaena umbra) skin and bone: In vivo assessment of anticoagulant activity. *International Journal of Biological Macromolecules* 164, 131-139.

Cai L., Wu X., Zhang Y., Li X., Ma S., Li J. 2015. Purification and characterization of three antioxidant peptides from protein hydrolysate of grass carp (Ctenopharyngodon idella) skin. *Journal Functional Foods* 16, 234-342.

Catanesi M., Caioni G., Castelli V., Benedetti E., d'Angelo M., Cimini A. 2021. Benefits under the sea: The role of marine compounds in neurodegenerative disorders. *Marine Drugs* 19(1), p24.

Chen T., Hou H., Lu J., Zhang K., Li B. 2016. Protective effect of gelatin and gelatin hydrolysate from salmon skin on UV irradiation-induced photoaging of mice skin. *Journal of Ocean University of China* 15, 711-718.

Cheras P.A., Stevenson L., Myers S.P. 2005. Vascular mechanisms in osteoarthritis: rationale for treatment with a marine-based complementary medicine. Osteoarthr. *Cartil* 13, S95.

Chooi Y.C., Ding C. and Magkos F. 2019. The epidemiology of obesity. *Metabolism* 92, 6-10.

Cikos A.M., Jokic S., Subaric D., Jerkovic I. 2018. Overview on the application of modern methods for the extraction of bioactive compounds from marine macroalgae. *Marine Drugs* 16, 348.

Colliec-Jouault S., Zykwinska A. 2019. Marine glycosaminoglycans (GAGs) and GAG-mimetics: Applications in medicine and tissue engineering. *Extracellular Sugar-Based Biopolymers Matrices* pp. 625-648.

Conde T.A., Neves B.F., Couto D., Melo T., Neves B., Costa M., Silva J., Domingues P., Domingues M.R. 2021. Microalgae as sustainable bio-factories of healthy lipids: Evaluating fatty acid content and antioxidant activity. *Marine Drugs* 19(7), 357.

Cretton M., Malanga G., Mazzuca Sobczuk T., Mazzuca M. 2022. Marine lipids as a source of high-quality fatty acids and antioxidants. *Food Reviews International* pp.1-24.

Cunha S.A., Pintado M.E. 2021. Bioactive peptides derived from marine sources: Biological and functional properties. *Trends in Food Science & Technology* 119, 348-370.

CunhaNeves A., Harnedy-Rothwell P.A., FitzGerald R.J. 2022. In vitro angiotensin-converting enzyme and dipeptidyl peptidase-IV inhibitory, and antioxidant activity of blue mussel (*Mytilus edulis*) byssus collagen hydrolysates. *European Food Research and Technology* 248(7), 1721-1732.

Dahlback B. 2005. Blood coagulation and its regulation by anticoagulant pathways: Genetic pathogenesis of bleeding and thrombotic diseases. *Journal of Internal Medicine* 257(3), 209-223.

Damsgaard C.T., Lauritzen L., Kjar T.M., Holm P.M., Fruekilde M.B., Michaelsen K.F., Frokiar H. 2007. Fish oil supplementation modulates immune function in healthy infants. *The Journal of Nutrition* 137(4), 1031–1036.

De Camargo Talon L., de Oliveira E.P., Moreto F., Portero-McLellan K.C., Burini R.C. 2015. Omega-3 fatty acids supplementation decreases metabolic syndrome prevalence after lifestyle modification program. *Journal of Functional Foods* 19, 922-928.

De Caterina R., Giannessi D., Mazzone A., Bernini W., Lazzerini G., Maffei S., Weksler B. 1990. Vascular prostacyclin is increased in patients ingesting omega-3 polyunsaturated fatty acids before coronary artery bypass graft surgery. *Circulation* 82(2), 428-438.

De Jesus Raposo M.F., De Morais A.M.B., De Morais R.M.S.C. 2015. Marine polysaccharides from algae with potential biomedical applications. *Marine drugs* 13(5), 2967-3028.

De Roos B., Duivenvoorden I., Rucklidge G., Reid M., Ross K., Lamers R.J.A., Teusink B. 2005. Response of apolipoprotein E* 3-Leiden transgenic mice to dietary fatty acids: Combining liver proteomics with physiological data. *The FASEB Journal* 19(7), 1-26.

Díez J., Butler J. 2023. Growing heart failure burden of hypertensive heart disease: a call to action. *Hypertension* 80(1), 13-21.

Dinh C.T., Do C.V.T., Nguyen T.P.T., Nguyen N.H., Le T.G., Tran T.D. 2022. Isolation, purification and cytotoxic evaluation of lutein from mixotrophically grown Chlorella sorokiniana TH01. *Algal Research* 62, 102632.

Djellouli M., López-Caballero M.E., Arancibia M.Y., Karam N., Martínez-Alvarez O. 2020. Antioxidant and antimicrobial enhancement by reaction of protein hydrolysates derived from shrimp by-products with glucosamine. *Waste and biomass valorization* 11, 2491-2505.

Djuricic I., Calder P.C. 2021. Beneficial outcomes of omega-6 and omega-3 polyunsaturated fatty acids on human health: an update for 2021. *Nutrients* 13(7), 2421.

Dong, Y., Dai, Z. 2022. Physicochemical, Structural and Antioxidant Properties of Collagens from the Swim Bladder of Four Fish Species. *Marine Drugs* 20(9), 550.

Durrani S.R., Viswanathan R.K., Busse W.W. 2011. What effect does asthma treatment have on airway remodeling? Current perspectives. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology* 128(3), 439–448.

Dwivedi R., Farrag M., Sharma P., Shi D., Shami A.A., Misra S.K., Ray P., Shukla J., Zhang F., Linhardt R.J. and Sharp J.S. 2023. The Sea Cucumber *Thyonella gemmata* contains a low anticoagulant sulfated fucan with high Anti-SARS-CoV-2 Actions against Wild-Type and Delta Variants. *Journal of Natural Products* 86(6), 1463-1475.

Edward R.R., Innes J.K., Marino L.V., Calder P.C. 2018. Influence of different intravenous lipid emulsions on growth, development and laboratory and clinical outcomes in hospitalised paediatric patients: a systematic review. *Clinical Nutrition* 37(3), 765-783.

Ferdosh S., Sarker M.Z.I., Norulaini Nik Ab Rahman N., Haque Akanda M.J., Ghafoor K., Kadir M.O.A. 2016. Simultaneous extraction and fractionation of fish oil from tuna by-product using supercritical carbon dioxide (SC-CO2). *Journal of Aquatic Food Product Technology* 25(2), 230-239.

Figueroa F.A., Abdala-Díaz R.T., Pérez C., Casas-Arrojo V., Nesic A., Tapia C., Durán C., Valdes O., Parra C., Bravo-Arrepol G., Soto L. 2022. Sulfated polysaccharide extracted from the green algae Codium bernabei: Physicochemical characterization and antioxidant, anticoagulant and antitumor activity. *Marine Drugs* 20(7), 458.

Franco W., Arazo M.C.R., Benavides S. 2023. Recent advances in the encapsulation of marine phenolic compounds. *Marine Phenolic Compounds*, pp.239-264.

Freile-Pelegrín, Y., Robledo, D. 2013. Bioactive phenolic compounds from algae. *Bioactive compounds from marine foods: plant and animal sources*, pp.113-129.

Furman D., Campisi J., Verdin E., Carrera-Bastos P., Targ S., Franceschi C., Ferrucci L., Gilroy D.W., Fasano, A., Miller G.W., Miller A.H. 2019. Chronic inflammation in the etiology of disease across the life span. *Nature Medicine* 25(12), 1822-1832.

Furniturewalla A., Barve K. 2023. Marine antioxidants in the management of atherosclerosis. In Marine Antioxidants (pp. 273-284). Academic Press.

Gabr G.A., El-Sayed S.M., Alharthy K.M., Seshadri V.D., Hassan, N.M. 2022. Hepatoprotective Effect of Spirulina platensis on Liver Functions of Diabetic Rats via TNF-alpha and IL-6 Pathway. *International Journal of Pharmacology* 18(5), 915-923.

Gammone M.A., Riccioni G., D'Orazio N. 2015. Marine carotenoids against oxidative stress: Effects on human health. *Marine Drugs* 13, 6226-6246.

Ghalamara S., Silva S., Brazinha C., Pintado M. 2020. Valorization of fish by-products: Purification of bioactive peptides from codfish blood and sardine cooking wastewaters by membrane processing. *Membranes* 10(3), 44.

Girodet P.O., Ozier A., Bara I., de Lara J.M.T., Marthan R., Berger P. 2011. Airway remodeling in asthma: New mechanisms and potential for pharmacological intervention. *Pharmacology & Therapeutics* 130(3), 325-337.

Gisbert M., Franco D., Sineiro J., Moreira R. 2023. Antioxidant and Antidiabetic Properties of Phlorotannins from Ascophyllum nodosum Seaweed Extracts. *Molecules* 28(13), p.4937.

Goiris K., Van Colen W., Wilches I., León-Tamariz F., De Cooman L., Muylaert K. 2015. Impact of nutrient stress on antioxidant production in three species of microalgae. *Algal Research* 7, 51-57.

Hall M.N. 2008. A 22-year prospective study of fish, n-3 fatty acid intake, and colorectal cancer risk in men. Cancer Epidemiology, *Biomarkers & Prevention* 17, 1136-1143.

Hamed I., Özogul F., Regenstein J.M. 2016. Industrial applications of crustacean by-products (chitin, chitosan, and chitooligosaccharides): A review. *Trends in Food Science & Technology* 48, 40-50.

Han S.B., Won B., Yang S.C., Kim D.H. 2021. Asterias pectinifera derived collagen peptide-encapsulating elastic nanoliposomes for the cosmetic application. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 98, 289-297.

Hannan A., Dash R., Sohag A.A.M., Moon I.S. 2019. Deciphering Molecular Mechanism of the Neuropharmacological Action of Fucosterol through Integrated System Pharmacology and In Silico Analysis. *Marine Drugs* 17, 639p.

Haq M., Ahmed R., Cho Y.J., Chun B.S. 2017. Quality properties and bio-potentiality of edible oils from Atlantic salmon by-products extracted by supercritial carbon dioxide and conventional methods. *Waste and Biomass Valorizatio*n 8, 1953-1967.

Hara T., Takeda T.A., Takagishi T., Fukue K., Kambe T., Fukada T. 2017. Physiological roles of zinc transporters: molecular and genetic importance in zinc homeostasis. *The Journal of Physiological Sciences* 67(2), 283-301.

He C., Tang Z., Tian H., Chen X., 2016. Co-delivery of chemotherapeutics and proteins for synergistic therapy. *Advanced Drug Delivery Reviews* 98, 64-76.

He K., Liu K., Daviglus M.L., Jenny N.S., Mayer-Davis E., Jiang R., Herrington D. 2009. Associations of dietary long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids and fish with biomarkers of inflammation and endothelial activation (from the multi-ethnic study of atherosclerosis [MESA]). *The American Journal of Cardiology* 103(9), 1238-1243.

Hernández-Zazueta M.S., García-Romo J.S., Noguera-Artiaga L., Luzardo-Ocampo I., Carbonell-Barrachina, Á.A., Taboada-Antelo P., Campos-Vega R., Rosas-Burgos E.C., Burboa-Zazueta M.G., Ezquerra-Brauer J.M., Martínez-Soto J.M. 2021. Octopus vulgaris ink extracts exhibit antioxidant, antimutagenic, cytoprotective, antiproliferative, and proapoptotic effects in selected human cancer cell lines. *Journal of Food Science* 86(2), 587-601.

Hodhodi A., Babakhani A., Rostamzad H. 2022. Effect of different extraction conditions on phlorotannin content and antioxidant activity of extract from brown algae (Sargassum angustifolium). *Journal of Food Processing and Preservation* 46(3), e16307.

Hossain A., Dave D., Shahidi F. 2022. Effect of high-pressure processing (HPP) on phenolics of North Atlantic sea cucumber (Cucumaria frondosa). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 70(11), 3489-3501.

Hu Y., Hu F.B., Manson J.E. 2019. Marine omega-3 supplementation and cardiovascular disease: an updated meta-analysis of 13 randomized controlled trials involving 127 477 participants. *Journal of the American Heart Association* 8(19), e013543.

Ibitoye E.B., Lokman I.H., Hezmee M.N.M., Goh Y.M., Zuki A.B.Z., Jimoh A.A. 2018. Extraction and physicochemical characterization of chitin and chitosan isolated from house cricket. *Biomedical Materials* 13(2), p.025009.

Inguglia L., Chiaramonte M., Di Stefano V., Schillaci D., Cammilleri G., Pantano L., Arizza V. 2020. Salmo salar fish waste oil: Fatty acids composition and antibacterial activity. *PeerJ* 8, e9299.

Jackson P.A., Reay J.L., Scholey A.B., Kennedy D.O. 2012. Docosahexaenoic acid-rich fish oil modulates the cerebral hemodynamic response to cognitive tasks in healthy young adults. *Biological Psychology* 89(1), 183-190.

Jamshidi A., Cao H., Xiao J., Simal-Gandara J. 2020. Advantages of techniques to fortify food products with the benefits of fish oil. *Food Research International* 137, 109353.

Jiang W., Liu Y., Yang X., Wang P., Hu S., Li J. 2018. Recovery of proteins from squid by-products with enzymatic hydrolysis and increasing the hydrolysate's bioactivity by Maillard reaction. *Journal of Aquatic Food Product Technology* 27(8), 900-911.

Joshi, I., Janagaraj, K., Nazeer, R.A. 2020. Isolation and characterization of angiotensin I-converting enzyme (ACE-I) inhibition and antioxidant peptide from by-catch shrimp (*Oratosquilla woodmasoni*) waste. *Biocatalysis and agricultural biotechnology* 29, 101770.

Kapoor B., Kapoor D., Gautam S., Singh R., Bhardwaj S. 2021. Dietary polyunsaturated fatty acids (PUFAs): Uses and potential health benefits. *Current Nutrition Reports* 10(3), 232-242.

Kidgell J.T., Magnusson M., de Nys R., Glasson C.R. 2019. Ulvan: A systematic review of extraction, composition and function. *Algal Research* 39, 101422.

Klejdus B., Lojková L., Plaza M., Šnóblová M., Štěrbová D. 2010. Hyphenated technique for the extraction and determination of isoflavones in algae: Ultrasound-assisted supercritical fluid extraction followed by fast chromatography with tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1217(51), 7956-7965.

Kokubun K., Nemoto K., Yamakawa Y. 2020. Fish intake may affect brain structure and improve cognitive ability in healthy people. *Frontiers in Aging Neuroscience* 12, 76.

Kreutz R. 2014. A clinical and pharmacologic assessment of once-daily versus twice-daily dosing for rivaroxaban. *Journal of Thrombosis and Thrombolysis* 38(2), 137-149.

Krichen F., Bougatef H., Capitani F., Amor I.B., Koubaa I., Gargouri J., Maccari F., Mantovani V., Galeotti F., Volpi N., Bougatef A. 2018. Purification and structural elucidation of chondroitin sulfate/dermatan sulfate from Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) skins and their anticoagulant and ACE inhibitory activities. *RSC advances* 8(66), 37965-37975.

Krutmann J., Schikowski T., Morita A., Berneburg M. 2021. Environmentally-induced (extrinsic) skin aging: Exposomal factors and underlying mechanisms. *Journal of Investigative Dermatology* 141(4), 1096-1103.

Kumar S., Kumar R., Diksha Kumari, A., Panwar A. 2022. Astaxanthin: A super antioxidant from microalgae and its therapeutic potential. *Journal of Basic Microbiology* 62(9), 1064-1082.

Laurie C., El-Zein M., Coutlée F., de Pokomandy A., Franco E.L. 2021. Carrageenan as a preventive agent against human papillomavirus infection: a narrative review. *Sexually Transmitted Diseases* 48(7), 458-465.

Li J., Li Y., Lin S., Zhao W., Chen Y., Jin H. 2022. Collagen peptides from Acaudina molpadioides prevent CCl4-induced liver injury via Keap1/Nrf2-ARE, PI3K/AKT, and MAPKs pathways. *Journal of Food Science* 87(5), 2185-2196.

Li Q., Cai C., Chang Y., Zhang F., Linhardt R.J., Xue C., Li G., Yu G., 2018. A novel structural fucosylated chondroitin sulfate from Holothuria Mexicana and its effects on growth factors binding and anticoagulation. *Carbohydrate Polymers* 181, 1160-1168.

Li W., Kobayashi T., Meng D., Miyamoto N., Tsutsumi N., Ura K., Takagi Y. 2021. Free radical scavenging activity of type II collagen peptides and chondroitin sulfate oligosaccharides from by-products of mottled skate processing. *Food Bioscience* 41, 100991.

Li X., Tang Y., Yu F., Sun Y., Huang F., Chen Y., Yang Z., Ding G. 2018. Inhibition of prostate cancer DU-145 cells proliferation by anthopleura anjunae oligopeptide (YVPGP) via PI3K/AKT/mTOR signaling pathway. *Marine Drugs* 16(9), 325.

Lima K.O., da Costa de Quadros C., da Rocha M., Jocelino Gomes de Lacerda J.T., Juliano M.A., Dias M. 2019. Bioactivity and bioaccessibility of protein hydrolyzates from industrial byproducts of stripped weakfish (*Cynoscion guatucupa*). *LWT-Food Sci Technol* 111, 408-413.

Lin C., Zhu X., Jin Q., Sui A., Li J., Shen L. 2020. Effects of holothurian glycosaminoglycan on the sensitivity of lung cancer to chemotherapy. *Integrative Cancer Therapies* 19, 1-10.

Liu Q., Xi Y., Wang Q., Liu J., Li P., Meng X., Liu K., Chen W., Liu X., Liu Z. 2021. Mannan oligosaccharide attenuates cognitive and behavioral disorders in the 5xFAD Alzheimer's disease mouse model via regulating the gut microbiota-brain axis. *Brain, Behavior, and Immunity* 95, 330-343.

Liu W., Chen X., Li H., Zhang J., An J., Liu X. 2022. Anti-Inflammatory Function of Plant-Derived Bioactive Peptides: A Review. *Foods* 11(15), 2361.

Lopes N., Ray S., Espada S.F., Bomfim W.A., Ray B., Faccin-Galhardi L.C., Linhares R.E.C., Nozawa C. 2017. Green seaweed Enteromorpha compressa (Chlorophyta, Ulvaceae) derived sulphated polysaccharides inhibit herpes simplex virus. *International journal of Biological Macromolecules* 102, 605-612.

Lu Y., Luo Q., Chu Y., Tao N., Deng S., Wang L., Li L. 2022. Application of gelatin in food packaging: A review. *Polymers* 14(3), p.436.

Maeda H., Hosomi R., Fukuda M., Ikeda Y., Yoshida M., Fukunaga K. 2017. Dietary tuna dark muscle protein attenuates hepatic steatosis and increases serum high-density lipoprotein cholesterol in obese type-2 diabetic/obese KK-Ay mice. *Journal of Food Science* 82(5), 1231-1238.

Maroufyan E., Kasim A., Ebrahimi M., Loh T.C., Bejo M.H., Zerihun H., Farjam A.S. 2012. Omega-3 polyunsaturated fatty acids enrichment alters performance and immune response in infectious bursal disease challenged broilers. *Lipids in Health and Disease* 11(1), 15

Maroufyan E., Kasim A., Ebrahimi M., Loh T.C., Bejo M.H., Zerihun H., Farjam A.S. 2012. Omega-3 polyunsaturated fatty acids enrichment alters performance and immune response in infectious bursal disease challenged broilers. *Lipids in Health and Disease* 11(1), 15

Marshall J.S., Warrington R., Watson W., Kim H.L. 2018. An introduction to immunology and immunopathology. Allergy, *Asthma & Clinical Immunology* 14(2), 1–10.

Maswanna T., Maneeruttanarungroj C. 2022. Identification of major carotenoids from green alga Tetraspora sp. CU2551: partial purification and characterization of lutein, canthaxanthin, neochrome, and β-carotene. World *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 38(8), 129.

Mateos R., Perez-Correa J.R., Dominguez H. 2020. Bioactive properties of marine phenolics. *Marine Drugs* 18(10), p. 501.

Matsuno T. 2001. Aquatic animal carotenoids. *Fisheries Science* 67, 771-783.

Mechri S., Sellem I., Bouacem K., Jabeur F., Laribi-Habchi H., Mellouli L., Hacène H., Bouanane-Darenfed A., Jaouadi B. 2020. A biological clean processing approach for the valorization of speckled shrimp Metapenaeus monoceros by-product as a source of bioactive compounds. *Environmental Science and Pollution Research* 27, 15842-15855.

Mikami N., Hosokawa M., Miyashita K. 2012. Dietary combination of fish oil and taurine decreases fat accumulation and ameliorates blood glucose levels in type 2 diabetic/obese KK-Ay mice. *Journal of Food Science* 77(6), H114-H120.

Mongkonkamthorn N., Malila Y., Yarnpakdee S., Makkhun S., Regenstein J.M., Wangtueai S. 2020. Production of protein hydrolysate containing antioxidant and angiotensin-I-converting enzyme (ACE) inhibitory activities from tuna (Katsuwonus pelamis) blood. *Processes* 8(11), 1518.

Moreillon J., Bowden R.G., Shelmadine B. 2012. Fish oil and C-reactive protein. In Bioactive food as dietary interventions for arthritis and related inflammatory diseases (PP. 393–405). San Diego, CA: Academic Press.

Morishige H., Sugahara T., Nishimoto S., Muranaka A., Ohno F., Shiraishi R., Doi M. 2011. Immunostimulatory effects of collagen from jellyfish in vivo. *Cytotechnology* 63, 481-492.

Munoz-Atienza E., Aquilino C., Syahputra K., Al-Jubury A., Araujo C., Skov J., Tafalla C. 2019. CK11, a teleost chemokine with a potent antimicrobial activity. *Journal of Immunology* 202(3), 857-870.

Mycroft-West C.J., Devlin A.J., Cooper L.C., Guimond S.E., Procter P., Miller G.J., Guerrini M., Fernig D.G., Yates E.A., Lima M.A., Skidmore M.A. 2023. A sulphated glycosaminoglycan extract from Placopecten magellanicus inhibits the Alzheimer's disease β-site amyloid precursor protein cleaving enzyme 1 (BACE-1). *Carbohydrate Research* 525, 108747.

Naghdi S., Rezaei M., Tabarsa M., Abdollahi M. 2023. Parallel Extraction of Sulfated polysaccharides and Protein Hydrolysate from Skipjack Tuna Head and Their Bioactive and Functional Properties. *Food and Bioprocess Technology*, pp.1-22.

Naghdi S.H., Babakhani Lashkan A., Rashidiyan G. 2021. Ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from *Azolla filiculoides* using Taguchi method: Antioxidant and antibacterial capabilities. *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 20(5), 1354-1370.

Narayana J.L., Huang H.N., Wu C.J., Chen J.Y. 2015. Efficacy of the antimicrobial peptide TP4 against Helicobacter pylori infection: In vitro membrane perturbation via micellization and in vivo suppression of host immune responses in a mouse model. *Oncotarget* 6(15), 12936.

Naveen J., Baskaran R., Baskaran V. 2021. Profiling of bioactives and in vitro evaluation of antioxidant and antidiabetic property of polyphenols of marine algae Padina tetrastromatica. *Algal Research* 55, 102250.

Neori A., Chopin T., Troell M., Buschmann A.H., Kraemer G.P., Halling C., Shpigel M., Yarish C. 2004. Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. *Aquaculture* 231(1-4), 361-391.

Ngo D.H., Kim S.K. 2014. Antioxidant effects of chitin, chitosan, and their derivatives. *Advances in Food and Nutrition Research* 73, 15-31.

Nguyen C.T., Vu M.Q., Phan T.T., Vu T.Q., Vo Q.A., Bach G.L., Thai H. 2020. Novel pH-sensitive hydrogel beads based on carrageenan and fish scale collagen for allopurinol drug delivery. *Journal of Polymers and the Environment* 28, 1795-1810.

Nguyen T.T., Zhang W., Barber A.R., Su P., He S. 2015. Significant enrichment of polyunsaturated fatty acids (PUFAs) in the lipids extracted by supercritical CO2 from the livers of Australian rock lobsters (Jasus edwardsii). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 63(18), 4621-4628.

Nikoo M., Xu X., Regenstein J.M., Noori F. 2021. Autolysis of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) processing by-products: Enzymatic activities, lipid and protein oxidation, and antioxidant activity of hydrolysates. *Food Bioscience* 39, p.100844.

Niranjana R., Gayathri R., Nimish Mol, S., Sugawara T., Hirata T., Miyashita K., Ganesan P. 2015. Carotenoids modulate the hallmarks of cancer cells. *Journal of Functional Foods* 18, 968-985.

Nogueira A.V., Rossi G.R., Iacomini M., Sassaki G.L., Trindade E.S., Cipriani T.R. 2019. Viscera of fishes as raw material for extraction of glycosaminoglycans of pharmacological interest. *International journal of biological macromolecules* 121, 239-248.

Nurdiani R., Vasiljevic T., Yeager T., Singh T.K., Donkor O.N. 2017. Bioactive peptides with radical scavenging and cancer cell cytotoxic activities derived from Flathead (Platycephalus fuscus) by-products. *European Food Research and Technology* 243(4), 627-637.

Olvera M.A., Poot W.A.P., Castillo C.P., Netherwood T., Olvera L., Gueemes J., Zamudio M. 2001. Inhibitory properties of a lactic acid bacteria strain Enterococcus duran from the intestinal tracts of nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). In Aquaculture 2001: Book of Abstracts. USA: World Aquaculture Society.

Otero P., Lopez-Martinez M.I., Garcia-Risco M.R. 2019. Application of pressurized liquid extraction (PLE) to obtain bioactive fatty acids and phenols from Laminaria ochroleuca collected in Galicia (NW Spain). *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 164, 86-92.

Palaksha K.J., Shin G.W., Kim Y.R., Jung T.S. 2008. Evaluation of non-specific immune components from the skin mucus of olive flounder (Paralichthys olivaceus). *Fish & Shellfish Immunology* 24(4), 479-488.

Pan C.Y., Tsai T.Y., Su B.C., Hui C.F., Chen, J.Y. 2017. Study of the antimicrobial activity of tilapia piscidin3 (TP3) and TP4 and their effects on immune functions in hybrid tilapia (*Oreochromis* spp.). *PLoS One* 12(1), e0169678.

Pang J.R., How S.W., Wong K.H., Lim S.H., Phang S.M., Yow Y.Y. 2022. Cholinesterase inhibitory activities of neuroprotective fraction derived from red alga Gracilaria manilaensis. *Fisheries and Aquatic Sciences* 25(2), 49-63.

Pappou S., Dardavila M.M., Savvidou M.G., Louli V., Magoulas K., Voutsas E. 2022. Extraction of bioactive compounds from Ulva lactuca. Applied Sciences, 12:4. p.2117.

Pati S., Chatterji A., Dash B.P., Raveen Nelson B., Sarkar T., Shahimi S., Atan Edinur H., Binti Abd Manan T.S., Jena P., Mohanta Y.K., Acharya D. 2020. Structural characterization and antioxidant potential of chitosan by γ-irradiation from the carapace of horseshoe crab. *Polymers* 12(10), 2361

Patrick R.P. 2019. Role of phosphatidylcholine-DHA in preventing APOE4-associated Alzheimer's disease. *The FASEB Journal* 33(2), 1554-1564.

Pereira A.G., Otero P., Echave J., Carreira-Casais A., Chamorro F., Collazo N., Jaboui A., Lourenço-Lopes C., Simal-Gandara J., Prieto M.A. 2021. Xanthophylls from the sea: Algae as source of bioactive carotenoids. *Marine Drugs* 19(4), 188.

Pezeshk S., Ojagh S.M., Rezaei M., Shabanpour B. 2019. Fractionation of protein hydrolysates of fish waste using membrane ultrafiltration: investigation of antibacterial and antioxidant activities. *Probiotics and antimicrobial Proteins* 11, 1015-1022.

Phang S.J., Teh H.X., Looi M.L., Arumugam B., Fauzi M.B., Kuppusamy U.R. 2023. Phlorotannins from brown algae: a review on their antioxidant mechanisms and applications in oxidative stress-mediated diseases. *Journal of Applied Phycology* pp.1-26.

Pilon G., Ruzzin J., Rioux L. E., Lavigne C., White P.J., Froyland L., Marette A. 2011. Differential effects of various fish proteins in altering body weight, adiposity, inflammatory status, and insulin sensitivity in high-fat– fed rats. *Metabolism* 60(8), 1122-1130.

Pipingas A., Sinclair A., Croft K.D., Januszewski A.S., Jenkins A.J., Mori T.A., Cockerell R., Grima N.A., Stough C., Scholey A., Myers S.P. 2015. Fish oil and multivitamin supplementation reduces oxidative stress but not inflammation in healthy older adults: a randomised controlled trial. *Journal of Functional Foods* 19, 949-957.

Pradeepkiran J.A. 2019. Aquaculture role in global food security with nutritional value: a review. *Translational Animal Science* 3(2), 903-910.

Pujiastuti D.Y., Ghoyatul Amin M.N., Alamsjah M.A., Hsu J.L. 2019. Marine organisms as potential sources of bioactive peptides that inhibit the activity of angiotensin I-converting enzyme: a review. *Molecules* 24(14), 2541.

Qian Z.J., Zhang Y.Y., Oh G.W., Heo S.Y., Park W.S., Choi I.W., Jung W.K. 2018. Antioxidant and angiotensin I converting enzyme inhibition effects and antihypertensive effect in spontaneously hyertensive rats of peptide isolated from boiled abalone by-products, Hallotis discus hannai. *Journal of Aquatic Food Product Technology* 27(9), 946-960.

Rabiepour A., Hodhodi A., Mahdiany Bora Kh. 2022. Usage of biodegradable packaging derived from fishery resources considering environmental approaches, The 12th International Conference on Food Industry Science, Organic Agriculture and Food Security, https://civilica.com/doc/1573101

Raja K., Martin L.C., Bose L., Sahayanathan G.J., Padmanaban D., Chinnasamy A. 2020. Anti-proliferative and apoptotic effects of by-product (skin extract) from marine catfish Tachysurus dussumieri. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 29,101816.

Raji V., Loganathan C., Sadhasivam G., Kandasamy S., Poomani K., Thayumanavan P. 2020. Purification of fucoxanthin from Sargassum wightii Greville and understanding the inhibition of angiotensin 1-converting enzyme: An in vitro and in silico studies. *International Journal of Biological Macromolecules* 148, 696-703.

Renier G., Skamene E., DeSanctis J., Radzioc, D. 1993. Dietary n-3 polyunsaturated fatty acids prevent the development of atherosclerotic lesions in mice. Modulation of macrophage secretory activities. Arteriosclerosis and Thrombosis: *A Journal of Vascular Biology* 13(10), 1515-1524.

Rodríguez P.F., Murillo-González L., Rodríguez E., Pérez A.M. 2023. Marine phenolic compounds: Sources, commercial value, and biological activities. *Marine Phenolic Compounds*, pp. 47-86.

Rufchaei R., Abbas-Mohammadi M., Mirzajani A., Nedaei S. 2022. Evaluation of the chemical compounds and antioxidant and antimicrobial activities of the leaves of Eichhornia crassipes (water hyacinth). *Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products*, 17(1).

Saini R.K., Keum Y.S. 2018. Carotenoid extraction methods: A review of recent developments. *Food Chemistry* 240, 90-103.

Sangeetha R. K., Bhaskar N., Baskaran V. 2009. Comparative effects of β-carotene and fucoxanthin on retinol deficiency induced oxidative stress in rats. *Molecular and Cellular Biochemistry* 331, 59-67.

Sasaki C., Tamura S., Tohse R., Fujita S., Kikuchi M., Asada C., Nakamura Y. 2019. Isolation and identification of an angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptide from pearl oyster (*Pinctada fucata*) shell protein hydrolysate. *Process Biochemistry* 77, 137-142.

Sawada N. 2012. Consumption of n-3 fatty acids and fish reduces risk of hepatocellular carcinoma. *Gastroenterology* 142(7), 1468–1475.

Shanmuganathan R., Edison T.N.J.I., LewisOscar F., Kumar P., Shanmugam S., Pugazhendhi A. 2019. Chitosan nanopolymers: an overview of drug delivery against cancer. *International Journal of Biological Macromolecules* 130, 727-736.

Sivaraman K., Shanthi C. 2021. Role of fish collagen hydrolysate in attenuating inflammation-An in vitro study. *Journal of Food Biochemistry* 45(9), e13876.

Souza P.R., Marques R.M., Gomez E.A., Colas R.A., De Matteis R., Zak A., Dalli J. 2020. Enriched marine oil supplements increase peripheral blood specialized pro-resolving mediators concentrations and reprogram host immune responses: A randomized double-blind placebo-controlled study. *Circulation Research* 126(1), 75-90.

Steven S., Frenis K., Oelze M., Kalinovic S., Kuntic M., Bayo Jimenez M.T., Vujacic-Mirski K., Helmstädter J., Kröller-Schön S., Münzel T., Daiber A. 2019. Vascular inflammation and oxidative stress: major triggers for cardiovascular disease. Oxidative medicine and cellular longevity.

Sun W., Shahrajabian M.H. 2023. Therapeutic potential of phenolic compounds in medicinal plants—Natural health products for human health. *Molecules* 28(4), 1845.

Swapnil P., Meena M., Singh S.K., Dhuldhaj U.P., Marwal A. 2021. Vital roles of carotenoids in plants and humans to deteriorate stress with its structure, biosynthesis, metabolic engineering and functional aspects. *Current Plant Biology* 26, 100203.

Tabarsa M., You S., Yelithao K., Palanisamy S., Prabhu N.M., Nan M. 2020. Isolation, structural elucidation and immuno-stimulatory properties of polysaccharides from Cuminum cyminum. *Carbohydrate Polymers* 230, p.115636.

Taher F.A., Ibrahim S.A., Abd El-Aziz A., Abou El-Nour M.F., El-Sheikh M.A., El-Husseiny N., Mohamed M.M. 2019. Anti-proliferative effect of chitosan nanoparticles (extracted from crayfish Procambarus clarkii, Crustacea: Cambaridae) against MDA-MB-231 and SK-BR-3 human breast cancer cell lines. *International Journal of Biological Macromolecules* 126, 478-487.

Takarina N.D., Fanani A.A. 2017. July. Characterization of chitin and chitosan synthesized from red snapper (Lutjanus sp.) scale's waste. In AIP Conference Proceedings (1862: 1. p. 030108). AIP Publishing LLC.

Taksima T., Limpawattana M., Klaypradit W. 2015. Astaxanthin encapsulated in beads using ultrasonic atomizer and application in yogurt as evaluated by consumer sensory profile. *LWT-Food Science and technology* 62, 431-437.

Tang C., Zhou K., Zhu Y., Zhang W., Xie Y., Wang Z., Zhou H., Yang T., Zhang Q., Xu B. 2022. Collagen and its derivatives: From structure and properties to their applications in food industry. *Food Hydrocolloids* p.107748.

Tao F., Cheng Y., Shi X., Zheng H., Du Y., Xiang W., Deng H. 2020. Applications of chitin and chitosan nanofibers in bone regenerative engineering. *Carbohydrate Polymers* 230, 115658.

Teng L., Wang X., Yu H., Li R., Geng H., Xing R., Liu S., Li P. 2023. Jellyfish Peptide as an Alternative Source of Antioxidant. *Antioxidants* 12(3), 742.

Thomas S., Pius A., Gopi S. 2020. Handbook of chitin and chitosan: Chitin-and chitosan-based polymer materials for various applications. Elsevier.

Tian L., Li C.M., Li Y.F., Huang T.M., Chao N.X., Luo G.R., Mo F.R. 2020. Laminarin from seaweed (Laminaria japonica) inhibits hepatocellular carcinoma through upregulating senescence marker protein-30. *Cancer Biotherapy & Radiopharmaceuticals* 35(4), 277-283.

Trebble T.M., Wootton S.A., Miles E.A., Mullee M., Arden N.K., Ballinger A.B., Calder P.C. 2003. Prostaglandin E2 production and T cell function after fish-oil supplementation: Response to antioxidant cosupplementation. *The American Journal of Clinical Nutrition* 78(3), 376-382.

Uddin M.S., Kishimura H., Chun B.S. 2011. Isolation and characterization of lecithin from squid (Todarodes pacificus) viscera deoiled by supercritical carbon dioxide extraction. Journal of food science, 76(2), C350-C354.

Valcarcel, J. Novoa-Carballal R., Pérez-Martín R.I., Reis R.L., Vázquez J.A. 2017. Glycosaminoglycans from marine sources as therapeutic agents. *Biotechnology Advances* 35(6), 711-725.

Varun T.K., Senani S., Jayapal N., Chikkerur J., Roy S., Tekulapally V.B., Gautam M., Kumar N. 2017. Extraction of chitosan and its oligomers from shrimp shell waste, their characterization and antimicrobial effect. *Veterinary World* 10(2), 170.

Vázquez J.A., Pedreira A., Durán S., Cabanelas D., Souto-Montero P., Martínez P., Mulet M., Pérez-Martín R.I., Valcarcel J. 2022. Biorefinery for tuna head wastes: Production of protein hydrolysates, high-quality oils, minerals and bacterial peptones. *Journal of Cleaner Production* 357, 131909.

Vo T.S., Kim S.K. 2013. Fucoidans as a natural bioactive ingredient for functional foods. *Journal of Functional foods* 5(1), 16-27.

Wali A.F., Al Dhaheri Y., Ramakrishna Pillai J., Mushtaq A., Rao P.G., Rabbani S.A., Firdous A., Elshikh M.S., Farraj D.A.A. 2020. Lc-ms phytochemical screening, in vitro antioxidant, antimicrobial and anticancer activity of microalgae Nannochloropsis oculata extract. *Separations* 7(4), 54.

Wallace D.V., Dykewicz M.S., Bernstein D.I., Blessing-Moore J., Cox L., Khan D.A., Randolph C.C. 2008. The diagnosis and management of rhinitis: An updated practice parameter. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology* 122(2), S1–S84.

Woo M., Song Y.O., Kang K.H., Noh J.S. 2018. Anti-obesity effects of collagen peptide derived from skate (Raja kenojei) skin through regulation of lipid metabolism. *Marine Drugs* 16(9), 306.

World Health Organization. Noncommunicable-Diseases. Available online: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases (accessed on 1 June 2018).

World Health Organization. World health statistics. 2020: monitoring health for the SDGs, sustainable development goals. Geneva: World Health Organization, p. 77.

Xu X., Liu A., Hu S., Ares I., Martínez-Larrañaga M.R., Wang X., Martínez M., Anadón A., Martínez M.A. 2021. Synthetic phenolic antioxidants: Metabolism, hazards and mechanism of action. *Food Chemistry* 353, p.129488.

Yamashita T., Oda E., Sano T., Ijiru Y., Giddings J. C., Yamamoto J. 2005. Varying the ratio of dietary n− 6/ n− 3 polyunsaturated fatty acid alters the tendency to thrombosis and progress of atherosclerosis in apoE−/− LDLR−/− double knockout mouse. *Thrombosis Research* 116(5), 393–401.

Yu F., He K., Dong X., Zhang Z., Wang F., Tang Y., Chen Y., Ding G. 2020. Immunomodulatory activity of low molecular-weight peptides from Nibea japonica skin in cyclophosphamide-induced immunosuppressed mice. *Journal of Functional Foods* 68, 103888.

Zhang C., Lv J., Qin X., Peng Z., Lin H. 2022. Novel Antioxidant Peptides from Crassostrea Hongkongensis Improve Photo-Oxidation in UV-Induced HaCaT Cells. *Marine Drugs* 20(2), 100.

Zhou Y., Lei Y., Cao Z., Chen X., Sun Y., Xu Y., Guo W., Wang S., Liu C. 2019. A β-defensin gene of Trachinotus ovatus might be involved in the antimicrobial and antiviral immune response. *Developmental & Comparative Immunology* 92, 105-115.

Journal of Aquaculture Sciences Vol. 11, No 21, 47-73
Print ISSN: 2322-5351
www.aquaculturesciences.ir

Functional and health properties of bioactive compounds from aquatics

Alireza Rabiepour[1], Aria babakhani[1,2*]

[1]Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Guilan, Iran.

[2]Department of Marine Sciences, Caspian Sea basin research center, University of Guilan, Rasht, Guilan, Iran.

*Corresponding author: babakhani@guilan.ac.ir

Received: 15. Sep.2023 **Accepted: 20. Nov.2023**

Abstract

Searching, identifying, and ultimately using important and valuable bioactive compounds is one of the main goals for the principled management and sustainable development of the fisheries industry. Nowadays, fisheries and aquaculture have a very special role in the economy and providing sustainable healthy dietaries and the development of new drugs to establishment human health and aquatics are a rich source of proteins, essential amino acids, fatty acids (saturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids (omega-3 and omega-6)), carbohydrates, vitamins and minerals. On the other hand, in today's world, a large amount of the by-catch of fisheries or aquatics processing industries is thrown away and causes many environmental problems. Considering the nutritional value and the presence of bioactive compounds in by-products from aquatics, these organisms can be used as a rich source of these compounds. The results of this study showed that bioactive compounds extracted from aquatics, play an important role in dietary, increasing health, and prevention and treatment of various diseases in humans. These compounds contain valuable resources such as peptides and protein hydrolysates, polyunsaturated fatty acids, collagen and gelatin, polysaccharides, chitin and chitosan, glycosaminoglycans, carotenoids, phenolic compounds, rare elements and other natural compounds with antioxidant, antimicrobial, antiviral, anticancer, anti-inflammatory, antidiabetic, anticoagulant, antihypertensive, antiaging, heart protective, neuroprotective and immune-modulating potentials. According to this, they have found many applications in the nutrient-pharmaceutical (nutraceutical), medical, agriculture, biotechnology, cosmetic industries, and other industries due to their specific functional potential. The purpose of this study is to review the importance of functional and health-giving properties of bioactive compounds extracted from aquatics.

Keywords: Functional properties, Seafood products, Aquatics, Nutrients, Bioactive compounds