

اثرات آنتی‌اکسیدانی و ضدتوموری جلبک‌های خلیج فارس: یک مرور نظام‌مند

عرفان جامعی^۱، محمدرضا کله‌گیریان^۱، معصومه شیروانی^۱، علی صادقی^۱، محدثه مهدی^۱، مریم نکوئی^{۲*}

^۱ کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی بوشهر، بوشهر، ایران
^۲ گروه بیوشیمی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی بوشهر، بوشهر، ایران

چکیده

زمینه: در سال‌های اخیر، جلبک‌های دریایی به دلیل ترکیبات زیست فعال خود، مورد توجه محققان قرار گرفته‌اند. با توجه به ذخایر گسترده جلبک‌های خلیج فارس، این مطالعه به بررسی خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدتوموری این جلبک‌ها پرداخته است.

مواد و روش‌ها: مطالعات منتشر شده در مجموعه‌ای از پایگاه‌های معتبر علمی (PubMed، Web of Science، Scopus و Google scholar) به وسیله ترکیبی از عبارات MeSH و Emtree از ابتدا تا سال ۲۰۲۴ جستجو شدند. مطالعات مرتبط با اثرات آنتی‌اکسیدانی و ضدتوموری جلبک‌های خلیج فارس انتخاب و داده‌های مربوط به نام علمی جلبک، ترکیبات مؤثر، حلال‌های استخراج، روش‌های سنجش و ترکیبات مؤثر استخراج شده و به صورت کیفی تحلیل شدند.

یافته‌ها: تعداد ۹۶ مطالعه در این مرور گنجانده شد. بیشترین تعداد مطالعات به جلبک‌های قهوه‌ای اختصاص داشت. در بین آن‌ها، برخی از گونه‌ها بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی را نشان دادند. همچنین، برخی از عصاره‌های جلبکی، به‌ویژه عصاره‌های استخراج شده با حلال‌های آلی، قوی‌ترین اثرات ضدتوموری را داشتند. متانول و اتانول رایج‌ترین حلال‌های مورد استفاده برای استخراج ترکیبات آنتی‌اکسیدانی از جلبک‌های خلیج فارس بودند. علاوه بر این، سایر حلال‌های آلی مانند ان-هگزان، اتیل استات و دی‌کلرومتان، به‌طور کلی در فعالیت ضدتوموری عملکرد بهتری نسبت به حلال‌های آبی داشتند.

نتیجه‌گیری: جلبک‌های خلیج فارس به‌عنوان منبع غنی از ترکیبات زیست فعال، پتانسیل بالایی در درمان سرطان و کاهش استرس اکسیداتیو دارند. با این حال، تحقیقات بیشتری برای بهره‌برداری بهینه از این منابع ضروری در پزشکی و توسعه دارو مورد نیاز است.

واژگان کلیدی:

جلبک
آنتی‌اکسیدان
ضدتومور
خلیج فارس

*نویسنده مسئول:

مریم نکوئی
nekoeei.maryam@yahoo.com



دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۸
پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۳۰

پیام کلیدی: جلبک‌های خلیج فارس به‌عنوان منبع غنی از ترکیبات زیست فعال، پتانسیل بالایی در درمان سرطان و کاهش استرس اکسیداتیو دارند و می‌توانند در توسعه داروهای جدید مورد توجه قرار گیرند.



دانشگاه علوم پزشکی
و خدمات بهداشتی و درمانی بوشهر



CrossMark



10.61186/ismj.27.4.297

Review article

The Antioxidant and Antitumor Effects of Algae from the Persian Gulf: A Systematic Review

E. Jamei ¹ , MR. Gallehgiryan ¹, M. Shiravani ¹, A. Sadeghi ¹, M. Mahdi ¹, M. Nekooei ^{2*}

¹ Student Research Committee, Bushehr University of Medical Sciences, Bushehr, Iran

² Department of Biochemistry, School of Medicine, Bushehr University of Medical Sciences, Bushehr, Iran

Abstract

Background: Marine algae have gained attention due to their bioactive compounds. Given the vast reserves of algae in the Persian Gulf, this study explores the antioxidant and antitumor properties of these algae.

Materials and Methods: Published studies were searched from scientific databases (PubMed, Web of Science, Scopus, and Google Scholar) using a combination of MeSH and Emtree terms from inception to 2024. Studies related to the antioxidant and antitumor effects of Persian Gulf algae were selected, and data regarding the scientific names of the algae, active compounds, extraction solvents, assay methods, and extracted active compounds were qualitatively analyzed.

Results: A total of 96 studies were included in this review. The majority of the studies focused on brown algae, among which certain species exhibited the highest antioxidant activity. Some algal extracts, particularly those obtained using organic solvents, also demonstrated the strongest antitumor effects. Methanol and ethanol were the most commonly used solvents for extracting antioxidant compounds from Persian Gulf algae. Furthermore, other organic solvents such as n-hexane, ethyl acetate, and dichloromethane generally showed better antitumor activity than aqueous solvents.

Conclusion: Persian Gulf algae, as a rich source of bioactive compounds, have significant potential in cancer therapy and oxidative stress reduction. However, further research is required for the optimal exploitation of these resources in medicine and drug development.

Keywords:

Algae
antioxidant
antitumor
Persian Gulf

*Corresponding author:

Maryam Nekooei
nekooei.maryam@yahoo.com

Received: 2025/01/07
Accepted: 2025/02/18



مقدمه

اکسیژن عنصری است که برای زندگی ضروری است و خواص اکسیداتیو آن نقش حیاتی در پدیده‌های بیولوژیکی متنوع ایفا می‌کند. اما باید توجه داشت که اکسیژن دارای خواص دوگانه است و علاوه بر نقش مؤثر آن بر حیات موجودات، می‌تواند آسیب‌های درون سلولی را با رویدادهای اکسیداتیو تشدید کند (۱). هنگامی که سلول‌ها از اکسیژن برای تولید انرژی استفاده می‌کنند، رادیکال‌های آزاد در نتیجه تولید ATP (آدنوزین‌تری فسفات) توسط میتوکندری و یا در اثر عوامل خارجی (آلودگی، دود سیگار، تشعشع، دارو) تولید می‌شوند. این محصولات فرعی عموماً گونه‌های اکسیژن فعال (ROS)^۱ و همچنین گونه‌های نیتروژن فعال (RNS)^۲ هستند و نقش عمده‌ای در ایجاد بیماری‌های مزمن و دژنراتیو مانند سرطان، آرتریت، اختلالات خود ایمنی، بیماری‌های قلبی عروقی و عصبی دارند. بدن انسان برای مقابله با اثرات مضر رادیکال‌های آزاد دارای مکانیسم‌های مختلفی به کمک آنتی اکسیدان‌ها است که این آنتی اکسیدان‌ها می‌توانند هم در داخل بدن و هم از خارج بدن تأمین شوند (۲-۴). اکسیژن فعال ممکن است از طریق دو مکانیسم در سرطان‌زایی نقش داشته باشد: (۱) القای جهش‌های ژنی ناشی از آسیب سلولی (۲) تأثیر بر انتقال سیگنال و فاکتورهای رونویسی. اینکه کدام مکانیسم را دنبال می‌کند به عواملی مانند نوع گونه‌های اکسیژن فعال درگیر و شدت استرس بستگی دارد. اهداف سلولی تحت تأثیر استرس اکسیداتیو شامل DNA، فسفولیپیدها، پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌های غشای سلولی است که DNA اکسید شده و آسیب دیده دارای پتانسیل القای جهش‌های ژنتیکی است. همچنین ثابت شده است، برخی از ژن‌های تلومر، ژن‌های سرکوبگر تومور مانند P53 و دیگر ژن‌های مربوط به چرخه سلولی در حضور رادیکال‌های آزاد مستعد جهش هستند که این موضوع می‌تواند وقوع انواع سرطان را در پی داشته باشد (۵ و ۶). بنابراین از آنجایی که رادیکال‌های فعال اکسیژن نقش مهمی در سرطان‌زایی و سایر بیماری‌های انسانی ایفا می‌کنند، آنتی‌اکسیدان‌های موجود در منابع طبیعی به عنوان عوامل شیمیایی

پیشگیری‌کننده سرطان به طور قابل‌توجهی مورد بررسی قرار می‌گیرند (۷).

به دنبال مطالعات صورت گرفته، اکوسیستم دریایی مخزن دست نخورده‌ای از ترکیبات فعال بیولوژیکی است و ثابت شده است که ارگانوسم‌های دریایی منابع بسیار بالقوه‌ای برای تجاری‌سازی ترکیبات سودمند دارویی و پزشکی هستند (۸). علاوه بر این به دلیل مصرف بیش از حد گیاهان خشکی‌زی و خطراتی مانند کاهش نسبی آن‌ها و تهدید انقراض برای برخی گونه‌ها، منابع دریایی به عنوان جایگزینی برای مطالعات ترجیح داده می‌شوند (۹). یکی از ارگانوسم‌های فراوان دریایی جلبک‌ها هستند. جلبک‌ها، علاوه بر زیبایی‌بخشی به مناظر زیر آب، به عنوان مواد غذایی و مواد اولیه صنعتی برای انسان و سایر جانداران دارای اهمیت ویژه‌ای هستند. همچنین از دیرباز، جلبک‌های دریایی در رژیم‌های غذایی و به عنوان داروهای سنتی در دنیا مورد استفاده قرار گرفته‌اند. جلبک‌های دریایی، مشابه گیاهان، از انرژی خورشیدی برای تولید کربوهیدرات از دی‌اکسید کربن و آب بهره می‌برند (فتوسنتز). با این حال، در مقایسه با گیاهان زمینی ساختار ساده‌تری دارند، چرا که مواد مغذی مورد نیاز خود را مستقیماً از آب اطراف جذب می‌کنند و نیازی به ریشه‌ها یا بافت‌های هدایت‌کننده پیچیده ندارند (۱۰). جلبک‌ها در زیستگاه‌های پیچیده‌ای زندگی می‌کنند و همواره در معرض شرایط تهدیدکننده قرار دارند که منجر به تشکیل رادیکال‌های آزاد و سایر عوامل اکسید کننده می‌شود. با این حال، بسیاری از شواهد نشان می‌دهد که سلول‌های آن‌ها مکانیسم‌هایی برای سازگاری سریع با محیط دارند و متابولیت‌های ثانویه تولید می‌کنند که از آن‌ها در برابر این آسیب‌ها محافظت می‌کند (۱۱). بنابراین باید در نظر داشت که جلبک‌ها از طیف عظیمی از ترکیبات در مواجهه با بسترهای مختلف و شرایط استرس برخوردار هستند که این ترکیبات شامل پلی‌ساکاریدها، ترکیبات فنلی و مشتقات آن‌ها، رنگدانه‌ها، پروتئین‌ها، لیپیدها و اسیدهای چرب قابل جداسازی هستند که می‌توانند دارای خواص ضد میکروبی، ضد ویروسی، ضد قارچی، ضد چربی خون، ضد توموری، ضد دیابت، ضد انعقادی، آنتی‌اکسیدانی و ضد حساسیت باشند (۱۲ و ۱۳).

¹ Reactive oxygen species

² Reactive nitrogen species

خلیج فارس با برخورداری از ۱۲۶۰ کیلومتر خط ساحلی در امتداد با دریای عمان یکی از غنی‌ترین منابع ارگانسیم‌های مختلف از جمله جلبک‌ها می‌باشد (۱۴). اکنون ۱۵۳ گونه جلبک از سواحل خلیج فارس شناسایی شده است که شامل رودوفیت (جلبک قرمز)، فتوفیت (جلبک قهوه‌ای)، کلروفیت (جلبک سبز)، اگزوانتوفیت (جلبک سبز- زرد) و سیانوفیت (آبی- سبز) هستند (۱۵). عصاره‌های مختلف انواع گونه‌های جلبک در خلیج فارس از نظر خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدتوموری مورد مطالعه قرار گرفته‌اند که شواهد نشان از وجود اثر آنتی‌اکسیدانی قابل توجه در غلظت‌های مختلف عصاره و بروز میزان چشم‌گیری اثر ضدتوموری دارد (۱۶ و ۱۷). همچنین یکی از ترکیبات رایج موجود در جلبک‌های قهوه‌ای، پلی‌ساکارید سولفات ه فوکوئیدان است که حاوی فعالیت‌های زیستی به ویژه فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ضدتوموری است (۱۸). برخی دیگر از جلبک‌های خلیج فارس به جهت برخورداری از ترکیبات پلی‌فنلی از جمله فلاونوئیدها به عنوان آنتی‌اکسیدان‌های ایمن و غیرسمی شناخته شده‌اند (۱۹). با این وجود پژوهش‌ها در حوزه کشف اثرات آنتی‌اکسیدانی و ضدتوموری عصاره و یا ترکیبات استخراج شده از جلبک‌های شناخته شده و یا مجهول همچنان ادامه دارد و سهم ارزشمندی را در توسعه روش‌های درمان و سلامت خواهد داشت.

در این مطالعه مرور نظام‌مند سعی شده است تا مطالعات انجام گرفته درباره خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدتوموری و ترکیبات فعال موجود در سه گونه جلبک قرمز، قهوه‌ای و سبز بررسی شوند. این بررسی می‌تواند راهنمایی جامع و سودمند برای تحقیقات آینده و آزمایش‌های بالینی ارائه کند و به توسعه درمان‌های نوین با کارایی بیشتر و عوارض جانبی کمتر و ارائه راهکارهایی برای مبارزه با چالش‌های رو به رشد بهداشت و درمان کمک نماید.

مواد و روش‌ها

منابع داده و جستجو

مطالعات در مورد اثر آنتی‌اکسیدانی و اثر ضدتوموری جلبک‌های خلیج فارس، در پایگاه‌های اطلاعاتی معتبر این حوزه شامل Scopus, Web of Science, Pubmed و Google Scholar از ابتدا تا سال ۲۰۲۴ جستجو شدند. جستجو، به وسیله ترکیبی از عبارات MeSH و Emtree

(اصطلاحات موضوعی در Embase) انجام شد تا جستجوی کامل و جامعی به عمل آید. به منظور پوشش‌دهی جامع و کامل موضوع، استراتژی جستجو در دو گروه اصلی انجام شد: ۱) مطالعات مرتبط با اثر آنتی‌اکسیدانی جلبک‌های خلیج فارس با استفاده از عبارات "Antioxidant" AND "Algae" AND "Persian Gulf" ۲) مطالعات مرتبط با اثر ضدتوموری جلبک‌های خلیج فارس با استفاده از عبارات "Antitumor" AND "Algae" AND "Persian Gulf".

معیارهای ورود و خروج

در این مرور نظام‌مند، به منظور بررسی دقیق و جامع، معیارهای مشخصی برای ورود و خروج مطالعات در نظر گرفته شد. مطالعاتی که به بررسی عملکرد جلبک‌های منطقه خلیج فارس به عنوان یک عامل آنتی‌اکسیدانی و ضدتوموری پرداخته بودند، انتخاب شدند. همچنین مطالعات منتشر شده به زبان‌های فارسی و انگلیسی، به مطالعه وارد شدند. به منظور اطمینان از جامعیت و به روز بودن داده‌ها، مطالعاتی که از ابتدا تا سال ۲۰۲۴ منتشر شده‌اند، در این مطالعه مروری لحاظ شدند. در عین حال، برخی از مطالعات مانند مقالات مروری (Review Articles)، مقالات کنفرانسی، گزارش موردی (Case Report)، مطالعات تکراری، چکیده کنفرانس‌ها، پایان‌نامه‌ها و ثبت اختراعات به دلیل عدم انطباق با معیارهای مطالعه از بررسی کنار گذاشته شدند تا تمرکز مطالعه مروری بر مطالعات اصلی و مرتبط باقی بماند.

غربالگری و استخراج داده‌ها

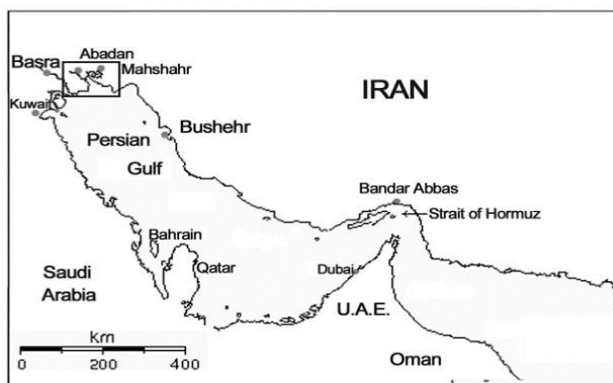
نرم‌افزار Endnote ویرایش ۲۰/۵ توسط دو نفر از نویسندگان برای غربالگری مطالعات به طور دقیق بر اساس معیارهای ورود و خروج مورد استفاده قرار گرفت. مجموعاً ۴۰۱۶ مطالعه از چهار پایگاه نام برده شده یافت شد که از این تعداد ۳۰۸۱ مطالعه مربوط به گروه اول جستجو (مطالعات مرتبط با اثر آنتی‌اکسیدانی جلبک‌های خلیج فارس) و ۹۳۵ مطالعه مربوط به گروه دوم جستجو (مطالعات مرتبط با اثر ضدتوموری جلبک‌های خلیج فارس) بود. تعداد ۷۴۶ مطالعه تکراری و ۳۱۷۴ مطالعه به علت عدم تطابق با معیارهای ورود و خروج از مطالعه حذف شدند. تعداد ۹۶ مطالعه مورد

یافته‌ها

جلبک‌های خلیج فارس

خلیج فارس یک منطقه نیمه محصور شناخته می‌شود که از طریق تنگه هرمز به دریای عمان متصل می‌شود و از غرب به کشورهای جهان عرب محدود می‌شود. خلیج فارس منطقه‌ای با جزر و مد، آب هوای خشک استوایی و منبع گروه بزرگ و متنوعی از ارگانوسم‌های دریایی است (شکل ۱) (۲۰). مطالعات درباره جلبک‌های خلیج فارس بر روی سه گونه قرمز، قهوه‌ای و سبز انجام شده است که هرکدام از این جلبک‌ها، از ترکیبات و خواص متنوعی برخوردار هستند. تراکم هرگونه در فصول مختلف سال متفاوت است، برای مثال در خط ساحلی استان بوشهر بیشترین تعداد گونه در بهار و پس از آن تابستان، زمستان و پاییز ثبت شده است و از این تعداد، دو جلبک قرمز *لورنسیا پنیکولاتا*^۳ و *لورنسیا پاپیلوسا*^۴ و سه جلبک قهوه‌ای *سیستوسیره میریکا*^۵، *سیستوسیره ترینودیس*^۶ و *پادینا دیستروماتیک*^۷ در طول هر چهار فصل سال مشاهده شدند (شکل ۲) (۲۱).

مرور نظام‌مند قرار گرفتند. در ابتدا، با مطالعه عناوین و چکیده‌های مقالات، هر مقاله که به وضوح شرایط ورود را نداشت حذف شد. سپس، متن کامل مقالات باقی‌مانده با دقت بیشتری بر اساس معیارهای ورود و خروج دوباره غربالگری شدند. در صورت وجود اختلافات بین نویسندگان، این اختلافات از طریق بحث و تجزیه و تحلیل حل شدند. اگر اجماع حاصل نشد، قبل از تصمیم‌گیری در مورد گنجاندن مطالعه، نویسنده سوم در مشورت شرکت کرد. داده‌های استخراج شده از مطالعات وارد شده شامل نام علمی جلبک‌ها، نام انواع حلال‌های مورد استفاده به منظور استخراج ترکیبات موجود در جلبک‌ها، نام انواع ترکیبات استخراج شده از جلبک‌ها، روش‌های سنجش اثر آنتی‌اکسیدانی در جلبک‌ها، میزان اثر آنتی‌اکسیدانی جلبک‌ها، انواع رده‌های سلولی مورد بررسی در مطالعات و میزان اثر ضدتوموری جلبک‌ها بودند.



شکل ۱. موقعیت خلیج فارس (۲۲)

Fig 1. Location of the Persian Gulf

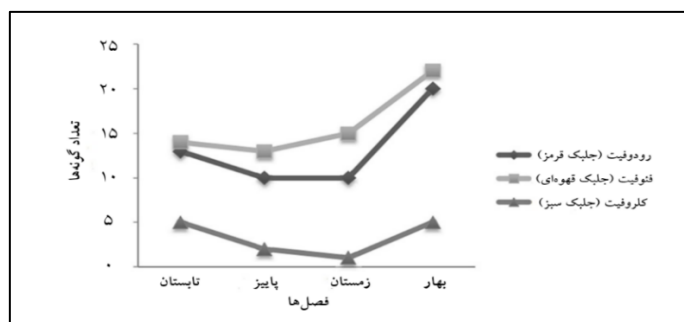
³ *Laurencia paniculate*

⁴ *Laurencia papillosa*

⁵ *Cystoseira myrica*

⁶ *Cystoseira trinodis*

⁷ *Padina distromatic*



شکل ۲. تعداد گونه های جلبک دریایی در فصول مختلف در منطقه جزر و مدی بوشهر، خلیج فارس (۲۱)
Fig 2. The number of seaweed species in different seasons in the tidal zone of Bushehr, Persian Gulf

قابل توجهی هستند که برای محققان در ساخت داروهای ضدتوموری مفید واقع شده‌اند (۲۳).

جلبک‌های سبز (Chlorophyte)

کلروفیت‌ها در خلیج فارس به نسبت کمتری مورد مطالعه قرار گرفته‌اند اما تنوع ترکیبات زیست فعال در این گونه از جلبک‌ها نیز حفظ شده است. برای مثال فراکسیون هگزان و فراکسیون متانولی-آبی جلبک سبز *Ulva flexuosa*^۸ جمع‌آوری شده از خلیج فارس، اثر سیتوتوکسیک قابل توجهی علیه رده سلولی T47D نشان داده است (۲۴). کلرلا^۹ سرده‌ای از ریزجلبک‌های سبز تک سلولی خلیج فارس است. عصاره متانولی جلبک کلرلا نقش مهارى در مرگ سلولى، تولید بیش از حد ROS، تغییرات مورفولوژیکی در سلول‌ها، اختلال در آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، پراکسیداسیون لیپیدی، از دست دادن MMP^{۱۰} و فعال شدن کاسپاز ۳ در سمیت ناشی از H₂O₂ در سلول‌های PC12 را در پی داشته است (۲۵). گونه‌های مختلفی از ماکروجلبک‌های خلیج فارس که اثرات آنتی‌اکسیدانی و ضدسرطانی در آن‌ها مورد بررسی قرار گرفته است، در جدول ۱ فهرست شده‌اند.

جلبک‌های قرمز (Rhodophyta)

رودوفیت‌ها منابع غنی از متابولیت‌های ساختاری جدید و فعال بیولوژیکی هستند. آنالیز آنتی‌اکسیدانی، سیتوتوکسیک و فیتوشیمیایی عصاره دو جلبک قرمز فراوان خلیج فارس نشان دهنده وجود متابولیت‌های اولیه و ثانویه بود و نتایج فیتوشیمیایی و سیتوتوکسیک با چند تفاوت در مورد همه جلبک‌های قرمز خلیج فارس مشابه بود. با توجه به اثر ضدتوموری قابل توجه این گونه، عصاره جلبک قرمز خلیج فارس و اجزای فعال موجود در آن‌ها می‌توانند به عنوان آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی و جایگزین ظاهر شوند و یا به عنوان نقطه شروع برای سنتز داروهای سیتوتوکسیک مؤثرتر عمل کنند (۱۷ و ۸۱).

جلبک‌های قهوه‌ای (Phaeophyceae)

فتوفیت‌ها نیز حاوی انواع متنوعی از ترکیبات زیست فعال هستند. عصاره‌ها و فراکسیون‌های جلبک‌های قهوه‌ای خلیج فارس اثرات سیتوتوکسیک متفاوتی را بر انواع مختلف رده‌های سلول سرطانی دارند و توانایی تولید ترکیباتی با خواص امیدوارکننده را دارند که می‌توانند در زمینه زیست پزشکی مورد استفاده قرار گیرند. این ترکیبات دارای خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و ضدتوموری

^۸ *Ulva flexuosa*

^۹ *Chlorella*

^{۱۰} Matrix Metalloproteinase

جدول ۱. گونه‌های مختلف ماکرو جلبک‌های مطالعه شده از نظر اثرات آنتی‌اکسیدانی و ضدسرطانی در خلیج فارس

نام علمی جلبک	نوع گونه	نوع فعالیت	منابع
<i>Acanthophora muscoides</i>	قرمز	آنتی‌اکسیدانی	(۲۶)
<i>Acanthophora nayadiformis</i>	قرمز	آنتی‌اکسیدانی	(۲۷)
<i>Botryocladia leptopoda</i>	قرمز	آنتی‌اکسیدانی	(۲۸)
<i>Caulerpa sertularioides</i>	سبز	آنتی‌اکسیدانی	(۲۹)
<i>Chaetomorpha sp</i>	سبز	آنتی‌اکسیدانی	(۳۰-۳۲)
<i>Chlorella sp</i>	سبز	آنتی‌اکسیدانی + ضدسرطانی	(۲۵)
<i>Chondria dasyphylla</i>	قهوه‌ای	ضدسرطانی	(۲۴)
<i>Cladophoropsis sp</i>	سبز	آنتی‌اکسیدانی	(۲۸)
<i>Colopomenia sinuosa</i>	قهوه‌ای	آنتی‌اکسیدانی	(۳۳)
<i>Cystoseira indica</i>	قهوه‌ای	آنتی‌اکسیدانی + ضدسرطانی	(۳۴)
<i>Cystoseira myrica</i>	قهوه‌ای	آنتی‌اکسیدانی	(۳۵-۳۷)
<i>Cystoseira trinodis</i>	قهوه‌ای	آنتی‌اکسیدانی	(۳۸-۴۰)
<i>Dictyota indica</i>	قهوه‌ای	آنتی‌اکسیدانی	(۴۱)
<i>Entromorpha intestinalis</i>	سبز	آنتی‌اکسیدانی	(۳۸ و ۴۰)
<i>Fucus trinodis</i>	قهوه‌ای	آنتی‌اکسیدانی	(۴۲)
<i>Galaxaura rugosa</i>	قرمز	آنتی‌اکسیدانی	(۲۶ و ۴۲)
<i>Gracilaria corticata</i>	قرمز	آنتی‌اکسیدانی + ضدسرطانی	(۱۷، ۴۳-۴۶)
<i>Gracilaria folifera</i>	قرمز	آنتی‌اکسیدانی	(۲۸)
<i>Gracilaria gracilis</i>	قرمز	آنتی‌اکسیدانی	(۴۷)
<i>Gracilaria Salicornia</i>	قرمز	آنتی‌اکسیدانی + ضدسرطانی	(۱۷ و ۲۸)
<i>Gracilariopsis persica</i>	قرمز	آنتی‌اکسیدانی	(۴۸)
<i>Gracilariopsis longissima</i>	قرمز	آنتی‌اکسیدانی	(۲۸)
<i>Hypnea flagelliformis</i>	قرمز	آنتی‌اکسیدانی	(۳۷)
<i>Hypnea hamulosa</i>	قرمز	آنتی‌اکسیدانی	(۴۹)
<i>Iyengaria stellata</i>	قهوه‌ای	آنتی‌اکسیدانی	(۵۰)
<i>Laurencia denderoidea</i>	قرمز	آنتی‌اکسیدانی	(۴۲)
<i>Laurencia papillosa</i>	قهوه‌ای	آنتی‌اکسیدانی	(۲۸)
<i>Laurencia snyderia</i>	قرمز	آنتی‌اکسیدانی	(۲۷ و ۳۸)
<i>Lyengaria stellata</i>	قهوه‌ای	آنتی‌اکسیدانی	(۵۰)
<i>Nannochloropsis oculata</i>	سبز	آنتی‌اکسیدانی	(۴۷)
<i>pachynema Valoniopsis</i>	سبز	آنتی‌اکسیدانی	(۵۱)
<i>Padina astraulis</i>	قهوه‌ای	آنتی‌اکسیدانی	(۴۹)
<i>Padina boergesenii</i>	قهوه‌ای	آنتی‌اکسیدانی	(۵۰ و ۵۲)
<i>Padina distromatic</i>	قهوه‌ای	آنتی‌اکسیدانی	(۲۹، ۵۳ و ۵۴)
<i>Padina pavonica</i>	قهوه‌ای	آنتی‌اکسیدانی	(۳۶)
<i>Padina sp</i>	قهوه‌ای	آنتی‌اکسیدانی	(۵۵ و ۵۶)
<i>Padina tenuis</i>	قهوه‌ای	آنتی‌اکسیدانی	(۴۱)
<i>Palisada perforata</i>	قهوه‌ای	آنتی‌اکسیدانی	(۵۷)
<i>Picochlorum sp</i>	سبز	ضدسرطانی	(۵۸)
<i>Polycladia myrica</i>	قهوه‌ای	آنتی‌اکسیدانی	(۲۶، ۵۶ و ۵۹)
<i>S. micracanthum</i>	قهوه‌ای	ضدسرطانی	(۶۰)
<i>Sargassum angustifolium</i>	قهوه‌ای	آنتی‌اکسیدانی + ضدسرطانی	(۶۳-۶۲)
<i>Sargassum boveanum</i>	قهوه‌ای	آنتی‌اکسیدانی	(۲۹، ۶۴ و ۶۵)
<i>Sargassum glaucescens</i>	قرمز	ضدسرطانی	(۶۶)
<i>Sargassum oligocystum</i>	قهوه‌ای	ضدسرطانی	(۶۷)
<i>Sargassum sp</i>	قهوه‌ای	آنتی‌اکسیدانی	(۵۵)
<i>Sargassum swartzii</i>	قهوه‌ای	آنتی‌اکسیدانی	(۳۵)
<i>Sargassum tenerimum</i>	قهوه‌ای	آنتی‌اکسیدانی + ضدسرطانی	(۶۹ و ۶۸)
<i>Sargassum vulgar</i>	قهوه‌ای	آنتی‌اکسیدانی	(۵۶، ۷۰ و ۷۱)
<i>Sirophysalis trinodis</i>	قهوه‌ای	آنتی‌اکسیدانی	(۲۶ و ۵۹)
<i>Spirogyra sp</i>	سبز	ضدسرطانی	(۷۲)
<i>Stoechospermum marginatum</i>	قهوه‌ای	آنتی‌اکسیدانی	(۷۳ و ۷۴)
<i>Ulva clathrate</i>	سبز	آنتی‌اکسیدانی	(۱۹)
<i>Ulva flexuosa</i>	سبز	آنتی‌اکسیدانی + ضدسرطانی	(۱۹ و ۲۴)
<i>Ulva intestinalis</i>	سبز	آنتی‌اکسیدانی	(۱۹ و ۷۵)
<i>Ulva linza</i>	سبز	آنتی‌اکسیدانی	(۷۵)

کورتی‌کاتا^{۱۲}، سیستوزیرا میریکا^{۱۳}، کولوپومینا سینووسا^{۱۴} با اختلاف، بیشترین تعداد مطالعات را به خود اختصاص دادند. این امر ممکن است به دلیل اثرات برجسته این

در بررسی مطالعات مرتبط با اثرات آنتی‌اکسیدانی و ضدتوموری جلبک‌های خلیج فارس (جدول ۱)، ماکرو جلبک‌های سارگاسوم آنگوستیفولیوم^{۱۱}، گراسیلاریا

¹¹ *Sargassum angustifolium*

¹² *Gracilaria corticata*

¹³ *Cystoseira myrica*

¹⁴ *Colopomenia sinuosa*

گونه‌ها، نتایج مثبت دریافت شده از این گونه‌ها در آزمون‌های مربوطه، فراوانی و میزان در دسترس بودن آن‌ها باشد. همچنین از میان سه گونه جلبک قرمز، قهوه‌ای و سبز به ترتیب بیشترین تعداد مطالعات به جلبک‌های قهوه‌ای اختصاص دارد. پس از آن، جلبک‌های قرمز در رتبه دوم و جلبک‌های سبز در رتبه سوم قرار می‌گیرند.

خواص آنتی‌اکسیدانی جلبک‌ها

به‌طور کلی ماکروجلبک‌ها قادر به تولید طیف گسترده‌ای از متابولیت‌های ثانویه مانند پلی‌فنل‌ها، فلاونوئیدها، استروئیدها، فلوروئانین‌ها، کاروتنوئیدها، آلکان‌ها، کتون‌ها و پلی‌ساکاریدهای جلبکی از جمله فوکوئیدان، آسکوفیالان، آلزینات، کاراگینان و بسیاری از ترکیبات دیگر هستند که هرکدام از این ترکیبات می‌توانند از قابلیت مهار رادیکال‌های آزاد برخوردار باشند (۲۶ و ۷۶). به‌طور کلی جلبک‌ها رنگدانه‌های متنوعی جهت فتوسنتز تولید می‌کنند که آن‌ها را می‌توان به سه گروه بزرگ طبقه‌بندی کرد: کلروفیل‌ها، کاروتنوئیدها و فیکوبیلین‌ها. در داخل کاروتنوئیدها گزانتوفیل‌ها قرار دارند که گزانتوفیل‌ها (فوکوزانتین^{۱۵}، آستاگزانتین^{۱۶}، لوتئین^{۱۷}، زآگزانتین^{۱۸} و β -کرپتوکسانتین^{۱۹}) نوعی کاروتنوئید با فعالیت ضدتومور و ضدالتهابی هستند و به دلیل برخوردار بودن از ساختار شیمیایی غنی از پیوندهای مضاعف دارای خواص آنتی‌اکسیدانی می‌باشند (۷۰ و ۷۷). فوکوزانتین نیز به عنوان یکی از مهم‌ترین کاروتنوئیدها (گزانتوفیل‌ها) شناخته می‌شود که در محیط‌های دریایی به فراوانی یافت می‌شود و مسئول فعالیت‌های ارزشمند بیولوژیکی مانند فعالیت آنتی‌اکسیدانی است (۴۱). رایج‌ترین پلی‌ساکاریدهای سولفات‌ها استخراج شده از گونه‌های مختلف جلبکی شامل گالاکتان از جلبک‌های قرمز، الوان از جلبک‌های سبز و فوکوئیدان از جلبک‌های قهوه‌ای است که با توجه به عواملی مانند فصل جمع‌آوری جلبک، گونه جلبک و روش استخراج پلی‌ساکارید سولفات‌ها از جلبک،

فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی منحصر به فردی را از خود نشان می‌دهند (۵۵). به منظور استخراج ترکیبات آنتی‌اکسیدانی متنوع از جلبک‌های خلیج فارس، از حلال‌های گوناگون با قطبیت و نسبت‌های مختلف استفاده شده است که شامل آب، متانول، اتانول، کلروفرم، استون، ان-هگزان، اتیل استات، دی‌کلرومتان و ان-بوتانول هستند (۴۳، ۵۹ و ۷۸). مطالعات گوناگونی در حوزه بررسی اثر آنتی‌اکسیدانی انواع عصاره و ترکیبات جلبک‌های خلیج فارس انجام شده است (جدول ۲). استفاده از آزمون‌های متنوع مانند TAC، DPPH، FIC، RP، FRAP، ABTS و TPC نشان‌دهنده یک ارزیابی جامع و چندوجهی از فعالیت آنتی‌اکسیدانی جلبک‌های خلیج فارس می‌باشد. در برخی مطالعات از مخلوط آب و اتانول در نسبت‌های مختلف (۳۰:۷۰، ۵۰:۵۰ و ۷۰:۳۰) برای استخراج ترکیبات فعال از جلبک‌ها استفاده شده است. متانول و اتانول به‌عنوان حلال‌های غالب در بسیاری از مطالعات مشاهده شده است که نشان‌دهنده استفاده گسترده از این حلال‌ها برای استخراج ترکیبات آنتی‌اکسیدانی از جلبک‌های خلیج فارس است. فعالیت آنتی‌اکسیدانی برخی از ترکیبات خاص مانند فوکوئیدان، آلزینات و فوکوزانتین موجود در جلبک‌های خلیج فارس، به‌طور جداگانه ارزیابی شده است. غلظت عصاره و ترکیبات مختلف جلبک‌های خلیج فارس از مقادیر کم مانند ۰/۰۱ میلی‌گرم/ میلی‌لیتر تا مقادیر بالا مانند ۳۲۰۰ میکروگرم/ میلی‌لیتر متغیر هستند. بنابراین فعالیت آنتی‌اکسیدانی در جلبک‌ها به غلظت عصاره‌ها وابسته است. به‌عنوان مثال، *سارگاسوم آنگوستیفولیوم*^{۲۰} در غلظت ۰/۰۱۸ میلی‌گرم/ میلی‌لیتر بالاترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی را داشت، در حالی که در برخی از جلبک‌های خلیج فارس مانند *سارگاسوم سوارتزئی*^{۲۱} و *هینیا فلاژلیفرمیس*^{۲۲}، بالاترین اثر آنتی‌اکسیدانی در غلظت‌های ۱ میلی‌گرم/ میلی‌لیتر مشاهده شد. عصاره‌های اتیل استات و متانولی در بیشتر جلبک‌ها به‌طور قابل توجهی توانستند بالاترین

¹⁵ Fucoxanthin

¹⁶ Astaxanthin

¹⁷ lutein

¹⁸ zeaxanthin

¹⁹ β -cryptoxanthin

²⁰ *Sargassum angustifolium*

²¹ *Sargassum swartzii*

²² *Hypnea flagelliformis*

قدرت آنتی اکسیدانی را نشان دهند. عصاره اتیل استات جلبک *سارگاسوم آنگوستیفولیوم*، بیشترین فعالیت مهار رادیکال آزاد را از خود نشان داد. همچنین استفاده از روش های مختلف استخراج مانند اولتراسوند و

ماسیراسیون، تأثیر مستقیمی بر فعالیت آنتی اکسیدانی جلبک های خلیج فارس داشت. به عنوان مثال، جلبک *پادینا*^{۳۳} با استفاده از روش استخراج اولتراسوند بالاترین مقدار فنول کل را نشان داد.

جدول ۲. بررسی اثر آنتی اکسیدانی جلبک های خلیج فارس در مطالعات مختلف					
نام جلبک	حلال یا ترکیب	غلظت	آزمون و مقیاس آزمون	نتایج	منابع
<i>Sargassum angustifolium</i>	آب- اتانول در نسبت های ۷۰:۳۰ و ۵۰:۵۰	۴۰ (میلی گرم/ میلی لیتر)	TAC (میلی گرم آسکوربیک اسید/ گرم پودر جلبکی خشک)	بالاترین اثر آنتی اکسیدانی جلبک <i>Sargassum angustifolium</i> در نسبت ۷۰:۳۰ حلال آب- اتانول مشاهده شد	(۶۲)
<i>Colopomenia sinuosa, astraulis Padina, Cystoseira merica, Sargassum angustifolium</i>	آب- اتانول، اتانول، آب	ذکر نشده	DPPH (درصد)	عصاره آبی جلبک <i>Cystoseira merica</i> بالاترین فعالیت آنتی اکسیدانی را نسبت به عصاره آبی سایر جلبک ها داشت و عصاره های آبی/ اتانولی در جلبک <i>Sargassum angustifolium</i> بالاترین قدرت آنتی اکسیدانی را از خود نشان داد	(۳۳)
<i>Iyengaria stellata</i>	آب	۱/۵ و ۷/۵ و ۲/۵ (میلی گرم/ میلی لیتر)	FIC (درصد)	توانایی شلایه کنندگی یون آهن (۹۷/۱۴ درصد) در غلظت ۲ میلی گرم/ میلی لیتر جلبک <i>Iyengaria stellata</i> بالا بود	(۷۹)
<i>Laurencia snyderia, Entromorpha intestinalis, Cystoseira trinodis</i>	اتانول (۷۰ درصد)	۱ (میلی گرم/ میلی لیتر)	RP (جذب نوری)	بیشترین جذب نوری (فعالیت آنتی اکسیدانی) با جذب ۷۹۹ مربوط به جلبک سبز <i>Entromorpha intestinalis</i> است	(۴۰)
<i>Sargassum angustifolium</i>	آب- اتانول، اتانول، آب	۷۴/۵ و ۲۰/۵ و ۳۵/۵ و ۱۶/۵ و ۳۷/۵ و ۱۸/۵ و ۸/۵ (میلی گرم/ میلی لیتر)	DPPH (درصد)	بیشترین قدرت اثر آنتی اکسیدانی مربوط به عصاره آب- اتانول جلبک <i>Sargassum angustifolium</i> در غلظت ۱۸/۵ میلی لیتر است	(۸۰)
<i>Hypnea hamulosa</i>	آب، استون، متانول، اتانول (در نسبت های ۱۰۰، ۵۰، ۳۰ و ۷۰)	ذکر نشده	TAC (میلی گرم آسکوربیک اسید/ گرم پودر جلبکی خشک)	بالاترین فعالیت آنتی اکسیدانی کل در آب ۱۰۰ درصد و استون ۵۰ درصد به ترتیب با مقادیر ۵۶/۵ و ۷۰/۵ میلی گرم آسید آسکوربیک بر گرم پودر جلبکی خشک شده بود	(۷۸)
<i>Hypnea hamulosa, Gracilaria corticata</i>	آب، متانول، اتانول، استون (در نسبت های ۷۰، ۵۰، ۳۰ و ۱۰۰)	ذکر نشده	TAC (میلی گرم اسیدتانیک / گرم پودر جلبکی خشک شده)	عصاره های گونه <i>H.hamulosa</i> به میزان ۵۶/۵ میلی گرم اسید آسکوربیک بر گرم پودر جلبکی خشک شده دارای فعالیت آنتی اکسیدانی کل بالاتری بودند نسبت به جلبک <i>Gracilaria corticata</i>	(۴۹)
<i>Colpomenia sinouosa</i>	اتانول (۹۰ درصد)	۱ و ۱/۵ و ۱۰/۵ (میلی گرم/ میلی لیتر)	DPPH (درصد)	بیشترین اثر آنتی اکسیدانی در غلظت ۱ (میلی گرم/ میلی لیتر)	(۸۲)
<i>Cystoseira indica</i>	ان هگزان، اتانول، متانول، کلروفرم، آب	۱ و ۱۰ و ۱۰۰ و ۵۰۰ (میکروگرم/ میلی لیتر)	RP (جذب)	بیشترین اثر آنتی اکسیدانی در غلظت ۱ (میلی گرم/ میلی لیتر) از عصاره متانولی	(۳۴)
<i>Sargassum boveanum</i>	اتانول (۷۰ درصد)	۱ (میلی گرم/ میلی لیتر)	TAC (میلی گرم آسکوربیک اسید/ گرم پودر جلبکی خشک)	عصاره هیدروالکلی جلبک به میزان ۵۲۶/۹۹ میلی گرم آسکوربیک اسید/ گرم پودر جلبکی خشک دارای اثر آنتی اکسیدانی است	(۸۳)
<i>Cystoseriaceae myrica, Gracilaria corticata</i>	اتانول، متانول	۲۰ و ۳۰ و ۴۰ (میلی گرم/ میلی لیتر)	DPPH (درصد)	بالاترین فعالیت آنتی اکسیدانی را عصاره اتانولی برگ درخت حرا داشت و کمترین مقادیر را عصاره متانولی گونه <i>Cystoseriaceae myrica</i> داشت	(۸۴)
<i>Entromorpha intestinalis, Cystoseira myrica, Gracilaria corticata</i>	اتانول ۷۰ درصد	۱ (میلی گرم/ میلی لیتر)	FRAP (میکرومول آهن/ گرم عصاره)	بالاترین فعالیت آنتی اکسیدانی به میزان ۹۱۴/۶ میکرومول آهن/ گرم عصاره به جلبک سبز <i>Entromorpha intestinalis</i> تعلق دارد	(۳۸)

(۴۸)	عصاره اتیل استاتی <i>Hypnea flagelliformis</i> به میزان ۲۲۵۰ دارای بیشترین مقدار ظرفیت اکسیدانی کل می‌باشد.	TAC (میلی گرم آسکوربیک اسید/ گرم پودر جلبکی خشک)	۳ (میلی گرم/ میلی لیتر)	ان-هگزان، اتیل استات، متانول	<i>Gracilariopsis persica, Hypnea flagelliformis</i>
(۵۱)	بالاترین فعالیت آنتی اکسیدانی در عصاره متانولی جلبک <i>Sargassum tenerimum</i> در غلظت ۱ میلی گرم/میلی لیتر به میزان ۸۸/۲۲ است	DPPH (درصد)	۰/۱ و ۰/۱ و ۱ (میلی گرم/ میلی لیتر)	متانول، ان-هگزان، دی-کلرومتان، کلروفرم	<i>Valoniopsis pachynema, Sargassum tenerimum</i>
(۵۴)	شاخص آنتی اکسیدانی براساس IC50 به روش اولتراسوند ۹۲ و به روش ماسپراسیون ۴۲ (میلی گرم/ میلی لیتر) است	DPPH (IC50)	ذکر نشده	متانول، ان-هگزان، ان-یوتانول	<i>Padina distromatic</i>
(۴۲)	بالاترین فعالیت آنتی اکسیدانی در عصاره کلروفرمی جلبک <i>Fucus trinodis</i> به میزان ۲/۹۸ است	TAC (میلی گرم آسکوربیک اسید/ گرم عصاره)	۳/۳۶ و ۰/۷۵ و ۳ و ۶ (میلی گرم/ میلی لیتر)	ان-هگزان، کلروفرم، اتانول	<i>Sargassum boveanum, Fucus trinodis, Laurencia denderoidea, Galaxaura rugosa</i>
(۶۴)	بالاترین فعالیت آنتی اکسیدانی در عصاره آبی جلبک <i>Sargassum boveanum</i> در غلظت ۳ (میلی گرم/ میلی لیتر) به میزان ۹۴ بود	DPPH (درصد)	۰/۱ و ۱ و ۱۰۰ (میلی گرم/ میلی لیتر)	اتانول، آب	<i>Sargassum boveanum</i>
(۲۵)	عصاره متانولی در غلظت ۱ (میلی گرم/ میلی لیتر) به میزان ۲۳۷/۰۸ افزایش یافت	FRAP (میکرومول آهن/ گرم عصاره)	۰/۲ و ۰/۴ و ۰/۶ و ۱ (میلی گرم/ میلی لیتر)	متانول، کلروفرم، اتیل استات، اتانول	<i>chlorella sp</i>
(۳۹)	بالاترین فعالیت آنتی اکسیدانی مربوط به عصاره اتیل استاتی با ۹۲ درصد مهار در غلظت ۱ (میلی گرم/ میلی لیتر) بود	DPPH (درصد)	۰/۱ و ۰/۱ و ۰/۱ و ۰/۵ و ۱ (میلی گرم/ میلی لیتر)	متانول، کلروفرم، اتیل استات، ان-هگزان	<i>Cystoseira trinodis</i>
(۵۹)	بالاترین فعالیت آنتی اکسیدانی پلی ساکارید خام به میزان ۸۷/۷۹ در جلبک <i>Sirophysalis trinodis</i>	TAC (میلی گرم آسکوربیک اسید/ گرم پودر جلبکی خشک)	۵ (میلی گرم/ میلی لیتر)	پلی ساکاریدهای خام	<i>Sirophysalis trinodis, Polycladia myrica</i>
(۷۹)	فعالیت آنتی اکسیدانی این جلبک به میزان ۲۳/۶۹ میلی گرم در گرم است	TAC (میلی گرم آسکوربیک اسید/ گرم پودر جلبکی خشک)	۵ (میلی گرم/ میلی لیتر)	آب	<i>Iyengaria stellata</i>
(۳۱)	فعالیت آنتی اکسیدانی در تمام حلال‌های عصاره جلبک <i>Colpomenia sinuosa</i> بالاتر از جلبک <i>Chaetomorpha sp</i> بود	DPPH (درصد)	ذکر نشده	استون، اتانول، متانول، آب (نسبت آب خالص ۱۰۰٪ و ۳۰:۷۰٪ برای سایر حلال‌ها)	<i>Chaetomorpha sp, Colpomenia sinuosa</i>
(۳۵)	بیشترین فعالیت آنتی اکسیدانی در عصاره متانولی جلبک <i>Sargassum swartzii</i> به مقدار ۷۳/۹۲ بود	FRAP (میکرومول آهن/ گرم عصاره)	۱۰ (میلی گرم/ میلی لیتر)	متانول، ان-هگزان، اتیل استات، کلروفرم	<i>Sargassum swartzii, Cystoseira myrica, Colpomenia sinuosa</i>
(۵۷)	عصاره‌های اتیل استاتی و متانولی جلبک <i>Palisada perforata</i> در هر سه غلظت فعالیت مهاري یکسانی نشان دادند به میزان ۸۷/۱۴ و ۳/۱۴ عصاره هگزان فعالیت بسیار کمی را برای این جلبک نشان داد	ABTS (درصد)	۱/۵ و ۳ و ۶ (میلی گرم/ میلی لیتر)	ان-هگزان، اتیل استات، متانول	<i>Palisada perforate, Sargassum angustifolium</i>
(۲۶)	عصاره اتیل استات <i>Sargassum angustifolium</i> با IC50 ۰/۴ و عصاره ان-هگزانی <i>Galaxaura rugosa</i> با IC50 ۵/۵۰ به ترتیب بیشترین و حداقل فعالیت‌های مهار را نشان دادند	ABTS (IC50)	۰/۳۶ و ۰/۷۵ و ۱/۷۵ و ۳ و ۰/۷۵۶ و ۶ و ۳ (میلی گرم/ میلی لیتر)	ان-هگزان، اتیل استات، متانول	<i>Sirophysalis trinodis, Polycladia myrica, Sargassum angustifolium, Sargassum boveanum, Sargassum vulgare, Palisada perforate, Gracilaria corticate, Acanthophora muscoides, Laurencia denderoidea, Galaxaura rugosa</i>
(۸۵)	عصاره اتیل استات جلبک <i>Sargassum vulgar</i> به میزان ۸۰/۴ به طور قابل توجهی بالاترین فعالیت آنتی اکسیدانی را در مقایسه با اسیداسکوربیک به میزان ۷۰۰٪ به عنوان یک کنترل مثبت نشان داد	RP (جذب)	۷۵ (میلی گرم/ میلی لیتر)	ان-هگزان، متانول، اتیل استات	<i>Sargassum vulgar, Ulva linza, Gracilaria corticata</i>
(۷۲)	بالاترین فعالیت آنتی اکسیدانی به میزان ۵۸/۸ متعلق به جلبک <i>G. corticata</i> و کمترین فعالیت آنتی اکسیدانی به میزان ۵۸/۴ متعلق به جلبک <i>Sargassum tenerimum</i> است	FRAP (میکرومول آهن/ گرم عصاره)	۱ (میلی گرم/ میلی لیتر)	متانول	<i>Sargassum tenerimum, Gracilaria corticata</i>

(۲۸)	بالاترین فعالیت انتی‌اکسیدانی را جلبک <i>Cladophoropsis sp</i> به میزان ۴۸/۱ (میلی‌گرم/ میلی‌لیتر) با جذب ۵/۰ نشان داد	RP (جذب)	۱۲-۳۲۰۰/۵ (میکروگرم/ میلی‌لیتر)	اتانول (٪۹۰)	<i>Botryocladia lep- topoda, Gracilaria folif- era, Cladophoropsis sp, Colpomenia si- nouse, Cystoseira my- rica, Gracilaria Salicor- nia, Gracillariopsis, longssima Iyengaria stellata, Hypneaflagel- liformis, Laurenciapap- illosa</i>
(۸۶)	حداکثر محتوای فنل در <i>Sargassum wightii</i> به میزان ۳/۴۶ مشاهده شد	TPC (میلی‌گرم در گرم)	۲۰۰-۱۰۰۰ (میکروگرم/ میلی‌لیتر)	متانول (٪۸۰)	<i>Sargassum wightii Gre- ville, Padina tetraastro- matica Hauck, Chnoo- spora minima, Hormo- physa triquetra</i>
(۳۶)	در میان عصاره چهار جلبک دریایی، عصاره اتیل استات جلبک <i>U. lactuca</i> بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی را با IC50 به میزان ۶۲/۱۳ نشان داد بیشترین قدرت آنتی‌اکسیدانی عصاره متانولی جلبک <i>gracilaria corticata</i> به میزان ۰/۰۶ مشاهده شد	DPPH (IC50)	۲۰ و ۴۰ و ۸۰ و ۱۲۰ (میکروگرم/ میلی‌لیتر)	اتیل استات، ان-هگزان، متانول	<i>Padina pavonica, Col- pomenia sinuosa, Cys- toseira myrica</i>
(۴۵)	در کل عصاره‌های آبی فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری داشتند و در این میان عصاره آبی جلبک <i>Cystoseira myrica</i> با IC50 به میزان ۷۷۸ بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی را نسبت به جلبک‌های دیگر دارد بالاترین مقدار فنل را جلبک سبز <i>Enteromorpha</i>	FRAP (اسید تانیک (TAE) در هر گرم نمونه)	۱۰-۱۰۰۰ (میکروگرم/ میلی‌لیتر)	متانول، استون	<i>Hypnea hamulosa, Gracilaria corticate, En- teromorpha intestinalis</i>
(۳۷)	بالاترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی جلبک <i>Cystoseira myrica</i> با IC50 به میزان ۷۷۸ بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی را نسبت به جلبک‌های دیگر دارد بالاترین مقدار فنل را جلبک سبز <i>Enteromorpha</i>	DPPH (IC50)	۱۰۰ (میلی‌گرم/ میلی‌لیتر)	دی‌کلرومتان، متانول، اتیل استات، آب	<i>Hypnea flagelli- formis, Cystoseira myrica, Sargassum boveanum</i>
(۴۴)	بالاترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی جلبک <i>Gracilaria corticata</i> بود. بالاترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی با IC50 به میزان ۰/۵۴ مربوط به جلبک <i>Gracilaria</i> <i>corticata</i> بود	TPC (میلی‌گرم اسید گالیک در گرم عصاره)	۱ (میلی‌گرم/ میلی‌لیتر)	اتانول	<i>Cystoseira myrica, En- teromorpha intestinalis, Gracilaria corticata</i>
(۱۷)	بالاترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی به میزان ۸۸/۵ در عصاره استونی جلبک <i>Lyengaria</i> <i>stellat</i> مشاهده شد جلبک <i>Ulva clathrate</i>	DPPH (درصد)	۱ و ۳ و ۹ و ۲۷ و ۸۱ و ۲۴۳ (میکروگرم/ میلی‌لیتر)	متانول	<i>Gracilaria Salicornia, Gracilaria corticat</i>
(۵۰)	فعالیت آنتی‌اکسیدانی نسبتاً بالایی با IC50 به میزان ۰/۸۸ از خود نشان داد عصاره متانولی جلبک <i>Stoechospermum</i> <i>marginatum</i> با IC50 به میزان ۰/۰۰۱۲ دارای بیشترین اثر آنتی‌اکسیدانی است بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی مربوط به عصاره اتیل استات جلبک <i>Nannochloropsis</i> <i>oculata</i> به میزان ۷۲/۹۵ بود	DPPH (درصد)	۰/۵ و ۱ و ۰/۲۵ و ۰/۵ و ۱ و (میلی‌گرم/ میلی‌لیتر)	استون، متانول، اتانول	<i>Lyengaria stellata, Padina boergesenii</i>
(۱۹)	فعالیت آنتی‌اکسیدانی نسبتاً بالایی با IC50 به میزان ۰/۸۸ از خود نشان داد عصاره متانولی جلبک <i>Stoechospermum</i> <i>marginatum</i> با IC50 به میزان ۰/۰۰۱۲ دارای بیشترین اثر آنتی‌اکسیدانی است بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی مربوط به عصاره اتیل استات جلبک <i>Nannochloropsis</i> <i>oculata</i> به میزان ۷۲/۹۵ بود	DPPH (IC50)	۱ و ۰/۵ و ۱ (میلی‌گرم/ میلی‌لیتر)	متانول (٪۸۰)	<i>Ulva clathrate, Ulva linza, Ulva flexuosa, Ulva intes- tinalis</i>
(۷۳)	فعالیت آنتی‌اکسیدانی نسبتاً بالایی با IC50 به میزان ۰/۸۸ از خود نشان داد عصاره متانولی جلبک <i>Stoechospermum</i> <i>marginatum</i> با IC50 به میزان ۰/۰۰۱۲ دارای بیشترین اثر آنتی‌اکسیدانی است بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی مربوط به عصاره اتیل استات جلبک <i>Nannochloropsis</i> <i>oculata</i> به میزان ۷۲/۹۵ بود	DPPH (IC50)	۰/۱۰۰۰۰۵ (میلی‌گرم/ میلی‌لیتر)	متانول، کلروفرم، اتانول، ان- هگزان	<i>Stoechospermum mar- ginatum</i>
(۴۷)	فعالیت آنتی‌اکسیدانی نسبتاً بالایی با IC50 به میزان ۰/۸۸ از خود نشان داد عصاره متانولی جلبک <i>Stoechospermum</i> <i>marginatum</i> با IC50 به میزان ۰/۰۰۱۲ دارای بیشترین اثر آنتی‌اکسیدانی است بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی مربوط به عصاره اتیل استات جلبک <i>Nannochloropsis</i> <i>oculata</i> به میزان ۷۲/۹۵ بود	FIC (درصد)	۸۰۰ (میکروگرم/ میلی‌لیتر)	اتیل استات، متانول	<i>Gracilaria gracilis, Nan- nochloropsis oculata</i>
(۵۳)	فعالیت آنتی‌اکسیدانی نسبتاً بالایی با IC50 به میزان ۰/۸۸ از خود نشان داد عصاره متانولی جلبک <i>Stoechospermum</i> <i>marginatum</i> با IC50 به میزان ۰/۰۰۱۲ دارای بیشترین اثر آنتی‌اکسیدانی است بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی مربوط به عصاره اتیل استات جلبک <i>Nannochloropsis</i> <i>oculata</i> به میزان ۷۲/۹۵ بود	TPC (گرم گالیک اسید / کیلوگرم)	۲۰۰ (میلی‌گرم/ میلی‌لیتر)	متانول، ان- هگزان، ان- بوتانول	<i>Padina distromatic, Sar- gassum angustifolium</i>
(۷۰)	فعالیت آنتی‌اکسیدانی نسبتاً بالایی با IC50 به میزان ۰/۸۸ از خود نشان داد عصاره متانولی جلبک <i>Stoechospermum</i> <i>marginatum</i> با IC50 به میزان ۰/۰۰۱۲ دارای بیشترین اثر آنتی‌اکسیدانی است بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی مربوط به عصاره اتیل استات جلبک <i>Nannochloropsis</i> <i>oculata</i> به میزان ۷۲/۹۵ بود	TAC (میلی‌گرم آسکوربیک اسید/ گرم عصاره)	۲۰-۲۰۰ (میلی‌گرم/ میلی‌لیتر)	آب	<i>Sargassum vulgare</i>
(۵۵)	فعالیت آنتی‌اکسیدانی نسبتاً بالایی با IC50 به میزان ۰/۸۸ از خود نشان داد عصاره متانولی جلبک <i>Stoechospermum</i> <i>marginatum</i> با IC50 به میزان ۰/۰۰۱۲ دارای بیشترین اثر آنتی‌اکسیدانی است بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی مربوط به عصاره اتیل استات جلبک <i>Nannochloropsis</i> <i>oculata</i> به میزان ۷۲/۹۵ بود	DPPH (IC50)	۰/۳ و ۰/۰۶ و ۰/۰۹ و ۰/۱۲ (میلی‌گرم/ میلی‌لیتر)	فوکوئیدان	<i>Sargassum sp, Padina sp</i>

(۷۶)	در غلظت‌های ۷۰ تا ۲ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر از ترکیب‌های مورد استفاده، درصد شلاته‌کنندگی آئینات و فوکوئیدان به ترتیب ۷۸/۱۹ تا ۷۶ و ۷۶/۳ تا ۹/۱۵ به دست آمد و در تمامی غلظت‌ها توانایی شلاته‌کنندگی یون آهن توسط آئینات از فوکوئیدان بالاتر بود.	FIC (درصد)	۱/۵ و ۷۰ و ۲/۰ (میلی‌گرم/ میلی‌لیتر)	آئینات، فوکوئیدان	<i>Sargassum boveanum</i>
(۴۱)	فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره <i>Dictyota indica</i> (در فصل زمستان) به میزان ۹۰ بیشتر از سایر گونه‌ها بود و <i>Iyengaria stellata</i> کمترین فعالیت را نشان داد.	FRAP (میکروگرم اسید اسکوربیک/ گرم وزن خشک عصاره)	۵/۰ (میلی‌گرم/ میلی‌لیتر)	فوکوگزانتین	<i>Dictyota indica, Padina tenuis, Colpomenia sinuosa, Iyengaria stellata</i>
(۵۶)	فراکشن اتیل استاتی ماکروجلیک قهوه‌ای، <i>SP</i> با غلظت ۳ میلی‌گرم در میلی‌لیتر دارای بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی بود و کمترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی مربوط به فراکشن آبی ماکروجلیک قهوه‌ای <i>myrica.P</i> با غلظت ۲۵/۰ میلی‌گرم در میلی‌لیتر بود.	FRAP (میکرومول آهن/ گرم عصاره)	۲۵/۰ و ۱۰ و ۲/۰ (میلی‌گرم/ میلی‌لیتر)	آب-اتانول، اتیل استات	<i>Polycladia myrica, Padina sp</i>

به منظور سنجش فعالیت آنتی‌اکسیدانی جلبک‌های خلیج فارس، مطالعات مختلف از انواع مختلف آزمون‌های آنتی‌اکسیدانی استفاده کرده‌اند که در هر کدام متغیر اندازه‌گیری و ماده مرجع متفاوتی استفاده شده است (جدول ۳).

جدول ۳. انواع آزمون‌های مورد استفاده برای سنجش فعالیت آنتی‌اکسیدانی جلبک‌های خلیج فارس

عنوان آزمون	نام جلبک	هدف آزمون	متغیر اندازه‌گیری	ماده مرجع	منابع
DPPH	<i>Cystoseria trinodis</i>	سنجش فعالیت مهار رادیکال‌های آزاد (رادیکال DPPH)	مهار (%) درصد	اسید آسکوربیک	(۳۹)
FRAP	<i>Gracilariopsis persica</i>	سنجش قدرت احیا کنندگی کلرید آهن III به کلرید آهن I	میزان جذب در ۷۰۰ نانومتر	اسید آسکوربیک	(۴۸)
FIC	<i>Sargassum tenerimum</i>	فعالیت کلاته‌کنندگی یون آهن	درصد کلاته‌کنندگی	EDTA	(۵۱)
RP	<i>Cystoseriaceae myrica</i>	سنجش قدرت کاهشی	میزان جذب در ۷۰۰ نانومتر	بوهیل هیدرواکسی آنیزول	(۸۴)
ABTS	<i>Palisada perforate</i>	سنجش فعالیت مهار رادیکال ABTS	EC50	کوئرستین	(۵۷)
TAC	<i>Fucus trinodis</i>	سنجش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل	میکرو گرم اسیداسکوربیک بر میلی‌گرم عصاره	اسید آسکوربیک	(۴۲)
AOA	<i>Sargassum vulgar</i>	سنجش فعالیت آنتی‌اکسیدانی	میزان جذب در ۴۹۰ نانومتر	کاتچین	(۷۱)
TPC	<i>Gracilaria corticata</i>	سنجش میزان فنل کل	میلی‌گرم اسید تانیک بر گرم پودر جلبک	اسید تانیک	(۴۹)
TFC	<i>Gracilariopsis persica</i>	سنجش میزان فلاونوئید	میزان جذب در ۴۱۵ نانومتر	کوئرستین	(۴۸)
OH	<i>Iyengaria stellata</i>	سنجش توانایی مهار رادیکال آزاد هیدروکسیل	میزان جذب در ۵۲۰ نانومتر	آب مقطر	(۷۹)

خواص ضدتوموری جلبک‌ها

می‌دهد که مواد زیست فعال بدست آمده از این جلبک‌ها اثرات ضدسرطان را از طریق مکانیسم‌های عملکردی چندگانه، از جمله ایجاد توقف در رشد سلول سرطانی و متاستاز و تهاجم و القای مرگ سلولی در سلول‌های سرطانی ایجاد می‌کنند (۶۶). ماکروجلیک قرمز، *گر/سیلاریا کورتی‌کاتا*^{۲۴} یک جلبک فراوان در دریای خلیج فارس است که از خود فعالیت ضد سرطانی در

انجام مطالعات گسترده در حوزه سلولی مولکولی بر سلول‌های سرطانی، یک رویکرد هدفمند در پیشگیری بیوشیمیایی از انواع سرطان‌ها به وجود آورده است که با هدف توقف و یا برگرداندن سلول‌ها به حالت قبل از سرطان از طریق عوامل دارویی دنبال می‌شود (۳۴). نتایج مطالعات روی جلبک‌های خلیج فارس نشان

برابر رده‌های سلولی لوسمیک انسانی نشان داده است (۴۶). جزء ان- هگزانی دو جلبک *سارگاسوم سوارتنزی*^{۲۵} و *سیستوسریا میریکا*^{۳۶} خلیج فارس به ترتیب سلول‌های آپوپتوتیک را در بین رده‌های سلولی Caco2 و T47D افزایش دادند که این موضوع نشان‌دهنده یک مسیر آپوپتوز برای مکانیسم سمیت سلولی عصاره‌ها است و همچنان نیاز به ارزیابی بیشتر برای شفاف‌سازی عصاره‌ها دارد (۶۰). نتایج اثر سیتوتوکسیک عصاره فوکوئیدانی که از جلبک قهوه‌ای *سارگاسوم ایلیسیفولیوم*^{۲۷} استخراج شده است، بر رده سلولی MCF-7 سرطان پستان مثبت بوده و منجر به القای آپوپتوز در این سلول سرطانی شده است (۱۸). نانوذرات بیوستنز شده با عصاره آبی و متانولی نیز می‌توانند سمیت سلولی قابل توجهی علیه رده سلولی MDA-MB-231 سرطان پستان ایجاد کنند (۷۲). مطالعات گوناگونی در حوزه بررسی اثر ضدسرطانی انواع عصاره و ترکیبات جلبک‌های خلیج فارس انجام شده است (جدول ۴). مقادیر IC50 برای جلبک‌های مختلف در خلیج فارس نشان‌دهنده تفاوت قابل توجهی

در اثرات ضدتوموری آن‌ها است. به‌عنوان مثال، جلبک *پادینا آسترالیس*^{۲۸} در عصاره ان- هگزانی کمترین مقدار IC50 (۲/۰ میکروگرم/ میلی‌لیتر) را در رده سلولی HeLa نشان داد، که نشان‌دهنده قوی‌ترین اثر ضد توموری در بین جلبک‌های مورد بررسی بوده است. جلبک‌های *سیستوسریا ایندیکا*^{۳۹} و *سارگاسوم بووانوم*^{۳۰} در رده‌های سلولی مانند HCT116 و SW742 مقادیر IC50 قابل توجهی داشتند که نشان‌دهنده پتانسیل بالای این گونه از جلبک‌های خلیج فارس برای توسعه به عنوان عوامل ضدتوموری است. همچنین نانوذرات نقره بیوستنز شده با عصاره آبی جلبک *اسپیروژایر*^{۳۱} با IC50 (۴۴/۵ میکروگرم/ میلی‌لیتر) در رده سلولی MDA-MB-231، نشان‌دهنده اثر ضدتوموری قابل توجه این گونه جلبکی موجود در خلیج فارس بود. حلال‌های هگزان، اتیل استات، و دی‌کلرومتان به‌طور کلی در استخراج ترکیبات زیستی فعال با فعالیت ضدتوموری، موفق‌تر از حلال‌های آبی بوده‌اند و حلال متانول نیز بسته به رده سلولی و نوع جلبک، نتایج متغیری ارائه داده است.

²⁹ *Cystoseira indica*³⁰ *Sargassum boveanum*³¹ *Spirogyra sp*²⁵ *Sargassum swartzii*²⁶ *Cystoseira myrica*²⁷ *Sargassum ilicifolium*²⁸ *Padina australis*

جدول ۴. بررسی اثر ضدتوموری جلبک‌های خلیج فارس در مطالعات مختلف				
نام علمی جلبک	رده سلولی	عامل استخراج	IC50 (میکروگرم/ میلی‌لیتر)	منابع
<i>Cystoseira indica</i>	HTC116	n-هگزان اتیل استات متانول کلروفرم آب	۶۹۱۱۰ ۵۸۵۵۰ ۳۰۰۰۰ ۵۰۱۱۰ ۶۶۶۷۰	(۳۴)
	HT-29	متانول کلروفرم اتیل استات n-هگزان	۲۷۱۷۰ ۴۱۱۱۰ ۶۹۴۴۰ ۷۷۹۰۰	(۶۶)
	MCF-7	متانول کلروفرم اتیل استات n-هگزان	۳۹۶۷۰ ۵۰۶۶۰ ۶۰۱۱۰ ۸۱۲۹۰	
	SW742 HCT116	اتانول اتانول	۱۵۱/۶۰ ۹۸/۱۰۰	
<i>Sargassum glaucescens</i>	Jurkat molt-4	آب آب	۹۳۳۶۰ ۹۷۲۶۰	(۴۶)
	K562 Daudi	آب آب	۴۰۰ ۵۰۰	(۶۶)
	HeLa	ان-هگزان دی کلرومتان بوتانول آب	۲/۰ ۲۰ ۱۹/۷ ۱۸۲/۷	(۸۷)
	Hela	هگزان دی کلرومتان بوتانول	۱۳۴/۷ ۶۲/۵۱۴۶ -	(۶۱)
<i>Sargassum angustifolium</i>	MCF-7	هگزان دی کلرومتان بوتانول	۷۱/۲۶۶ ۳۶/۱۷۷۳ ۲۵/۲۷۴۶	
	HeLa	ترکیب ۱ ترکیب ۲ ترکیب ۳ ترکیب ۴ ترکیب ۵	۱۲/۲ ۲۵/۸ ۱۴/۹ ۹/۸ ۵/۶	
	HT-29	متانول مطلق متانول (۷۰ درصد) هگزان کلروفرم اتیل استات	>۱۰۰۰ >۱۰۰۰ ۲۱۱/۵۴ ۴۴۶ >۱۰۰۰	
<i>Sargassum swartzii</i>	Caco-2	متانول مطلق متانول (۷۰ درصد) هگزان کلروفرم اتیل استات	>۱۰۰۰ >۱۰۰۰ ۹۹/۹ ۵۳۰/۶۴ ۱۸	(۶۰)
	T47D	متانول مطلق متانول (۷۰ درصد) هگزان کلروفرم اتیل استات	۲۰۵/۲ ۸۵۳/۸۹ >۱۰۰۰ >۱۰۰۰ ۹۷۰/۹۵	(۶۰)
	HT-29	متانول مطلق متانول (۷۰ درصد) هگزان کلروفرم اتیل استات	>۱۰۰۰ >۱۰۰۰ ۳۲۸/۷ >۱۰۰۰ ۴۷۳	
	Caco-2	متانول مطلق متانول (۷۰ درصد) هگزان کلروفرم اتیل استات	>۱۰۰۰ >۱۰۰۰ ۲۵۴/۹۲ >۱۰۰۰ ۵۴۱/۲	
<i>Cystoseira myrica</i>	T47D	متانول مطلق متانول (۷۰ درصد) هگزان کلروفرم اتیل استات	>۱۰۰۰ >۱۰۰۰ ۳۸۱/۵۹ ۹۹/۹ ۱۶۵/۴۳ ۴۵۳/۵۲	(۶۰)

	>۱۰۰۰ >۱۰۰۰ >۱۰۰۰ ۷۷۱/۹۷ >۱۰۰۰	متانول مطلق متانول (۷۰ درصد) هگزان کلروفرم اتیل استات	HT-29	
(۶۰)	>۱۰۰۰ >۱۰۰۰ ۵۰۱/۶۵ >۱۰۰۰ >۱۰۰۰	متانول مطلق متانول (۷۰ درصد) هگزان کلروفرم اتیل استات	Caco-2	<i>Colpomenia sinuosa</i>
	>۱۰۰۰ >۱۰۰۰ ۴۹۴/۰۳ ۸۷۷/۸ >۱۰۰۰	متانول مطلق متانول (۷۰ درصد) هگزان کلروفرم اتیل استات	T47D	
(۱۷)	۶۸/۲ ۱۲۵/۹ ۱۸۵/۸	متانول متانول متانول	HT-29 HeLa MCF 7	<i>Gracilaria salicornia</i>
(۱۷)	۵۸/۶ ۱۱۷/۴ ۱۲۰/۶	متانول متانول متانول	HT-29 HeLa MCF 7	<i>Gracilaria corticata</i>
(۵۸)	۱۱۷/۴ ۲۹۱/۳۸ ۱۱۴۸/۳ ۲۶۸۶/۱ ۱۲۱/۸۲ ۹۶/۳۳ ۱۴۵/۹۰ ۱۳۲/۶۵ ۱۱۶/۴۵ ۱۲۳/۳۷ ۱۰۹/۸۴ ۲۰۲/۵۳ ۱۷۳/۵۶ ۱۰۶/۸۸ ۲۴۳/۵۶	n-هگزان دی کلرومتان n-بوتانول آب فراکشن A فراکشن B فراکشن C فراکشن D فراکشن E فراکشن F فراکشن G فراکشن H فراکشن I ترکیب ۱ ترکیب ۲	HeLa	<i>Gracilaria corticata</i>
	۱۴۷/۶۵ ۱۹۱/۷۶ >۵۰۰ >۵۰۰	متانول ایل استات کلروفرم هگزان	MDA-MB-231	
(۵۸)	۲۴۰/۶۱ ۲۵۴/۲۹ >۵۰۰ >۵۰۰	متانول اتیل استات کلروفرم هگزان	MCF-7	<i>Picochlorum sp.</i>
	۲۸۳/۰۴ ۳۴۰/۸۶ >۵۰۰ >۵۰۰	متانول اتیل استات کلروفرم هگزان	Hep-G2	
	۴۰۴/۱۳ ۵۱۴/۳۹ >۵۰۰ >۵۰۰	متانول اتیل استات کلروفرم هگزان	A-549	
(۱۸)	۲۵	فوکوئیدان	MCF-7	<i>Sargassum ilicifolium</i>
(۷۲)	۴۴/۵ ۶۲/۹۷	نانوذرات نقره بیوسنتز شده با عصاره آبی نانوذرات نقره بیوسنتز شده با عصاره متانولی	MDA-MB-231	<i>Spirogyra sp.</i>

بحث

جلبک‌های دریایی مدت‌هاست که به‌عنوان منابع مغذی و دارویی مورد استفاده قرار می‌گیرند (۲۸). طبق دانش ما این مطالعه اولین بررسی جامع و نظام‌مند از اثرات آنتی‌اکسیدانی و ضدتوموری جلبک‌های خلیج فارس است. طبق اطلاعات موجود، این مطالعه نخستین بررسی جامع و نظام‌مند از اثرات آنتی‌اکسیدانی و ضدتوموری جلبک‌های خلیج فارس محسوب می‌شود. یک مطالعه وسیع بر روی ده گونه قرمز و قهوه‌ای از جلبک‌های خلیج فارس نشان داد که گونه *سارگاسوم* دارای فعالیت بالای مهار رادیکال ABTS همراه با فعالیت کم در آزمایش قدرت احیای آهن (FRAP) بود (۲۶). این یافته‌ها ممکن است به وابستگی بیشتر گونه‌های *سارگاسوم* به مکانیسم‌های خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد نسبت به مکانیسم‌های احیای فلزات اشاره داشته باشد. همچنین، ممکن است تفاوت‌های مشاهده‌شده در نتایج آزمایش‌های ABTS و FRAP ناشی از ماهیت خاص ترکیبات موجود در این گونه‌ها باشد. بنابراین، برای درک بهتر این موضوع، بررسی دقیق‌تر ماهیت ترکیبات آنتی‌اکسیدانی جلبک‌های خلیج فارس از طریق آزمایش‌های متنوع ضروری به نظر می‌رسد. لازم به ذکر است که انتخاب حلال مناسب به‌دلیل نقش آن در انحلال ترکیبات آنتی‌اکسیدانی با ساختارهای شیمیایی و قطبیت مختلف، می‌تواند بر بازده استخراج و فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های ماکروجلبک‌ها تأثیرگذار باشد (۸۹). در بازیابی پلی‌فنل‌ها، حلال‌های قطبی معمولاً به‌صورت مخلوط‌های آبی همراه با متانول، اتانول، استون یا اتیل استات مورد استفاده قرار می‌گیرند (۹۰). با این حال، در مطالعات گذشته نشان داده شده است که مخلوط‌های متانول-آب (هیدروالکلی) و اتانول همواره در بازیابی مقادیر بالای ترکیبات آنتی‌اکسیدانی موفق‌تر بوده‌اند (۹۱). بنابراین، طبق مطالعات انجام‌شده بر روی گونه‌های مختلف جلبک‌های خلیج فارس، استفاده گسترده از دو حلال متانول-آب (هیدروالکلی) و اتانول برای استخراج ترکیبات گوناگون موجود در جلبک‌ها، در تحقیقات آینده توصیه می‌شود. یافته‌های به‌دست‌آمده از مطالعات مختلف نشان‌دهنده وجود تفاوت در میزان اثر سیتوتوکسیک جلبک‌های خلیج فارس بر سلول‌های سرطانی است (۹۲). بنابراین، با توجه به وجود ترکیبات

ضدتوموری مختلف در جلبک‌های خلیج فارس، تفکیک و خالص‌سازی عصاره‌های جلبک در مطالعات آتی توصیه می‌شود. پیش‌تر، موسوی و همکاران، در یک مطالعه مروری، موجودات دریایی خلیج فارس را از نظر اثر سیتوتوکسیک و ضدباکتریایی بررسی کردند و مؤثرترین عملکرد سیتوتوکسیک را مربوط به عصاره ان- بوتانول جلبک قهوه‌ای *سارگاسوم آنگوستیفولیوم* بر روی رده سلولی Huvec معرفی نمودند. در حالی که مطالعه حاضر، اثر عصاره ان- هگزان جلبک قهوه‌ای *پادینا آسترالیس* را به‌عنوان قوی‌ترین اثر ضد توموری در میان جلبک‌های مورد بررسی نشان می‌دهد (۹۳). همچنین، صادقی و همکاران در یک مطالعه مروری بر روی جلبک‌های قهوه‌ای خلیج فارس به‌عنوان منبع بالقوه داروهای ضدسرطان نشان دادند که گونه جلبک دریایی *سارگاسوم* بیشترین مطالعات را در زمینه خواص ضدسرطانی در خلیج فارس به خود اختصاص داده است. عصاره‌ها و فراکسیون‌های جلبک‌های قهوه‌ای خلیج فارس اثرات سیتوتوکسیک متفاوتی را بر انواع مختلف رده‌های سلول سرطانی نشان داده‌اند (۹۴)، که با نتایج به‌دست‌آمده در مطالعه ما همسو است و بیانگر اهمیت امیدوارکننده و قابل توجه جلبک‌های قهوه‌ای در ساخت داروهای مؤثر ضدسرطان و دسترسی فراوان به این گونه جلبکی در خلیج فارس می‌باشد. با توجه به فعالیت‌های ضدتوموری قابل توجه در جلبک‌های خلیج فارس و یافته‌های این مرور، انجام بررسی‌های بیشتر، از جمله ارزیابی فعالیت ضدسرطانی گونه‌های مختلف جلبک‌های خلیج فارس در داخل بدن نیز توصیه می‌شود. از محدودیت‌های موجود در این مطالعه هنگام تفسیر یافته‌ها، می‌توان به اختلاف قابل توجه در استفاده از آزمون‌های سنجش فعالیت آنتی‌اکسیدانی اشاره کرد که مقایسه نتایج را دشوار می‌سازد. همچنین، با توجه به عدم دسترسی فراوان به برخی گونه‌های جلبک‌های خلیج فارس، تعدادی از مطالعات تنها بر روی جلبک‌های تکراری انجام شده است. وقوع شرایط متفاوت آب و هوایی، نور، دما، شوری، مواد مغذی موجود در آب و تغییرات فصلی، به دلیل تأثیر مستقیم بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ضدتوموری جلبک‌های خلیج فارس، منجر به عدم ثبات در برخی داده‌ها، تعمیم‌پذیری محدود و ناهمگونی در نتایج می‌شود.

نتیجه‌گیری

جلبک‌های خلیج فارس به عنوان گنجینه‌ای ارزشمند در دل طبیعت، حاوی ترکیبات زیست فعال از جمله آنتی اکسیدان‌ها و عوامل ضدتومور هستند. ارزیابی مطالعات در این مرور نظام‌مند، همگی به نوعی نشان‌دهنده خواص سودمند انواع مختلف جلبک‌های خلیج فارس در پیشگیری و مبارزه با سرطان و آسیب‌های وارد شده از طریق استرس اکسیداتیو به سلول‌های انسانی می‌باشند. با توجه به میزان سازگاری و پایداری فوق‌العاده این جلبک‌ها با محیط زیست دریای خلیج فارس، آینده‌ای امیدوارکننده در انتظار ورود این موجودات دریایی به عرصه‌های درمانی در علوم پزشکی و داروسازی است. هرچند نیاز به تحقیقات گسترده‌تر برای

کشف پتانسیل‌های ناشناخته در این جلبک‌ها احساس می‌شود، اما بی‌شک با برداشت هرگامی در مسیر بهره‌گیری از این منابع زیستی گرانها، یک قدم به افق‌های جدید سلامت و درمان پیش روی بشر نزدیک می‌شویم.

سپاس و قدردانی

نویسندگان از کمیته تحقیقات دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی بوشهر به جهت حمایت مادی و معنوی از انجام این مطالعه تشکر و قدردانی می‌نمایند.

تضاد منافع

هیچ گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

References:

1. Sen S, Chakraborty R, Sridhar C, et al. Free radicals, antioxidants, Diseases and phytomedicines: Current status and Future prospect. Intl J Pharm Sci Rev Res 2010; 3(1): 91-100. <https://www.globalresearchonline.net/journalcontents/volume3issue1/Article%20021.pdf>
2. Valko M, Izakovic M, Mazur M, et al. Role of oxygen radicals in DNA damage and cancer incidence. Mol Cell Biochem 2004; 266(1-2): 37-56. [10.1023/b:mcbi.0000049134.69131.89](https://doi.org/10.1023/b:mcbi.0000049134.69131.89)
3. Valko M, Leibfritz D, Moncol J, et al. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. Int J Biochem Cell Biol 2007; 39(1): 44-84. <https://doi.org/10.1016/j.biocel.2006.07.001>
4. Pham-Huy LA, He H, Pham-Huy C. Free radicals, antioxidants in disease and health. Int J Biomed Sci 2008; 4(2): 89-96. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3614697/>
5. Matés JM, Pérez-Gómez C, De Castro IN. Antioxidant enzymes and human diseases. Clin Biochem 1999; 32(8): 595-603. [https://doi.org/10.1016/s0009-9120\(99\)00075-2](https://doi.org/10.1016/s0009-9120(99)00075-2)
6. Noda N, Wakasugi H. Cancer and oxidative stress. Japan Med Assoc J: JMAJ 2001; 44(12): 535-9. <https://www.semanticscholar.org/paper/Cancer-and-Oxidative-Stress-Noda-Wakasugi/7031dea799bf8efec4ec178df897d5233640870f>
7. Lee SK, Mbawambo ZH, Chung H, et al. Evaluation of the antioxidant potential of natural products. Comb Chem High Throughput Screen 1998; 1(1): 35-46. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10499128/>
8. Balakrishnan D, Kandasamy D, Nithyanand P. A review on antioxidant activity of marine organisms. Int J Chem Tech Res 2014; 6(7): 3431-6. [https://sphinxsai.com/2014/ch_vol_6_7/1/\(3431-3436\)%20014.pdf](https://sphinxsai.com/2014/ch_vol_6_7/1/(3431-3436)%20014.pdf)
9. Fahmy NM, El-Din MIG, Salem MM, et al. Enhanced expression of p53 and suppression of PI3K/Akt/mTOR by three red sea algal extracts: insights on their composition by LC-MS-based metabolic profiling and molecular networking. Mar Drugs 2023; 21(7): 404. <https://doi.org/10.3390/md21070404>
10. Kandale A, Meena A, Rao M, et al. Marine algae: an introduction, food value and medicinal uses. J Pharm Res 2011; 4(1): 219-21. https://www.researchgate.net/publication/234002702_Marine_algae_An_Introduction_Food_value_and_Medicinal_uses
11. Balboa EM, Conde E, Moure A, et al. In vitro antioxidant properties of crude extracts and compounds from brown algae. Food chem 2013; 138(2-3): 1764-85. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.11.026>
12. Schwimmer D, Schwimmer M. Algae and medicine. In: Jackson, D.F. (eds) Algae and Man, Louisville, Kentucky: Springer, 1964, 368-412. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4684-1719-7_17
13. Korzeniowska K, Górka B, Lipok J, et al. Algae and their extracts in medical treatment. Algae Biomass: Characteristics and Applications. Towards Algae-based Products 2018; 8: 73-87. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74703-3_7
14. Sohrabipour J, Rabiei R. The checklist of green algae of the Iranian coastal lines of the Persian Gulf and Gulf of Oman. Iran J Bot 2007; 13(2): 146-9. https://ijb.areeo.ac.ir/article_102847.html

15. Sohrabipour J, Rabii R. A list of marine algae of sea-shores of Persian Gulf and Oman Sea in the Hormozgan Province. Iran Jo Bot 1999; 8(1): 131-62. https://ijb.areeo.ac.ir/article_103502.html
16. Namvar F, Baharara J, Mahdi A. Antioxidant and anticancer activities of selected Persian Gulf algae. Indian J Clin Biochem 2014; 29(1): 13-20. <https://doi.org/10.1007/s12291-013-0313-4>
17. Ghannadi A, Shabani L, Yegdaneh A. Cytotoxic, antioxidant and phytochemical analysis of Gracilaria species from Persian Gulf. Adv Biomed Res 2016; 5(1): 139. <https://doi.org/10.4103/2277-9175.187373>
18. Niknejad F, Kordjazi M, Asadi Farsani O, et al. Cytotoxic effects of the fucoidan extracted from Persian Gulf brown algae Sargassum ilicifolium inducing apoptosis in breast cancer cell line. Journal of Fisheries 2022; 75(1):63-73. (Persian) <https://doi.org/10.22059/jfisheries.2021.319262.1231>
19. Farasat M, Khavari-Nejad RA, Nabavi SMB, et al. Antioxidant activity, total phenolics and flavonoid contents of some edible green seaweeds from northern coasts of the Persian Gulf. Iran J pharm res: IJPR 2014; 13(1): 163-70. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3985267/>
20. Saeidnia S, Permeheh P, Nasiri M, et al. Biological activity of two red algae, Gracilaria salicornia and Hypnea flagelliformis from Persian Gulf. Pharmacognosy Res 2009; 1(6): 428-30. <https://www.phcogres.com/article/2009/1/6/nil-16>
21. Niamaimandi N, Bahmyari Z, Sheykhsagha N, et al. Species diversity and biomass of macroalgae in different seasons in the northern part of the Persian Gulf. Region Stud Marine Sci 2017; 15: 26-30. [10.1016/j.rsma.2017.07.001](https://doi.org/10.1016/j.rsma.2017.07.001)
22. Akhani H, Deil U. First Observations On The Flora And Vegetation Of Three Islands In The NW Persian Gulf (Iran). Phytos 2012; 52: 73-99. https://www.zobodat.at/pdf/PHY_52_0073-0099.pdf
23. Mousavi SE, Hatamipour MS, Yegdaneh A. Ultrasound-assisted extraction of alginic acid from Sargassum angustifolium harvested from Persian Gulf shores using response surface methodology. Int J Biol Macromol 2023; 226: 660-9. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.12.070>
24. Khanavi M, Gheidarloo R, Sadati N, et al. Cytotoxicity of fucosterol containing fraction of marine algae against breast and colon carcinoma cell line. Pharmacogn Mag 2012; 8(29): 60-4. <https://doi.org/10.4103/0973-1296.93327>
25. Vahdati SN, Lashkari A, Navasatli SA, et al. Butylated hydroxyl-toluene, 2,4-Di-tert-butylphenol, and phytol of Chlorella sp. protect the PC12 cell line against H2O2-induced neurotoxicity. Biomed Pharmacother 2022; 145: 112415. [10.1016/j.biopha.2021.112415](https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.112415)
26. Pirian K, Moein S, Sohrabipour J, et al. Antidiabetic and antioxidant activities of brown and red macroalgae from the Persian Gulf. J Apply Phycol 2017; 29. <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1152-0>
27. Hosseinzadeh S, Afsharmanesh Sh, Hosseini A. The Comparison of Antioxidant Power of Two Marine Algae Species with the Skin of Oak Fruit (Quercus brantii). World J Fish , Marine Sci 2015; 7(4): 237-42. <https://doi.org/10.5829/idosi.wjfm.2015.7.4.94245>
28. Moein S, Moein M, Ebrahimi N, et al. Extraction and determination of protein content and antioxidant properties of ten algae from Persian Gulf. Int J Aquatic Sci 2015; 6(2): 29-38. https://www.researchgate.net/publication/278020960_Extraction_and_determination_of_protein_content_and_antioxidant_properties_of_ten_algae_from_Persian_Gulf
29. Ebrahimi S, Babaei S, Naseri M, et al. Polyphenols content, antioxidant and antibacterial activities of seaweeds from the Persian gulf. Environment Engin , Manage J (EEMJ) 2021; 20(7): 1203-11. <https://doi.org/10.30638/eemj.2021.112>
30. Safari P, Rezaei M, Shaviklo AR. The optimum conditions for the extraction of antioxidant compounds from the Persian gulf green algae (Chaetomorpha sp.) using response surface methodology. J Food Sci Technol 2014; 52(5): 2974-81. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1355-1>
31. Safari P, Rezaei M, Shaviklo AR, et al. In vitro antioxidative activity and total phenolic content determination of two Persian Gulf seaweed species Chaetomorpha sp and Colpomenia sinuosa. J Marine Sci Technol 2015; 14(1): 64-77. (Persian) <https://doi.org/10.22113/jmst.2015.9724>
32. Safari P, Rezaei M, Shaviklo A, et al. Optimization of microwave and ultrasound-assisted extraction of antioxidant extract from Green marine algae (Chaetomorpha sp) using response surface methodology (RSM). J Fisheries 2015; 68(4): 555-75. (Persian) https://jfisheries.ut.ac.ir/article_57250.html?lang=en
33. Naghdi S, Babakhani A. Ultrasound assisted extraction of antioxidant compounds from four Persian Gulf seaweed. Aquaculture Sciences 2019; 6(2): 29-38. (Persian) https://www.aquaculturesciences.ir/article_77401.html?lang=en
34. Taheri A, Ghaffari M, Houshmandi S, et al. Investigation of the anticancer and antioxidant activity of the brown algae (Cystoseira indica) extract against the colorectal

- cancer cells. *Feyz Med Sci J* 2017; 21(4): 317-25. <https://feyz.kaums.ac.ir/article-1-2904-en.html>
- 35.Sadati N, Khanavi M, Mahrok A, et al. Comparison of antioxidant activity and total phenolic contents of some Persian Gulf marine algae. *J Med Plants* 2011; 10(37): 73-9. https://jmp.ir/browse.php?a_id=235,sid=1,slc_lang=en
- 36.Kokabi M, Yousefzadi M, Feghhi MA, et al. Antioxidant activity of extracts of selected algae from the Persian Gulf, Iran. *J Persian Gulf* 2013; 4(12): 45-50. https://www.researchgate.net/publication/281286090_Antioxidant_Activity_of_Extracts_of_Selected_Algae_from_the_Persian_Gulf_Iran
- 37.Jassbi AR, Mohabati M, Eslami S, et al. Biological activity and chemical constituents of red and brown algae from the Persian Gulf. *Iran J Pharm Res: IJPR* 2013; 12(3): 339. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3813271/>
- 38.Heidari M, Zolgharnine H, Sakhaei N, et al. Comparisons of anti-radical and antibacterial potential among macro algae from northern coasts of the Persian Gulf. *Iran J Fish Sci: IJFS* 2015; 24(2): 53-63. (Persian) https://www.researchgate.net/publication/350957439_Comparisons_of_anti_radical_and_antibacterial_potential_among_macro_algae_from_northern_coasts_of_the_Persian_Gulf
- 39.Taheri A, Ghaffari M, Attaran Fariman G. Study the Antioxiative Properties of the Marine Algae *Cystoseira trinodis* extracts from Chabahar Coastal Water. *J Shahid Sadoughi Univ Med Sci: JSSUMS* 2017;2 5(8): 658-69. (Persian) https://jssu.ssu.ac.ir/browse.php?a_id=4051,sid=1,slc_lang=en
- 40.Heidari M, Zolgharnine H. Antioxidant capacity and phenolic and flavonoid content of macro algae in the northern coasts of the Persian Gulf in Bushehr province. *J Mar Sci Technol* 2015; 14(1): 45-54. (Persian) <https://doi.org/10.22113/jmst.2015.9283>
- 41.Karkhaneh Yousefi M, Seyed Hashtroudi M, Mashinchian Moradi A, et al. Seasonal variation of fucoxanthin content in four species of brown seaweeds from Qeshm Island, Persian Gulf and evaluation of their antibacterial and antioxidant activities. *Iran J Fish Sci* 2020; 19(5): 2394-408. https://jifro.ir/browse.php?a_id=3610,sid=1,slc_lang=en
- 42.Arman M, Pirian K, Khosheghbal F, et al. Evaluation of the content and bioactivity of four macroalgae species from the Persian Gulf. *Feyz Med Sci J* 2020; 24(5): 525-35. https://feyz.kaums.ac.ir/browse.php?a_id=3895,sid=1,slc_lang=en
- 43.Akbari V, Abedi M, Yegdaneh A. Bioassay-guided isolation of glycolipids from the seaweed *Gracilaria corticata*. *Res Pharm Sci* 2020; 15(5): 473-80. <https://doi.org/10.4103/1735-5362.297850>
- 44.Heydari M, Zolgharnein H, Sakhaei N, et al. Antibacterial and antioxidant activities of hydro-alcoholic extracts of some marine algal species from Persian Gulf coastal waters in Booshehr province. *Aquatic Physiology and Biotechnology* 2013; 1(1): 49-62. (Persian) https://japb.guilan.ac.ir/article_554.html?lang=en
- 45.Khezri M, Rezaei M, Rabiey S, et al. Antioxidant and antibacterial activity of three algae from Persian gulf and Caspian sea. *Ecopersia* 2016; 4(2): 1425-35. <https://ecopersia.modares.ac.ir/article-24-10215-fa.html>
- 46.Zandi K, Tajbakhsh S, Nabipour I, et al. In vitro anti-tumor activity of *Gracilaria corticata* (a red alga) against Jurkat and molt-4 human cancer cell lines. *Afr J Biotechnol* 2010; 9(40): 6787-90. <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/92544>
- 47.Ebrahimzadeh MA, Khalili M, Dehpour AA. Antioxidant activity of ethyl acetate and methanolic extracts of two marine algae, *Nannochloropsis oculata* and *Gracilaria gracilis*-an in vitro assay. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences* 2018; 54(01): e17280. <https://www.scielo.br/j/bjps/a/zPnctBTZ4yqFcXF8ynJ6dhh/?format=pdf,lang=en>
- 48.Zarei Jeliani Z, Yusef Zadi M, Sohrabipour J, et al. Antioxidant and antibacterial assay of two red marine macro-alga of Bandar Abbas coastal. *J Marine Sci Technol* 2018; 17(2): 58-69. (Persian) <https://doi.org/10.22113/jmst.2017.43978>
- 49.Garmsiri E RM, Safari P, Babakhani A. Determination of Antioxidant activities of two red algae (*Hypnea hamulosa* and *Gracilaria corticata*) from Persian Gulf. *J Fisheries Sci Technol: JFST* 2017; 6(3): 131-45. (Persian) https://jfst.modares.ac.ir/browse.php?a_id=9764,sid=6,slc_lang=en
- 50.Fu P, Akhoundian M. Evaluation of in vitro Antioxidant Activities and Antibacterial Potentials of Two Brown Algae Extracts; *Lyengaria stellata* and *Padina boergerensis* Inhabiting the Persian Gulf, Iran. *Plant, Algae, and Environment* 2022; 6(1): 776-94. https://scj.sbu.ac.ir/article_102953.html
- 51.Jami F, Taheri A. Antioxidant properties of *Sargassum tenerrimum* brown algae and *Valoniopsis pachynema* green algae from Chabahar coasts. *J Utiliz Cultivat Aquatics* 2023; 12(1): 128-41. (Persian) https://japu.gau.ac.ir/article_6418.html?lang=en
- 52.Permeh P, Gohari A, Saeidnia S, et al. Alpha amylase inhibitory and Antioxidant activity of *Padina*

- boergesenii (Allander and Kraft) from Persian Gulf. *Planta Med* 2013; 79(13): PA31. <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/abstract/10.1055/s-0033-1351935>
53. Shirani Bidabadi K, Safaeian S, Mousavi Nadushan R, et al. Identification of Bioactive Compounds in the Extracts of Brown Algae *Sargassum* (*Sargassum angustifolium*) and *Padina* (*Padina distromatic*) and Evaluation of Antimicrobial, Antioxidant and Enzymatic Properties. *Iran Food Sci Technol Res J* 2023; 19(2): 259-77. (Persian) <https://doi.org/10.22067/ifstrj.2021.73113.1104>
54. Shirani bidabadi K, Safaeian S, Mousavi Nadushan R, et al. Evaluation of different extraction methods (maceration and ultrasound) on antioxidant, anti-Alzheimer's and antimicrobial properties of *Padina distromatic* extract. *Mdrsjrns* 2022; 19(122): 199-209. (Persian) <https://fsct.modares.ac.ir/article-7-56772-en.html>
55. Vardizadeh F, Babaei S, Naseri M, et al. Characterization of fucoidan extracted from brown macroalgae *Padina* sp. and *Sargassum* sp. *Fisheries Sci Technol* 2020; 9(4): 271-84. (Persian) <https://jfst.modares.ac.ir/article-6-49247-en.html>
56. Babaei Mahani Nejad S, yousefzadi M, Soleimani S. Phlorotannins extracted from macroalgae as a new antioxidant source. *Aquatic Physiology and Biotechnology* 2020; 8(1): 69-94. https://japb.guilan.ac.ir/article_4081.html?lang=en
57. Pirian K, Piri K, Moien S, et al. Evaluation of antioxidant and α -amylase inhibitory activity of two species *Sargassum angustifolium* and *Palisada perforata*. *Cellular and Molecular Research (Iran J Biol)* 2018; 31(2): 158-71. https://cell.ijbio.ir/article_1097.html?lang=en
58. Abolhasani MH, Safavi M, Goodarzi MT, et al. Identification and anti-cancer activity in 2D and 3D cell culture evaluation of an Iranian isolated marine microalgae *Picochlorum* sp. RCC486. *Daru* 2018; 26(2): 105-16. <https://doi.org/10.1007/s40199-018-0213-5>
59. Etemadian Y, Shabanpour B, Ramzanpour Z, et al. Nutritional and functional properties of two dried brown seaweeds *Sirophysalis trinodis* and *Polycladia myrica*. *J Aquatic Food Product Technol* 2018; 27(2): 219-35. <https://doi.org/10.1080/10498850.2018.1424281>
60. Khanavi M, Nabavi M, Sadati N, et al. Cytotoxic activity of some marine brown algae against cancer cell lines. *Biol Res* 2010; 43(1): 31-7. <https://pub-med.ncbi.nlm.nih.gov/21157630/>
61. Vaseghi G, Sharifi M, Dana N, et al. Cytotoxicity of *Sargassum angustifolium* partitions against breast and cervical cancer cell lines. *Adv Biomed Res* 2018; 7(1): 43. https://doi.org/10.4103/abr.abr_259_16
62. Hodhodi A, Babakhani A, Rostamzad H. Extraction of brown alga *Sargassum angustifolium* and evaluation of its phlorotannin compounds and antioxidant properties. *Fisheries Sci Technol* 2020; 9(3): 156-69. (Persian) https://jfst.modares.ac.ir/browse.php?a_id=47568,sid=6,slc_lang=en
63. Hodhodi A, Babakhani A, Rostamzad H. Effect of different extraction conditions on phlorotannin content and antioxidant activity of extract from brown algae (*Sargassum angustifolium*). *J Food Process Preserv* 2022; 46(3): e16307. <https://doi.org/10.1111/jfpp.16307>
64. Rastian Z, Mehranian M, Vahabzadeh F, et al. Antioxidant activity of extract from a brown alga, *Sargassum boveanum*. *Afr J Biotechnol* 2007; 6(24). <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/58190>
65. Savaghebi D, Barzegar M, Mozafari MR. Manufacturing of nanoliposomal extract from *Sargassum boveanum* algae and investigating its release behavior and antioxidant activity. *Food sci Nut* 2020; 8(1): 299-310. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1306>
66. Taheri A, Ghaffari M, Bavi Z, et al. Cytotoxic effect of the extract of seaweed *Sargassum glaucescens* against breast (MCF-7) and colorectal (HT-29) cancer cell lines. *Feyz Med Sci J* 2018; 22(3): 292-301. <https://feyz.kaums.ac.ir/article-1-3454-en.html>
67. Zandi K, Ahmadzadeh S, Tajbakhsh S, et al. Anti-cancer activity of *Sargassum oligocystum* water extract against human cancer cell lines. *Eur Rev Med Pharmacol Sci* 2010; 14(8): 669-73. <https://pub-med.ncbi.nlm.nih.gov/20707286/>
68. Noshadi A, Khaledi H, Khodadadi A, et al. The effect of *Sargassum tenerrimum* seaweed extracts on WT1 gene expression in K562 leukemia cancer cell line. *J Oceanography* 2023; 14(54): 112-21. (Persian) http://joc.inio.ac.ir/browse.php?a_id=1740,sid=1,slc_lang=en
69. Movahedinia A, Heydari M, editors. Antioxidant Activity and Total Phenolic Content in Two Alga Species from the Persian Gulf in Bushehr Province; Iran. *Int J Sci Res* 2014; 3(5): 954-8. <https://www.semanticscholar.org/paper/Antioxidant-Activity-and-Total-Phenolic-Content-in-Movahedinia-Heydari/df5962aecf729e2d5ced00828c2d1308563127c8>
70. Ahadifar M, Ojagh SM, Hoseinifar H, et al. Evaluation of antioxidant properties of aqueous extract of brown *Sargassum vulgare* macroalgae collected from qeshm

- coast. J Utiliz Cultivat Aquatics 2021; 10(3): 49-63. (Persian) https://japu.gau.ac.ir/article_5758.html
- 71.Rastian Z, Mehranian M, Vahabzadeh F, et al. Antioxidant activity of brown algae *Sargassum vulgar* and *Sargassum angustifolium*. J Aquatic Food Product Technol 2007; 16(2): 17-26. https://doi.org/10.1300/J030v16n02_03
- 72.Mazraavi F, Moradi F, Aghamaali MR. Evaluation of anti-cancer effect of biosynthetic silver nanoparticles by *Spirogyra* sp. green algae extract on MDA-MB-231 breast cancer cell line. Aquatic Physiology and Biotechnology 2023; 11(3): 69-91. (Persian) <https://www.sid.ir/paper/1168072/en>
- 73.Esmaeili A, Khakpoor M. Biological activities and chemical composition of solvent extracts of *Stoechospermum marginatum* (C. Agardh). Acta Biochimica Polonica 2012; 59(4): 581-5. <https://doi.org/10.18388/abp.2012.2095>
- 74.Akbary P, Ajdari A, Dutta S. Dietary effect of *Artemia urmiana* enriched with a brown macroalgae premix (*Padina australis*, *Sargassum ilicifolium*, and *Stoechospermum marginatum*) on the growth performance, nutritional value, phytochemical, and antioxidant properties of *Litopenaeus vannamei*. Iran J Fish Sci 2024; 23(1): 109-32. https://jifro.areeo.ac.ir/article_130832.html
- 75.Pirian K, Piri K, Sohrabipour J, et al. Evaluation of chemical components and physicochemical properties of two green macroalgae species *Ulva intestinalis* and *Ulva linza* from Persian Gulf. Iranian J Med Aromatic Plants Res 2017; 33(1): 62-72. <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2017.109708>
- 76.Gharekhan Taghar Tapeh R, Kordjazi M, Ahmad Nasrollahi S, et al. Investigation of antioxidant properties and antibacterial activity of alginate and fucoidan extracted from *Sargassum boveanum* algae collected from the Persian Gulf coast. Aquaculture Sciences. 2020; 7(2): 64-76. (Persian) https://www.aquaculturesciences.ir/article_88936.html?lang=en
- 77.Pereira AG, Otero P, Echave J, et al. Xanthophylls from the Sea: Algae as Source of Bioactive Carotenoids. Mar Drugs 2021; 19(4): 188. <https://www.mdpi.com/1660-3397/19/4/188>
- 78.Garmsiri E. Antioxidant Activity and Total Phenolic Contents of Persian Gulf Red Algae, (*Hypnea hamulosa*). J Utilization and Cultivation of Aquatics 2013; 2(3): 37-48. (Persian) https://japu.gau.ac.ir/article_2823_en.html?lang=en
- 79.Mohammadi E, Shabanpour B, Kordjazi M. Evaluation of antioxidant and antibacterial activity of brown seaweed *Iyengaria stellata* collected from Persian Gulf. Aquatic Physiol Biotechnol 2016; 4(3): 43-57. https://japb.guilan.ac.ir/article_2141_en.html
- 80.Babakhani Lashkan A. Optimization of antioxidant compounds extraction from brown algae *Sargassum angustifolium* in heating reflux methods using Taguchi design. J Utiliz Cultivat Aquatics 2016; 5(3): 1-13. (Persian) https://japu.gau.ac.ir/article_3603.html?lang=en
- 81.Veeragurunathan V, Vijay Anand KG, Grace PG, et al. Marine macro algal products. 2022; 126-47. https://www.researchgate.net/publication/364739945_Marine_macro_algal_products
- 82.Taheri A, Moradi S. Antioxidative properties of *Colpomenia sinuosa* Organic extract. J Mazandaran Univ Med Sci 2018; 28(160): 151-5. (Persian) https://jmums.mazums.ac.ir/browse.php?a_id=7568&sid=1&slc_lang=en
- 83.Khosravani AR, Akbarzadeh S, Movahed A, et al. The Anticancer Effects of *Sargassum Boveanum* Hydroalcoholic Extract in Human Colorectal Cancer Cell Lines. Iran S Med J 2022; 25(3): 198-209. (Persian) <https://ismj.bpums.ac.ir/article-1-1624-en.html>
- 84.Heidari M, Movahedinia a, Hosseini S. Assessment of antiradical and antioxidant potentials in two red and brown algae from Persian Gulf in Booshehr province in comparison with leaf of mangrove (*Avicennia marina*). J Environmental Sci Technol 2017; 5(19): 179-89. (Persian) <https://sanad.iau.ir/en/Article/839769?FullText=FullText>
- 85.Pirian K, Jeliani ZZ, Sohrabipour J, et al. Nutritional and Bioactivity Evaluation of common seaweed species from the Persian Gulf. Iran J Sci Technol, Transac A: Sci 2018; 42: 1795-804. <https://doi.org/10.1007/s40995-017-0383-x>
- 86.Kokilam G, Vasuki S, Sajitha N. Biochemical composition, alginic acid yield and antioxidant activity of brown seaweeds from Mandapam region, Gulf of Mannar. J apply pharma Sci 2013; 3(11): 099-104. https://japsonline.com/abstract.php?article_id=1116&sts=2
- 87.Vaseghi G, Zakeri N, Mazlounfard F, et al. Evaluation of the Anti-tuberculosis and Cytotoxic Potential of the Seaweed *Padina australis*: Antituberculosis and cytotoxic potential of the seaweed *Padina australis*. Iran J Pharm Sci 2019; 15(1): 29-38. <https://doi.org/10.22037/ijps.v15.40587>
- 88.Sajjadi SE, Ghobeishavi S, Yegdaneh A. Cytotoxic Sulfquinovosyl Glycerols from the Seaweed *Sargassum Angustifolium* from Persian Gulf. Adv Biomed Res 2024; 13(1): 22. https://doi.org/10.4103/abr.abr_103_23

89. Do QD, Angkawijaya AE, Tran-Nguyen PL, et al. Effect of extraction solvent on total phenol content, total flavonoid content, and antioxidant activity of *Limnophila aromatica*. *J Food and Drug Analysis* 2014; 22(3): 296-302. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2013.11.001>
90. Heffernan N, Smyth TJ, FitzGerald RJ, et al. Antioxidant activity and phenolic content of pressurised liquid and solid-liquid extracts from four Irish origin macroalgae. *Int J Food Sci Technol* 2014; 49(7): 1765-72. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12512>
91. Monteiro M, Santos RA, Iglesias P, et al. Effect of extraction method and solvent system on the phenolic content and antioxidant activity of selected macro- and microalgae extracts. *J Appl Phycol* 2020; 32(1): 349-62. <https://doi.org/10.1007/s10811-019-01927-1>
92. Mashjoor S, Yousefzadi M, Esmaeili MA, et al. Cytotoxicity and antimicrobial activity of marine macroalgae (*Dictyotaceae* and *Ulvaceae*) from the Persian Gulf. *Cytotechnology* 2016; 68(5): 1717-26. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26507649/>
93. Schwimmer D, Schwimmer M. Algae and medicine. In: Jackson, D.F. editors. *Algae and Man*. Louisville, Kentucky: Springer; 1964, 368-41. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4684-1719-7>
94. Sadeghi A, Rajabiyan A, Meygoli Nezhad N, et al. A review on Persian Gulf brown algae as potential source for anticancer drugs. *Algal Res* 2024; 79: 103446. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2024.103446>