بررسی پروفایل فیتوشیمیایی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های آبی، متانولی و اتانولی ماکروجلبک‌های منتخب خلیج فارس

نسرین جلودار ناصری[۱]
معصومه فراست[۲]
مهرنوش تدینی[۳]*

۱. کارشناس ارشد فارغ التحصیل گروه علوم و صنایع غذایی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.
۲. مرکز تحقیقات علوم دارویی دریایی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران.
۳. گروه علوم و صنایع غذایی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

* **نویسنده مسئول مکاتبات**
me.tadayoni@iau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۲/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۱۹

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد است.

چکیده

در آب‌های خلیج‌فارس ماکروجلبک‌های متعددی شناسایی شده‌اند که تعدادی از آن‌ها هم دارای ارزش غذایی بالا بوده و هم در صنایع دارویی و بهداشتی و موارد دیگر کاربرد دارند. در این مطالعه ۵ گونه جلبکی *Colpomenia sinuosa* ,*Padina tetrastromatica* از جلبک‌های قهوه‌ای، *Ulva flexuosa,Ulva compressa* از جلبک‌های سبز و *Champia globulifera* از جلبک‌های قرمز از سواحل شمالی خلیج فارس در استان بوشهر جمع‌آوری و سه نوع عصاره آبی، اتانولی و متانولی آن‌ها مورد ارزیابی آنتی‌اکسیدانی قرار گرفت. سنجش فعالیت آنتی‌اکسیدانی با روش مهار رادیکال DPPH، و با تعیین IC_{50} صورت گرفت. سنجش فنا تام با استفاده از معرف فولین سیوکالتوو با منحنی استاندارد اسید تانیک و فلاونوئید تام با روش کلریمتری و با منحنی استاندارد کوئرستین انجام گرفت. نتایج حاصل از مطالعه نشان داد که گونه‌های مختلف از نظر فعالیت آنتی‌اکسیدانی، مقدار ترکیبات فعلی، فلاونوئید ونیز آنتوسیانین با هم تفاوت معنی‌دار دارند ($p< 0.05$). بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی با کمترین مقدارIC_{50} به میزان ۰/۰۴۰ ± ۰/۳۵۰ میلی‌گرم در میلی‌لیتر و نیز بیشترین مقدار فنل و فلاونوئید نیز در عصاره متانولی جلبک سبز *Ulva flexuosa* مشاهده شد. در میان گونه‌های مورد بررسی بیشترین مقدار آنتوسیانین را جلبک قهوه‌ای *Padina tetrastromatica* نشان داد. بین IC_{50} و فنا تام و نیز بین IC_{50} و فلاونوئید تام همبستگی منفی معنی‌دار و بین میزان فنا و فلاونوئید همبستگی مثبت معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ مشاهده شد. همچنین بین IC_{50} و آنتوسیانین همبستگی منفی معنی‌دار و بین فلاونوئید و آنتوسیانین همبستگی مثبت معنی‌دار وجود داشت.

واژگان کلیدی: ماکروجلبک‌ها، عصاره اتانولی، عصاره متانولی ،آنتی‌اکسیدان، آنتوسیانین

مقدمه

غذا و تغذیه بی‌تردید یکی از مهم‌ترین مباحث دنیای امروز است. صنعت غذا از صنایع بزرگ جهانی بوده و سرعت رشد این صنعت بسیار بیشتر از گذشته شده است به‌طوری‌که پیشرفت‌هایی که در تمام زمینه‌های کشاورزی در جهان صورت گرفته به سطح رشد این صنعت نمی‌رسد. با توجه به اهمیت مواد غذایی در سلامت انسان باید اطمینان یافت که مواد مصرفی غذایی از کیفیت و ایمنی مطلوبی برخوردار باشد (مرتضوی و همکاران، ۱۳۸۹). اکسیداسیون لیپیدها از مهم‌ترین پارامترهای کیفی در مواد غذایی است. تخریب اکسیداتیو لیپید به وخامت کیفیت مواد غذایی کمک می‌کند و خطرات بالقوه‌ای برای سلامتی ایجاد می‌کند و می‌تواند سبب تغییر رنگ، طعم، بافت و ارزش تغذیه‌ای شود (Abeyrathne *et al*., 2021). رادیکال‌های آزاد مانند رادیکال سوپراکسید، رادیکال هیدروکسیل و اکسید نیتریک می‌توانند اتم‌های هیدروژن را از زنجیره اسیدهای چرب مولکول‌های چربی جذب و باعث آغاز اکسایش شوند. یک رویکرد امیدوارکننده برای مقابله با این امر، استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های گیاهی است (Durand *et al*., 2025).

مشتقات رادیکال آزاد اکسیژن و نیتروژن در طول متابولیسم سلولی و تولید انرژی در میتوکندری تولید می‌شوند که سبب آسیب‌های اکسیداتیو به ترکیبات سلولی و تنظیم انتقال سیگنال‌ها و بیان ژن می‌شود. مقادیر بیش از حد اکسیژن فعال شده زیان‌آور است و می‌تواند

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-30]

موجب آسیب‌های سلولی شده و اختلالات متعددی چون سرطان و بیماری‌های عصبی مانند پارکینسون و آلزایمر را به همراه داشته باشد (Chew *et al*.,2008). یک راه مؤثر برای از بین بردن رادیکال‌های آزاد، استفاده از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی است که به عنوان جارو کننده‌های رادیکال آزاد عمل می‌کنند و سبب حفاظت از سلول‌ها در برابر آسیب‌های بیولوژیک رادیکال‌های آزاد می‌شوند (Ozen, 2010). بر اساس منشأ ترکیبات آنتی‌اکسیدانی می‌توان آن‌ها را در دو دسته سنتزی و طبیعی قرار داد که به‌طور وسیعی در صنایع غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. پژوهش‌های انجام شده نشان از آن دارد که برخی آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی دارای آثار فیزیولوژیکی نامطلوب در بدن انسان می‌باشند. آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی به‌طور گسترده در مواد غذایی و گیاهان دارویی توزیع شده‌اند. این آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی، به‌ویژه پلی‌فنل‌ها و کاروتنوئیدها، طیف وسیعی از اثرات بیولوژیکی، از جمله ضدالتهاب، ضد پیری، ضد تصلب شرایین و ضد سرطان را از خود نشان می‌دهند (Xu *et al*., 2017).

با توجه به اثرات نامطلوب آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی، در دهه‌های اخیر تمایل به استفاده از مواد طبیعی به جای مواد شیمیایی و سنتتیک افزایش یافته است. چون مواد سنتتیک و محصولات آن‌ها نسبت به مواد طبیعی دارای ترکیبات پیچیده‌تری هستند و به همین دلیل زمان زیادی طول می‌کشد تا آن‌ها چرخه طبیعی خود را طی کرده و به طبیعت بازگردند. بنابراین باعث آلودگی محیط‌زیست خواهند شد. بسیاری از پژوهشگران وجود انواع مختلفی از آنتی‌اکسیدان‌ها را در گونه‌های مختلف گیاهان عالی گزارش کرده‌اند (Yuan and Walsh, 2006). به منظور یافتن ترکیبات زیست فعال جهت ساخت داروهای جدید و مواد خوراکی فراسودمند، بسیاری از منابع دریایی و گیاهان آبزی مورد توجه قرار گرفته است (Souza *et al*., 2011). ترکیبات فنلی یکی از آنتی‌اکسیدان‌های دفاعی در مقابل تنش اکسیداتیو هستند. اجتماع ترکیبات فنلی در بافته‌ای گیاهی برای تثبیت کربن فتوسنتزی و ارتقای مکانیسم‌های دفاعی بسیار مهم است. گروه‌های هیدروکسیل آزاد متصل به حلقه‌ی آروماتیک فنا ها سبب کاهش آسیب‌های اکسیداتیو و محافظت ساختارهای سلولی از تأثیر منفی تنش می‌شوند. این ترکیبات با حذف رادیکال‌های آزاد اکسیژن، باعث افزایش مقاومت گیاهان نسبت به تنش‌ها می‌شوند (Onofrejova *et al*., 2010).

ترکیبات فنلی شامل فلاونوئیدها، فلوروتانن‌ها، اسیدهای فنلی و تانن‌ها می‌باشند که عوامل مهمی در فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاهان و جلبک‌ها هستند. فلوروتانن‌ها سطوح بالایی در جلبک‌های قهوه‌ای نشان می‌دهند. این ترکیبات نقش مهمی در حفاظت از جلبک‌های دریایی در برابر علف خواران دریایی، پاتوژن‌ها و اپی‌فیت‌ها ایفا می‌کنند (Blanc *et al*., 2011). فلوروتانن‌ها فقط در جلبک‌های دریایی دیده می‌شوند و قادرند به‌عنوان عوامل و جارو کننده‌های رادیکال‌های آزاد اکسیژن عمل کرده و مانع پراکسیداسیون لیپیدها شوند. به طورکلی تحقیقات فراوانی اثر آنتی‌اکسیدانی ترکیبات فنلی را نشان داده‌اند (Wang *et al*., 2009; Liu *et al*., 2011). ماکروجلبک‌های دریایی منبع غنی از آنتی‌اکسیدان‌های مختلف همچون فلاونوئیدها و پلی‌فنل‌ها هستند به همین دلیل گزینه‌ای بسیار خوب برای چنین ترکیباتی هستند و به‌عنوان یکی از غنی‌ترین منابع متابولیت‌های زیست فعال مورد بررسی قرار گرفته‌اند (Ismail *et al*., 2023). جلبک‌های دریایی همانند گیاهان زمینی در معرض ترکیبی از نور و اکسیژن‌اند، این امر موجب تشکیل رادیکال‌های آزاد و عوامل اکسیدکننده قوی می‌گردد. عدم ایجاد آسیب اکسیداتیو در اجزای ساختاری این جلبک‌ها (مانند اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه) نشان‌دهنده‌ی پایداری آن‌ها نسبت به اکسیداسیون و داشتن سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی در آن‌هاست. مطالعات پیشین توان آنتی‌اکسیدانی جلبک‌های دریایی خلیج فارس را نشان داده‌اند (گرمسیری و همکاران، ۱۳۹۲؛ سفری و همکاران، ۱۳۹۴؛ طاهری و مرادی، ۱۳۹۷). همچنین توان آنتی‌اکسیدانی جلبک‌های سبزی چون گونه‌های مختلف جنس *Ulva*، *Chaetomorpha*، *Cladophora* و *Caulerpa* نیز پیش از این بررسی شده است (Farasat *et al*., 2014). تحقیقات متعددی نیز اثرات ضد باکتریایی و نیز سیتوتوکسیک عصاره‌های جلبکی را در برابر سلول‌های سرطانی نشان داده‌اند (Shannon andAbu-Ghannam, 2016; Korkmaz, 2025).

در آب‌های خلیج فارس ماکروجلبک‌های متعددی شناسایی شده‌اند که تعدادی از آن‌ها نه‌تنها دارای ارزش غذایی بالا بوده بلکه در صنایع دارویی و بهداشتی و موارد دیگر کاربرد دارند. ایران با وجود داشتن گونه‌های جلبکی متنوع از استفاده از این منابع طبیعی باارزش بی‌بهره مانده است. استخراج مؤثر و ارزیابی صحیح آنتی‌اکسیدان‌ها از مواد غذایی و گیاهان دارویی برای بررسی منابع بالقوه آنتی‌اکسیدان و

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-30]

ارتقای کاربرد آن‌ها در غذاهای فراسودمند، داروها و افزودنی‌های غذایی بسیار مهم است. در این راستا این پژوهش با هدف یافتن ترکیبات آنتی‌اکسیدان طبیعی انجام گردید. در این مطالعه ۵ گونه جلبکی شامل ۲ جلبک قهوه‌ای، ۲ جلبک سبز و یک جلبک قرمز از سواحل شمالی خلیج فارس در استان بوشهر جمع‌آوری و سه نوع عصاره آبی، اتانولی و متانولی آن‌ها مورد ارزیابی آنتی‌اکسیدانی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

نمونه‌های جلبکی از محل‌های هلیله، نیروی هوایی بوشهر و نایبند در استان بوشهر از بهمن ۹۵ تا خرداد ۹۶ در زمان جزر دریا به روش دستی جمع‌آوری شد. نمونه‌ها شامل ۵ گونه جلبک (شامل ۲ جلبک سبز، ۲جلبک قهوه‌ای و ۱ جلبک قرمز) بود. جدول ۱ گونه‌های جلبکی، تاریخ و محل جمع‌آوری را نشان می‌دهد. شکل ۱ نیز گونه‌های مورد بررسی را نشان می‌دهد. گونه *Colpomenia sinuosa* در دو ماه بهمن و اسفند جمع‌آوری شد که با دو کد ۵ برای نمونه بهمن و ۶ برای نمونه اسفند تفکیک شد.

جدول۱: نام علمی گونه‌ها ، زمان و محل جمع‌آوری

کد نمونه	نام علمی	نوع جلبک	محل جمع‌آوری	زمان جمع‌آوری
۱	*Ulva flexuosa*	سبز	نایبند	بهمن
۲	*Ulva compressa*	سبز	نایبند	بهمن
۳	*Champia globulifera*	قرمز	نیروی هوایی-بوشهر	بهمن
۴	*Padina tetrastromatica*	قهوه‌ای	هلیله	خرداد
۵	*Colpomenia sinuosa*	قهوه‌ای	نیروی هوایی-بوشهر	بهمن
۶	*Colpomenia sinuosa*	قهوه‌ای	نیروی هوایی-بوشهر	اسفند

نمونه‌های جمع‌آوری شده بلافاصله با آب دریا شسته شده تا باقی‌مانده موجودات اپی‌فیت، شن و ماسه و نمک از جلبک‌ها جدا شود، سپس با آب شرب شستشو داده شد و در دمای محیط و در سایه با استفاده از کاغذ خشک‌کن به مدت ۳ تا ۴ روز قرار داده شدند، تا خشک شوند. از هر جلبک جمع‌آوری شده تعدادی نمونه جهت شناسایی بر روی شیت هرباریوم فیکس گردید و شناسایی توسط کلیدهای شناسایی معتبر انجام شد. سپس نمونه‌های خشک‌شده را آسیاب نموده و از الک ریز عبور داده تا ذرات شن و ماسه احتمالی از آن‌ها جدا شده و تا زمان انجام آزمایش در کیسه‌های پلاستیکی درب‌دار و در دمای یخچال نگهداری شدند. ۲ گرم از هر نمونه خشک‌شده، به‌دقت وزن شده و در لوله آزمایش قرار داده شد. سپس به آن ۱۰ میلی‌لیتر حلال شامل اتانول ۸۰٪ و متانول ۸۰٪ و آب دو بار تقطیر افزوده شد. سر لوله‌ها با پارافیلم بسته شد و روی خط محلول روی لوله با ماژیک علامت زده شد تا در صورت خروج احتمالی حلال مشخص گردد.

لوله‌ها ۲۰ دقیقه در دستگاه شیکر انکوباتور یخچال‌دار اربیتالی (Axyos, Australia) با ۱۶۰-۱۵۰ دور در دقیقه و پس از آن نیز در دستگاه سانتریفیوژ (Kubota, kN-70, HD8292, Japan) به مدت ۱۵دقیقه با دور ۱۵۰۰ قرار داده شدند. لوله‌هایی که حلالشان کم شده بود دوباره با حلال به حجم ۱۰ میلی‌لیتر رسانده شدند. پس از گذشت زمان ۷۲ ساعت مجدد به مدت ۱۵دقیقه با دور ۱۵۰۰ در دستگاه سانتریفیوژ قرار داده شدند. بعد از آن عصاره‌ها با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره ۱ صاف گردیدند. این عصاره‌ها به‌عنوان استوک در نظر گرفته شد. از هر یک از عصاره‌ها، یک میلی‌لیتر در ظروف شیشه‌ای که با استفاده از ترازوی دقیق دیجیتال با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم (Sartorius AG Gottingen BL210S) توزین و وزن هر یک از عصاره ها ثبت شده بود ریخته و سپس ظروف شیشه‌ای حاوی عصاره را درون آون (Beschickung/Loading–Modell 100-800 Memmerrt Gmbh) در دمای کمتر از۴۰ درجه سانتی‌گراد خشک کرده و همراه با ظرف مجدد توزین شدند. وزن خشک عصاره‌ها با کسر وزن ظرف محاسبه شده و میانگین آن‌ها در آزمایش‌ها مبنای محاسبه قرار گرفته شد. از هر عصاره خشک مقدار مشخصی برداشته و در حلال خود آن عصاره محلول استوک ۱ میلی‌گرم در میلی‌لیتر ساخته شد. به روش

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-30]

رقیق‌سازی سریال، غلظت‌های ۰/۵، ۰/۲۵، ۰/۱۲۵ و ۰/۰۶۲۵ میلی‌گرم در میلی‌لیتر ساخته شده درصد مهار رادیکال DPPH توسط این عصاره‌ها در آزمایشی جداگانه مورد ارزیابی قرار گرفت. کلیه سنجش‌ها و توزین‌ها در ۳ تکرار انجام شد.

تعیین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به روش DPPH

۳/۱۵ میلی‌گرم DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, St.Louis, MO, USA) توزین شده و در بالن ژوژه با ۵۰ میلی‌لیتر متانول به حجم رسانده تا محلول ۰/۱۶ میلی‌مولار حاصل شود. به دلیل تاثیر مخرب نور بر رادیکال پایدار DPPH تهیه محلول در تاریکی انجام گرفت و دور بالن نیز کاملاً با کاغذ آلومینیوم پوشانده شد. ساخت محلول نیز روزانه و به‌صورت تازه انجام گرفت.

ابتدا با استفاده از نرم‌افزار magelan ویژه دستگاه الایزا ریدر تمام اتوماتیک (Sunrise-Elisa Reader, Tecan, Swiss) برنامه و طرح مورد نظر را از قبل برای هر یک از خانه‌های پلیت ۹۶ خانه (Elisa plate FEP-101-296, Jet Biofil) مشخص کرده سپس در هر یک از خانه‌های پلیت ۹۶ خانه با استفاده از میکروسمپلر نمونه‌های تست (عصاره + محلولDPPH) ، بلانک (عصاره + حلال)، کنترل مثبت (رقت‌های اسیداسکوربیک + محلولDPPH) و کنترل منفی یا نمونه بدون عصاره (محلول DPPH + حلال) تهیه گردید.

مطابق با روش (Zhang *et al*., 2007)، ۱۰۰ میکرولیتر از هر عصاره در رقت‌های متنوع ۰/۵، ۰/۲۵، ۰/۱۲۵ و ۰/۰۶۲۵ میلی‌گرم در میلی‌لیتر را در میکرو پلیت ۹۶ خانه ریخته و در خانه‌های مجزا نیز ۱۰۰ میکرولیتر رقت‌های مختلف اسید اسکوربیک به عنوان کنترل مثبت ریخته، به هر یک از آن‌ها ۱۰۰ میکرولیتر محلول DPPH افزوده شد (هر سنجش در ۳ تکرار و در محیط تاریک و دور از نور با کمک پوشش آلومینیوم انجام شد). برای هر رقت عصاره یک بلانک در نظر گرفته شد. همچنین از ۱۰۰ میکرولیتر محلول DPPH و۱۰۰ میکرولیتر حلال به عنوان کنترل منفی استفاده شد. سپس به مدت ۴۵ دقیقه در دمای محیط و در تاریکی و دور از نور قرار داده و در نهایت جذب محلول‌ها در طول‌موج ۵۱۷ نانومتر ثبت گردید. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید:

$$\% \text{ Inhibition} = (A_{cotrol} - (A_{sample} - A_{blank}) / A_{control}) \times 100$$

$A_{control}$= جذب کنترل منفی، A_{sample}=جذب نمونه تست، A_{blank}= جذب نمونه بلانک

برای محاسبه IC_{50} (غلظت مورد نیاز عصاره برای مهار و جارو کردن رادیکال DPPH به میزان ۵۰٪) ، درصد مهار رادیکال DPPH برای رقت‌های مختلف عصاره‌ها محاسبه و سپس با به دست آوردن معادله خط با آنالیز رگرسیون خطی غلظت عصاره در برابر درصد مهار، IC_{50} محاسبه گردید. با همین روش IC_{50} اسید به‌عنوان کنترل مثبت محاسبه و مقدار ۲۵/۶۳۶ میکروگرم در میلی‌لیتر(۰/۰۲۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) به دست آمد.

سنجش میزان فنا تام عصاره‌ها

سنجش فنا تام عصاره‌ها با استفاده از معرف فولین سیوکالتو (Merck ,Darmstadt, Germany) و به روش Antolovich *et al*. (2002) صورت گرفت. بدین ترتیب که ۲۰۰ میکرو لیتر از هر غلظت عصاره با ۱۰۰۰ میکرولیتر محلول ۱:۱۰ فولین سیوکالتو مخلوط شد. سپس ۸۰۰ میکرولیترکربنات سدیم ۷/۵٪ (Na_2CO_3) به آن افزوده شد. سر لوله‌ها با پارافیلم پوشانده شد و مخلوط به مدت ۱ ساعت در دمای آزمایشگاه رها شد. سپس جذب نمونه‌ها با اسپکتروفتومتر (T90+ UV/ VIS Spectrometer PG Instruments Ltd.) در طول موج ۷۶۵ نانومتر خوانده شد و با استفاده از معادله خط منحنی استاندارد اسید تانیک، میزان فنا عصاره‌ها بر اساس معادل میلی‌گرم اسید تانیک در گرم عصاره خشک گزارش شد.

سنجش میزان فلاونوئید

مقدار فلاونوئید کل عصاره‌ها بر اساس روش کلریمتریک و مطابق با روش Chang *et al*. (2002) انجام شد. در پلیت ۹۶ خانه، ۲۰ میکرو لیتر از هر غلظت عصاره با ۲۰ میکرو لیتر آلومینیوم کلراید ۱۰٪ ($AlCl_3,6H_2O$) و ۲۰ میکرولیتر استات پتاسیم ۱ مولار (CH_3COOK) مخلوط شد. پس از گذشت چند دقیقه۱۸۰ میکرولیتر آب به آن اضافه شد و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای آزمایشگاه قرار گرفت. سپس جذب در طول موج ۴۱۵ نانومتر توسط الایزاریدر تمام اتوماتیک خوانده شد و با استفاده از معادله خط منحنی استاندارد کوئرستین میزان فلاونوئید

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-30]

عصاره‌ها بر اساس معادل میلی‌گرم کوئرستین در گرم عصاره خشک محاسبه گردید. طرح آزمایش در پلیت‌های ۹۶ خانه و مشابه با طرح تست DPPH صورت گرفت.

سنجش پیگمان آنتوسیانین

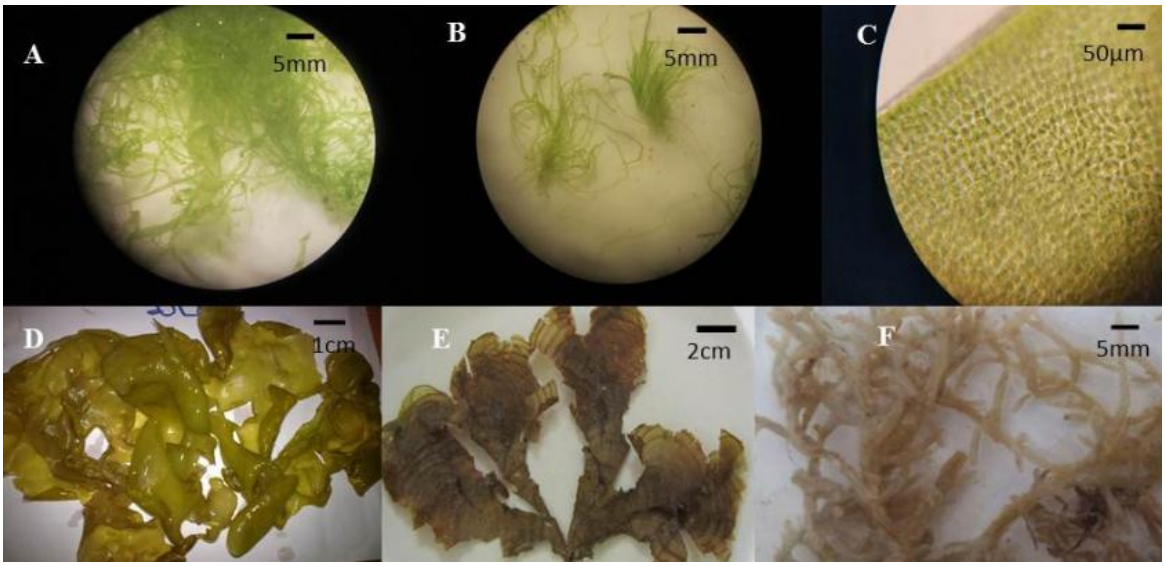
برای سنجش آنتوسیانین نمونه‌ها، ۵۰ میلی‌گرم از نمونه خشک اولیه با ۱۰ میلی‌لیتر محلول متانول اسیدی (۹/۹ میلی‌لیتر متانول+ ۰/۱ میلی‌لیتر اسیدکلریدریک) مخلوط شد. سپس مخلوط در یک هاون چینی کاملاً ساییده و به مدت ۲۴ ساعت در یخچال نگهداری شد. پس از ۲۴ ساعت مخلوط حاصل در دستگاه سانتریفیوژ به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۱۶۰۰ قرار داده شد. سپس فاز رویی برداشته شد و جذب در دستگاه اسپکتروفتومتر در دو طول موج ۵۳۰ و ۶۵۷ نانومتر خوانده شد (Mita, 1997). میزان آنتوسیانین با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید:

$A= A_{530} – (0.25×A_{657})$

A= میزان آنتوسیانین، A_{530} =جذب خوانده شده در طول موج ۵۳۰ نانومتر، A_{657}= جذب خوانده شده در طول موج ۶۵۷ نانومتر

محاسبات آماری

کلیه آزمایش‌ها با استفاده از برنامه آماری SPSS 16 و تجزیه‌وتحلیل نتایج با آنالیز واریانس (ANOVA)، آزمون‌های Post-Hoc و ضریب همبستگی پیرسون انجام شد.



شکل ۱: (A) *Ulva compressa* (B) *Ulva flexuosa* زیر استریومیکروسکوپ (C) ساختار سلولی *Ulva flexuosa*
***Champia globulifera* (F) - *Padina tetrastromatica* (E) *Colpomenia sinuosa* (D)**
اندازه تال و سلول‌ها در شکل توسط Scale bar مشخص شده است.

نتایج

نتایج حاصل از آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که گونه‌های جلبکی مورد بررسی از نظر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند ($p < 0.05$). هرچه میزان IC_{50} کمتر باشد به معنای قدرت آنتی‌اکسیدانی بیشتر است. بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی با کمترین IC_{50} مربوط به عصاره متانولی گونه جلبک سبز *Ulva flexuosa* (۰/۰۴۰ ±۰/۳۵۰ میلی‌گرم در میلی‌لیتر عصاره) و کمترین آن مربوط به عصاره آبی گونه جلبک قهوه‌ای *Colpomenia sinuosa* جمع‌آوری شده در اسفند ماه (۰/۰۵۸ ±۱/۶۹۳میلی‌گرم در میلی‌لیتر عصاره) بود (جدول ۲). به طورکلی عصاره متانولی جلبک‌های سبز مورد آزمایش توان آنتی‌اکسیدانی بالاتری نسبت به عصاره‌های اتانولی و آبی نشان دادند درحالی‌که در جلبک قرمز *Champia globulifera* عصاره اتانولی توان آنتی‌اکسیدانی بالاتر با میزان کمتر IC_{50} نشان داد. این در حالی بود که عصاره آبی جلبک قهوه‌ای *Padina tetrastromatica* توان آنتی‌اکسیدانی بالاتری نسبت به دو حلال دیگر

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-30]

نشـان داد. همچنین عصـاره‌های اتانولی و متانولی دو نمونه بهمن و اسـفند جلبک قهوه‌ای *Colpomenia sinuosa* توان آنتی‌اکسـیدانی بالاتری نسـبت به عصـاره آبی نشـان دادند و در این میان نمونه بهمن در همه حلال‌ها توان آنتی‌اکسـیدانی بالاتری نسـبت به نمونه اسـفند نشان داد (جدول۲).

جدول۲: میانگین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره اتانولی جلبک‌های مورد آزمایش

کد نمونه	نام علمی	IC_{50} (mg mL-1) عصاره آبی	عصاره متانولی	عصاره اتانولی
۱	*Ulva flexuosa*	۰/۶۲۵± ۰/۰۱۸^{a}	۰/۳۵۰± ۰/۰۴۰^{a}	۰/۵۸۸± ۰/۰۴۶^{a}
۲	*Ulva compressa*	۰/۹۱۹ ±۰/۰۱۸ ^{c}	۰/۸۱۱± ۰/۰۰۹^{bc}	۰/۹۲۱± ۰/۰۲۶ ^{b}
۳	*Champia globulifera*	۱/۶۰۷± ۰/۰۶۲ ^{e}	۱/۳۵۵± ۰/۲۰۷ ^{d}	۱/۰۲۱± ۰/۰۹۱ ^{bc}
۴	*Padina tetrastromatica*	۰/۷۵۷± ۰/۰۲۵ ^{b}	۱/۰۰۵± ۰/۰۴۳ ^{cd}	۰/۹۸۷± ۰/۰۵۰ ^{bc}
۵	*Colpomenia sinuosa*	۱/۲۷۲± ۰/۰۳۷^{d}	۰/۵۳۸± ۰/۰۶۰ ^{ab}	۱/۰۳۶± ۰/۰۸۹ ^{bc}
۶	*Colpomenia sinuosa*	۱/۶۹۳± ۰/۰۵۸^{e}	۱/۳۱۸± ۰/۲۱۶^{d}	۱/۲۳۱± ۰/ ۱۲۹^{c}

هر مقدار میانگین ± خطای استاندارد حاصل از ۳ تکرار را نشان می‌دهد. مقادیر هر ستون که دارای حرف غیرمشترک می‌باشند از نظر آماری در سطح ۰/۰۱ با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند.

میزان فنا تام و فلاونوئید

میزان فنا تام و فلاونوئید با اسـتفاده از منحنی‌های اسـتاندارد اسـید تانیک و کوئرسـتین محاسـبه شـد (شـکل۲). نتایج حاصـل از آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که گونه‌های جلبکی مورد بررسی از نظر میزان فنا تام با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند. به‌طورکلی بیشترین میزان فنا تام در عصـاره‌های متانولی هر سـه گروه جلبک‌های سـبز، قهوه‌ای و قرمز ثبت شـد. بیشـترین میزان فنا تام مربوط به عصـاره متانولی جلبک سبز *Ulva flexuosa* (۰/۱۵۳± ۳۴/۵۹۶ معادل میلی‌گرم اسید تانیک در گرم عصاره خشک) و کمترین آن مربوط به عصاره‌های آبی دو نمونه بهمن و اسـفند جلبک قهوه‌ای *Colpomenia* بود (جدول ۳). همان‌طور که مشـاهده می‌شـود جلبک‌هایی که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالایی داشته‌اند از میزان بالایی فنا نیز برخوردار بوده‌اند. نتایج حاصل از آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که گونه‌های جلبکی مورد بررسـی از نظر میزان فلاونوئید تام نیز با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند. در جلبک‌های سـبز بیشـترین میزان فلاونوئید در عصـاره متانولی ثبت شـد در حالی که جلبک‌های قهوه‌ای مورد آزمایش بیشـترین میزان فلاونوئید را در عصـاره اتانولی نشـان دادند. بالاترین میزان فلاونوئید تام در میان گونه‌های مورد آزمایش مربوط به عصـاره متانولی جلبک سـبز *Ulva flexuosa* و کمترین آن در عصـاره آبی نمونه بهمن جلبک قهوه‌ای *Colpomenia sinuosa* مشاهده شد برخلاف جلبک‌های سبز، جلبک قرمز *Champia globulifera* کمترین میزان فلاونوئید را در عصاره متانولی نشان داد (جدول ۴).

میزان آنتوسیانین

بـالاترین مقـدار پیگمـان آنتوسـیـانین بـه ترتیـب در جلبـک قهوه‌ای *Padina tetrastromatica* و جلبـک قرمز *Champia globulifera* با مقادیر۰/۰۴۱± ۶/۰۶۷ و ۰/۰۸۰± ۵/۵۳۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک به دست آمد (شکل۳).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-30]

جدول۳: میانگین میزان فنا کل عصاره اتانولی جلبک‌های مورد آزمایش

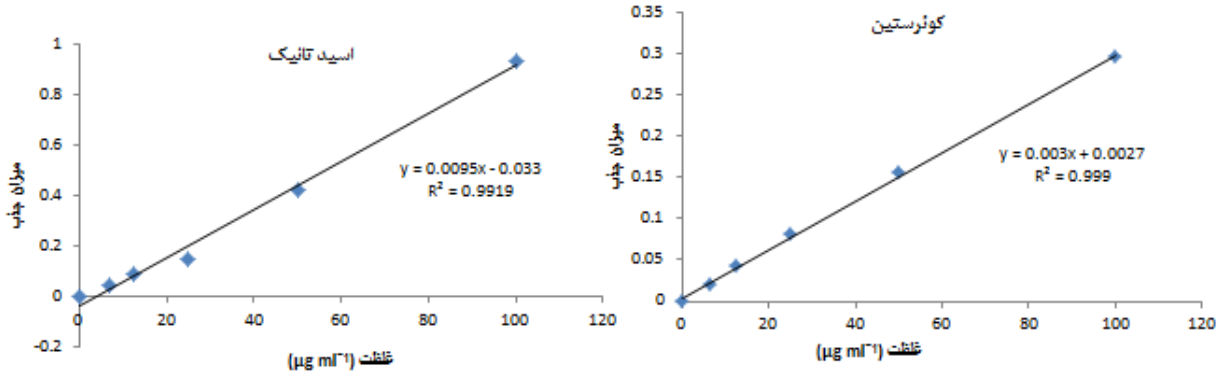
کد نمونه	نام علمی	TPC (mg TAE g-1) عصاره آبی	عصاره متانولی	عصاره اتانولی
۱	*Ulva flexuosa*	۱۳/۲۶۳± ۰/۹۲۰ ^{b}	**۳۴/۵۹۶± ۰/۱۵۳^{a}**	**۱۶/۵۲۶± ۰/۱۲۱^{a}**
۲	*Ulva compressa*	**۱۴/۹۸۲± ۰/۳۷۱^{a}**	۳۰/۷۰۱± ۰/۰۹۳^{ab}	۱۱/۴۷۳± ۰/۱۶۱ ^{b}
۳	*Champia globulifera*	۹/۱۲۳± ۰/۰۹۳ ^{c}	۲۲/۷۳۶± ۰/۴۸۲ ^{bc}	۸/۶۳۱± ۰/۰۶۱ ^{c}
۴	*Padina tetrastromatica*	۱۳/۴۷۳± ۰/۶۸۵ ^{ab}	۱۲/۱۴۰± ۰/۱۸۶^{d}	۸/۹۴۷± ۰/۰۶۱ ^{c}
۵	*Colpomenia sinuosa*	۷/۵۴۴± ۰/۰۹۳^{d}	۲۱/۵۰۸± ۰/۳۶۶ ^{c}	۸/۲۴۶± ۰/۰۹۳^{c}
۶	*Colpomenia sinuosa*	۷/۱۵۸± ۰/۱۲۱^{d}	۲۱/۲۲۸± ۰/۷۶۰^{c}	۸/۲۴۵± ۰/۵۲۴ ^{c}

هر مقدار میانگین ± خطای استاندارد حاصل از ۳ تکرار را نشان می‌دهد. مقادیر هر ستون که دارای حرف غیرمشترک هستند، از نظر آماری در سطح ۰/۰۱ با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند.

جدول۴: میانگین میزان فلاونوئید عصاره اتانولی جلبک‌های مورد آزمایش

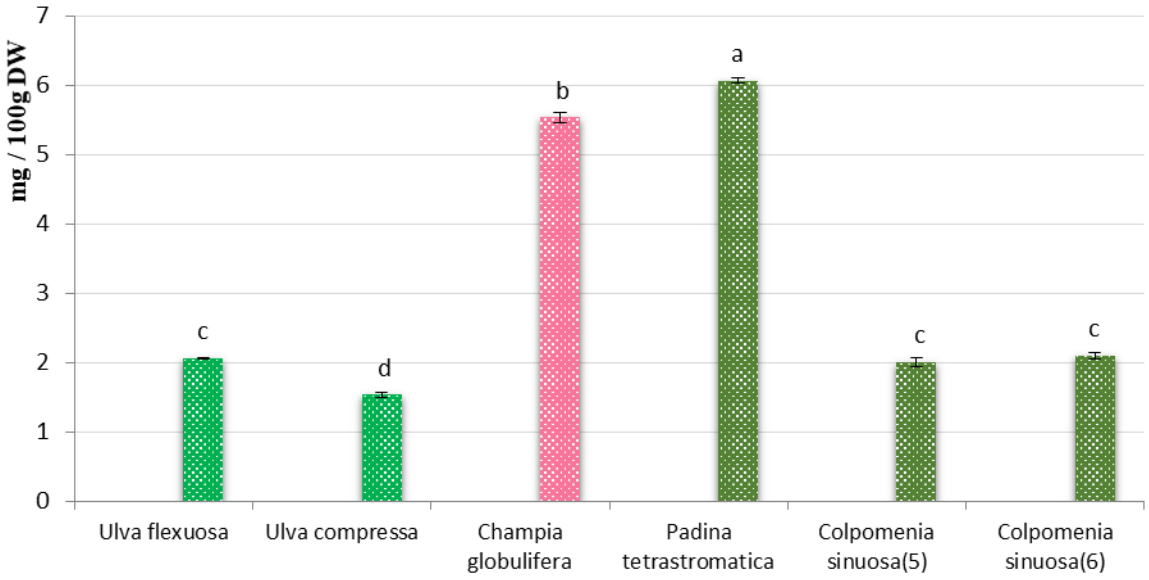
کد نمونه	نام علمی	FC (mg QE g-1) عصاره آبی	عصاره متانولی	عصاره اتانولی
۱	*Ulva flexuosa*	۲۶/۲۱۱± ۰/۴۸۴ ^{b}	**۵۴/۱۰۰± ۱/۰۷۱^{a}**	**۴۰/۵۴۴± ۰/۷۷۸^{a}**
۲	*Ulva compressa*	**۲۸/۴۳۳± ۰/۶۹۴^{a}**	۳۵/۴۳۳± ۰/۷۷۰ ^{b}	۲۸/۵۴۶± ۰/۷۷۵ ^{c}
۳	*Champia globulifera*	۲۴/۳۲۲± ۰/۴۰۱ ^{c}	۱۶/۵۴۴± ۰/۴۸۴^{e}	۲۱/۸۷۷± ۰/۵۸۸^{e}
۴	*Padina tetrastromatica*	۲۴/۴۳۳± ۰/۵۰۹ ^{c}	۲۲/۲۱۱± ۰/۴۰۱ ^{c}	۳۶/۵۴۰± ۰/۶۷۶ ^{b}
۵	*Colpomenia sinuosa*	۱۵/۳۲۲± ۰/۶۱۹^{e}	۲۲/۴۳۳± ۰/۶۹۴ ^{c}	۲۸/۲۱۱± ۰/۹۰۹ ^{c}
۶	*Colpomenia sinuosa*	۲۲/۵۴۲± ۰/۴۸۴^{d}	۱۹/۶۵۵± ۰/۷۲۹^{d}	۲۵/۱۰۰± ۰/۶۹۴^{d}

هر مقدار میانگین ± خطای استاندارد حاصل از ۳ تکرار را نشان می‌دهد. مقادیر هر ستون که دارای حرف غیرمشترک هستند، از نظر آماری در سطح ۰/۰۱ با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند.



شکل ۲: منحنی‌های استاندارد اسیدتانیک و کوئرستین

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-30]



شکل ۳: میزان آنتوسیانین جلبک‌های مورد آزمایش

همبستگی بین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، فنا، فلاونوئید و آنتوسیانین نمونه‌ها

نتایج حاصل از ضریب همبستگی پیرسون نشان داد که همبستگی قوی منفی و معنی‌داری بین میزان ترکیبات فنلی با IC_{50} و نیز بین میزان فلاونوئید و IC_{50} و همچنین بین آنتوسیانین و IC_{50} وجود دارد. علاوه بر این همبستگی قوی و مثبتی بین ترکیبات فنلی و فلاونوئید و نیز بین میزان ترکیبات فلاونوئیدی و پیگمان آنتوسیانین دیده می‌شود (جدول ۵).

جدول ۵: ضریب همبستگی پیرسون بین متغیرهای IC_{50}، فنا، فلاونوئید و آنتوسانین

متغیر	فنا	فلاونوئید	آنتوسیانین
IC_{50}	**-۰/۴۳۲	**-۰/۵۷۸	**-۰/۴۳۸
فنا	–	**۰/۴۵۶	۰/۲۲۸
فلاونوئید	–	–	**۰/۴۴۰

** معنی‌دار در سطح ۰/۰۱

بحث و نتیجه‌گیری

جلبک‌های دریایی بویژه جلبک‌های نواحی ساحلی در شرایطی زندگی می‌کنند که در طول روز در معرض انواع تنش‌ها هستند که این موضوع به دلیل جزر و مد و نوسانات مداوم در محیط زندگی این ارگانیسم‌هاست. ازآنجاکه دائما در این شرایط نوسانی زیست می‌کنند معمولا سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی قوی‌تری نسبت به گیاهان زمینی دارند. تحقیقات بسیاری توان آنتی‌اکسیدانی جلبک‌های دریایی را نشان داده‌اند (Cox *et al.*, 2010; Airanthi *et al.*, 2011; Barakat *et al.*, 2022).

برای بررسی ظرفیت و توان آنتی‌اکسیدانی از روش مهار رادیکال پایدار DPPH استفاده شد. DPPH ترکیبی است با رادیکال آزاد نیتروژن که قادر است توسط یک جارو کننده رادیکال آزاد تخریب گردد بنابراین از آن می‌توان برای بررسی ترکیبات آنتی‌اکسیدان استفاده کرد (Mariod *et al.*, 2009). نتایج این مطالعه نشان داد که تمامی جلبک‌های مورد بررسی دارای توان آنتی‌اکسیدانی بوده‌اند ولی به طورکلی جلبک‌های سبز ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری نسبت به دو گروه دیگر نشان دادند. در این میان گونه *Ulva flexuosa* بهترین

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-30]

فعالیت آنتی‌اکسیدانی را با کمترین IC_{50} نشان داد که نزدیک‌ترین فاصله را با اسید اسکوربیک به‌عنوان کنترل مثبت (IC_{50}= ۰/ ۰۲۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) نشان داد. مطالعات متعددی خواص آنتی‌اکسیدانی جلبک‌های سبز را نشان داده‌اند (Coasta *et al*., 2010; Wang *et al*., 2011; Farasat *et al*., 2014). نشان داده شده که گونه‌های مختلف استراتژی‌های دفاعی متفاوتی از خود نشان می‌دهند (Nikolić *et al*., 2025). علت بالاتر بودن ظرفیت آنتی‌اکسیدانی جلبک‌های سبز در این تحقیق می‌تواند به این دلیل باشد که این گروه از جلبک‌های دریایی معمولا در نقاط بالای جزر و مدی زندگی می‌کنند و بیشتر از سایر گروه‌ها که در اعماق پایین‌تر آب هستند در معرض پرتو فرابنفش قرار می‌گیرند که به‌عنوان عامل تنش‌زا سبب تولید ترکیبات دفاعی و فعال شدن دفاع آنتی‌اکسیدان می‌گردد. تحقیقات نشان داده‌اند که جلبک‌ها در برابر عوامل تنش‌زای محیطی ترکیبات دفاعی و محافظ تولید می‌کنند که این ترکیبات خاصیت آنتی‌اکسیدانی دارند. محتوا و میزان ترکیبات فعال زیستی تولید شده به گونه جلبک و عوامل محیطی و جغرافیایی وابسته است لذا توان آنتی‌اکسیدانی متفاوتی در گونه‌های مورد بررسی مشاهده می‌شود (Farasat *et al*., 2023; Coelho *et al*., 2023).

در مطالعه حاضر اثر حلال بر توان آنتی‌اکسیدانی، میزان فنا و فلاونوئید عصاره‌ها مشهود و معنی‌دار بود به‌طوری‌که در سه گروه جلبکی مورد بررسی توان آنتی‌اکسیدانی متفاوتی در حلال‌های مختلف مشاهده شد. بهترین توان آنتی‌اکسیدانی دو جلبک سبز در حلال متانول ثبت شد ولی برای جلبک قرمز *Champia globulifera* حلال اتانول نتایج بهتری را نشان داد. این تفاوت در مورد دو گونه جلبک قهوه‌ای نیز مشاهده شد. در مطالعه سفری و همکاران (۱۳۹۴) فعالیت آنتی‌اکسیدانی دو گونه جلبک سبز *Chaetomorpha sp*. و جلبک قهوه‌ای *Colpomenia sinuosa* تأثیر حلال‌های مختلف در استخراج ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مورد بررسی قرار گرفت. عصاره‌ها بر اساس روش استخراج غوطه‌وری توسط حلال‌های استون، اتانول ، متانول در ترکیب با آب و آب ۱۰۰٪ استخراج شدند. در این تحقیق نشان داده شد که عصاره‌های استونی قابلیت بیشتری برای استخراج ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و پلی‌فنلی در مقایسه با سایر تیمارها داشته‌اند. همچنین گونه *Chaetomorpha sp*. در مقایسه با گونه *Colpomenia sinuosa* میزان فنا کل، قدرت کاهندگی آهن و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری نشان داد. اما گونه قهوه‌ای فعالیت جذب رادیکال بالاتری داشته است. این محققین استدلال کرده‌اند که تغییر در قطبیت حلال‌های مورد استفاده می‌تواند بر استخراج ترکیبات فنلی و میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره مؤثر باشد و این روند در رابطه با میزان قطبیت بالای ترکیبات فنلی بوده که قابلیت حلالیت این گروه از ترکیبات را در حلال مورد استفاده افزایش داده است. در پژوهش دیگری فعالیت آنتی‌اکسیدانی جلبک قرمز *Hypnea hamulosa* بررسی و نتایج نشان داد که افزودن مقدار معینی آب به حلال‌های آلی نظیر استون، اتانول و متانول ممکن است میزان استخراج فنا کل را نسبت به زمانی که از آب یا حلال آلی خالص استفاده می‌شود، بهبود بخشد. نوع حلال مورد استفاده تأثیر معنی‌داری بر مقدار ترکیبات فنلی عصاره‌ها داشت. به طوری‌که بیشترین مقدار ترکیبات فنلی به ترتیب در عصاره‌های استونی، اتانولی و متانولی حاصل و بهترین حلال جهت استخراج ، حلال استون بود (گرمسیری و همکاران، ۱۳۹۲).

در مطالعه حاضر میزان ترکیبات فنلی نمونه‌ها در حلال‌های مختلف متفاوت بود این تفاوت حتی در یک گونه از یک محل ولی در دو زمان متفاوت نیز مشاهده شد (*Colpomenia sinuosa* جمع‌آوری شده در دو ماه بهمن و اسفند از یک مکان). بیشترین میزان ترکیبات فنلی در گونه *Ulva flexuosa* یافت شد که بالاترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را نشان داد. تحقیقات زیادی اثر آنتی‌اکسیدانی ترکیبات فنلی را نشان داده‌اند (Liu *et al.,* 2011**;** Maheswari and Azhagu Saravana Babu, 2022; Marti´c *et al*., 2023) که با تحقیق حاضر هماهنگی دارد.

فلاونوئیدها آنتی‌اکسیدان‌های محلول در آب هستند که مکانیسم‌های متعددی ازجمله جارو کردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن، به عهده دارند (Ling *et al*., 2015; Zhong *et al*., 2020). میزان فلاونوئید نمونه‌های سنجش شده نیز مقادیر متفاوتی را نشان داد ولی بیشترین میزان همانند ترکیبات فنلی در نمونه‌هایی یافت شد که بالاترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را نشان دادند. نتایج حاصله با نتایج تحقیقات پیشین مطابقت نشان می‌دهد. در بسیاری از صنایع غذایی، رنگدانه‌های طبیعی اغلب به عنوان رنگ دهنده‌های غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. رنگ‌ها علاوه بر بهبود جذابیت، مقبولیت و طعم مواد غذایی، به آن‌ها ارزش غذایی نیز می‌دهند. جلبک‌های دریایی به دلیل ترکیبات رنگی طبیعی که دارای خواص حسی و خواص بهبود دهنده سلامت هستند، شناخته شده‌اند (Zhong *et al*., 2020).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-30]

رنگدانه‌ها، مشتقات فنلی، پروتئین‌ها و گلیکوزیدها از جمله رنگ‌های به‌دست‌آمده از جلبک‌های دریایی هستند. نشان داده شده است که چندین ترکیب رنگی جلبک دریایی مانند فوکوگزانتین، زآگزانتین، بتاکاروتن، لوتئین، آنتوسیانین، فلوروتانن‌ها و نیز فیکوبیلی‌پروتئین‌ها اثرات آنتی‌اکسیدانی و ضد دیابتی دارند (Imchen and Singh, 2023).

آنتوسیانین‌ها پیگمان‌های طبیعی زیرمجموعه ای از فلاونوئیدها هستند که پیشتر در جلبک‌های قهوه‌ای در ایرلند گزارش شده‌اند. همچنین در جلبک‌های قرمز دو جنس *Crateloupia* و *Centroceras* یافت شده‌اند (Zhong *et al*., 2020). آبکنار و سارانی یازتپه (۱۴۰۲) در مطالعه خود بر روی میزان آنتوسیانین و توان آنتی‌اکسیدانی سه جلبک شامل یک گونه جلبک سبز (*Ulva lactuca*) دو گونه جلبک قهوه‌ای (*Sargassum illicifolium* , *Nizamuddinia zanardinii*) دریافتند که میزان آنتوسیانین، محتوای فلاونوئیدی و قدرت مهارکنندگی یون آهن در عصاره *S. illicifolium* به شکل معنی‌داری بالاتر از عصاره‌های *U. lactuca* و *N. zanardinii* بوده است. در مطالعه حاضر نیز پیگمان آنتوسیانین در جلبک قهوه‌ای *Padina tetrastromatica* از سایر جلبک‌های مورد مطالعه بالاتر بود که می‌تواند ناشی از اثر گونه و سایر پارامترهای محیطی باشد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که همبستگی منفی و معنی‌داری بین میزان ترکیبات فنلی با IC_{50} ونیز بین میزان فلاونوئید و IC_{50} وجود دارد. همبستگی منفی معنی‌دار هم بین آنتوسیانین و IC_{50} مشاهده شد. در واقع هر چه میزان ترکیبات فنلی و فلاونوئید و آنتوسیانین بیشتر باشد توان آنتی‌اکسیدانی بالاتر است. پژوهش‌ها همبستگی مثبتی بین مقدار فنا و توان آنتی‌اکسیدانی و نیز فنا و فلاونوئید عصاره جلبک‌های دریایی نشان داده‌اند (Liu *et al*., 2011; Horincar *et al*., 2011; Kuljarusnont *et al*., 2024) که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. همبستگی مثبت معنی‌دار بین ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی و بین فلاونوئیدها و آنتوسیانین نیز مشاهده شد که با نتایج مطالعه سفری و همکاران (۱۳۹۴) همخوانی دارد.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله تشکر و قدردانی عمیق خود را از جناب آقای محمود کیان برای جمع‌آوری نمونه‌های جلبکی و مراحل اولیه آماده‌سازی نمونه‌ها ابراز می‌دارند.

منابع

آبکنار، ع.م. سارانی یازتپه، ع.م . ۱۴۰۲. سنجش میزان آنتوسیانین و آنتی‌اکسیدان عصاره سه گونه مهم جلبکی در سواحل شمالی دریای عمان فصلنامه علمی محیطزیست جانوری، سال ۱۵، شماره ۱، بهار.

سفری،پ.، رضایی، م.، شویک‌لو، ا.، گرمسیری، ا.، باباخانی لشکان، ۱۳۹۴. تعیین فعالیت آنتی‌اکسیدانی و میزان فنول کل دو گونه جلبک دریایی خلیج فارس *Chaetomorpha sp* و*Colpomenia sinuosa* در شرایط آزمایشگاهی (In vitro). مجله علوم و فنون دریایی. دوره۱۴، شماره ۱.

طاهری, ع. ، مرادی, س. ۱۳۹۷. بررسی خواص آنتی‌اکسیدانی عصاره آلی جلبک دریایی .*Colpomenia sinousa* مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران, ۲۸(۱۶۰)، ۱۵۱-۱۵۵.

گرمسیری، ا.، رضایی، م.، شویک‌لو، ا.، باباخانی لشکان، آ. ۱۳۹۲. میزان فنول کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی جلبک قرمز(*Hypnea hamulosa*) خلیج فارس. مجله بهره‌برداری و پرورش آبزیان. جلد دوم، شماره سوم.

مرتضوی، س. ع.؛ سیف کردی، ع.ا؛ صادقی، ع.؛ غلامحسین پور، ع.ا. ۱۳۸۹. مقدمه‌ای بر اصول مهندسی صنایع غذایی. مشهد. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

Abeyrathne, E.D.N.S., Nam, K. and Ahn, D.U., 2021. Analytical Methods for Lipid Oxidation and Antioxidant Capacity in Food Systems. Antioxidants (Basel) 10(10), 1587.

Airanthi, M.K.W.A., Hosokawa, M. and Miyashita, K., 2011. Comparative antioxidant activity of edible Japanese brown seaweeds. Journal of Food Science 76(1), C104-C1.

Antolovich, M., Prenzler, P.D., Patsalides, E., Mc Donald, S. and Robards, K., 2002. Methods for testing antioxidant activity. Analyst 127(1), 183-198.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-30]

Barakat, K.M., Ismail, M.M., Abou El Hassayeb, H.E., El Sersy, N.A. and Elshobary, M.E., 2022. Chemical characterization and biological activities of ulvan extracted from Ulva fasciata (Chlorophyta). Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali 33, 829–841.

Blanc, N., Hauchard, D., Audibert, L. and Ar Gall, E., 2011. Radical-scavenging capacity of phenol fractions in the brown seaweed Ascophyllum nodosum. An electrochemical approach. Talanta 84, 513-518.

Chang, C., Yang, M., Wen, H. and Chern, J., 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. J. Food Drug Anal. 10(3), 178-182.

Chew, Y.L., Lim, Y.Y., Omar, M. and Khoo, K.S., 2008. Antioxidant activity of three edible seaweeds from two areas in South East Asia. LWT-Food Science and Technology 41(6), 1067-1072.

Coasta, L.S., Fidelis, G.P., Cordeiro, S.L., Oliveira, R.M., Sabry, D.A. and Câmara, R.B.G., 2010. Biological activities of sulfated polysaccharides from tropical seaweeds. Biomed Pharmacother. 64(1), 21-28.

Coelho, M., Duarte, A.N., Pinto, S., Botelho, H.M., Reis, C.P., Serralheiro, M.L. and Pacheco, R., 2023. Edible Seaweeds Extracts: Characterization and Functional Properties for Health Conditions. Antioxidants 12(3), 684.

Cox, S., Abu-Ghannam, N. and Gupta, S., 2010. An assessment of the antioxidant and antimicrobial activity of six edible Irish seaweeds. Interl Food Res J. 17(1), 205-220.

Durand, E., Laguerre, M., Bourlieu-Lacanal, C., Lecomte, J. and Villeneuve, P., 2025. Navigating the complexity of lipid oxidation and antioxidation: A review of evaluation methods and emerging approaches. Progress in Lipid Research 97, 101317.

Farasat, M., Khavari-Nejad, R.A., Nabavi, S.M.B. and Namjooyan, F., 2014. Antioxidant activity of methanolic extract of green seaweed Caulerpa sertularioides farlowii. Journal of Marine Biology 5(4), 13-20.

Farasat, M., Nabavi, S.M.B., Namjoyan, F., Khavari-Nejad, R.A., Shushizadeh, M.R., Sabet, I. and Kajkolahi, A., 2023. Effect of physicochemical parameters of seawater on antioxidant capacity in green, brown, and red macroalgae from the Persian Gulf. Iranian Journal of Fisheries Sciences 22(2), 423-449.

Horincar, V., Parfene, G. and Bahrim, G., 2011. Evaluation of bioactive compounds in extracts obtained from three Romanian marine algae species. Romani Biotechnol Letter 6, 71-78.

Imchen, T. and Singh, K.S., 2023. Marine algae colorants: Antioxidant, anti-diabetic properties and applications in food industry. Algal Research 69, 102898.

Ismail, M.M., El Zokm, G.M. and Miranda Lopez, J.M., 2023. Nutritional, bioactive compounds content, and antioxidant activity of brown seaweeds from the Red Sea. Front. Nutr. 10, 1210934.

Korkmaz, N., 2025. Extract optimization of Ulva lactuca L. and biological activities of optimized extracts. BMC Biotechnol. 25(1), 21.

Kuljarusnont, S., Iwakami, S., Iwashina, T. and Tungmunnithum, D., 2024. Flavonoids and Other Phenolic Compounds for Physiological Roles, Plant Species Delimitation, and Medical Benefits: A Promising View. Molecules 29(22), 5351.

Ling, A.L.M., Yasir, S., Matanjun, P. and Abu Bakar, M.D., 2015. Effect of different drying techniques on the phytochemical content and antioxidant activity of Kappaphycus alvarezii. J Appl Phycol 27, 1717–1723.

Liu, C.C., Zhao, G.L., Li, Y.N., Ding, Z.P., Liu, Q.G. and Li, J.L., 2011. Contribution of phenolics and flavonoids to antioxidant activity of ethanol extract from Eichhornia crassipes. Adv Mater Res. 156-157, 1372-1377.

Maheswari, V. and Azhagu Saravana Babu, P., 2022. Comprehensive reviews on phenolic compounds from Phaeophyceae as potential therapeutic agent. Journal of Applied Biology & Biotechnology 10(5), 14-21.

Mariod, A.A., Ibrahim, R.M., Ismail, M. and Ismail, N., 2009. Antioxidant activity and phenolic content of phenolic rich fractions obtained from black cumin (Nigella sativa) seedcake. Food Chem. 116, 306-312.

Martić, A., Cižmek, L., Ul'yanovskii, N.V., Paradžik, T., Perkovic, L., Matijević, G., Vujović, T., Baković, M., Babić, S., Kosyakov, D.S. and et al., 2023. Intra-Species Variations of Bioactive Compounds of Two Dictyota Species from the Adriatic Sea: Antioxidant, Antimicrobial, Dermatological, Dietary, and Neuroprotective Potential. Antioxidants 12, 857.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-30]

Mita, S., Murano, N., Akaike, M. and Nakamura, K., 1997. Mutants of Arabidopsis thaliana with Pleiotropic effects on the expression of the gene for beta-amylase and on the accumulation of anthocyanin those are inducible by sugars. Plants J. 11, 841-851.

Nikolić, N.Ć., Drakulović, D., Rakita, S. and et al., 2025. New Insights in Adriatic Seaweed (Ulva spp.): Nutraceutical and Bioactive Potential and Green Extraction Techniques for Pigments, Antioxidants, and Phenolic Compounds. Mar Biotechnol 27.

Onofrejova, L., Vasickova, J.V., Klejdus, B., Stratil, P., Misurcova, L., Kracmar, S., Kopecky, J. and Vacek, J., 2010. Bioactive phenols in algae: The application of pressurized-liquid and solid phase extraction techniques. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis 51, 464–470.

Ozen, T., 2010. Antioxidant activity of wild edible plants in the black sea region of Turkey. Grasas y Aceites 61(1), 86-94.

Shannon, E. and Abu-Ghannam, N., 2016. Antibacterial Derivatives of Marine Algae: An Overview of Pharmacological Mechanisms and Applications. Mar. Drugs 14(4), 81.

Souza, B.W.S., Cerqueira, M.A., Martins, J.T., Quintas, M.A.C., Ferreira, A., Teixeira, A. and et al., 2011. Antioxidant Potential of Two Red Seaweeds from the Brazilian Coasts. J Agr Food Chem. 59, 5589-5594.

Wang, B., Tong, G.Z., Qu, Y.L. and Li, L., 2011. Microwave-assisted extraction and in vitro antioxidant evaluation of polysaccharides from Enteromorpha prolifera. Appl Mech Mater 79(1), 204-209.

Wang, T., Jónsdóttir, R. and Ólafsdóttir, G., 2009. Total phenolic compounds, radical scavenging and metal chelation of extracts from Icelandic seaweeds. Food Chem. 116, 240-248.

Xu, D.P., Li, Y., Meng, X., Zhou, T., Zhou, Y., Zheng, J., Zhang, J.J. and Li, H.B., 2017. Natural Antioxidants in Foods and Medicinal Plants: Extraction, Assessment and Resources. Int J Mol Sci. 18(1), 96.

Yuan, Y.V. and Walsh, N.A., 2006. Antioxidant and antiproliferative activities of extracts from a variety of edible seaweeds. Food and Chemical Toxicology 44(7), 1144-1150.

Zhang, W.W., Duan, X.J., Huang, H.L., Zhang, Y. and Wang, B.G., 2007. Evaluation of 28 marine algae from the Qingdao coast for anti-oxidative capacity and determination of antioxidant efficiency and total phenolic content of fractions and subfractions derived from Symphyocladia latiuscula (Rhodomelaceae). J. Appl. Phycol. 19, 97-108.

Zhong, B., Robinson, N.A., Warner, R.D., Barrow, C.J., Dunshea, F.R. and Suleria, H.A.R., 2020. LC-ESI-QTOF-MS/MS Characterization of Seaweed Phenolics and Their Antioxidant Potential. Marine Drugs 18(6), 331.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-30]

Phytochemical profiling and antioxidant activity of aqueous, methanolic and ethanolic extracts of selected macroalgae from the Persian Gulf

Nasrin Jelodar Nasseri[1]
Massoumeh Farasat[2]
Mehrnoosh Tadayoni[3]*

1. Graduated Master's student, Department of Food Science and Technology, Ahv. C., Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
2. Marine Pharmaceutical Science Research Center, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.
3. Department of Food Science and Technology, Ahv. C., Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

***Corresponding author:**
me.tadayoni@iau.ac.ir

Received date: March/07/2026
Accepted date: June/09/2026

Abstract

Numerous macroalgae have been identified in the waters of the Persian Gulf, some of which have high nutritional value and are used in the pharmaceutical and health industries and other applications. In this study, five species including, *Padina tetrastromatica* and *Colpomenia sinuosa* (brown algae), *Ulva flexuosa* and *Ulva compressa* (green algae), and *Champia globulifera* (red algae), were collected from the northern coast of the Persian Gulf in Bushehr province, and their aqueous, ethanolic and methanolic extracts were evaluated for antioxidant activity. Antioxidant activity was measured by DPPH radical scavenging method and IC_{50} determination. Total phenol was measured using Folin-Ciocalteau reagent with a tannic acid standard curve and, total flavonoid content was measured by colorimetric method with a quercetin standard curve. The results showed that different species differ significantly in terms of antioxidant activity, contents of total phenolics, flavonoids and anthocyanins. The highest antioxidant capacity with the lowest IC_{50} value of 0.350±0.040 mg/ml and, the highest number of phenols and flavonoids were observed in the methanolic extract of green alga *Ulva flexuosa*. Among the studied species, the brown alga *Padina tetrastromatica* showed the highest amount of anthocyanin. There was a significant negative correlation between IC_{50} and total phenolics and between IC_{50} and total flavonoids, and a significant positive correlation was observed between the number of phenolics and flavonoids at the 0.01 level. There was also a significant negative correlation between IC_{50} and anthocyanin, and a significant positive correlation between flavonoids and anthocyanin.

Keywords: Macroalgae, Ethanolic extract, Methanolic extract, Antioxidant.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-30]