Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics

Online ISSN: 2345-427X
Print ISSN: 2345-4288

Antioxidant properties of *Sargassum tenerrimum* brown algae and *Valoniopsis pachynema* green algae from Chabahar coasts

Fatemeh Jami[1], Ali Taheri[*2]

1. M.Sc. Student of Fish Processing Technology, Faculty of Marine Sciences, Chabahar Maritime University, Chabahar, Iran. E-mail: jami@cmu.ac.ir
2. Corresponding Author, Associate Prof. of Fish Processing Technology, Faculty of Marine Sciences, Chabahar Maritime University, Chabahar, Iran. E-mail: taherienator@gmail.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 06.03.2022
Revised: 07.10.2022
Accepted: 07.12.2022

Keywords:
Antioxidant,
Chabahar Coast,
Free radical,
Sargassum tenerrimum,
Valoniopsis pachynema

ABSTRACT

Nowadays, finding natural antioxidants from marine sources is interesting. In this regard, seaweeds are very important. In this study, the antioxidant properties of two species of brown algae *Sargassum tenerrimum* and green algae *Valoniopsis pachynema*, and the effect of different solvents on the extraction of the antioxidant compounds were investigated. Algae were collected from Tis and Ramin beaches in the Chabahar. After drying and powdering, it was extracted by dichloromethane, methanol, chloroform, and hexane. Then the antioxidant power of concentrations of 0.01, 0.1, and 1 mg/mL of the extracts was analyzed using DPPH free radical scavenging methods, reducing power and iron ion chelating activity, in order to determine the best extract with the antioxidant properties. The highest percentage of radical inhibition was obtained in *S. tenerrimum* at a concentration of 1 mg/mL of methanolic extract (88.22%) and in green algae *V. pachynema* in dichloromethane extract (74.4%). The highest reducing power (0.85) and chelating activity (88.83%) in dichloromethane extract of brown algae *S. tenerrimum* were obtained. The highest reducing power in dichloromethane extract (0.4) and the highest chelation activity in chloroform extract (81.22%) of green algae *V. pachynema* were seen. The concentration of 1 mg/mL of dichloromethane has more ability to extract antioxidant compounds compared to other treatments. The brown algae *S. tenerrimum* showed higher antioxidant power than green algae *V. pachynema*. Therefore, the algal extract of *S. tenerrimum* can be a potential source for compounds with antioxidant properties, and additional tests are needed.

Cite this article: Jami, Fatemeh, Taheri, Ali. 2023. Antioxidant properties of *Sargassum tenerrimum* brown algae and *Valoniopsis pachynema* green algae from Chabahar coasts. *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 12 (1), 127-141.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/japu.2022.20291.1671
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان

شاپا آنلاین: ۲۳٤٥-٤۲۷X
شاپا چاپی: ۲۳٤٥-٤۲۸۸

خواص آنتی‌اکسیدان جلبک قهوه‌ای *Sargassum tenerrimum* و جلبک سبز *Valoniopsis pachynema* سواحل چابهار

فاطمه جامی[۱]، علی طاهری[*۲]

۱. دانشجوی کارشناسی‌ارشد فرآوری محصولات شیلاتی، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، چابهار، ایران.
رایانامه: jami@cmu.ac.ir

۲. نویسنده مسئول، دانشیار فرآوری محصولات شیلاتی، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، چابهار، ایران.
رایانامه: taherieantor@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۱/۰۳/۱۳
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۱/۰٤/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۱/۰٤/۲۱

واژه‌های کلیدی:
آنتی‌اکسیدان،
رادیکال آزاد،
ساحل چابهار،
سارگاسوم تنریموم،
والونیوپسیس پاچینما

چکیده

امروزه یافتن آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی از منابع دریایی مورد توجه است. در این خصوص جلبک‌های دریایی از اهمیت بالایی برخوردارند. در این مطالعه خواص ضد اکسیدانی دو گونه جلبک قهوه‌ای *Sargassum tenerrimum* و جلبک سبز *Valoniopsis pachynema* و تأثیر حلال‌های مختلف در استخراج ترکیبات آنتی‌اکسیدان مورد بررسی قرار گرفت. جلبک از سواحل تیس و رمین در چابهار جمع‌آوری شد و پس از خشک و پودر کردن توسط حلال‌های مختلف دی کلرومتان، متانول، کلروفورم و هگزان عصاره‌گیری شد و سپس قدرت ضداکسیدانی غلظت‌های ۰/۰۱، ۰/۱ و ۱ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر عصاره‌ها با استفاده از روش‌های سنجش مهار رادیکال آزاد DPPH، قدرت احیاکنندگی و فعالیت کلاته‌کنندگی یون آهن مورد بررسی قرار گرفت تا عصاره با بهترین خاصیت آنتی‌اکسیدانی مشخص شود. بالاترین درصد مهار رادیکال در جلبک قهوه‌ای *S. tenerrimum* در غلظت یک میلی‌گرم بر میلی‌لیتر عصاره متانولی (۸۸/۲۲ درصد) و در جلبک سبز *V. pachynema* در عصاره دی کلرومتانی (۷٤/٤ درصد) به‌دست آمد. بالاترین قدرت احیاکنندگی (۰/۸۵) و فعالیت کلاته‌کنندگی (۸۸/۸۳ درصد) در عصاره دی‌کلرومتانی جلبک قهوه‌ای *S. tenerrimum* به‌دست آمد. بالاترین قدرت احیاکنندگی در عصاره دی کلرومتانی (۰/٤) و بیش‌ترین فعالیت کلاته‌کنندگی در عصاره کلروفورمی (۸۱/۲۲ درصد) جلبک سبز *V. pachynema* دیده شد. غلظت یک میلی‌گرم بر میلی‌لیتر دی کلرومتانی قابلیت بیش‌تری برای استخراج ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در مقایسه با سایر تیمارها داشته‌اند و گونه جلبک قهوه‌ای *S. tenerrimum* در مقایسه با جلبک سبز *V. pachynema* قدرت آنتی‌اکسیدانی بالاتری از خود نشان داد. بنابراین عصاره جلبک *S. tenerrimum* می‌تواند به‌عنوان منبعی بالقوه برای ترکیبات با خاصیت آنتی‌اکسیدان باشد و آزمون‌های تکمیلی مورد نیاز است.

استناد: جامی، فاطمه، طاهری، علی (۱۴۰۲). خواص آنتی‌اکسیدان جلبک قهوه‌ای *Sargassum tenerrimum* و جلبک سبز *Valoniopsis pachynema* سواحل چابهار. *نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان*، ۱۲ (۱)، ۱۴۱-۱۲۷.
DOI: 10.22069/japu.2022.20291.1671

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

فرآیند اکسیداسیون یک واکنش شیمیایی است که شامل انتقال هیدروژن یا اتم‌ها یا الکترون‌های اکسیژن، تولید رادیکال‌های آزاد و واکنش‌های زنجیره‌ای است و باعث ایجاد صدمات بافتی می‌شود (۱). از گونه‌های فعال اکسیژن می‌توان به نیتریک اکسید (NO°)، آنیون سوپراکسید ($O_2^{\circ -}$)، رادیکال هیدروکسیل (OH°) و پراکسید هیدروژن (H_2O_2) اشاره کرد (۲). اگرچه بدن دارای سد دفاعی هم‌چون آنزیم‌ها و مولکول‌های آنتی‌اکسیدانی است که رادیکال‌های آزاد اکسیژن را دفع می‌کنند؛ اما افزایش بیش از حد تعداد رادیکال‌های آزاد در بدن موجب آسیب اکسیداتیو غیرقابل بازگشت می‌گردد. از این‌رو آنتی‌اکسیدان‌ها نقش مهمی در پیش‌گیری یا درمان بیماری‌های مرتبط ایفا می‌کنند (۳). در صورتی‌که تعادل ترکیب آنتی‌اکسیدانی بدن دچار اختلال شود باعث بروز بیماری‌هایی چون بیماری قلبی و عروقی، سرطان، فشارخون بالا، دیابت، آلزایمر، آرتریت روماتوئید و پیری می‌شود (٤). آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی به گروه‌های ترکیبات نیتروژن‌دار (مواد ساخته شده جانبی کلروفیل‌ها، اسیدهای آمینه و آمین‌ها)، ترکیبات فنولیک (توکوفرول‌ها، فلاونوئیدها و اسید فنولئیک‌ها) یا کاروتنوئیدها طبقه‌بندی می‌شوند (۵). بسیاری از مواد آنتی‌اکسیدانی طبیعی مانند پپتیدها، پلی‌فنول‌ها، پلی‌ساکاریدها، کاروتنوئیدها و غیره عملکردهای زیستی ویژه‌ای نشان می‌دهند که شامل خواص ضد اکسیدان، ضد میکروبی، ضد سرطان، ضد دیابت، ضد آلزایمر، ضد فیبروتیک، محافظت‌کننده عصبی، تقویت‌کننده خواب، کاهش چربی، بهبود زخم و محافظت از پوست می‌باشد (٦).

گزارش شده است که انواع زیادی از موجودات دریایی و متابولیت‌های آن‌ها حاوی محصولات آنتی‌اکسیدانی به شکل زیست‌توده، عصاره کل خام یا مواد خالص حاصل از استخراج متوالی هستند (۷). جلبک‌های دریایی غنی‌ترین منبع بالقوه آنتی‌اکسیدان‌های دریایی هستند و بیش‌ترین مطالعات روی این منبع انجام می‌شود (۸ و ۹). جلبک‌های قهوه‌ای مانند *Sargassum angustifolium* ،*Sargassum ilicifolium* و *Sargassum filipendula* از منابع غنی ترکیبات آنتی‌اکسیدان هستند (۱۰ و ۱۱). جلبک‌های قرمز و سبز نیز از نظر ترکیبات آنتی‌اکسیدانی غنی هستند (۷). از این میان اطلاعات روی جلبک‌های سبز کم‌تر است. یکی از این جلبک‌های ارزشمند سبز جنس *Valoniopsis* است. از مهم‌ترین ترکیبات مشتق شده از جلبک‌ها، می‌توان پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها، استروئیدها، آلکالوئیدها، ساپونین، فلاونوئیدها (ترکیبات جاذب نور فرابنفش خورشید که به‌عنوان آنتی‌اکسیدان عمل می‌کنند)، گلیکوزیدها و فنل‌ها را نام برد که توسط حلال‌های آلی استخراج شده‌اند (۱۲، ۱۳ و ١٤). دیگر ترکیبات شناسایی شده از جلبک‌ها مانند فوکوئیدان، لامیناران و ترپنوییدها نیز بیانگر نقش مؤثر فعالیت ضدسرطانی و ضد اکسیدانی هستند (۱۵).

تاکنون مطالعاتی چند روی بررسی خواص آنتی‌اکسیدان جنس *Sargassum* Sp. و *Valoniopsis* Sp. انجام شده است (١٦، ١٧، ١٨، ١٩، ٢٠، ٢١ و ٢٢). در این مطالعات بسته به نوع حلال مورد استفاده، منطقه مورد مطالعه و نوع آزمون آنتی‌اکسیدانی نتایج متفاوتی گزارش شده است و نشان می‌دهد جلبک‌های هر منطقه متابولیت‌ها و شرایط مخصوص به خود را دارند.

با وجود غنی بودن آب‌های دریای عمان از منابع با ارزش ماکروجلبکی، تنها گونه‌های محدودی از جلبک‌های سواحل ایران از نظر خواص آنتی‌اکسیدانی مورد بررسی قرار گرفته‌اند؛ بنابراین بررسی خواص آنتی‌اکسیدانی برخی جلبک‌های دریایی سواحل خلیج‌فارس در یک طرح مورد بررسی قرار گرفت.

جلبک قهوه‌ای *Sargassum tenerrimum* و جلبک سبز *Valoniopsis pachynema* منبع بالقوه ارزشمندی از جلبک‌های سواحل جنوبی ایران هستند که مطالعات کمی روی خواص آنتی‌اکسیدانی عصاره آن‌ها به‌خصوص عصاره آلی انجام گرفته است. بنابراین نتایج پژوهش حاضر، حاصل بررسی خواص آنتی‌اکسیدان جلبک قهوه‌ای *S. tenerrimum* و جلبک سبز *V. pachynema* جمع‌آوری‌شده از سواحل چابهار که دو گونه از جلبک‌های مورد بررسی در طرح مذکور بوده است می باشد که با آزمون‌های سنجش رادیکال آزاد DPPH، فعالیت کلاته‌کنندگی یون فلزی آهن، تعیین قدرت کاهندگی بررسی شد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری و آماده‌سازی اولیه پودر جلبک: جمع‌آوری جلبک قهوه‌ای *S. tenerrimum* از سواحل تیس در خلیج چابهار در فصل زمستان و گونه جلبک سبز *V. pachynema* از سواحل رمین در فصل بهار به هنگام بیشینه جزر انجام شد. بلافاصله پس از جمع‌آوری جلبک‌ها، آن‌ها با آب شور و سپس آب شیرین بهداشتی شستشو داده شدند و به‌مدت سه روز در سایه خشک شده و توسط آسیاب برقی پودر شدند. پس از آن در فریزر تا زمان مصرف در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شدند.

عصاره‌گیری از پودر جلبک: استخراج عصاره‌ها با استفاده از حلال‌های متانول، هگزان، دی‌کلرومتان و کلروفرم انجام شد. به منظور تهیه عصاره ۵ گرم پودر جلبک‌ها با ۲۰ میلی‌لیتر حلال مخلوط شده و به مدت ۲٤ ساعت در دمای محیط با سرعت ۱۰۰ دور در دقیقه در شیکر (Jalteb, Iran) قرار گرفتند. عصاره‌ها با کاغذ واتمن شماره یک صاف شدند و حلال پرانی زیر هود شیمیایی انجام شد. عصاره‌ها در یخچال در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و طی ۲٤ ساعت آنالیزها انجام گرفت.

ارزیابی خواص آنتی‌اکسیدانی: برای ارزیابی خواص آنتی‌اکسیدانی از آزمون‌های مهار رادیکال آزاد دی فنیل پیکریل هیدرازیل، کلاته‌کنندگی یون فلزی و قدرت کاهندگی عصاره‌های استخراجی استفاده شد:

سنجش مهار رادیکال آزاد (DPPH): سنجش فعالیت مهار رادیکال آزاد (DPPH) (دی فنیل پیکریل هیدرازیل) طبق روش تغییر یافته شیمادا و همکاران (۲۳) انجام شد. صد میکرولیتر محلول DPPH در متانول ۹۵ درصد و ۱۰۰ میکرولیتر از محلول عصاره در متانول ۵۰ درصد (غلظت‌های ۰/۰۱، ۰/۱ و ۱ mg/mL) به مدت یک دقیقه ترکیب شد. پس از آن به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی و دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شد. از یک اسپکتروفتومتر برای قرائت جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر استفاده شد. محلول متانولی DPPH به عنوان شاهد منفی و اسید آسکوربیک (۲۰ میکروگرم در میلی‌لیتر) به عنوان شاهد مثبت در نظر گرفته شد. فعالیت حذف رادیکال آزاد بر اساس فرمول زیر سنجیده شد:

$$DPPH\ radical\ scavenging\ capacity\ (\%) = 1 - \frac{A_{517}\ sample}{A_{517}\ control} \times 100$$

که در آن، A_{sample} جذب نمونه پس از مدت زمان مورد نظر و $A_{control}$ جذب محلول متانولی DPPH فاقد نمونه می‌باشد.

فعالیت کلاته‌کنندگی یون آهن: فعالیت کلاته‌کنندگی یون آهن (II) با روش دینیس و همکاران (۲٤) سنجیده شد. بر این اساس، ۳/۷ میلی‌لیتر نمونه حاوی

عصاره در ۳ غلظت (۰/۰۱، ۰/۱ و ۱ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) با ۱۰۰ میکرولیتر کلرید آهن مخلوط شد. پس از ۳ دقیقه ۲۰۰ میکرولیتر محلول فروزین اضافه شد. جذب محلول در طول موج ۵۶۲ نانومتر پس ۱۰ دقیقه نگه‌داری در دمای اتاق قرائت شد. درصد فعالیت کلاته‌کنندگی یون آهن از فرمول زیر محاسبه گردید:

$$Fe^{2+}Chelating\ activity\,(\%) = \frac{Blank - Sample}{Blank} \times 100$$

که در آن، Blank و Sample به ترتیب بیانگر جذب شاهد و جذب عصاره/ استاندارد هستند. EDTA (۰/۱ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) به عنوان شاهد مثبت و مخلوط فروزین و کلرید آهن و آب مقطر به عنوان شاهد منفی استفاده شد.

قدرت کاهندگی: قدرت کاهندگی بر اساس روش تغییر یافته اویایزو (۲۵) سنجیده شد. بدین منظور، ۱۰۰۰ میکرولیتر محلول عصاره در ۳ غلظت (۰/۰۱، ۰/۱ و ۱ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) با ۱۰۰۰ میکرولیتر فسفات بافر (۰/۲ مولار، pH=۶/۶) و ۱۰۰۰ میکرولیتر پتاسیم فری‌سیانید ۱ درصد مخلوط شد. سپس ۲۰ دقیقه در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. میزان ۱ میلی‌لیتر تری کلرواستیک اسید (۱۰ درصد) اضافه و ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. ۲ میلی‌لیتر از محلول نهایی با ۲ میلی‌لیتر آب مقطر و ۴۰۰ میکرولیتر محلول کلرید آهن (۰/۱ درصد) ترکیب و پس از ۱۰ دقیقه جذب محلول در طول موج ۷۰۰ نانومتر قرائت شد. میزان ۲۰ میکروگرم در میلی‌لیتر اسید آسکوربیک به عنوان شاهد مثبت در نظر گرفته شد.

تجزیه و تحلیل آماری: در این پژوهش، جهت بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیروویلک استفاده شد. به‌منظور بررسی اختلافات معنی‌دار از آنالیز واریانس یک‌طرفه (One Way ANOVA) برای بررسی اختلافات میان گروهی و از آزمون توکی (Tukey) برای مقایسه میانگین ها استفاده شد. از نرم‌افزار Graphpad-Prism ویرایش ۷ در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ استفاده شد.

نتایج

نتایج فعالیت مهارکنندگی رادیکال آزاد DPPH عصاره‌های مختلف جلبک *S. tenerrimum* نشان داد بیش‌ترین درصد فعالیت مربوط به عصاره متانولی با ۸۸/۲۲ درصد مهار در غلظت ۱ میلی‌گرم/میلی‌لیتر بود. پس از آن به‌ترتیب عصاره‌های دی کلرومتانی با ۶۷/۸۵ درصد و کلروفرمی با ۶۶/۴۳ درصد مهارکنندگی داشتند. کم‌ترین درصد مهار رادیکال آزاد DPPH مربوط به عصاره هگزانی با ۱۲/۸۷ درصد مهار بود (جدول ۱). نتایج نشان داد مهارکنندگی عصاره‌ها در غلظت mg/mL ۱ به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از غلظت‌های ۰/۱ و ۰/۰۱ میلی‌گرم در میلی‌لیتر است ($P<0/05$).

جدول ۱- فعالیت حذف رادیکال آزاد DPPH عصاره‌های آلی جلبک *Sargassum tenerrimum* در غلظت‌های مختلف.

غلظت / حلال	۱ mg/mL	۰/۱ mg/mL	۰/۰۱ mg/mL
دی کلرو متان	٦٧/٨٥ ± ٣/٤٤^{a}	٣٣/٥٢ ± ١/٢٧^{b}	١٢/٢٤ ± ٠/٢٢^{c}
هگزان	١٢/٨٧ ± ٠/٥٥^{a}	٢/٢٢ ± ٠/١٢^{b}	٠/٠٠ ± ٠/٠٠^{b}
متانول	٨٨/٢٢ ± ٢/٤٥^{a}	٣٩/٤٥ ± ١/٩٨^{b}	١٧/٣٣ ± ٠/٩٣^{c}
کلروفرم	٦٦/٤٣ ± ١/٣٥^{a}	٢٨/٥٦ ± ٢/٢٧^{b}	١٠/٤٣ ± ٠/٨٩^{c}

نتایج به‌صورت انحراف معیار ± میانگین حاصل از سه تکرار می‌باشد. حروف a و b در هر ردیف اختلافات معنی‌دار در سطح معنی‌داری ۵ درصد را نشان می‌دهد (P<۰/۰۵)

نتایج مربوط به عصاره‌های مختلف جلبک *V. pachynema* بیانگر آن بود که بهترین فعالیت مهارکنندگی رادیکال آزاد را عصاره‌های دی کلرومتانی و کلروفرمی به خود اختصاص دادند. عصاره دی کلرومتانی با میانگین ٧٤/١ درصد در مقایسه با عصاره کلروفرمی، درصد مهار رادیکال آزاد بالاتری داشت (جدول ۲). براساس داده‌ها میزان اثر مهاری عصاره‌های هگزانی و متانولی در غلظت mg/mL ۰/۰۱ در مقایسه با مقدار آن در غلظت‌های ۱ و ۰/۱ میلی‌گرم در میلی‌لیتر به‌طور معنی‌داری کم‌تر بودند (P<۰/۰۵). درصد مهار رادیکال آزاد اسید آسکوربیک حدود ٩٤ درصد گزارش شد که بیش‌تر از تمام عصاره‌های مورد بررسی بود.

جدول ۲- فعالیت حذف رادیکال آزاد DPPH عصاره‌های آلی جلبک *Valoniopsis pachynema* در غلظت‌های مختلف.

غلظت / حلال	۱ mg/mL	۰/۱ mg/mL	۰/۰۱ mg/mL
دی کلرو متان	٧٤/٤ ± ١/١٢^{a}	٤٤/٣٢ ± ١/٣٣^{b}	٢١/٥٤ ± ١/٣٤^{c}
هگزان	٢٣/١٢ ± ٠/٩٦^{a}	١٩/٠٠ ± ٠/٧٦^{a}	٧/٣٤ ± ٠/٥٥^{b}
متانول	٢٥/٤٥ ± ١/٠٢^{a}	٢٢/٠٦ ± ١/١١^{a}	٨/٠٥ ± ٠/٧٦^{b}
کلروفرم	٦٨/٣١ ± ٢/٢٢^{a}	٤٣/٢٠ ± ١/٢٣^{b}	١٨/٢٢ ± ٢/٠١^{c}

نتایج به‌صورت انحراف معیار ± میانگین حاصل از سه تکرار می‌باشد. حروف a و b در هر ردیف اختلافات معنی‌دار در سطح معنی‌داری ۵ درصد را نشان می‌دهد (P<۰/۰۵)

بر اساس نتایج حاصل از بررسی فعالیت کلاته‌کنندگی یون آهن عصاره‌های جلبک *S. tenerrimum*، عصاره دی کلرومتان با درصد کلاته‌کنندگی ٨٨/٦ درصد (غلظت mg/mL ۱) دارای بالاترین فعالیت بود. کم‌ترین درصد فعالیت کلاته‌کنندگی نیز برای عصاره متانول با فعالیت ٤٠/٨٣ درصد محاسبه شد. فعالیت عصاره‌های کلروفرم و متانول در غلظت‌های ۱ و ۰/۱ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر به‌طور معناداری بیش‌تر از فعالیت آن‌ها در غلظت ۰/۰۱ گزارش شد (P<۰/۰۵) (جدول ۳).

جدول ۳- درصد فعالیت کلاته‌کنندگی عصاره‌های آلی جلبک *Sargassum tenerrimum* در غلظت‌های مختلف.

غلظت / حلال	۱ mg/mL	۰/۱ mg/mL	۰/۰۱ mg/mL
دی کلرو متان	۸۸/۸۳ ± ٦/۰۰^{a}	۲۱/۸۳ ± ۱۵/٤۵^{b}	۱۳/۳۳ ± ۱۸/۹۳^{b}
متانول	٤۰/۸۳ ± ۱۱/٤۰^{a}	۳۰/۱۷ ± ۱٦/۱۵^{a}	۷/۸۳ ± ۲/۰۸^{b}
کلروفرم	٦۲/۸۳ ± ۲۳/۱۵^{a}	۳۸/۸۳ ± ۲/۷۵^{a}	۱٤/۱۷ ± ٤/٦٤^{b}

نتایج به‌صورت انحراف معیار ± میانگین حاصل از سه تکرار می‌باشد. حروف a و b در هر ردیف اختلافات معنی‌دار در سطح معنی‌داری ۵ درصد را نشان می‌دهد (P<۰/۰۵)

برای عصاره‌های جلبک *V. pachynema*، قوی‌ترین اثر کلاته‌کنندگی مربوط به عصاره‌های کلروفرمی و دی کلرومتانی در نظر گرفته شد. در مقایسه این دو، عصاره کلروفرمی با میانگین ۸۱/۲۲ درصد دارای اثر بالاتری بود (جدول ٤). به طور کلی تمام عصاره‌های مورد بررسی در غلظت ۱ mg/mL اختلاف معنی‌داری با مقدار آن‌ها در غلظت‌های ۰/۱ و ۰/۰۱ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر نشان دادند (P<۰/۰۵). عصاره هگزانی فاقد اثر بود. در این تست EDTA به‌عنوان نمونه شاهد مثبت با درصد کلاته‌کنندگی ۸۲ درصد درصد گزارش شد و فقط عصاره دی کلرومتانی جلبک *S. tenerrimum*، با غلظت ۱ mg/mL، دارای درصد فعالیت کلاته‌کنندگی بیش‌تر از مقدار استاندارد بود.

جدول ٤- درصد فعالیت کلاته‌کنندگی عصاره‌های آلی جلبک *Valoniopsis pachynema* در غلظت‌های مختلف.

غلظت / حلال	۱ mg/mL	۰/۱ mg/mL	۰/۰۱ mg/mL
دی کلرو متان	۷٤/٤۰ ± ۱۹/۱۰^{a}	۳٦/۸۲ ± ۹/۲۸^{b}	۲۵/۱۵ ± ۲/۹۲^{b}
متانول	٦۹/۲۹ ± ۱۲/۲۵^{a}	۱۵/٦۲ ± ۱/۸٤^{b}	۱۲/۹۲ ± ۱/۱۵^{b}
کلروفرم	۸۱/۲۲ ± ۸/۵٦^{a}	۱٦/۸۲ ± ۲/۹۸^{b}	۸/۷۸ ± ۲/۳٤^{b}

نتایج به‌صورت انحراف معیار ± میانگین حاصل از سه تکرار می‌باشد. حروف a و b در هر ردیف اختلافات معنی‌دار در سطح معنی‌داری ۵ درصد را نشان می‌دهد (P<۰/۰۵)

بر اساس داده‌های حاصل از سنجش خواص آنتی‌اکسیدانی با استفاده از تعیین قدرت کاهندگی عصاره‌های جلبک *S. tenerrimum* در غلظت ۱ mg/mL، بیش‌ترین اثر کاهندگی به ترتیب مربوط به عصاره‌های دی کلرومتانی با اثر ۰/۸۵ و کلروفرمی با اثر ۰/۵۲ جذب بود. عصاره انهگزانی نیز کم‌ترین قدرت کاهندگی را نشان داد. بین غلظت‌های ۰/۱ و ۰/۰۱ میلی‌گرم در میلی‌لیتر برای عصاره انهگزانی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در حالی‌که تمام غلظت‌های سه عصاره دیگر دارای اختلاف معنی‌دار بودند (P<۰/۰۵) (جدول ۵).

جدول ۵- قدرت کاهندگی عصاره‌های آلی جلبک *Sargassum tenerrimum* در غلظت‌های مختلف.

حلال / غلظت	۱ mg/mL	۰/۱ mg/mL	۰/۰۱ mg/mL
دی کلرو متان	۰/۸۵ ± ۰/۱۳^{a}	۰/۵۲ ± ۰/۰۷^{b}	۰/۰٤ ± ۰/۰۱^{c}
هگزان	۰/۰۳ ± ۰/۰۰^{a}	۰/۰۰ ± ۰/۰۰^{b}	۰/۰۰ ± ۰/۰۰^{b}
متانول	۰/۳٤ ± ۰/۰۲^{a}	۰/۱۵ ± ۰/۰۱^{b}	۰/۰۲ ± ۰/۰۱^{c}
کلروفرم	۰/۵۲ ± ۰/۰۵^{a}	۰/۲۱ ± ۰/۰۸^{b}	۰/۰۱ ± ۰/۰۰^{c}

نتایج به‌صورت انحراف معیار ± میانگین حاصل از سه تکرار می‌باشد. حروف a و b در هر ردیف اختلافات معنی‌دار در سطح معنی‌داری ۵ درصد را نشان می‌دهد (P<۰/۰۵)

نتایج حاصل در مورد قدرت کاهندگی عصاره‌های جلبک *V. pachynema* نشان داد قدرت کاهندگی تمام عصاره‌ها در غلظت mg/mL ۱، به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از مقدار آن در دو غلظت دیگر بود (P<۰/۰۵). بهترین قدرت کاهندگی مربوط به عصاره کلروفرمی و ضعیف‌ترین آن‌ها مربوط به عصاره متانولی بود (جدول ٦). در این تست اسید آسکوربیک به عنوان نمونه شاهد مثبت مد نظر قرار گرفته و قدرت کاهندگی آن ۰/۹ گزارش شد. به‌طورکلی قدرت کاهندگی نمونه استاندارد بیش‌تر از تمام غلظت‌های عصاره‌های هر دو گونه جلبک بود.

جدول ٦- قدرت کاهندگی عصاره‌های آلی جلبک *Valoniopsis pachynema* در غلظت‌های مختلف.

حلال / غلظت	۱ mg/mL	۰/۱ mg/mL	۰/۰۱ mg/mL
دی کلرو متان	۰/٤ ± ۰/۰۸^{a}	۰/۰۰ ± ۰/۰۰^{b}	۰/۰۰ ± ۰/۰۰^{b}
هگزان	۰/۲۳ ± ۰/۰۰^{a}	۰/۰۰ ± ۰/۰۰^{b}	۰/۰۰ ± ۰/۰۰^{b}
متانول	۰/۰٤ ± ۰/۰۲^{a}	۰/۰۰ ± ۰/۰۰^{b}	۰/۰۰ ± ۰/۰۰^{b}
کلروفرم	۰/۳۸ ± ۰/۰۲^{a}	۰/۰۰ ± ۰/۰۰^{b}	۰/۰۰ ± ۰/۰۰^{b}

نتایج به‌صورت انحراف معیار ± میانگین حاصل از سه تکرار می‌باشد. حروف a و b در هر ردیف اختلافات معنی‌دار در سطح معنی‌داری ۵ درصد را نشان می‌دهد (P<۰/۰۵)

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه خواص آنتی‌اکسیدان عصاره‌های آلی جلبک قهوه‌ای *S. tenerrimum* و جلبک سبز *V. pachynema* با آزمون‌های DPPH، کلاته‌کنندگی یون فلزی و قدرت کاهندگی مورد بررسی قرار گرفت. حلال‌های مورد استفاده بر اساس میزان قطبیت گزینش و مورد استفاده قرار گرفت. به طور معمول، بازیابی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی با روش‌های مختلف استخراج، بسته به شیمی و توزیع در ماتریس آن‌ها انجام می‌شود (۲٦). انتخاب حلال بسیار مهم و تعیین‌کننده است. بازده استخراج و فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی بعدی عصاره‌ها به دلیل تأثیر حلال در انحلال ترکیبات آنتی‌اکسیدانی با ساختار شیمیایی و قطبیت متفاوت می‌تواند متفاوت باشد (۲۷). در

مطالعه حاضر از حلال‌های با قطبیت متفاوت استفاده شد که به ترتیب کاهش قطبیت متانول، کلروفرم، دی کلرومتان و هگزان بودند.

در مطالعه حاضر فعالیت حذف رادیکال آزاد DPPH عصاره متانولی *S. tenerrimum* و دی کلرومتانولی *V. pachynema* بیش‌تر از سایر عصاره‌ها بود. فعالیت کلاته‌کنندگی یون آهن در عصاره دی کلرومتانی *S. tenerrimum* و عصاره کلروفرمی *V. pachynema* بیش‌تر بود. هم‌چنین فعالیت کاهندگی عصاره دی کلرومتانولی هر دو گونه جلبکی بالاتر از سایر عصاره‌ها بود.

DPPH یک رادیکال آزاد است که به‌طور گسترده‌ای جهت سنجش فعالیت آنتی‌اکسیدان به کار برده می‌شود (۲۸). اثر آنتی‌اکسیدان بر مهار رادیکال DPPH مربوط به توانایی اهدای هیدروژن آن می‌باشد (۲۹). نتایج مطالعه حاضر نشان داد فعالیت حذف رادیکال آزاد DPPH جلبک *V. pachynema* در عصاره دی کلرومتانی با ۷٤/٤ درصد نسبت به عصاره کلروفرمی، مهارکنندگی بهتری مشاهده شد. عصاره متانولی جلبک *S. tenerrimum*، با ۸۸/۲۲ درصد مهار، بالاترین فعالیت مهارکنندگی را از خود نشان داد.

در مطالعات متعدد بسته به گونه جلبک بالاترین فعالیت حذف رادیکال آزاد در عصاره قطبی یا غیرقطبی گزارش شده است. بر این اساس گرمسیری و همکاران (۳۰) گزارش نمودند عصاره استونی ۵۰ درصد جلبک قرمز (*Hypnea hamulosa*) خلیج‌فارس دارای بیش‌ترین قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد DPPH و فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل بود. هم‌چنین این پژوهش‌گران بیان نمودند که نوع حلال مورد استفاده نیز تأثیر معنی‌داری بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی دارد. در مطالعه‌ای دیگر طاهری و همکاران (۳۱) بیش‌ترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی جلبک دریایی *Halimeda tuna* بر اساس آزمون DPPH مربوط به عصاره کلروفرمی در غلظت ۱ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر گزارش کردند و ترکیبات حذف‌کننده رادیکال آزاد را غیرقطبی گزارش نمودند اما بالاترین درصد کلاته‌کنندگی به عصاره متانولی اختصاص داشت. هم‌چنین زوبی و همکاران (۳۲) بیش‌ترین فعالیت ضداکسیدانی را برای جلبک‌های قهوه‌ای ثبت کردند. پیشنهاد شده که محصول شیمیایی عصاره‌ها بستگی به نوع حلال‌ها با pH مختلف، قطبیت، زمان و درجه حرارت عصاره‌گیری و هم‌چنین ترکیبات شیمیایی نمونه دارد (۳۳). در مطالعه حاضر برای جلبک *S. tenerrimum* بهترین فعالیت حذف رادیکال آزاد در عصاره با قطبیت زیاد و برای *V. pachynema* در عصاره غیرقطبی گزارش شد.

در پژوهش حاضر بیش‌ترین قدرت کاهندگی جلبک *S. tenerrimum* با ۰/۸۵ و جلبک *V. pachynema* با ۰/٤ در غلظت ۱ میلی‌گرم در میلی‌لیتر و در عصاره دی کلرومتان مشاهده گردید. غلظت ۱ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر در تمامی عصاره‌ها بهترین تأثیر را در قدرت کاهندگی داشت. دی کلرو متان حلال غیر قطبی است و نتایج نشان ترکیبات با قدرت کاهندگی در این دو گونه جلبکی محلول در حلال‌های آلی غیرقطبی هستند. قدرت کاهندگی جلبک *S. tenerrimum* بالاتر بود. در برخی گزارش‌ها عنوان شده است که حلال‌هایی با قطبیت کم‌تر نتایج بهتری نسبت به حلال‌هایی با قطبیت بیش‌تر دارند که می‌توان احتمال داد به علت قطبیت بیش‌تر، اکثر ترکیبات جلبکی دیگر را همراه ماده فعال استخراج می‌کند و در نهایت در این نوع عصاره نسبت مواد فعال زیستی با ویژگی آنتی‌اکسیدانی نسبت به کل محلول استخراجی در قیاس با عصاره کلروفرمی (با قطبیت کم‌تر) کاهش می‌یابد (۳٤). ترکیبات جلبکی به شیوه مشابهی همانند کاهنده‌ها، از طریق اهدا الکترون و واکنش با رادیکال‌های

آزاد و تبدیل آن‌ها به محصولات پایدار و پایان بخشیدن به واکنش زنجیره‌ای رادیکال آزاد عمل کنند (۳۵). بین فعالیت آنتی‌اکسیدانی و قدرت کاهندگی آهن ارتباط مثبتی وجود دارد (۳۶).

در پژوهش حاضر، بیش‌ترین فعالیت کلاته‌کنندگی جلبک *V. pachynema* در عصاره کلروفرم و جلبک *S. tenerrimum* در عصاره دی کلرومتان با غلظت‌های ۱ میلی‌گرم در میلی‌لیتر مشاهده گردید. پژوهش‌ها نشان داده است که عوامل کلاته‌کننده با فلزات تشکیل باند می‌دهند و از آن‌جایی‌که باعث کاهش پتانسیل احیایی و در نتیجه پایداری اکسید یون فلزات می‌شوند، به عنوان آنتی‌اکسیدان‌های ثانویه مؤثر هستند (۳۷). در مطالعه یارنپکدی و همکاران (۳۸)، عصاره اتانولی، در بررسی دیگر توسط طاهری و همکاران (۲)، عصاره اتیل استاتی در جلبک *Cystoseira trinodis* و در پژوهش کاراویتا و همکاران (۳۹)، عصاره کلروفرم دارای بالاترین فعالیت کلاته‌کنندگی بود. بنابراین بسته به نوع جلبک و ترکیبات موجود در آن بهترین حلال برای عصاره‌گیری متفاوت است.

مطالعات چندی روی خواص آنتی‌اکسیدانی جلبک *S. tenerrimum* انجام گرفته است. موحدنیا و حیدری (۴۰) فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره متانولی *S. tenerrimum* را بررسی کردند. میزان فعالیت حذف رادیکال آزاد DPPH زیر ۵۰ درصد گزارش شد و میزان حذف رادیکال آزاد ABTS ناچیز بود. این نتایج مخالف نتایج پژوهش حاضر بود زیرا در پژوهش حاضر عصاره متانولی بالاترین خاصیت حذف رادیکال DPPH را نشان داد. ویجایاباسکار و واسیلا (۴۱) خواص آنتی‌اکسیدان پلی‌ساکاریدهای سولفاته *S. tenerrimum* را بررسی کردند. میزان حذف رادیکال آزاد DPPH ٦٦/٦٤ درصد گزارش شد و میزان قدرت کاهشی در غلظت ۱۰۰۰ µg/mL بیش از ۰/۹ Λ گزارش شد. سناپاتی و همکاران (۴۲) اثر دو حلال مختلف روی خواص آنتی‌اکسیدان جلبک *S. tenerrimum* را بررسی کردند. عصاره آبی نسبت به عصاره متانولی خواص حذف رادیکال آزاد و فنل کل بیش‌تری نشان داد. آب و متانول حلال‌های قطبی هستند و می‌توان عنوان نمود که ترکیبات دارای قدرت الکترون‌دهی برای حذف رادیکال آزاد DPPH در جلبک *S. tenerrimum* در حلال‌های با بالاترین درجه قطبیت محلول هستند. در پژوهش حاضر نیز این انحلال در متانول بالاترین بوده است. در مطالعه شاه‌حسینی و همکاران (۴۳) روی خواص آنتی‌اکسیدان جلبک *S. tenerrimum* فقط ارزیابی روی عصاره آبی انجام شد و فعالیت مهار رادیکال DPPH و کلاته‌کنندگی یون آهن زیر ۲۰ درصد و فعالیت مهار رادیکال سوپراکساید زیر ۳۰ درصد گزارش شد که با نتایج مطالعه حاضر روی این گونه همخوانی نداشت. یکی از دلایل این اختلاف نوع عصاره است که در مطالعه حاضر از عصاره‌های آلی استفاده شده است و می‌توان گفت ترکیبات آنتی‌اکسیدانی موجود در این گونه جلبکی بیش‌تر توسط حلال‌های آلی چون متانول، دی کلرومتان و کلروفرم قابل انحلال است و نتایج حذف رادیکال آزاد و قدرت کلاته‌کنندگی عصاره‌های آلی بیش‌تر است. در مطالعه‌ای دیگر نورجهان و همکاران (٤٤) خواص آنتی‌اکسیدان *S. tenerrimum* را بررسی کردند. IC50 برای مهار رادیکال آزاد DPPH ٨٤ µg/mL بود. این پژوهش‌گران خواص آنتی‌اکسیدانی خوب را به حضور ترکیبات فنولی و فلاوونوئیدی ارتباط دادند. این غلظت کم‌تر از غلظت مؤثر پژوهش حاضر می‌باشد. در مطالعه عشایرزاده و همکاران (٤٥) روی

فوکوئیدان دپلیمریزه شده از *S. tenerrimum* میزان IC50 حذف رادیکال آزاد DPPH ۲۵۵۱ تا ٤۹۲۷ ppm گزارش شد. قدرت آنتی‌اکسیدانی فوکوئیدان در غلظت بالای ۹۰۰۰ ppm بیش از ۹۰ درصد بود. IC50 میزان کلاته‌کنندگی یون آهن بین ۱۵۸٦ تا ۲٤۳۸ ppm گزارشد شد. عوامل کلاته‌کننده به عنوان آنتی‌اکسیدان‌های ثانویه شناخته می‌شوند که پتانسیل احیا را کاهش می‌دهند و شکل اکسید شده یون فلزی را پایدار می‌کنند (٤٦). میزان قدرت کاهشی نیز با λ جذب بالای یک، قدرت کاهشی بسیار بالایی را نشان داد. نتایج خصوصیت دهندگی الکترون برای خنثی کردن رادیکال‌های آزاد و ایجاد فرم تثبیت شده رادیکال‌ها را نشان داد. ماهندران و همکاران (٤۷) نیز خواص آنتی‌اکسیدان پلی‌فنل‌های استخراج شده از *S. tenerrimum* را بررسی کردند. فعالیت آنتی‌اکسیدانی زیاد و قابلیت ضد سرطانی پلی‌فنل‌های استخراجی از نتایج این پژوهش بود.

مطالعاتی نیز روی خواص آنتی‌اکسیدانی جلبک *V. pachynema* انجام شده است. در مطالعه دهیناکاران و همکاران (٤۸)، درصد حذف رادیکال آزاد DPPH برای عصاره متانولی *V. pachynema* به‌میزان ۸۸/۳ درصد (غلظت ۱٦۰ µg/mL) گزارش شد که در مقایسه با عصاره جلبک *Sargassum swartzii* (۹۸/۷ درصد) کم‌تر بود. این میزان برای حذف رادیکال نیتریک اکساید ۹۵/۳۲ درصد گزارش شد. در مطالعه کاویتها و همکاران (۱٦) نیز عصاره متانولی *V. pachynema* میزان ۸۷/۷۱ درصد حذف رادیکال سوپراکساید را در غلظت ۵۰۰ µg/mL نشان داد و میزان IC50 (۹۸ µg/mL) بیش از بوتیل هیدروکسی تولوئن (۳۳ µg/mL) گزارش شد. هم‌چنین میزان حذف رادیکال هیدروکسیل ٦۹/٦٤ درصد و رادیکال نیتریک اکساید ٥٤/۳۹ درصد گزارش شد. در مطالعه‌ای دیگر گزارش شد که فعالیت حذف رادیکال آزاد DPPH توسط عصاره *V. pachynema* وابسته به غلظت است. میزان حذف رادیکال آزاد DPPH توسط عصاره متانولی این جلبک ٦۹/۵۸ درصد گزارش شد و این میزان برای حذف رادیکال آزاد نیتریک اکساید ۸۵/۹۵ درصد و برای حذف رادیکال سوپر اکساید ٦۹/۵۸ درصد گزارش شد (۱۸). این نتایج با نتایج پژوهش حاضر همخوانی ندارد. در پژوهش حاضر عصاره دی کلرومتانی و سپس کلروفرمی *V. pachynema* بیش‌ترین خاصیت حذف رادیکال آزاد DPPH را نشان دادند. بنابراین شاید نوع ترکیبات دهنده پروتون برای خنثی‌سازی رادیکال آزاد در پژوهش حاضر محلول در حلال‌های غیرقطبی است و نوع متابولیت جلبک پژوهش حاضر متفاوت از جلبک دو پژوهش عنوان شده باشد. در مطالعه محمودآلی و همکاران (٤۸) نیز عصاره متانولی *V. pachynema* مورد بررسی قرار گرفت و میزان مهار رادیکال آزاد DPPH عصاره *V. pachynema* ۲/٦۸ mg TE/g گزارش شد که از *Gracilaria fergusonii* (۳/۸۳) کم‌تر و از *Halimeda* Spp. (۲/۳۳) بیش‌تر بود. هم‌چنین قدرت کلاته‌کنندگی ۹/۰۵ mg EDTAE/g گزارش شد که پس از *Amphiora anceps* بیش‌ترین مقدار را نشان داد. اما در پژوهش حاضر عصاره متانولی *V. pachynema* کم‌ترین میزان حذف رادیکال آزاد DPPH، کلاته کردن یون فلزی و قدرت کاهندگی را نشان داد. این مسأله با توجه به این‌که بهترین خواص این جلبک با عصاره‌های غیرقطبی به‌دست آمده می‌تواند در آینده برای استخراج و خالص‌سازی ترکیبات آنتی‌اکسیدان با خاصیت غیرقطبی به کار رود.

در جمع‌بندی می‌توان گفت عصاره متانولی و دی کلرومتانی *S. tenerrimum* و عصاره‌های دی کلرومتانی و کلروفرمی *V. pachynema*

بیش‌ترین خواص آنتی‌اکسیدانی را نشان می‌دهند. به‌نظر می‌رسد شناسایی ترکیبات زیست‌فعال عصاره‌های موردنظر قدم بعدی در جهت خالص‌سازی و استخراج بهترین ماده آنتی‌اکسیدان از دو گونه جلبکی مورد مطالعه می‌باشد. هم‌چنین بررسی اثر بهترین عصاره‌ها در مطالعات درون‌سلولی در پستاندار مدل پیشنهاد می‌گردد.

سپاسگزاری

نویسندگان از ستاد توسعه علوم و فناوری‌های گیاهان دارویی و طب سنتی جهت حمایت در قالب طرح شماره ۱۱/۹۰۷۴۷ و دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار به جهت حمایت مادی و معنوی از پژوهش حاضر تشکر می‌نمایند.

منابع

1. Mishra, R.C., Goel, M., Barrow, C.J., and Deshmukh, S.K. 2019. Endophytic Fungi an Untapped Source of Potential Antioxidants. Current Bioactive Compounds, 16: 944-964.
2. Taheri, A., Ghaffari, M., Bagherpour, N.S., and Attaran Fariman, G. 2017. Study The Antioxiative Properties of the Marine Algae *Cystoseira Trinodis* Extracts From Chabahar Coastal Water. Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences and Health Services, https://www.sid.ir/en/journal/JournalList Paper.aspx?ID=247004 25: 8. 658-669.
3. Farasat, M., Khavarinejad, R., Nabavi, S.M.B., and Namjooyan, F. 2014. Antioxidant Activity of Methanolic Extract of Green Seaweed *Caulerpa Sertularioides*. Farlowii. Journal of Marine Biology, 20: 5. 13-20.
4. Rop, O., Mlcek, J., Jurikova, T., Neugebauerova, J., and Vabkova, J. 2012. Edible flowers a new promising source of mineral elements in human nutrition. Molecules, 17: 6. 6672-6683.
5. Meenakshi, S., Gnanambigai, D.M., Mozhi, S.T., Arumugam, M., and Balasubramanian, T. 2009. Total flavanoid and in vitro antioxidant activity of two seaweeds of Rameshwaram coast. Global Journal of Pharmacology, 3: 2. 59-62.
6. Hosseini, S.F., Rezaei, M., and McClements, D.J. 2020. Bioactive Functional Ingredients from Aquatic Origin: A Review of Recent Progress in Marine-Derived Nutraceuticals. Critical. Review in Food Science and Nutrition, 62: 1242–1269.
7. Vladkova, T., Georgieva, N., Staneva, A., and Gospodinova, D. 2022. Recent Progress in Antioxidant Active Substances from Marine Biota. Antioxidants, 11: 439.
8. El-Shafei, R., Hegazy, H., and Acharya, B. 2021. A Review of Antiviral and Antioxidant Activity of Bioactive Metabolite of Macroalgae within an Optimized Extraction Method. Energies, 14: 3092.
9. Ferreira-Santos, P., Genisheva, Z., Botelho, C., Rocha, C., and Teixeira, J.A. 2021. Valorization of Natural Antioxidants for Nutritional and Health Applications. In *Antioxidants-Benefits, Sources, Mechanisms of Action*; Waisundara, V.Y., Ed.; IntechOpen: Rijeka, Croatia, pp. 199-332.
10. Kordjazi, M., Etemadian, Y., Shabanpour, B., and Pourashouri, P. 2019. Chemical Composition Antioxidant and Antimicrobial Activities of Fucoidan Extracted from Two Species of Brown Seaweeds (*Sargassum ilicifolium* and *S. angustifolium*) around Qeshm Island. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 18: 457-475.
11. Laeliocattleya, R.A., Yunianta, Suloi, A.F., Gayatri, P.P., Putri, N.A., and Anggraeni, Y.C. 2020. Fucoidan Content from Brown Seaweed (*Sargassum filipendula*) and Its Potential as Radical Scavenger. Journal of Physics Conference Series, 1430: 012023.
12. Zakaria, N.A., Ibrahim, D., Sulaiman, S.F., and Supardy, A. 2011. Assessment of antioxidant activity, total phenolic

content and in vitro toxicity of Malaysian red seaweed, *Acanthophora spicifera*. Journal of Chemaceutical Research, 3: 3. 182-191.
13. Karsten, U., Lembcke, S., and Schumann, R. 2007. The effects of ultraviolet radiation on photosynthetic performance, growth and sunscreen compounds in aeroterrestrial biofilm algae isolated from building facades. Planta, 225: 4. 991-1000.
14. Viswanathan, S., Ebciba, C., Santhiya, R., and Nallamuthu, T. 2014. Phytochemical Screening Properties of a sulfated polysaccharide from the brown marine algae *Sargassum swartzii*. Chinese Journal of Natural Medicines, 10: 6. 421-428.
15. Synytsya, A., Kim, W.J., Kim, S.M., Pohl, R., Synytsya, A., Kvasnička, F., Čopíková, J., and Park, Y.I. 2010. Structure and antitumour activity of fucoidan isolated from sporophyll of Korean brown seaweed *Undaria pinnatifida*. Carbohydrate Polymers. 81: 1. 41-48.
16. Kavitha, K., Mahalakshmi, K., and Manam, V.K. 2015. In vitro antioxidant activity of methanolic extract of green alga *Valoniopsis pachynema*. World Journal of Pharmaceutical Sciences, 3: 10. 2088-2091.
17. Dhinakaran, D.I., Geetha, P., Rajalakshmi, A., and Jeeva, S. 2015. Antioxidant activities of marine algae *Valoniopsis pachynema* and *sargassum swartzii* from the southeast coast of India. International Journal of Fisheries and aquatic Studies, 3: 2. 426-430.
18. George, G., and Mathew, L. 2017. Antioxidant Potential of Four Chlorophycean Members from Kerala Coast. International Journal of Scientific Research, 6: 7. 66-68.
19. Balasubramaniam, V., June Chelyn, L., Vimala, S., Mohd Fairulnizal, M.N., Brownlee, I.A., and Amin, I. 2020. Carotenoid composition and antioxidant potential of *Eucheuma denticulatum*, *Sargassum polycystum* and *Caulerpa lentillifera*. Heliyon. 6:e04654.
20. Alam Sobuj, M.K., Islam, A., Haque, A., Islam, M., Alam, J., and Rafquzzaman, S.M. 2020. Evaluation of bioactive chemical composition, phenolic, and antioxidant profiling of different crude extracts of *Sargassum coriifolium* and *Hypnea pannosa* seaweeds. Journal of Food Measurement and Characterization. pp. 1-15.
21. Zhao, T., Dong, Q., Zhou, H., and Yang, H. 2022. Drying kinetics, physicochemical properties, antioxidant activity and antidiabetic potential of *Sargassum fusiforme* processed under four drying techniques. LWT - Food Science and Technology, 163: 113578.
22. Urrea-Victoria, V., Furlan, C.M., dos Santos, D.Y.A.C., and Chow, F. 2022. Antioxidant potential of two Brazilian seaweeds in response to temperature: *Pyropia spiralis* (red alga) and *Sargassum stenophyllum* (brown alga). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 549: 151706.
23. Shimada, K., Fujikawa, K., Yahara, K., and Nakamura, T. 1992. Antioxidative properties of xanthan on the autoxidation of soybean oil in cyclodextrin emulsion. Journal of agricultural and food chemistry, 40: 6. 945-948.
24. Dinis, T.C., Madeira, V.M., and Almeida, L.M. 1994. Action of phenolic derivatives (acetaminophen, salicylate, and 5-aminosalicylate) as inhibitors of membrane lipid peroxidation and as peroxyl radical scavengers. Archives of biochemistry and biophysics, 315: 1. 161-169.
25. Oyaizu, M. 1986. Studies on products of browning reaction antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. The Japanese journal of nutrition and dietetics, 44: 6. 307-315.
26. Ameer, K., Shahbaz, H.M., and Kwon, J.H. 2017. Green extraction methods for polyphenols from plant matrices and their byproducts: a review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 16: 295-315.

27. Monteiro, M., Santos, R.A., Iglesias, P., Couto, A., Serra, C.R., Gouvinhas, I., Barros, A., Oliva-Teles, A., Enes, P., and Díaz-Rosales, P. 2020. Effect of extraction method and solvent system on the phenolic content and antioxidant activity of selected macro and microalgae extracts. Journal of Applied Phycology, 32: 349-362.
28. Yangthong, M., Hutadilok-Towatana, N., and Phromkunthong, W. 2009. Antioxidant activities of four edible seaweeds from the southern coast of Thailand. Plant foods for human nutrition, 64: 3. 218-223.
29. Hossain, M.B., Brunton, N.P., Patras, A., Tiwari, B., O'donnell, C.P., Martin-Diana, A.B., and Barry-Ryan, C. 2012. Optimization of ultrasound assisted extraction of antioxidant compounds from marjoram (*Origanum majorana* L.) using response surface methodology. Ultrasonics sonochemistry, 19: 3. 582-590.
30. Garmsiri, E., Rezaei, M., Shavikloo, A., and Babakhanilashkani, A. 2013. Antioxidant Activity and Total Phenolic Contents of Persian Gulf Red Algae, (*Hypnea hamulosa*). Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics, 3: 2. 37-48.
31. Taheri, A., Ghaffari, M., Bagherpour, N., and Attaran Fariman, G. 2017. Evaluation of antioxidant activity of extracts of marine algae *Halimeda tuna* collected from the Chabahar bay. Qom University of Medical Sciences Journal, 11: 5. 107-115.
32. Zubia, M., Robledo, D., and Freile-Pelegrin, Y. 2007. Antioxidant activities in tropical marine macroalgae from the Yucatan Peninsula, Mexico. Journal of applied phycology, 19: 5. 449-458.
33. 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.
34. Wang, S.K., Liang, P.H., Astronomo, R.D., Hsu, T.L., Hsieh, S.L., Burton, D.R., and Wong, C.H. 2008. Targeting the carbohydrates on HIV-1: Interaction of oligomannose dendrons with human monoclonal antibody 2G12 and DC-SIGN. Proceedings of the National Academy of Sciences, 105: 10. 3690-3695.
35. Zhao, H., Dong, J., Lu, J., Chen, J., Li, Y., Shan, L., Lin, Y., Fan, W., and Gu, G. 2006. Effects of extraction solvent mixtures on antioxidant activity evaluation and their extraction capacity and selectivity for free phenolic compounds in barley (*Hordeum vulgare* L.). Journal of agricultural and food chemistry, 54: 19. 7277-7286.
36. Turkmen, N., Sari, F., and Velioglu, Y.S. 2006. Effects of extraction solvents on concentration and antioxidant activity of black and black mate tea polyphenols determined by ferrous tartrate and Folin-Ciocalteu methods. Food chemistry, 99: 4. 835-841.
37. Ganesan, K., Kumar, K.S., and Rao P.V.S. 2011. Comparative assessment of antioxidant activity in three edible species of green seaweed, Enteromorpha from Okha, Northwest coast of India. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 12: 1. 73-78.
38. Yarnpakdee, S., Benjakul, S., and Senphan, T. Antioxidant activity of the extracts from freshwater macroalgae (*Cladophora glomerata*) grown in Northern Thailand and its preventive effect against lipid oxidation of refrigerated eastern little tuna slice. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 19: 3. 209-219.
39. Karawita, R., Siriwardhana, N., Lee, K.W., Heo, M.S., Yeo, I.K., Lee, Y.D., and Jeon, Y.J. Reactive oxygen species scavenging, metal chelation, reducing power and lipid peroxidation inhibition properties of different solvent fractions from *Hizikia fusiformis*. European Food Research and Technology, 220: 3. 363-371.
40. Movahedinia, A., and Heydari, M. 2012. Antioxidant Activity and Total Phenolic Content in Two Alga Species from the Persian Gulf in Bushehr Province, Iran. International Journal of Science and Research, 3: 5. 954-958.

41. Vijayabaskar, P., and Vaseela. N. 2012. In vitro antioxidant properties of sulfated polysaccharide from brown marine algae *Sargassum tenerrimum*. Asian Pacific Journal of Tropical Disease, S890-S896.
42. Senapati, S.R., Baru Singh, C., Aman Hassan, M., Vignaesh, D., Martin Xavier, K.A., and Balange, A.K. 2016. Effect of Different Solvents on Total Phenolics and Antioxidant Activity of Extracts from *Sargassum tenerrimu*m (*J. Agardh*, 1848). Journal of Environment and Bio- Sciences, 30: 2. 415-419.
43. Shahhosseini, S., Kordjazi, M., Nasrollahi, S.A., Ojagh, S.M., Naeimifar, A., and ND Sharifian, S. 2020. Investigation of some antibacterial and antioxidant properties of brown algae aqueous extract (*Sargassum tenerrimum*) collected from the Persian Gulf coast. Journal of Animal Environment, 12: 2. 411-418.
44. Noorjahan, A., Aiyamperumal, B., and Anantharaman, P. 2019. Characterization and Biochemical Properties of Brown Seaweed *Sargassum Tenerrimum* (*J. agardh*). International Journal of Pharmacy and Biological Sciences, 9: 2. 252-258.
45. Ashayerizadeh, O., Dastar, B., and Pourashouri. P. 2020. Study of antioxidant and antibacterial activities of depolymerized fucoidans extracted from *Sargassum tenerrimum*. International Journal of Biological Macromolecules, 151: 1259-1266.
46. Kilic, I., Yeşiloğlu, Y., and Bayrak, Y. 2014. Spectroscopic studies on the antioxidant activity of ellagic acid, Spectrochim. Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 130: 447-452.
47. Mahendran, S., Sankaralingam, S., Sethupathi, S.M., Kathiresan, D., Mahalingam Muthumani, M., Loganathan Kousalya, L., Selvam Palpperumal, S., and Harinathan, B. 2022. Evaluation of antioxidant and cytotoxicity activities of polyphenol extracted from brown seaweed *Sargassum tenerrimum* biomass. Biomass Conversion and Biorefinery.
48. Mahomoodally, M.F., Sadeer, N.B., Zengin, G., Cziáky, Z., Jek˝o, J., Diuzheva, A., Sinan, K.I., Palaniveloo, K., Kim, D.H., and Rengasamy, K.R.R. 2020. In Vitro Enzyme Inhibitory Properties, Secondary Metabolite Profiles and Multivariate Analysis of five Seaweeds. Marine Drugs, 18: 198.