Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics

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

Study the antioxidant activity of marine red algae *Champia compressa* from Chabahar coasts

Sedigh Mohammadi[1], Ali Taheri[*2]

1. M.Sc. Graduate of Fish Processing Technology, Faculty of Marine Sciences, Chabahar Maritime University, Chabahar, Iran. E-mail: mohammadi@cmu.ac.ir
2. Corresponding Author, Associate Prof., Dept. 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: 10.13.2022
Revised: 02.24.2023
Accepted: 03.11.2023

Keywords:
Antioxidant,
C. compressa,
Chabahar,
Chelating,
Free Radical

ABSTRACT

Seaweeds have antioxidant properties. In this study, antioxidant activity of red algae *Champia compressa* organic extracts from Chabahar Bay was investigated. Extraction of the samples was done with a concentration of 1:20 (solvent to algae) by soaking the algae powder for 24 hours at ambient temperature. The solvents included methanol, hexane, dichloromethane and, chloroform at concentrations of 0.01, 0.1, 0.5 and 1, mg/mL. Extracts were subjected to the renowned antioxidant activity assay procedures of DPPH free radical scavenging activity, reduction power and, iron chelating. The minimum IC_{50} value of DPPH free radical scavenging activity of *C. compressa* algae was in the methanolic extract with a value of 1.05 mg/mL. The maximum value was calculated in dichloromethane extract. Also, chloroform solvent with IC_{50} of 2.64 had the highest chelation. Methanolic extract with IC_{50} of 0.68 mg/mL had the highest reducing activity. With the increase in the concentration of the extract, the amount of its antioxidant activity increased. So, inhibition of DPPH free radical, chelating power and, reducing activity at a concentration of 1 mg/mL of most extracts showed a significant difference compared to other concentrations ($P<0.05$). In conclusion, the methanolic and chloroform extracts of *C. compressa* red algae exhibited notable antioxidant properties. Further research for a complete investigation of the antioxidant properties of the *C. compressa* extracts is need.

Cite this article: Mohammadi, Sedigh, Taheri, Ali. 2024. Study the antioxidant activity of marine red algae *Champia compressa* from Chabahar coasts. *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 13 (1), 113-125.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/japu.2023.20669.1715
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان

شاپا چاپی: ۴۲۷X-۲۳۴۵
شاپا آنلاین: ۴۲۸۸-۲۳۴۵

بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی جلبک دریایی قرمز *Champia compressa* سواحل چابهار

صدیق محمدی[۱]، علی طاهری*[۲]

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

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

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۲۱
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۱۲/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۰

واژه‌های کلیدی:
آنتی‌اکسیدان،
چابهار،
چلاته‌کنندگی،
رادیکال آزاد،
Champia compressa

چکیده

جلبک‌های دریایی دارای خواص آنتی‌اکسیدانی هستند. در پژوهش حاضر، فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های آلی جلبک قرمز *Champia compressa* خلیج چابهار مورد آزمون قرار گرفت. استخراج عصاره از نمونه‌ها با غلظت ۱:۲۰ (حلال به جلبک) به روش خیساندن به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط انجام شد. حلال‌های مورد استفاده شامل متانول، هگزان، دی‌کلرومتان و کلروفرم در سطوح ۰/۰۱، ۰/۱، ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر بود. از آزمون‌های حذف رادیکال آزاد DPPH، احیاءکنندگی و چلاته‌کنندگی یون آهن استفاده شد. حداقل مقدار IC_{50} فعالیت مهار رادیکال آزاد DPPH جلبک *C. compressa* در عصاره متانولی با مقدار ۱/۰۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر و حداکثر مقدار آن در دی‌کلرومتان محاسبه شد. هم‌چنین، حلال کلروفرم با IC_{50} ۲/۶۴ بیش‌ترین میزان کلاته‌کنندگی را داشت. عصاره متانولی با IC_{50} ۰/۶۸ میلی‌گرم در میلی‌لیتر بیش‌ترین فعالیت کاهندگی را داشته است. هم‌چنین، با افزایش غلظت عصاره، میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن نیز افزایش می‌یابد. به‌طوری‌که، مهار رادیکال آزاد DPPH، قدرت کلاته‌کنندگی و فعالیت کاهندگی در غلظت ۱ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر اکثر عصاره‌ها نسبت به سایر غلظت‌ها اختلاف معنی‌داری را نشان داده است ($P<0/05$). در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که عصاره متانولی و کلروفرمی جلبک *C. compressa* دارای قدرت آنتی‌اکسیدانی خوبی می‌باشد. پژوهش‌های بیش‌تر برای بررسی کامل‌تر خواص آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های این جلبک توصیه می‌شود.

استناد: محمدی، صدیق، طاهری، علی (۱۴۰۳). بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی جلبک دریایی قرمز *Champia compressa* سواحل چابهار. *نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان*، ۱۳ (۱)، ۱۲۵-۱۱۳.
DOI: 10.22069/japu.2023.20669.1715

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

مواد غذایی در طول نگه‌داری در معرض انواع فسادهای فیزیکی، شیمیایی و میکروبی قرار می‌گیرند. بسیاری از پژوهش‌گران، اکسیداسیون چربی را به‌عنوان یکی از دلایل اصلی کاهش کیفیت ماهی و فرآورده‌های دریایی می‌دانند. چربی ماهیان به دلیل داشتن مقدار قابل‌توجهی از اسیدهای چرب با چند پیوند دوگانه در مقابل اکسیداسیون بسیار حساس و آسیب‌پذیر می‌باشد. این امر سبب ایجاد بو و طعم نامطلوب، تغییر رنگ، تغییر بافت، کاهش ظرفیت نگه‌داری آب، کاهش ارزش غذایی و تولید ترکیبات بعضاً سمی می‌شود (۱). استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی یکی از راهکارهای حفظ کیفیت مواد غذایی در برابر اکسیداسیون می‌باشد. متأسفانه گزارش‌ها بیانگر آن است که برخی از آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی مانند بوتیل هیدروکسی آنیزول BHA و بوتیل هیدروکسی تولوئن BHT در غلظت‌های بالا خاصیت سرطان‌زایی دارند. به‌علاوه استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی مانند TBHQ، در اتحادیه اروپا و در کشورهایی مانند کانادا و ژاپن دارای ممنوعیت‌هایی است (۲ و ۳). امروزه فعالیت آنتی‌اکسیدانی بسیاری از ترکیبات طبیعی را به عنوان عاملی برای تعیین ارزش زیستی آن‌ها در نظر می‌گیرند (٤). آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی به عنوان جایگزینی برای آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی جهت جلوگیری از اکسیداسیون در سیستم‌های غذایی توجه زیادی را به خود معطوف ساخته‌اند. با وجود تمرکز اطلاعات بر روی آنتی‌اکسیدان‌های موجود در گیاهان خشکی‌زی، بسیاری از منابع دریایی نیز برای کاوش ترکیبات زیست‌فعال جهت ساخت دارو و غذاهای سلامتی‌بخش مورد توجه قرار گرفته‌اند. جلبک‌های دریایی منبعی غنی از فیبرهای رژیم غذایی، مواد معدنی و پروتئین‌ها هستند (۵). نتایج نشان داده که ماکروجلبک‌های دریایی دارای آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی مختلف هستند و نقشی مهم در جلوگیری از اکسیداسیون لیپیدها که عامل اصلی در کاهش کیفیت غذاهای گوشتی در طول فرآوری و ذخیره‌سازی دارند، ایفا می‌کنند (٦). این جلبک‌های دریایی ترکیباتی برای محافظت خودشان در برابر اشعه ماوراءبنفش تولید و ذخیره می‌کنند، که شامل اسیدهای آمینه نوع مایکوسپورین، کاروتنوئیدها و زانتوفیل‌ها (آستازانتین، فوکوزانتین و زیزانتین) و ترکیبات فنولیک (مانند اسیدهای فنولیک، اسیدهای سینامیک، فلوروتانین‌ها، بروموفنول ها، ویتامین‌های E و C و پلی‌ساکاریدها) می‌باشند (۷). بنابراین بررسی خواص آنتی‌اکسیدانی ماکروجلبک‌های دریایی ایران برای استفاده احتمالی در صنایع غذایی به عنوان یک ترکیب آنتی‌اکسیدان بسیار ضروری است. در خلیج چابهار و سواحل آن، گونه‌های متعدد جلبک وجود دارد که خواص ضداکسیدان برخی از آن‌ها توسط پژوهش‌گرانی مانند باباخانی لشکان و همکاران (۲۰۱۲)، طاهری (۲۰۱٦)، طاهری و همکاران (۱۳۹۷)، گهرام زئی و طاهری (۱٤۰۰)، آقاجانپور و همکاران (۱۳۹۷)، احدی‌فر و همکاران (۱٤۰۰) مورد بررسی و تأیید قرار گرفته است (۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱٤). با این وجود خواص آنتی‌اکسیدانی دیگر گونه‌های جلبکی از جمله جلبک قرمز *C. compressa* هنوز مورد مطالعه قرار نگرفته است. جلبک *C. compressa* از گونه جلبک‌های قرمز می‌باشد که با رنگ قرمز مایل به ارغوانی شناسایی می‌گردد. ارتفاع تال این جلبک تا ۱۰ سانتی‌متر می‌رسد و قطر انشعابات آن تا ۳ میلی‌متر است. یک گونه جلبکی در قسمت میانی بین جزر و مدی است و در کل استان‌های سیستان و بلوچستان و هرمزگان پراکندگی دارد و در زمستان و اوایل بهار بلوم می‌نماید (۱۵). با توجه به پتانسیل بالای این جلبک که در زمان جزر در دسترس قرار دارد می‌توان به بررسی

استفاده از آن جهت کاربردهای زیست فنآور مبادرت ورزید. هدف از پژوهش حاضر، بررسی خواص آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های آلی جلبک قرمز *C. compressa* جمع‌آوری‌شده از سواحل چابهار و بررسی خواص آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های استخراجی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری نمونه جلبک: جلبک‌های قرمز *C. compressa*، به‌طور تازه از سواحل چابهار در منطقه بین جزر و مدی جمع‌آوری و به آزمایشگاه زیست فنآوری آبزیان دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار منتقل شدند. نمونه‌ها ابتدا توسط کلیدهای شناسایی هاروی (۱۸۳۸) و پارک و لی (۱۹۹۸)، شناسایی و سپس با آب شیرین شستشو شد تا باقی‌مانده ذرات اضافی و دانه‌های شنی برداشته شود (۱۶ و ۱۷). سپس نمونه‌ها ۲۴ ساعت در سایه در دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد به صورت اولیه خشک شد تا بیش‌ترین رطوبت ممکن گرفته شود و سپس توسط کیسه‌های پلاستیکی در بسته‌بندی‌های غیرقابل نفوذ نور یک روز در فریزر ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شد. نمونه‌ها سپس توسط دستگاه فریزدرایر، به طور کامل خشک و در یک آسیاب برقی (مدل: AR110O10)، به پودر تبدیل شدند و تا زمان استخراج در فریزر نگه‌داری شدند.

آماده‌سازی عصاره جلبک: ۵ گرم پودر جلبکی فریزدرای شده با در ۱۰۰ میلی‌لیتر حلال‌های هگزان، متانول، دی کلرومتان و کلروفرم (وزنی: حجمی) پس از سونیکیت کردن با دستگاه هموژنایزر اولتراسوند به‌مدت ۳ دقیقه با قدرت ۵۰ درصد، توسط روش غوطه‌وری مورد استخراج قرار گرفتند. استخراج نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در یک شیکر انکوباتور و در دمای آزمایشگاه انجام پذیرفت. سپس عصاره‌ها با کاغذ صافی واتمن ۴۲ فیلتر و زیر هود شیمیایی حلال پرانی شد. پس از جمع کردن نمونه‌ها تا زمان انجام آزمایش‌ها در فریزر ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شدند.

سنجش قدرت آنتی‌اکسیدان

سنجش خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد (DPPH): بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از رادیکال‌های آزاد پایدار ۲ و ۲ دی‌فنیل ۱ پیکریل هیدرازیل (DPPH)، انجام شد (۱۸). عصاره‌های مختلف به‌میزان ۱۲۵۰ میکرولیتر در محلول متانولی ۰/۱۶ میلی‌مولار که توسط فیلتر ۰/۴۵ فیلتر شد تهیه گردید و به آن ۱۲۵۰ میکرولیتر محلول رادیکال آزاد DPPH افزوده شد. ترکیب حاصل ۱ دقیقه توسط دستگاه شیکرلوله به خوبی مخلوط و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای محیط و در جای تاریک نگه‌داری شد. جذب محلول در طول موج ۵۱۷ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر خوانده شد. میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی رادیکالی عصاره‌ها با رابطه زیر محاسبه شد.

$$\text{فعالیت حذف رادیکال آزاد DPPH (٪)} = \{A_{\text{Control}} - A_{\text{Sample}} / A_{\text{Control}}\} \times 100$$

که در آن، A_{sample} جذب نمونه بعد از زمان مورد نظر و $A_{control}$ جذب محلول DPPH و فاقد نمونه است. اسیدآسکوربیک (۰/۰۲ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) به عنوان نمونه استاندارد مورد استفاده قرار گرفت.

سنجش چلاته‌کنندگی یون آهن: فعالیت چلاته کردن مطابق روش ارائه شده توسط دینیز و همکاران (۱۹۹۴) صورت گرفت (۱۹). از غلظت‌های مختلف عصاره (۰/۰۱، ۰/۱، ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) ۳/۷ میلی‌لیتر با ۰/۱ میلی‌لیتر کلرید آهن مخلوط شد و محلول موردنظر ۳ دقیقه استراحت نمود و بعد ۰/۲ میلی‌لیتر فروزین به محلول اضافه و به شدت تکان

داده شد. مخلوط ۱۰ دقیقه در دمای اتاق نگه داشته شد و بعد از آن جذب در ٥٦٢ نانومتر قرائت گردید. یک شاهد بدون نمونه به شیوه مشابه تهیه شد. برای شاهد مثبت میزان ۰/۱ میلی‌گرم در میلی‌لیتر EDTA استفاده شد. فعالیت چلاته کردن با رابطه زیر سنجش گردید:

$$\text{درصد چلاته‌کنندگی} = \{(A_0-A_1)/A_0\} \times 100$$

که در آن، A_0 جذب کنترل و A_1 جذب عصاره‌ها یا شاهد مثبت را نشان می‌دهد. گروه کنترل حاول $FeCl_2$ و ferrozine و آب مقطر بود.

فعالیت احیاءکنندگی: میزان فعالیت احیاءکنندگی براساس روش تغییر یافته اویایزو (۱۹۸٦)، مورد بررسی قرار گرفت (۲۰). یک میلی‌لیتر محلول عصاره در غلظت‌های مختلف (۰/۰۱، ۰/۱، ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) با ۱ میلی‌لیتر فسفات بافر ۰/۲ مولار (پی‌اچ ٦/٦) ترکیب شد و سپس ۱ میلی‌لیتر پتاسیم فری سیانید ۱ درصد به آن اضافه شد و به مدت ۲۰ دقیقه در انکوباتور در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و ۱ میلی‌لیتر TCA ۱۰ درصد به آن اضافه شد. مخلوط ده دقیقه ۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس ۲ میلی‌لیتر از محلول لایه فوقانی برداشته شد و با ۲ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط گردید و ۰/٤ میلی‌لیتر محلول کلرید آهن ۰/۱ درصد به آن اضافه و بعد از ۱۰ دقیقه جذب در ۷۰۰ نانومتر بررسی شد. افزایش میزان جذب نشان‌دهنده افزایش فعالیت احیاءکنندگی است. برای شاهد مثبت از اسید آسکوربیک به میزان ۰/۰۲ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر استفاده شد.

تجزیه و تحلیل آماری: آنالیز داده‌ها توسط آنالیز واریانس یک‌طرفه و پس آزمون Tukey انجام شد. محاسبه داده‌ها با بسته‌های نرم‌افزاری Graphpad-Prism (نسخه ۷) انجام گردید. محاسبه IC_{50} با استفاده از رگرسیون خطی غلظت‌های مختلف در مقابل پاسخ و به‌دست آوردن فرمول خط محاسبه و گزارش شد.

نتایج

خنثی کردن رادیکال آزاد DPPH: مقایسه درصد خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد DPPH در حلال‌های مختلف جلبک *C. compressa* نشان داد که عصاره متانولی با مقدار ٤٤/۱ درصد بیش‌ترین و عصاره دی‌کلرومتان با ۱/۱ درصد کم‌ترین مقدار را در غلظت ۱ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر، داشته و اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها و سایر حلال‌های مورد آزمایش مشاهده شد ($P<۰/۰۵$). هم‌چنین مشابه چنین نتیجه‌ای در سایر غلظت‌ها، نیز مشاهده شده است. در غلظت‌های مختلف حلال‌های متانول، کلروفرم و ان هگزان با کاهش غلظت از یک میلی‌گرم در میلی‌لیتر به ۰/۰۱ میلی‌گرم در میلی‌لیتر توان خنثی‌سازی رادیکال آزاد DPPH نیز کاهش می یافت. عصاره دی کلرومتانی کم‌ترین خاصیت را داشت و فقط در غلظت یک میلی‌گرم در میلی‌لیتر توان اندک حذف رادیکال آزاد را نشان داد. در تمامی تیمارها اسید آسکوربیک اختلاف معنی‌داری با سایر غلظت‌های عصاره نشان داد و خواص آنتی‌اکسیدانی بالاتری داشت ($P<۰/۰۵$) (جدول ۱). مطالعه آماری غلظت‌های هر عصاره نشان داد که تمامی غلظت‌های متانول با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند. در مورد کلروفرم نیز تمامی غلظت‌ها با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نشان دادند ($P<۰/۰۵$). غلظت ۱ و ۰/۵ میلی‌گرم در میلی‌لیتر ان هگزان اختلاف معنی‌داری نداشتند اما با غلظت‌های کم‌تر اختلاف معنی‌دار نشان دادند. نتایج مقادیر IC_{50} نیز نشان داده که متانول با مقدار IC_{50} ۱/۰۵ میلی‌گرم در میلی‌لیتر بالاترین، کلروفرم با مقدار ۲/۲۹ و هگزان با مقدار ۲/۷۹ میلی‌گرم در میلی‌لیتر، توانایی متوسط و دی‌کلرومتان با IC_{50} ٤٦/۷۱، کم‌ترین تأثیر را در مهار رادیکال آزاد DPPH دارند.

جدول ۱- نتایج بررسی اثر مهار رادیکال آزاد DPPH عصاره‌های آلی جلبک *Champia compressa* در غلظت‌های مختلف.

عصاره / غلظت mg/mL	متانول	کلروفرم	دی کلرومتان	ان- هگزان	آسکوربیک اسید
۱	٤٤/۱±۲/۱۷^{bA}	۲۵±۱/۲^{cA}	۱/۱±۰/۰۸^{eA}	۲۰/۱۲±۱/۱^{dA}	۹۵/۰۰±۲/۰۰^{a}
۰/۵	۳۸/۱۱±۱/٤۷^{bB}	۱۸±۲/۱۱^{cB}	۰/۰±۰/۰^{dB}	۱۷/۱۳±۲/۲۳^{cA}	۹۵/۰۰±۲/۰۰^{a}
۰/۱	۲۱/۱۲±۲/۹^{bC}	۱۲/۱۳±۱/۲۱^{cC}	۰/۰±۰/۰^{dB}	۱۰/۷۷±۱/٤٤^{cB}	۹۵/۰۰±۲/۰۰^{a}
۰/۰۱	۷/۲۱±۱/۱^{bD}	٤/۲۲±۱/۷۷^{bcD}	۰/۰±۰/۰^{dB}	۲/۱۳±۱/۱۵^{cdC}	۹۵/۰۰±۲/۰۰^{a}

نتایج به‌صورت انحراف معیار ± میانگین گزارش شده است. اختلاف آماری در هر ردیف با حروف a، b و c کوچک و در هر ستون با حروف بزرگ A، B، C و D گزارش شده است

چلاته‌کنندگی عصاره جلبک: بر اساس داده‌های حاصل از سنجش فعالیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از تست چلاته‌کنندگی یون آهن جلبک *C. compressa* در غلظت ۰/۰۱ و ۰/۱ میلی‌گرم در میلی‌لیتر تفاوت معنی‌داری بین عصاره‌های مختلف مشاهده نشد (P>۰/۰۵). متانول در این دو غلظت هیچ فعالیت کلاته‌کنندگی نداشت. ان هگزان نیز در کم‌ترین غلظت فاقد فعالیت بود. در غلظت ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم در میلی‌لیتر حلال کلروفرم به طور معنی‌داری بیش‌ترین و حلال متانول به‌طور معنی‌داری کم‌ترین اثر چلاته‌کنندگی را داشت (P<۰/۰۵). توان کلاته‌کنندگی عصاره دی کلرومتانی و ان هگزانی بیش‌تر از متانول و کم‌تر از کلروفرم بود و در غلظت ۱ میلی‌گرم در میلی‌لیتر مشابه یکدیگر ثبت شد (جدول ۲). در مطالعه آماری غلظت‌های هر عصاره نیز مشخص گردید عصاره کلروفرمی در تمامی غلظت‌ها اختلاف معنی‌دار داشت (P<۰/۰۵). عصاره دی کلروفرمی در غلظت ۱ و ۰/۵ میلی‌گرم در میلی‌لیتر اختلاف معنی‌دار نداشتند اما با دو غلظت دیگر اختلاف معنی‌دار نشان دادند. عصاره‌های متانولی و هگزانی در غلظت‌های ۰/۱ و ۰/۰۱ میلی‌گرم در میلی‌لیتر فاقد اختلاف معنی‌دار بودند (P>۰/۰۵)، اما در سایر غلظت‌ها اختلاف معنی‌دار داشتند. نتایج IC_{50} نیز نشان داده که کلروفرم با مقدار ۲/٦٤ میلی‌گرم در میلی‌لیتر بیش‌ترین و متانول با مقدار ۲۱/۸ میلی‌گرم در میلی‌لیتر کم‌ترین میزان فعالیت را دارا هستند و حلال دی‌کلرومتان با مقدار ۵/۱۵ و هگزان با مقدار ۷/۰۵ میلی‌گرم در میلی‌لیتر توانایی متوسطی در چلاته‌کنندگی یون آهن برخوردار می‌باشند. در این جلبک با افزایش غلظت عصاره، میزان چلاته‌کنندگی فلزات افزایش یافته است. در کل فعالیت چلاته‌کنندگی عصاره‌ها در بهترین حالت ۲۰ درصد بود که با شاهد EDTA اختلاف معنی‌داری داشت و شاهد مثبت بالاترین فعالیت چلاته‌کنندگی را نشان داد.

جدول ۲- نتایج بررسی اثر چلاته‌کنندگی عصاره‌های آلی جلبک *Champia compressa* در غلظت‌های مختلف.

غلظت mg/mL \ عصاره	متانول	کلروفرم	دی کلرومتان	ان- هگزان	EDTA
۱	۲/۲±۱/۰^{dA}	۱۹/۱±۱/۱^{bA}	۷/۱±۰/۹^{cA}	۷/۱۱±۱/۲^{cA}	۸۳/۰۰±۳/۱^{a}
۰/۵	۰/۱۹±۰/۱۱^{dB}	۱۲±۰/۸^{bB}	٦/۲±۱/۳۱^{cA}	٤/۱۲±۰/۹^{cdB}	۸۳/۰۰±۳/۱^{a}
۰/۱	۰/۰±۰/۰^{bC}	۳/٦۱±۱/۱^{bC}	۱/۵±۰/۱۲^{bB}	۱/۱±۰/۰٤^{bC}	۸۳/۰۰±۳/۱^{a}
۰/۰۱	۰/۰±۰/۰^{bC}	۰/۷۲±۰/۰٤^{bD}	۰/۹±۰/۰۷^{bB}	۰/۰±۰/۰^{bC}	۸۳/۰۰±۳/۱^{a}

نتایج به‌صورت انحراف معیار ± میانگین گزارش شده است. اختلاف آماری در هر ردیف با حروف a، b و c کوچک و در هر ستون با حروف بزرگ A، B، C و D گزارش شده است

قدرت کاهشی عصاره‌های جلبکی: نتایج حاصل از سنجش قدرت کاهشی در جلبک *C. compressa* نشان داد که در تمامی غلظت‌ها متانول بیش‌ترین مقدار را داشته است (P<۰/۰۵). عصاره دی کلرومتانی، کلروفرمی و ان هگزانی در تمامی غلظت‌ها با عصاره متانولی اختلاف معنی‌دار نشان دادند اما با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نداشتند. با کاهش غلظت عصاره قدرت کاهشی نیز کاهش یافت. اسید آسکوربیک با اختلاف معنی‌دار از تمامی تیمارها و غلظت‌ها فعالیت کاهشی بیش‌تری داشت (P<۰/۰۵). در مطالعه آماری غلظت‌های مختلف هر عصاره مشخص شد که عصاره‌های متانولی و دی کلرومتانی در غلظت‌های ۱ و ۰/۵ میلی‌گرم در میلی‌لیتر فاقد اختلاف معنی‌دار بودند اما با دو غلظت کم‌تر اختلاف معنی‌دار داشتند. در عصاره کلروفرمی فقط در غلظت‌های ۰/۱ و ۰/۰۱ میلی‌گرم در میلی‌لیتر عدم اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید و در عصاره هگزانی تمامی غلظت‌ها با هم اختلاف معنی‌دار داشتند. بر اساس نتایج مقدار IC_{50} فعالیت کاهشی متانول (۰/٦۸ میلی‌گرم در میلی‌لیتر)> دی‌کلرومتان (۲/۷٦ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) > کلروفرم (۲/۹۳ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) > هگزان (۳/۵ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) می‌باشد.

جدول ۳- نتایج بررسی قدرت کاهشی عصاره‌های آلی جلبک *Champia compressa* در غلظت‌های مختلف.

غلظت mg/mL \ عصاره	متانول	کلروفرم	دی کلرومتان	ان- هگزان	آسکوربیک اسید
۱	۰/٦۵±۰/۱٤^{bA}	۰/۱۷±۰/۰۲^{cA}	۰/۲۱±۰/۰۳^{cA}	۰/۱۵±۰/۰۱^{cA}	۰/۹±۰/۰۰٦^{a}
۰/۵	۰/٤٤±۰/۰۷^{bA}	۰/۱۲±۰/۰۳^{cB}	۰/۱۷±۰/۰۳^{cA}	۰/۱۲±۰/۰۱^{cB}	۰/۹±۰/۰۰٦^{a}
۰/۱	۰/۲۰±۰/۰٤^{bB}	۰/۰٤±۰/۰۱^{cC}	۰/۱۰±۰/۰۲^{cB}	۰/۰۵±۰/۰۱^{cC}	۰/۹±۰/۰۰٦^{a}
۰/۰۱	۰/۰۷±۰/۰۲^{bB}	۰/۰±۰/۰^{cC}	۰/۰٤±۰/۰۱^{cB}	۰/۰۱±۰/۰^{cD}	۰/۹±۰/۰۰٦^{a}

نتایج به‌صورت انحراف معیار ± میانگین گزارش شده است. اختلاف آماری در هر ردیف با حروف a، b و c کوچک و در هر ستون با حروف بزرگ A، B، C و D گزارش شده است

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش، فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های آلی جلبک *C. compressa* جمع‌آوری‌شده از سواحل چابهار با روش‌های حذف رادیکال آزاد DPPH، قدرت چلاته‌کنندگی یون فلزی و قدرت کاهندگی بررسی شد. در مطالعه حذف رادیکال آزاد DPPH حداقل مقادیر IC_{50} در حلال متانول با مقدار ۱/۰۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر (٤٤/۱ درصد مهار رادیکال) محاسبه شد. مهار رادیکال آزاد در مطالعات مختلف و جلبک‌های مختلف پاسخ متفاوتی داشته است. از جمله در پژوهش آک و تورکر (۲۰۱۸)، پایین‌ترین مقدار IC_{50} فعالیت مهار رادیکال آزاد در جلبک قهوه‌ای با ۲/٦۷ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر در مقایسه با جلبک‌های قرمز و سبز دیده شد و در پژوهش الامرو و همکاران (۲۰۱۹)، در عصاره اتانولی و آبی جلبک *Laurencia* به ترتیب ٥/٦٤، ٦/۳٤ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر گزارش شد (۲۱ و ۲۲). با توجه به این‌که کم‌تر بودن میزان IC_{50} نشان از کارآیی بالاتر دارد بنابراین نتایج پژوهش حاضر از این دو مطالعه بهتر بود. در مطالعه حیدری و همکاران (۱۳۹٤)، بیش‌ترین میزان فعالیت حذف رادیکال آزاد توسط عصاره جلبک *Cystoceira trinodis* ۲۲/۸۷ درصد گزارش شد که کم‌تر از پژوهش حاضر بود (۲۳). حیدری و همکاران (۱۳۹٦) بیش‌ترین فعالیت حذف رادیکال آزاد را در عصاره متانولی جلبک *Gracilaria corticata* به میزان ٥۸/۸٥ درصد گزارش کردند که بیش از پژوهش حاضر بود البته عصاره اتانولی جلبک *G. corticata* فعالیت ٤۷/۲۸ درصد نشان داد (۲٤). در مطالعه هیدایتی و همکاران (۲۰۲۰) عصاره جلبک *Grasilaria arcuata* ٤٦/۲ درصد فعالیت حذف رادیکال آزاد داشت که مشابه پژوهش حاضر بود (۲٥). هم‌چنین در مطالعه احدی‌فر و همکاران (۱٤۰۰)، عصاره جلبک *Sargassum vulgare* بیش‌ترین میزان DPPH ۲٤/۰۸ درصد گزارش شد (۱٤). در پژوهش حاضر بهترین فعالیت حذف رادیکال آزاد در عصاره متانولی گزارش شد. در پژوهش‌های کومار و همکاران (۲۰۰۷) روی *Kappaphycus alvarezii*، راجوریا و همکاران (۲۰۱۳) روی جلبک *Himanthalia elongate*، نیز بالاترین فعالیت مهار رادیکال آزاد DPPH در عصاره متانولی گزارش شد (۲٦ و ۲۷). این پژوهش‌گران به این نتیجه رسیدند که تفاوت در قطبیت حلال و قطبیت ترکیبات آنتی‌اکسیدانی جلبک‌ها می‌تواند بر کارایی جلبک‌ها تأثیر بگذارد. برخی از گونه‌ها عمدتاً دارای ترکیبات آنتی‌اکسیدانی قطبی هستند، بنابراین حلال‌هایی با قطبیت بیش‌تر مانند متانول عملکرد بهتری را نسبت به سایر حلال‌ها دارد.

ترکیبات مختلفی در عصاره‌های آلی جلبک می‌توانند عامل فعالیت آنتی‌اکسیدانی باشند. فنول یک ترکیب شیمیایی است که دارای پتانسیل بالایی از فعالیت آنتی‌اکسیدان است، اگرچه این ترکیب تنها محرک فعالیت آنتی‌اکسیدانی در جلبک‌ها نیست. ترکیبات تری ترپن (Triterpene)، پنتاسیکلیک‌ها (pentacyclics)، ویتامین C، رنگدانه‌هایی مانند کلروفیل (chlorophyll) نیز می‌توانند به عنوان آنتی‌اکسیدان در جلبک‌ها عمل کنند (۲۸). نیاز است که مطالعات فیتوشیمیایی روی ترکیبات عصاره‌های جلبک *C. compressa* انجام شود.

در پژوهش حاضر، فعالیت چلاته‌کنندگی متوسطی به‌دست آمد. حلال کلروفرم با IC_{50} ۲/٦٤ میلی‌گرم در میلی لیتر در جلبک *C. compressa* بیش‌ترین میزان چلاته‌کنندگی (۱۹/۱ درصد) را داشت. در مطالعه احدی‌فر و همکاران (۱٤۰۰)، عصاره جلبک *Sargassum vulgare* بیش‌ترین میزان چلاته‌کنندگی ۱٤/۰۳ درصد در غلظت ۲ میکروگرم در میلی‌لیتر گزارش شد (۱٤). در مطالعات صورت گرفته

توسط محمدی و همکاران (۱۳۹٦ و ۱۳۹۸) روی عصاره جلبک‌های *Iyengaria stellate* و *Nizimuddinia zanardini* فعالیت چلاته‌کنندگی به ترتیب ۹۱/۱٤ و ۷٦/۲٤ درصد گزارش کردند که هر سه این پژوهش‌ها قدرت چلاته‌کنندگی بیش‌تری از پژوهش حاضر داشتند (۲۹ و ۳۰). مطالعات مختلفی در زمینه سنجش آنتی‌اکسیدانی جلبک‌ها با استفاده از تست چلاته‌کنندگی صورت گرفته است که برخی از آن‌ها حلال‌هایی با قطبیت بالا و برخی حلال‌هایی با قطبیت متوسط را حلال مناسبی برای این آزمایش گزارش دادند. برای مثال در پژوهش لوویز و همکاران (۲۰۱۷)، روی گونه *C. lentillifera* حلال کلروفرم نسبت به سایر حلال‌های قطبی و غیرقطبی، بیش‌ترین درصد چلاته‌کنندگی را داشته است که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد (۳۱). در مطالعه ابراهیم‌زاده و همکاران (۱۳۹۷)، روی جلبک‌های *Nannochloropsis oculata* و *Gracilaria gracilis* و طاهری و همکاران (۱۳۹٦) روی جلبک *Cystoseira trinodis* اتیل استات بیش‌ترین قدرت کلاته‌کنندگی را داشت (۱۰ و ۳۲). پژوهش‌گران میزان چلاته‌کنندگی بیش‌تر عصاره کلروفرمی جلبک را به مهار پلی‌فنول اکسیدازها نسبت داده‌اند (۳۳ و ۳٤). در بررسی مکینیک و همکاران (۲۰۱۹)، مشخص شد که ترکیباتی با ماهیت قطبی و تا حدی غیرقطبی علاوه بر ترکیبات فنولی در فعالیت چلاته‌کنندگی و کاهندگی عصاره‌های استخراج شده برخی از جلبک‌ها دخیل هستند (۳۵).

بر اساس یافته‌ها فلزات مس، روی و آهن در واکنش‌های اکسیژن، رشد سلول و سایر واکنش‌های آنزیمی، متابولیسمی و ایمنی بدن شرکت می‌کنند (۳٦). تجمع فلز در بدن انسان منجر به آسیب دیدن بسیاری از اندام‌ها به ویژه سیستم‌های عصبی، تنفسی و تولیدمثل می‌شود (۳۷). در حقیقت، تجمع فلز باعث تولید گونه‌های اکسیژن فعال (Reactive oxygen species) و سپس منجر به پراکسیداسیون لیپید غشایی می‌شود. علاوه بر این، یون‌های آهن و مس از طریق واکنش‌های مشابه فنتون، رادیکال هیدروکسیل تولید می‌کنند و با DNA و پروتئین واکنش نشان می‌دهند و باعث اختلال در عملکرد میتوکندری می‌شوند. ترکیب پروتئین نهایی می‌تواند به اختلال آپوپتوز/ نکروز منجر شود. جلبک دریایی، با ترکیبات مختلف از جمله پلی فنول‌های متعدد و الیگو/ پلی‌ساکاریدهای غنی از گروه هیدروکسیل و گروه کربونیل، قادر به چلاته کردن فلز هستند (۳۸). بنابراین، با توجه به نتایج، جلبک قرمز *C. compressa* ممکن است عامل چلاته‌کننده در نظر گرفته شود زیرا قادر به چلاته کردن یون‌های فلزی می‌باشد.

قدرت کاهندگی، یک شاخص از فعالیت‌های آنتی‌اکسیدان است که با استفاده از واکنشی که Fe_3^+ در آن به Fe_2^+ تبدیل می‌کند اندازه‌گیری می‌شود (۳۹ و ٤۰). در پژوهش حاضر، حداکثر توان کاهندگی جلبک در حلال متانول با IC_{50} ۰/٦۸ میلی‌گرم در میلی‌لیتر مشاهده شده است که خواص کاهشی قابل‌توجهی را نشان می‌دهد. در مطالعه گهرامزئی و طاهری (۱٤۰۰)، روی جلبک *Rhizoclonium riparium* بیش‌ترین قدرت کاهندگی در عصاره کلروفرمی با میزان ۰/۷ گزارش شد که نزدیک به نتایج این پژوهش در عصاره متانولی با قدرت کاهشی ۰/٦۵ می‌باشد (۱۲). در پژوهش حیدری و همکاران (۱۳۹٦)، عصاره جلبک *Cystoseira myrica* بیش‌ترین توان احیاءکنندگی را با جذب نوری حدود ۰/۸ داشت که بیش از پژوهش حاضر بود (۲٤). در بررسی شانموگا راجان و بهات (۲۰۱٦) و عالم سبوج و همکاران (۲۰۲۱)، عصاره متانولی، در پژوهش بویار

و همکاران (۲۰۲۰)، عصاره اتانولی، در بررسی طاهری و همکاران (۱۳۹۶) روی عصاره جلبک قهوه‌ای *Cystoseira indica* و در پژوهش طاهری و همکاران (۱۳۹۶) روی گونه *Cystoseira trinodis*، بیش‌ترین میزان فعالیت احیاءکنندگی مربوط به عصاره کلروفرمی گزارش شده است (۱۰، ٤١، ٤٢، ٤٣، ٤٤). پاسخ‌های متفاوت عصاره‌ها در روش‌های مختلف آنتی‌اکسیدانی در گونه‌های مختلف می‌تواند به تفاوت گونه‌ای و ساختاری آن‌ها (٤٥)، غلظت ترکیبات فنولی یا سایر ترکیبات زیست فعال در گونه‌ها بستگی داشته باشد (٤٦). بنابراین یک آزمایش به تنهایی نمی‌تواند منعکس‌کننده قدرت آنتی‌اکسیدانی یک گونه باشد. در کل حضور ترکیبات دهنده الکترون ویژگی‌های احیاءکنندگی را افزایش می‌دهد. به عبارتی با افزایش میزان ترکیبات احیاءکننده موجود در عصاره، قدرت احیاءکنندگی آن افزایش می‌یابد. در نتیجه عصاره قادر خواهد بود با اهداء الکترون واکنش‌های زنجیره‌ای تشکیل رادیکال‌های آزاد را شکسته و اکسیداسیون چربی را به تاخیر بیاندازد. واکنش ترکیبات احیاءکننده با پیش‌سازهای پراکسید نیز یکی دیگر از مکانیسم‌هایی که ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و احیاءکننده از تشکیل پراکسید در روغن‌ها و چربی‌ها جلوگیری می‌کنند (٤٧). لازم به ذکر است در مطالعه حاضر نتایج تمامی تست‌ها وابسته به دوز بود و با افزایش غلظت میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی نیز افزایش می‌یافت. این مسأله بیانگر آن است که با افزایش غلظت متابولیت‌های محلول در عصاره که خاصیت آنتی‌اکسیدانی دارند نیز افزایش می‌یابد.

در جمع‌بندی می‌توان گفت عصاره متانولی و کلروفرمی جلبک *C. compressa* دارای خواص آنتی‌اکسیدانی قابل‌توجهی می‌باشد و پژوهش‌های تکمیلی درون‌تنی و شناسایی ترکیبات زیست‌فعال در عصاره‌های برتر توصیه می‌گردد.

تقدیر و تشکر

نویسندگان از ستاد توسعه علوم و فنآوری گیاهان دارویی و طب سنتی وابسته به معاونت علمی، فنآوری و اقتصاد دانش بنیان ریاست جمهوری به‌خاطر حمایت از پژوهش در قالب طرح شماره ۱۱/۹۰۷٤۷ و دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار به جهت حمایت مادی و معنوی تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع

1. Paktarmani, M., Ehsani, A., & Qajarbeygi, P. (2017). Investigating - Increase the shelf life of fish with edible alginate sodium-Based film containing α-tocopherol. *Journal of Food Science and Technology*, 13 (61), 17-24.
2. Shahidi, F., & Zhong, Y. (2008). Bioactive Peptides. *Journal of AOAC International*, 91, 914-931.
3. Gordon, M. H. (1996). The mechanism of antioxidant action *in vitro*. In: Food Antioxidants. Hudson, B. J. F. (ed). Pp 1-18. Elsevier Applied Science, London, UK.
4. Roginsky, V., & Lissi, E. (2005). Review of methods to determine chain-breaking antioxidant activity in food. *Food Chemistry*, 92, 235-254.
5. Kuda, T., Tsunekawa, M., Goto, H., & Araki, Y. (2005). Antioxidant properties of four edible algae harvested in the Noto Peninsula, Japan. *Journal of Food Composition and Analysis*, 18 (7), 625-633.
6. Gupta, S., & Abu-Ghannam, N. (2011). Bioactive potential and possible health effects of edible brown seaweeds. Trends in Food Science & Technology, 22 (6), 315-326.
7. Vladkova, T., Georgieva, N., Staneva, A., & Gospodinova, D. (2022). Recent Progress in Antioxidant Active

Substances from Marine Biota. Antioxidants, 11 (3), 439.
8. Babakhani Lashkan, A., Rezaei, M., Rezaei, K., & Seifabadi, S. J. (2012). Optimization of extraction of antioxidant compounds in microwave-assisted extracts of brown algae *Sargassum angustifolium*. *Journal of Fisheries*, 65 (3), 243-255.
9. Taheri, A. (2016). Antioxidant activity in some Iranian seaweed species from Chabahar. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 15 (2), 802-817.
10. Taheri, A., Ghaffari, M., Bagherpour, N. S., & Attaran Fariman, G. (2017). Study the Antioxiative Properties of the Marine Algae *Cystoseira trinodis* extracts from Chabahar Coastal Water. *Journal of Shahid Sadoughi University*, 25 (8), 658-669.
11. Taheri, A., Ghaffari, M., Bagherpour, N., & 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.
12. Gahramzei, M., & Taheri, A. (2021). Antioxidant Properties of Organic Extracts of Seaweed *Rhizoclonium riparium* from Oman Sea. *Journal of Marine Medicine*, 3 (2), 107-115.
13. Aghajanpoor, N., Babakhani, A., & Tabarsa, M. (2020). Optimization of the extraction of antioxidant compounds from brown algae *Sargassum angustifolium* in the Persian Gulf by response surface methodology (RSM). *Aquaculture Sciences*, 8 (1), 43-58.
14. Ahadifar, M., Ojagh, S. M., Hoseinifar, H., Kordjazi, M., Khanlar, M., & Alishahi, A. (2021). Evaluation of antioxidant properties of aqueous extract of brown *Sargassum vulgare* macroalgae collected from Qeshm coast. *Utilization and Cultivation of Aquatics*, 10 (3), 49-63.
15. Gharanjik, B. M., & Rohani Ghadikolaei, K. (2009). Atlas of the sea algae of the Persian Gulf and Oman Sea coasts. *Iranian Fisheries Research Organization, Tehran*. 180p.
16. Harvey, W. H. (1838). The genera of South African plants, arranged according to the natural system. 429 p. Cape Town: A. S. Robertson, 21, Heeregracht.
17. Park, M. R., & Lee, I. K. (1998). Morphology and Phenology of *Champia expansa* Yendo and *C. compressa* Harvey from Korea. Algae, 13 (1), 85-99.
18. Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT- Food Science and Technology*, 28, 25-30.
19. Dinis, T. C. P., Madeira, V. M. C., & Almeida, L. M. (1994). Action of phenolic derivates (acetoaminophen, salycilate and 5- aminosalycilate) as inhibitors of membrane lipid peroxidation and as peroxyl radical scavengers. *Archive of Biochemistry and Biophysics*, 315 (1), 161-169.
20. Oyaizu, M. (1986). Studies on products of browning reaction. *The Japanese Journal of Nutrition and Dietetics*, 44 (6), 307-315.
21. Ak, I., & Turker, G. (2018). Antioxidant Activity of Five Seaweed Extracts. *New Knowledge Journal of Science*, 7 (2), 149-155.
22. Al-Amro, A. A., Al-Mutlaq, M. A., Al-Moauther, S., Al-Tukhaifi, N., Othaimeen, R. B., Al-Mutairi, N., Al-Rashed, S., Al-Malki, F., & Hyder Haq, S. (2019). Antioxidant Activity of Rhodophyta Algae Polysiphonia and Laurencia Collected from the Arabian Gulf. *Asian Journal of Applied Sciences*, 12, 71-75.
23. Heidari, M., Zolgharnine, H., Sakhaei, N., Mirzaei, A., & Movahedinia, A. (2015). Antibacterial and Anti-oxidant activity of three species of green, brown and red algae from Northern coast of Persian Gulf. *Iran South Medical Journal*, 18 (2), 383-392.
24. Heidari, M., Movahedinia, A., & Hosseini, S. (2017). 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*). *Journal of Environmental Science and Technology*, 19 (5), 179-189.

25. Hidayati, J. R., Yudiati, E., Pringgenies, D., Oktaviyanti, D. T., & Kusuma, A. P. (2020). Comparative study on antioxidant activities, total phenolic compound and pigment contents of tropical *Spirulina platensis*, *Gracilaria arcuata* and *Ulva lactuca* extracted in different solvents polarity. The 3rd International Symposium on Marine and Fisheries Research, Indonesia, 147, 1-9 (03012).
26. Kumar, A., & Chattopadhyay, S. (2007). DNA damage protecting activity and antioxidant potential of pudina extract. *Food Chemistry*, 100, 1377-1384.
27. Rajauria, G., Jaiswal, A. K., Gannam, M. A., & Gupta, S. (2013). Antimicrobial, Antioxidant and free radical – Scavenging capacity of brown seaweed *Himanthalia elongate* from western coast of Irel. *Journal of Food Biochemistry*, 37 (3), 322-335.
28. Lee, N. Y., Yunus, M. A. C., Idham, Z., Ruslan, M. S. H., Aziz, A. H. A., & Irwansyah, N. (2017). Extraction and identification of bioactive compounds from agarwood leaves. Second International Conference on Chemical Engineering (ICCE), 162, 1-6.
29. Mohammadi, E., Shabanpourh, B., & Kordjazi, M. (2017). Investigation of physicochemical properties, fatty acid profile and sensory evaluation of *Iyengaria stellata*, *Journal of Aquatic Physiology and Biotechnology*, 5 (3), 25-38.
30. Mohammadi, E., Shabanpourh, B., & Kordjazi, M. (2019). Effect of *Nizimuddinia zanardini* aqueous extract against human pathogenic microbes and evaluating its antioxidant activity. *Journal of Marine Biology*, 10 (4), 75-82.
31. Louis, P., Arive, C., Inquimboy, H., & Lazaro-Llanos, N. (2017). In Vitro Antioxidant Activity of Selected Seaweeds in the Philippines. *International Journal of Theoretical & Applied Sciences*, 9 (2), 212-216.
32. Ebrahimzadeh, M. A., Khalili, M., & Dehpour, A. A. (2018). 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*, 54 (1), 17280.
33. Chia, Y. Y., Kanthimathi, M. S., Khoo, K. S., Rajarajeswaran, J., Cheng, H. M., & Yap, W. S. (2015). Antioxidant and cytotoxic activities of three species of tropical seaweeds. *BMC Complement and Alternative Medicine*, 15, 339.
34. Adham, E. K. A., Hassan, A. I., Hamed, S. M., & Saber, A.A. (2017). Evaluation of iron-chelating activity of Caulerpa racemosa in iron-dextran induced iron overload in an experimental model of thalassemia. *International Journal of Clinical and Experimental Medicine*, 10 (3), 5561-5577.
35. Mekinic, I. V., Skroza, D., Simat, V., Hamed, H., Cagalj, M., & Perkovi, Z. P. (2019). Phenolic Content of Brown Algae (Pheophyceae) Species: Extraction, Identification, and Quantification. Biomolecules, 9, 244.
36. Sanjeewa, K. K. A., Jayawardena, T. U., Kim, H. S., Kim, S. Y., Ahn, G., Kim, H. J., Fu, X., Jee, Y., & Jeon, Y. J. (2019). Ethanol extract separated from *Sargassum horneri* (Turner) abate LPS-induced inflammation in RAW 264.7 macrophages. *Fish and Aquatic Sciences*, 22 (6), 1-10.
37. Kim, J. J., Kim, Y. S., & Kumar, V. (2019). Heavy metal toxicity: An update of chelating therapeutic strategies. *Journal of Trace Elements Medical Biology*, 54, 226-231.
38. Corsetto, P. A., Montorfano, G., Zava, S., Colombo, I., Ingadottir, B., Jonsdottir, R., Sveinsdottir, K., & Rizzo, A. (2020). Characterization of Antioxidant Potential of Seaweed Extracts for Enrichment of Convenience Food. *Antioxidants*, 9, 249.
39. Gontijo, V. S., Souza, T. C., Rosa, I. A., Soares, M. G., Silva, M. A., Vilegas, W., Viegas, C., & Santos, M. H. (2012). Isolation and evaluation of the

antioxidant activity of phenolic constituents of the *Garcinia brasiliensis* epicarp. *Food Chemistry*, 132 (3), 1230-1235.

40. Sharma, P., Gujral, H. S., & Singh, B. (2012). Antioxidant activity of barley as affected by extrusion cooking. *Food Chemistry*, 131 (4), 1406-1413.
41. Shanmuga Rajan, N., & Bhat, R. (2016). Antioxidant compounds and antioxidant activities in unripe and ripe kundang fruits (*Bouea macrophylla* Griffith). *Fruits*, 71 (1), 41-47.
42. Alam Sobuj, M. K., Ariful Islam, M., Shoebul Islam, M., Mohidul Islam, M., Mahmud, Y., & Rafiquzzaman, S. M. (2021). Effect of solvents on bioactive compounds and antioxidant activity of *Padina tetrastromatica* and *Gracilaria tenuistipitata* seaweeds collected from Bangladesh. Scientifc Reports, 11, 19082.
43. Bhuyar, P., Rahim, M. H., Sundararaju, S., Maniam, G. P., & Govindan, N. (2020). Antioxidant and antibacterial activity of red seaweed *Kappaphycus alvarezii* against pathogenic bacteria. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 6 (1), 47-58.
44. Taheri, A., Ghaffari, M., Houshmandi, S., & Namavari, M. M. (2017). Investigation of the anticancer and antioxidant activity of the brown algae (*Cystoseira indica*) extract against the colorectal cancer cells. *Feyz*, 21 (4), 317-325.
45. Blanc, N., Hauchard, D., Audibert, L., & Ar Gall, E. (2011). Radical-scavenging capacity of phenol fractions in the brown seaweed *Ascophyllum nodosum*. An electrochemical approach. *Talanta*, 84, 518-513.
46. Cai, Y. Z., Sun, M., Xing, J., Luo, Q., & Corke, H. (2006). Structure-radical scavenging activity relationships of phenolic compounds from traditional Chinese medicinal plants. *Life Science*, 78, 2872-2888.
47. Kumaran, A., & Karunakaran, R. J. (2007). Antioxidant and free radical scavenging activity of an aqueous extract of Coleus aromaticus. *Food Chemistry*, 97, 109-114.