مجله بوم شناسی آبزیان

Journal homepage: http://jae.hormozgan.ac.ir

ارتباط صفات آنتی‌اکسیدانی عصاره داینوفلاژله‌ی همزیست *Symbiodinium* sp. تحت عوامل فیزیکوشیمیایی طی فصول مختلف در خلیج‌های فارس و عمان

سروناز بی غم سوستانی[۱]، مرتضی یوسف زادی*[۲،۱]، بهروز زارعی دارکی[۳]، محمد شریف رنجبر[۴،۱]

۱. گروه زیست شناسی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

۲. گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه قم، قم،ایران

۳. گروه زیست شناسی دریا، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

۴. پارک زیست فناوری خلیج‌فارس، جزیره قشم، ایران

نوع مقاله

پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۰۱

تاریخ چاپ الکترونیک: ۱۴۰۱/۱۱/۰۸

***نویسنده مسئول:**

morteza110110@gmail.com

چکیده

سفید شدن مرجان‌ها، از بین رفتن جلبک‌های همزیست داینوفلاژله *Symbiodinium* sp. و یا رنگدانه‌های ریز جلبک فتوسنتز کننده از میزبان مرجانی آن‌ها در چند دهه اخیر به دلیل افزایش دمای آب دریا و تغییرات فاکتورهای فیزیکوشیمیایی به یک اتفاق عادی تبدیل شده است. بررسی حساسیت به سفید شدن در مرجان ها، فیزیولوژی جلبک همزیست و ظرفیت آن برای مقابله با استرس غیر زیستی امری ضروری است. استرس اکسیداتیو با توجه به اینکه می‌تواند از اختلال عملکرد فتوسنتزی ناشی از دما و سایر فاکتورهای فیزیکوشیمیایی ناشی شود از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. هدف از این مطالعه مقایسه اثرات فاکتورهای فیزیکوشیمیایی بر عملکرد فتوسنتزی داینوفلاژله *Symbiodinium* sp. همزیست با شقایق دریایی *Stichodactyla haddoni* در خلیج‌فارس و خلیج عمان است. برای تعیین اینکه آیا *Symbiodinium* sp. همزیست کشت‌شده دارای حساسیت‌های متفاوتی نسبت به استرس اکسیداتیو است یا خیر و آیا فصل زمستان و تابستان بر استرس اکسیداتیو و مقابله با آن نقش دارد از تست DPPH و روش احیای یون فریک (FRAP) استفاده شد و فاکتورهای فیزیکوشیمیایی از طریق دستگاه پروتابل HQ40D اندازه‌گیری شد. همچنین داده‌های هوا (سرعت باد) از وب سایت www.irimo.ir دریافت شد. آنالیز آماری از طریق آنالیز واریانس یک‌طرفه در سطح ۰/۰۵ و تجزیه و تحلیل نقشه حرارتی انجام شد. نتایج نشان داد که بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره *Symbiodinium* sp. در ساحل چابهار در فصل زمستان (IC50): ۱۳۵/۷۶۸ µgr/ml و کمترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آن در ساحل چابهار در تابستان (IC50۳۴۹/۰۹۰ µgr/ml): است. احیا یون فریک عصاره‌های *Symbiodinium* sp. بیشترین مهار را در مقایسه با آسکوربیک اسید در غلظت ۲ mg/ml (۰/۲۹۷) و کمترین مهار را در غلظت ۰/۰۶۳ mg/ml (۰/۰۱۵) در ساحل چابهار در فصل زمستان نشان داد.

کلید واژه‌ها: آنتی‌اکسیدان، زیست‌فناوری، خلیج‌فارس، خلیج عمان، صخره‌های مرجانی، *Symbiodinium* sp

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.2.3.5]

مقدمه

علی‌رغم اهمیت و ماندگاری صخره‌های مرجانی در طول زمان‌های مختلف زمین‌شناسی یکی از آسیب‌پذیرترین اکوسیستم‌های دریایی صخره‌های مرجانی هستند، (Hoegh-Guldberg *et al*., 1999). در سال‌های اخیر، کاهش شدید صخره‌های مرجانی رخ داده است، به‌طوری‌که تخمین زده می‌شود ۳۰ درصد از آن‌ها به‌شدت آسیب‌دیده باشند و تا سال ۲۰۳۰ تقریباً ۶۰ درصد از آن‌ها از بین بروند (Hughes et al. 2012, Donner., 2009, Hughes et al. 2011., Robinson *et al*., 2022).

صخره‌های مرجانی اغلب توسط رویدادهای طبیعی مانند طوفان و رسوب‌گذاری در معرض تهدید قرار می‌گیرند، اما آن‌ها می‌توانند با این رویدادهای پراکنده مقابله و سازگار می‌شوند. یک عامل بسیار مهم‌تر، افزایش دخالت‌های انسانی در چند دهه اخیر است که این تأثیرات محلی شامل پساب، اتروفیکاسیون (Grigg., 1994) و صید بیش‌ازحد (Norström et al. 2009) است. در مقیاس جهانی، صخره‌های مرجانی با گرمایش جهانی (Hughes *et al*., 2003, Hoegh-Guldberg *et al*., 2007, Harrison *et al*., 2011) و اسیدی شدن اقیانوس‌ها (Mair., 2022, Kleypas and Yates 2009, Crawley *et al*., 2010) مواجه هستند که هر دو ناشی از افزایش سطوح گازهای گلخانه‌ای (به‌ویژه CO_2) در جو است (Baumann *et al*., 2022). سفید شدگی مرجانی از بین رفتن داینوفلاژله‌های همزیست و یا رنگدانه‌های فتوسنتزی آن‌ها در پاسخ به استرس است. ازاین‌رو مرجان رنگ خود را از دست می‌دهد و در نهایت سبب مرگ مرجان می شود (Gates *et al*., 1992, Douglas., 2003). سفید شدن مرجان‌ها می‌تواند به دلیل طیف وسیعی از تنش‌های محیطی مانند اشعه ماوراءبنفش، افزایش و یا کاهش شوری و عفونت میکروبی ایجاد شود (Berkelmans and Oliver 1999, Rosenberg and Falkovitz 2004) اما تنش اصلی که صخره‌های مرجانی را تحت تاثیر قرار می‌دهد شامل افزایش دمای آب دریا بالاتر از حد معمول به همراه افزایش نور است (Mair., 2022, Perez et al. 2001).

تغییرات در شیمی اقیانوس‌ها به‌ویژه تغییرات سریع مانند اسیدیته دارای اثرات مستقیم و غیرمستقیم بر روی این گونه‌ها و زیستگاه‌های آن‌ها است. افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن و اسیدی شدن اقیانوس‌ها از اثرات مستقیم محسوب می‌شود که قادر است کل مراحل چرخه زندگی موجودات را تحت تأثیر قرار دهد. اثرات غیرمستقیم شامل تأثیر بر تأمین مواد غذایی یا ترکیبات غذایی است. (Raven *et al*., 2005; Marsh., 2008). سلامت مرجان *Porites compressa* در شمال مناطق ساحلی خلیج‌فارس توسط Kourandeh و همکاران (۲۰۱۳) مورد ارزیابی قرار گرفت و نتیجه گرفتند که دما یک عامل اثرگذار بر شاخص میتوزی است به‌صورت که بیشترین شاخص میتوزی را در فصل گرم برآورد کردند (Kourandeh *et al*., 2013). همچنین ارزیابی تغییرات فصلی در تراکم zooxanthellae توسط Fagoonee و همکاران (۱۹۹۹) بررسی شد و تغییرات فصلی را به‌عنوان عامل اثرگذار در تراکم همزیست عنوان کردند. جوامع مرجانی خلیج‌فارس قادر به تحمل دما در بالاترین آستانه‌ی دمایی هستند، این در حالی است که در تابستان‌هایی که دما به‌طور غیرمعمول گرم می‌شود، دما به‌عنوان عامل از بین رفتن و یا خروج همزیست‌های مرجانی محسوب می‌شود که در نهایت به سفید شدن مرجان و از بین رفتن آن‌ها منجر می‌شود (Riegl *et al*., 2011; Paparella *et al*., 2019; Burt *et al*., 2019). افزایش شوری یکی از عواملی است که می‌تواند مقاومت مرجان‌ها را نسبت به فشار حاصل از تنش‌های محیطی افزایش دهد این افزایش شوری در محدوده‌ی ppt ۳۵ تا ۴۰ گزارش‌شده است (Coles and Jokiel., 1978). اکوسیستم‌های بازمانند اقیانوس تا پایان قرن به دلیل تغییرات جوی حاصل از افزایش غلظت‌های pH و دی‌اکسیدکربن تغییر می‌یابند که درنهایت منجر به شکوفایی جلبک‌های مضر می‌شوند (Raven *et al*., 2020). رنگ‌دانه‌ها حاوی ترکیبات آلی هستند که آنها را قادر می‌سازد طول‌موج‌های خاصی از نور برای تولید رنگ‌های زیستی را جذب کنند. رایج‌ترین نوع رنگ‌دانه کاروتنوئیدها هستند. رنگ‌دانه‌ها دارای عملکردهای زیستی مختلف ازجمله خواص آنتی‌اکسیدان، ضد سرطان، ضد درد، محافظت در برابر اشعه ماوراءبنفش، پاسخ ایمنی و مقاومت در برابر بیماری‌ها در حیوانات و انسان‌ها هستند (Lorenz and Cysewski., 2000). داینوفلاژله‌ها دارای رنگ‌دانه‌های کلروفیل c، a، βکاروتن و

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-14]

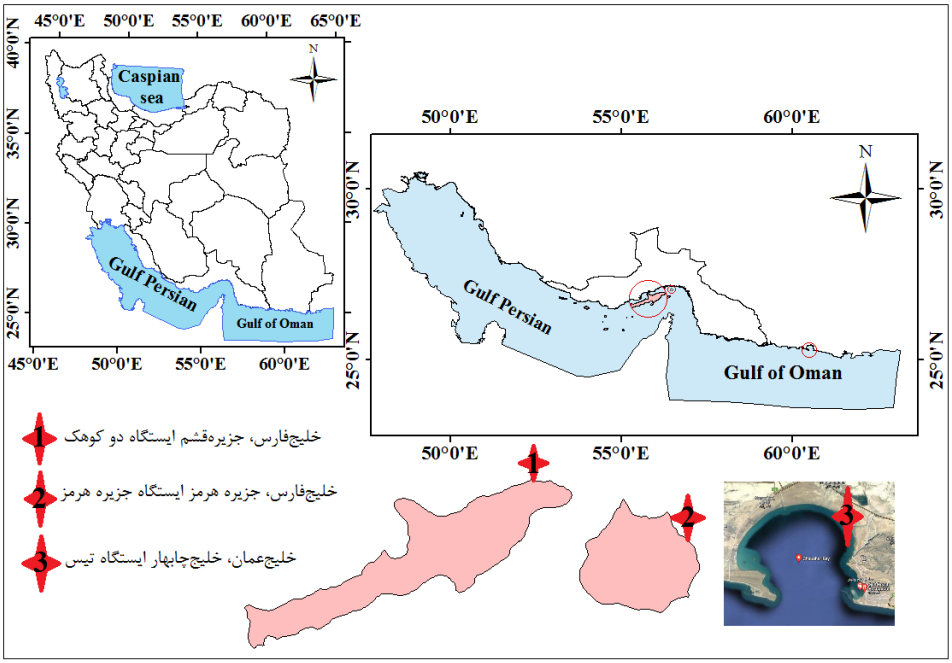
[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.2.3.5]

γکاروتن و ۷ نوع گزانتوفیل (عمدتاً پریدینین، فوکوگزانتین، دینوگزانتین) هستند (Zarei Darki and Krakhmalny, 2019). Benstein و همکاران (۲۰۱۴) کاروتنوئیدها را به‌عنوان رنگ‌دانه‌های دارای خواص آنتی‌اکسیدانی معرفی کردند. هدف از این مطالعه بررسی تأثیرات فاکتورهای فیزیکوشیمیایی بر فعالیت ضد اکسایشی داینوفلاژله *Symbiodinium* sp. همزیست با شقایق دریایی *Stichodactyla haddoni* در مناطق مطالعاتی است که در نتایج تأثیرگذارترین فاکتور مشخص‌شده است.

مواد و روش

نمونه‌برداری *Stichodactyla haddoni*

نمونه‌برداری شقایق دریایی *Stichodactyla haddoni* طی دو فصل تابستان و زمستان در سواحل شمالی خلیج‌فارس و خلیج عمان در سه منطقه انجام شد. مناطق نمونه‌برداری شامل: ۱. ایستگاه خلیج‌فارس، حاشیه جزیره قشم واقع در دو کوهک با مختصات (26°59'40.4"N 56°11'39.9"E) ۲. ایستگاه خلیج‌فارس، جزیره هرمز واقع در جزیره هرمز (27°04'50.1"N 56°29'25.9"E) ۳. ایستگاه خلیج عمان، خلیج چابهار، واقع در تیس (25°21'49.6"N 60°36'22.1"E) انتخاب شدند (شکل ۱). فاکتورهای فیزیکوشیمیایی از طریق دستگاه پرتابل باقابلیت اندازه‌گیری فاکتورهای pH، EC، DO، Salinity، TDS، O_2، O%، مدل HQ40D با سه تکرار اندازه‌گیری شد.



شکل ۱. مکان‌های نمونه‌برداری در سه ایستگاه خلیج‌فارس و خلیج عمان

نحوه استخراج *Symbiodinium sp.* همزیست با شقایق دریایی *Stichodactyla haddoni*

ابتدا برای شستن مواد خارجی چسبیده به صفحه‌ی دهانی ***Stichodactyla haddoni*** با استفاده از آب دریای فیلتر شده پاکسازی انجام شد و در ادامه با استفاده از تیغ بیستوری قسمت‌هایی از صفحه دهانی برش داده شد و ورتکس با استفاده از

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.2.3.5]

هموژنایزر دستی Thomas 3431E10EA به همراه ۵CC آب دریای فیلتر شده انجام شد. سوسپانسون یکدست ایجادشده در فالکن ۵۰CC انتقال یافت و به مدت ۵ دقیقه با دور g ۲۰۰۰ و دمای ۴°C سانتریفیوژ (یخچال‌دار) شد. بافت و لیپیدهای شقایق دریایی که در مایع رویی قرار داشت را دور ریختیم و رسوب حاوی *Symbiodinium sp.* همزیست را مجدد با آب دریای فیلتر شده سانتریفیوژ (یخچال‌دار) شد. تمام مراحل ذکر شده در نور کم و دمای پایین (روی یخ) انجام گرفت (Jeffrey and Haxo., 1968). پس از حذف آلودگی به‌وسیله‌ی شستشو، درنهایت به هر نمونه ۱۰۰۰µl آنتی‌بیوتیک (یک ترکیب آنتی‌بیوتیکی کانامایسین (۵۰ میکروگرم در لیتر)، آمپی‌سیلین (۱۰۰ میکروگرم در لیتر ۱) و استرپتومایسین (۵۰ میکروگرم در لیتر ۱) اضافه شد و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴°C قرار گرفت (Polne-Fuller., 1991; Olivieri *et al*., 2014).

کشت *Symbiodinium* sp.

محیط کشت ASP-12 جهت کشت داینوفلاژله *Symbiodinium* sp. مورداستفاده قرار گرفت. یکی از رایج‌ترین محیط‌های مورداستفاده برای کشت داینوفلاژله‌ها محیط کشت ASP-12 است، حجم موردنیاز از محیط کشت -ASP تهیه شد ، در دستگاه اتوکلاو قرار داده و استریل شد. سپس محیط کشت مایع در دمای ۱ ±۲۷ درجه سانتی‌گراد و دوره‌ی روشنایی ۱۴ ساعت جهت رسیدن به فاز موردنظر، بعد از ۳۰ روز نگهداری شدند (McLachlan.,1973; Benstein *et al*., 2014).

عصاره‌گیری از *Symbiodinium* sp.

نمونه‌های استفاده‌شده جهت عصاره‌گیری شامل نمونه‌ی کشت‌شده در شرایط آزمایشگاهی و نمونه‌ی استخراج‌شده *Symbiodinium* sp. از بافت *Stichodactyla haddoni* بود. ابتدا توسط فریز درایر ساخت کره مدل opr-fdu-7012 نمونه‌ها جهت عصاره‌گیری خشک شد. سپس یک گرم از پودر ریز جلبک در ۵۰ میلی‌لیتر متانول به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی قرار گرفت و سوپرناتانت را برداشته شد و روی رسوب مجدد ۵۰ میلی‌لیتر متانول ریخته شد و ۲۴ ساعت در تاریکی قرار گرفت. عصاره به‌دست‌آمده از مرحله دوم نیز با استفاده از کاغذ صافی فیلتر و به عصاره مرحله اول اضافه شد. درنهایت متانول توسط روتاری در دمای اتاق حذف و عصاره‌های خشک‌شده تا زمان استفاده در دمای ۱۸°C - نگهداری شدند (Yousefzadi *et al*., 2014).

اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی

روش DPPH[1]

یکی از رایج‌ترین روش‌های سنجش خاصیت آنتی‌اکسیدان تست DPPH است (Gulcin., 2020). رادیکال آزاد DPPH یک رادیکال آزاد پایدار با یک الکترون منفرد است که حداکثر جذب را در ۵۱۷ nm نشان می‌دهد، آنتی‌اکسیدان‌ها یک هیدروژن از دست می‌دهند و با الکترون منفرد رادیکال آزاد واکنش می‌دهند که موجب تشکیل یک طیف رنگی از صورتی تیره تا زرد می‌شوند. درواقع این طیف رنگی بر اساس الکترون‌های جذب‌شده طی واکنش در محیط ایجاد می‌شود که قابل‌اندازه‌گیری

[1] . 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.2.3.5]

است (Ganesan *et al*., 2011; Jacob-Lopes *et al*., 2020). در این مطالعه ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها به‌وسیله‌ی رابطه‌ی ۱ محاسبه شد (Widowati *et al*., 2017).

ارزیابی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

$$\%of\ inhibition = \frac{AC-AS}{AC} \times 100$$

در این رابطه Ac[۲] میزان جذب نوری کنترل منفی است که در آن تمام مواد به‌استثنای عصاره‌ها وجود دارد، As[۳] جذب نوری غلظت‌های مختلف عصاره‌های *Symbiodinium* sp. است و Af[۴] درصد جذب نهایی هر عصاره در یک غلظت معین و بیانگر درصد مهارکنندگی آن بر روی رادیکال آزاد است. در نهایت غلظتی که در آن عصاره‌های *Symbiodinium* sp. دارای مهار ۵۰ درصد رادیکال‌های DPPH (IC_{50}) بودند محاسبه شد که در آن هرچه عدد کوچک‌تر باشد قدرت آنتی‌اکسیدانی یا مهار رادیکال‌های آزاد بیشتر است. در این آزمایش از BHT[۱] که یک آنتی‌اکسیدان نسبتاً قوی است به‌عنوان استاندارد استفاده شد جهت انجام این تست پنج غلظت مختلف (میکروگرم ۴۰۰، ۲۴۰، ۱۴۰، ۸۰، ۴۰) از عصاره‌های ریز جلبک استفاده شد. به‌این‌ترتیب که غلظت‌های مختلف هر عصاره پس از انتقال به پلیت الایزا (۹۶ خانه) به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق در معرض محلول DPPH قرار گرفت. سپس، به‌وسیله دستگاه الایزا ساخت آمریکا مدل Epoch2 در طول‌موج ۵۱۷ نانومتر خوانش شد. هر غلظت چهار تکرار داشت و برای هر نمونه و هر غلظت آن‌یک بلانک شامل کل مواد به‌جز عصاره با چهار تکرار در نظر گرفته شد.

روش FRAP[۲]

این تست بر اساس توانایی احیای Fe^{3+} به Fe^{2+} است که موجب تبدیل TPTZ-Fe^{3+} به کمپلکس TPTZ-Fe^{2+} می‌شود و در طول‌موج ۷۰۰nm توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (Cecil BioQuest CE 2501 انگلستان) خوانش شد (Oyaizu., 1986). در این تست اگر جذب افزایش یابد یعنی قدرت احیاکنندگی نمونه بالا است. برای بلانک این تست، تمام مواد مورد استفاده جهت آزمایش به‌جز عصاره استفاده گردید و آسکوربیک اسید به‌عنوان استاندارد در نظر گرفته شد. جهت انجام این تست، غلظت‌های مختلف عصاره *Symbiodinium* sp. جداشده از شقایق، خالص‌سازی و کشت‌شده در آزمایشگاه (میلی‌گرم بر میلی‌لیتر ۰/۰۶۳، ۰/۱۲۵، ۰/۲۵، ۰/۵، ۱، ۲) استفاده شد که ۱/۲۵ ml بافر فسفات (مولار ۰/۱ pH = ۶/۶) و ۱/۲۵ میلی‌لیتر پتاسیم فری سیانید (۱w/v٪) به آن افزوده شد و به مدت ۲۰ دقیقه در بن‌ماری دمای ۵۰ ± ۱ °C (MEMMERT WNB14 آلمان) قرار داده شد. سپس ۱/۹۲ ml از محلول برداشته شد و به لوله‌های جدید ریخته شد و در ادامه به نمونه‌ها یک میلی‌لیتر تری کلرواستیک اسید (Aa) و یک میلی‌لیتر آب مقطر و درنهایت ۰/۲ ml کلرورفریک (۱w/v٪) اضافه و ورتکس شد و بلافاصله جذب نمونه‌ها در طول‌موج ۷۰۰nm به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر خوانش شد.

[1] . Absorbance of control
[2] . Absorbance of sample
[3] . Final absorbance
[4] . Butylated hydroxy toluene
[5] . Ferric reducing ability of plasma

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.2.3.5]

تجزیه و تحلیل داده‌های

بررسی رابطه بین افزایش غلظت و درصد جذب از رگرسیون خطی بین غلظت‌های مختلف هر عصاره و درصد جذب آن‌ها استفاده شد برای مقایسه پتانسیل آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها از شاخص IC50 برای هر عصاره با استفاده از معادله خط آن محاسبه و استفاده شد. برای هر تیمار حداقل سه تکرار و حداکثر چهار تکرار در نظر گرفته شد. میانگین‌ها و انحراف معیار با استفاده از حداقل چهار تکرار در هر غلظت محاسبه و برای مقایسه معنی‌داری آماری بین میانگین‌های مختلف از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه ANOVA و آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار فیشر (LSD) و دانکن در نرم‌افزار SPSS(V20) استفاده گردید. سطح معنی‌داری آزمون‌ها ۵ درصد در نظر گرفته شد. تجزیه‌وتحلیل خوشه سلسله مراتبی (HCA) نقشه حرارتی بر اساس همبستگی پیرسون در R رسم شد.

نتایج

صفات آنتی‌اکسیدانی عصاره داینوفلاژله‌ی همزیست *Symbiodinium* sp. تحت عوامل فیزیکوشیمیایی طی فصول مختلف در خلیج‌های فارس و عمان موردمطالعه قرار گرفت. نتایج حاصل از اندازه‌گیری فاکتورهای فیزیکوشیمیایی طی دو فصل در خلیج‌فارس و خلیج عمان به شرح زیر آورده شده است (جدول ۱). به‌طور خلاصه دمای آب از تابستان به زمستان کاهش‌یافته است، این در حالی است که در خلیج عمان پایین‌ترین دما در فصل تابستان برآورد شد و میانگین حداکثر دما بین ایستگاه‌های مطالعاتی خلیج‌فارس و خلیج عمان ۳۴/۹۰ درجه سانتی‌گراد به جزیره هرمز و کمترین دما ۲۰/۶۰ ایستگاه جزیره قشم تعلق داشت و میانگین تغییرات شوری ppt ۳۸/۴۰ زمستان هرمز تا ۴۰/۷۱ تابستان هرمز ثبت شد و تغییرات pH بین ۷/۹۶ در زمستان هرمز تا ۸/۴۴ در تابستان هرمز بود و میانگین تغییرات اکسیژن محلول بین ۱۲/۹۰ میلی‌گرم در لیتر در زمستان چابهار و ۶/۹۰ میلی‌گرم در لیتر در تابستان هرمز بود.

جدول ۱. میانگین و انحراف معیار به همراه مقایسه میانگین فاکتورهای فیزیکوشیمیایی مناطق موردمطالعه در خلیج‌های فارس و عمان و محیط کشت *Symbiodinium* sp. در شرایط آزمایشگاهی.

حروف متفاوت نشان‌دهنده‌ی تفاوت معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن $P < ۰/۰۵$ است.

فاکتورهای فیزیکوشیمیایی	SH, X±SD	WH, X±SD	SQ, X±SD	WQ, X±SD	SCHC, X±SD	WCHX±SD	Culture
اکسیژن (DO) محلول mg/liter	۶/۹۰±۰/۱۰^{a}	۸/۲۴±۰/۰۱^{c}	۷/۳۹±۰/۰۱^{b}	۹/۹۱±۰/۰۱^{e}	۶/۹۵±۰/۰۱^{a}	۱۲/۹۰±۰/۱۰^{f}	۹/۰۲۳±۰/۰۱۵^{d}
pH	۸/۴۴±۰/۰۱^{d}	۷/۹۶±۰/۰۱^{a}	۸/۳۵±۰/۰۱^{c}	۸/۲۰±۰/۱۰^{b}	۸/۲۵±۰/۰۰۵^{b}	۸/۴۱±۰/۰۱^{cd}	۸/۸۱±۰/۰۱۵^{e}
شوری ppt	۴۰/۷۱±۰/۰۱^{f}	۳۸/۴۰±۰/۱۰^{a}	۳۹/۴۰±۰/۱۰^{d}	۳۹/۶۰±۰/۱۰^{e}	۳۹/۷۰±۰/۱۰^{e}	۳۹/۱۰±۰/۱۰^{e}	۳۸/۶۳±۰/۰۵^{b}

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.2.3.5]

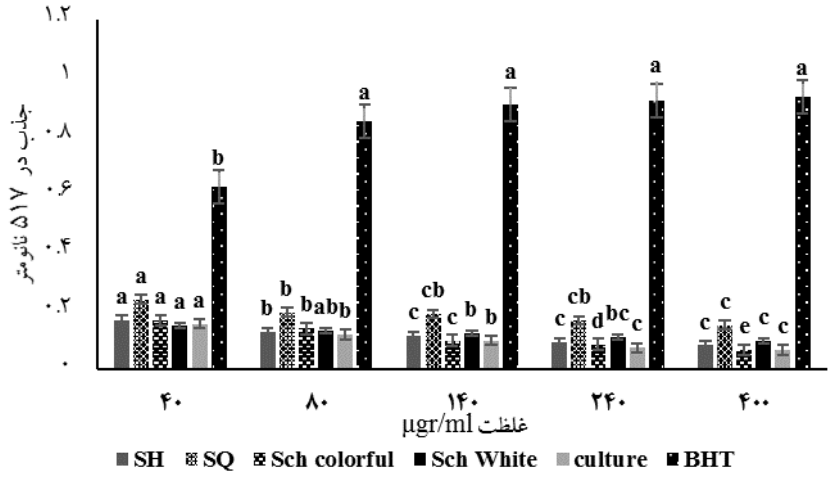
فاکتورهای فیزیکوشیمیایی	SH, X±SD	WH, X±SD	SQ, X±SD	WQ, X±SD	SCHC, X±SD	WCHX±SD	Culture
دما°C	۳۴/۹۰±۰/۰۲^{g}	/۱۰±۰/۱۰^{b}	۳۳/۰۳±۰/۶^{f}	۲۰/۶۰±۰/۱۰^{a}	۲۴/۶۰±۰/۱۰^{c}	۲۵/۵۰±۰/۱۰^{d}	/۶۶±۰/۰۵۷^{e}
		۲۲					۲۶
اکسیژن%	۹۳/۰۰±۱/۰۰^{a}	۹۳/۳۳±۰/۵۷^{a}	۱۰۹/۳۰±۰/۱۰^{d}	۱۰۷/۹۰±۰/۱۰^{c}	/۶۰±۰/۱۰^{b}	/۲۰±۰/۱۰^{e}	/۴۳±۰/۰۵^{b}
					۱۰۲	۱۵۸	۱۰۲
سرعت باد	۱۰/۸^{a}	۱۴/۴^{b}	۱۴/۴^{b}	۲۸/۸^{d}	۱۸^{c}	۱۰/۸^{a}	-
نمونه	فصل	مناطق، رنگ	اختصار	نمونه	فصل	مناطق، رنگ	اختصار
۱	تابستان	هرمز، بنفش، سبز	SH	۶	زمستان	قشم، بنفش، سبز	WQ
۲	زمستان	هرمز، بنفش، سبز	WH	۷	تابستان	چابهار، قهوه‌ای	SCh colo
۳	تابستان	قشم، بنفش، سبز	SQ	۸	زمستان	چابهار، قهوه‌ای	WCh
۴	عصاره *Symbiodiniu m* خالص و کشت‌شده	آزمایشگاه	Culture	۹	تابستان	چابهار، سفید	SCHW

نتایج فعالیت ضد اکسایشی به‌وسیله DPPH

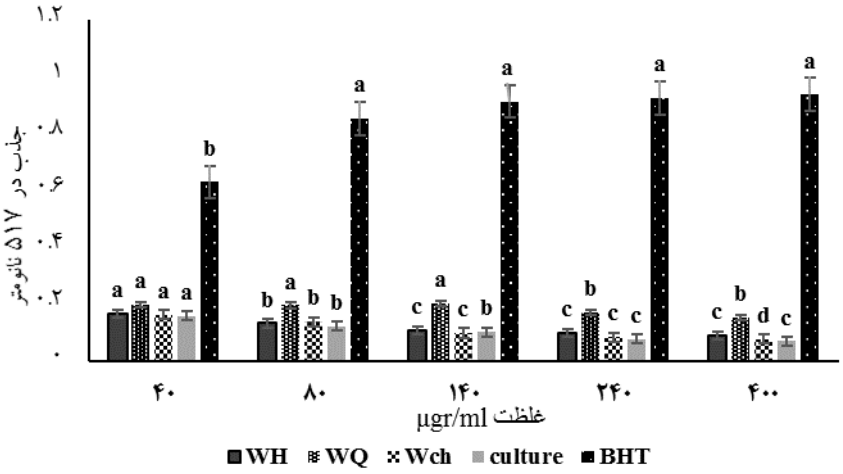
فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل غلظت‌های مختلف عصاره *Symbiodinium* sp. جداشده از شقایق در فصل‌های تابستان و زمستان و خالص‌سازی و کشت‌شده در آزمایشگاه در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده‌شده است. بیشترین فعالیت در IC50 ۱۳۵/۷۶۸ در مقایسه با BHT در عصاره زمستان چابهار بود و کمترین فعالیت در عصاره *Symbiodinium* sp. جدا شده در تابستان چابهار با IC50 ۳۴۹/۰۹۰ مشاهده شد.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.2.3.5]



شکل ۲. فعالیت آنتی‌اکسیدانی (DPPH) عصاره *Symbiodinium* sp. در فصل تابستان بر اساس درصد بازدارندگی در مقایسه با BHT به‌عنوان استاندارد (در نمودار رقت ۱/۱۰۰ در نظر گرفته‌شده) در غلظت‌های مختلف. حروف غیرمشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار (p<۰/۰۵) است (آزمون دانکن).



شکل ۳. فعالیت آنتی‌اکسیدانی (DPPH) عصاره *Symbiodinium* sp. در فصل زمستان بر اساس درصد بازدارندگی در مقایسه با BHT به‌عنوان استاندارد (در نمودار رقت ۱/۱۰۰ در نظر گرفته‌شده) در غلظت‌های مختلف. حروف غیرمشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار (p<۰/۰۵) است (آزمون دانکن).

محاسبه‌ی نتایج مقایسه میانگین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های متانولی *Symbiodinium* sp. نمونه‌ها بیشترین مقدار مربوط به تابستان قشم در غلظت µgr/ml ۴۰ و کمترین مقدار مربوط به نمونه خالص‌سازی شده و کشت‌شده در شرایط آزمایشگاهی در غلظت µgr/ml ۴۰۰ مشاهده شد (جدول ۲).

بررسی تأثیر فاکتورهای فیزیکوشیمیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری در فصول زمستان و تابستان در خلیج‌های فارس و خلیج عمان و تأثیر فاکتورهای فیزیکوشیمیایی محیط کشت بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (DPPH) عصاره‌های متانولی *Symbiodinium* sp. خالص و کشت‌شده در شرایط آزمایشگاهی از طریق نقشه حرارتی مشخص شد خوشه‌بندی داده‌های چند متغیره برای تولید نقشه حرارتی استفاده شد تا اطلاعات خوبی از داده‌های تجزیه و تحلیل شده ارائه شود. نتایج شکل ۴ نشان داد که عصاره‌های متانولی *Symbiodinium* sp. خالص‌شده از شقایق در فصل تابستان چابهار (نمونه رنگی) با عصاره‌های متانولی

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.2.3.5]

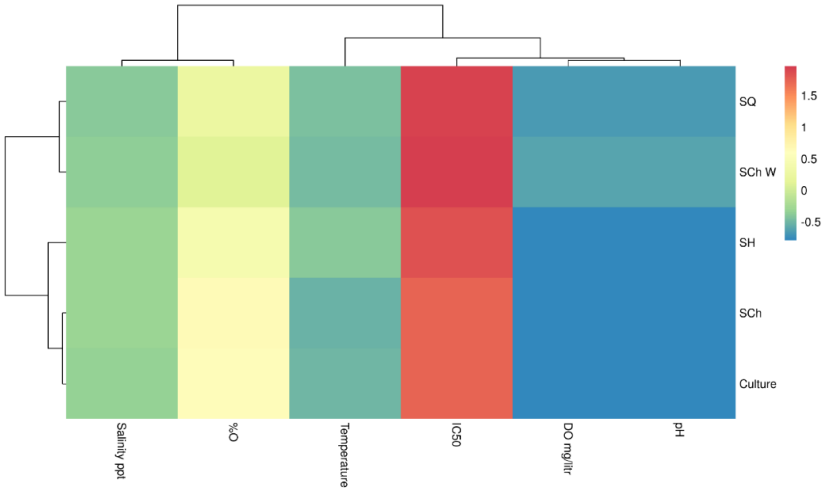
Symbiodinium sp. خالص‌سازی و کشت‌شده در شرایط آزمایشگاهی ازنظر IC50 در یک گروه قرار گرفتند و بیشترین مهار را به خود اختصاص دادند همچنین عصاره‌های متانولی *Symbiodinium* sp. خالص‌شده از شقایق در تابستان قشم و تابستان چابهار (نمونه سفید) ازلحاظ IC50 در یک گروه قرارگرفته‌اند که نشان‌دهنده شباهت قدرت مهاری این دو مکان نسبت به یکدیگر است و کمترین قدرت مهاری بین تمام نمونه‌ها به تابستان قشم اختصاص یافت و تمام نمونه‌ها با شوری و دما ارتباط معکوس نشان دادند و با درصد اکسیژن محلول رابطه مستقیم نشان دادند و pH و DO همبستگی منفی را نشان دادند (شکل ۴).

جدول ۲ . مقایسه میانگین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (DPPH) عصاره‌های متانولی *Symbiodinium* sp. خالص و کشت‌شده در شرایط آزمایشگاهی و جداشده از *S. haddoni* در غلظت‌های مختلف (µgr/ml)

عصاره *Symbiodinium* sp.	۴۰µgr/ml	۸۰µgr/ml	۱۴۰µgr/ml	۲۴۰µgr/ml	۴۰۰ µgr/ml
SH	۰/۱۷۱±۰/۰۱۱	۰/۱۲۹±۰/۰۱۳	۰/۱۱۵±۰/۰۱۳	۰/۰۹۳±۰/۰۰۹	۰/۰۸۳±۰/۰۱۸
WH	۰/۱۶۵±۰/۰۰۹	۰/۱۳۱±۰/۰۰۴	۰/۱۰۶±۰/۰۱۵	۰/۰۹۹±۰/۰۱۵	۰/۰۸۸±۰/۰۰۹
SQ	۰/۲۴۱±۰/۰۳۹	۰/۱۹۷±۰/۰۰۶	۰/۱۹۱±۰/۰۱۲	۰/۱۶۹±۰/۰۳۳	۰/۱۵۲±۰/۰۱۶
WQ	۰/۱۹۶±۰/۰۰۴	۰/۱۹۴±۰/۰۰۴	۰/۲۰۱±۰/۰۰۴	۰/۱۶۹±۰/۰۲۷	۰/۱۵۳±۰/۰۱۸
SCH	۰/۱۷±۰/۰۰۸	۰/۱۴۱±۰/۰۰۵	۰/۱۰۱±۰/۰۰۴	۰/۰۸۷±۰/۰۱۰	۰/۰۶۸۷±۰/۰۱۰
WCH	۰/۱۶۱±۰/۰۳۰	۰/۱۳۶±۰/۰۱۲	۰/۰۹۷±۰/۰۲۰	۰/۰۸۲±۰/۰۱۵	۰/۰۷۵±۰/۰۰۸
SCHW	۰/۱۵۳±۰/۰۱۵	۰/۱۳۳±۰/۰۱۹	۰/۱۲۵±۰/۰۱۲	۰/۱۱۲±۰/۰۰۸	۰/۰۹۸±۰/۰۰۹
Culture	۰/۱۵۷±۰/۰۲۷	۰/۱۲۱±۰/۰۱۳	۰/۱۰۱±۰/۰۱۸	۰/۰۷۵±۰/۰۰۵	۰/۰۶۸۰±۰/۰۰۴

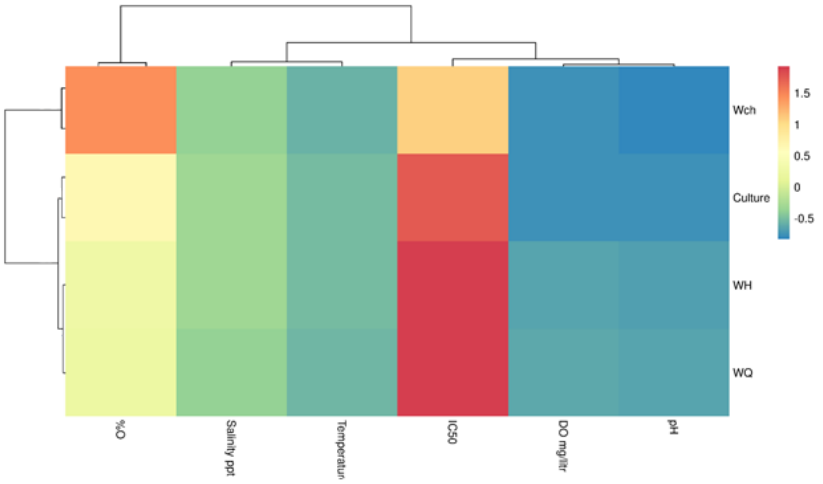
[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.2.3.5]



شکل ۴ . نقشه حرارتی مهار IC50 عصاره‌های *Symbiodinium* sp. در فصل تابستان و نمونه خالص‌سازی و کشت‌شده در شرایط آزمایشگاهی نقشه حرارتی از طریق R رسم شده است که خوشه‌بندی مقادیر داده‌های چند متغیره بر اساس همبستگی پیرسون است و هر دو ردیف و ستون با استفاده از فاصله همبستگی و پیوند متوسط خوشه‌بندی شدند. ۵ ردیف، ۶ ستون

نتایج شکل ۵ نشان داد که عصاره‌های متانولی *Symbiodinium* sp. خالص‌شده از شقایق در فصل زمستان چابهار یک گروه جداگانه تشکیل داده است و نشان‌دهنده‌ی قدرت مهاری بیشتر عصاره‌ی متانولی *Symbiodinium* sp. این منطقه نسبت به سایر مناطق است همچنین نمونه‌های زمستان چابهار و خالص‌سازی و کشت‌شده در شرایط آزمایشگاهی کمترین IC50 و بیشترین مهار رادیکال‌های DPPH را به خود اختصاص دادند. عصاره‌های متانولی *Symbiodinium* sp. زمستان چابهار و *Symbiodinium* sp. خالص و کشت‌شده در شرایط آزمایشگاهی، به ترتیب بیشترین همبستگی مثبت با اکسیژن و همبستگی منفی با دما را نشان دادند، پس از نمونه زمستان چابهار، *Symbiodinium* sp. خالص و کشت‌شده در شرایط آزمایشگاهی، بالاترین مهار رادیکال DPPH را نشان داد. زمستان نمونه چابهار با درصد اکسیژن محلول و شوری همبستگی کمی دارد و همچنین زمستان نمونه چابهار با دما همبستگی منفی داشت. همبستگی منفی بین pH، DO و IC50 یافت مشاهده می‌شود (شکل ۵).



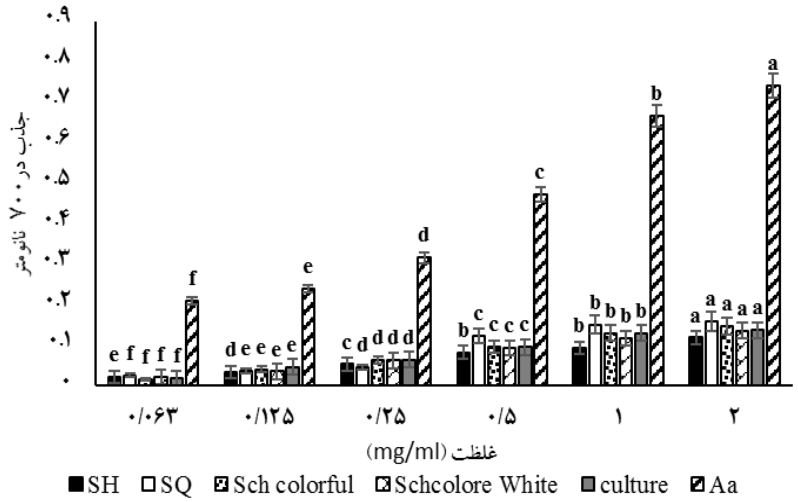
شکل ۵ . نقشه حرارتی مهار IC50 عصاره‌های *Symbiodinium* sp. در فصل زمستان و نمونه خالص‌سازی و کشت‌شده در شرایط آزمایشگاهی نقشه حرارتی از طریق R رسم شده است که خوشه‌بندی مقادیر داده‌های چند متغیره بر اساس همبستگی پیرسون است و هر دو ردیف و ستون با استفاده از فاصله همبستگی و پیوند متوسط خوشه‌بندی شدند. ۵ ردیف، ۶ ستون

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.2.3.5]

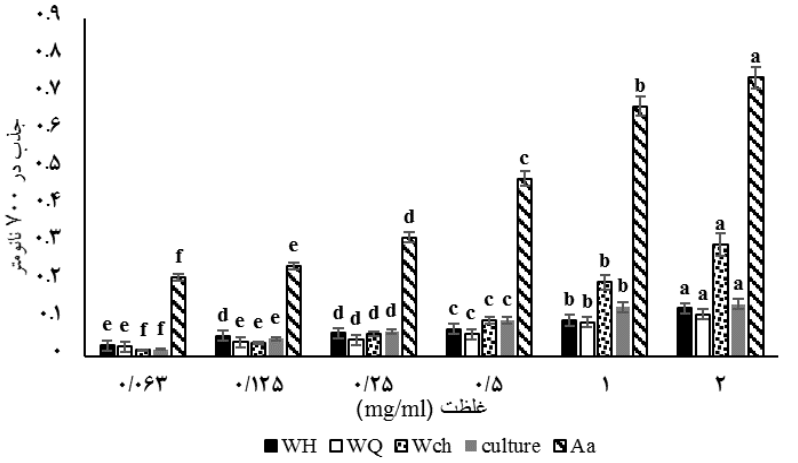
خواص آنتی‌اکسیدانی به روش احیاء یون فریک (FRAP)

با توجه به شکل ۶ حداکثر فعالیت ضداکسیدانی در مقایسه با اسید آسکوربیک در غلظت ۲mg/ml در تابستان قشم (mg/ml ۰/۱۶±۰/۰۰۱) و حداقل فعالیت در غلظت mg/ml ۰/۰۶۳ تابستان چابهار (mg/ml ۰/۰۱۷±۰/۰۰۷) مشاهده شد (۳).



شکل ۶ . قدرت احیایی یون فریک عصاره‌های .*Symbiodinium* sp موردمطالعه در فصل تابستان، در مقایسه با آسکوربیک اسید به‌عنوان استاندارد، همچنین حروف غیرمشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار (p<۰/۰۵) است (آزمون دانکن).

با توجه به شکل ۷ بیشترین فعالیت ضداکسیدانی در مقایسه با اسید آسکوربیک در غلظت ۲mg/ml در زمستان چابهار (mg/ml ۰/۲۹۷±۰/۰۰۴) و کمترین فعالیت در غلظت mg/ml ۰/۰۶۳ در زمستان چابهار (mg/ml ۰/۰۱۵±۰/۰۰۴) مشاهده شد (جدول ۳).



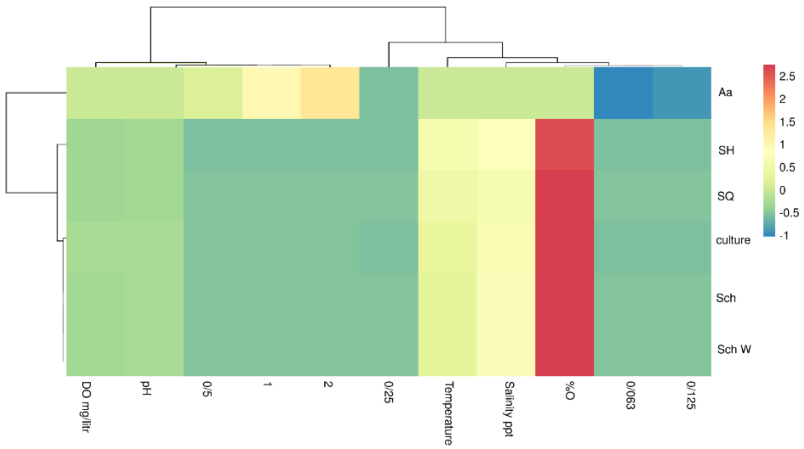
شکل ۷ قدرت احیایی یون فریک عصاره‌های .*Symbiodinium* sp موردمطالعه در فصل زمستان، در مقایسه با آسکوربیک اسید به‌عنوان استاندارد، همچنین حروف غیرمشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار (p<۰/۰۵) است (آزمون دانکن).

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.2.3.5]

نتایج شکل ۸ نشان داد که تمام عصاره‌های متانولی *Symbiodinium* sp. خالص‌شده از شقایق دریایی در فصل تابستان و عصاره‌های متانولی *Symbiodinium* sp. کشت‌شده در شرایط آزمایشگاهی در یک گروه قرارگرفته‌اند و بیشترین شباهت را به یکدیگر ازنظر احیای یون فریک نشان دادند. درحالی‌که آسکوربیک اسید که بیشترین قدرت احیایی یون فریک را داشت در گروه جداگانه قرار گرفت. pH و DO بیشترین ارتباط را با یکدیگر نشان دادند و هیچ همبستگی آماری با احیا یون فریک نشان ندادند. همچنین دما، شوری و درصد اکسیژن در یک گروه قرار گرفتند که در این میان بیشترین همبستگی آماری با احیا یون فریک به درصد اکسیژن سپس به شوری و دما اختصاص یافت و بیشترین همبستگی آماری دما با قدرت مهارکنندگی یون فریک در عصاره‌های تابستان هرمز و قشم مشاهده شد (شکل ۸)

جدول ۳. نتایج مقایسه میانگین قدرت احیایی یون فریک عصاره‌های متانولی *Symbiodinium* sp. در غلظت‌های مختلف

عصاره *Symbiodinium* sp.	۰/۰۶۳ mg/ml	۰/۱۲۵ mg/ml	۰/۲۵ mg/ml	۰/۵ mg/ml	۱ mg/ml	۲ mg/ml
SH	۰/۰۲۱±۰/۰۰۲	۰/۰۳۴±۰/۰۰۴	۰/۰۵۳±۰/۰۰۳	۰/۰۸۳±۰/۰۰۱	۰/۰۹۴±۰/۰۰۳	۰/۱۱۹±۰/۰۱۵
WH	۰/۰۲۸±۰/۰۰۶	۰/۰۵۴±۰/۰۰۲	۰/۰۶۰±۰/۰۰۵	۰/۰۷۱±۰/۰۰۱	۰/۰۹۵±۰/۰۰۲	۰/۱۲۷±۰/۰۰۵
SQ	۰/۰۲۵±۰/۰۰۳	۰/۰۳۶±۰/۰۰۱	۰/۰۴۶±۰/۰۰۶	۰/۱۲۳±۰/۰۰۴	۰/۱۵۱±۰/۰۰۲	۰/۱۶±۰/۰۰۱
WQ	۰/۰۲۵±۰/۰۰۴	۰/۰۳۷±۰/۰۰۲	۰/۰۴۳±۰/۰۰۳	۰/۰۵۸±۰/۰۰۶	۰/۰۹±۰/۰۰۵	۰/۱۱۱±۰/۰۰۱
SCH	۰/۰۱۷±۰/۰۰۷	۰/۰۴۱±۰/۰۰۸	۰/۰۶۳±۰/۰۰۰۵	۰/۰۹۶±۰/۰۰۲	۰/۱۳۰±۰/۰۰۱	۰/۱۴۷±۰/۰۰۲
WCH	۰/۰۱۵±۰/۰۰۴	۰/۰۳۴±۰/۰۰۳	۰/۰۵۹±۰/۰۰۶	۰/۰۹۴±۰/۰۰۳	۰/۱۹۷±۰/۰۰۲	۰/۲۹۷±۰/۰۰۴
SCHW	۰/۰۲۲±۰/۰۰۱	۰/۰۳۵±۰/۰۰۳	۰/۰۶۳±۰/۰۱۳	۰/۰۹۴±۰/۰۰۲	۰/۱۱۷±۰/۰۰۴	۰/۱۳۶±۰/۰۰۳
Culture	۰/۰۱۸±۰/۰۰۴	۰/۰۴۶±۰/۰۰۴	۰/۰۶۴±۰/۰۰۲	۰/۰۹۶±۰/۰۰۳	۰/۱۳۰±۰/۰۰۱	۰/۱۳۸±۰/۰۰۳

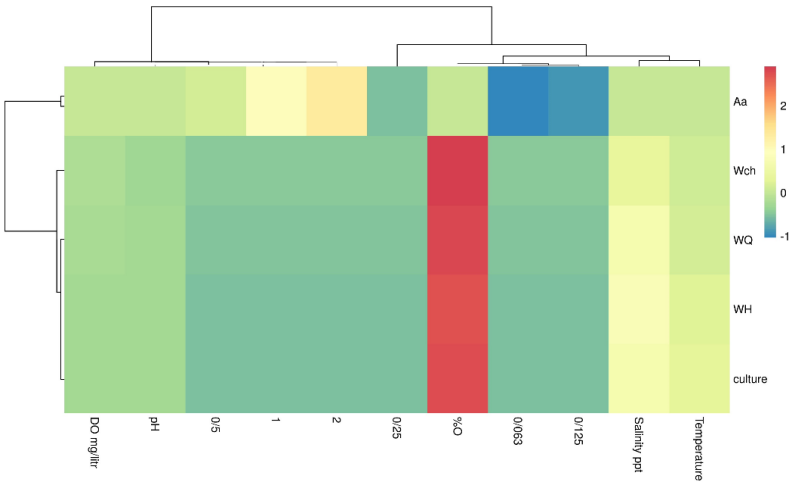


شکل ۸. نقشه حرارتی احیایی یون فریک عصاره‌های *Symbiodinium* sp. در فصل تابستان و نمونه خالص‌سازی و کشت‌شده در شرایط آزمایشگاهی که از طریق R رسم شده است که خوشه‌بندی مقادیر داده‌های چند متغیره بر اساس همبستگی پیرسون و دارای ۶ ردیف، ۱۱ ستون است.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.2.3.5]

نتایج شکل ۹ نشان داد که آسکوربیک اسید بیشترین قدرت احیا یون فریک را دارد و در مقایسه با عصاره‌ها در گروه جداگانه قرار گرفت. همچنین تمام عصاره‌ها از نظر مهار یون فریک و همبستگی پیرسون در یک گروه قرار گرفتند که در بین آن‌ها نمونه خالص‌سازی و کشت‌شده در شرایط آزمایشگاهی و زمستان هرمز با اختلاف بسیار ناچیز و شباهت کم یک زیرگروه تشکیل داده‌اند. بیشترین همبستگی قدرت آنتی‌اکسیدانی قدرت احیا یون فریک به ترتیب به اکسیژن محلول، شوری و دما تعلق گرفت؛ pH و DO هیچ همبستگی آماری با قدرت آنتی‌اکسیدانی یون فریک نشان ندادند (شکل ۹).



شکل ۹. نقشه حرارتی احیایی یون فریک عصاره‌های *Symbiodinium* sp. در فصل زمستان و نمونه خالص‌سازی و کشت‌شده در شرایط آزمایشگاهی که از طریق R رسم شده است که خوشه‌بندی مقادیر داده‌های چند متغیره بر اساس همبستگی پیرسون و دارای ۵ ردیف، ۱۱ ستون است.

بحث

جلبک‌های دینوفلاژله و مخصوصاً گونه‌ی *Symbiodinium* sp. دارای رنگدانه‌های متفاوت ازجمله کلروفیل a، c و کاروتنوئیدهای مانند بتاکاروتن، p-457، پریدینین، دیاتوزانتین، دیادینوزانتین هستند (Johansen *et al*., 1974). در میان این رنگدانه‌ها پریدینین یکی از مشتقات کاروتنوئید است که خواص آنتی‌اکسیدانی قوی دارد و موجب مهار تومور زایی در بدن می‌شود همچنین به‌عنوان ضد سرطان کاربرد دارد (Olpp *et al*., 2006; Ishikawa *et al*., 2016). کاروتنوئیدها به‌عنوان قوی‌ترین آنتی‌اکسیدان‌ها شناخته‌شده‌اند؛ که قادرند اکسیژن منفرد رادیکال‌های آزاد را مهار و غیرفعال کنند و به واسطه‌ی تحریک ارتباط سلولی (gap junctions) پاسخ‌های ایمنی را افزایش دهند (Olson, 1999). با توجه به نتایج سنجش آنتی‌اکسیدانی DPPH در این پژوهش کمترین IC50 و بیشترین مهار DPPH بعد از BHT به عصاره زمستان چابهار اختصاص یافت. بیشترین IC50 و کمترین مهار DPPH به تابستان چابهار اختصاص یافت، این یافته‌ها با نتایج Shah و همکاران (۲۰۱۸) مطابقت داشت با این تفاوت که در آن مقاله از روش طیف‌سنجی ESR استفاده‌شده که دقیق‌تر است. این مسئله به این دلیل که ترکیبات آنتی‌اکسیدانی حاصل از منابع دریایی نقش مهمی در از بین بردن مولکول‌های واکنش‌پذیر دارند. اندازه‌گیری‌های طیف‌سنجی ESR می‌تواند فعالیت مهار رادیکال‌های آزاد را کنترل کند زیرا با رنگ عصاره‌های حاصل از حلال‌های آلی مختلف تداخل نمی‌کند (Shah *et al*., 2018)؛ اما در روشی که در این مقاله استفاده‌شده است احتمال همپوشانی طیف‌های مشاهده‌شده با ترکیبات جاذب نور مانند کاروتنوئیدهای موجود در عصاره‌ی *Symbiodinium* sp. وجود دارد. Jacob-Lopes و همکاران (۲۰۲۰) گزارش دادند که به دلیل همپوشانی طیف‌های مشاهده‌شده بین محلول DPPH و برخی ترکیبات در طول‌موج‌های نزدیک ۵۰۰ نانومتر مانند آنتوسیانین‌ها و برخی کاروتنوئیدها نمی‌توان از روش DPPH استفاده کرد (Jacob-Lopes *et al*., 2020). نتایج قدرت مهاری یون فریک در مقایسه با آسکوربیک اسید نشان داد که بیشترین قدرت مهارکنندگی در غلظت ۲ mg/ml مربوط به زمستان چابهار بود که در مقایسه با روش DPPH تفاوت چندانی در قدرت مهاری مشاهده نشد.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.2.3.5]

در رابطه با تأثیر عوامل محیطی بر خواصیت آنتی‌اکسیدانی *Symbiodinium* sp. پژوهشی توسط Roberty و همکاران (۲۰۱۶) انجام‌شده که نشان دادند کلاد معتدل نسبت به کلاد گرمسیری *S. kawagutii* تحمل بیشتری نسبت به استرس اکسیداتیو دارد و این اختلافات به‌احتمال‌زیاد نتیجه سازگاری با محیط طبیعی آن‌ها است که نسبت به گونه‌های معتدل شرایط دما و تابش بسیار متغیر و شدیدتر است (Roberty *et al*., 2016). در رابطه با تحقیقات دیگری که ممکن است روی جنس‌های *Symbiodinium* انجام‌شده باشد و یا در آینده انجام شود و ظرفیت بالاتری برای مقابله با استرس اکسیداتیو نسبت به موارد مطالعاتی این پژوهش نشان دهد باید توجه داشت که تعمیم در مورد صفات عملکردی بین گونه‌ها یا زیرگونه‌های *Symbiodinium* باید با احتیاط انجام شود و اختلافات مشاهده‌شده در این مطالعه نیز احتمالاً مربوط به محیط طبیعی است که گونه‌های مختلف در مکان‌های جغرافیایی متفاوت ازآنجا نشاءت گرفته‌اند (Wietheger *et al*. 2015). توجه به این نکته مهم است که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی سلول‌های *Symbiodinium* تنها به فعالیت سوپراکسید دیسموتاز (SOD) و کاروتنوئیدها متکی نیست و ممکن است در جنس *Symbiodinium* به طیف گسترده‌ای از دیگر مولکول‌ها و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان که غلظت یا تنظیم اولیه آن‌ها متفاوت باشد، مرتبط باشد (Krueger *et al*., 2014; Roberty *et al*., 2016). تنوع در کیفیت و کمیت تولید رادیکال‌های آزاد و پیامدهای آن در جنس *Symbiodinium* نشان داد که مکانیسم‌های مختلف استرس در تولید آنتی‌اکسیدان نقش دارند (Roberty *et al*., 2016). درحالی‌که آزمایشات ما تحت شرایط آزمایشگاهی انجام‌شده است که لزوماً اثرات محیطی را از نظر اکولوژیکی منعکس نمی‌کند. با توجه به تحقیق Roberty و همکاران (۲۰۱۶) پریدینین و دیاتوگزانتین علاوه بر سهم آن‌ها در برداشت نور یا فرآیندهای خنثی‌سازی غیر فتوشیمیایی، همچنین می‌توانند عملکرد آنتی‌اکسیدانی داشته باشند و منجر به تثبیت غشاها شوند، همچنان باید نقش آنتی‌اکسیدانی *Symbiodinium*، اهمیت نسبی و انواع ROS که ترجیحاً توسط پریدینین و دیاتوگزانتیتین خنثی می‌شوند نیز موردبررسی جامع قرار گیرند که از این داینوفلاژله به‌عنوان یک نمونه با پتانسیل درمانی و دارویی (Shah *et al*., 2018) و یک نمونه مقاوم به تغییرات محیطی معرفی شود که ازنظر بیوتکنولوژی و اکولوژی جهت بقای صخره‌های مرجانی مورداستفاده قرار گیرد.

منابع

Baumann, J.H., Zhao, L.Z., Stier, A.C. and Bruno, J.F. 2022. Remoteness does not enhance coral reef resilience. Global Change Biology, 28(2), pp.417-428.

Benstein, R. M., Çebi, Z., Podola, B., & Melkonian, M. 2014. Immobilized growth of the peridinin-producing marine dinoflagellate *Symbiodinium* in a simple biofilm photobioreactor. Marine biotechnology, 16(6), 621-628.

Berkelmans, R. and Oliver, J.K. 1999. Large-scale bleaching of corals on the Great Barrier Reef. Coral reefs, 18(1), pp.55-60.

Burt, J.A., Paparella, F., Al-Mansoori, N., Al-Mansoori, A. and Al-Jailani, H. 2019. Causes and consequences of the 2017 coral bleaching event in the southern Persian Gulf. Coral Reefs, 38(4), pp.567-589.

Coles, S.L. and Jokiel, P.L. 1978. Synergistic effects of temperature, salinity and light on the hermatypic coral *Montipora verrucosa*. Marine Biology, 49(3), pp.187-195.

Crawley, A., Kline, D.I., Dunn, S., Anthony, K.E.N. and Dove, S. 2010. The effect of ocean acidification on symbiont photorespiration and productivity in *Acropora formosa*. Global Change Biology, 16(2), pp.851-863.

Donner, S.D. 2009. Coping with commitment: projected thermal stress on coral reefs under different future scenarios. PLoS One, 4(6), p.e5712.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.2.3.5]

Douglas, A.E. 2003. Coral bleaching—how and why?. Marine pollution bulletin, 46(4), pp.385-392.

Fagoonee, I., Wilson, H.B., Hassell, M.P. and Turner, J.R. 1999. The dynamics of zooxanthellae populations: a long-term study in the field. Science, 283(5403), pp.843-845.

Ganesan, K., Kumar, K.S. and Rao, P.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), pp.73-78.

Gates, R.D., Baghdasarian, G. and Muscatine, L. 1992. Temperature stress causes host cell detachment in symbiotic cnidarians: implications for coral bleaching. The Biological Bulletin, 182(3), pp.324-332.

Grigg, R.W. 1994.The International Coral Reef Initiative: conservation and effective management of marine resources. Coral Reefs 13, 197–198.

Gulcin, İ. 2020. Antioxidants and antioxidant methods: an updated overview. Archives of toxicology, pp.1-65.

Harrison, P.L., Dalton, S.J. and Carroll, A.G. 2011. Extensive coral bleaching on the world's southernmost coral reef at Lord Howe Island, Australia. Coral Reefs, 30(3), pp.775-775.

Hoegh-Guldberg, O. 1999. Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs. Marine and freshwater research, 50(8), pp.839-866.

Hughes, T.P., Baird, A.H., Bellwood, D.R., Card, M., Connolly, S.R., Folke, C., Grosberg, R., Hoegh-Guldberg, O., Jackson, J.B., Kleypas, J. and Lough, J.M. 2003. Climate change, human impacts, and the resilience of coral reefs. science, 301(5635), pp.929-933.

Hughes, T.P., Baird, A.H., Dinsdale, E.A., Moltschaniwskyj, N.A., Pratchett, M.S., Tanner, J.E. and Willis, B.L. 2012. Assembly rules of reef corals are flexible along a steep climatic gradient. Current Biology, 22(8), pp.736-741.

Hughes, T.P., Bellwood, D.R., Baird, A.H., Brodie, J., Bruno, J.F. and Pandolfi, J.M. 2011. Shifting base-lines, declining coral cover, and the erosion of reef resilience: comment on Sweatman et al. (2011). Coral Reefs, 30(3), pp.653-660.

Ishikawa, C., Jomori, T., Tanaka, J., Senba, M. and Mori, N. 2016. Peridinin, a carotenoid, inhibits proliferation and survival of HTLV-1-infected T-cell lines. International journal of oncology, 49(4), pp.1713-1721.

Jacob-Lopes, E., Queiroz, M.I. and Zepka, L.Q. 2020. Pigments from Microalgae Handbook.p. 653. ISBN 978-3-030-50971-2

Jeffrey, S.W. and Haxo, F.T. 1968. Photosynthetic pigments of symbiotic dinoflagellates (zooxanthellae) from corals and clams. The Biological Bulletin, 135(1), pp.149-165.

Johansen, J.E., Svec, W.A., Liaaen-Jensen, S. and Haxo, F.T. 1974. Carotenoids of the Dinophyceae. Phytochemistry, 13(10), pp.2261-2271.

Kleypas, J.A. and Yates, K.K. 2009. Coral reefs and ocean acidification. Oceanography, 22(4), pp.108-117.

Kourandeh, M.B., Nabavi, S.M.B. and Sinaei, M. 2013. Assessment of coral health in the coastal areas of the Persian Gulf. Ocean Science Journal, 48(3), pp.251-258.

Krueger, T., Becker, S., Pontasch, S., Dove, S., Hoegh-Guldberg, O., Leggat, W., Fisher, P.L. and Davy, S.K. 2014. Antioxidant plasticity and thermal sensitivity in four types of S *ymbiodinium* sp. Journal of phycology, 50(6), pp.1035-1047.

Lorenz, R.T. and Cysewski, G.R. 2000. Commercial potential for *Haematococcus* microalgae as a natural source of astaxanthin. Trends in biotechnology, 18(4), pp.160-167.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.2.3.5]

Mair, J. 2022. Events and climate change. In A Research Agenda for Event Impacts. Edward Elgar Publishing.

Marsh, G.E. 2008. Seawater pH and anthropogenic carbon dioxide. arXiv preprint arXiv:0810.3596.

McLachlan, J.1973. "Chapter 1-2: Growth media-marine. Handbook of Phycological Methods. Culture Methods and Growth Measurements, ed. by JR STEIN.":25-5. ISBN-13: 978-0521297479

Norström, A.V., Nyström, M., Lokrantz, J. and Folke, C. 2009. Alternative states on coral reefs: beyond coral–macroalgal phase shifts. Marine ecology progress series, 376, pp.295-306.

Olivieri, G., Salatino, P. and Marzocchella, A. 2014. Advances in photobioreactors for intensive microalgal production: configurations, operating strategies and applications. Journal of Chemical Technology & Biotechnology, 89(2), pp.178-195.

Olpp, T. and Brückner, R. 2006. Total Synthesis of the Light-Harvesting Carotenoid Peridinin. Angewandte Chemie International Edition, 45(24), pp.4023-4027.

Olson, J.A. 1999. Carotenoids and human health. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 49(3 Suppl 1), pp.7S-11S.

Oyaizu, M., 1986. Studies on products of browning reaction. The *Japanese journal of nutrition and dietetics*, 44(6), pp.307-315.

Paparella, F., Xu, C., Vaughan, G.O. and Burt, J.A., 2019. Coral bleaching in the Persian Gulf is modulated by summer winds. Frontiers in Marine Science, 6, p.205.

Perez, S.F., Cook, C.B. and Brooks, W.R. 2001. The role of symbiotic dinoflagellates in the temperature-induced bleaching response of the subtropical sea anemone *Aiptasia pallida*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 256(1), pp.1-14.

Polne-Fuller, M. 1991. A novel technique for prpeparation of axenic cultures of Symbiodinium (Pyrrophyta) through selective digestion by amoebae 1. Journal of Phycology, 27(4), pp.552-554.

Raven, J., Caldeira, K., Elderfield, H., Hoegh-Guldberg, O., Liss, P., Riebesell, U., Shepherd, J., Turley, C. and Watson, A. 2005. Ocean acidification due to increasing atmospheric carbon dioxide. The Royal Society.pp.1-51

Raven, J.A., Gobler, C.J. and Hansen, P.J. 2020. Dynamic CO2 and pH levels in coastal, estuarine, and inland waters: Theoretical and observed effects on harmful algal blooms. Harmful algae, 91, p.101594.

Riegl, B.M., Purkis, S.J., Al-Cibahy, A.S., Abdel-Moati, M.A. and Hoegh-Guldberg, O. 2011. Present limits to heat-adaptability in corals and population-level responses to climate extremes. PloS one, 6(9), p.e24802.

Roberty, S., Furla, P. and Plumier, J.C., 2016. Differential antioxidant response between two *Symbiodinium* species from contrasting environments. Plant, cell & environment, 39(12), pp.2713-2724.

Robinson, P.J., van Beukering, P., Brander, L., Brouwer, R., Haider, W., Taylor, M. and Mau, P. 2022. Understanding the determinants of biodiversity non-use values in the context of climate change: Stated preferences for the Hawaiian coral reefs. Ecosystem Services, 53, p.101393.

Rosenberg, E. and Falkovitz, L. 2004. The Vibrio shiloi/Oculina patagonica model system of coral bleaching. Annu. Rev. Microbiol., 58, pp.143-159.

Shah, M.M.R., Samarakoon, K.W., An, S., Jeon, Y. and Lee, J. 2018. Growth characteristics of three benthic dinoflagellates in mass culture and their antioxidant properties.

Widowati, I., Zainuri, M., Kusumaningrum, H.P., Susilowati, R., Hardivillier, Y., Leignel, V., Bourgougnon, N. and Mouget, J.L. 2017, February. Antioxidant activity of three microalgae *Dunaliella salina*, *Tetraselmis chuii* and *Isochrysis galbana* clone Tahiti. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Vol. 55, No. 1, p.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.2.3.5]

Wietheger, A., Fisher, P.L., Gould, K.S. and Davy, S.K. 2015. Sensitivity to oxidative stress is not a definite predictor of thermal sensitivity in symbiotic dinoflagellates. Marine biology, 162(10), pp.2067-2077.

Yousefzadi, M., Riahi-Madvar, A., Hadian, J., Rezaee, F., Rafiee, R. and Biniaz, M. 2014. Toxicity of essential oil of Satureja khuzistanica: In vitro cytotoxicity and anti-microbial activity. Journal of immunotoxicology, 11(1), pp.50-55.

Zarei Darki, B., Krakhmalny, A. 2019. Biotic and Abiotic Factors Affecting the Population Dynamics of *Ceratium hirundinella, Peridinium cinctum, and Peridiniopsis elpatiewskyi*. DIVERSITY-BASEL. 11(8).1-13.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.2.3.5]

Journal of Aquatic Ecology
Volume12, Issue 2, Autumn 2022
Pages:27-44

Journal of Aquatic Ecology

Journal homepage: http://jae.hormozgan.ac.ir

University Of Hormozgan

Relationship between antioxidant traits of *Symbiodinium* sp. symbiotic dinoflagellate extract under physicochemical factors during different seasons in Persian Gulf and Gulf of Oman

Sarvenaz Bigham Soostani[1], Morteza Yousefzadi[1,2*], Behrouz Zarei Darki[3], Mohammad Sharif Ranjbar[1,4]

1. Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science and Technology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

2. Department of Biology, Faculty of Science, University of Qom, Qom, Iran

3. Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science, Tarbiat Modares University, *Noor, Iran*

4. Assistant Professor in Persian Gulf Biotechnology Park, Qeshm Island, Iran

Abstract

Coral bleaching, loss of symbiotic algae of *Symbiodinium* sp. or photosynthetic microalgae pigments from their coral host have become commonplace in recent decades due to the rising of sea temperatures and changes in physicochemical factors. It is essential to study the susceptibility of corals to bleaching, the physiology of its symbiotic algae, and its capacity to cope with abiotic stress. Oxidative stress is of particular importance due to the fact that it can be caused by photosynthetic dysfunction drived by temperature and other physicochemical factors. The aim of this study was to compare the effects of physicochemical factors on the photosynthetic performance of *Symbiodinium* sp. symbiosis with *Stichodactyla haddoni* in the Persian Gulf and the Gulf of Oman. To determine whether the cultured *Symbiodinium* sp. has different sensitivities to oxidative stress and whether winter and summer play a role in oxidative stress and coping with it, DPPH test and Freak ion reduction method (FRAP) were used and Physicochemical factors were measured through the HQ40D prototype device. Moreover, air data (wind speed) was obtained from the website www.irimo.ir. Statistical analysis was performed through one-way analysis of variance at the level of 0.05 and heatmap analysis. The results showed that the highest antioxidant capacity was assigned to *Symbiodinium* sp. extract in Chabahar in winter (IC50:135.768 µgr/ml) and the lowest antioxidant capacity was allocated to Chabahar in summer (IC50:349.090 µgr/ml). Ferric ion reduction of *Symbiodinium* sp. extracts showed the highest inhibition compared to ascorbic acid at a concentration of 2 mg/ml (0.297) and the lowest inhibition at a concentration of 0.063 mg/ml (0.015) in Chabahar in winter.

ARTICLE TYPE
Research

Received: 12 February 2022
Accepted: 21 April 2022
ePublished: 28 January 2023

* Corresponding Author:
morteza110110@gmail.com

Keywords: Antioxidants, Biotechnology, Persian Gulf, Gulf of Oman, Coral Reefs, *Symbiodinium* sp.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.2.3.5]