استخراج فوکوزانتین از جلبک قهوه ای *Colpomeniasinuosa* و بررسی اثر آنتی اکسیدانی آن

سلمان بهره‌مندی[۱]
آریا اشجع اردلان*[۲]
مژگان امتیازجو[۳]
فرناز رفیعی[٤]

۱، ۲، ۳ و ۴. گروه زیست شناسی دریا، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

***مسئول مکاتبات:**
a_ashjaardalan@yahoo.com

کد مقاله: ۱۳۹۹۰۳۰۸۲۱
تاریخ دریافت:۱۳۹۹/۰۶/۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۲۶
این مقاله پژوهشی و برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد است.

چکیده

هدف از انجام این تحقیق، استخراج رنگدانه فوکوزانتین از جلبک قهوه‌ای *Colpomeniasinuosa* در جزیره قشم و بررسی اثر آنتی‌اکسیدانی آن (زمستان ۱۳۹۷) بود. به منظور استخراج رنگدانه فوکوزانتین از این جلبک در محیط حاوی حلال متانول (فاز متحرک) استفاده شد و به وسیله کروماتوگرفی (*HPLC*) ستون ۱۸ با فاز ثابت Silica) پیک حضور فوکوزانتین (*RetTime*) در دقیقه ۳/۸۹۳ و با غلظت ۱۸/۲۵۵ (با محاسبه ناحیه زیر سطح پیک) به‌دست آمد. جهت بررسیاثر آنتی‌اکسیدانی از میزان مهار رادیکال آزاد DPPH، نتیجه آزمون بر پایه IC۵۰ عدد ۰/۲۹ میلی مول به‌دست‌آمد و با دو نمونه شاهد (کنترل مثبت) تطبیق داده شد و در سه غلظت ۱، ۰/۱ و ۰/۰۱ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر از فوکوزانتین آزمایش شد. میزان حذف رادیکال آزاد در غلظت های مختلف (۱، ۰/۱ و ۰/۰۱) به ترتیب ۵۶/۰۳، ۴۷/۱۲ و ۴۶/۹۹ بر حسب درصد به صورت میانگین ناشی از سه بار تکرار به‌دست‌آمد که نشانگر اثر حذف رادیکال آزاد وابسته به غلظت بود.

واژگان کلیدی: جلبک قهوه‌ای، *Colpomenia sinuosa*، فوکوزانتین، آنتی‌اکسیدان، جزیره قشم، خلیج فارس.

مقدمه

جلبک‌های دریاییکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان در محیط‌های دریایی هستند (Badury and Wright, ۲۰۰٤). تاکنون بیش از ۲۴۰۰ ترکیب طبیعی در ماکروجلبک‌ها شناسایی شده‌اند که در زمینه‌های پزشکی، داروسازی، غذایی و صنعتی تجاری‌سازی شده‌اند. ماکروجلبک‌ها بر اساس ترکیبات شیمیایی موجود در آن‌ها به سه دسته ماکروجلبک‌های سبز، قرمز و قهوه‌ای تقسیم می‌شوند. جلبک‌های دریایی علاوه بر نقش‌های بوم شناختی بسیار مهمی که در طبیعت دارند، به علت غنی بودن از ترکیبات ضروری و مورد نیازمانند مواد معدنی، ویتامین‌ها، پروتئین، کاروتنوئید، فیبر و اسیدهای چرب ضروری، در بسیاری از کشورهای جهان از گذشته‌های دور تا کنون به عنوان غذایی سالم در رژیم غذایی انسان و یا برای مصارف دارویی، صنعتی و آرایشی مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Khan and Satam, ۲۰۰۳؛ Kotnala *etal*., ۲۰۰۹)، به‌طوری‌که در ژاپن در ترکیباتی نظیر مربا، پنیر، نوشیدنی‌ها، چای، سوپ و غیره از آن‌ها استفاده می‌شود دربرخی دیگر از کشورها به عنوان منابع پلی ساکاریدهای متنوع در صنایع غذایی و داروسازی مورد استفاده گسترده قرار می‌گیرند. همچنین به علت دارا بودن ترکیبات مفید و فعال زیستی، تاکنون ترکیبات زیستی متعدد و با گسترهٔ کاربردی متنوعی همچون اثرات آنتی‌بیوتیک، ضدویروس، ضدقارچ و ضدسرطان‌زا جلبک‌های پرسلولی شناسایی و مشتق شده‌اند که بسیاری از متابولیت‌های اولیه و ثانویه این جانداران می‌توانند به مواد فعال مورد نیاز صنایع دارویی تبدیل شوند (Al-Haj *et al*., ۲۰۰۹).

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-08]

با وجود تمرکز مطالعات بر آنتی‌اکسیدان‌های موجود در گیاهان خشکی، بسیاری از منابع دریایی نیز برای کاوش ترکیبات زیست فعال جهت ساخت دارو و غذاهای سلامتی بخش مورد توجه قرار گرفته‌اند. در طول دهه گذشته، جلبک‌های دریایی یا عصارهٔ آن‌ها به عنوان منبعی جدید از ترکیبات زیست فعال مورد توجه قرارگرفته‌اند زیرا قادر به تولید طیف وسیعی از متابولیت‌های ثانویه بوده که بازهٔ گسترده‌ای از فعالیت‌های بیولوژیک را سبب می‌گردد (Gupta and Abu-Ghannam, ۲۰۱۱). اخیراً بیشتر توجهات بر فعالیت ضدتوموری و آنتی‌اکسیدانی ترکیبات جلبکی معطوف شده است (Heo *et al*., ۲۰۰۵).

نتایجتحقیقات مختلف نشان داده که ماکروجلبک‌های دریایی دارای آنتی‌اکسیدان‌های مختلف طبیعی شامل پلی فنول‌ها هستند (Kuda *etal*., ۲۰۰۵). ترکیبات فنولی شامل فلاونوییدها، فلوروتانن‌ها، اسیدهای فنولی و تانن‌ها بوده که عوامل مهمی در فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاهان و جلبک‌ها هستند (Blanc *et al*., ۲۰۱۱). ترکیبات فنولی به دلیل عملکردهای ضد اکسایشی و ضدتوموری مورد توجه هستند و معمولاً در جلبک‌های دریایی قهوه‌ای، قرمز و سبز دیده می‌شوند. ترکیبات به‌القوه آنتی‌اکسیدانی در جلبک‌ها شامل برخی رنگدانه‌ها (فوکوزانتین، آستازانتین، کاروتنوئیدها و...) و پلی‌فنول می‌باشند (Souza *et al*., ۲۰۱۱). فوکوزانتین اثرات محافظتی در برابر بیماری‌های التهابی دارد که این امر احتمالاً مربوط به ظرفیت بالای آنتی‌اکسیدانی آن می‌باشد (Liu *et al*., ۲۰۲۰؛ Wang *et al*., ۲۰۲۰).

Raji و همکاران در سال ۲۰۲۰ خالص‌سازی فوکوزانتین از گونه *Sargassum wightii* در آب‌های ساحلی منطقه Mandapam در هند را انجام دادند (Raji *et al*., ۲۰۲۰). مورد بررسی در این تحقیق *Colpomenia sinuosa* بود. این گونه از نظر سیستماتیک متعلق به رده Phaeophyceae، راسته Ectocarpales و خانواده Scytosiphonaceae می‌باشد. رنگ جلبک قهوه‌ای متمایل به زرد، شکل ظاهری نیم‌کروی تا کروی، به طور نامنظم پیچ خورده و توخالی صاف در اوایل رویش و توسعه یافته با افزایش سن می‌باشد. شکل نامنظم، کم و بیش گرد یا چندوجهی، قطر تال حدود ۱۰-۵ سانتی‌متر یا بیشتر است.

جلبک‌های قهوه‌ای-آب شورزی- در قسمت‌های کم عمق جزرومدی در بسترهای صخره‌ای مسطح یا به صورت اپی‌فیت روی جلبک‌های بزرگ یافت می‌شوند. پراکنش کم و بیش در استان‌های هرمزگان و سیستان و بلوچستان در فصل زمستان و اوایل بهار است (قرنجیک و روحانی قادیکلایی، ۱۳۸۸).

در دسترس بودن منابع این جلبک‌ها در آب‌های جنوبی کشور که معادله هزینه-فایده (cast-benefit) را به سمت مثبت سوق می‌دهد خواص بسیار فراوان ترکیبات زیست فعال آن‌ها، از جمله رنگدانه فوکوزانتین و اثربخشی آن به عنوان مکمل رژیمی- لاغری باعث شد تا تحقیق حاضر با هدف استخراج رنگدانه فوکوزانتین از جلبک *Colpomenia sinuosa* و بررسی اثر آنتی اکسیدانی آن انجام شود.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه عملیات نمونه‌برداری جلبک قهوه‌ای *Colpomenia sinuosa* از سواحل جزیره قشم در زمستان ۱۳۹۷ در زمان بیشینه جزر و در موقعیت جغرافیایی "۱/۸ '۲۶ °۴۹ E " ۳/۳ '۲۷ °۵۶ N صورت گرفت.

برای مشخص شدن زمان حداکثر جزر در ایستگاه‌ها، از وب‌گاه ایران آب‌نگاری که وضعیت جزرومدی سواحل ایران را نشان می‌دهد، استفاده شد. جلبک‌ها از ناحیه اتصال به بستربا دست جدا شده و جهت تشخیص با اطلس جلبک‌های دریایی سواحل خلیج‌فارس و دریای عمان (قرنجیک و روحانی قادیکلایی، ۱۳۸۸) تطبیق داده شد. جلبک‌های جمع‌آوری شده از شن و ماسه و جانداران اپی‌فیت پاکسازی شده و مواد زائد از روی آن‌ها برداشته‌شد. سپس با آب دریا شستشو داده شدند و در داخل کیسه‌های نایلونی حاوی آب دریا درون جعبه یونولیتی حاوی یخبه آزمایشگاه منتقل شدند.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-08]

کارهای آزمایشگاهی در آزمایشگاه شیمی آلی و پلیمر دانشکده شیمی دانشگاه تهران انجام گردید. پس از انتقال نمونه‌ها، در آزمایشگاه جلبک‌ها دوباره با آب معمولی شسته و روی پارچه تمیزی در سایه در معرض هوا خشک شدند. نمونه‌ها پس از خشک شدن به طور کامل، توسط آسیاب برقی پودر شدندو فوکوزانتین از آن‌ها استخراج شد. در این تحقیق از حلال‌های هگزان، متانول، کلروفرم، آب مقطر و متانول (Merk آلمان) جهت عصاره‌گیری استفاده شد (Haugen *et al*., ۱۹۹۲).

استخراج فوکوزانتین بر اساس روش هوگن (Haugen *et al*., ۱۹۹۲) انجام شد. بدین ترتیب که ۲ گرم از ماده خشک با ۲۰ میلی‌لیتر متانول مخلوط و ۲۴ ساعت در آزمایشگاه توسط نوار مغناطیسی به حرکت درآمده و همزده شد. پس از ته نشست قسمت‌های نامحلول، لایه رویی سانتریفوژ شده (۵ دقیقه در ۶۰۰۰ دور) (مدل Chirst) و بعد مایع رویی جمع‌آوری گردید. این فرآیند ۳ بار تکرار شد. ۶۰ میلی‌لیتر آب مقطر و ۶۰ میلی‌لیتر هگزان به مایع رویی اضافه شد، محلول حاصل به آرامی به‌وسیله قیف جداکننده از فاز آبی جدا و جمع‌آوری و فاز ارگانیک دور ریخته شد. سپس ۴۰ میلی‌لیتر کلروفرم به فاز آبی افزوده و مجدداً دو فاز حاصل به‌وسیله قیف جدا گردید. آن‌گاه فاز ارگانیک جمع‌آوری و به‌وسیلهٔ دستگاه اواپراتور چرخان (مدل Heidolph VV۲۰۰۰) تبخیر شد (در دمای ۳۰ سانتی گراد)، باقیمانده برای آنالیز بعدی نگهداری شد. وجود فوکوزانتین توسط سیستم HPLC(Agilent Technologies ۱۲۰۰ infinity series) در طول موج ۴۵۰ نانومتر قابل تشخیص و جداسازی شد.

فعالیت آنتی‌اکسیدانی با اندازه‌گیری اثر مهار رادیکالی آزاد عصاره بر فعالیت جذب رادیکال‌های سنتزی DPPH(۲,۲-diphenyl-۱-picrylhydrazyl) ارزیابی شد. فعالیت آنتی‌اکسیدانی بر طبق روش استفاده شده توسط بوریتس و بوکر (Burits and Bucar, ۲۰۰۰) اندازه‌گیری شد. بدین ترتیب که ابتدا ۲ میلی‌لیتر از عصاره متانولی (با سه غلظت ۰.۱،۱ و ۰.۰۱) با ۲ میلی‌لیتر محلول متانول حاوی رادیکال DPPH ترکیب گردید که منجر به تهیه غلظت نهایی ۰/۱۵ میلی مولار از DPPH گردید (بر اساس روش بهبود یافته Blois). ترکیب حاصل به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی و در دمای اتاق انکوبه شد و سپس به وسیله دستگاه اسپکتروفوتومتر (مدل v-۵۳۰ شرکت Jasco کشور ژاپن) با استفاده از blank به عنوان شاهد در طول موج ۵۱۷ نانومتر مورد بررسی و اندازه‌گیری قرار گرفت و با استفاده از فرمول زیرفعالیت بازدارندگی رادیکال DPPH تحت عنوان غلظت بازدارندگی DPPH محاسبه گردید و پس از سه بار تکرار به عنوان کنترل مثبت از دو آنتی‌اکسیدان شناخته شده یعنی ترکیب Ascorbic acid-BHA و دیگریα-tocopherol، به‌کارگرفته شد و میزان فوکوزانتین در جلبک *C. sinuosa*. در رابطه ۱ به‌دست آمد:

رابطه ۱:

$$\text{Inhibition (\%)}=\left(\frac{A0-A1}{A0}\right)\times ۱۰۰$$

A۰: جذب شاهد

A۱: جذب نمونه

IC۵۰ بیانگر غلظت مؤثر از نمونه‌ها است که ظرفیت مهار ٪ ۵۰ DPPH را دارد و از طریق رگرسیون خطی منحنی درصد ممانعت کنندگی و غلظت به‌دست می‌آید.

$$\text{Inhibition \%}=(Absorbance of Control - Absorbance of Sample)/\ (Absorbance of Control)\times ۱۰۰$$

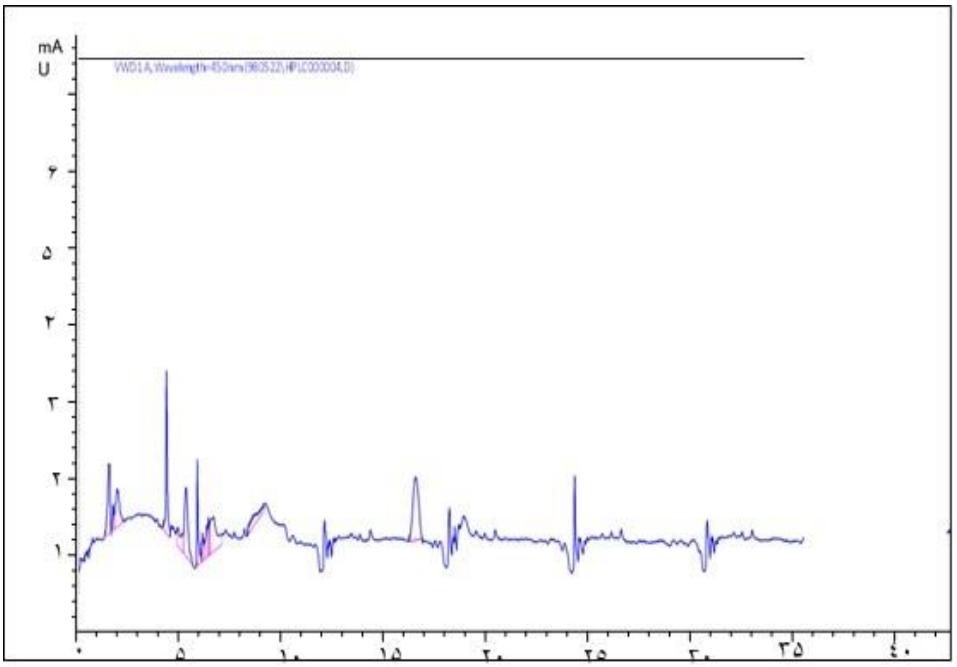
در این پژوهش به منظور دستیابی به نتایج دقیق‌تر، استخراج از نمونه جلبک مورد نظر سه بار انجام شد.

داده‌های ناشی از طیف سنجی کراماتوگرافی فاز مایع (Manufacturer Company: Agilent Technologies ۱۲۰۰ infinity series) (HPLC) {ستون ۱۸ با فاز ثابت Silica} و طیف‌سنجی نوری (اسپکتروفوتومتر) { Perkin Elmer, modelLambda ۸۵۰}و تحلیل و بررسی آماری داده‌ها و نتایج در نرم افزار Excel (نسخه ۲۰۱۰ Office) مورد سنجش قرار گرفت.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-08]

نتایج

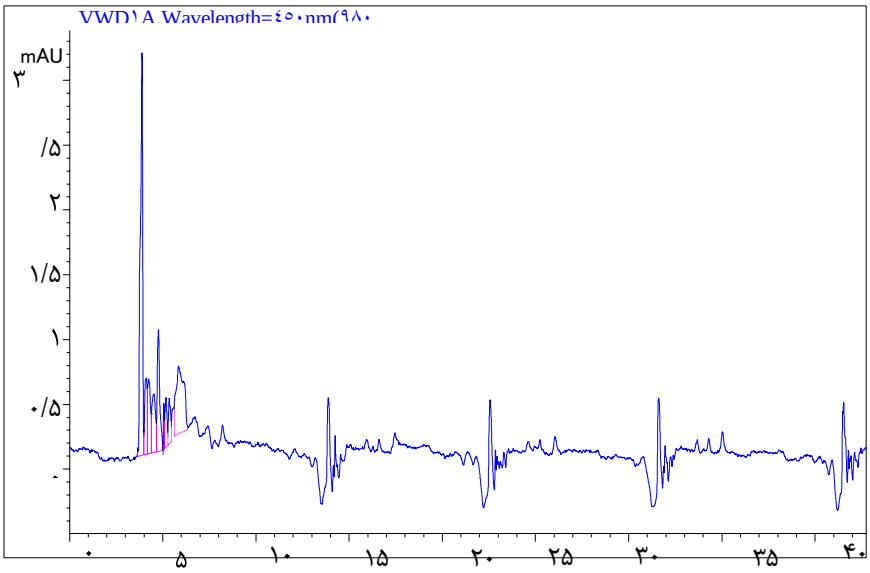
در این مطالعه، میزان وجود فوکوزانتین توسط سیستم HPLC (High Performance Liquid Chromatography -HPLC) (Manufacturer Company: Agilent Technologies ۱۲۰۰ infinity series) در طول موج ۴۵۰ نانومتر قابل تشخیص و جداسازی شد. شکل ۱ کروماتوگرام HPLC فوکوزانتین استاندارد و شکل ۲ کروماتوگرام HPLC فوکوزانتین نمونه مورد بررسی را نشان می‌دهد.
استاندارد فوکوزانتین (از آرشیو دانشگاه تهران) برند Sigma-Aldrich(CAS Number: ۳۳۵۱-۸۶-۸) استفاده شد.



شکل ۱: کروماتوگرام HPLC فوکوزانتین استاندارد (سواحل جزیره قشم،۱۳۹۷).

(پیک حضور فوکوزانتین {RetTime} در دقیقه ۴/۰۶۰ برای استاندارد).

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-08]



شکل ۲: کروماتوگرامHPLC فوکوزانتین برای نمونه استخراج شده از جلبک قهوه‌ای *Colpomenia sinuosa* (سواحل جزیره قشم،۱۳۹۷). (پیک حضور فوکوزانتین {RetTime}در دقیقه ۳/۳۹۸).

محاسبه غلظت نمونه جهت راستی آزمایی حضور فوکوزانتین با استفاده از سطوح زیر پیک (area) به‌دست‌آمده از کروماتوگرام‌های فوق با جاگذاری در رابطه ۲ غلظت نمونه (فوکوزانتین) معادل ۱۸/۵۵۲ به‌دست‌آمد.

سطح زیر پیک نمونه ۲۶/۸۰۴

سطح زیر پیک استاندارد (نمونه معادل): ۱۹/۵۵۷

غلظت استاندارد (میکرولیتر): ۲۵ میکرولیتر

غلظت نمونه (میکرولیتر): ۱۸/۲۵۵ میکرولیتر

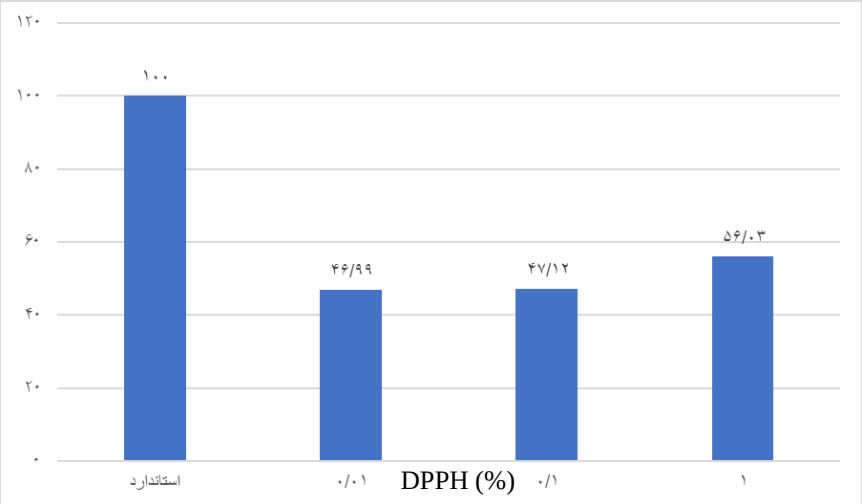
رابطه ۲:	غلظت نمونه = غلظت استاندارد × سطح زیر پیک استاندارد / سطح زیر پیک نمونه

DPPH یک رادیکال پایدار است که محلول متانولی آن دارای رنگ بنفش می‌باشد که بیشترین جذب نوری را در ۵۱۵ تا ۵۲۰ نانومتر نشان می‌دهد. پایه و اساس این روش این است که رادیکال DPPH به عنوان پذیرنده الکترون از یک مولکول اهدا کننده مانند آنتی‌اکسیدان عمل می‌کند، در نتیجه آن DPPH به $DPPH_2$ تبدیل می‌شود در این حالت رنگ بنفش محیط به رنگ زرد تبدیل می‌شود، بنابراین شدت جذب در ۵۱۵ نانومتر کاهش می‌یابد. از روی اندازه‌گیری کاهش شدت جذب به وسیله طیف سنجی، می‌توان به خصوصیات آنتی‌اکسیدانی آن پی‌برد. معمولاً نتایج آزمون DPPH بر پایه IC_{50}(Half Maximal Inhibitory Concentration) بیان می‌شود.

در این مطالعه نیز به منظور بررسی اثرات آنتی‌اکسیدانی از روش DPPH استفاده شد. در این روش به عنوان کنترل مثبت از دوآ نتی‌اکسیدان شناخته شده یعنی ترکیب Ascorbic acid-BHA و دیگری α-tocopherol به ترتیب نتایج جذب ۰/۴۶-۰/۲۶ میلی‌مول و ۰/۱۱ میلی مول

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-08]

به کارگرفته شدکه در نهایت عدد ۰/۲۹ میلی مول برای فوکوزانتین در جلبک .*Colpomenia sinuosa* به‌دست‌آمد. با گنجاندن نتایج حاصله در فرمول یاد شده میزان حذف رادیکال آزاد در غلظت‌های ۱، ۰/۱ و ۰/۰۱ به ترتیب ۵۶/۰۳، ۴۷/۱۲ و ۴۶/۹۹ بر حسب درصد به صورت میانگین ناشی از سه بار تکرار به دست آمد (شکل ۳).



شکل ۳: فعالیت جذب رادیکال آزاد DPPH(٪) (درصد مهار رادیکال DPPH) توسط عصاره متانولی جلبک قهوه‌ای *Colpomenia sinuosa* در سه غلظت متفاوت (میلی‌گرم بر میلی‌لیتر)(سواحل جزیره قشم،۱۳۹۷).

بحث و نتیجه‌گیری

جلبک‌های دریایی و ترکیبات فعال زیستی آن‌ها به ویژه پلی‌ساکاریدها و ترکیبات فنلی را می‌توان به عنوان مکمل‌های غذایی مفید و سودمند برای سیستم گوارش محسوب نمود (Charoensiddhi *et al*., ۲۰۲۰) مطالعات Neumann و همکاران (۲۰۱۹) نشان داد که فوکوزانتین دارای فعالیت ضد تکثیری و آنتی‌اکسیدانی در شرایط آزمایشگاهی است و نیز نه تنها دارای خواص آنتی‌اکسیدانی و ضد التهابی است بلکه در درمان برخی بیماری‌ها مانند دیابت موثر است و خواص ضد سرطانی دارد (Ling Kong *et al*., ۲۰۱۹؛ Lourenço-Lopes *et al*., ۲۰۲۰).

فوکوزانتین یک کاروتنویید زانتوفیل است که به وفور در ماکروجلبک‌هایی مانند جلبک‌های قهوه‌ای یافت می‌گردد. در صورت مصرف، فوکوزانتین در سیستم گوارش هیدرولیز شده و تبدیل به فوکوزانتیول می‌گردد؛ و نهایتاً در کبد تبدیل به amarouciaxanthin A می‌شود. این ترکیب اثرات بیولوژیک منحصر به‌فردی دارد. فوکوزانتین با مهار کردن اکسیژن مولکولی و رادیکال‌های آزاد از ظرفیت آنتی‌اکسیدانی قوی برخوردار است (Bae *et al*., ۲۰۲۰). رنگدانه فوکوزانتین و ترکیبات فنولی به‌طور قابل ملاحظه‌ای در فعالیت آنتی‌اکسیدانی جلبک‌ها نقش دارند و در این مطالعه وجود فوکوزانتین در جلبک *Colpomenia sinuosa* از طریق کروماتوگرافی (HPLC) و مشاهده پیک حضور فوکوزانتین {RetTime}در دقیقه ۳/۸۹۳ و با غلظت ۱۸/۲۵۵ میکرولیتر (با محاسبه ناحیه زیر سطح پیک) به اثبات رسید.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-08]

تفاوت در میزان استخراج ترکیبات آنتی‌اکسیدانی می‌تواند به نوع حلال، ترکیب هدف و نوع جلبک بستگی داشته باشد که در این مطالعه از گروه ترکیبات فنولی است که از جمله آنتی‌اکسیدان‌های بسیار مهم بوده که این به سبب قابلیتی است که در اهدای یک اتم هیدروژن یا الکترون برای تشکیل محصولات پایدار از رادیکال‌ها دارند.

مقدار فوکوزانتین و سایر کاروتنوییدها و محتوای فنول کل، حتی در گونه‌های مشابه، بستگی به آب‌وهوا، میزان نور خورشید و جایگاه در ساحل دارد، لذا نتایج به‌دست‌آمده در سایر مناطق جهان و حتی سایر سواحل خلیج فارس تا حدودی متفاوت هستند. به‌طور مثال سطوح فنول کل با افزایش دمای محیط در برخی گونه‌ها افزایش می‌یابد که برای جلوگیری از استرس وارد شده توسط محیط می‌باشد (O'Sullivan *et al.*, ۲۰۱۰).

روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری قدرت آنتی‌اکسیدانی یک ماده وجود دارد (Blanc *et al.*, ۲۰۱۱). در این تحقیق با توجه به عدم دسترسی به برخی از این روش‌ها از روش آزمایش فعالیت جذب رادیکال آزاد DPPH (۲ و ۲ دی فنیل ۱ پیکریلهیدرازیل) که منجر به تأیید اثر آنتی‌اکسیدانی رنگدانه فوکوزانتین استخراج شده از جلبک قهوه‌ای *Colpomenia sinuosa* گردید.

میزان حذف رادیکال آزاد نتیجه آزمون بر پایه IC_{50} عدد ۰/۲۹ میلی‌مول به‌دست‌آمد و با دو نمونه شاهد (کنترل مثبت) تطبیق داده شد و در غلظت‌های مختلف از فوکوزانتین (۱، ۰/۱ و ۰/۰۱) به ترتیب ۵۶/۰۳، ۴۷/۱۲ و ۴۶/۹۹ بر حسب درصد به صورت میانگین ناشی از سه بار تکرار به‌دست‌آمد که نشانگر اثر حذف رادیکال آزاد وابسته به غلظت می‌باشد، بدین معنی که غلظت ۱ بیشترین اثر را دارا است که بر اساس تطبیق با سایر تحقیقات انجام گرفته از جمله سفری و همکاران (۱۳۹۴) و طاهری و مرادی (۱۳۹۷)، نتایج نزدیک و مشابهی به‌دست‌آمد.

نتایج اثر حذف رادیکال آزاد بر مبنای DPPH در تحقیق سفری و همکاران (۱۳۹۴) با به کارگیری حلال متانول (مشابه تحقیق حاضر) نیز نتایج مشابهی را در پی داشته است.

در مطالعه Vishnu Kiran و Murugesan (۲۰۱۴) نیز در غلظت ۹۰۰ میکروگرم/ میکرولیتر عدد ۰.۰۱±۶۵ اعلام گردیده بود که با توجه به نزدیکی به غلظت مطلوب در تحقیق حاضر یعنی ۱ نتیجه قابل قبول و مشابهی را بیان می‌نماید.

نتایج بیانگر خاصیت آنتی‌اکسیدانی قابل توجه و مطلوب فوکوزانتین به عنوان آنتی‌اکسیدان وابسته به غلظت می‌باشدکه از طریق مداخله در انتشار، از طریق به دام‌اندازی رادیکال (ROO^{-}) در فاز چرب، اثر آنتی‌اکسیدانی خود را بروز می‌دهد و در تشدید و تقویت این اثر، عامل غلظت نقش مؤثری دارد.

منابع

سفری، پ.، رضائی، م.، شویک لو، ا.ر.، گرمسیری، ا. و باباخانی، آ.، ۱۳۹٤. تعیین فعالیت آنتی‌اکسیدانی و میزان فنول کل دوگونه جلبک دریایی خلیج فارس Chaetomorpha *sp.* و*Colpomeniasinuosa* در شرایط آزمایشگاهی (in vitro). مجله علوم‌وفنون دریایی، دانشگاه خرمشهر. دوره ۱۴، شماره ۱، بهار ۱۳۹۴. صفحات ۷۷-۶۴

قرنجیک، ب. م. و روحانی قادیکلایی، ک.، ۱۳۸۸. اطلس جلبک های دریایی سواحل خلیج فارس و دریای عمان. مؤسسه تحقیقات شیلات ایران، مدیریت اطلاعات علمی. ۲۰۲ ص.

طاهری، ع. ومرادی، س.، ۱۳۹۷. بررسی خواص آنتی‌اکسیدانی عصاره آلی جلبک دریایی *Colpomenia sinousa*. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران. دوره ۲۸، شماره ۱۶۰، اردیبهشت ماه. صفحات ۱۵۵-۱۵۱.

Al-Haj, N. A., Mashan, N. I., Shamsudin, M. N., Mohamad, H., Vairappan, C. S. and Sekawi, Z., ۲۰۰۹. Antibacterial activity in marine algae *Eucheuma denticulatum* against *Staphylococcus aureus* and *Streptococcus pyogenes*. Research Journal of Biological Sciences, ٤: ٥١٩-٥٢٤.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-08]

Badury, P. and Wright, P. C., ۲۰۰٤. Exploitation of marine algae: biogenic compounds for potential antifouling applications. Planta. ۲۱۹: ٥٦۱-٥۷۸.

Bae, M., Kima, M., Parka, Y. and Lee, J., ۲۰۲۰. Health benefits of fucoxanthin in the prevention of chronic diseases. BBA - Molecular and Cell Biology of Lipids ۱۸٦٥ (۲۰۲۰) ۱٥۸٦۱۸.

Blanc, N., Hauchard, D., Audibert, L. and Gall, E. A., ۲۰۱۱. Radical scavenging capacity of phenol fractions in the brown seaweed *Ascophyllum nodosum*: An electrochemical approach. Talanta, ۸٤(۲):٥۱۳-٥۱۸

Burits, M. and Bucar, F., ۲۰۰۰. Antioxidant Activity of Nigella sativa Essential Oil. PHYTOTHERAPY RESEARCH. ۱٤, ۳۲۳–۳۲۸.

Charoensiddhi, S., Abraham, R., Su, P. and Zhang, W., ۲۰۲۰. Chapter Four - Seaweed and seaweed-derived metabolites as prebiotics. Advances in Food and Nutrition Research, ۹۱: ۹۷-۱٥٦.

Gupta, S. and Abu-Ghannam, N., ۲۰۱۱. Recent developments in the application of seaweeds or seaweeds extracts as a means for enhancing the safety and quality attributes of foods. Innovative Food Science & Emerging technologies., ۱۲(٤): ٦۰۰–٦۰۹.

Haugen, J.A., Akermann, T., Liaaen-Jensen, S., ۱۹۹۲. Isolation of fucoxanthin and peridinin. Methods Enzymology, ۲۱۳: ۲۳۱-۲٤٥(۱٤pages).

Heo, S., Park, E. J., Lee, K. W. and Jeon, Y. J., ۲۰۰٥. Antioxidant activities of enzymatic extracts from brown seaweeds. Bioresource Technology, ۹٦: ۱٦۱۳-۱٦۲۳.

Khan, S. I. and Satam, S. B., ۲۰۰۳. Seaweed mariculture: scope and potential in India. Aquaculture Asia. ٤: ۲٦-۲۸.

Kotnala, S., Garg, A. and Chatterji, A., ۲۰۰۹. Screening for the presence of antimicrobial activity in Few Indian seaweeds. Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science. ۳۲: ٦۹-۷٥.

Kuda, T., Tsunekawa, M., Goto, H. and Araki, Y., ۲۰۰٥. Antioxidant properties of four edible algae harvested in the Noto Peninsula, Japan. Journal of Food Composition and Analysis, ۱۸: ٦۲٥–٦۳۳.

Ling Kong, Z., Sudirman, S., Hsu, Y-Sh., Su , Ch-Y. and Kuo, H. P., ۲۰۱۹. Fucoxanthin-Rich Brown Algae Extract Improves Male Reproductive Function on Streptozotocin-Nicotinamide-Induced Diabetic Rat Model. Int. Journal of Molecular Sciences, ۲۰, ٤٤۸٥.

Liua, M., Lia, W., Chenb, Y., Wana,X. and Wanga, J., ۲۰۲۰. Fucoxanthin: A promising compound for human inflammation-related diseases. Journal of Life Sciences. ۲٥٥, ۱۱۷۸٥۰.

Lourenço-Lopes, C., Garcia-Oliveira, P., Carpena, M., Fraga-Corral, M., Jimenez-Lopez, C., Pereira, A. G., Prieto, M. A. and Simal-Gandara, J., ۲۰۲۰. Scientific Approaches on Extraction, Purification and Stability for the Commercialization of Fucoxanthin Recovered from Brown Algae. Foods, ۹, ۱۱۱۳.

Neumann, U., Felix Derwenskus, Y., Flaiz Flister, Y., Schmid-Staiger, U., Hirth, T. and Bischo, S. C., ۲۰۱۹. Fucoxanthin, A Carotenoid Derived from Phaeodactylum tricornutum Exerts Antiproliferative and Antioxidant Activities In Vitro. Journal of Antioxidants, ۸, ۱۸۳.

O'Sullivan, A. M., O'Callaghan, Y. C., O'Grady, M. N. Queguineur, B. Hanniffy, D., Troy, D. J., Kerry, J. P. and O'Brien, N. M., ۲۰۱۱. In vitro and cellular antioxidant activities of seaweed extracts prepared from five brown seaweeds harvested in spring from the west coast of Ireland. Food Chemistry, ۱۲٦: ۱۰٦٤-۱۰۷۰.

Raji, V., Loganathan, Ch., Sadhasivam, G., Kandasamy, S., Poomani, K. and Thayumanavan, P., ۲۰۲۰. Purification of fucoxanthin from Sargassum wightii Greville and understanding the inhibition of angiotensin ۱-converting enzyme: An in vitro and in silico studies. International Journal of Biological Macromolecules ۱٤۸: ٦۹٦–۷۰۳.

Souza, H. K. S., Hilliou, L., Bastos, M. and GonalvesA, M. P., ۲۰۱۱. 'Effect of molecular weight and chemical structure on thermal and rheological properties of gelling κ / ι -hybrid carrageenan solutions', Journal of Carbohydrate Polymers, ۸٥: ٤۲۹–٤۳۸.

Vishnu Kiran, M. and Murugesan, S., ۲۰۱٤. In vitro Antioxidant activity of silver nano-particles from *Colpomenia sinuosa* and *Halymenia poryphyroides*. World Journal of Pharmaceutical Sciences. ۲(۸): ۸۱۷-۸۲۰. ISSN (Print): ۲۳۲۱-۳۳۱۰; ISSN (Online): ۲۳۲۱-۳۰۸٦.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-08]

Wang, P., Sudirman, S., Hsieh, M., Hu, J. and Kong, Z., ۲۰۲۰. Oral supplementation of fucoxanthin-rich brown algae extract ameliorates cisplatin-induced testicular damage in hamsters. Biomedicine & Pharmacotherapy ۱۲۵ (۲۰۲۰) ۱۰۹۹۹۲.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-08]