



مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

مقایسه استخراج آستاگزانتین از ماکرو جلبک های قرمز (*Gracilaria corticata*) و قهوه ای (*Sargassum polycystum*)

پریسا فیضی^۱ یحیی مقصودلو^۲

۱- دکترای فناوری مواد غذایی دانشکده صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲- استاد گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی دانشکده صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۱۰

تاریخ داوری: ۱۴۰۴/۰۵/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۱/۲۱

کلمات کلیدی:

آستاگزانتین،

میکروامولسیون مایع یونی،

استخراج سبز،

ماکرو جلبک

DOI: 10.48311/fsct.2026.83896.0

* مسئول مکاتبات:

y.maghsoodlou@gau.ac.ir

این پژوهش با هدف مقایسه استخراج آستاگزانتین تحت شرایط خیساندن به مدت ۲۴ ساعت با حلال شاهد (اتانول)، حلال آلی (ترکیب اتانول با اتیل استات)، حلال سبز (میکروامولسیون مایع یونی تری بوتیل اکتیل فسفونیوم بروماید در آب) و روغن گیاهی (روغن آفتابگردان) از ماکرو جلبک های قرمز (*Gracilaria corticata*) و قهوه ای (*Sargassum polycystum*) انجام شد. برای استخراج از نسبت های حلال به نمونه ۵ برابر، ۱۲/۵ برابر و ۲۰ برابر استفاده شد. میزان آستاگزانتین استخراجی، کاروتنوئید کل، درصد باز یافت آستاگزانتین و فعالیت مهار رادیکال DPPH مورد بررسی قرار گرفتند. با توجه به نتایج بدست آمده از استخراج آستاگزانتین از ماکرو جلبک های قرمز (*Gracilaria corticata*) و قهوه ای (*Sargassum polycystum*)، ماکرو جلبک قهوه ای (*Sargassum polycystum*)، به عنوان منبع با بالاترین میزان آستاگزانتین استخراجی با مقدار 86.2 ± 0.83 میلی گرم بر میلی لیتر انتخاب شد. استفاده از حلال سبز (میکروامولسیون مایع یونی در آب) در نسبت ۵ برابر حلال به نمونه نیز به عنوان بهترین شرایط استخراج انتخاب شد. نتایج حاصل از مهار رادیکال DPPH توسط آستاگزانتین استخراج شده به کمک حلال های ذکر شده در مقایسه با آنتی اکسیدان سنتتیک BHT نشان داد که با افزایش غلظت آستاگزانتین فعالیت آنتی اکسیدانی افزایش یافت. اما این افزایش همواره کمتر از فعالیت آنتی اکسیدانی BHT بود. به طور کلی نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که استفاده از میکروامولسیون مبتنی بر مایع یونی جایگزین مناسبی برای روش های مرسوم در استخراج و بازیابی آستاگزانتین از منابع زیستی طبیعی است. علاوه بر این ماکرو جلبک قهوه ای (*Sargassum polycystum*)، نیز منبع غنی برای استخراج رنگدانه طبیعی آستاگزانتین می باشد.

۱-مقدمه

کارتونوئیدها رنگدانه‌های طبیعی هستند که باعث غیر فعال شدن عوامل شروع کننده‌ی واکنش‌های شیمیایی مضر مانند اکسیژن آزاد، سه گانه حساس فتوشیمیایی و رادیکال‌های آزاد می‌شوند، که در غیر این صورت این عوامل به طور بالقوه در سیستم‌های بیولوژیکی، موجب بروز سرطان می‌شوند. بنابراین رنگدانه‌های کارتونوئیدی به عنوان کمک کننده عملکرد سیستم ایمنی بدن در پستانداران شناخته می‌شوند. مطالعات اپیدمیولوژیک نشان دهنده رابطه معکوس بین خطر سرطان های حنجره، ریه و روده بزرگ و مصرف غذاهای حاوی کاروتنوئید می‌باشد. باتوجه به اهمیت این رنگدانه‌ها استخراج آن‌ها از ترکیبات طبیعی بسیار مورد توجه قرار گرفته است (۱). از اینرو موجودات دریایی یکی از منابعی هستند که به دلیل دارا بودن رنگدانه‌های مختلف می‌توانند به عنوان منبعی طبیعی برای استخراج این ترکیبات استفاده شوند. از رنگدانه‌های مهمی که از آبزیان استخراج می‌شوند، می‌توان به آستاگزانتین و فیکوسیانین اشاره کرد (۲). آستاگزانتین در میکروارگانیسم‌های مختلف نظیر جلبک‌ها، باکتری‌ها و مخمرها وجود دارد. آستاگزانتین رنگدانه‌ای از خانواده زانتوفیل‌ها بوده و یکی از معروفترین رنگدانه‌های کاروتنوئیدی می‌باشد. این ترکیب دارای ساختار چندغیراشباعی بوده و پیوندهای دوگانه متعددی در ساختار خود دارا می‌باشد (۳). آستاگزانتین رنگدانه محلول در چربی و رنگ آن نارنجی متمایل به قرمز می‌باشد. این ترکیب دارای ویژگی‌های ضد اکسایشی بسیار زیادی بوده و مطالعات نشان داده است که در جلوگیری از بروز سرطان‌ها، دیابت، بیماری‌های پارکینسون و آلزایمر، بیماری‌های چشمی مانند آب مروارید، بیماری‌های قلبی-عروقی، سکته مغزی و کلسترول بالا مؤثر می‌باشد (۴). با توجه به خواص مذکور در آستاگزانتین، استخراج آن از منابع طبیعی جهت کاربرد در آبی‌پروری و صنایع غذایی ضرورت می‌یابد. ماکروجلبک‌ها یا علف‌های دریایی، جلبک‌های پرسلولی هستند که در سواحلی با جذر و مد بالا، اعماق دریاها و دریاچه‌ها به فراوانی یافت می‌شوند و به‌عنوان یکی از منابع پایدار برای

استخراج ترکیبات طبیعی دریایی محسوب می‌گردند و به‌دلیل کاربردهای مختلف در صنایع داروسازی، غذایی، آرایشی و بهداشتی و همچنین در تغذیه آبزیان به منظور افزایش شاخص‌های رشد، توجه پژوهشگران بسیاری را به خود جلب نموده‌اند. شواهدی وجود دارد که مصرف به نسبت کم جلبک‌ها به جهت دارا بودن خواص آنتی‌اکسیدانی برای مدتی طولانی می‌تواند اثرات مطلوبی در پیشگیری از بروز سرطان و بسیاری از بیماری‌های مزمن، ازجمله بیماری‌های قلبی-عروقی و دیابت نوع دوم که به شدت رو به فزونی است، داشته باشد (۵). جلبک قهوه‌ای *Sargassum polycystum* یک جلبک دریایی خوراکی، سرشار از فیبر غذایی، ویتامین‌ها، مواد معدنی و پلی‌ساکاریدها است. این جلبک دریایی به عنوان یک منبع غذایی رایج در کشورهای آسیایی می‌باشد. اخیراً، ترکیبات فعال زیستی مختلفی در *S. polycystum* با خواص آنتی‌اکسیدانی، ضد باکتریایی و ضد توموری شناسایی شده‌اند. در مجموع، این خواص باعث می‌شود این جلبک دریایی برای طیف وسیعی از کاربردهای زیست پزشکی بسیار مفید باشد (۶). در مطالعه انجام شده توسط ساداتی و همکاران (۲۰۱۱) اثر آنتی‌اکسیدانی ترکیبات فنولی سه گونه ماکروجلبک قهوه‌ای *Colpomenia sinuosa* و *Cystoseira myrica swartzii* جمع‌آوری شده از سواحل خلیج فارس در منطقه عسلویه مورد بررسی قرار گرفت و نتایج حاصله نشان داد که گونه *Sargassum swartzii* منبعی غنی از ترکیبات فنولی با خاصیت آنتی‌اکسیدانی می‌باشد (۷). از طرف دیگر در میان جلبک‌های قرمز، جنس *Gracilaria* حاوی تنوع گسترده‌ای از محتویات ارزشمند برای تغذیه انسان است و یکی از پر کشت‌ترین و با ارزش‌ترین جلبک‌های دریایی در جهان است. محتوای لیپید آن کم است (۱-۵ درصد وزن خشک)، اما حاوی دوکوزاهگزانوئیک اسید است که به عنوان مهم‌ترین اسید چرب غیراشباع برای کاهش خطر بیماری‌های قلبی-عروقی شناخته می‌شود. و به عنوان آنتی‌اکسیدان عالی عمل می‌کند، غشای سلولی را تقویت و سلول‌ها و بافت‌های آسیب دیده را ترمیم می‌کند، عملکرد قلب را بهبود

مطالعه‌ای با هدف بازیابی آستاگزانتین از ضایعات میگو و استخراج به کمک فراصوت با استفاده از میکروامولسیون مایع یونی درآب (متشکل از مایع یونی تری بوتیل اکتیل فسفونیوم بروماید آب تریتون ایکس ۱۰۰ و نرمال بوتانول) انجام دادند. نتایج نشان داد که درمقایسه باحلال‌های آلی (اتانول، استون، و دی متیل سولفوکسید)، میکروامولسیون مایع یونی در آب به دلیل فعل و انفعالات الکترواستاتیک قوی‌تر و برهمکنش‌های پیوندهیدروژنی باعث افزایش قابل توجه استخراج آستاگزانتین شدند. به طور کلی میکروامولسیون مبتنی بر مایع یونی جایگزین مناسبی برای روش‌های مرسوم دراستخراج و بازیابی آستاگزانتین از منابع زیستی طبیعی است (۱۳). لذا این پژوهش برای اولین بار با هدف مقایسه استخراج آستاگزانتین تحت شرایط خیساندن به مدت ۲۴ ساعت با حلال شاهد (اتانول)، حلال آلی (ترکیب اتانول با اتیل استات)، حلال سبز (میکروامولسیون مایع یونی تری بوتیل اکتیل فسفونیوم بروماید بعنوان بخش هیدروفوب در آب که فسفونیوم بخش کاتیونی و بروماید بخش آنیونی را تشکیل می‌دهند) و روغن گیاهی (روغن آفتابگردان) از ماکرو جلبک‌های قرمز (*Gracilaria corticata*) و قهوه‌ای (*Sargassum polycystum*) انجام شده است.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد اولیه

جلبک های سارگاسوم پلی سیستم و گراسیلاریا کورتیکاتا از پژوهشکده خلیج فارس با شناسایی مولکولی و تایید گونه تهیه شدند. آستاگزانتین تجاری با خلوص $>98\%$ ، DPPH^۱ و BHT^۲ از شرکت سیگما آلد ریچ خریداری شدند. اتانول، پروپانول و اتیل استات با خلوص کروماتوگرافی و تری بوتیل اکتیل فسفونیوم بروماید $(p\text{-}444\text{Br})^3$ و تریتون ایکس ۱۰۰^۴ با خلوص $>99\%$ و نرمال بوتانول با خلوص

می‌بخشد و با سرطان مبارزه می‌کند. با این حال، مشخصات مواد مغذی جلبک‌های دریایی مانند *Gracilaria* تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند گونه‌های جلبک دریایی، زیستگاه، مرحله بلوغ، فصل، دمای آب و شرایط و روش نمونه‌برداری مورد استفاده قرار می‌گیرد (۸). *Gracilaria corticata* به طور گسترده در سواحل ایران در خلیج فارس پراکنده است و پتانسیل خوبی برای استخراج آنتی اکسیدان‌ها دارد. برای استخراج آستاگزانتین از موجودات دریایی تحقیقات بسیاری از جمله استخراج به وسیله حلال‌های مختلف با کمک فراصوت، تخمیر میکروبی، استخراج با روغن و مایع یونی مورد مطالعه قرار گرفته است (۹). مایعات یونی دارای خواص فیزیکوشیمیایی منحصر به فردی مانند فشاربخارناچیز، غیرقابل اشتعال بودن، پایداری حرارتی بالا و تجدیدپذیری هستند. ازسوی دیگر، دوزهای پایین مایعات یونی درآزمایشات حیوانی و آزمایشگاهی منجر به آسیب سلولی نشده است. درنتیجه، مایعات یونی جایگزین‌های بالقوه‌ای برای حلال‌های آلی فرار در صنایع غذایی هستند (۱۰). با این حال، ویسکوزیته اکثر مایعات یونی بیشتر از حلال‌های آلی است که در نتیجه منجر به کاهش نرخ انتقال جرم می‌شود. میکروامولسیون روشی امیدورکننده است که امکان استخراج انتخابی بیومولکول‌ها را در صنایع غذایی و شیمیایی فراهم می‌کند (۱۱). میکروامولسیون‌ها نوعی سامانه-ی امولسیون هستند که برخلاف امولسیون‌ها از لحاظ ترمودینامیکی پایدارند و اندازه‌ی فاز پراکنده در آن‌ها حدود ۱۰-۱۰۰ نانومتر است. برای تهیه‌ی یک سامانه‌ی میکروامولسیونی به چهار جزء اساسی شامل آب، روغن، سورفاکتانت و کوسورفاکتانت نیاز است. با مخلوط کردن نسبت‌های مناسب از این اجزاء، سامانه‌ی میکروامولسیون به خودی خود شکل می‌گیرد (۱۲). تا به امروز، میکروامولسیون‌ها برای استخراج پروتئین‌ها، رنگدانه‌ها و عناصر کمیاب استفاده شده‌اند. گائو و همکاران (۲۰۲۰)،

3-Tributyloltylphosphonium Bromide

4-Triton X-100

1- 2, 2-Diphenyl-1- picrylhydrazyl

2- Butylated hydroxytoluene

۹۹/۹٪ از شرکت سیگما آلد ریچ تهیه شدند. روغن آفتابگردان تصفیه شده بدون آنتی اکسیدان نیز از شرکت حیات خریداری شد. کلیه آزمایشات در معاونت غذا و داروی دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان انجام گرفت.

۲-۲- آماده سازی نمونه‌ها

ماکرو جلبک‌های قرمز (*Gracilaria corticata*) و قهوه‌ای (*Sargassum polycystum*) پس از انتقال به آزمایشگاه، به منظور حذف شن یا مواد خارجی احتمالی، چندین مرتبه با آب معمولی و در نهایت یک بار با آب مقطر شستشو داده شدند. سپس نمونه‌ها بدون خرد کردن به مدت ۴۸ ساعت در دمای آزمایشگاه (۲۲ درجه سانتیگراد) و به دور از نور آفتاب قرار گرفته و خشک شدند. در نهایت نیز توسط آسیاب الکتریکی کاملاً خرد شده و پودر حاصله پس از الک کردن تا زمان استخراج در ۴ درجه سانتیگراد نگهداری شد.

۲-۳- آماده سازی حلال‌ها

حلال سبز مورد استفاده میکروامولسیون مایع یونی در آب است که با توجه به تشکیل خود به خودی میکروامولسیون و عدم نیاز به صرف انرژی زیاد فقط با هم زدن و به روش زیر تهیه شد (۱۳): تری بوتیل اکتیل فسفونیوم بروماید: تریتون ایکس ۱۰۰- نرمال بوتانول (با نسبت ۳ به ۱ تریتون ایکس ۱۰۰ به نرمال بوتانول): آب، به ترتیب با نسبت‌های جرمی ۱۳/۰: ۲۵/۰: ۶۲/۰ مخلوط شدند. این ترکیبات به ترتیب فاز غیر قطبی، سورفاکتانت-کمک سورفاکتانت و فاز قطبی میکروامولسیون را شامل می‌شوند. این حلال در دمای اتاق قابل نگهداری است. برای نمونه شاهد از اتانول استفاده شد.

۲-۴- نحوه‌ی استخراج

حلال‌ها در دمای محیط به نسبت‌های ۵ برابر، ۱۲/۵ برابر و ۲۰ برابر (که با بررسی پژوهش‌های پیشین استخراج آستازانتین از منابع دیگر تعیین گردید) با پودر نمونه‌ها مخلوط شده و به مدت ۲۴ ساعت تحت روش خیساندن بدون هم زدن در دمای محیط قرار گرفتند. سپس مخلوط حاصله را به مدت ۱۰ دقیقه با ۸۵۰۰ دور در دقیقه تحت دمای محیط سانتریفیوژ (سانتریفیوژ یخچال‌دار (Eppendorf، آلمان)) کرده، قسمت بالایی نمونه را جدا کرده و قسمت ته نشین شده به شیوه قبل مجدداً تحت استخراج قرار گرفت (جهت در نظر گرفتن بقایای احتمالی در قسمت ته نشین شده) و پس از سانتریفیوژ، بخش بالایی آن با مقدار قبل ترکیب شده و با فیلتر ۰/۴۵ میکرومتری از جنس تفلون فیلتر شد تا برای آنالیز آماده گردد (۱۴).

۲-۵- آزمون‌ها

۲-۵-۱- ارزیابی خواص فیزیکی میکروامولسیون

برای اندازه‌گیری رسانایی میکروامولسیون از دستگاه هدایت سنج inoLab ساخت کشور آلمان استفاده شد. برای اندازه‌گیری چگالی میکروامولسیون از چگالی سنج ۵۰۰ میکرولیتر ساخت کشور آلمان استفاده شد. قطر میکروامولسیون بادستگاه پراکنش دینامیکی نور^۶ (DLS) (Horiba، ژاپن) تعیین شد.

۲-۵-۲- ارزیابی محتوای کل کاروتنوئیدها (آستازانتین کل)

محتوای کاروتنوئید کل با استفاده از اندازه‌گیری‌های اسپکتروفتومتری طبق روش گزارش شده توسط هوچ و همکاران (۲۰۱۶) تعیین شد. جهت تعیین محتوای کل کاروتنوئیدها، جذب ۴ میلی‌لیتر از محلول‌های استخراج شده توسط اسپکتروفتومتر^۷ (دستگاه اسپکتروفتومتر UV-Vis Shimadzu، ژاپن)) در طول موج ۴۵۰ نانومتر پس از صفر

7-Spectrophotometry

5-Pycnometer

6-Dynamic Light Scattering (DLS)

برای این منظور عصاره ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. درصد بازیافت آستاگزانتین با محاسبه درصد آستاگزانتین استخراج شده تحت هر یک از شرایط استخراج از مقدار آستاگزانتین کل نمونه با توجه به فرمول (۳) حاصل شد (۱۷).

$$\text{فرمول (۳)} \quad 100 \times \frac{\text{عصاره آستاگزانتین}}{\text{آستاگزانتین کل}} = \text{بازیابی} \%$$

۲-۵-۵-۲ فعالیت مهاررادیکال ۲،۲-دیفنیل ۱-پیکریل هیدرازیل (DPPH)

آستاگزانتین های استخراج شده را در یخچال نگهداری کرده تا جهت بررسی خاصیت آنتی اکسیدانی آستاگزانتین مورد استفاده قرار گیرند. محلول اتانولی DPPH در غلظت ۰/۲ میلی مولار تهیه شد. ۲ میلی لیتر از غلظت های مختلف عصاره ها (۰/۰۵-۰/۷۵) جهت بررسی روند تغییرات در سه نوع حلال مورد استفاده با ۲ میلی لیتر از محلول اتانولی DPPH ترکیب شدند. جذب نمونه ها پس از ۳۰ دقیقه نگهداری در دمای محیط و شرایط تاریکی در ۵۱۷ نانومتر و بعد از صفر کردن جذب دستگاه برای هر نمونه از حلال ها اندازه گیری و فعالیت مهار رادیکال DPPH بر اساس فرمول (۴) محاسبه شد. این آزمون با قابلیت آنتی اکسیدانی، آنتی اکسیدان سنتزی BHT بعنوان شاهد در غلظت های مشابه مقایسه شد (۱۸).

$$\text{فرمول (۴)} \quad \left[A_0 - \frac{A_b}{A_0} \right] \times 100 = \text{\% فعالیت مهار رادیکال DPPH}$$

A_0 : جذب محلول DPPH بدون نمونه

A : جذب نمونه مخلوط با محلول DPPH

A_b : جذب نمونه بدون محلول DPPH

۲-۶-آنالیز آماری

کردن جذب دستگاه برای هر نوع حلال اندازه گیری شد و از ضریب خاموشی ویژه آستاگزانتین ۲۱۰۰ استفاده شد. براساس مطالعات پیشین انجام شده در این رابطه، محتوای کاروتنوئید کل در این طول موج را آستاگزانتین کل در نظر گرفته شد. بازده محتوای آستاگزانتین کل A (TAC)، میکروگرم بر گرم وزن خشک) با استفاده از فرمول (۱) برآورد شد (۱۵).

$$\text{فرمول (۱)} \quad TAC = \frac{V \times A \times 100}{21 \times W}$$

V : حجم حلال مورد استفاده (ml)

A : جذب در طول موج ۴۵۰ نانومتر

W : وزن خشک ماده (gr)

۳-۵-۲-آنالیز آستاگزانتین با اسپکتروفتومتر

منحنی استاندارد آستاگزانتین با تهیه رقت های مختلف آستاگزانتین خالص در غلظت های ۱-۰ میکروگرم بر میلی لیتر با استفاده از ۲-پروپانول بعنوان حلال رنگدانه خالص آستاگزانتین رسم گردید. جذب آستاگزانتین عصاره ها در طول موج ۴۷۸ نانومتر (OD_{478}) دستگاه اسپکتروفتومتر-UV VIS اندازه گیری و با جذب آزمایش الکل حاوی آستاگزانتین خالص، در سه تکرار ثبت شد. میزان آستاگزانتین عصاره ها با استفاده از فرمول (۲) محاسبه گردید (۱۶).

فرمول (۲)

$$C(mg/ml) = \frac{OD_{478}}{1.97}$$

C : غلظت آستاگزانتین در ۲-پروپانول بر حسب

Y : میزان جذب در ۴۷۸ نانومتر

X : غلظت بر حسب میکروگرم بر میلی لیتر

۴-۵-۲-محاسبه درصد بازیافت آستاگزانتین

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از طرح آماری آنالیز واریانس یکطرفه ANOVA در سطح خطای ۰/۰۵ با نرم افزار SPSS 26.0 انجام گرفت. نتایج به صورت میانگین $\pm$ انحراف معیار گزارش شد. رسم نمودارها در نرم افزار Excel 2010 انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی میکرومولسیون

در این مطالعه چگالی میکرومولسیون‌ها در محدوده ۰/۹۷۱۵۱ گرم بر سانتی متر مکعب، قطر آن‌ها ۱۵/۸ نانومتر و رسانایی آن‌ها ۳۱۲ میکرو زیمنس در دمای ۲۷/۱ درجه سانتی گراد تعیین شد. تعیین چگالی، رسانایی و قطر از جمله ویژگی‌های مورد آزمون میکرومولسیون در این پژوهش بودند. مطالعه خواص فیزیکی حلال و وابستگی دمایی آن‌ها برای طراحی و عملکرد مناسب فرآیندهای جداسازی مهم است. با این حال، خواص فیزیکی میکرومولسیون‌های مبتنی بر مایع یونی کمیاب است و در مطالعات قبلی نادیده گرفته شده است. رسانایی بالای میکرومولسیون نسبت به مخلوط اتانول: اتیل استات (۱:۲) به دلیل وجود گونه‌های یونی محلول است که به صورت آزاد در محلول موجود هستند و حرکت می‌کنند. از طرف دیگر کم بودن اندازه ذرات نشان دهنده ثبات حلال می‌باشد. رسانایی بالای میکرومولسیون‌ها مایع یونی در مقایسه با مخلوط اتانول: اتیل استات (۱:۲) باعث برهمکنش بهتر حلال با نمونه و استخراج بالاتر رنگدانه می‌شود (۱۳).

۳-۲- ارزیابی محتوای کل کارتنوئیدها

نتایج مربوط به محتوای کل کارتنوئید استخراج شده از ماکروجلبک‌های قرمز (*Gracilaria corticata*) و قهوه‌ای (*Sargassum polycystum*) با استفاده از حلال‌های متفاوت (اتانول، مخلوط اتانول: اتیل استات (۱:۲)، میکرومولسیون مایع یونی در آب، حلال روغنی) در نسبت‌های مختلف (۵، ۱۲/۵ و ۲۰ برابر) حلال به نمونه در جدول

۱، نشان داده شده است. طبق نتایج بدست آمده از جدول ۱، محتوای کل کارتنوئید استخراج شده از ماکروجلبک‌های قرمز (*Gracilaria corticata*) و قهوه‌ای (*Sargassum polycystum*) در نسبت‌های متفاوت حلال به نمونه نسبت ۵ برابر حلال به نمونه محتوای کارتنوئیدی بالاتری داشت. به طور کلی ماکروجلبک قهوه‌ای (*Sargassum polycystum*) در نسبت ۵ برابر حلال به نمونه به کمک میکرومولسیون مایع یونی در آب با $91/2 \pm 31/02$ میلی لیتر برگرم بالاترین محتوای کل کارتنوئید را نشان داد. علت بالا بودن کارتنوئیدهای استخراج شده بویژه آستاگزانتین توسط حلال میکرومولسیون مایع یونی در آب را می‌توان به انحلال بهتر رنگدانه‌ها و تطابق قطبیت در این حلال نسبت به سایر حلال‌های مورد استفاده در پژوهش نسبت داد. در تحقیق لیو و همکاران (۲۰۱۸) از روش‌های مختلف اختلاف میدان الکتریکی، اولتراسوند، میکروفلویدیزیشن با فشار بالا، اسیدکلریدریک با استون و مایعات یونی جهت استخراج آستاگزانتین استفاده شد. نتایج نشان داد که تکنیک مایعات یونی و روش ترکیبی اسیدکلریدریک و استون، مطلوبترین نتایج را به همراه داشتند که نوع حلال آن با تحقیق حاضر همخوانی دارد (۱۹). همچنین نتایج بدست آمده از استخراج آستاگزانتین در مطالعه گائو و همکاران (۲۰۲۰) نیز نشان داد که حلال میکرومولسیون مایع یونی توانایی بالایی در استخراج آستاگزانتین دارد که با نتایج بدست آمده در پژوهش حاضر همخوانی دارد. مقایسه بین نسبت‌های مختلف حلال به نمونه نشان داد که با افزایش نسبت حلال به نمونه محتوای کل کارتنوئید استخراج شده کاهش یافت که علت آن می‌تواند به دلیل محدود بودن ظرفیت انحلال حلال باشد.

Table 1- Total content of carotenoids (ml/g) in Gracilaria and Sargassum in different ratio of solvent to sample

Solvents	<i>Sargassum polycystum</i>			<i>Gracilaria corticata</i>		
	Solvent to sample ratio			Solvent to sample ratio		
	5	12.5	20	5	12.5	20
Ethanol	56.89±1.55 ^{dC}	57.94±1.48 ^{dB}	59.99±1.48 ^{dA}	57.64±1.39 ^{bA}	57.05±0.57 ^{cB}	56.28±1.09 ^{cC}
Mixture of ethanol: ethyl acetate (1:2)	59.68±1.79 ^{cA}	58.67±1.17 ^{cB}	56.75±1.45 ^{cC}	54.99±1.88 ^{dC}	57.92±3.28 ^{bA}	56.56±1.53 ^{bB}
Ionic liquid microemulsion in water	91.31±2.2 ^{aA}	88.09±1.69 ^{aC}	90.07±0.57 ^{aB}	78.68±2.32 ^{aA}	78.45±1.17 ^{aB}	75.18±2.32 ^{Ac}
oily solvent	60.56±1.80 ^{bB}	59.44±2.39 ^{bC}	62.39±1.09 ^{bA}	57.32±0.69 ^{cA}	56.95±1.22 ^{dB}	52.78±0.69 ^{dC}

Data were reported as mean±standard deviation (n=3). Small dissimilar letters in each column indicate a significant difference between the solvents (p<0.05). Capital letters in each row indicate a significant difference (p<0.05) among ratios.

۳-۳- آنالیز آستاگزانتین با اسپکتروفتومتر

در پژوهش حاضر برای محاسبه منحنی استاندارد از رگرسیون خطی استفاده شد. ضرایب تعیین (R^2) مقدار (۰/۹۹۵۲) خطی بودن مطلوب را در محدوده انتخاب شده برای آستاگزانتین نشان داد. نتایج حاصل از استخراج آستاگزانتین با استفاده از حلال های مختلف (اتانول، مخلوط اتانول: اتیل استات (۱:۲)، حلال میکرومولسیون مایع یونی در آب و حلال روغنی) در نسبت های ۵ برابر، ۱۲/۵ و ۲۰ برابر حلال به نمونه در جدول ۲، نشان داده شده است. طبق نتایج بدست آمده همانند نتایج بدست آمده از محتوی کل کارتنوئید نمونه ماکرو جلبک قهوه ای (*Sargassum*)

polycystum) در نسبت ۵ برابر حلال به نمونه به کمک میکرومولسیون مایع یونی در آب با مقدار ۸۶/۲±۰/۸۳ میلی گرم بر میلی لیتر بیشترین مقدار آستاگزانتین را داشت. این نتایج با نتایج بدست آمده از محتوی کل کارتنوئید در پژوهش حاضر همخوانی داشت. مونتیرو و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه ای که بر روی ارزیابی چهار سیستم حلال و سه روش استخراج برای به دست آوردن عصاره سه جلبک ماکرو (*Ulva rigida* و *Fucus vesiculosus*، *Gracilaria sp.*) و دو ریزجلبک (*Chlorella sp.* و *Nannochloropsis gaditana*) انجام دادند و عصاره ها از نظر عملکرد، محتوی فنلی و فعالیت آنتی اکسیدانی بالقوه مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که نسبت حلال آلی به آب کمتر باعث

(۲۰۱۹) در مطالعه‌ای که بروی استخراج فوکوگزانتین و آستاگزانتین در ماکرو جلبک *Sargassum sp* توسط کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا انجام دادند گزارش کردند که عصاره متانولی گونه‌های *Sargassum* می‌تواند به عنوان یک منبع طبیعی خوب از کاروتنوئیدها و آنتی اکسیدان‌ها، با خاصیت ضد سرطانی به صورت مکمل غذایی یا به عنوان یک عامل ضد میکروبی در صنعت داروسازی استفاده شود. یافته‌ها نشان داد که استفاده از عصاره جلبک دریایی غنی از آنتی اکسیدان می‌تواند به درمان بیماری‌های مرتبط با استرس اکسیداتیو کمک کند (۲۱).

افزایش راندمان استخراج زیست توده در ماکرو جلبک‌ها شد. سطوح فنول کل، ارتو دی فنل‌ها و فلاونوئیدها به شدت تحت تأثیر مواد جلبک و سیستم حلال اعمال شده قرار گرفتند (۲۰) در مطالعه انجام شده توسط ساداتی و همکاران (۲۰۱۱) اثر آنتی‌اکسیدانی ترکیبات فنولی سه گونه ماکرو جلبک قهوه‌ای *Colpomenia sinuosa*، *Sargassum swartzii* و *Cystoseira myrica*، آوری شده از سواحل خلیج فارس در منطقه عسلویه مورد بررسی قرار گرفت و نتایج حاصله نشان داد که گونه *Sargassum swartzii* منبعی غنی از ترکیبات فنولی با خاصیت آنتی‌اکسیدانی می‌باشد (۷). واقمود^۱ و همکاران

Table 2- Astaxanthin (mg/ml) extracted from Gracilaria and Sargassum in different ratio of solvent to sample

Solvents	<i>Sargassum polycystum</i>			<i>Gracilaria corticata</i>		
	Solvent to sample ratio			Solvent to sample ratio		
	5	12.5	20	5	12.5	20
Ethanol	54.44±2.32 ^{dA}	53.34±1.98 ^{dB}	51.93±1.28 ^{dC}	53.07±1.35 ^{cA}	52.44±1.70 ^{cB}	52.10±1.73 ^{bC}
Mixture of ethanol: ethyl acetate (1:2)	54.84±2.08 ^{cA}	53.66±1.74 ^{cB}	51.70±1.73 ^{cC}	51.63±1.50 ^{dA}	51.22±1.27 ^{dB}	50.33±1.33 ^{dC}
Ionic liquid microemulsion in water	86.00±2.83 ^{aA}	88.09±2.93 ^{aB}	84.07±1.92 ^{aC}	75.60±2.42 ^{aA}	74.23±3.69 ^{aB}	72.70±2.25 ^{aC}
oily solvent	55.94±2.00 ^{bB}	59.44±2.39 ^{bA}	53.73±2.23 ^{bC}	53.98±1.15 ^{bA}	52.78±1.50 ^{bB}	51.71±1.17 ^{bC}

Data were reported as mean±standard

deviation (n=3). Small dissimilar letters in

each column indicate a significant difference between the solvents (p<0.05). Capital letters in each row indicate a significant difference (p<0.05) among ratios.

درصد بازیافت آستاگزانتین با محاسبه درصد آستاگزانتین استخراج شده تحت هریک از شرایط استخراج از مقدار

۳-۴-درصد بازیافت آستاگزانتین

بیشتر باشد درصد بازیافت آستاگزانتین نیز بیشتر خواهد بود این نتایج با نتایج حاصل از آنالیز آستاگزانتین با اسپکتروفتومتر در پژوهش حاضر نیز مطابقت داشت. به طور کلی باتوجه به نتایج بدست آمده از استخراج آستاگزانتین و محتوی کل کاروتنوئید این نتایج قابل پیش بینی بود. در مطالعه ای که توسط فیضی و همکاران (۲۰۲۴) بر روی استخراج آستاگزانتین از میگوی موزی و سخت پوست گاماروس به کمک حلال های مختلف انجام شد نیز نتایج مشابه پژوهش حاضر بدست آمد زیرا آن ها گزارش دادند که در نسبت ۱۲/۵ برابر حلال به نمونه به کمک میکرومولسیون مایع یونی در آب بیشترین درصد بازیافت آستاگزانتین از میگوی موزی بدست آمد (۲۲).

آستاگزانتین کل نمونه (TAC) با توجه به فرمول ۳، بدست آمد و نتایج حاصل از درصد بازیافت آستاگزانتین از ماکرو جلبک های قرمز (*Gracilaria corticata*) و قهوه ای (*Sargassum polycystum*) با استفاده از حلال های مختلف در نسبت های ۵، ۱۲/۵ و ۲۰ برابر حلال به نمونه در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج حاصل نشان داد که درصد بازیافت آستاگزانتین از نمونه ماکرو جلبک قهوه ای (*Sargassum polycystum*) با استفاده از حلال میکرومولسیون مایع یونی در آب در نسبت ۵ برابر حلال به نمونه با 97.0 ± 1.15 درصد بیشترین مقدار است. از لحاظ آماری نیز این یافته ها معنی دار بود ($p < 0.05$). به طور کلی تحت شرایط این آزمایش هرچه میزان استخراج آستاگزانتین

Table 3- Percentage recovery of astaxanthin from *Gracilaria* and *Sargassum* in different ratios of solvent to sample

Solvents	<i>Sargassum polycystum</i>			<i>Gracilaria corticata</i>		
	Solvent to sample ratio			Solvent to sample ratio		
	5	12.5	20	5	12.5	20
Ethanol	88.33±1.15 ^{dA}	87.66±1.15 ^{dB}	81.00±1.00 ^{dC}	85.66±1.15 ^{dA}	85.33±0.57 ^{dB}	74.33±0.88 ^{dC}
Mixture of ethanol: ethyl acetate (1:2)	93.00±1.05 ^{cA}	90.00±1.00 ^{cB}	85.00±1.73 ^{cC}	90.00±1.00 ^{cB}	90.33±0.57 ^{cA}	82.00±0.57 ^{cC}
Ionic liquid microemulsion in water	97.66±0.57 ^{aA}	96.66±0.57 ^{aB}	93.66±0.66 ^{aC}	95.66±0.57 ^{aA}	92.66±1.15 ^{aB}	91.00±0.00 ^{aC}
oily solvent	95.33±0.57 ^{bA}	92.33±0.57 ^{bB}	89.33±1.00 ^{bC}	93.00±1.00 ^{bA}	91.66±1.20 ^{bB}	86.00±1.00 ^{bC}

Data were reported as mean±standard deviation (n=3). Small dissimilar letters in each column indicate a significant difference between the solvents ($p<0.05$). Capital letters in each row indicate a significant difference ($p<0.05$) among ratios.

اکسیداسیون چربی ها را مهار نمایند. نتایج حاصل از مهار رادیکال DPPH توسط غلظت های متفاوت آستاگزانتین استخراج شده با حلال اتانول، مخلوط اتانول: اتیل استات (۱:۲)، حلال روغنی و حلال میکرومولسیون مایع یونی در آب در شکل ۱، نشان داده شده است. با افزایش غلظت،

۳-۵-فعالیت مهار رادیکال ۲،۲-دیفنیل-۱-پیکریل هیدرازیل (DPPH)

مهار رادیکال های آزاد یکی از شناخته شده ترین مکانیسم های است که به واسطه آن ترکیبات ضد اکسایشی می توانند

میزان فعالیت آنتی اکسیدانی آستاگزانتین استخراج شده توسط حلال‌های مختلف افزایش یافت. در بین حلال‌های استفاده شده برای استخراج آستاگزانتین، آستاگزانتین استخراج شده توسط حلال روغنی فعالیت آنتی اکسیدانی بیشتری نسبت به حلال مایع یونی و مخلوط اتانول: اتیل استات (۱:۲) نشان داد. اگر چه رنگدانه استخراج شده توسط حلال روغنی فعالیت آنتی اکسیدانی نزدیک به BHT داشت، اما همواره میزان فعالیت آنتی اکسیدانی BHT نسبت به این رنگدانه بالاتر بود. مواد آنتی اکسیدان در بین ترکیبات موجود در منابع طبیعی جایگاه خاصی دارند، چون رادیکال‌های آزاد در به وجود آمدن بیماری‌های بسیاری نقش عمده ایفا می‌کنند و بدن برای مقابله با آسیب اکسیداتیو ناشی از این رادیکال‌ها از سیستم‌های آنتی اکسیدانی متفاوتی استفاده می‌کند. امروزه با توجه به زندگی صنعتی، منابع تولید رادیکال‌های آزاد بسیار زیاد هستند و انسان‌ها هر روز در معرض این عوامل مخرب قرار دارند. نقش این رادیکال‌های آزاد در بسیاری از بیماری‌های انسان مانند سرطان، دیابت، بیماری‌های قلب و عروق و بیماری‌های اعصاب و روان، مشخص شده است (۲۳). در واقع، واکنش‌های بیوشیمیایی متعددی در بدن، اکسیژن فعال تولید می‌کنند که توانایی تخریب بیومولکول‌ها را دارند. این اثر زیانبخش رادیکال‌های آزاد می‌تواند توسط مواد آنتی-اکسیدان، بلوکه شود. این ترکیبات موجب به دام اندازی رادیکال‌های آزاد و در نتیجه، موجب سمیت‌زدایی می‌گردند. آنتی اکسیدان‌ها علاوه بر ایفای نقش در سامانه‌های زیستی، در مواد غذایی سرشار از چربی‌های غیراشباع نیز از کاهش کیفیت تغذیه‌ای، ایمنی، بد طعمی و بیرنگ شدن به علت ایجاد ترکیبات سمی جلوگیری می‌کنند. آنتی اکسیدان‌ها به دو

دسته شیمیایی و طبیعی تقسیم می‌شوند (۲۴). آنتی اکسیدان‌های شیمیایی که بیشترین استفاده را در صنایع غذایی دارند، شامل BHT، BHA، TBHQ و پروپیل گالات بوده که سرطان‌زایی و اثرات منفی این ترکیبات بر سلامت انسان مشخص شده است (۲۵). به همین دلیل، امروزه استفاده از آنتی اکسیدان‌های طبیعی رایج شده است. در پژوهش حاضر نیز در بین حلال‌های استفاده شده برای استخراج آستاگزانتین، آستاگزانتین استخراج شده توسط حلال روغنی فعالیت آنتی اکسیدانی بیشتری نسبت به حلال مایع یونی و مخلوط اتانول: اتیل استات (۱:۲) نشان داد. اگر چه رنگدانه استخراج شده توسط حلال روغنی فعالیت آنتی اکسیدانی نزدیک به BHT داشت، اما همواره میزان فعالیت آنتی اکسیدانی BHT نسبت به این رنگدانه بالاتر بود. به طور کلی افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی آستاگزانتین استخراج شده توسط حلال روغنی عاری از آنتی اکسیدان نسبت به سایر حلال‌ها را می‌توان به حفاظت بهتر رنگدانه در روغن آفتابگردان نسبت داد. بعلاوه رنگدانه آستاگزانتین به سبب داشتن ماهیت چربی دوست در حلال روغن تمرکز بهتری داشته و از تماس با اکسیژن محیط دور مانده و خواص آنتی اکسیدانی خود را بیشتر حفظ می‌کند. در حلال مایع یونی علی رغم داشتن بالاترین میزان از رنگدانه بدلیل اکسید شدن جزئی یا آسیب‌های احتمالی بعدی طی دوره نگهداری خواص آنتی اکسیدانی کمتری نسبت به حلال روغن دارد (۲۲). باتوجه به نتایج این پژوهش می‌توان دریافت که بسته به نوع حلال مورد استفاده برای استخراج آستاگزانتین فعالیت آنتی اکسیدانی نیز متفاوت خواهد بود.

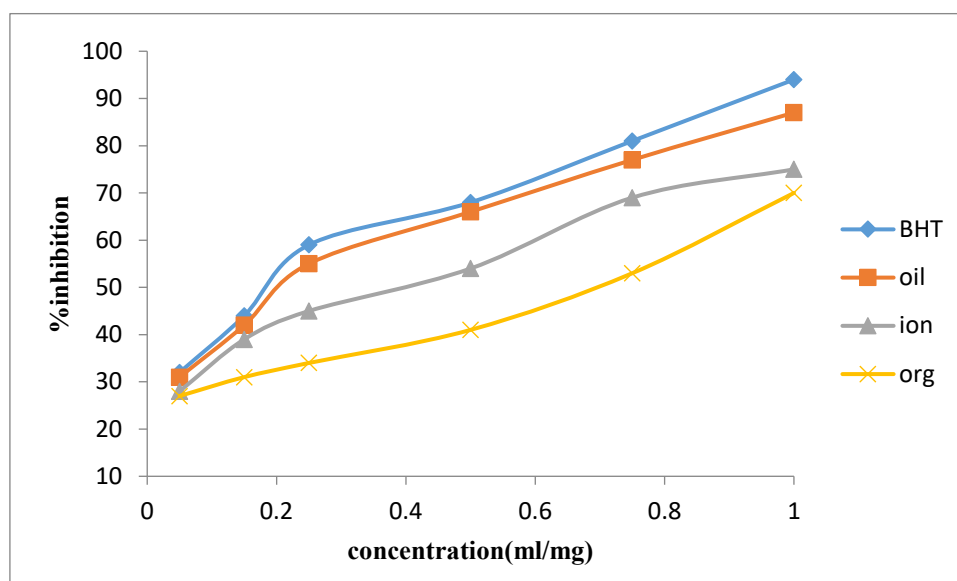


Figure 1- DPPH radical scavenging activity of astaxanthin extracted with organic, ionic and oily solvents in comparison with BHT

۴- نتیجه گیری

شده آستاگزانتین استخراجی توسط حلال روغنی بیشترین فعالیت آنتی اکسیدانی را داشت که علت آن را می توان به حفاظت بهتر رنگدانه در روغن آفتابگردان نسبت داد.

۵- تقدیر و تشکر

از معاونت محترم غذا و داروی هرمزگان که ما را در انجام این پژوهش یاری دادند کمال تشکر را داریم.

تضاد منافع

هیچ موردی برای اعلام وجود ندارد.

بیانیه تامین مالی

این پژوهش هیچ گونه حمایت مالی خاصی از نهادهای دولتی، تجاری یا غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

همه نویسندگان در طراحی، تحلیل، نگارش و تایید نسخه نهایی مشارکت داشته اند.

۶- منابع

نتایج این پژوهش نشان داد که چگالی میکروامولسیون مایع یونی در آب در محدوده ۰/۹۷۱۵۱ گرم بر سانتی متر مکعب، قطر آن ۱۵/۸ نانومتر و رسانایی ۳۱۲ میکرو زیمنس در دمای ۲۷/۱ درجه سانتی گراد بود. با توجه به نتایج بدست آمده از استخراج آستاگزانتین از ماکرو جلبک های قرمز *Gracilaria corticata* و قهوه ای *Sargassum polycystum*، ماکرو جلبک قهوه ای *Sargassum polycystum*، به عنوان منبع با بالاترین میزان آستاگزانتین استخراجی انتخاب شد. حلال سبز (میکرو امولسیون مایع یونی در آب) در نسبت ۵ برابر حلال به نمونه به عنوان حلال مناسب برای استخراج انتخاب شد. مقدار آستاگزانتین استخراج شده در بهترین شرایط ۸۶/۲±۰/۸۳ میلی گرم بر میلی لیتر بود، که نشان دهنده انحلال بالای رنگدانه در میکروامولسیون مایع یونی است. همچنین نتایج حاصل از مهار رادیکال DPPH یا فعالیت آنتی اکسیدانی آستاگزانتین استخراج شده توسط حلال های مورد استفاده در این آزمون در مقایسه با آنتی اکسیدان سنتتیک BHT نشان داد که با افزایش غلظت آستاگزانتین فعالیت آنتی اکسیدانی افزایش یافت اما این افزایش همواره کمتر از BHT بود. از طرف دیگر در بین آستاگزانتین استخراج شده توسط حلال های ذکر

- [1] Scicchitano P, Cortese F, Gesualdo M, De Palo M, Massari F, Giordano P, et al. The role of endothelial dysfunction and oxidative stress in cerebrovascular diseases. *Free radical research*. 2019;53(6):579-95.
- [2] Safari R, Mirbakhsh M, Ghafari H, Reyhanipour S, Rahmati R, Ebrahimzadeh M. Effect of temperature, pH, and time factors on the stability and antioxidant activity of the extracted astaxanthin from *haematococcus microalgae* (*Haematococcus pluvialis*). *Iranian Scientific Fisheries Journal*. 2022;31(1):109-20.
- [3] Higuera-Ciupara I, Felix-Valenzuela L, Goycoolea F. Astaxanthin: a review of its chemistry and applications. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2006;46(2):185-96.
- [4] Oh YS, Jun H-S. Role of bioactive food components in diabetes prevention: Effects on Beta-cell function and preservation. *Nutrition and Metabolic Insights*. 2014;7:NMI. S13589.
- [5] Tala M, Tamadoni Jahromi S, Azad M. Evaluation and compression of antioxidant activity of methanolic extracts of *Gracilaria corticata* from the coasts of Bandar-e-Lengeh and Qeshm Island. *Journal of Animal Environment*. 2021;13(1):499-504.
- [6] Zou X-X, Xing S-S, Su X, Zhu J, Huang H-Q, Bao S-X. The effects of temperature, salinity and irradiance upon the growth of *Sargassum polycystum* C. Agardh (Phaeophyceae). *Journal of Applied Phycology*. 2018;30:1207-15.
- [7] Sadati N, Khanavi M, Mahrokh A, Nabavi S, Sohrabipour J, Hadjiakhoondi A. Comparison of antioxidant activity and total phenolic contents of some Persian Gulf marine algae.
- [8] Rosemary T, Arulkumar A, Paramasivam S, Mondragon-Portocarrero A, Miranda JM. Biochemical, micronutrient and physicochemical properties of the dried red seaweeds *Gracilaria edulis* and *Gracilaria corticata*. *Molecules*. 2019;24(12):2225.
- [9] Saini RK, Keum Y-S. Carotenoid extraction methods: A review of recent developments. *Food chemistry*. 2018;240:90-103.
- [10] Martins PLG, Braga AR, de Rosso VV. Can ionic liquid solvents be applied in the food industry? *Trends in Food Science & Technology*. 2017;66:117-24.
- [11] Amiri-Rigi A, Abbasi S. Extraction of lycopene using a lecithin-based olive oil microemulsion. *Food chemistry*. 2019;272:568-73.
- [12] Amiri S, Radi M, Bagheri L, Ansari V. Antioxidant activity of green tea microemulsion extract in canola oil. 2019.
- [13] Gao J, You J, Kang J, Nie F, Ji H, Liu S. Recovery of astaxanthin from shrimp (*Penaeus vannamei*) waste by ultrasonic-assisted extraction using ionic liquid-in-water microemulsions. *Food chemistry*. 2020;325:126850.
- [14] Parjikolaei BR, Errico M, El-Houri RB, Christensen KV, Fretté XC. Green approaches to extract Astaxanthin from Shrimp waste: process design and economic evaluation. *Computer Aided Chemical Engineering*. 38: Elsevier; 2016. p. 649-54.
- [15] Haque F, Dutta A, Thimmanagari M, Chiang YW. Intensified green production of astaxanthin from *Haematococcus pluvialis*. *Food and bioproducts processing*. 2016;99:1-11.
- [16] Khoo KS, Chew KW, Yew GY, Manickam S, Ooi CW, Show PL. Integrated ultrasound-assisted liquid biphasic flotation for efficient extraction of astaxanthin from *Haematococcus pluvialis*. *Ultrasonics sonochemistry*. 2020;67:105052.
- [17] Ruen-ngam D, Shotipruk A, Pavasant P. Comparison of extraction methods for recovery of astaxanthin from *Haematococcus pluvialis*. *Separation Science and Technology*. 2010;46(1):64-70.
- [18] Zhao X, Zhang X, Fu L, Zhu H, Zhang B. Effect of extraction and drying methods on antioxidant activity of astaxanthin from *Haematococcus pluvialis*. *Food and Bioproducts Processing*. 2016;99:197-203.
- [19] Liu ZW, Zeng XA, Cheng JH, Liu DB, Aadil RM. The efficiency and comparison of novel techniques for cell wall disruption in astaxanthin extraction from *Haematococcus pluvialis*. *International Journal of Food Science & Technology*. 2018;53(9):2212-9.
- [20] Monteiro M, Santos RA, Iglesias P, Couto A, Serra CR, Gouveias I, et al. Effect of extraction method and solvent system on the phenolic content and antioxidant activity of selected macro-and microalgae extracts. *Journal of Applied Phycology*. 2020;32:349-62.
- [21] Waghmode A, Narayankar C, Nimbalkar M, Gaikwad D. Exploration of fucoxanthin and astaxanthin in macro alga (*Sargassum* sp.) by high-performance liquid chromatography. *Indian Hydrobiol*. 2019;18:40-9.
- [22] Feizi P, Maghsoudlou Y, Shahiri Tabarestani H, Jafari SM, Bahri A. Comparison Astaxanthin Extraction of *Fenneropenaeus merguensis* and *Pontogammarus maeoticus* by Using Organic Solvent, Sunflower Oil

- and Ionic Liquid Micro Emulsion. Iranian Food Science and Technology Research Journal. 2024;20(2):309-21.
- [23] Sharififar F, Moshafi M, Mansouri S, Khodashenas M, Khoshnoodi M. In vitro evaluation of antibacterial and antioxidant activities of the essential oil and methanol extract of endemic *Zataria multiflora* Boiss. Food control. 2007;18(7):800-5.
- [24] Singh G, Maurya S, DeLampasona M, Catalan CA. A comparison of chemical, antioxidant and antimicrobial studies of cinnamon leaf and bark volatile oils, oleoresins and their constituents. Food and chemical toxicology. 2007;45(9):1650-61.
- [25] Kahl R, Kappus H. Toxicology of the synthetic antioxidants BHA and BHT in comparison with the natural antioxidant vitamin E. Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung. 1993;196:329-38.



Scientific Research

Comparison of astaxanthin extraction from, red (*Gracilaria corticata*) and brown (*Sargassum polycystum*) macroalgae

Parisa Feizi¹, Yahya Maghsoudlou²

1- Ph.D in Food Science & Technology, Dept. of Food Science & Technology, college of Food Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources.

2- Professor, Dept. of Food Science & Technology, college of Food Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources.

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received: 2024/10/01 Review: 2025/08/05 Accepted: 2026/04/10 Keywords: Astaxanthin, Ionic liquid microemulsion, Green Extraction, Macroalgae DOI: 10.48311/fsct.2026.83896.0 *Corresponding Author E- y.maghsoudlou@gau.ac.ir	This study aimed to compare the extraction of astaxanthin under soaking conditions for 24 hours with a control solvent (ethanol), an organic solvent (a mixture of ethanol and ethyl acetate), a green solvent (a microemulsion of tributylmethylphosphonium bromide ionic liquid in water), and a vegetable oil (sunflower oil) from red (<i>Gracilaria corticata</i>) and brown (<i>Sargassum polycystum</i>) macroalgae. Solvent-to-sample ratios of 5, 12.5, and 20 were used for extraction. The amount of extracted astaxanthin, total carotenoids, astaxanthin recovery percentage, and DPPH radical scavenging activity were investigated. According to the results obtained from the extraction of astaxanthin from red (<i>Gracilaria corticata</i>) and brown (<i>Sargassum polycystum</i>) macroalgae, brown (<i>Sargassum polycystum</i>) macroalgae was selected as the source with the highest amount of extracted astaxanthin with a value of 86.00 ± 2.83 mg/ml. The use of green solvent (ionic liquid microemulsion in water) in a ratio of 5 times the solvent to the sample was also selected as the best extraction conditions. The results of DPPH radical scavenging by astaxanthin extracted with the help of the mentioned solvents compared to the synthetic antioxidant BHT showed that the antioxidant activity increased with increasing astaxanthin concentration. However, this increase was always less than the antioxidant activity of BHT. In general, the results of this study showed that the use of ionic liquid-based microemulsion is a suitable alternative to conventional methods in the extraction and recovery of astaxanthin from natural biological sources. In addition, brown macroalgae (<i>Sargassum polycystum</i>) is also a rich source for extracting the natural astaxanthin pigment.