دوماهنامه طبّ جنوب
پژوهشکده زیست- پزشکی خلیج فارس
دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی بوشهر
سال بیست و چهارم، شماره ۲، صفحه ۱۵۹-۱۳۴ (خرداد و تیر ۱۴۰۰)

Iran South Med J 2021; 24(2): 134-159

تعیین برخی ترکیبات غذا - دارویی، اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب موجود در عصاره جلبک *سارگاسوم بوویانوم* به‌دست آمده از آب‌های ساحلی مرکزی بوشهر، ایران

طاهره خلیفه (MSc)[1*]، امیر وزیری‌زاده (PhD)[2]، غلامحسین محبی (PhD)[1]،**
علیرضا برمک (PhD)[1]، امیرحسین دارابی (PhD)[3]

[1] مرکز تحقیقات زیست فناوری دریایی خلیج‌فارس، پژوهشکده علوم زیست پزشکی خلیج‌فارس، دانشگاه علوم پزشکی بوشهر، بوشهر، ایران
[2] گروه زیست‌شناسی دریا، مرکز مطالعات و پژوهش‌های خلیج‌فارس، دانشگاه خلیج‌فارس بوشهر، بوشهر، ایران.
[3] مرکز تحقیقات طب گرمسیری و عفونی خلیج‌فارس، پژوهشکده علوم زیست پزشکی خلیج‌فارس، دانشگاه علوم پزشکی بوشهر، بوشهر، ایران

(دریافت مقاله: ۹۹/۷/۲۰- پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۲/۳)

چکیده

زمینه: جلبک‌های دریایی، به دلیل خواص عملکردی و غذا- دارویی منحصر به فرد و محتوای اسیدهای آمینه، اسیدهای چرب، ویتامین‌ها و عناصر کمیاب خود، در حوزه‌های مختلف غذایی، پزشکی و آرایشی اهمیت زیادی یافته‌اند. از اهداف این مطالعه، شناسایی ترکیبات شیمیایی موجود و تعیین برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و غذا- دارویی جلبک قهوه‌ای *سارگاسوم بوویانوم* سواحل بوشهر بود.

مواد و روش‌ها: میزان پروتئین تام، پروفایل اسیدهای آمینه، اسیدهای چرب و ترکیبات شیمیایی، به ترتیب با استفاده از روش‌های کجلدال،-HPLC UV، کروماتوگرافی گازی-آشکارساز یونیزاسیون شعله‌ای (GC-FID) و کروماتوگرافی گازی-آشکارساز طیف‌سنجی جرمی (GC-MS)، تعیین گردیدند.

یافته‌ها: میزان پروتئین تام ۱۲/۵ درصد بود. از بین ۱۷ اسید آمینه شناسایی شده، بیشترین میزان مربوط به لیزین و پس از آن گلیسین و سپس اسپارتیک اسید بود. میزان اسیدهای آمینه ضروری، نیمه‌ضروری و غیرضروری به ترتیب ۴۸/۱، ۲۴/۶ و ۲۷/۵ درصد بودند. از بین ۱۸ اسید چرب مورد شناسایی، پالمیتیک اسید، کاپروئیک اسید و میریستیک اسید به‌ترتیب، بیشترین میزان را دارا بودند. نتایج طیف‌سنجی جرمی، نشان دهنده وجود ۲۵ ترکیب مختلف ازگروه‌های فنولی، کینولینی، ایزوکینولینی، ایندولی، پیرازولی، اکسادیازولی و پیرولی در عصاره جلبک بود.

نتیجه‌گیری: جلبک *سارگاسوم بوویانوم* خلیج‌فارس را به‌دلیل غنای اسیدهای آمینه ضروری و نیمه‌ضروری، اسیدهای چرب مناسب و ترکیبات شیمیایی منحصربه‌فرد خود، به عنوان غذای عملگرای بالقوه و یک بسته غذا-دارویی کامل مطرح نمود.

واژگان کلیدی: جلبک، *سارگاسوم بوویانوم*، اسید آمینه، اسید چرب، متابولیت‌های ثانویه، نوتریسیتکال، خلیج‌فارس

** بوشهر، مرکز تحقیقات زیست فناوری دریایی خلیج‌فارس، پژوهشکده علوم زیست پزشکی خلیج‌فارس، دانشگاه علوم پزشکی بوشهر، بوشهر، ایران
Email: mohebbihsn@yahoo.com
*ORCID: 0000-0002-6129-5768
ORCID: 0000-0003-3393-702X

مقدمه

محیط زیست دریایی، منابع شگفت‌انگیزی از ترکیبات زیست‌فعال با ویژگی‌های ساختاری و شیمیایی منحصربه فرد هستند که در دیگر محصولات طبیعی گیاهی و جانوران خشکی‌زی دیده نمی‌شوند (۱). جلبک‌ها، از مهم‌ترین زیستمندان دریایی در جهان هستند که نقش‌های اکولوژیکی وسیعی را در محیط زندگی خود ایفاء می‌نمایند (۲). جلبک‌های خلیج‌فارس، خصوصاً در حوالی ساحل استان‌های بوشهر و هرمزگان در جنوب ایران توزیع شده‌اند (۳). بسیاری از متابولیت‌های اولیه و یا ثانویه جلبک‌ها، می‌توانند به مواد فعال مورد نیاز صنایع دارویی تبدیل گردند (۴). جلبک‌های دریایی به طور گسترده‌ای در پزشکی، صنایع غذایی، صنایع شیمیایی و صنایع آرایشی و بهداشتی مورد استفاده قرار می‌گیرند (۵). این زیست‌مندان دریایی، به سبب داشتن ترکیباتی با خواص دارویی مختلف، می‌توانند اثرات زیستی متفاوتی چون کاهش فشار و چربی خون، کاهش وزن، جلوگیری از بروز سکته‌های قلبی، مقابله با پوکی استخوان و تأمین عناصر معدنی ضروری و ویتامین‌های کمیاب مورد نیاز انسان را نشان دهند. ترکیبات بیوپلیمری موجود در جلبک‌ها، جهت تولید انواع قرص‌ها، کپسول‌ها، شربت‌های دارویی، نخ‌های جراحی، مواد قالب‌گیری دندان و مواد عکس‌برداری رادیولوژی مورد استفاده قرار می‌گیرند. جلبک‌های قهوه‌ای، معمولاً در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری توزیع شده‌اند (۶). چربی جلبک‌های قهوه‌ای، به دلیل اثرات درمانی قابل ملاحظه، توجه زیادی را به خود معطوف نموده‌اند. آن‌ها از نظر امگا-۳ و فوکوزانتین غنی هستند (۷). جلبک قهوه‌ای *سارگاسوم بوویانوم*، از جلبک‌های نامی سواحل جنوب ایران می‌باشد. این جلبک، در اواخر پاییز و اوایل زمستان به حداکثر رویش خود می‌رسد (۸). سارگاسوم، یک جنس از گروه جلبک‌های قهوه‌ای از دسته‌بندی درشت جلبک‌ها است که در راسته فوکالس و در گروه ریسه‌داران فتوسنتز کننده (تالوفیت‌ها)، قرار می‌گیرند. این جلبک‌ها به دلیل داشتن مقدار زیادی رنگدانه‌های گزانتوفیل[1] و فوکوزانتین[2]، دارای رنگ قهوه‌ای می‌باشند و سبب تعلق نام "جلبک قهوه‌ای" به آن‌ها شده است (۹). جلبک سارگاسوم، منابع تغذیه‌ای استثنایی از پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها، مواد معدنی کمیاب و سایر ترکیبات فعال زیستی می‌باشد (۱۰). همچنین، این جلبک‌ها حاوی ترکیباتی از فوکوئیدان‌ها، فلاونوئیدها، ترپنوئیدها، آلژینات‌ها، پلی‌فنول‌ها، انواع ویتامین‌ها و اسیدهای آمینه با اثرات بیولوژیک مختلفی نظیر آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهاب، آنتی‌باکتریایی، ضدقارچی و ضدسرطانی می‌باشند (۱۱). آن‌ها به‌واسطه ترکیبات فنلی نظیر فلاونوئیدها، در تعدیل متابولیسم انرژی نقش دارند (۱۲). علاوه بر این، گونه‌های مختلف این جلبک، حاوی پلی‌ساکاریدهایی با فعالیت‌های بیولوژیکی چون خواص ضدباکتری علیه باسیلوس سوبتیلیس، ضدویروسی علیه هرپس سیمپلکس و ضدسرطانی هستند که پایه آن‌ها قند فوکوز است (۱۳).

تمایل بیشتر شرکت‌های داروسازی و بیوتکنولوژی، برای تولید غذا-داروها و یا غذاهای عملگرا و زیست غذاهای جایگزین دارو کاملاً مشهود است. تجاری شدن بسیاری از ترکیبات غذا-دارویی، از تمایل رو به گسترش مصرف کنندگان، به مواد غذایی با ارزش تغذیه‌ای بالاتر همراه با اثرات درمانی دارد. مطالعات در این عرصه، جهت بهبود سلامت و کیفیت زندگی سالم‌تر افراد جامعه، به یک موضوع دلگرم کننده برای محققان حوزه صنایع غذایی و دارویی تبدیل گشته‌اند (۱۴). امروزه، عوارض روزافزون مرتبط با داروهای سنتزی و غذاهای فراوری شده شیمیایی دامن‌گیر بشر گردیده است و اکنون بازگشت به استفاده از ترکیبات

[1] Xanthophilus
[2] Fucoxanthin

طبیعی به عنوان دارو و غذاهای فراسودمند گسترش یافته است. روند رو به رشد مصرف این ترکیبات، به عنوان مواد اولیه تولید غذاهای فراسودمند، نیازمند مطالعه، کنترل و تنظیم استانداردهای مرتبط و رعایت دستورالعمل‌های استاندارد ملی و بین‌المللی می‌باشد (۱۵). استفاده از جلبک‌ها به عنوان منابع با ارزش غذا دارو، بیش از سایر زیست غذا–داروها، نظر محققان را به خود معطوف نموده است (۱۶). شاید بتوان بار جهانی بیماری‌های غیرواگیر مرتبط با شیوه زندگی و فشارهای گسترده ناشی از آن بر منابع مالی و خدمات درمانی کشورهای آسیب دیده را با گنجاندن جلبک دریایی در رژیم غذایی، از دوش جوامع کاست (۱۷). بر اساس مطالعات، می‌توان در موارد گوناگون غذایی و زیستی از جلبک‌های قهوه‌ای و عصاره آن‌ها، با عوارض جانبی کمتر را جایگزین ترکیبات شیمیایی نمود (۱۸). در ایران، مطالعات محدودی بر اثرات نوتریسیتیکال این منابع ارزشمند، انجام گرفته است. با وجود موارد ذکر شده، مطالعات با اهداف زیست فناورانه و غذا– دارویی بسیار منطقی به‌نظر می‌رسد. لذا، از اهداف این مطالعه، بررسی برخی اثرات نوتریسیتیکال عصاره جلبک *سارگاسوم بوویانوم* سواحل بوشهر به‌منظور بهره‌گیری از آن در فرآیندهای غنی‌سازی و تولید مواد غذایی فراسودمند با ارزش بیشتر غذا–دارویی آن می‌باشد.

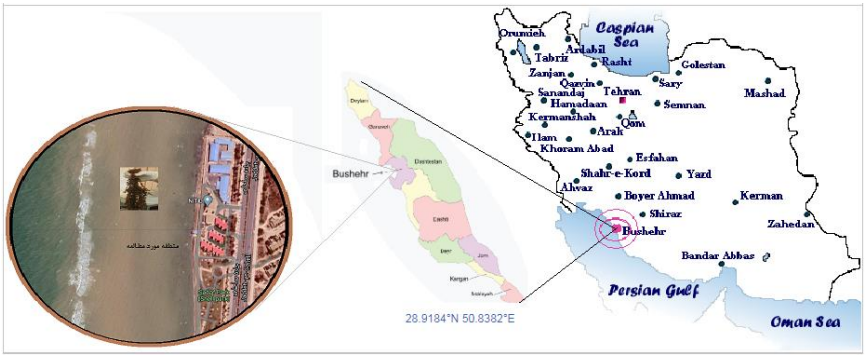
مواد و روش‌ها

مواد

مواد شیمیایی و حلال‌های مورد استفاده در مطالعه از شرکت مرک[1] و استانداردهای پروفایل اسیدهای چرب و اسیدهای آمینه از شرکت سیگما[2] آلمان، تهیه گردیدند.

نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه

در این مطالعه که یک مطالعه علوم پایه[3] است، در نمونه‌های جلبک *سارگاسوم بوویانوم*، در امتداد پارک‌های ساحلی صدف و نفت‌کش بوشهر در هنگام جزر کامل جمع‌آوری گردیدند. (شکل ۱). ابتدا، پس از مخلوط نمودن نمونه‌ها و دستیابی به یک نمونه همگن حدود دو کیلوگرمی، ناخالصی‌های اولیه حذف و اجسام خارجی جداسازی و با آب دریا شستشو داده شدند (۱۹). پس از پاک‌سازی کامل نمونه و شناسایی گونه در پژوهشکده زیست فناوری دریایی خلیج‌فارس دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی بوشهر، نمونه‌ها، جهت انجام آنالیزهای مورد نظر، به آزمایشگاه‌های آنالیز دستگاهی غذا و داروی بوشهر و مواد غذایی شبکه بهداشت دشتستان ارسال گردیدند.



شکل ۱) منطقه نمونه‌برداری جلبک *سارگاسوم بوویانوم* در امتداد خط ساحلی بین پارک‌های صدف و نفتکش بوشهر در هنگام جزر کامل

Fig 1) Sampling area of the *Sargasum boveanum* algae along the coastline, between the Sadaf and Naftkesh parks from Bushehr at full tide

[1] Merck
[2] Sigma
[3] Experimental

پس از آن، ابتدا بخشی از نمونه جهت استخراج چربی تام و آنالیز اسیدهای چرب به صورت تازه آسیاب و بخش دیگر نمونه با وزن حدود ۱۷۰۰ گرم، در دمای $37^{\circ}C$ به مدت چهار روز در انکوباتور خشک و سپس توسط آسیاب برقی به‌صورت پودر در آمدند. نمونه‌های پودر شده، جهت تعیین میزان پروتئین تام، پروفایل اسیدهای آمینه و متابولیت‌های ثانویه، تا زمان آنالیز در لوله‌های فالکونی، در درمای $-20^{\circ}C$ نگهداری گردیدند (۲۰).

فاکتورهای مورد مطالعه

در این مطالعه، فاکتورهای تعیین میزان چربی تام، پروفایل اسیدهای چرب، پروتئین تام، پروفایل اسیدهای آمینه و ترکیبات شیمیایی (متابولیت‌های ثانویه) موجود در جلبک *سارگاسوم بوویانوم*، با پنج بار تکرار، مورد بررسی قرار گرفتند.

روش‌ها

استخراج و تعیین درصد روغن

استخراج روغن نمونه جلبک *سارگاسوم بوویانوم*، با استفاده از روش بلای و دایر (Blight & Dyer) انجام گردید (۲۱). به‌طور خلاصه، ۶۰۰ میلی‌لیتر حلال ان-هگزان، به ۳۰۰ گرم از نمونه جلبک آسیاب شده و هموژن افزوده شد. پس از قرار دادن در روتاتور با دور ۱۰۰rpm برای مدت زمان ۷۲ ساعت، محلول رویی جمع‌آوری گردید. پس از تبخیر کامل حلال توسط روتاری، میزان چربی کل (درصد)، از نسبت وزن چربی به دست آمده به وزن نمونه اولیه بدست آمد (شکل ۲).

درصد روغن (٪) = (وزن روغن استخراجی/ وزن نمونه) ×۱۰۰

شکل ۲) مراحل استخراج روغن جلبک *سارگاسوم بوویانوم* توسط حلال ان-هگزان. نمونه‌ای از جلبک قهوه‌ای سارگاسوم جمع‌آوری شده از سواحل بوشهر (الف)؛ آسیاب نمودن و هموژناسیون جلبک (ب)؛ استخراج با حلال ان-هگزان (ج)؛ نمونه روغن جمع‌آوری شده از جلبک (د). (عکس: نگارنده)

Fig 2) Extraction steps of *Sargasum boveanum* algae oil by n-Hexane solvent. A sample of brown algae *Sargassum boveanum* collected from the Coasts of Bushehr (A); Grinding and homogenization of the algae (B); Extraction by n-Hexane solvent (C); Oil samples collected from the algae (D). (Image: author)

آنالیز پروفایل اسیدهای چرب

متیل‌استر نمودن اسیدچرب

جهت متیل‌استر نمودن نمونه، به ۰/۰۴ گرم روغن استخراجی، ۰/۹ میلی‌لیتر ان-هگزان، ۱/۸ میلی‌لیتر متانول و یک قطره سولفوریک اسید غلیظ افزوده شد. سپس به مدت دو ساعت در دمای ۷۱ درجه سانتی‌گراد، رفلاکس و پس از سرد شدن، چند مرتبه با آب مقطر، شستشو گردید. پس از جدا نمودن فاز هگزانی بالایی حاوی اسیدهای چرب متیل استر شده و آبگیری، یک میکرولیتر از آن، برای تزریق به دستگاه گاز

کروماتوگرافی با دتکتور یونش شعله‌ای (GC/FID)، برداشته شد (۲۱).

تعیین پروفایل اسیدهای چرب

آنالیز اسیدهای چرب، توسط دستگاه کروماتوگرافی گازی واریان (مدل CP-3800)، مجهز به آشکارساز یونیزاسیون شعله‌ای (FID)، ستون موئینه (Australia)، SGE، Melbourn، 70، Bpx، از جنس سیلیکای ذوب شده، از نوع فاز پیوندی (طول ستون ۳۰ متر، قطر داخلی ستون ۰/۲۲ میلی‌متر و ضخامت فیلم ۰/۲۵ میکرومتر) بود (۲۱). از گاز هلیوم با فشار ۲۵ بار با درجه خلوص ۹۹/۹۹ درصد به عنوان گاز حامل استفاده شد. دماهای دتکتور و اینجکتور، به ترتیب ۲۵۵ و ۲۷۰ درجه سانتی‌گراد بودند. برنامه دمایی دستگاه، در ابتدا ۱۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت نیم دقیقه و سپس ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت جریان ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه به مدت دو دقیقه و در نهایت ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۲۵ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه به مدت ۹۰ دقیقه بود. فلوی گازهای نیتروژن، هیدروژن و هوا در دتکتور، به ترتیب ۲۵، ۳۰ و ۳۰۰ میلی‌لیتر بر دقیقه بودند. پس از تزریق نمونه به دستگاه کروماتوگرافی گازی، منحنی رسم شده و زمان بازداری مربوط به هر اسید چرب با منحنی مربوط به اسید چرب استاندارد و زمان بازداری آن مقایسه گردید. بدین‌ترتیب، نوع و میزان اسیدهای چرب موجود در نمونه مورد آزمون مشخص شد (۲۱). از نرم‌افزار ورکستیشن[1]، نسخه ۶/۴۱، جهت مدیریت دستگاه استفاده گردید.

تعیین ترکیبات شیمیایی (متابولیت‌های ثانویه) به‌روش GC-MS

جهت تعیین ترکیبات شیمیایی، به ۱۰ گرم پودر جلبک، ۴۰ میلی‌لیتر مخلوط حلال‌های متانول:کلروفرم (۱:۱)، افزوده و پس از مخلوط شدن طی ۴۸ ساعت توسط روتاتور با دور ۱۰۰ rpm، محلول رویی جدا شد. پس از آن، حلال‌ها توسط روتاری تغلیظ گردیدند. جهت آنالیز عصاره، دستگاه GC-MS (5890B- GC, Agilent 5977A- MS)، و یک ستون کاپیلاری HP-5MS (طول:۳۰ متر، قطر داخلی: ۲۵۰ میلی‌متر و ضخامت فیلم: ۰/۲۵ میکرومتر)، به کار گرفته شد. در برنامه‌ریزی دمایی، دمای آون به مدت یک دقیقه، ۵۰ درجه سانتی‌گراد در دقیقه بود. سپس دما به ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۱۵ درجه سانتی‌گراد در دقیقه رسید. همچنین زمان نگهداری ۲۰ دقیقه و زمان اجرا ۳۷/۶۶ دقیقه بود. دماهای اینجکتور و دتکتور به‌ترتیب ۱۲۰ و ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد و همچنین، دمای منبع یون و چهار قطبی به ترتیب ۲۳۰ و ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد بودند. از گاز هلیم با فلوی ۲۱/۷ میلی‌لیتر بر دقیقه و فشار چهار psi با نسبت ۳۰:۱ به عنوان گاز حامل استفاده شد. پردازش توسط نرم‌افزار کمستیشن[2] صورت گرفت. طیف‌سنج جرمی چهار قطبی با یونیزاسیون انرژی مورد استفاده قرار گرفت. حجم نمونه تزریق شده به دستگاه نیز یک میکرولیتر بود. شناسایی ترکیبات، بر اساس طیف جرمی با استفاده از داده‌های کتابخانه‌های وایلی[3] و ان‌آی‌اس‌تی آدامز[4]، دستگاه انجام گردیدند (۲۲).

تعیین میزان پروتئین تام و پروفایل اسیدهای آمینه

میزان پروتئین تام، با استفاده از دستگاه کجلدال بوشی (Buchi ،Germany)، طی سه مرحله هضم، تقطیر و تیتراسیون اندازه‌گیری شد (۲۳). همچنین، تعیین پروفایل اسیدهای آمینه، طی سه مرحله شامل مرحله هیدرولیز اسیدی، جهت آزادسازی آمینواسیدها با هیدروکلریک اسید ۶ مولار حاوی فنیل‌فتالئین ۰/۱ درصد، به مدت

[1] Workstation
[2] GC/MSD ChemStation
[3] willy
[4] NIST adams

حداقل ۲۴ ساعت در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد؛ مرحله مشتق سازی توسط فنیل ایزوتیوسیانات، خشک کردن و سپس حل نمودن مجدد نمونه در حلال مناسب بافر فسفات و استونیتریل و سرانجام، مرحله جداسازی، شناسایی و اندازه‌گیری مشتق حاصل از مرحله آماده‌سازی توسط HPLC-UV، یانگلین[1] کره سری ۹۱۰۰، در طول موج ۲۵۴ نانومتر و ستون C_{18} و یک حجم تزریق ۲۰ میکرولیتر انجام گردید (۲۴)

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌ها با استفاده از آزمون آنالیز واریانس مورد بررسی قرار گرفت. در تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS ویرایش ۲۰ و جهت رسم نمودار از نرم‌افزار Excel استفاده شد. به منظور بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف – اسمیرنوف استفاده شد. با توجه به غیرنرمال بودن توزیع داده‌ها، آزمون‌های ناپارامتریک بکار برده شد. از این‌رو مقایسه میانگین مربوط به اسیدهای چرب و اسیدهای آمینه با آزمون کروسکال والیس انجام گرفت. سطح معناداری آزمون‌های آماری ۰/۰۵ در نظر قرارگرفت. مدیریت دستگاه‌های HPLC، GC-FID و GC-MS به ترتیب توسط نرم‌افزارهای وای- ال کلاریتی[2]، ورکستیشن و کمستیشن انجام گرفتند.

یافته‌ها

پروتئین تام و اسیدهای آمینه

میانگین پروتئین تام موجود در پودر جلبک ۰/۱۱±۱۲/۵درصد بود. آنالیز HPLC نمونه، تعداد ۱۷ اسیدآمینه را نشان داد (جدول ۱).

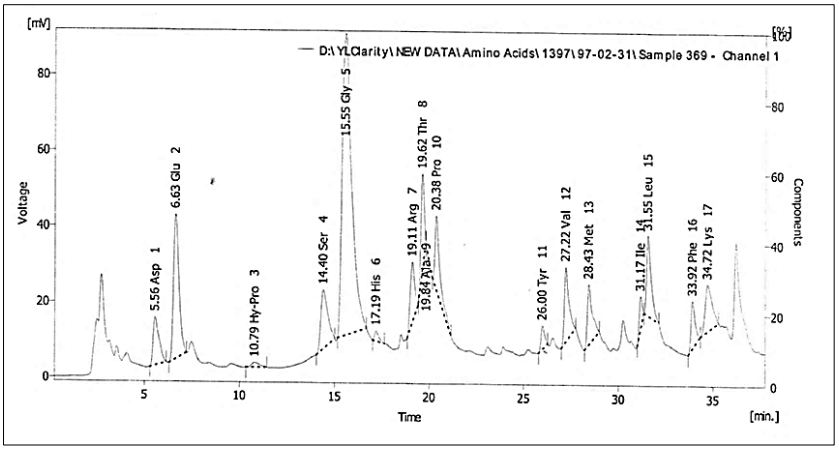
جدول ۱) (میانگین ± انحراف معیار) اسیدهای‌آمینه موجود در جلبک *سارگاسوم بوویانوم* به‌دست آمده از سواحل بوشهر (برحسب مقادیر میلی‌گرم بر صد گرم نمونه و درصد)

ردیف	اسید آمینه	زمان بازداری* (دقیقه)	(میانگین ± انحراف معیار)	
			میلی‌گرم درصد گرم (mg /100g)	درصد (٪)
۱	اسپارتیک اسید	۵/۵۶۰	۱۵/۵۹ ± ۰/۱۱۵	۱۲/۴ ±۰/۰۵
۲	گلوتامیک اسید	۶/۶۳۳	۱۰/۶۱ ± ۰/۱۰۵	۸/۵ ± ۰/۰۱۶
۳	هیدروکسی پرولین	۱۰/۷۹۳	۰/۳۸ ± ۰/۰۳	۰/۳ ± ۰/۰۰۸
۴	سرین	۱۴/۴۰۰	۳/۶۱۶ ± ۰/۰۳۵	۲/۹ ± ۰/۰۱۶
۵	گلیسین	۱۵/۵۵۰	۱۶/۵۶ ± ۰/۰۷۲	۱۳/۲ ± ۰/۱۶۳
۶	هیستیدین	۱۷/۱۹۳	۰/۹۳ ± ۰/۰۱	۰/۷ ± ۰/۰۳۳
۷	آرژنین	۱۹/۱۰۷	۵/۲۶۳ ± ۰/۰۳۲	۴/۲ ± ۰/۰۴۹
۸	ترئونین	۱۹/۶۲۳	۶/۴۵ ± ۰/۰۵	۵/۱ ± ۰/۰۹۸
۹	آلانین	۱۹/۸۴۳	۷/۹۹ ± ۰/۰۴۵	۶/۳ ± ۰/۰۶۵
۱۰	پرولین	۲۰/۳۷۷	۵/۳۶ ± ۰/۰۳۶	۴/۳ ± ۰/۰۵۷
۱۱	تریپتوفان	۲۶/۰۰	۱/۸۳۶ ± ۰/۰۴۰	۱/۴ ± ۰/۰۲۴
۱۲	والین	۲۷/۲۲۳	۲/۹۹۶ ± ۰/۱۰۵	۲/۳ ± ۰/۰۳۳
۱۳	متیونین	۲۸/۴۳۳	۳/۰۷ ± ۰/۰۵۵	۲/۴ ± ۰/۰۳۳
۱۴	ایزولوسین	۳۱/۱۶۷	۳/۳۸ ± ۰/۰۴۳	۲/۷ ± ۰/۰۴۱
۱۵	لوسین	۳۱/۵۴۷	۸/۹۲ ± ۰/۰۳	۷/۱ ± ۰/۰۷۳
۱۶	فنیل آلانین	۳۱/۹۱۷	۳/۰۱۳ ± ۰/۰۳۲	۲/۴ ± ۰/۰۲۴
۱۷	لیزین	۳۴/۷۱۷	۳۰/۱۱۳ ± ۰/۰۳۷	۲۴/۰ ± ۰/۳۵۱

* Retention time (RT)

[1] Youngling
[2] YL-Clarity

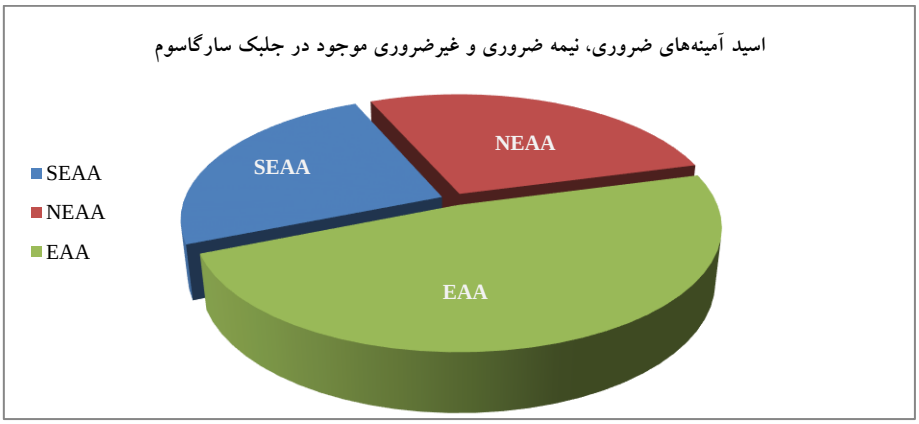
بر اساس جدول (۱)، بیشترین میزان اسیدآمینه مربوط به لیزین با میزان ۰/۳۵۱±۲۴/۰ درصد و پس از آن گلیسین و سپس اسپارتیک اسید بود. یک نمونه از کروماتوگرام مربوط به پروفایل اسیدهای آمینه در ماکروجلبک *سارگاسوم بوویانوم* در شکل (۳)، آورده شده است. در جدول (۱)، تفاوت در میزان اسیدهای امینه در جلبک با ضریب معناداری ($p<۰/۰۰۱$) با استفاده از نتایج آنالیز آماری کروسکال والیس مشاهده گردید.



شکل۳) یک نمونه کروماتوگرام HPLC مربوط به پروفایل اسیدهای آمینه موجود در جلبک *سارگاسوم بوویانوم* سواحل بوشهر.

Fig 3) An HPLC chromatogram related to the amino acids profile of the *Sargasum boveanum* algae from the Bushehr coasts

از مجموع اسیدهای آمینه شناسایی شده، تعداد ۹ اسید آمینه شامل هیستیدین، ایزولوسین، لوسین، لیزین، متیونین، فنیل‌آلانین، ترئونین، تریپتوفان و والین جزو اسید آمینه‌های ضروری و تعداد چهار اسید آمینه آرژنین، گلیسین، پرولین و سرین جزو اسیدهای آمینه نیمه ضروری، به علاوه ۴ اسید آمینه شامل آلانین، اسپارتیک اسید، گلوتامیک‌اسید و هیدروکسی‌پرولین جزو اسیدهای آمینه غیرضروری تلقی می‌گردند. سهم هریک از اسیدهای آمینه ضروری، نیمه‌ضروری و غیرضروری در نمودار (۱) نشان داده شده است.



نمودار ۱) درصد اسیدهای آمینه ضروری (EAA)، نیمه‌ضروری (SEAA) و غیرضروری (NEAA) در جلبک *سارگاسوم بوویانوم* سواحل بوشهر

Diagram 1) Percentages of the essential (EAA), semi-essential (SEAA), and non-essential (NEAA) amino acids in the *Sargasum boveanum* algae from the Bushehr coasts

مجموع میزان درصد آمینواسیدهای ضروری، نیمه ضروری و غیرضروری به‌ترتیب ۴۸/۱، ۲۴/۶ و ۲۷/۵ درصد بودند. نسبت مجموع اسید آمینه‌های ضروری به غیرضروری (EAA/NEAA)، معادل ۱/۷۵ و نسبت آن به مجموع اسید آمینه‌های نیمه‌ضروری و غیرضروری (EAA(NEAA+SNEAA)، برابر ۰/۹۲ به‌دست آمد.

چربی تام و پروفایل اسیدهای چرب

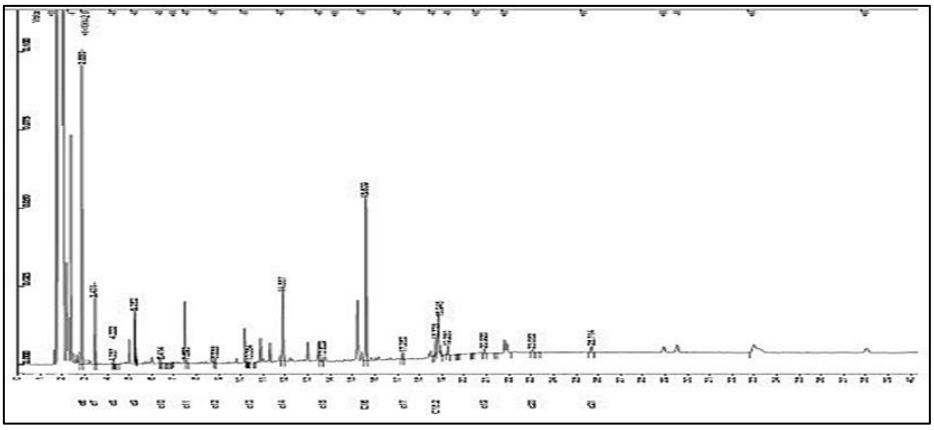
میزان چربی تام در نمونه جلبک *سارگاسوم بوویانوم* با استخراج توسط حلال ان- هگزان، ۰/۰۶±۲/۶۲ درصد بود. آنالیز GC-FID، تعداد ۱۸ اسیدچرب مختلف با مقادیر متفاوتی را در روغن استحصالی نشان داد (جدول ۲).

جدول ۲) درصد اسیدهای چرب موجود در جلبک *سارگاسوم بوویانوم* سواحل بوشهر.

ردیف	اسید چرب			RT (دقیقه)	میانگین (±SD) (درصد)*
	فرمول مولکولی	نام عمومی	نام علمی		
۱	$C_6H_{12}O_2$	کاپروئیک اسید	هگزانوئیک اسید	۲/۸۸۰	۰/۰۲±۳۱/۷۸
۲	$C_7H_{14}O_2$	انانتیک اسید	هپتانوئیک اسید	۳/۴۷۱	۰/۰۱۶±۸/۲۴
۳	$C_8H_{16}O_2$	کاپریلیک اسید	اوکتانوئیک اسید	۴/۳۳۲	۰/۰۰۱±۰/۲۰۷
۴	$C_9H_{18}O_2$	پلارگونیک اسید	نونانوئیک اسید	۵/۲۶۲	۰/۰۰۱±۱/۵۶
۵	$C_{10}H_{20}O_2$	کاپریک اسید	دکانوئیک اسید	۶/۴۱۴	۰/۰۰۱±۰/۴۰۶
۶	$C_{11}H_{22}O_2$	آندسیلیک اسید	آندکانوئیک اسید	۷/۵۹۳	۰/۰۰۳±۰/۵۷
۷	$C_{12}H_{24}O_2$	لوریک اسید	دودکانوئیک اسید	۸/۸۵۵	۰/۰۰۲±۰/۵۶
۸	$C_{13}H_{26}O_2$	تری‌دیسیلیک اسید	تری دکانوئیک اسید	۱۰/۳۸۴	۰/۰۰۳±۰/۳۰۵
۹	$C_{14}H_{28}O_2$	میریستیک اسید	ترادکانوئیک اسید	۱۱/۸۸۷	۰/۰۰۶±۱۱/۹۸۹
۱۰	$C_{15}H_{30}O_2$	پنتادسیلیک اسید	پنتادکانوئیک اسید	۱۳/۶۹۳	۰/۰۰۳۴±۰/۹۶۴
۱۱	$C_{16}H_{32}O_2$	پالمیتیک اسید	هگزادکانوئیک اسید	۱۵/۶۰۹	۰/۰۶±۳۲/۴۳۳
۱۲	$C_{17}H_{34}O_2$	مارگاریک اسید	هپتادکانوئیک اسید	۱۷/۲۶۲	۰/۰۱±۱/۳۴۶
۱۳	$C_{18}H_{36}O_2$	استئاریک اسید	اکتادکانوئیک اسید	۱۹/۲۸۰	۰/۰۰۶±۲/۶۸
۱۴	$C_{18}H_{34}O_2$	اولئیک اسید	اکتادکامونوانوئیک اسید	۱۸/۹۴۷	۰/۰۰۲±۱/۳۰۴
۱۵	$C_{18}H_{32}O_2$	لینولئیک اسید	اکتادکادی‌انوئیک اسید	۱۸/۷۳۵	۰/۰۰۶±۱/۴۶۳
۱۶	$C_{19}H_{38}O_2$	نونادسیلیک اسید	نونادکانوئیک اسید	۲۰/۹۲۰	۰/۰۰۱±۱/۰۵۳
۱۷	$C_{20}H_{40}O_2$	آراشیدیک اسید	ایکوزانوئیک اسید	۲۳/۰۸۲	۰/۰۰۲±۱/۰۸
۱۸	$C_{21}H_{42}O_2$	هنیکوسیلینک اسید	هنیکوزانوئیک اسید	۲۵/۷۱۴	۰/۰۰۲±۲/۰۶
مجموع					۱۰۰/۰۰

*براساس ضریب معناداری ($p\leq$۰/۰۰۱) جدول فوق حاصل از آزمون کروسکال والیس میزان اسیدهای چرب در جلبک با یکدیگر دارای تفاوت معناداری می‌باشند.

از بین اسیدهای چرب مورد آزمایش، تعداد ۱۶ اسید چرب با مقادیر ۹۷/۲۳ درصد، متعلق به اسیدهای چرب اشباع (SFA) و دو اسید چرب با میزان ۲/۷۷ درصد، متعلق به اسیدهای چرب غیر اشباع (UFA) بودند. از این میان، اولئیک اسید ($C_{18:1}$) جزو اسیدهای چرب غیراشباع با یک باند دوگانه (MUFA) و لینولئیک اسید ($C_{18:2}$) جزء اسیدهای چرب غیراشباع با دو پیوند دوگانه (PUFA) بود. مقادیر امگا-۶ و امگا-۹ به‌ترتیب برابر ۱/۴۶۳ و ۱/۳۰۴ درصد بودند. شکل (۴)، یک نمونه، از کروماتوگرام حاصل از کروماتوگرافی گازی مربوط به پروفایل اسیدهای چرب در ماکروجلبک *سارگاسوم بوویانوم* را نشان می‌دهد.



شکل ۴) یک نمونه، از کروماتوگرام GC-FID مربوط به پروفایل اسیدهای چرب در *سارگاسوم بوویانوم* سواحل بوشهر

Fig 4) A GC-FID chromatogram related to the fatty acids profile in the *Sargasum boveanum* algae from the Bushehr coasts

ترکیبات شیمیایی

نتایج حاصل آنالیز GC-MS، بیانگر حضور ۲۵ ترکیب شیمیایی، با ساختارهای شیمیایی و گروه‌های عاملی مختلف و هسته‌های منحصر بفرد، در عصاره متانول: کلروفرمی جلبک *سارگاسوم بوویانوم* به‌دست آمده از سواحل بوشهر بود (جدول ۳).

جدول۳) ترکیبات شیمیایی شناسایی شده در عصاره متانول-کلروفرمی جلبک *سارگاسوم بوویانوم* سواحل بوشهر بر اساس آنالیز GC-MS

ردیف	نام ترکیب شیمیایی	فرمول ملکولی	جرم مولکولی (g/mol)
۱	1-Nitro-1-deoxy-d-glycero-l-mannoheptitol	$C_7H_{15}NO_8$	۲۴۱
۲	d-Gulopyranose	$C_6H_{12}O_6$	۱۸۰
۳	Isosorbide Dinitrate	$C_6H_8N_2O_8$	۲۳۶
۴	Sucrose	$C_{12}H_{22}O_{11}$	۳۴۲
۵	.alpha.-D-Glucopyranoside, .alpha.-D-glucopyranosyl	$C_{12}H_{22}O_{11}$	۳۴۲
۶	Xylitol	$C_5H_{12}O_5$	۱۵۲
۷	2-O-Benzyl-.alpha.-d-glucose	$C_{13}H_{18}O_6$	۲۷۰
۸	.psi.,.psi.-Carotene 3,4-didehydro-1,2-dihydro-1-methoxy-	$C_{41}H_{58}O$	۵۶۶
۹	2-[(3H-Benzoimidazol-5-ylimino)-methyl]-4-nitro-phenol	$C_{14}H_{10}N_4O_3$	۲۸۲
۱۰	3,4-Dihydroisoquinoline, 1-[1-phenethyl]-6,7-dimethoxy-	$C_{19}H_{21}NO_2$	۲۹۵
۱۱	Pyrido[3,4-b]indole, 1,2,3,4-tetrahydro-1-(3-fluorophenyl)-	$C_{17}H_{15}FN_2$	۲۶۶
۱۲	trans-4-(2-(5-Nitro-2-furyl)vinyl)-2-quinolinamine	$C_{15}H_{11}N_3O_3$	۲۸۱
۱۳	6-[(4-Ethoxybenzylidene)amino]benzimidazole	$C_{16}H_{15}N_3O$	۲۶۵
۱۴	Pyrazolo[3,4-b]pyridin-3(2H)-one, 6-tert-butyl-4-methyl-2-phenyl-	$C_{17}H_{19}N_3O$	۲۸۱
۱۵	beta.-Hydroxyquebrachamine	$C_{19}H_{26}N_2O$	۲۹۸
۱۶	Ergosta-5,22-dien-3-ol, acetate, (3.beta.,22E)-	$C_{30}H_{48}O_2$	۴۴۰
۱۷	1-[5-Hydroxy-2-methyl-1-(p-tolyl)-3-indolyl]ethanone	$C_{18}H_{17}NO_2$	۲۷۹
۱۸	Docosahexaenoic acid, 1,2,3-propanetriyl ester	$C_{69}H_{98}O_6$	۱۰۲۲
۱۹	2,4-Diamino-5,6,7,8-tetrahydro-6-methylbenzo[b]pyrimidino[5,4-d]thiophene	$C_{11}H_{14}N_4S$	۲۳۴
۲۰	Heptano[a]purin-2,6-dione, 1,3-dimethyl-	$C_{12}H_{16}N_4O_2$	۲۴۸
۲۱	Benzo[1,2,5]oxadiazole, 5-(1H-benzoimidazol-2-ylsulfanylmethyl)-	$C_{14}H_{10}N_4OS$	۲۸۲
۲۲	Stigmasta-5,22-dien-3-ol, acetate, (3.beta.)-	$C_{31}H_{50}O_2$	۴۵۴
۲۳	1H-Imidazole-4-ethanamine, N,N,2-trimethyl-	$C_8H_{15}N_3$	۱۵۳
۲۴	Pyrrolo[3,4-c]quinolin-1,3(2H)-dione, 2-[2-(dibutylamino)ethyl]-4-methyl-	$C_{22}H_{29}N_3O_2$	۳۶۷
۲۵	.alpha.-d-Lyxofuranoside, methyl	$C_6H_{12}O_5$	۱۶۴

از بارزترین ترکیبات، می‌توان به سه ترکیب با هسته کینولینی، سه ترکیب، با هسته بنزایمیدازولی، دو ترکیب با هسته ایندولی، دو ترکیب با هسته فنولی و دو ترکیب با هسته پیریمیدینی ذکر نمود. به‌علاوه، حضور ترکیبات ایزوکینولینی، پیرازولی، اکسیدیازولی، تیوفنی، پیرولی، کاروتنی و گلیکوزیدی نیز در نمونه مورد آنالیز مشاهده گردید.

بحث

قابلیت‌های متابولیکی و فیزیولوژیکی زیستمندان دریایی که به آن‌ها امکان زنده ماندن در این محیط پیچیده را می‌دهد پتانسیل بسیار زیادی جهت تولید متابولیت‌های ثانویه فراهم می‌نماید که در زیستمندان حاضر در محیط‌های زمینی یافت نمی‌گردند. جلبک‌های دریایی، از سرشارترین منابع این متابولیت‌های فعال زیستی هستند که پتانسیل‌های دارویی و غذایی بی‌شماری ایجاد نموده‌اند (۲۵).

غنای کمی و کیفی پروتئین برخی از گونه‌های شناخته شده جلبک‌های دریایی با برخی منابع پروتئینی گیاهی و حیوانی معمول قابل مقایسه است (۲۶ و ۲۷). برخی از آن‌ها دارای پروتئین‌های با قابلیت هضم بالاتری نسبت به منابع گیاهی می‌باشند (۲۸). در بین پروتئین‌ها و پپتیدهای آن‌ها، می‌توان ترکیبات زیست‌فعالی را یافت که دارای اثرات درمانی و مفیدی برای انسان است (۲۹). در مطالعه کنونی، میزان پروتئین تام جلبک *سارگاسوم بوویانوم*، ۰/۱۱±۱۲/۵ درصد وزن خشک، تعیین گردید. این نتایج در دامنه ۴۷-۱۰ درصد پروتئین در مطالعات برنا (Berna) (۳۰) و همچنین در محدوده بیان شده در مطالعه کرنا (Černá) و همکاران (۳۱) (۵-۴۷ درصد وزن خشک) قرار داشت. مارشام (Marsham) و همکاران، در مطالعه خود مقادیر متفاوتی از محتوای پروتئینی (۹-۶/۴۴ درصد) را در بین ۱۱ گونه جلبک مشاهده نمودند (۳۲). در یک مطالعه مشابه، برتین (Burtin) و همکاران، میزان پروتئین جلبک‌های دریایی قهوه‌ای را مقادیری بین ۵-۱۵ درصد وزن خشک، به‌دست آوردند (۳۳). بر اساس این نتایج، پروتئین گونه‌های متعدد جلبک سارگاسوم مناطق مختلف، دارای مقادیر متفاوتی می‌باشند. این اختلاف در میزان پروتئین جلبک دریایی، می‌تواند متأثر از موارد متعددی چون تفاوت گونه‌ها و فصل نمونه‌گیری (۳۴)، روش‌های آماده‌سازی جلبک (۳۵) و شرایط آنالیز (۳۶) باشد. با توجه به نقش پروتئین جلبک‌های دریایی در سلامت، به دلیل تقویت سیستم گوارشی و نیز تحریک سیستم ایمنی از طریق غیرمستقیم ارتقاء پاسخ میکروبی، می‌توان از آن‌ها جهت افزایش بهره‌وری و ارزش تغذیه‌ای برخی محصولات غذایی استفاده نمود (۳۷). محیط سخت و زندگی فوتوتروپیک جلبک‌های دریایی، اغلب در معرض تنش‌های اکسیداتیو و رادیکال‌های آزاد قرار می‌گیرند. این امر منجر به تکامل سیستم‌های محافظتی طبیعی مانند تولید رنگدانه‌هایی چون کاروتن‌ها، کلروفیل‌ها و فیکوبیلی‌پروتئین‌ها[12] و پلی‌فنول‌هایی نظیر کاتچین‌ها، فلاونول‌ها و فلورتانین‌ها[13] شده است که مصرف آن‌ها می‌تواند فواید سلامتی داشته باشد. به‌علاوه، آن‌ها منابع غنی از اسیدهای آمینه ضروری (EAA) هستند که بدن انسان قادر به بیوسنتز آن‌ها نیست. پپتیدهای زیست‌فعال در جلبک‌ها، علاوه‌بر ارزش تغذیه‌ای، می‌توانند در سلامت فیزیولوژیکی آن‌ها نقش داشته باشند. به‌عنوان مثال، علاوه‌بر پپتیدهای ضدمیکروبی شناسایی شده از هیدرولیز پروتئین جلبک‌ها (۳۹ و ۳۸)، هگزاپپتید

[12] phycobiliproteins
[13] phlorotannins

Glu-Asp-Arg-Leu-Lys-Pro جدا شده از *Ulva* sp. دارای فعالیت میتوژنیک در فیبروبلاست‌های پوستی بوده است (۴۰).

سلامت فرد و دریافت پروتئین و اسیدهای آمینه ارتباط مستقیمی وجود دارد. ارتباط برخی از بیماری‌های خاص، نظیر مشکلات کلیوی، سلامت استخوان و بیماری‌های قلبی- عروقی با کمبود اسیدآمینه متیونین مشخص شده می‌باشد (۴۱).

استفاده از جلبک‌های دریایی در بسیاری از جوامع، هنوز توسعه چندانی نیافته است؛ هر چند که در برخی از کشورها به ویژه برخی کشورهای غربی، به دلیل محتوای بالای پروتئین و اسیدهای آمینه ضروری مناسب آن‌ها، رو به گسترش است (۴۱-۴۳).

در مطالعه اخیر، این جلبک حاوی مقادیر قابل ملاحظه‌ای از تمام اسیدهای آمینه ضروری بود. از نظر سهم اسیدهای آمینه ضروری (حدود ۴۸/۱ درصد)، با نتایج مطالعات کومار (Kumar) و همکاران، (۴۲/۲۹ درصد) (۴۴) مطابقت داشت. به‌علاوه، نتایج اخیر، با مطالعه ایشاکانی (Ishakani) و همکاران، با مجموع اسیدهای آمینه ضروری ۴۴ درصد، قابل مقایسه بود؛ هر چند، در مطالعه آن‌ها اسیدهای آمینه ضروری ترئونین و تریپتوفان مشاهده نگردید (۴۵). گالند-ایرمولی (Galland-Irmouli) و همکاران، در مطالعه خود بیان داشتند که پروتئین جلبک‌های دریایی به‌دلیل سهم حدود ۴۰ درصدی اسیدهای آمینه ضروری آن‌ها، از کیفیت بالایی برخوردار هستند و مشخصات اسیدهای آمینه ضروری به پروتئین‌های تخم مرغ و سویا شباهت دارد (۴۶).

این سهم از اسیدهای آمینه ضروری در گونه‌های مختلف جلبک دریایی *سارگاسوم بوویانوم* می‌تواند جایگزین مناسب تغذیه‌ای این اسیدهای آمینه و به‌ویژه وفور آن‌ها در مناطق ساحلی محل زیست خود، برای مصارف انسانی و نیز حیوانی باشد. این پیشنهاد از طرف فائو نیز مطرح گردیده است (۴۲). علاوه بر این، جلبک *سارگاسوم بوویانوم* سواحل بوشهر، حاوی مقادیر متفاوتی از اسیدهای آمینه نیمه‌ضروری و غیرضروری بود و از میزان بالای نسبت اسیدهای آمینه ضروری به غیرضروری، برخوردار بود و با توجه به اهمیت اسیدهای آمینه ضروری این مقدار ارزشمند و قابل مقایسه با سایر مطالعات مشابه می‌باشد.

در مقایسه با مطالعات مورد بررسی، جلبک *سارگاسوم بوویانوم* مطالعه حاضر، منبع قابل ملاحظه‌ای از اسید آمینه ضروری لیزین و نیمه‌ضروری گلیسین به ترتیب با مقادیر ۰/۳۵۱±۲۴ و ۰/۱۶۳±۱۳/۲ درصد بودند، پس از آن، مربوط به اسیدهای آمینه آسپارتیک اسید و گلوتامیک اسید بود. لیزین در مقایسه با سایر اسیدهای آمینه، بسیار سریع توسط روده جهت ساخته شدن پروتئین و دیگر فرآیندهای متابولیکی به‌کار گرفته می‌شود (۴۶). بر اساس یافته‌های راجا و جاروسکی (Raja & Jarowski)، مصرف کافی لیزین به‌ویژه همراه با تریپتوفان در وعده روزانه، موجب ثبات در میزان کلسترول و تری‌گلیسیرید می‌شود (۴۸). بنابراین، با توجه به میزان چشم‌گیر اسیدآمینه لیزین در جلبک سواحل بوشهر، قابل انتظار است که بتوان به این جلبک به‌عنوان یک منبع غنی از این اسید آمینه نگریست. پس از لیزین، اسید آمینه گلیسین بیشترین مقدار را در آنالیز مطالعه کنونی داشت. پروتئین‌های ساختاری خارج سلولی مانند الاستین و کلاژن، از گلیسین ساخته شده‌اند (۴۹). کمبود گلیسین در مقادیر اندک، خطرات زیادی برای سلامتی ندارد اما کمبود شدید آن، منجر به عدم پاسخ سیستم ایمنی، کاهش رشد، متابولیسم غیرطبیعی مواد مغذی و برخی اثرات نامطلوب دیگر بر سلامتی می‌گردد (۵۰). در سیستم عصبی مرکزی، گلیسین به عنوان انتقال‌دهنده عصبی،

نقش مهم و فراوانی را دارا است و از این طریق میزان مصرف مواد غذایی، رفتار و هموستازی کامل بدن را کنترل می‌نماید (۵۱). بر اساس مطالعات، هیدروکسی پرولین – که در آنالیز مطالعه ما مشاهده گردید– می‌تواند بستری جهت سنتز گلیسین در انسان و پستانداران باشند (۵۲). بر اساس مطالعه عبدالرزاق (Abdul Razak) و همکاران، گلیسین پیش‌ساز متابولیت‌های مهمی چون گلوتاتیون، پورفیرین‌ها، پورین‌ها و کراتین است و اثرات مهمی را در فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانتی، ضدالتهابی، محافظت‌کنندگی و تقویت سیستم ایمنی در بافت‌های محیطی و عصبی ایفاء می‌نماید (۵۳). با توجه به خواص سودمند این اسید آمینه و از طرفی میزان قابل قبول آن در جلبک مورد مطالعه، می‌توان با استفاده از آن در موارد قابل انجام، از اثرات مفید این اسیدآمینه بهره جست.

همچنین اسید آمینه‌های غیرضروری آسپارتیک و گلوتامیک اسید در مطالعه اخیر، نیز درصدهای قابل قبولی را به خود اختصاص دادند. در بیشتر جلبک‌های دریایی، این دو اسید آمینه بخش زیادی از اسیدهای آمینه را شامل می‌شوند. فلورنس (Fleurence)، در مطالعه خود مجموع این دو اسید آمینه را در جلبک‌های قهوه‌ای در محدوده ۲۲ تا ۴۴ درصد، بیان نمود (۵۴). در مطالعه حاضر، مجموع این دو، مقداری حدود ۲۰/۹ درصد را شامل شدند و با نتایج مطالعات پیشین در بررسی گونه‌های مختلف جلبک سارگاسوم، از جمله مطالعات الولید (Alwaleed) و همکاران (۴۳)، ایشاکانی و همکاران (۴۵)، و کومار و همکاران (۴۴)، که به‌ترتیب مقادیر این دو اسید آمینه را ۱۶/۷۱، ۲۱/۱۸ و ۲۷/۹۱ درصد به‌دست آوردند، همسویی داشت. هر چند، بر اساس مطالعه دیوی (Devi) و همکاران، جلبک‌ها بسیار تحت تأثیر شرایط محیط زیست قرار می‌گیرند به‌طوری که ترکیبات آن‌ها، حتی در یک گونه جلبک در مناطق و فصول مختلف با یکدیگر متفاوت خواهند بود (۳۶). با توجه به تأثیرپذیری ترکیبات جلبک دریایی از شرایط زیست محیطی و با توجه به غنا و حضور همه اسیدهای آمینه ضروری، از جمله اسیدهای آمینه خاص و پرکاربرد، در جلبک *سارگاسوم بوویانوم* جمع‌آوری شده از سواحل بوشهر، می‌توان انتظار داشت که این منطقه، زیست بوم مناسبی جهت بهره‌مندی از پروتئین و اسیدهای آمینه مفید از این جلبک باشد.

لیپیدها، علاوه بر ذخیره انرژی، دارای نقش‌های متعددی در موجودات می‌باشند. اگرچه محتوای لیپیدی جلبک‌های قهوه‌ای با منابع معمول لیپیدی قابل مقایسه نیست (۵۴ و ۵۵)، اما آن‌ها از نظر کیفی، دارای ترکیبات زیست‌فعال بسیار ارزشمندی می‌باشند (۵۶). با توجه به یافته‌های برتین و همکاران، آن‌ها دارای چربی نسبتاً محدودی (۱–۵ درصد وزن خشک) هستند (۳۳). همچنین، هربریتو (Herbreteau) و همکاران، کل محتوای چربی تام آن‌ها را کمتر از ۴ درصد گزارش نمودند (۵۷). میزان چربی ماکروجلبک *سارگاسوم بوویانوم* در مطالعه حاضر نیز ۰/۰۶±۲/۶۲ درصد وزن تر، تعیین گردید. مطالعات مشابه دیگری، میزان چربی را در جلبک سارگاسوم، در مناطق مختلف مورد بررسی قرار داده‌اند. مقادیر چربی تام در جلبک سارگاسوم در مطالعات جاسویر (Jaswir)، در گونه‌های سارگاسوم بندری ۱/۶۶ درصد وزن خشک (۵۸)، روحانی قادیکلایی (Rohani-Ghadikolaei)، در گونه *سارگاسوم الیسیفولیوم*، حدود ۲ درصد وزن تر (۵۹)، پرومال (Perumal) در گونه سارگاسوم پلی‌سیستوم، ۷/۶ درصد (۶۰)، گزارش گردیدند. همچنین، سوسانتو (Susanto) محتوای چربی را در گونه *سارگاسوم هورنری* و *سارگاسوم سیلیکوستروم*، از منطقه سرد،

۶۶/۵۸ و ۷۳/۷۰ میلی‌گرم در گرم وزن خشک (۶/۶۵۸ و ۷/۳۷ درصد) و در گونه *سارگاسوم کراسی‌فولیوم* مناطق گرمسیر، ۵۰/۱۵ میلی‌گرم در گرم وزن خشک (حدود ۵ درصد) گزارش نمودند. بر اساس اظهار آن‌ها، میزان چربی تام جلبک‌های قهوه‌ای پایین و معمولاً کمتر از ۷ درصد وزن خشک و این مقادیر در آب‌های سرد، بیش از آب‌های مناطق گرمسیری بود (۶۱). همچنین، بر اساس مطالعه نلسون (Nelson) و همکاران، مقدار کل چربی نمونه‌های جلبک در زمستان و بهار جمع شده و در تابستان رو به زوال است (۶۲). در این مورد، سانچز- ماچادو (Sanchez- Machado) و همکاران، نشان دادند که با افزایش دما، سطح چربی کاهش می‌یابد و تا پایان فصل رشد تقریباً پایدار می‌ماند. اختلاف فصلی بین محتوای چربی، ممکن است به دلیل عوامل محیطی و جوی مؤثر بر رشد جلبک دریایی (۶۳) و همچنین اقلیم و شرایط خاص زیستگاه (۵۶)، باشد. بر اساس مطالعه نرایان (Narayan)، گونه‌های مناطق گرمسیری، به طور قابل ملاحظه‌ای، دارای چربی کل کمتری نسبت به گونه‌های مناطق سردسیر می‌باشند (۶۴). علاوه بر این، مقادیر چربی تام جلبک‌ها، بسته به متغیرهای گوناگون جوی و محیطی (۶۵)، زمان جمع- آوری (۶۰)، اقلیم و جغرافیای محل رشد جلبک دریایی (۵۶)، ممکن است تغییر نمایند. با توجه به نتایج این مطالعات پیشین، این میزان چربی در نمونه جلبک *سارگاسوم بوویانوم* مطالعه اخیر و با توجه به موقعیت جغرافیایی بوشهر و نمونه‌گیری در فصل گرم به دور از انتظار نیست. در صورتی که افزایش محتوای چربی مد نظر باشد باید شرایط پرورش را به سمت بازده بیشتر این ماکروملکول سوق داد.

آنالیز چربی کل جلبک سارگاسوم، ۱۸ اسید چرب (C_6–C_{21}) را نشان داد. میزان اسیدهای چرب اشباع، بیش از اسیدهای چرب غیر اشباع بودند، بیشترین میزان اسید چرب، مربوط به پالمیتیک اسید ($C_{16:0}$) بود. پس از آن به‌ترتیب، کاپروئیک اسید ($C_{6:0}$)، میریستیک اسید ($C_{14:0}$) و انانتیک اسید ($C_{7:0}$)، دارای مقادیر قابل توجهی بودند. مطالعات گوناگونی جهت بررسی آنالیز اسیدهای چرب در گونه‌های مختلف جلبک‌های مناطق مختلف انجام گردیده‌اند. سیلوا (Silva) و همکاران، در بررسی اسیدهای چرب ده ماکروجلبک قهوه‌ای از جمله *سارگاسوم ولگار*[14]، تعداد ۲۱ اسید چرب را شناسایی نمودند. اسیدهای چرب $C_{16:0}$، $C_{18:0}$، $C_{14:0}$ و $C_{16:1}$ به‌ترتیب بیشترین مقادیر را نشان دادند. در مطالعه آن‌ها همچون مطالعه اخیر، درصد اسیدهای چرب اشباع، بیش از اسیدهای چرب غیراشباع بود؛ اسید چرب پالمیتیک اسید، بیشترین میزان را دارا بود (۶۶). در یک مطالعه مشابه، چن (Chen) و همکاران، اسیدهای چرب چهار گونه جلبک سارگاسوم را توسط آنالیز با GC-MS مورد بررسی قرار دادند. آنالیز گونه *سارگاسوم فوزیفورم*[15]، تعداد ۲۰ اسید چرب را نشان داد. بیشترین میزان اسید چرب در این مطالعه، متعلق به اسید چرب ($C_{16:0}$) با مقدار ۳۱/۴۴ درصد بود که با فراونی پالمیتیک اسید در مطالعه حاضر که بیشترین مقدار را با میزان ۳۲/۴۳ درصد دارا بود، مطابقت داشت. آن‌ها سپس، اسیدهای چرب ($C_{18:1}$ n-9) با مقدار ۱۸/۹۱، ($C_{20:4}$ n-6) با مقدار ۹/۳۷، ($C_{14:0}$) با مقدار ۵/۳۳ و ($C_{18:2}$ n-6) با مقدار ۴/۸۹ درصد را اسیدهای چرب غالب گزارش نمودند. اسیدهای چرب اشباع ۴۱/۷۰ درصد و اسیدهای چرب غیر اشباع شامل اسیدهای چرب با یک باند دوگانه (MUFA)، ۳۲/۲۱

[14] *S. vulgare*
[15] *S. fusiforme*

درصد و اسیدهای چرب با بیش از یک باند دوگانه (PUFA)، ۲۶/۰۹ درصد اندازه‌گیری و مقدار اسیدهای چرب غیراشباع بیش از اسیدهای چرب اشباع تعیین شدند. در مطالعه مذکور، گونه *سارگاسوم پالیدوم*[16]، نیز با ۲۰ اسید چرب، دارای اسیدهای چرب غالب ($C_{16:0}$)، ($C_{18:1}$ n-9)، ($C_{16:1}$ n-7)، ($C_{18:2}$ n-6) و ($C_{20:4}$ n-6)، به‌ترتیب با مقادیر ۴۸/۶۶، ۱۹/۵۷، ۵/۱۹، ۵/۰۳ و ۳/۳۳ درصد بودند. به همین سان، در این گونه نیز بیشترین میزان اسید چرب، مربوط به پالمیتیک اسید و همچنین مجموع درصد اسیدهای چرب اشباع بیش از انواع غیراشباع بود. نسبت PUFA/SFA مطالعه آن‌ها، برابر با ۰/۲۰ به‌دست آمد (۶۷). این نتایج با مطالعه باکار (Bakar) و همکاران مطابقت داشت (۶۸) همچنین، در مطالعه خوتیمچنکو (Khotimchenko) نیز مطابق با یافته‌های مطالعه اخیر، پالمیتیک اسید، غالب‌ترین اسید چرب موجود در هفت گونه سارگاسوم مورد آنالیز بود (۶۹).

سوسانتو و همکاران، اسیدهای چرب هفت جلبک دریایی قهوه‌ای برداشت شده از آب‌های سرد ژاپن و آب‌های گرم اندونزی را در ماه‌های مختلف، مورد مطالعه قرار دادند. اسیدهای چرب عمده از جلبک دریایی قهوه‌ای آب گرم (20:4n-6، 18:1n-9، 16:0) و آب سرد (20:5n-3، 20:4n-6، 16:0) بودند. اسیدهای چرب غالب در جلبک قهوه‌ای سارگاسوم در گونه *سارگاسوم هورنری*[17]، از مناطق سرد (ژاپن) اسیدهای چرب (20:5n-3، 20:4n-6 و 16:0)، به‌ترتیب با مقادیر ۱۳/۴۹، ۱۵/۶۰ و ۲۳/۰۳ و در گونه *سارگاسوم سیلیکواسترم*[18]، منطقه سرد (ژاپن)، اسیدهای چرب (16:0)، (20:4n-6) و (18:3n-3)، شامل مقادیر ۲۴/۷۸، ۱۶/۹۵ و ۹/۴۸ و در گونه سارگاسوم کراسیفولیوم[19]، اسیدهای چرب (16:0)، (18:4n-3) و (18:1n-9) با مقادیر ۲۵/۱۴، ۱۳/۷۸ و ۱۱/۱۷ درصد را به عنوان اسیدهای چرب عمده گزارش نمودند. در این مطالعه، در گونه‌های *سارگاسوم هورنری* و سیلیکواسچرم از آب‌های سرد ژاپن و همچنین گونه سارگاسوم کراسیفولیوم، همانند مطالعه حاضر، فراوان‌ترین میزان اسیدچرب را پالمیتیک‌اسید به‌ترتیب با مقادیر ۲۳/۰۳، ۱۵/۶۰ و ۱۳/۴۹ درصد بودند (۶۱). مطابق با نتایج مطالعات پیشین، جلبک‌های دریایی آب‌های سرد، دارای محتوای اسیدهای چرب غیراشباع (PUFA)، بیشتری در مقایسه با جلبک دریایی آب‌های گرم‌تر هستند (۶۲). مقایسه این یافته‌ها با مطالعه حاضر که نمونه جلبک *سارگاسوم بوویانوم* از نظر میزان بالای اسیدهای چرب اشباع (SFA)، و غنای پالمیتیک اسید، مطابقت داشت. هرچند، شرایط خاص زیستگاه و فصل جمع‌آوری جلبک‌ها نیز می‌تواند تا حد زیادی بر کیفیت و کمیت اسیدهای چرب جلبک‌های قهوه‌ای تأثیر گذارد (۷۰). از مقایسه نتایج مطالعه اخیر و عمده مطالعات مورد بحث، می‌توان یافت که بیشترین میزان اسید چرب موجود در این مطالعات، مربوط به پالمیتیک اسید ($C_{16:0}$) است. پالمیتیک اسید یا همان هگزادکانوئیک اسید، در گیاهان و حیوانات یافت می‌شود (۷۱). این اسید چرب اشباع ۱۶ کربنه، در صنایع غذایی و همچنین صنایع آرایشی، بهداشتی کاربردهای فراوانی دارد (۷۲). پالمیتیک اسید دارای فعالیت‌های بیولوژیک متفاوتی از جمله ضدباکتریایی است و می‌تواند رشد دیاتوم‌های

[16] *S. pallidum*
[17] *S.horneri*
[18] *S. siliquastrum*
[19] *S. crassifolium*

سوخت بیولوژیکی *سیلندروتکا کلستریوم*[20] و جوانه‌زنی اسپورهای *اولوا لاکتیوکا*[21] را کاهش دهد (۷۳). با توجه به حضور غالب پالمیتیک اسید، با ظرفیت کاربردهای آرایشی و بهداشتی، در جلبک سارگاسوم مورد مطالعه، نگاه ویژه به این زیستمند با خواص دارویی و اثرات بهداشتی مفید و همچنین آنتی‌باکتریال (به‌عنوان نگهدارنده طبیعی) به‌منظور استفاده در فرمولاسیون این فراورده‌ها، پیشنهاد می‌گردد.

نکته قابل توجه این است که در هیچ یک از مطالعات مورد بحث، اسیدهای چرب کاپروئیک اسید ($C_{6:0}$) و انانتیک اسید ($C_{7:0}$) یافت نگردیده بودند، در حالی که در مطالعه اخیر، پس از پالمیتیک اسید، کاپروئیک اسید با مقدار ۳۱/۷۸ درصد و پس از آن، میریستیک اسید ($C_{14:0}$) با مقدار ۱۱/۹۸۹ درصد و سپس انانتیک اسید با مقدار ۸/۲۴ درصد، دارای بیشترین مقدار بودند.

گرچه در مطالعه حاضر، اسیدهای چرب اشباع بیشتری وجود دارد؛ لکن، تعداد ۷ اسید چرب، از مجموع ۱۸ اسیدچرب شناسایی شده، متعلق به گروه اسیدهای چرب زنجیره متوسط (MCFA)، با میزان بیش از ۴۳ درصد از کل سهم اسیدهای چرب بودند. کاپروئیک اسید ($C_{6:0}$) و انانتیک اسید ($C_{7:0}$) که از اسیدهای چرب غالب مطالعه حاضر بودند؛ خود در دسته اسیدهای چرب زنجیره متوسط (MCFA) قرار دارند. اسیدهای چرب با زنجیره متوسط (C_6-C_{12})، دارای اثرات زیستی متفاوتی چون اثرات ضدسرطانی (پوست، پستان و روده بزرگ) و لاغری می‌باشند (۷۴). بر اساس مطالعات پیشین، این اسیدهای چرب، به سرعت به استیل کو آنزیم آ (Acetyl-CoA) متابولیزه می‌شوند، در نتیجه باعث افزایش مصرف انرژی سلولی و کاهش تجمع چربی بدن در مقایسه با اسیدهای چرب با زنجیره بلند می‌شوند (۷۵). حتی، از محصولات حاوی این اسیدهای چرب متوسط زنجیر، به عنوان یک مکمل کاهش وزن استفاده می‌گردد (۷۶). علاوه بر این، جایگزینی اسیدهای چرب بلند زنجیره رژیم غذایی حاوی اسیدهای چرب با زنجیره متوسط، موجب اثرات ضدالتهابی گردیده است (۷۷). همچنین، این اسیدهای چرب، نسبت به انواع طولانی‌تر آن، دارای جذب بهتری می‌باشند (۷۸). بنابراین، می‌توان، باجای دادن این زیست‌مند دریایی در سبد غذایی و بهداشتی با حفظ قوانین و انجام سایر آزمون‌های سلامت مورد لزوم، از این ویژگی‌های زیستی مفید بهره برد. با این وجود، مواردی وجود دارند که استفاده از رژیم حاوی جلبک را دشوار ساخته است. برخی عوامل از جمله برداشت و دسترسی نه چندان آسان، فصلی بودن و محدودیت در موقعیت جغرافیایی آن‌ها، زمان‌بر و غیراقتصادی بودن غیر قابل انکار فرآیندهای کنونی جداسازی پروتئین‌های جلبک، استفاده گسترده از این منابع دریایی را محدود ساخته است (۳۸). مسئله هضم آن‌ها نیز از مباحث بحث برانگیز می‌باشد. تصور بر این است که فلورتانین‌ها و میزان بالای پلی‌ساکاریدها از فاکتورهای اصلی تأثیر منفی بر قابلیت هضم پروتئین‌های جلبکی است (۷۹). اوربانو و گونی (Urbano & Goñi)، در یک مطالعه in vivo، فراهمی زیستی جلبک‌های *پورفیرا تنرا*[22] و *اوندااریا پیناتیفیدا*[23] را در موش‌های صحرایی ویستار مورد ارزیابی قرار دادند. بر اساس نتایج آن‌ها، فیبر موجود در جلبک‌های دریایی، تأثیر ناخوشایندی بر قابلیت هضم پروتئین دریافتی و کارایی مواد غذایی دارد (۸۰). به‌طور مشابه،

[20] *Cylindrotheca closterium*
[21] *Ulva Lactuca*
[22] *Porphyra tenera*
[23] *Undaria pinnatifida*

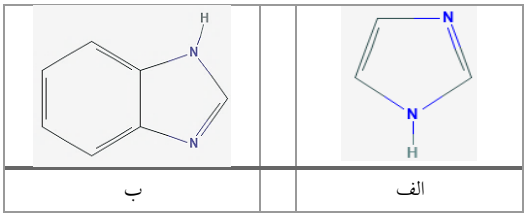
قبل از آن توسط سوزوکی (Suzuki) و همکاران، گزارش گردیده بود که جلبک قهوه‌ای *لامیناریا جاپونیکا*[۲۴]، در ابتدای رژیم موجب کاهش قابلیت هضم پروتئین در موش صحرایی می‌شود. هرچند، پس از سه هفته، قابلیت هضم آن با رژیم کنترل مقایسه و مشاهده گردید که موش‌ها با این رژیم غذایی پرفیبر سازگار شده‌اند (۸۱). برخی مطالعات در شرایط آزمایشگاهی، در مورد زیست دسترس‌پذیری[۲۵]، نیز نشان از آن داشت که پروتئین‌های جلبک دریایی فراوری نشده در مقایسه با سایر منابع پروتئینی قابلیت هضم را کاهش می‌دهند. هرچند، در مطالعه فلورنس، در سال ۱۹۹۹، زیست دسترس‌پذیری گونه‌های جلبک دریایی *پورفیرا تنرا*، *اوندریا پیناتیفیدا* و *اولوا پرتوسا*[۲۶]، در شرایط آزمایشگاهی، به‌ترتیب ۷۸ ، ۸۷ و ۹۵ درصد (نسبت به زیست دسترس‌پذیری کازئین (۱۰۰ درصد) گزارش گردیدند (۵۴). بعلاوه، مطالعه درون آزمایشگاهی وانگ و چونگ (Wong & Cheung)، نشان داد که اولوا لاکتوکا دارای قابلیت هضم ۱/۹±۸۵/۷ درصد و جلبک‌های دریایی قرمز *هیپنئا کاروئیدس*[۲۷] و *هیپنئا جاپونیکا* دارای هضم بالا و به‌ترتیب ۰/۷±۸۸/۷ و ۹/۴±۸۸/۱ درصد هستند (۷۹). در مطالعه تیبتس (Tibbetts) و همکاران نیز قابلیت هضم پروتئین در شرایط آزمایشگاهی، در جلبک‌های دریایی قرمز (۸۷-۸۳ درصد) و در جلبک‌های دریایی قهوه‌ای (۸۷-۸۲/۷ درصد) به‌دست آمد. این نتایج نشان دادند که قابلیت هضم پذیری پروتئین‌های جلبک دریایی مورد مطالعه در شرایط آزمایشگاهی با برخی منابع گیاهی معمول، از جمله غلات (۸۴-۶۹ درصد)، حبوبات (۹۲-۷۲ درصد)، میوه‌ها (۹۲-۷۲ درصد) و سبزیجات (۸۰-۶۸ درصد) قابل مقایسه هستند (۲۸). این نتایج، می‌توانند نگرانی در مورد مشکلات هضم پروتئین‌های جلبکی را برطرف نمایند.

ترکیبات موجود در مواد غذایی که از نظر بیولوژیکی فعال هستند افزایش ظرفیت سلامتی یا کاهش خطر بیماری‌ها را موجب می‌گردند (۸۲ و ۸۳). با شناسایی ترکیبات شیمیایی مختلف در جلبک سارگاسوم و بررسی خواص و عملکرد آن‌ها در مطالعات پیشین می‌توان خواص بیولوژیکی و اثرات تغذیه‌ای و درمانی آن‌ها را تا حدی پیش‌بینی نمود. در مطالعه حاضر، آنالیز عصاره جلبک *سارگاسوم بوویانوم* توسط GC-MS، تعداد ۲۵ ترکیب شیمیایی (متابولیت ثانویه)، مشتمل بر ترکیباتی با ساختارها و هسته‌های مختلف فنولی، کینولینی، ایزوکینولینی، ایندولی، پیرودینی، پیرازولی، پیریمیدینی، اکسیدیازولی، تیوفنی، بنزایمیدازولی، کاروتنی و پیرولی شناسایی گردیدند.

از جمله ترکیبات مورد آزمون عصاره جلبک *سارگاسوم بوویانوم* مطالعه اخیر، ترکیب H۱-ایمیدازول-۴-اتان امین،N، ۲N-تری متیل، از مشتقات ایمیدازولی می‌باشد (شکل ۵-الف). ایمیدازول‌ها، جزو هتروسیکل‌های آروماتیک محسوب می‌شوند که دارای نقش‌های مهمی در داروسازی و فعالیت‌های زیستی هستند. برخی داروهای پرکاربرد، نظیر امپرازول و لوزارتان دارای هسته ایمیدازولی هستند. اثرات ضدقارچی، ضدانعقادی، ضدالتهابی، ضدحساسیت، ضدباکتریایی و ضدسرطانی این ترکیبات مشخص گردیده است (۸۴). بر اساس مطالعه مالک (Malik) و همکاران، به علت قدرت بالا و طیف اثر وسیع مشتقات ایمیدازولی، در مهار بسیاری از پاتوژن‌ها، خاصیت ضدباکتریایی آن‌ها،

[24] *Laminaria japonica*
[25] *bioaccessibility*
[26] *Ulva pertusa*
[27] *Hypnea charoides*

بیش از سایر اثرات مورد توجه قرار گرفته است (۸۵). اخیراً، مشتقات ایمیدازولی به دلیل دیگر قابلیت‌های مختلف بیولوژیکی از جمله اثرات مهار سلول‌های سرطانی، انگل لیشمانیا، قارچ‌های آسپرژیلوس و فوزاریوم مورد توجه محققین قرار گرفته‌اند (۸۶). صالحی (Salhi) و همکاران، در مطالعه خود اثر ضدباکتریایی، مشتقات ایمیدازولی را بر پاتوژن‌هایی چون انتروکوکوس فکالیس، اشرشیاکلی و استافیلوکوکوس اورئوس نشان دادند (۸۷). با توجه به مطالعات اثرات مفید بیولوژیک ایمیدازول‌ها و حضور آن در عصاره جلبک *سارگاسوم بوویانوم*، می‌توان انتظار اثرات ضدقارچی، ضدباکتریایی، ضدانعقادی، ضدالتهابی، تعدیل علائم آلرژیک و ضدسرطانی را در این جلبک داشت و مطالعاتی را در این راستا با جداسازی این ترکیبات، از این جلبک طراحی نمود. علاوه بر این، سه ترکیب دیگر شناسایی شده در عصاره متانول- کلروفرمی جلبک *سارگاسوم بوویانوم*، شامل ترکیبات ۲-[(H۳-بنزایمیدازول-۵-ولمینو)-متیل]-۴-نیترو-فنول؛ ۶-[(۴-اتوکسی‌بنزیلیدین) آمینو] بنزایمیدازول و بنزو (۱، ۲ و ۵) اکسی‌دیازول، ۵-(H۱- بنزایمیدازول- ۲- ول سولفانیل‌متیل)، دارای هسته بنزایمیدازولی بودند (شکل ۵-ب) (۸۸). بررسی مطالعات نشان می‌دهند که مشتقات مختلف بنزایمیدازولی دارای فعالیت‌های متعدد دارویی هستند (۸۹). نشان داده شده که مشتقات سنتزی جدید بنزایمیدازولی، موجب مهار رشد گونه‌های مختلف ضدباکتریایی و ضدقارچی مورد مطالعه می‌گردند (۹۰). مشتقات جدیدی از بنزایمیدازول‌ها شامل آنالوگ‌های فلوکونازول، سنتز و فعالیت ضدمیکروبی و ضدقارچی آن‌ها بر روی باکتری‌های گرم مثبت و منفی و قارچ‌ها مشخص شده است (۹۱). با توجه به وجود سه ترکیب مختلف دارای هسته بنزایمیدازولی در عصاره جلبک، ممکن است فعالیت‌های ضدمیکروبی بر قارچ‌ها و باکتری‌های پاتوژن را در آن القاء نماید.

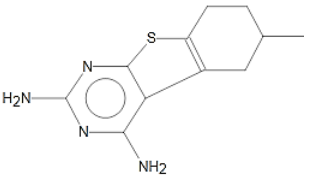


شکل۵) ساختارهای هسته‌های ایمیدازولی (الف) و بنزایمیدازولی (ب) (منبع: پابکم[۲۸])

Fig 5) Nucleous structures of imidazole (A), and benzimidazole (B) (Source: Pubchm)

از بین ترکیبات شناسایی شده حاصل از آنالیز شیمیایی عصاره جلبک *سارگاسوم بوویانوم*، یک ترکیب با هسته‌های فعال پیریمیدینی و تیوفنی به نام ۲،۴- دی آمینو- ۵، ۶، ۷ و ۸ -ترا هیدرو-۶-متیل بنزو (B) پریمیدینو (۴ و D-۵) تیوفن، شناسایی گردید (شکل ۶).

[28] Pubchem



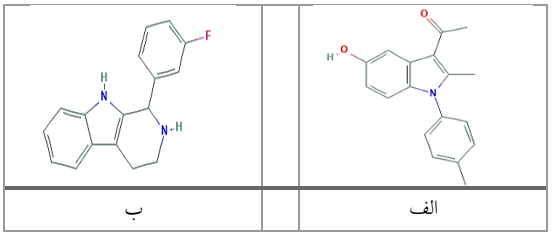
شکل ۶) ساختار مولکولی ترکیب ۲،۴–دی آمینو–۵،۶،۷،۸–تترا هیدرو–۶– متیل بنزو (B) پیریمیدینو (D–۵،۴) تیوفن موجود در عصاره متانول–کلروفرمی جلبک *سارگاسوم بوویانوم*

Fig 6) Molecular structure of 2,4-Diamino-5,6,7,8-tetrahydro-6-methylbenzo[b]pyrimidine [5,4-d] thiophene, in the methanol-chloroform extract of the *Sargasum boveanum* algae

بسیاری از مشتقات تیوفنی دارای فعالیت‌های بیولوژیکی گسترده‌ای چون اثرات آنتی‌اکسیدانی، ضد HIV، ضدباکتریایی، ضدقارچ، ضدالتهابی و ضدسل می‌باشند (۹۲ و ۹۳). بر اساس مطالعه هاستلر (Hastler) و همکاران، مصرف مقادیر کافی مواد غذایی فراسودمند، به واسطه مکانیسم‌های بالقوه‌ای چون کاهش سطح چربی خون، کاهش تشکیل پلاکت، کاهش اکسیداسیون لیپوپروتئین‌ها، بهبود انطباق شریانی، حذف رادیکال‌های آزاد، می‌توانند در کاهش خطر بیماری‌های قلبی سهیم باشند (۹۳). شاید مصرف جلبک سارگاسوم و فراورده‌های آن، به دلیل حضور این ترکیبات، با فعالیت‌های مشخص، بتواند نقش مفیدی در کنترل و پیشگیری از بروز این بیماری داشته باشد.

دو ترکیب ترانس– ۴– (۲– (۵– نیترو –۲– فوریل) وینیل)– ۲– کینولین آمین و پیرول (۳، ۴–C)کینولین– ۱، ۳ (H۲)–دیون، ۲–[۲–(دی بوتیل آمین]اتیل)۴ متیل و نیز ۳،۴– دی هیدروایزوکینولین، ۱–[۱–فندیل]–۶،۷– دی متوکسی با عامل ایزوکینولینی، در عصاره این جلبک مشاهده گردیدند. کینولین‌ها، در حوزه‌های زیستی ضدآمیبی، ضدباکتری، ضدمالاریا (۹۳) و ضدسرطانی (۹۴)، همچنین به عنوان داروی ایدز و آلزایمر، گسترش وسیعی پیدا کرده‌اند (۹۵ و ۹۶). حضور این مشتقات، در عصاره جلبک مطالعه حاضر، محتمل است بتوانند اثرات ضدویروسی و ضدباکتریایی وسیعی در جلبک سارگاسوم القاء نمایند. این به دور از انتظار نیست؛ چرا که بر اساس مطالعات اپیدمیولوژی، ترکیبات موجود در رژیم‌های غذایی می‌توانند فرآیند پیشرفت بیماری سرطان را تغییر دهند و یا از سرطان جلوگیری کنند (۹۷). از بین ترکیبات شناسایی شده در مطالعه حاضر، دو ترکیب پیریدو (۳،۴– b) ایندول، ۱،۲،۳،۴، تتراهیدرو– ۱– (۳–فلوروفنیل) و ۱– [۵ هیدروکسی – ۲– متیل –۱ – (پی– توالیل)– ۳–ایندول] اتانون، دارای هسته ایندولی بودند (شکل ۷). ایندول‌ها، از قوی‌ترین ترکیبات مؤثر موجود بر روی سرطان و بسیاری از اختلالات دیگر هستند (۹۸–۱۰۰). بر اساس مطالعات دوبی (Dubey) و همکاران (۱۰۱)، و رانی (Rani) (۱۰۲)، مشتقات مختلف حاوی هسته ایندولی دارای خواص ضدالتهابی هستند. در مطالعه مهتا (Mehta) و همکاران، فعالیت‌های ضدمیکروبی در برابر باکتری‌های *باسیلوس مگاتریوم* و *باسیلوس سوبتیلیس* و ضدقارچی در برابر *آسپرژیلوس اواموری* و *آسپرژیلوس اگنس*، برای مشتقات ایندولی سنتزی نشان داده شد (۱۰۳). همچنین، دارمندرا (Dharmendra) و همکاران، فعالیت قابل توجه ضدباکتریایی در برابر *سودوموناس آئروژینوزا* و *سودوموناس ترمونیتریفیکانس* را برای بیشتر ترکیبات ایندولی سنتزی نشان دادند (۱۰۴). فعالیت ضدتشنجی برای ترکیبات سنتزی ایندول در مطالعه شارما (Sharma) (۱۰۵)، اثرات ضد فشارخون در مطالعه بل (Bell) و همکاران نشان داده شد (۱۰۶). با توجه به نقش تغذیه در حفظ سلامت و کنترل بیماری‌ها، ممکن است این زیست‌مند دریایی، بتواند منبع مفیدی در پیشگیری و حتی کاهش این بیماری‌ها باشد و با قرار دادن آن در برنامه غذایی و یا استفاده در

فرمولاسیون‌های غنی‌سازی غذاها، بتوان گام مؤثری در جهت تأمین سلامتی برداشت.



شکل ۷) ساختار مولکولی دو ترکیب ایندولی شناسایی شده در عصاره متانول-کلروفرمی جلبک *سارگاسوم بوویانوم*. ساختار پیریدو (۳،۴- b)ایندول،۱،۲،۳،۴،تتراهیدرو-۱-(۳-فلوروفنیل) (الف)؛ ۱-[۵ هیدروکسی-۲-متیل-۱-(پی-توالیل)-۳-ایندول] اتانون (ب).

Fig 7) Molecular structures of two indole compounds identified in the methanol-chloroform extract of the *Sargasum boveanum* algae.(A): Pyrido[3,4-b]indole, 1,2,3,4-tetrahydro-1-(3-fluorophenyl)- ;(B): 1-[5-Hydroxy-2-methyl-1-(p-tolyl)-3-indolyl]ethanone.

قند زایلیتول[۲۹]، با ساختار مولکولی $C_5H_{12}O_5$، از دیگر ترکیبات یافت شده در عصاره جلبک سارگاسوم بود. زایلیتول، یک الکل قندی پنج‌کربنه طبیعی است. به وسیله انسان تولید نمی‌شود و به عنوان یک شیرین‌کننده، قند مناسبی برای افراد دیابتی می‌باشد که تقریباً شیرین‌تر از ساکارز است. متابولیسم زایلیتول غیروابسته به انسولین است (۱۰۷ و ۱۰۸). فنول‌ها گروه بزرگی از متابولیت‌های ثانویه، کاربردهای دارویی و پزشکی فراوانی دارند (۱۰۹). ترکیباتی چون ۲-[(H۳- بنزویمیدازول- ۵- ولمینو)- متیل]-۴-نیترو - فنول و همچنین، پیرازولو [۳، ۴-b] پیریمیدین-۳(H۲) - وان، ۶- ترت- بوتیل- ۴- متیل - ۲- فنیل شناسایی شده در عصاره جلبک *سارگاسوم بوویانوم*، از دسته ترکیبات فنولی هستند. جلبک‌های دریایی، یکی از منابع سرشار آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی به شمار می‌روند (۱۱۰). یک همبستگی قوی بین محتوای فنولی و توان آنتی‌اکسیدانی عصاره جلبک‌های دریایی وجود دارد (۱۱۱). ترکیبات فنولی، از مهم‌ترین موادی هستند که دارای فعالیت‌های ضدباکتریایی مؤثر هستند (۱۱۲).

علاوه بر نقشی که اکسیداسیون، در فساد مواد غذایی ایفاء می‌کند؛ اهمیت آن در سلامت انسان، بسیار مورد توجه و مطالعه قرار گرفته است (۱۱۳). وجود این ترکیبات که در عصاره جلبک *سارگاسوم بوویانوم*، می‌تواند به آن یک خاصیت آنتی اکسیدانتی طبیعی دهد. نتایج مطالعه نامور (Namvar) و همکاران، بر روی بررسی عصاره متانولی جلبک *سارگاسوم میوتیکام*، علیه رده‌های سلول سرطانی MCF-7 و MDA-MB-۲۳۱، نشان داد که عصاره دارای اثر سمیت سلولی قابل ملاحظه‌ای بوده و کارایی فعالیت ضدتکثیر عصاره جلبک با محتوای پلی‌فنولی آن ارتباط مستقیم دارد (۱۱۴). جای این امیدواری وجود دارد که این جلبک، به واسطه حضور فعال مشتقات فنلی بتواند در پیشگیری و کاهش این بیماری‌ها مؤثر واقع گردد. جلبک *سارگاسوم بوویانوم* به‌واسطه وجود این ترکیبات زیست فعال در محتوای خود می‌تواند به‌عنوان یک ماتریکس غذا- دارو و با خصوصیات نوتریسیتیکال

[29] Xylitol

مطرح و در ارتقاء سطح سلامت جوامع مؤثر باشد. با توجه به شرایط جغرافیایی مناسب، پرورش هدفمند این زیست‌مندان دریایی در سواحل بوشهر، جهت استفاده‌های نوتریسیتیکال، سودمند بوده و همچنین، مطالعه اثرات بیولوژیک آن‌ها بر اساس ترکیبات شناسایی گردیده پیشنهاد می‌گردد.

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که جلبک دریایی *سارگاسوم بوویانوم* سواحل بوشهر، با توجه به غنای محتوای پروتئینی و اسیدهای آمینه متعدد به ویژه اسیدهای آمینه ضروری، همچنین وجود اسیدهای چرب گوناگون، از جمله اسیدهای چرب با زنجیره متوسط در کنار حضور ترکیبات شیمیایی (متابولیت‌ثانویه) متنوع با ساختارها و هسته‌های مختلفی چون ساختارهای فنولی، کینولینی، ایزوکینولینی، ایندولی، پیرودینی، پیرازولی، پیریمیدینی، بنزایمیدازولی و پیرولی در خود، می‌تواند به عنوان غذای عملگرای بالقوه و یک بسته غذا–دارویی یا همان نوتریسیتیکال‌ها مطرح باشد.

سپاس و قدردانی

از معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی بوشهر بدلیل تأمین بخشی از منابع مالی این پروژه قدردانی می‌گردد.

تضاد منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

References:

1.Nabipour I. Marine Medicine. 1st ed. Bushehr: Bushehr Univ Med Sci, 2008, 157. (Persian).
2.Taskin E, Ozturk M, Kurt O. Antibacterial Activities Of Some Marine Algae From The Aegean Sea (Turkey). Afr J Biotechnol 2007; 6(24): 2746-51.
3.Sohrabipor J, Nejadsatari T, Assadi M, et al. The Marine Algae Of The Southern Coast Of Iran, Persian Gulf, Lengeh Area. Iran J Botany 2004; 10(2): 83-93.
4.Tüney I, Cadirc BH, Ünal D, et al. Antimicrobial Activities Of The Extracts Of Marine Algae From The Coast Of Urla (Izmir, Turkey). Turk J Biol 2006; 30(3): 171-5.
5.Rhein-Knudsen N, Ale MT, Meyer AS. Seaweed Hydrocolloid Production: An Update On Enzyme Assisted Extraction And Modification Technologies. Mar Drugs 2015; 13(6): 3340-59.
6.Stévant P, Rebours C, Chapman A. Seaweed Aquaculture In Norway: Recent Industrial Developments And Future Perspectives. Aquacult Int 2017; 25(4): 1373-90.
7.Dembitsky VM, Maoka T. Allenic And Cumulenic Lipids. Prog Lipid Res 2007; 46(6): 328-75.
8.Farbodnia T. Algae Biology. Urmia: Urmia Univ, 1997, 222. (Persian).
9.Dawczynski C, Schubert R, Jahreis G. Amino Acids, Fatty Acids, And Dietary Fibre In Edible Seaweed Products. Food Chem 2007; 103(3): 891-9.
10.Telles CBS, Mendes-Aguiar C, Fidelis GP, et al. Immunomodulatory Effects And Antimicrobial Activity Of Heterofucans From *Sargassum Filipendula*. J Applied Phycol 2018; 30(1): 569-78.
11.Baleta FN, Bolaños JM, Ruma OC, et al. Phytochemicals Screening And Antimicrobial Properties Of *Sargassum Oligocystum* And *Sargassum Crassifolium* Extracts. J Med Plant Stud 2017; 5: 382-7.
12.Williamson G. The Role Of Polyphenols In Modern Nutrition. Nutr Bull 2017; 42(3): 226-35.
13.Khademvatan S, Gharavi MJ, Akhlaghi L, et al. Induction Of Apoptosis By Miltefosine In Iranian Strain Of Leishmania Infantum Promastigotes. Iran J Parasitol 2009; 4(2): 23-31.
14.Sapkale AP, Thorat Mangesh S, Vir PR, et al. Nutraceuticals - Global Status And

Applications. A Review. Int J Pharma Chem Sci 2012; 1(3): 1166-81.
15.Ahmad I, Ahmad Khan MS, Cameotra SS. Quality Assessment Of Herbal Drugs And Medicinal Plant Products. Enc Anal Chem 2014; Doi: Https://Doi.Org/10.1002/9780470027318.A9946
16.Srivastava N, Saurav K, Mohanasrinivasan V, et al. Antibacterial Potential Of Macroalgae Collected From The Madappam Coast, India. Birt J Pharmacol Toxicol 2010; 1(2): 72-6.
17.Shannon E, Abu-Ghannam N. Seaweeds As Nutraceuticals For Health And Nutrition. Phycologia 2019; 58(5): 563-77.
18.Zandi K, Ahmadzadeh S, Tajbakhsh S, et al. Anticancer Activity Of *Sargassum Oligocystum* Water Extract Against Human Cancer Cell Lines. Eur Rev Med Pharmacol Sci 2010; 14(8): 669-73.
19.Sasikala M, Indumathi E, Radhika S, et al. Effect Of Seaweed Extract (*Sargassum Tenerrimum*) On Seed Germination And Growth Of Tomato Plant. Int J Chemtech Res 2016; 9(9): 285-93.
20.Elnabris KJ, Elmanama AA, Chihadeh WN. Antibacterial Activity Of Four Marine Seaweeds Collected From The Coast Of Gaza Strip, Palestine. Mesopot J Mar Sci 2013; 28(1): 81-92.
21.Blight EG, Dyer WJ. A Rapid Method Of Total Lipid Extraction And Purification. Can J Biochem Physiol 1959; 37(8): 911-7.
22.Kishimoto T, Wanikawa A, Kagami N, et al. Analysis Of Hop-Derived Terpenoids In Beer And Evaluation Of Their Behavior Using The Stir Bar Sorptive Extraction Method With GC-MS. J Agric Food Chem 2005; 53(12): 4701-7.
23.Gargallo S, Calsamiglia S, Ferret A. Technical Note: A Modified Three-Step In Vitro Procedure To Determine Intestinal Digestion Of Proteins. J Anim Sci 2006; 84(8): 2163-7.
24.Liu HJ, Chang BY, Yan HW, et al. Determination Of Amino Acids In Food And Feed By Derivatization With 6-Aminoquinonolyl-Nhydroxysuccinimidyl Carbamate And Reversed-Phase Liquid Chromatographic Separation. J AOAC Int 1995; 78(3): 736-43.
25.Blunt JW, Copp BR, Munro MHG, et al. Marine Natural Products. Nat Prod Rep 2006; 23: 26-78.
26.Gouveia L, Batista AP, Sousa I, et al. Microalgae In Novel Food Products. In Food Chemistry Research. Nova Science Publishers: New York, NY, USA 2008; 75-112.
27.Becker EW. Micro-Algae As A Source Of Protein. Biotechnol Adv 2007; 25(2): 207-10.
28.Tibbetts SM, Milley JE, Lall SP. Nutritional Quality Of Some Wild And Cultivated Seaweeds: Nutrient Composition, Total Phenolic Content And In Vitro Digestibility. J Appl Phycol 2016; 28: 3575-85.
29.Fleurence J, Morançais M, Dumay J, et al. What Are The Prospects For Using Seaweed In Human Nutrition And For Marine Animals Raised Through Aquaculture?. Trends Food Sci Technol 2012; 27(1): 57-61.
30.Berna K, Semra C, Gamze T, et al. Seaweeds For Food And Industrial Applications. Intech 2013; 736-751.
31.Černá M. Seaweed Proteins And Amino Acids As Nutraceuticals. Adv Food Nutr Res 2011; 64: 297-312.
32.Marsham S, Scott GW, Tobin ML. Comparison Of Nutritive Chemistry Of A Range Of Temperate Seaweeds. Food Chem 2007; 100(4): 1331-6.
33.Burtin P. Nutritional Value Of Seaweeds. Elect J Environ Agric Food Chem 2003; 2(4): 498-503.
34.Fleurence J, Morançais M, Dumay J. Seaweed Proteins. In: Proteins In Food Processing. 2nd ed. Elsevier, 2017, 245-62.
35.Desmorieux H, Hernandez F. Biochemical And Physical Criteria Of Spirulina After Different Drying Processes, Proceedings Of The 14th International Drying Symposium (IDS 2004). 2004 Aug. 22-25, São Paulo, Brazil, 900-7.
36.Devi GK, Thirumaran G, Manivannan K, et al. Element Composition Of Certain Seaweeds From Gulf Of Mannar Marine Biosphere Reserve; Southeast Coast Of India. World J Dairy Food Sci 2009; 4(1): 46-55.

37.Wells ML, Potin P, Craigie JS, et al. Algae As Nutritional And Functional Food Sources: Revisiting Our Understanding. J Appl Phycol 2017; 29(2): 949-82.
38.Pulz O, Gross W. Valuable Products From Biotechnology Of Microalgae. Appl Microbiol Biotechnol 2004; 65(6): 635-48.
39.Bleakley S, Hayes M. Algael Proteins: Extrac-tion, Application, And Challenges Concerning Production. Foods 2017; 6(5): 33.
40.Ennamany R, Saboureau D, Mekideche N, et al. Secma 1, A Mitogenic Hexapeptide From Ulva Algeae Modulates The Production Of Proteoglycans And Glycosaminoglycans In Human Foreskin Fibroblast. Hum Exp Toxicol 1998; 17(1): 18-22.
41.Stolzenberg-Solomon RZ, Miller ER, Maguire MG, et al. Association Of Dietary Protein Intake And Coffee Consumption With Serum Homocysteine Concentrations In An Older Population. Am J Clin Nutr 1999; 69(3): 467-75.
42.Macartain P, Gill CI, Brooks M, et al. Nutritional Value Of Edible Seaweeds. Nutr Rev 2007; 65(12 Pt 1): 535-43.
43.Alwaleed EA. Biochemical Composition And Nutraceutical Perspectives Red Sea Seaweeds. Am J Appl Sci 2019; 16(12): 346-354.
44.Kumar V, Kaladharanl P. Amino Acids In The Seaweeds As An Alternate Source Of Protein For Animal Feed. J Mar Biol Assoc India 2007; 49(1): 35-40.
45.Ishakani AH, Vadher KH, Kadri RM, et al. Amino Acid And Fatty Acid Composition Of Seaweeds (*Ulva Reticulata* And *Sargassum Cinctum*): A Novel Natural Source Of Nutrition. Int J Pure Appl Biosci 2017; 5(5): 1210-6.
46.Galland-Irmouli AV, Fleurence J, Lamghari R, et al. Nutritional Value Of Proteins From Edible Seaweed *Palmaria Palmata* (Dulse). J Nutr Biochem 1999; 10(6): 353-9.
47.Farhat M, Khan A. Dietary Llysine Requirement Of Fingerling Stinging Catfish, Heteropneustes Fossilis (Bloch) For Optimizing Growth, Feed Conversion, Protein And Lysine Deposition. Aquacult Res 2013; 44(4): 523-33.
48.Raja PK, Jarowski CI. Utility Of Fasting Essential Amino Acid Plasma Levels In Formolatian Of Nutritionally Adequate Diets. Lowering Of Human Plasma Cholesterol And Triglyceride Levels By Lysine And Tryptophan Supplementation. J Pharm Sci 1975; 64(4): 691-2.
49.Wu G. Functional Amino Acids In Growth, Reproduction, And Health. Adv Nutr 2010; 1(1): 31-7.
50.Lewis RM, Godfrey KM, Jackson AA, et al. Low Serine Hydroxymethyltransferase Activity In The Human Placenta Has Important Implications For Fetal Glycine Supply. J Clin Endocrinol Metab 2005; 90(3): 1594-8.
51.Rajendra S, Lynch JW, Schofield PR. The Glycine Receptor. Pharmacol Ther 1997; 73(2): 121-46.
52.Wu G, Bazer FW, Burghardt RC, et al. Proline And Hydroxyproline Metabolism: Implications For Animal And Human Nutrition. Amino Acids 2011; 40(4): 1053-63.
53.Abdul Razak M, Shajahan Begum P, Viswanath B, et al. Multifarious Beneficial Effect Of Nonessential Mino Acid, Glycine: A Review. Oxid Med Cell Longev 2017; 2017: 1716701.
54.Fleurence J. Seaweed Proteins: Biochemical, Nutritional Aspects And Potential Uses. Trends Food Sci Technol 1999; 10(1): 25-8.
55.Ratana-Arporn P, Chirapart A. Nutritional Evaluation Of Tropical Green Seaweeds *Caulerpa Lentillifera* And *Ulva Reticulata*. Kasetsart J Nat Sci 2006; 40(6Suppl): 75-83.
56.Miyashita K, Mikami N, Hosokawa M. Chemical And Nutritional Characteristics Of Brown Seaweed Lipids: A Review. J Funct Foods 2013; 5(4): 1507-17.
57.Herbreteau F, Coiffard LJM, Derrien A, et al. The Fatty Acid Composition Of Five Species Of Macroalgae. Bot Mar 1997; 40(1): 25-8.
58.Jaswir I, Novirndri D, Salleh HM, et al. Fucoxanthin Extractions Of Brown Seaweeds And Analysis Of Their Lipid Fraction In Methanol. Food Sci Technol Res 2012; 18(2): 251-7.
59.Rohani-Ghadikolaei K, Abdulalian E, Ng WK. Evaluation Of The Proximate, Fatty Acid And Mineral Composition Of Representative Green, Brown And Red Seaweeds From The Persian Gulf Of Iran As Potential Food And Feed Resources. J Food Sci Technol 2012; 49(6): 774-80.

60.Perumal B, Chitra R, Maruthupandian A, et al. Nutritional Assessment And Bioactive Potential Of Sargassum Polycystum C. Agardh (Brown Seaweed). India J Geo Mar Sci 2019; 48(4): 492-8.
61.Susanto E, Fahmi AS, Abe M, et al. Lipids, Fatty Acids, And Fucoxanthin Content From Temperate And Tropical Brown Seaweeds. Aquat Procedia 2016; 7: 66-75.
62.Nelson MM, Phleger CF, Nochols PD. Seasonal Lipid Composition In Macroalgae Of The Northeastern Pacific Ocea. Bot Mar 2002; 45(1): 58-65.
63.Sanchez-Machado DI, Lopez-Cervantes J, Lopez-Hern´Andez J, et al. Fatty Acids, Total Lipid, Protein And Ash Contents Of Processed Edible Seaweeds, Food Chem 2004; 85(3): 439-44.
64.Narayan B, Miyashita K, Hosakawa M. Comparative Evaluation Of Fatty Acid Composition Of Different Sargassum (Fucales, Phaeophyta) Species Harvested From Temperate And Tropical Waters. J Aquat Food Prod Technol 2005; 13(4): 53-70.
65.Nomura M, Kamogawa H, Susanto E, et al. Seasonal Variations Of Total Lipids, Fatty Acid Composition, And Fucoxanthin Contents Of *Sargassum Horneri* (Turner) And *Cystoseira Hakodatensis* (Yendo) From The Northern Seashore Of Japan. J Appl Phycol 2013; 25(4): 1159-69.
66.Silva G, Pereira RB, Valentão P, et al. Distinct Fatty Acid Profile Of Ten Brown Macroalgae. Rev Bras De Farmacogn 2013; 23(4): 608-13.
67.Chen Z, Xu Y, Liu T, et al. Comparative Studies On The Characteristic Fatty Acid Profiles Of Four Different Chinese Medicinal Sargassum Seaweeds By GC-MS And Chemometrics. Mar Drugs 2016; 14(4): 68.
68.Bakar K, Mohamad H, Latip J, et al. Fatty Acids Compositions Of *Sargassum Granuliferum* And *Dictyota Dichotoma* And Their Anti-Fouling Activities. J Sustain Sci Manage 2017; 12(2): 8-16.
69.Khotimchenko SV. Fatty Acids Composition Of Seven Sargassum Species. Phytochemistry 1991; 30(8): 2638-41.
70.Shaghuli S, Maryamabadi A, Mohebbi GH, et al. Determination Of Fatty Acids Profile And Physicochemical Study Of Sea Lettuce (Ulva Lactuca) Oil From Bushehr City Coasts. Iran South Med J 2017; 20(2): 143-62. (Persian)
71.Connor WE. Importance Of N-3 Fatty Acids In Health And Disease. Am J Clin Nutr 2000; 71(1 Suppl): 171S-5S.
72.Benoit SC, Kemp CJ, Elias CF, et al. Palmitic Acid Mediates Hypothalamic Insulin Resistance By Altering PKC- theta Subcellular Localization In Rodents. J Clin Invest 2009; 119(9): 2577-89.
73.Bazes A, Silkina A, Douzanel P, et al. Investigation Of The Antifouling Constituents From The Brown Algae Sargassum Muticum (Yendo) Fensholt. J Appl Psychol 2009; 21(4): 395-403.
74.Wanten GJ, Naber AH. Cellular And Physiological Effects Of Medium-Chain Triglycerides. Mini Rev Med Chem 2004; 4(8): 847-57.
75.Marten B, Pfeuffer M, Schrezenmeir J. Medium-Chain Triglycerides. Int Dairy J 2006; 16(11): 1374-82.
76.Rego Costa AC, Rosado EL, Soares-Mota M. Influence Of The Dietary Intake Of Medium Chain Triglycerides On Body Composition, Energy Expenditure And Satiety: A Systematic Review. Nutr Hosp 2012; 27(1): 103-8.
77.Yu S, Choi JH, Kim HJ, et al. In Vitro Evidence Of Anti-Inflammatory And Anti-Obesity Effects Of Medium-Chain Fatty Acid-Diacylglycerols. J Microbiol Biotechnol 2017; 27(9): 1617-27.
78.Decker EA. The Role Of Stereospecific Saturated Fatty Acid Position On Lipid Nutrition. Nutr Rev 1996; 54(4 Pt 1): 108-10.
79.Wong K, Cheung PC. Influence Of Drying Treatment On Three Sargassum Species. J Appl Phycol 2001; 13: 43-50.
80.Urbano MG, Goñi I. Bioavailability Of Nutrients In Rats Fed On Edible Seaweeds, Nori (*Porphyra Tenera*) And Wakame (*Undaria Pinnatifida*), As A Source Of Dietary Fibre. Food Chem 2002; 76(3): 281-6.
81.Suzuki T, Nakai K, Yoshie Y, et al. Digestibility Of Dietary Fiber In Brown Algae, Kombu, By Rats. Bull Jpn Soc Sci Fish 1993; 59(5): 879-84.

82.Gilbert L. The 1994 Health Focuses Trend Report. Des Moines, IA: Health Focus Inc, 1995.
83.Avrelija C, Walter C. Antimicrobial Agents Deriving From Indigenous Plants. Recent Pat Food Nutr Agric 2010; 2(1): 83-92.
84.Pandita SS, Bhalerao SK, Aher US, et al. Amberlyst A-15: Reusable Catalyst For The Synthesis Of 2, 4, 5-Trisubstituted And 1,2,4,5-Tetrasubstituted-1H-Imidazoles Under MW Irradiation. J Chem Sci 2011; 123: 421-6.
85.Malik GM, Tailor JH, Zadafiya SK, et al. Synthesis And Biological Activity Of Triazolo Derivative Of Dibenzothiazepine. Chem Biol Interface 2015; 5(3): 208-18.
86.Brahmayya M, Venkateswararao B, Krishnarao D, et al. Synthesis And Fungicidal Activity Of Novel 5-Aryl-4-Methyl-3yl (Imidazolidin-1yl Methyl, 2-Ylidene Nitro Imine) Isoxazoles. J Pharm Res 2013; 7(6): 516-9.
87.Salhi L, Bouzroura-Aichouche S, Benmalek Y, et al. An Efficient Conversion Of Maleimide Derivatives To 2- Thioxo Imidazolidinones. Org Commun 2013; 6(2): 87-94.
88.O'Neil, Smith M, HeckelmanPE, et al. The Merck Index. 13th ed. Merck & Co Inc, 2001, 1785, 10074.
89.Mavrova AT, Vuchev D, Anichina K, et al. Synthesis, Antitrichinnellosis And Antiprotozoal Activity Of Some Novel Thieno[2,3-D] Pyrimidin-4(3H)-Ones Containing Benzimidazole Ring. Eur J Med Chem 2010; 45(12): 5856-61.
90.Zhang SL, Damu GL, Zhang L, et al. Synthesis And Biological Evaluation Of Novel Benzimidazole Derivatives And Their Binding Behavior With Bovine Serum Albumin. Euro J Med Chem 2012; 55: 164-75.
91.Zhang WW, Duan XJ, Huang HL, et al. Evaluation Of 28 Marine Algae From The Qingdao Coast For Antioxidative Capacity And Determination Of Antioxidant Efficiency And Total Phenolic Content Of Fractions And Subfractions Derived From Symphyocladial Atiuscula (Rhodomelaceae). J Appl Phycol 2007; 19(2): 97-108.
92.Behbehani H, Ibrahim HM, Makhseed S, et al. 2-Aminothiophenes As Building Blocks In Heterocyclic Synthesis Synthesis And Antimicrobial Evaluation Of A New Class Of Pyrido 1,2-A Thieno 3,2-Epyrimidine Quinoline And Pyridin-2-One Derivatives. Eur J Med Chem 2012; 52: 51-65.
93.Hastler CM, Kundrat S, Wool D. Functional Foods And Cardiovascular Disease. Curr Atheroscler Rep 2000; 2: 467-75.
94.Shiri M, Nejatinejhad-Arani A, Faghihi Z, et al. Synthesis and Biological Evaluation of Novel Quinoline Derivatives as Antibacterial and Antifungal Agents. Org Chem Res 2016; 2(2): 113-9.
95.Watson AA, Fleet GW, Asano N, et al. Polyhydroxylated Alkaloids Ð Natural Occurrence And Therapeutic Applications. Phytochemistry 2001; 56(3): 265-95.
96.Gutiérrez M, Arévaloa B, Martínezb G, et al. Synthesis, Molecular Docking And Design Of Tetrahydroquinolines As Acetylcholinesterase Inhibitors. J Chem Pharm Res 2015; 7(3): 351-8.
97.Holla B, Mahalinga M, Karthikeyan MS, et al. Synthesis Of Some Novel Pyrazolo[3,4-D] Pyrimidine Derivatives As Potential Antimicrobial Agents. Bioorg Med Chem 2006; 14(6): 2040-7.
98.Balsano C, Alisi A. Antioxidant Effects Of Natural Bioactive Compounds. Curr Pharm Des 2009; 15(26): 3036-73.
99.Srivastava A, Pandeya SN. Indole: A Versatile Nucleus In Pharmaceutical Field. Int J Curr Pharma Rev Res 2011; 1(3): 1-17.
100.Chandra T, Garg N, Kumar A. Synthesis And Anti-Inflammatory Activity Of Indole Derivatives. Int J Chem Tech Res 2010; 2(2): 762-73.
101.Dubey PK, Kumar VT. Synthesis Of Indole Derivatives As Potential COX-2 Inhibitors. Ind J Chem 2006; 45: 2128-32.
102.Rani P, Srivastava VK, Kumar A. Synthesis And Antiinflammatory Activity Of Heterocyclic Indole Derivatives. Eur J Med Chem 2004; 39(5): 449-52.
103.Mehta DS, Sikotra KH, Shah HV. Synthesis And Biological Screening Of Some New Novel Indole Derivatives. Indian J Chem 2005; 44B(12): 2594-7.

104.Dharmendra K, Narendra K, Taruna S, et al. Synthesis Of Pharmacologically Active 2-Phenyl Sulpha/Substituted Indole. Int J Eng Sci Tech 2010; 2(7): 2553-7.
105.Sharma PP, Pandeya SN, Roy RK, et al. Synthesis And Anticonvulsant Activity Of Some Novel Isatin Schiff's Bases. Int J Chem Tech Res 2009; 1(3): 758-63.
106.Bell MR, Hoppe JO, Lape HE, et al. Antihypertensive Activity Of 7-Azoindole-3-Acetamidoxime And Indole-1-Acetadoxime. Cell Mol Life Sci 1967; 23(4): 298-9.
107.Natah SS, Hussien KR, Tuominen JA, et al. Metabolic Response To Lactitol And Xylitol In Healthy Men. Am J Clin Nutr 1997; 65(4): 947-50.
108.Cheng KK, Ling HZ, Zhang JA, et al. Strain Isolation And Study On Process Parameters For Xylose- To- Xylitol Bioconversion. Biotechnol Biotec Eq 2010; 24(1): 1606-11.
109.Zakerin AR, Ahmadi E, Fasihi Ramandi M, et al. The Effects Of Ecologic Condition On Antimicrobial Activity Of Endemic Herbal Extracts In Fars Province. J Fasa Univ Med Sci 2015; 5(1): 111-9. (Persian)
110.Wijesekara I, Pangestuti R, Kim SK. Biological Activities And Potential Health Benefits Of Sulfated Polysaccharides Derived From Marine Algae. Carbohydr Polym 2011; 84(1): 14-21.
111.Luo HY, Wang B, Yu CG, et al. Evaluation Of Antioxidant Activities Of Five Selected Brown Seaweeds From China. J Med Plant Res 2010; 4(23): 2557-65.
112.Yadegarinia D, Gachkar L, Rezaei MB, et al. Biochemical Activities Of Iranian Mentha Piperita L. And *Myrtus Communis* L. Essential Oils. Phytochemistry 2006; 67(12): 1249-55.
113.Shukla Sh, Mehta A, Bajpai VK, et al. In Vitro Antioxidant Activity And Total Phenolic Content Of Ethanolic Leaf Extract Of *Stevia Rebaudiana* Bert. Food Chem Toxicol 2009; 47(9): 2338-43.
114.Namvar F, Baharara J, Mahdi AA. Antioxidant And Anticancer Activities Of Selected Persian Gulf Algae. Indian J Clin Biochem 2014; 29(1): 13-20.

Original Article

Determination of some Nutraceutical Compounds, Amino Acids and Fatty acids Present in the Extracts of *Sargasum boveanum* Algae Obtained from the Coastal Waters of Central Bushehr, Iran

T. Khalifeh (MSc)[1], A. Vazirizadeh (PhD)[2], Gh. Mohebbi (PhD)[1**], AR. Barmak (PhD)[1], AH. Darabi (PhD)[3]*

[1] The Persian Gulf Marine Biotechnology Research Center, The Persian Gulf Biomedical Sciences Research Institute, Bushehr University of Medical Sciences, Bushehr, Iran

[2] Department of Marine Biotechnology, The Persian Gulf Research and Studies Center, The Persian Gulf University, Bushehr, Iran

[3] The Persian Gulf Tropical Medicine Research Center, The Persian Gulf Biomedical Sciences Research Institute, Bushehr University of Medical Sciences, Bushehr, Iran

(Received 11 Oct, 2020 Accepted 23 Apr, 2021)

Abstract

Background: Marine algae have become very important in various fields of food, medicine, and cosmetics, due to their unique functional and nutraceutical properties, as well as their amino acids, fatty acids, vitamins, and trace element contents. This study was aimed to identify the chemical compositions and to determine some physicochemical and nutraceutical properties of the brown algae *Sargasom boveanum* from the Bushehr coasts.

Materials and Methods: The total protein content, amino acid, and fatty acid profiles, as well as chemical compositions, were respectively, determined by Kjeldahl, HPLC-UV, GC-FID, and GC-MS methods.

Results: The total protein content was 12.5%. Among the 17 identified amino acids, the highest amount was related to lysine, followed by glycine and aspartic acid. The essential, semi-essential, and non-essential amino acid levels were 48.1, 24.6, and 27.5%, respectively. Among the 18 identified fatty acids, the palmitic acid, caproic acid, and myristic acid had respectively, the highest values. The results of mass spectrometry showed the presence of 25 compositions from different groups of phenolic, quinoline, isoquinoline, indole, pyrazole, oxadiazole, and pyrrole in the algael extract.

Conclusion: Due to the richness in essential and semi-essential amino acids, beneficial fatty acids, and unique secondary metabolites of the Persian Gulf Sargassum algae, it can be considered as a potential functional food and a perfect nutraceutical package.

Keywords: algae, *Sargasum boveanum*, amino acid, fatty acid, secondary metabolites, nutraceutical, Persian Gulf.

©Iran South Med J.All right sreserved

Cite this article as: Khalifeh T, Vazirizadeh A, Mohebbi Gh, Barmak AR, Darabi AH. Determination of some Nutraceutical Compounds, Amino Acids and Fatty acids Present in the Extracts of Sargasum boveanum Algae Obtained from the Coastal Waters of Central Bushehr, Iran. Iran South Med J 2021; 24(2): 134-159

Copyright © 2021 Khalifeh, et al, This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-noncommercial 4.0 International License which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cited.

[**]*Address for correspondence:* The Persian Gulf Marine Biotechnology Research Center, The Persian Gulf Biomedical Sciences Research Institute, Bushehr University of Medical Sciences, Bushehr, Iran
Email: mohebbihsn@yahoo.com
*ORCID: 0000-0002-6129-5768
**ORCID: 0000-0003-3393-702X