

بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی جلبک سبز *Ulva rigida* رشد یافته در ساحل جزیره قشم (خلیج فارس) جهت استفاده در صنعت غذا

مرضیه احمدی سرخونی^a، مهشید جهادی^{b*}

^a دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، آب، غذا و فراسودمندها، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

^b دانشیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، آب، غذا و فراسودمندها، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۰۱/۳۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۰۳/۱۱

چکیده

مقدمه: مطالعات در خصوص ترکیبات شیمیایی گونه‌های *Ulva* نشان داده‌است که این ترکیبات، بسته به گونه، توزیع جغرافیایی و فصل متفاوت است و این عوامل بر بهره‌برداری، ویژگی‌های تغذیه‌ای و کاربردهای تجاری، آن تاثیرگذار است. این مطالعه با هدف بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی جلبک سبز *Ulva rigida* رشد یافته در ساحل قشم (خلیج فارس) جهت کاربرد در صنعت غذا مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: در این بررسی (محتوای ماده خشک، خاکستر، چربی، پروتئین، پلی‌ساکارید اولوان، فیبر خام، همی سلولز، سلولز و لیگنین، قند کل) ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و فنلی، محتوای رنگدانه، خصوصیات عملکردی (ظرفیت نگهداری آب و روغن) و محتوای اسیدآمینه جلبک *Ulva rigida* موجود در جزیره قشم ساحل دیرستان (N ۲۶°۴۲' ۴۶٫۶" و E ۵۴° ۲۵' ۵۵") مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: *Ulva rigida* برداشت شده حاوی ماده خشک ۴/۷۸ ± ۵۷/۱۰ درصد؛ خاکستر ۰/۷۰ ± ۳۶/۶۱، چربی ۰/۵۱ ± ۰/۵۱، پروتئین ۴۰/۳۶ ± ۸/۵۳، پلی‌ساکارید اولوان ۴/۹۷ ± ۰/۷۴؛ فیبر خام ۴/۲۰ ± ۰/۴۲؛ همی سلولز ۵/۶۲ ± ۰/۳۱؛ سلولز و لیگنین ۴۰/۶۵ ± ۰/۸۴ قند کل ۱/۸۱ (درصد گرم ماده خشک) و محتوای فنل کل ۰/۰۷ ± ۱/۷۹ میلی گرم گالیک اسید بر گرم ماده خشک و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ۹۱/۴۸ ± ۰/۴۱ درصد گزارش گردید. این ریزجلبک حاوی ۰/۹۹ کاروتنوئید، ۴/۵۶ کلروفیل آ، ۲/۰۷ کلروفیل ب و ۶/۱۶ (میکروگرم بر میلی لیتر) کلروفیل کل است. محتوای اسیدآمینه کل شناسایی شده جلبک *Ulva rigida* میزان ۳۱/۱ گرم در ۱۰۰ گرم پروتئین بود. خصوصیات عملکردی؛ ظرفیت نگهداری آب ۹/۱۸ ± ۰/۶۶ و ظرفیت نگهداری روغن ۴/۹۵ ± ۰/۰۸ (گرم بر گرم ماده خشک) است.

نتیجه گیری: کاهوی دریایی یا جلبک *Ulva rigida* به واسطه دارا بودن ترکیبات متعدد با خصوصیات فیزیکوشیمیایی، عملکردی و آنتی‌اکسیدانی منحصر به فرد می‌تواند به عنوان مکمل غذایی و دارویی، افزودنی و به واسطه ترکیبات آنتی‌اکسیدانی غنی به طور مستقیم در تغذیه انسان جای داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: خلیج فارس، خصوصیات فیزیکوشیمیایی، عملکردی، کاهو دریایی، *Ulva rigida*

مقدمه

انتظار می‌رود جمعیت جهان تا سال ۲۰۵۰ به حدود ۹/۸ میلیارد نفر برسد (Queiros et al., 2021). در نتیجه تقاضا برای افزایش مواد غذایی نیز افزایش می‌یابد (Kazir et al., 2018). در چند سال گذشته نگرانی‌ها در مورد ایمنی افزودنی‌های مصنوعی مواد غذایی (مانند آنتی‌اکسیدان‌ها) و اثرات بلندمدت آن‌ها بر سلامت انسان، به ویژه در رابطه با اثرات جهش‌زایی و سرطان‌زایی افزایش یافته‌است. همه این نگرانی‌ها باعث افزایش تقاضا در جستجوی منابع طبیعی جدید غذا شده‌است. با افزایش جمعیت جهان و کاهش منابع زمین و آب‌شیرین موجود، اقیانوس‌ها حوزه جذابی برای تأمین مواد مغذی فراهم می‌کنند. کشاورزی دریایی می‌تواند منابع جدیدی را با طیف وسیعی از مواد مغذی فراهم کند (Neto et al., 2018). گونه‌های *Ulva*، مانند *Ulva intestinalis*، *Ulva fasciata*، *Ulva lactuca* و *Ulva rigida*، به دلیل غلظت بالای پروتئین‌ها، لیپیدها، موادمعدنی، ویتامین‌ها، به عنوان منبعی جهت تأمین مواد مغذی حیاتی برای سلامت انسان مورد توجه قرار گرفته‌اند. *Ulva rigida* یک جلبک دریایی سبز که به طور گسترده در بسیاری از اقیانوس‌ها و دریاها پراکنده است به عنوان یک منبع طبیعی ارزشمند کلروفیل برجسته شده‌است. جنس *Ulva* که متعلق به شاخه *Chlorophyta* (جلبک‌های سبز) است و به عنوان "کاهوی دریایی" شناخته می‌شود و شامل بیش از ۴۰۰ گونه در سراسر جهان است (Krautforst et al., 2025). کشت و استفاده از این جلبک در بسیاری از کشورها مانند ژاپن، چین، مالزی، تایلند، استرالیا و بخش غربی آمریکای شمالی گسترش یافته‌است. این جلبک در سواحل، نزدیک سواحل یا به صورت مخلوط با سایر گونه‌های جلبکی در آب‌های شور و دریاها یافت می‌شود (Krangkratok et al., 2023). قسمت جنوب ایران سواحل خلیج فارس و دریای عمان با داشتن سواحل صخره‌ای، ماسه‌ای و جزایر فراوان از جمله مناطق ساحلی غنی از گونه‌های متنوع جلبک‌ها است. که تاکنون بیش از ۲۵۰ گونه جلبکی به صورت مورفولوژیکی در این مناطق شناسایی شده‌است. *Ulva rigida* یکی از جلبک‌های سبز و بومی شناسایی شده در منطقه خلیج فارس است (Gharanjik and Rohani, 2010). عصاره‌های آلی

حاصل از سه گونه جلبک سبز از خانواده *Ulveae* از خلیج فارس شامل: *Ulva clatrata*، *Ulva intestinalis* و *Ulva linza* نشان داده‌است که تمامی گونه‌ها، خواص ضد اکسیدانی و ضد سمیت سلولی را، دارا بوده‌اند. اما جلبک *Ulva linza* به سبب محتوای بالای فنل و قدرت آنتی‌اکسیدانی، به عنوان گونه‌ای با خواص زیستی غالب، معرفی گردیده‌است (Zareijeliani et al., 2018). مطالعه: Pirian و همکاران (2017) بر روی دو گونه جلبک سبز *Ulva intestinalis* و *Ulva linza* گزارش کردند این گونه‌ها با دارا بودن میزان پروتئین بالا، منابع گیاهی ارزشمندی جهت: مصرف مستقیم خوراکی انسان معرفی شده‌اند. همچنین به سبب خصوصیات فیزیکی و شیمیایی منحصر به فرد، به عنوان افزودنی، جهت بهبود دهنده ساختار و ارزش غذایی، در صنایع غذایی، به عنوان گونه‌ای کاربردی شناخته شده‌است. در بررسی دیگر توسط Neto و همکاران (۲۰۱۸) بر *Ulva rigida*، نشان داده شد که این جلبک به واسطه ترکیبات شیمیایی متعدد، منبع کاربردی مناسبی به عنوان مکمل‌های غذایی می‌باشد. در مطالعه حاضر برای نخستین بار ارزش تغذیه‌ای، شامل ویژگی‌های فیزیوشیمیایی، عملکردی و ترکیبات فنلی و آنتی‌اکسیدانی جلبک سبز *Ulva rigida* رشد یافته در جزیره قشم جهت کاربرد غذایی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

- جمع‌آوری و آماده‌سازی نمونه

نمونه جلبک دریایی *Ulva rigida* ابتدا برای تأیید گونه از منطقه ساحلی جزیره قشم برداشت شده و جهت مطابقت با اطلس جلبک‌های دریایی سواحل خلیج فارس و دریای عمان به مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی بندرعباس منتقل شد و پس از تأیید نوع گونه، مجموعه جلبک در اردیبهشت ماه ۱۴۰۱ به صورت تازه از منطقه ساحلی جزیره قشم، ساحل دیرستان (خلیج دیرستان) (N ۲۶°۴۲' ۴۶،۶" و E ۵۴° ۲۵،۱' ۵۵)، برداشت شد. نمونه فوراً در آب دریا شسته‌شد و در فلاسک حاوی یخ به مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی استان هرمزگان منتقل شد. نمونه‌ها در آزمایشگاه با آب شیرین و آب دریا به طور کامل جهت‌عاری شدن از هر گونه گل ولای، نمک و اپی‌فیت شسته‌شد. نمونه تازه پس از شست‌وشو و قرارگیری در پارچه‌های نخی تمیز

انجام شد. اسیدهای آمینه با کروماتوگرافی تبادل یونی توسط دستگاه HPLC (مدل ۱۲۶۰، ساخت آمریکا) جداسازی شده و از طریق واکنش با نین هیدرین با استفاده از تشخیص در ۵۷۰ نانومتر تعیین گردید (ISO, 13903).

- محتوای فیبر

محتوای فیبر خام (سلولز، لیگنین، همی سلولز) مطابق روش AACC method 32-01.01 با جوشیدن مخلوط ماده خشک و حلال اسید سولفوریک در حجم ثابت و سپس جوشاندن در شرایط حجم ثابت با سود و بررسی عدم وجود اسید در ترکیب، رسوبات در آن با دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳-۴ ساعت جهت رسیدن به وزن ثابت قرار داده شد و توزین گردید. و همی سلولز مطابق با روش Kim و همکاران (2003) از اختلاف میزان فیبر شوینده خنثی (سلولز، همی سلولز، لیگنین) و فیبر شوینده اسیدی (سلولز، لیگنین) حاصل شد.

- محتوای پلی ساکارید اولوان

به مقدار ۴ گرم از نمونه توزین شده حلال اتانول ۸۰٪ افزوده شد و به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط با دستگاه شیکر مخلوط گردید. نمونه تحت سانتریفیوژ قرار گرفت. مایع رویی جدا شد و باقیمانده با افزودن حلال استون خشک شد. مقداری آب به رسوب یافته افزوده شد و ۲ ساعت در آن با دمای ۶۵ درجه سانتی گراد قرار گرفت. سپس مجدداً سانتریفیوژ شد. مایع رویی تحت خلا در اواپراتور تبخیر گردید. پس از ایجاد رسوب پلی ساکارید مجدداً نمونه تحت شرایط قبل سانتریفیوژ شد و در انتها با افزودن استون به رسوب یافته، نمونه وزن گردید. محتوای پلی ساکارید برحسب درصد وزنی محاسبه شد (Karanjanapratum et al., 2013).

- محتوای سلولز و لیگنین

به مقدار ۱ گرم از ماده خشک توزین شده مخلوطی از دو حلال ستیل تری متیل آمونیوم بورات و اسید سولفوریک غلیظ افزوده شد. به مدت یک ساعت تحت تقطیر برگشتی و هضم قرار گرفت. سپس محتویات در پارچه صافی، صاف شده و با آب شسته شد. در انتها پارچه صافی جهت خشک شدن در آن قرار گرفت. میزان سلولز و لیگنین به روش

رطوبت گیری شده در فویل آلومینیوم برای ممانعت از انتقال نور به طور کامل در بسته بندی هرمیتیک قرار گرفت و توسط خشک کن انجمادی (FD-5010-BT، ایران) در دمای ۵۰- درجه سانتی گراد و به مدت ۲۴ ساعت خشک شد. نمونه های خشک شده در ظروف تیره بسته بندی و در یخچال نگهداری شد.

- محتوای ماده خشک

محتوای رطوبت و ماده خشک از طریق قرارگیری نمونه تازه توزین شده به مدت ۲۴ ساعت در آن (مدل OVEN 70، ایران) با دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد به دست آمد (AOAC, 1990).

- محتوای خاکستر

حدود ۱ گرم از نمونه خشک شده (۳۰ دقیقه در آن ۱۰۰ درجه سانتی گراد و سپس روی شعله کاملاً سوزانده شد) حدود ۶ ساعت در کوره (AFF ۱۸-۱۲۰۰، ایران) با دمای ۵۵۰ درجه سانتی گراد قرار گرفت (AOAC, 1990).

- محتوای چربی

جهت تعیین محتوای چربی از حدود ۱۰-۵ گرم از نمونه خشک به روش سوکسله (PDU500SI، ایران)، با حلال پترولیوم اتر به مدت ۸ ساعت و انتقال به آن با دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۵ دقیقه به منظور حلال پرانی استفاده گردید (Panjaitan, 2019).

- محتوای پروتئین

پروتئین کل به روش ماکروکجدال (مدل PGU-500D، ساخت ایران)، با ضریب تبدیل ۶/۲۵ مورد اندازه گیری قرار گرفت (AOAC, 1990).

- پروفایل اسیدهای آمینه

پروفایل اسیدهای آمینه کل *Ulva rigida* مطابق استاندارد (ISO, 13903)، انجام گردید. اکسیداسیون در دمای ۰ درجه سانتی گراد با مخلوط پرفورمیک اسید و فنل انجام شد. معرف اکسیداسیون با دی سولفیت سدیم تجزیه گردید. همچنین جهت هیدرولیز نمونه فریزد رایر شده با اسید کلریدریک در pH برابر ۲/۲۰ تنظیم و به مدت ۲۳ ساعت

بررسی خصوصیات فیزیوشیمیایی جلبک سبز *Ulva rigida* رشد یافته در ساحل جزیره قشم جهت استفاده در صنعت غذا

شد (Yaich et al., 2011).

وزنی محاسبه و گزارش گردید (Goering and Van soest, 1970).

- ظرفیت نگهداری آب

مقدار ۱ گرم از نمونه به دقت وزن گردید و با ۲۵ میلی لیتر آب در یک فالدکون به مدت ۲-۳ ساعت در دمای محیط مخلوط شد و پس از آن در شرایط زمانی ۲۵ دقیقه، در دمای محیط و ۳۰۰۰ rpm سانتریفیوژ (R۳۲۰PIT، ایران) گردید. سپس مایع رویی جدا شد و به طور مجزا از بخش باقی مانده توزین گردید. مقادیر بر حسب گرم آب جذب شده توسط ۱ گرم نمونه (ماده خشک) گزارش شد (Yaich et al., 2011).

- استخراج رنگدانه کاروتنوئید و کلروفیل

استخراج رنگدانه از *Ulva rigida* با استفاده از حلال متانول ۹۹٪ انجام گردید. پس از ۱۰ دقیقه اختلاط نمونه تحت اثر اولتراسونیک پروب دار (مدل UHP-۴۰۰، ساخت ایران)، به مدت ۱۰ دقیقه و توان ۱۵۲ وات قرار گرفت. دما در محدوده ۳۰-۲۵ درجه سانتیگراد جهت ممانعت از تخریب و ایزومریزاسیون رنگدانه ها حفظ گردید. سپس نمونه تحت سانتریفیوژ (مدل R۳۲۰PIT، ساخت ایران) قرار گرفت. در انتها مایع رویی در اسپکتروفتومتر Vis-UV (مدل UV-Vis2100، ساخت ایران) آنالیز گردید و جذب عصاره در ۳ طول موج (۴۸۰ nm، ۴۴۹ nm، ۶۶۵ nm)، یادداشت شد (Li et al., 2022).

- تجزیه و تحلیل آماری

نتایج به صورت میانگین $\pm$ انحراف معیار (SD) بیان شد و کلیه آزمایش ها به استثناء ترکیبات اسیدآمینه (یک بار تزیق) در سه تکرار انجام گردید.

یافته ها

در بررسی حاضر بر روی ترکیبات شیمیایی *Ulva rigida* برگرفته از سواحل خلیج فارس- جزیره قشم، کلیه پارامترهای شیمیایی مطالعه حاضر مطابق جدول ۱ گزارش گردید. محتوای اسیدآمینه با شناسایی ۱۵ اسیدآمینه مطابق جدول ۲ شامل: اسیدهای آمینه ضروری: هیستیدین، لوسین، ایزولوسین، لیزین، متیونین، فنیل آلانین، ترئونین و والین، اسیدهای آمینه نیمه ضروری: آرژنین، گلايسین، سرین و

- محتوای قند

محتوای قند کل به روش فهلینگ انجام گردید (AOAC, 1990).

- محتوای فنل کل

میزان کل ترکیبات فنلی محلول در متانولی (۸۰٪) به روش سانتریفیوژ با روش فولین سیوکالتو اندازه گیری شد. اساس کار در این روش احیاء معرف فولین توسط ترکیبات فنلی در محیط قلیایی و ایجاد کمپلکس آبی رنگ است. جذب عصاره در ۵۱۷ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل UV-Vis2100، ساخت ایران) یادداشت شد. محتوای فنل برمبنای میلی گرم اسیدگالیک بر گرم ماده خشک، محاسبه گردید (Fu and Xu, 2011).

- ظرفیت آنتی اکسیدانی بر اساس سنجش فعالیت

مهار رادیکال ۱،۱- دی فنیل- ۲- پیکریل- هیدرازیل (DPPH)

یک گرم پودر *Ulva rigida* فریزدرایر شده با ۱۰ میلی لیتر متانول (۸۰٪) در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد به مدت یک ساعت مخلوط شد. سپس عصاره حاصل توسط سانتریفیوژ (R۳۲۰PIT، ایران) با دور ۲۵۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه از ذرات جامد جدا شد. ۰/۱ میلی لیتر عصاره و ۴ میلی لیتر محلول DPPH (۰/۰۰۴٪) مخلوط گردید. عدد جذب با دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل UV-Vis2100، ساخت ایران) در طول موج ۵۱۷ نانومتر پس از ۳۰ دقیقه مخلوط کردن در شرایط تاریک یادداشت و ظرفیت آنتی اکسیدانی محاسبه شد (Blois, 1955).

- ظرفیت نگهداری روغن

۱ گرم از نمونه به دقت وزن شد و حدود ۱۰ گرم روغن مایع آفتابگردان با درجه غذایی به آن افزوده شد. نمونه به مدت ۲-۳ ساعت در دمای محیط مخلوط گردید. سپس به مدت ۲۵ دقیقه در دمای محیط با ۳۰۰۰ rpm سانتریفیوژ شد. مایع رویی جدا و توزین گردید. مقادیر بر حسب گرم روغن جذب شده توسط ۱ گرم نمونه (ماده خشک) گزارش

کارتونئید با میانگین 0.08 ± 0.99 ، کلروفیل a: 0.06 ± 0.56 ، کلروفیل b: 0.82 ± 0.34 و کلروفیل کل 0.78 ± 0.16 را گزارش کرده است (جدول ۴).

بحث

در جدول ۱ ترکیبات شیمیایی گونه *Ulva* مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد ترکیبات شیمیایی جلبک‌ها با عواملی چون: گونه جلبک، موقعیت جغرافیایی، شرایط محیطی، (دمای آب، شوری آب، نور، فصل رشد، غلظت مواد مغذی موجود در محیط)، شرایط فیزیولوژیکی (مرحله رشد) و روش آنالیز نمونه حتی در بین همان گونه‌ها متفاوت خواهد بود (Queiros et al., 2021). مطالعات انجام شده بر ترکیبات گونه *Ulva* با توجه به جنس و برگرفته از شرایط ژئوآقلیم متفاوت است (جدول ۱).

تیروزین، اسیدهای آمینه غیرضروری: آلانین، آسپارتیک اسید و گلوتامیک اسید انجام گرفت. میزان کل اسیدآمینه شناسایی شده به این روش 31.1 گرم در 100 گرم پروتئین گزارش شد (جدول ۲). از میان اسیدهای آمینه شناسایی شده اسیدآمینه هیستیدین بالاترین مقدار ($8/20$ گرم در 100 گرم پروتئین) را به خود اختصاص داد. محتوای ترکیبات فنلی و میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی *Ulva rigida* با مهار رادیکال آزاد DPPH به ترتیب با میانگین $1/79$ میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم ماده خشک و $91/48$ درصد گزارش گردید. ظرفیت نگهداری آب و روغن *Ulva rigida* به ترتیب با میانگین $9/18$ و $4/95$ گرم/گرم ماده خشک گزارش گردید. نتایج پژوهش با گزارش سایر مطالعات در جدول (۳) مورد مقایسه قرار گرفته است. نتایج حاصل از استخراج رنگدانه به روش اولتراسونیک وجود رنگدانه‌های

جدول ۱- بررسی ترکیبات شیمیایی (%) گونه‌های مختلف *Ulva*

Table 1- Chemical composition (%) of different species of *Ulva*

Algae genus	Sugar	Fat	Protein	Cellulose+ Lignin	Hemicellulose	Crude fiber	Ulvan	ash	Dry matter	Reference
<i>Ulva rigida</i>	*	0.9 ± 0.10	9.3 ± 0.50	*	*	*	*	31.7 ± 0.60	*	(Kazir et al., 2018)
<i>Ulva lactuca</i>	*	0.3 ± 0.00	27.2 ± 1.10	*	6.1 ± 0.75	*	*	11.0 ± 0.10	87.4 ± 0.20	(Yaich et al., 2011)
<i>Ulva lactuca</i>	*	0.59 ± 0.02	25.9 ± 2.50	*	*	*	*	16.3 ± 1.30	*	(Li et al., 2022)
<i>Ulva lactuca</i>	*	1.64 ± 0.10	7.06 ± 0.06	*	*	*	*	21.3 ± 2.78	*	(Li et al., 2022)
<i>Ulva rigida</i>	0.00 ± 1.81	0.51 ± 0.10	8.53 ± 0.36	40.65 ± 0.84	5.62 ± 0.31	4.20 ± 0.42	4.97 ± 0.74	36.61 ± 0.70	57.10 ± 4.78	Current study

جدول ۲- مقایسه اسیدهای آمینه گونه *Ulva* و اووآلبومین

Table 2- Comparison of amino acids of *Ulva* species and Ovalbumin

Amino Acids g/100 g protein	<i>lactuca Ulva</i>	<i>sp Ulva</i>	<i>Ulva rigida</i>	Ovalbumin	<i>Ulva rigida</i>
Alanine	9.16 ± 0.13	7.60 ± 0.74	1.98 ± 0.11	7.44	1.17
Arginine	6.19 ± 0.02	23.03 ± 0.92	1.57 ± 0.20	12.99	2.34
Aspartic Acid	13.30 ± 0.06	16.11 ± 1.37	1.94 ± 0.24	6.88	2.34
Cysteine	1.94 ± 0.06	-	0.18 ± 0.02	1.55	-
Glutamic Acid	12.94 ± 0.10	12.0 ± 1.41	2.21 ± 0.05	10.99	2.34
Glycine	6.65 ± 0.05	2.11 ± 1.08	0.83 ± 0.10	3.77	2.34
Histidine	1.39 ± 0.04	0.64 ± 0.40	0.36 ± 0.01	4.55	8.20
Isoleucine	4.76 ± 0.17	30.60 ± 0.40	0.81 ± 0.02	5.33	0.11
Leucine	8.25 ± 0.12	4.31 ± 0.73	1.12 ± 0.06	6.88	2.34
Lysine	6.50 ± 0.09	6.34 ± 1.16	1.24 ± 0.01	8.55	2.34
Methionine	2.38 ± 0.07	0.81 ± 0.21	0.42 ± 0.04	3.44	0.46
Phenylalanine	2.70 ± 0.32	2.06 ± 0.68	1.17 ± 0.13	4.55	2.34
Proline	4.12 ± 0.14	3.32 ± 0.52	0.96 ± 0.10	3.11	-
Serine	6.94 ± 0.02	6.93 ± 0.46	1.27 ± 0.08	7.55	1.17
Threonine	6.58 ± 0.03	4.35 ± 0.51	1.15 ± 0.15	3.33	1.17
Tyrosine	5.99 ± 0.16	2.88 ± 0.42	0.58 ± 0.05	2.00	1.17
Valine	9.15 ± 0.26	2.92 ± 1.22	1.39 ± 0.05	5.99	1.17
Habitat	Monastir-Tunisia	Haifa- Israel	Cullercoats beach-United Kingdom	-	Island Qeshm
Source	(Yaich et al., 2011)	(Kazir et al., 2018)	(Gao et al., 2018)	(Kazir et al., 2018)	Current study

بررسی خصوصیات فیزیوشیمیایی جلبک سبز *Ulva rigida* رشد یافته در ساحل جزیره قشم جهت استفاده در صنعت غذا

جدول ۳- بررسی ترکیبات فنلی، ظرفیت آنتی اکسیدانی و خصوصیات عملکردی گونه *Ulva*

Table 3- Investigation of phenolic compounds, antioxidant capacity and functional properties of *Ulva* species

Algal species	Oil holding capacity (g/g DW)	Water holding capacity (g/gDW)	Phenolic content (mg GAE /g)	DPPH reducing capacity (%)	Source
<i>Ulva rigida</i>	*	*	0.53 ± 0.07		(Neto et al., 2018)
<i>Ulva rigida</i>	*	*	2.21 ± 0.08	*	(Ak and Turker, 2019)
<i>Ulva linza</i>	2.6 ± 0.09	8.7 ± 0.10	2.16 ± 0.12	*	(Pirian et al., 2016)
<i>Ulva intestinalis</i>	5.5 ± 0.10	17.5 ± 0.13	1.02 ± 0.7	*	(Pirian et al., 2016)
<i>Ulva rigida</i>	4.95 ± 0.08	9.18 ± 0.66	1.79 ± 0.07	91.48 ± 0.41	Current study

جدول ۴- محتوای رنگدانه (کاروتنوئید، کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل) استخراج شده از جلبک *Ulva*

Table 4- Pigment content (carotenoids, chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll) extracted from *Ulva* algae

Algal species	Carotenoids (µg/ml)	Chlorophyll b (µg/ml)	Chlorophyll a (µg/ml)	Total chlorophyll (µg/ml)	Source
<i>Ulva fasciata</i>	0.04	2.89	2.24	-	(Sarojini et al., 2015)
<i>Ulva comperssa</i>	0.52	1.06	1.6	2.7	(Abo gaball et al., 2021)
<i>Ulva rigida</i>	0.99 ± 0.88	2.34 ± 0.82	4.56 ± 0.65	6.16 ± 0.78	Current study

شرایط جغرافیایی متفاوت بین ۲۵/۸ - ۷/۶ و ۲۱/۲۱ - ۴/۸۱ درصد متغیر اعلام کردند (Queiros et al., 2021). یکی از اجزای اصلی تغذیه‌ای جلبک‌ها، پروتئین و ترکیب اسیدهای آمینه آن‌ها می‌باشد. نتایج در جدول ۲ در مقایسه با مطالعات پیشین، ذکر شده‌است. محتوای اسیدآمینه ضروری هیستیدین (۸/۲۰ گرم در ۱۰۰ گرم پروتئین) در بررسی حاضر بالاترین مقدار را نسبت به سایر اسیدهای آمینه به خود نسبت داده‌است این در حالی است که سایر مطالعات بر روی جنس‌های مختلف گونه‌های *Ulva* اسیدهای آمینه متعددی را با فراوانی بیشتر گزارش می‌کنند (Gao et al., 201; Kazir et al., 2018; Wong and Cheung, 2000). پروتئین *Ulva* از مقادیر قابل توجهی اسیدآمینه ضروری تشکیل شده‌است که مشخص شده در ترکیب اسیدآمینه کل جلبک *Ulva*، شباهت قابل توجهی با برخی از اسیدهای آمینه موجود در؛ اووآلبومین تخم‌مرغ، وجود دارد. از این رو؛ می‌توان از *Ulva* به عنوان یک منبع تغذیه‌ای در رژیم غذایی انسان استفاده کرد (جدول ۲). این نتایج نشان می‌دهد این جلبک به عنوان منبع تغذیه‌ای پروتئینی و غنی از آمینواسیدهای ضروری و غیرضروری قابل ارائه می‌باشد.

Ulva دارای دیواره سلولی غنی از پلی‌ساکاریدی کمپاب تحت عنوان "اولوان"^۱ است. این پلی‌ساکارید به عنوان منبع مهمی از فیبر غذایی شناخته شده است. اولوان

محدوده چربی در جلبک‌های سبز بین ۴/۳ - ۰/۶ درصد گزارش گردیده‌است (Parekh et al., 1977). محتوای چربی در گونه *Ulva rigida* ۵/۴ درصد (Gao et al., 2018) در *Ulva linza* ۲/۳۴ درصد، در *Ulva rigida* به میزان ۰/۹ درصد (Neto et al., 2018) در *Ulva lactuca* با میزان ۰/۳ درصد (Ortiz et al., 2006) در *Ulva fasciata* به میزان ۰/۷ درصد (Hamouda et al., 2022) گزارش کردند. محتوای چربی در پژوهش حاضر به مقدار ۰/۵۱ درصد است. که با نتایج حاصل از پژوهش‌های حاضر مطابقت دارد (جدول ۱). این در حالی است که در سایر گونه‌های هم‌جنس در مناطق جغرافیایی مختلف با بررسی در فصول گوناگون مقادیر متفاوتی در محدوده ۵/۹۴ - ۰/۱ درصد را گزارش کرده‌است (Pirian et al., 2017).

پروتئین جلبک‌های دریایی به واسطه تقویت سیستم گوارشی و تحریک سیستم ایمنی بر سلامت موثر شناخته شده‌اند. از این رو آن‌ها را جهت افزایش بهره‌وری و ارزش تغذیه‌ای مورد توجه گسترده قرار می‌دهد (Martins et al., 2020). محدوده پروتئین در جلبک‌های سبز بین ۲۶ - ۹ درصد متغیر گزارش شده‌است (Queiros et al., 2021). محدوده پروتئین در گونه‌های *Ulva* بین ۲۴ - ۷ درصد اعلام گردیده‌است (Neto et al., 2018). محدوده پروتئین *Ulva rigida* را در فصول مختلف و

¹ Ulvan

فرآورده‌ترین پلی‌ساکارید محلول در آب است که در جلبک‌های دریایی سبز از گونه *Ulva* یافت می‌شود. ساختار اولوان شامل چندین نوع مونوساکارید (هتروپلی‌ساکارید) با دو واحد تکراری اولوانوبیورونیک اسید و اولوانوبیوزها است (Krangkratok et al., 2023). مطالعات متعددی نشان داده‌اند که پلی‌ساکاریدهای سولفاته دارای خواص ضدسرطانی، ضدالتهابی، آنتی‌اکسیدانی و ضدویروسی هستند (Magwaza et al., 2025). محدوده اولوان در گونه جلبک سبز *Ulva* حدود ۹ تا ۳۶ درصد وزن خشک زیست‌توده اعلام شده‌است (Kidgell et al., 2019). محتوای اولوان در پژوهش حاضر با مقدار ۴/۹۷ درصد است (جدول ۱). در پژوهش حاضر محتوای فیبر خام ۴/۲۰٪، همی سلولز ۴/۶۰ و محتوای سلولز و لیگنین، ۴۰/۶۵ (٪) است. محتوای همی سلولز در بررسی Yaich و همکاران (2011) با مقدار ۶/۲۰ درصد در گونه *Ulva lactuca* گزارش گردید. گزارش شده تابش طولانی و شدید نورخورشید با افزایش درصد کربن و متعاقبا نسبت کربن به نیتروژن همبستگی مثبتی با سطح بالای فیبر دارد (Queiros et al., 2021). ویژگی‌های ساختاری اجزای اولوان ممکن است به دلیل تفاوت‌های فیلوژنتیکی و عوامل تعیین‌کننده داخلی و خارجی مانند شرایط رشد جلبک متفاوت باشد. بازده کمی و کیفیت اجزای اولوان بسته به فرآیندهای استخراج و خالص‌سازی اعمال شده، به‌طور قابل توجهی متفاوت است. انتخاب شرایط استخراج به‌طور کلی بر اساس خواص فیزیکی‌شیمیایی اجزای اولوان و تعاملات خاص آنها با سایر اجزای دیواره سلولی گیاه است (Akbal et al., 2024).

ترکیبات فنل‌ها در جلبک‌های دریایی وجود دارند که دسته‌ای از ترکیبات زیست‌فعال هستند. آنتی‌اکسیدان‌ها با ایفای نقش مهم در معکوس کردن آسیب ناشی از استرس اکسیداتیو، چاقی و دیابت را کاهش می‌دهند (Magwaza et al., 2025). محتوای فنل کل موجود در *Ulva* محدوده ۲/۱۵-۴/۹۵ میلی گرم گالیک اسید بر گرم ماده خشک گزارش گردیده‌است (Abkener, 2022; Taheri, 2015). نتایج محتوای فنلی هر عصاره جلبک ممکن است نشان‌دهنده مشارکت احتمالی سایر مواد فعالی باشد که فعالیت آنتی‌اکسیدانی را نشان می‌دهند. مانند: رنگدانه‌ها (کلروفیل، کاروتنوئید)، اسانس‌ها و

پلی‌ساکاریدهای با وزن مولکولی پایین (Murthy et al., 2005). فعالیت آنتی‌اکسیدانی موجودات فتوسنتزی نه تنها به غلظت عصاره بستگی دارد بلکه به ساختار و تعامل بین آنتی‌اکسیدان‌ها نیز بستگی دارد (Piluzza et al., 2011). ظرفیت مهار رادیکال آزاد DPPH جلبک *Ulva lactuca* در محدوده ۶۰/۴-۴۵/۷ درصد گزارش گردیده است (Saranipaztapeh et al., 2021). به‌طور کلی با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۳ جلبک *Ulva rigida* می‌تواند منبع زیستی جالب و نوینی برای ترکیبات ضد ویروسی، در صنایع دارویی، آرایشی و بهداشتی و صنایع غذایی باشد. این در حالی است که در حال حاضر عمدتاً از مولکول‌های مصنوعی آنتی‌اکسیدانی، استفاده می‌شود و صنایع عمدتاً در جست و جوی منابع طبیعی، می‌باشند. ترکیبات آنتی‌اکسیدانی به منظور محدود کردن تخریب ارگانولپتیک مواد غذایی به عنوان ضدپیری در لوازم آرایشی و بهداشتی یا به عنوان دارو در درمان استرس اکسیداتیو استفاده شوند (Heo et al., 2006).

خواص هیدراتاسیون را می‌توان با اندازه‌گیری ظرفیت نگهداری آب (WHC)، تعیین کرد (Sarojini et al., 2015). بررسی‌های انجام شده بر *Ulva rigida* محدوده ظرفیت نگهداری آب را بین ۷/۲۴-۵/۲۲ گرم در گرم ماده خشک و برای *Ulva lactuca* در محدوده ۹-۶/۶۶ گرم بر گرم ماده خشک گزارش کرده‌است (Yaich et al., 2000; Cheung and Wong, 2011). (جدول ۳). به‌طور کلی آب به ۳ شکل در فیبر وجود دارد: به پلی‌ساکاریدهای آبدوست متصل است، در داخل ماتریکس فیبر نگه داشته می‌شود یا در لومن دیواره سلولی به دام افتاده‌است. ظرفیت نگهداری آب که با روش سانتریفیوژ در این مطالعه تعیین شد هر ۳ نوع آب مرتبط با فیبر را نشان می‌دهد. جدای از توانایی متفاوت نگهداری آب در فیبر بین نمونه‌های جلبک دریایی ممکن است به ترکیبات مختلف پروتئین و تغییرات در تعداد و ماهیت مکان‌های اتصال آب در مولکول‌های پروتئین نسبت داده‌شود. علاوه بر ترکیبات شیمیایی برخی از خواص فیزیکی مانند: ساختار، اندازه ذرات، pH، دما، قدرت یونی، انواع یون‌های موجود در محلول و چگالی نیز برای درک رفتارهای مختلف نمونه‌ها در طول هیدراتاسیون می‌توانند مهم باشند (Heo et al., 2006). ظرفیت نگهداری آب می‌تواند ویسکوزیته و بافت

بررسی خصوصیات فیزیوشیمیایی جلبک سبز *Ulva rigida* رشد یافته در ساحل جزیره قشم جهت استفاده در صنعت غذا

مواد غذایی فرموله شده را تغییر دهد. علاوه بر این افزایش ویسکوزیته به سبب جذب آب می تواند منجر به کاهش سرعت جذب روده ای گردد. این ویژگی می تواند *Ulva* را از نظر بالینی در کاهش کلسترول خون و قندخون پس از غذا، کاهش خطر چاقی و دیابت نوع دوم مفید سازد (Willett et al., 2002).

اساس مکانیسم ظرفیت جذب روغن عمدتاً به دلیل به دام افتادن فیزیکی روغن توسط اثر موینگی است. علاوه بر این آبگریزی پروتئین ها نیز نقش عمده ای در جذب چربی دارند. بنابراین در میان نمونه های جلبک دریایی تغییرات در ظرفیت جذب روغن ممکن است تا حدی به دلیل نسبت های مختلف زنجیره های جانبی قطبی اسیدهای آمینه بر سطوح مولکول های پروتئین آن ها باشد. تحقیقات نشان داده است ظرفیت جذب روغن جلبک دریایی به اندازه ذرات، چگالی بارکلی و ماهیت آبدوست ذرات منفرد، محتوای پروتئین کل و فیبر غذایی موجود نیز بستگی داشته باشد (Parekh et al., 1977). با توجه به ظرفیت جذب روغن گونه های *Ulva* می توانند به عنوان تثبیت کننده در فرمولاسیون محصولات غذایی استفاده شوند. علاوه بر این، آن ها می توانند سطح چربی خون، چاقی و خطر بیماری عروق کرونر قلب را کاهش دهند و بنابراین می توانند یک غذای کاربردی باارزش باشند (Gao et al., 2018). عوامل محیطی غیرزیستی عمیقاً بر رشد و فیزیولوژی گونه های *Ulva* تأثیر می گذارند و پویایی اکولوژیکی و بهره وری آنها را شکل می دهند. این عوامل شامل pH، دما، عمق آب، شوری و در دسترس بودن مواد مغذی هستند. درک تعامل بین این عوامل غیرزیستی و پاسخ های گونه های *Ulva* برای تلاش های ساحلی ضروری است. حفاظتی مؤثر در اکوسیستم های ساحلی ضروری است. علاوه بر این، نوسانات دما می تواند بر الگوهای رشد فصلی و فرآیندهای سازگاری تأثیر بگذارد، به طوری که *Ulva lactuca* حداکثر سرعت رشد را بین ۱۲ تا ۱۸ درجه سانتی گراد نشان می دهد و تفاوت هایی در پاسخ های رشد بر اساس محل و تغییرات فصلی مشاهده می شود. درک این تأثیرات وابسته به دما بر گونه های *Ulva* برای پیش بینی پویایی اکولوژیکی و پاسخ های آنها به تغییرات محیطی حیاتی است (Soufi et al., 2024).

مطابق با جدول ۴ محتوای کاروتنوئید، کلروفیل a کلروفیل b و کلروفیل کل استخراج شده به ترتیب ۰/۹۹، ۴/۵۶، ۲/۰۷ و ۶/۱۶ میکروگرم بر گرم بود. بررسی Saroni و همکاران (۲۰۱۵)، محتوای رنگدانه گونه خوراکی *Ulva fasciata* در فصول مختلف را با محتوای کلروفیل a ۲/۲۴ میلی گرم بر لیتر، کلروفیل b ۲/۸۹ میلی گرم بر لیتر و کاروتنوئید ۰/۴۰ میکروگرم بر گرم گزارش کرده است.

نتیجه گیری

نتایج آزمون های فیزیوشیمیایی و عملکردی طی این بررسی نشان داد که جلبک سبز *Ulva rigida* برداشت شده از سواحل قشم (خلیج فارس) به واسطه ترکیبات شیمیایی منحصربه فرد خود منبع غنی ای از مواد مغذی مهم از جمله پروتئین و محتوای اسیدهای آمینه ضروری ارزشمند است. از این رو می تواند به عنوان؛ مکمل دارویی در پزشکی و یا به طور مستقیم در سبذ غذایی انسان استفاده گردد. همچنین می تواند به سبب وجود سایر ترکیبات شیمیایی در صنایع غذایی به عنوان افزودنی و یا به سبب خاصیت ظرفیت جذب آب و روغن به عنوان بهبود دهنده کیفیت و ساختار مواد، مورد استفاده قرار گیرد. پژوهش حاضر ارزش کاربردی ذخایر متنوع جلبک های موجود به خصوص این گونه از جلبک سبز دریایی با ظاهری زیبا و خوش رنگ به عنوان؛ کاهوی دریایی مفید در منطقه جزیره قشم را نشان می دهد. ترکیبات و عملکرد این گونه در پیشگیری و درمان بیماری ها زمینه را برای انجام پژوهش های گسترده تر، آشکار می سازد. تا با حصول نتایج جامع تر زمینه جهت سرمایه گذاری در خصوص بهره برداری و پرورش جلبک ها در مناطق کنترل شده و به دور از آلودگی بتوان در سطح گسترده از این ذخائر ارزشمند گیاهان دریایی به عنوان گزینه های سالم و ارگانیک جهت قرارگیری صحیح در سبذ غذایی جامعه را فراهم ساخت و نیاز به زمین کشاورزی بیشتر و آب شیرین مصرفی جهت آبیاری را به حداقل رساند.

منابع

Abkener, A. M. (2022). Seasonal variation of antioxidant activity and properties in *Ulva lactuca* Linnaeus, 1753: A compression study in pre and post monsoon to the northern coasts of the Oman

- sea. Research Square.
<http://doi.org.10.21203/rs.3.rs-1612579/v1>.
- Abou gaball, A. A., Khaled, A. A., Aboil ela, H. M., Heshm, M. A. & Shalaby, O. K. (2021). Variation of photosynthetic pigments and biochemical screening in some seaweeds from Eastern Harbor, Alexandria, Egypt. *Aquatic Biology and Fisheries*, 25(1), 213-226. <http://doi.org.10.21608/ejabf.2021.141011>.
- Ak, I. & Turker, G. (2019). Free radical scavenging activity and biochemical characteristics of *Ulva rigida* (Ulvophyceae) and *Arthrospira platensis* (Cyanophyceae). *Agriculture -Food Science and Technology*, 7(sp1), 145-149. <http://doi.org.10.24925/turjaf.v7isp1.145-149.2789>.
- Akbal, A. Ahin, S. S. & Güroy, B. (2024). Optimization of ultrasonic-assisted extraction of polysaccharides from *Ulva rigida* and evaluation of their antioxidant activity. *Algal Research*, 77. <http://doi.org.10.1016/j.algal.2023.103356>.
- Ananthi, G. (2024). Phytochemical Constituents and Antimicrobial Activity of Marine Green Seaweed *Ulva lactuca*. *Biology*, 20, 1-11. <http://doi.org.10.9734/ajob/2024/v20i4396>.
- Anon. (1990). Official methods of analyses. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemist. <http://doi.org.10.3390/CSAC2021-10681>.
- Anon. (2023). AACC methods32-01/01. Guideline on methode selection for daetary fiber analysis.
- Anon. (2005). Iso13903. Animal feeding stuffs- determination of amino acids content.
- Blois, S.A. (1955). Note on free radical formation in biologically occurring quinones. *Biochim Biophys Acta*, 18(1), 165. [http://doi.org.10.1016/0006-3002\(55\)90038-x](http://doi.org.10.1016/0006-3002(55)90038-x).
- Fu, L. & Xu, B.T. (2011).Antioxidant capacities and total phenolic contents of 62 fruits. *Chem Foodistry*, 129, 345-350. <http://doi.org.10.1016/j.foodchem.2011.04.079>.
- Gao, G., Clare, A. S., Chatzidimitriou, E., Rose, C. & Caldwell, G. (2018). Effects of ocean warming and acidification combined with eutrophication on chimical composition and fungtional properties of *Ulva rigida*. *Food Chemistry*, 258, 71-78. <http://doi.org.10.1016/j.foodchem.2018.03.040>.
- Gharanjik, B. M. & Rohanighadikolahi, K. (2010). Atlas of the sea algae of the Persian Gulf and Oman Sea coasts. Iran Fisheries Research Institute, 170 [In Persian]. <http://doi.org.10.1007/s10228-002-0158-y>.
- Goering, H. K. & Van Soest, P. J. (1970). Forage fiber analysis: apparatus, reagents, pocedures and some applications. USDA-ARS Agricultural Handbook 379, Washington DC. *Analytical Chemistry*, 9, 7. <http://doi.org.10.4236/ojepi.2022.124035>.
- Heo, S. J., Lee, K. W. & Jeon, Y. J. (2006). Antioxidant activities of red algae from jejue island. *Algae*, 21(1), 149-156. <http://doi.org.10.4490/ALGAE.2006.21.1.149>.
- Karanjanapratum, S., Tabarsa, M., Myounglae, C. & Sanggoan, Y.(2012). Characterization and immunomodulatory activities of sulfated polysaccharides from *Capsosiphon fulvescens*. *Biological Macromolecules*, 51(5), 720-729. <http://doi.org.10.1016/j.ijbiomac.2012.07.006>.
- Kazir, M., Abuhassira, Y., Robin, A., Nahor, O., Luo, J., Israel, A., Golberg, A. & Livney, Y. D. (2018). Extracton of proteins from two marine macroalgae, *Ulva sp* and *Gracilaria sp*, for food application, and evaluating digestibility, amino acid composition and antioxidant properties of the protein concentrates. *Food Hydrocolloids*, 87, 194-203. <http://doi.org.10.1016/j.foodhyd.2018.07.047>.
- Kidgell, J. T. Magnusson, M. Denez, R. & Glasson, C. R. K. (2019). Ulvan: A systematic review of extraction, composition and function. *Alg al Research*, 39(2), 101422. <http://doi.org.10.1016/j.algal.2019.101422>.
- Kim, Y. Flores, R. Chung, O. & Bechtel, D. B. (2003).Physical,Chemical and thermal Characterization of Wheat Flour Milling Coproducts .*Eng Process Food ineering*,26(5), 469-488. <http://doi.org.10.1111/j.1745-4530.2003.tb00613.x>.
- Krangkratoka, W. Chantorna, S. Choosuwannb, P. Phomkaivonc, N. La-ongkhamc, O. Kosawatpatd, P. Tamtine, M. & Praiboon, J. (2023). Production of prebiotic ulvan-oligosaccharide from the green seaweed *Ulva rigida* by enzymatic hydrolysis. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 54. <http://doi.org.10.1016/j.bcab.2023.102922> .
- Krautforst, K. Kulbacka, J. Fornasier, M. Mocci, R. Dessi, D. Porcheddu, A. Moccia, D. Pusceddu, A. Sarais, G.Murgia, S. & Bazylnska, U. (2025). Delivery of *Ulva rigida* extract by bicontinuous cubic lipid nanoplatforms for potential photodynamic therapy against pancreatic cancer. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*,253,114754. <http://doi.org.10.1016/j.colsurfb.2025.114754>.
- Li, Y. Huang, X. Luo, L. & Shang, C. (2022). Optimization of extraction condition of

carotenoids from *Dunaliella paiva* by response surface methodology. *Molecules*. 21, 27(4),1444. <http://doi.org.10.3390/molecules27041444>.

Magwaza, S.N.Salau, V.Olofinan, K. A. & Islam, M. S. (2025). Exploring the therapeutic effects of *Ulva* species (*Ulva fasciata* and *Ulva rigida*) on hyperglycemia, hyperlipidemia and adipose oxidative injury. *Scientific African*, 27. <http://doi.org.10.1016/j.sciaf.2024.e02518>.

Martins, M. Oliveira, R. Coutinho, J. A. P. Fastino, M. A. F. Neves, M. G. P. M. S. Pinto, D. C. G. A. & Ventura, S. P. M. (2020). Recovery of pigments from *Ulva rigida*. *Separation and Purification Technology*. 255(4), 117723. <http://doi.org.10.1016/j.seppur.2020.117723>.

Murthy, K. N. C. Vanilha, A. Rajesha, J. Swamy, M. M. Sowmya, P. R. & Ravishankar, G. A. (2005). In vivo antioxidant activity of carotenoids from *Dunaliella salina*-a green microalgae. *Life Sciences*, 4, 76 (12), 1381-1390. <http://doi.org.10.1016/j.lfs.2004.10.015>.

Neto, R.T. Marcal, C. Queiros, A. S. Abreu, H. Silva, A. M. S. & Cardoso, S. M. (2018). Screening of *Ulva*, *Grcilaria* sp, fucus vesiculosus and *Saccharina latissima* as functional ingredients international. *Molecular Sciences*, 19(10), 2987. <http://doi.org.10.3390/ijms19102987>.

Panjaitan, R. S. (2019). Pigment contents of *Sargassum polycistum* macroalgae lipid from sayang heulang beach, Indonesia. *Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*, 20 (3), 365 – 375.

Parekh, R. G., Maru, L. V. & Dave, M. J. (1977). Chemical composition of green seaweeds of saurashtra coast. *Botanica Marina*, 20, 10-23. <http://doi.org.10.1515/botm.1977.20.6.359>.

Piluzza, G. & Bullitta, S. (2011). Correlations between phenolic content and antioxidant properties in twenty-four plant species of traditional etnoveterinary use in Mediterranean area. *Pharmaceutical Biology* ,49, 240-247. <http://doi.org.10.3109/13880209.2010.501083>.

Pirian, K., Piri, K., Sohrabipour, J. & Blomster, J. (2017). Evaluation of chemical components and physicochemical properties of two green macroalgae species *Ulva intestinalis* and *Ulva linza* from Persian Gulf . *Medicinal and Aromatic Plants Research*, 1, 33 [In Persian]. <http://doi.org.10.22092/ijmapr.2017.109708>.

Queiros, A. S., Circuncisao, A. R., Pereira, E., VM, alega, Abreu, .Silva H, S. M. A. Cardoso &

S. M. (2021).V aluablen utrients from *Ulva rigida*:m odulation byseasonal andcultivation factors .*Applied Sciences*, 11(13), 6137. <http://doi.org.10.3390/app11136137>.

Sarojini, Y., Neelima, P. & Sujata, B. (2015). The Seasonal variations in distribution of photosynthetic pigments in four edible species of chlorophyceae and the effect of light, dissolved oxygen and nutrients on their distribution. *Der Pharmacia Lettre*, 7(5), 140-145.

Soufi, J., El Hammoudani, Y., Haboubi, K., Hanafi, I. & Dimane, F. (2024). *Ulva spp (Ulva intestinalis, U. fasciata, U. lactuca, and U. rigida)* composition and abiotic environmental factors. *BIO Web of Conferences*, 109. <http://doi.org.10.1051/bioconf/202410901012>.

Taheri, A. (2015). Antioxidant activity in some Iranian seaweed species from Chabahar. *Fisheries Science*, 15(2), 802-817. <http://doi.org.20.1001.1.15622916.2016.15.2.14.0>.

Willett, W., Manson, J. & Liu, S. (2002). Glycemic indx, glycemic load and risk of type 2 diabetes the American. *Clinical Nutrition*, 76(1), 274-280. <http://doi.org.10.1093/ajcn/76/1.274S>.

Wong, K. H. & Cheung, P. C. K. (2000). Nutritional evaluation of some subtropical red and green seaweeds part I-proximate composition, amino acid profiles and some physico-chemical properties. *Food Chemistry*, 71, 475-482. [http://doi.org.10.1016/S0308-8146\(00\)00175-8](http://doi.org.10.1016/S0308-8146(00)00175-8).

Yaich, H., Garna, H., Besbes, S., Paquot, M., Blecker, C. & Attia, H. (2011). Chimal composition and funtional properties of *Ulva lactuca* seaweed collected in Tunisia.*Food Chemistry*, 128, 895-901. <http://doi.org.10.1016/j.foodchem.2011.03.114>.

Zareijelian, I.Z., Mashjoor, S., Soleimani, S., Pirian, K., Sedaghat, F. & Yosefzadi, M. (2018). Antioxidant activity and cytotoxicity of organic extracts from three species of green macroalgae of *Ulvaceae* from Persian Gulf. *Journal of Modares Biotechnology*, 9(1), 59-67 [In Persian].

Zengin, B., Toraman, G. O. A., Yanikoglu, R. S., Goc, F., Dinc, H. O., Okudan, E. S., Topcu, G. & Senol, H. (2024). Chemical contents and bioactivities of green algae *Ulva rigida* C.Agardh Red Algae *Grateloupia turuturu* Yamada Extracts. *Bezmiâlem Science*, 3(12), 317-326. <http://doi.org.10.14235/bas.galenos.2024.21347>

Investigation of the Physicochemical Properties of the Green Alga *Ulva rigida* Grown on the Coast of Qeshm Island (Persian Gulf) for Application in the Food Industry

M. Ahmadi-Sarkhoni^a, M. Jahadi^{b*}

^a MSc degree in Food Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Water, Food and Processed Products, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

^b Associate Professor in Food Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Water, Food and Processed Products, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

Received: 19 April 2025

Accepted: 1 June 2025

Abstract

Introduction: Studies on the chemical composition of *Ulva* species have shown that these compounds vary depending on the species, geographical distribution and season. These factors affect its exploitation, nutritional properties and commercial applications. This study aimed to investigate the physicochemical properties of the green algae *Ulva rigida* grown on the Qeshm coast (Persian Gulf) for use in the food industry.

Materials and Methods: In this study (dry matter, ash, fat, protein, ulvan polysaccharide, crude fiber, hemicellulose, cellulose and lignin, total sugar), antioxidant and phenolic compounds, pigment content, functional properties (water and oil retention capacity) and amino acid content of the green algae *Ulva rigida* in May 2022 fresh from the north of Qeshm Island direstan coast (26°42'46.6"N 55°54'25.1"E) were investigated..

Results: *Ulva rigida*, with a dry matter content of 57.10 ± 4.78 ; ash 36.61 ± 0.70 ; fat: 0.51 ± 0.10 ; protein 8.53 ± 0.36 , ulvan polysaccharide 4.97 ± 0.74 ; crude fiber: $4.20 \pm 0.$; hemicellulose 5.62 ± 0.31 , cellulose and lignin with 40.65 ± 0.84 , total sugar 1.81 (percent of dry matter), total phenol content $1.79 \pm .07$ (mg GAE /g), and antioxidant capacity of 91.48 ± 0.41 percent of dry matter were reported. The extracted carotenoid content is $0.99 \mu\text{g/ml}$, the chlorophyll a content is $4.56 \mu\text{g/ml}$, the chlorophyll b content is $2.07 \mu\text{g/ml}$, and the total chlorophyll is $16.6 \mu\text{g/ml}$. The identified amino acid content of *Ulva rigida* algae by the method; amino acids; The presence of amino acid compounds, to the extent of; It confirmed 31.1 grams per 100 grams of protein. Functional characteristics: water holding capacity 9.18 ± 0.66 g/g dry matter and oil holding capacity 4.95 ± 0.08 g/g dry matter were reported.

Conclusion: *Ulva rigida* sea lettuce due to having; Multiple combinations with; physicochemical and functional characteristics - unique to the individual; They can be as; medicinal and food supplements, additive and due to rich antioxidant compounds are directly included in human nutrition.

Keywords: Functional Properties, Physicochemical Properties, Persian gulf, Sea Lettuce, *Ulva rigida*.

* Corresponding Author: M.Jahadi@iau.ac.ir