مجله علمی شیلات ایران ۳۲(۵) ۱۲۳-۱۴۱ (DOI): 10.22092/ISFJ.2024.130839

CC BY

مقاله علمی - پژوهشی:

تغییرات فیتوشیمیایی جلبک سبز *Ulva lactuca* و جلبک قهوه‌ای *Sargassum vulgare* در فصل‌های زمستان و بهار

احسان نظیفی*[1]، فاطمه طریحی‌زاده[2]

*e.nazifi@umz.ac.ir

۱- گروه علوم گیاهی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه مازندران، ایران
۲- گروه زیست دریا، دانشکده علوم دریایی و محیطی، دانشگاه مازندران، ایران

تاریخ دریافت: آبان ۱۴۰۲ تاریخ پذیرش: آذر ۱۴۰۲

چکیده

فرآورده‌های طبیعی جلبک‌های دریایی به دلیل کاربرد در زمینه‌های مختلف دارویی، تغذیه‌ای و کشاورزی در دنیا مورد توجه قرار گرفته‌اند. تحقیقات اخیر نشان داده است که متابولیت‌های دریایی می‌توانند آینده اقتصاد زیستی را شکل دهند. جمعیت‌های فراوانی از جلبک‌های جنس *Ulva* و *Sargassum* در سواحل جنوبی ایران وجود دارد. لذا، در این پژوهش، جمعیت‌های *U. lactuca* و *S. vulgare* از سواحل بوشهر جمع‌آوری و رنگدانه‌های فتوسنتزی، کربوهیدرات‌های محلول، پروتئین کل و ترکیبات اسانس آنها در فصل‌های زمستان و بهار بررسی شد. نتایج نشان داد که گونه *S. vulgare* در بهار و گونه *U. lactuca* در زمستان دارای بیشترین میزان کلروفیل‌ها و کاروتنوئید کل بودند. میزان کربوهیدرات‌های محلول گونه *U. lactuca* در بهار نسبت به زمستان افزایش معنی‌داری داشت. میزان پروتئین کل در هر دو گونه در زمستان نسبت به بهار به طور معنی‌داری افزایش یافت. ترکیبات عمده اسانس هر دو گونه شامل هیدروکربن‌های آلکانی بود که اغلب درصد فراوانی بیشتری در زمستان داشتند. در فصل بهار، اسیدهای چرب و ترکیبات آروماتیک دارای حلقه(های) فنیل در اسانس دو گونه مشاهده شد. با توجه به تغییر محتوای متابولیت‌های موجود در این گونه‌ها همراه با تغییرات فصلی، نتایج حاضر می‌تواند در انتخاب هدفمند گونه جلبکی و زمان برداشت مناسب جهت کاربردهای مختلف مؤثر باشد.

لغات کلیدی: تغییرات بیوشیمیایی، تغییرات فصلی، جلبک دریایی، خلیج فارس، کروماتوگرافی گازی-طیف سنجی جرمی

*نویسنده مسئول

[Downloaded from isfj.ir on 2025-06-27]

مقدمه

جلبک‌های دریایی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان اولیه در محیط‌های دریایی هستند. فرآورده‌های طبیعی جلبک‌های دریایی به دلیل فواید آنها در طب کلاسیک و سنتی، مورد توجه محققان قرار گرفته‌اند. جلبک‌ها به عنوان منابعی از پروتئین‌های با کیفیت، مواد معدنی، ویتامین‌ها و اسیدهای چرب غیر اشباع مورد استفاده قرار می‌گیرند، اما توجه بیشتر به خواص دارویی، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و ضدپیری آنهاست. بنابراین، ترکیبات استخراج شده از جلبک‌های دریایی منبع مهمی برای تولید داروهای جدید در نظر گرفته می‌شوند. تحقیقات اخیر نشان می‌دهند که متابولیت‌های دریایی می‌توانند آینده اقتصاد زیستی را شکل دهند و ممکن است به عنوان موج جدیدی از داروهای امیدوار کننده ظاهر شوند (Kijjoa and Sawangwong, 2004; Chan *et al*., 2006; Kendel *et al*., 2015; Yu-Qing *et al*., 2016; Barzkar *et al*., 2019; El-Shafei *et al*., 2021).

ماکروجلبک‌ها (علف‌های دریایی)، منبع غنی از ترکیبات فعال زیستی مانند رنگدانه‌های فتوسنتزی، کاروتنوئیدها، پروتئین‌ها، پلی‌ساکاریدها، اسیدهای چرب ضروری، آنتی‌اکسیدان‌ها، ویتامین‌ها و مواد معدنی هستند (Sánchez-Machado *et al*., 2004; Ganesan *et al*., 2008; Wijesinghe and Jeon, 2012; Sharma *et al*., 2017). از این‌رو، سالانه میلیون‌ها تن جلبک دریایی تازه برای مصارف غذایی و اهداف صنعتی نظیر تولید آلژینات، آگار و کاراگینان که از پرکاربردترین ترکیبات شیمیایی هستند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. علاوه‌براین، جلبک‌های دریایی در زمینه بهداشتی مانند مواد آرایشی و در زمینه کشاورزی مانند کودها نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند (Kılınç *et al*., 2013; Forster and Radulovich, 2015; Hwang *et al*., 2019; Chudasama *et al*., 2021; Pradhan *et al*., 2022).

تنوع جلبک‌ها به عنوان بخشی از فلور سواحل جزر و مدی اقیانوس‌ها، دریاها و تولیدکنندگان اولیه اکوسیستم‌های دریایی، تابع عوامل جغرافیایی و اقلیمی حاکم بر آن مناطق است (Sheppard, 1993). سواحل جنوبی ایران در کمربند حاره‌ای زمین قرار دارند و دارای تنوع اکوسیستم‌های ساحلی از نوع شنی، ماسه‌ای، گلی و صخره‌ای هستند. بیش از ۳۰۰ گونه جلبکی متفاوت در سواحل خلیج فارس و دریای عمان شناسایی شده است (Sohrabipour and Rabiei, 1999a; Sohrabipour and Rabiei, 2007; Kokabi and Yousefzadi, 2015). این سواحل زیستگاه مناسبی برای رشد انواع گونه‌های جلبک دریایی مانند جلبک‌های سبز، قهوه‌ای و قرمز است، اما فقط تعداد کمی از آنها از نظر بیولوژیک و بیوشیمیایی مورد بررسی قرار گرفته‌اند (Reynolds, 1993). از جمله، جلبک‌های فراوان سواحل خلیج فارس می‌توان به جنس‌های *Sargassum* و *Ulva* اشاره نمود. جلبک‌های جنس *Sargassum* جزو جلبک‌های قهوه‌ای است که عمدتاً در سواحل گرمسیری و نیمه گرمسیری در محدوده‌های بین جزر و مدی و در مناطق کم‌عمق محدوده‌های زیر جزر و مدی سواحل دریاها روی آبسنگ‌های مرجانی، بسترهای صخره‌ای و سنگ‌ها رویش دارند (Gholamian and Sartavi, 2022). از این جلبک‌ها به عنوان غذا، دارو و در باغداری به عنوان کود نیز استفاده می‌شود (Liu *et al*., 2020; Adderley *et al*., 2023). جلبک‌های جنس *Ulva* جزو جلبک‌های سبز دریایی بوده که منابعی از مواد مغذی مؤثر و کاربردی بوده و حاوی پروتئین‌ها، مواد معدنی، اسیدهای چرب و اسیدهای آمینه ضروری هستند (McCauley *et al*., 2016; Yu-Qing *et al*., 2016; Uribe *et al*., 2019). این جلبک‌ها در نواحی جزر و مدی و مناطق کم‌عمق به فراوانی یافت می‌شوند (Smetacek and Zingone, 2013; Wichard *et al*., 2015).

عوامل متعددی بر ترکیبات شیمیایی جلبک‌ها مؤثر است، از جمله گونه‌های مختلف، موقعیت جغرافیایی آنها، مراحل رشد و نمو و شرایط محیطی که باعث اختلاف در ترکیبات آنها می‌شود (Kumar *et al*., 2015; Nielsen *et al*., 2016; Øverland *et al*., 2019). دما، شوری و اسیدیته نیز از پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب بوده که بر رشد جلبک مؤثر هستند. از آن‌جایی‌که دما بر سایر پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب نقش کنترل‌کننده‌ای دارد، تغییرات سایر پارامترها تابعی از نوسانات دماست. بنابراین، دما اساسی‌ترین عامل محیطی به‌شمار می‌آید و در همه مطالعات اکولوژیک

[Downloaded from isfj.ir on 2025-06-27]

باید در نظر گرفته شود. در فصل بهار شرایط دمایی و به تبع آن شوری و pH در حد نرمال هستند و این امر باعث افزایش فراوانی جلبک‌ها می‌شود. در فصل پاییز و زمستان به دلیل کاهش زیاد دما، تراکم جلبک‌ها کاهش می‌یابد (Dadolahi-Sohrab *et al*., 2012). ماکروجلبک‌ها در محیطی با شرایط ناپایدار دما، شوری، نور، مواد مغذی و آلاینده‌هایی مانند فلزات سنگین زندگی می‌کنند. این جلبک‌ها برای سازگاری با تغییر شرایط محیطی، طیف گسترده‌ای از متابولیت‌ها را تولید می‌کنند که در موجودات خشکی‌زی وجود ندارند. ترکیبات زیست‌فعال ماکروجلبک‌ها به عنوان یک مکانیسم دفاعی شیمیایی برای محیط‌های سختی که در آن رشد می‌کنند، توسعه یافته است (Buschmann *et al*., 2004; Paliwal *et al*., 2017; Ji and Gao, 2021).

جلبک‌های موجود در منابع دریایی جنوب کشور، یکی از ظرفیت‌های زیستی ارزشمند کشور هستند که می‌توان با برنامه‌ریزی اصولی و هدفمند از این منابع و ذخایر دریایی موجود استفاده و بهره‌برداری نمود. تنوع و محتوای متابولیت‌های موجود در گونه‌های مختلف جلبکی متفاوت است و احتمالاً شرایط اکولوژیک حاکم بر فصل‌های مختلف می‌تواند میزان این متابولیت‌ها را متأثر سازد. از این‌رو، در این پژوهش، میزان متابولیت‌های موجود در جلبک‌های *Ulva lactuca* و *Sargassum vulgare* جمع‌آوری شده از نواحی جزر و مدی خلیج فارس در سواحل بوشهر در دو فصل زمستان و بهار بررسی شد که نتایج حاصل می‌تواند در انتخاب هدفمند گونه‌های جلبکی در فصل مناسب مؤثر باشد.

مواد و روش کار

جمع‌آوری نمونه

جلبک سبز *U. lactuca* و جلبک قهوه‌ای *S. vulgare* از نواحی جزر و مدی خلیج فارس در سواحل بوشهر (در امتداد سواحل پارک مرجان و پارک شغاب) در زمستان (دی) ۱۳۹۹ و بهار (فروردین) ۱۴۰۰ جمع‌آوری و در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی بوشهر با استفاده از منابع معتبر (Sterrer, 1986; Sohrabipour and Rabiei, 1999b; Gharanjik and Rohani-Ghadikolaei, 2011; Guiry and Guiry, 2022) شناسایی شدند. به منظور زدودن آلودگی‌ها و ذرات ماسه، نمونه‌های جمع‌آوری شده ابتدا با آب شهری و سپس با آب مقطر شستشه شده و تا زمان انجام آزمایش در فریزر با دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

سنجش کلروفیل‌ها و کاروتنوئید کل

مقدار ۰/۲ گرم از نمونه جلبکی با ۱۰ میلی‌لیتر متانول خالص در هاون سائیده شد. جهت استخراج بهتر رنگیزه‌ها، نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در دستگاه شیکر مخلوط شدند و سپس به مدت ۱۰ دقیقه در دستگاه اُلتراسونیک قرار گرفتند. بعد از پنج دقیقه سانتریفیوژ با سرعت ۳۰۰۰×g، محلول رویی جداسازی شد. در نهایت با استفاده از فرمول‌های زیر میزان رنگیزه‌ها محاسبه و بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن جلبک بیان شد. (A_x میزان جذب در طول موج X است) (Jeffrey, 1963; Lichtenthaler and Buschmann, 2001):

کلروفیل‌های جلبک سبز

معادله ۱ $$\text{Chl } a = (16.72 * A_{665}) - (9.16 * A_{652})$$

معادله ۲ $$\text{Chl } b = (34.09 * A_{652}) - (15.28 * A_{665})$$

کلروفیل‌های جلبک قهوه‌ای

معادله ۳ $$\text{Chl } a = (16.4351 * A_{665}) - (3.2416 * A_{632})$$

معادله ۴ $$\text{Chl } c = (34.2247 * A_{632}) - (1.5492 * A_{665})$$

کاروتنوئیدها

معادله ۵ $$\text{Carotenoid} = ((1000 * A_{470}) - (1.63 * \text{Chl } a) - (119.5 * \text{Chl } c))/221$$

[Downloaded from isfj.ir on 2025-06-27]

سنجش کربوهیدرات‌های محلول

مقدار ۰/۲ گرم از نمونه‌های جلبکی با پنج میلی‌لیتر HCl ۲/۵ مولار سائیده شد و به مدت ۳ ساعت در حمام آب گرم و در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. پس از خنک شدن پنج میلی‌لیتر NaOH ۲/۵ مولار به آن اضافه شد و نمونه‌ها به مدت پنج دقیقه با سرعت g×۳۰۰۰ سانتریفیوژ شدند. حجم ۴۰۰ میکرولیتر از محلول رویی با ۴۰۰ میکرولیتر فنول ۵ درصد مخلوط و سپس ۲۰۰۰ میکرولیتر اسید سولفوریک غلیظ به آن اضافه شد. نمونه‌ها پس از ورتکس شدن به مدت ۳۰ دقیقه در انکوباتور و در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس جذب نمونه‌ها به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر و در طول موج ۴۸۵ نانومتر اندازه‌گیری و در نهایت میزان کربوهیدرات‌های محلول آنها با استفاده از نمودار استاندارد حاصل از غلظت‌های مختلف گلوکز بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن جلبک بیان شد (DuBois *et al*., 1956; Postma *et al*., 2016).

سنجش پروتئین

مقدار ۰/۲ گرم از جلبک با استفاده از نیتروژن مایع پودر شد. بلافاصله ۲۰۰۰ میکرولیتر بافر پتاسیم فسفات ۵۰ میلی‌مولار (pH 7) و ۲۰۰ میکرولیتر PMSF[1] ۱۰ میلی‌مولار به آن اضافه و در دمای یخ سائیده شد. پس از ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ با سرعت g×۱۰۰۰۰، محلول رویی جداسازی شد و جهت سنجش پروتئین با روش برادفورد مورد استفاده قرار گرفت. حجم ۱۰۰ میکرولیتر از محلول رویی با ۱۰۰۰ میکرولیتر محلول برادفورد مخلوط و پس از ۱۰ دقیقه میزان جذب آن در طول موج ۵۹۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. در نهایت میزان پروتئین کل با استفاده از نمودار استاندارد حاصل از غلظت‌های مختلف آلبومین سرم گاوی محاسبه و بر حسب میکروگرم بر گرم وزن جلبک بیان گردید (Bradford, 1976).

تجزیه‌وتحلیل اسانس

اسانس جلبک‌ها با روش تقطیر با آب مقطر و با استفاده از دستگاه کلونجر استخراج شد. بدین منظور از ۵۰ گرم جلبک به همراه ۲۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر استفاده شد. بعد از طی ۲/۵ ساعت عمل تقطیر، اسانس حاصل جمع‌آوری و به آن ۰/۵ میلی‌لیتر حلال n-هگزان اضافه شد. آنالیز اسانس به‌وسیله دستگاه کروماتوگرافی گازی-طیف‌سنجی جرمی GC (Agilent 7890 A) –MS (Agilent 5975 C) انجام گرفت. ستون مورد استفاده از نوع DB-1ms با طول ۶۰ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر بود. گاز حامل در تمامی نمونه‌ها هلیوم و با نسبت جریان ۱ میلی‌لیتر بر دقیقه بود. دمای محفظه تزریق ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد بود. دمای ستون ۴ دقیقه در ۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس در گام اول تا دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۴ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه و در ادامه تا دمای ۲۴۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۶ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه افزایش یافت. در پایان به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۲۴۰ درجه سانتی‌گراد باقی ماند. شناسایی ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس با بررسی طیف‌های جرمی و مسیر فراگمانتاسیون آنها و مقایسه با طیف‌های جرمی استاندارد در بانک اطلاعاتی موجود در دستگاه (Nist08) انجام شد (Falcão *et al*., 2018; El Amrani Zerrifi *et al*., 2020).

روش تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها

نتایج به‌دست آمده با روش‌های آزمون t گروه‌های مستقل[2] جهت مقایسه میانگین‌های هر گونه در فصل‌های زمستان و بهار، آنالیز واریانس یک‌طرفه[3] و آزمون چند دامنه‌ای دانکن[4] جهت مقایسه بین گونه‌ها در فصل‌های زمستان و بهار در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ در نرم‌افزار SPSS 18 مورد تجزیه‌وتحلیل آماری قرار گرفت. جهت رسم نمودار از نرم افزار Excel 2013 استفاده شد.

نتایج

مقایسه میانگین میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی در هر دو گونه تفاوت معنی‌داری را در فصل‌های زمستان و بهار نشان دادند به‌طوری‌که میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید در گونه *U. lactuca* در فصل زمستان افزایش معنی‌داری

[1] Phenyl Methane Sulfonyl Fluoride (PMSF)

[2] Independent-samples T test

[3] One-Way ANOVA

[4] Duncan

[Downloaded from isfj.ir on 2025-06-27]

نسبت به فصل بهار داشت ($p\leq0.05$) (جدول ۱) درحالی‌که میزان این رنگدانه‌ها در گونه *S. vulgare* در فصل بهار افزایش معنی‌داری نسبت به فصل زمستان داشت ($p\leq0.05$) (جدول ۲). در بین نمونه‌های مورد مطالعه، بیشترین میزان کلروفیل a در گونه *S. vulgare* در فصل بهار و بیشترین میزان کاروتنوئید در گونه *U. lactuca* در فصل بهار بود ($p\leq0.05$) (شکل ۱).

مقایسه میانگین میزان کربوهیدرات‌های محلول تنها در گونه *U. lactuca* تفاوت معنی‌داری را در فصل‌های زمستان و بهار نشان داد که در فصل بهار افزایش معنی‌داری نسبت به فصل زمستان داشت ($p\leq0.05$) (جدول ۱). مقایسه میانگین میزان پروتئین در هر دو گونه تفاوت معنی‌داری را در فصل‌های زمستان و بهار نشان دادند به‌طوری‌که میزان پروتئین کل در هر دو گونه در فصل زمستان افزایش معنی‌داری نسبت به فصل بهار داشت ($p\leq0.05$) (جداول ۱ و ۲). در بین نمونه‌های مورد بررسی، بیشترین میزان کربوهیدرات‌های محلول در گونه *U. lactuca* در فصل بهار و بیشترین میزان پروتئین کل نیز در گونه *U. lactuca* و در فصل زمستان بود ($p\leq0.05$). همچنین نتایج نشان داد که محتوای کاروتنوئیدی، کربوهیدرات‌های محلول و پروتئین کل در گونه *U. lactuca* در هر دو فصل بیشتر از گونه *S. vulgare* بوده که از لحاظ آماری نیز معنی‌دار است ($p\leq0.05$) (شکل ۱).

جدول ۱: مقایسه میزان متابولیت‌های گونه *Ulva lactuca* در فصل‌های زمستان و بهار

Table 1: Comparison of metabolites of *U. lactuca* in winter and spring

Metabolites	Winter	Spring	Mean Differences	*p* value
Chl a (mg g^{-1})	0.28±0.01	0.15±0.02	0.14	0.000*
Chl b (mg g^{-1})	0.21±0.02	0.10±0.02	0.11	0.000*
Carotenoids (mg g^{-1})	0.07±0.003	0.05±0.003	0.02	0.000*
Soluble Carbohydrates (mg g^{-1})	1.48±0.06	1.93±0.08	0.44	0.000*
Proteins (µg g^{-1})	1.72±0.10	1.19±0.03	0.54	0.000*

تفاوت میانگین‌ها با آزمون t گروه‌های مستقل در سطح ۰/۰۵ معنی‌داری هستند.

∗ The difference of means with the independent-samples T test is significant at the 0.05 level

جدول ۲: مقایسه میزان متابولیت‌های گونه *Sargassum vulgare* در فصل‌های زمستان و بهار

Table 2: Comparison of metabolites of *S. vulgare* in winter and spring

Metabolites	Winter	Spring	Mean Differences	*p* value
Chl a (mg g^{-1})	0.23±0.02	0.46±0.05	0.24	0.000*
Chl c (mg g^{-1})	0.09±0.01	0.24±0.03	0.15	0.000*
Carotenoids (mg g^{-1})	0.01±0.002	0.03±0.004	0.02	0.000*
Soluble Carbohydrates (mg g^{-1})	0.98±0.11	0.91±0.10	0.08	0.350^{ns}
Proteins (µg g^{-1})	1.05±0.14	0.75±0.09	0.30	0.033*

^{ns} تفاوت میانگین‌ها معنی دار نیست

تفاوت میانگین‌ها با آزمون t گروه‌های مستقل در سطح ۰/۰۵ معنی‌داری هستند.

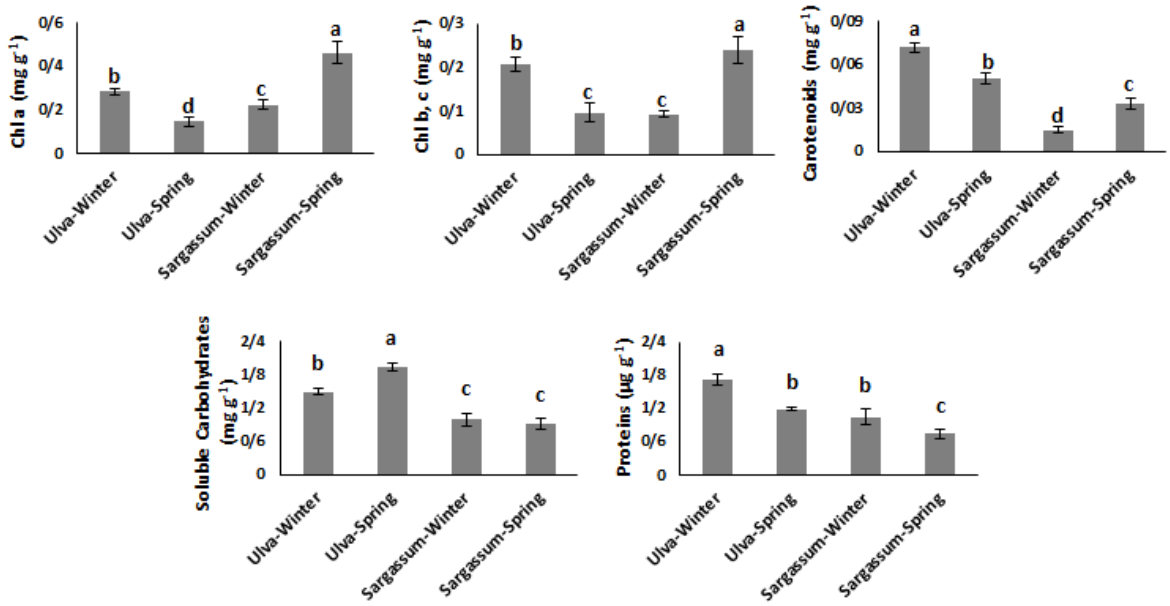
∗ The difference of means with the independent-samples T test is significant at the 0.05 level

^{ns} The difference of means is not significant

بررسی اسانس گونه *U. lactuca* در فصل‌های زمستان و بهار نشان داد که ترکیبات عمده و مشترک موجود در آنها شامل هیدروکربن‌های آلکانی نظیر اکتان، دکان، دودکان، تری‌دکان، تترادکان، آندکان، ۳-متیل‌هپتان، ۳-متیل‌نونان، هگزادکان و ترکیبات سیکلو آلکانی شامل مشتقات سیکلوپنتان بود که اغلب میزان آنها در فصل زمستان بیشتر از فصل بهار بود. هیدروکربن‌های آروماتیک شامل مشتقات بنزنی نظیر انواع زایلن و تولوئن نیز در هر دو فصل مشاهده شد که تنوع این دسته از ترکیبات در فصل بهار بیشتر از زمستان بود. برخی ترکیبات آروماتیک نظیر ۱-فنیل ۱-بوتن، P-اتیل‌استیرن و ۵،۳،۱-تری‌فنیل-۱ و ۵-پنتادیون تنها در فصل بهار مشاهده شد. به‌علاوه، ترکیباتی نظیر

[Downloaded from isfj.ir on 2025-06-27]

آلدهید چرب اشباع هگزادکانال، آلدهید چرب غیراشباع ۷،۱۰،۱۳-هگزادکاترینال، الکل چرب ۱۰،۱۲-هگزادکادی‌اِن-۱-اُل و الکل ترپنوئید فیتول و همچنین اسیدهای چرب شامل لینولنیک اسید، پالمیتیک اسید، ایکوزاپنتائنویک اسید متیل‌استر، لینولنیک اسید متیل‌استر و مالئیک اسید مونوبوتیل‌استر نیز تنها در فصل بهار مشاهده شدند (جدول ۳).



شکل ۱: مقایسه میزان متابولیت‌های گونه‌های *U. lactuca* و *S. vulgare* در فصل‌های زمستان و بهار. میزان کلروفیل a، کاروتنوئید، کربوهیدرات‌های محلول و پروتئین کل برای هر دو گونه و میزان کلروفیل b برای گونه *U. lactuca* و کلروفیل c برای گونه *S. vulgare* نشان داده شده است. حروف متفاوت روی نمودار تفاوت معنی‌دار نمونه‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ را نشان می‌دهد.

Figure 1: Comparison of the amount of metabolites of *U. lactuca* and *S. vulgare* in winter and spring. The amount of chl a, carotenoid, soluble carbohydrates and total protein for both species and the amount of chl b for *U. lactuca* and chl c for *S. vulgare* are shown. Different letters on the graph indicate the significant difference of the samples with Duncan's multiple range test at the significance level of 0.05.

جدول ۳: مقایسه متابولیت‌های شناسایی شده در اسانس گونه *U. lactuca* در فصل‌های زمستان و بهار

Table 3: Comparison of metabolites identified in the essential oil of *U. lactuca* in winter and spring

Winter			Spring		
Retention Time (min)	Area (%)	Compound	Retention Time (min)	Area (%)	Compound
9.69	3.97	Heptane, 3-Methyl	10.00	4.90	Heptane, 3-Methyl
10.23	4.48	Cyclopentane, 1-ethyl-3-methyl-	10.52	3.86	Cyclopentane, 1-ethyl-3-methyl-
10.97	20.62	Octane	11.10	20.69	Octane
11.82	0.28	Cyclopentane, propyl-	12.15	0.20	Cyclopentane, propyl-
12.99	0.19	m-Xylene	13.23	0.18	m-Xylene
16.82	0.13	Toluene, m-ethyl-	17.00	0.14	Toluene, m-ethyl-
			17.28	0.35	Octane, 4-ethyl-
17.28	0.97	Nonane, 5-methyl-	17.50	0.69	Nonane, 5-methyl-
17.44	0.13	Nonane, 2-methyl-	17.64	0.07	Nonane, 2-methyl-
17.58	0.23	Octane, 3-ethyl-			
17.74	1.42	Nonane, 3-methyl-	17.96	1.00	Nonane, 3-methyl-
			18.37	0.26	Hemimellitene

[Downloaded from isfj.ir on 2025-06-27]

Winter			Spring		
Retention Time (min)	Area (%)	Compound	Retention Time (min)	Area (%)	Compound
18.44	0.40	1-Decene			
19.15	19.63	Decane	19.54	16.77	Decane
19.42	0.11	2-Decene, (Z)-	19.79	0.11	4-Decene
20.27	0.11	Cyclopentane, pentyl-	20.54	0.12	Cyclopentane, pentyl-
			20.78	0.12	Toluene, m-propyl-
21.85	0.09	o-Xylene, 4-ethyl-	22.04	0.30	o-Xylene, 4-ethyl-
			22.79	0.15	p-Xylene, 2-ethyl-
22.93	4.03	Undecane	23.23	3.21	Undecane
23.24	0.06	Prehnitene	23.29	0.23	Prehnitene
			23.98	0.12	Decane, 3,6-dimethyl-
			24.09	0.14	1-Phenyl-1-butene
			24.45	0.11	Styrene, p-ethyl-
24.77	0.17	Decane, 4-ethyl-			
24.99	0.66	Undecane, 5-methyl-			
			25.19	0.61	2,6-Dimethyldecane
25.54	0.65	Undecane, 3-methyl-	25.74	0.53	Undecane, 3-methyl-
26.10	0.13	Cyclododecane			
26.25	1.18	Cyclopentane, 1-hexyl-3-methyl-	26.48	1.05	Cyclopentane, 1-hexyl-3-methyl-
26.77	17.47	Dodecane	27.23	13.59	Dodecane
27.67	0.08	1,5-Dimethyldecahydronaphthalene	28.03	0.12	1,5-Dimethyldecahydronaphthalene
30.15	6.46	Tridecane	30.46	4.20	Tridecane
31.87	0.17	Tridecane, 5-methyl-	32.05	0.14	Tridecane, 5-methyl-
32.40	0.15	3,5-Dimethyldodecane	32.57	0.12	3,5-Dimethyldodecane
32.97	0.08	3-Tetradecene	33.14	0.14	1-Tetradecene
33.34	4.16	Tetradecane	33.61	3.34	Tetradecane
36.02	0.1	Pentadecane	36.15	0.1	Pentadecane
38.42	1.01	Hexadecane	38.58	0.82	Hexadecane
			39.96	0.24	Maleic acid, monobutyl ester
			40.18	0.61	9-Nonadecene
			40.67	1.53	Hexadecanal
			42.05	0.20	7,10,13-Hexadecatrienal
42.48	0.34	Octadecane	42.55	0.30	Octadecane
			43.26	0.14	10,12-Hexadecadien-1-ol
			43.55	0.14	Linolenic acid, methyl ester
			43.65	0.39	Eicosapentaenoic acid, methyl ester
			43.98	1.97	Linolenic acid
			45.18	0.19	Palmitic acid
45.98	0.17	Eicosane	45.92	0.20	Eicosane
			47.67	1.12	Phytol
49.50	0.11	Docosane	49.24	0.12	Docosane
			53.72	0.12	Tetracosane
			53.89	0.23	1,3,5-Triphenyl-1,5-pentadione

بررسی اسانس گونه *S. vulgare* نشان داد که ترکیبات عمده موجود در فصل زمستان از هیدروکربن‌های آلکانی و سیکلو آلکانی تشکیل شده بود که از لحاظ مقدار به‌ترتیب شامل دکان، دودکان، اکتان، ۳-متیل‌هپتان، تری‌دکان، ۱-اتیل ۳-متیل‌سیکلوپنتان و تترادکان، آندکان، ۳-متیل‌نونان، هگزادکان، ۵-متیل‌نونان و ۱-هگزیل ۳-متیل‌سیکلوپنتان بودند. اکثر این ترکیبات در فصل بهار نیز شناسایی شدند و اغلب میزان آنها کمتر از فصل زمستان بود. تعدادی از ترکیبات هیدروکربنی آروماتیک شامل m-زایلن، m-اتیل تولوئن، β-سیمن و ۴-اتیلo-زایلن نیز در فصل زمستان شناسایی شد که در مقایسه با فصل بهار متنوع‌تر بودند. در فصل بهار تنها دو ترکیب هیدروکربنی آروماتیک شامل m-زایلن و ۴-اتیلo-زایلن شناسایی شد. در فصل بهار ترکیبات آروماتیک دارای دو حلقه فنیل از جمله ۲-هیدروکسی-۲-

[Downloaded from isfj.ir on 2025-06-27]

فنیل‌اتیل‌بنزوات، اتانون‌دی‌هیدروکسی-۲،۱-دی‌فنیل، ۳،۱-پروپاندیون۳،۱-دی‌فنیل و ۴،۱-بوتاندیون۴،۱-دی‌فنیل به میزان قابل توجهی شناسایی شدند که در فصل زمستان وجود نداشت. در فصل زمستان تنها ترکیب ۶-فنیل‌تری‌دکان با یک گروه فنیل با درصد فراوانی اندک مشاهده شد. همچنین ترکیبات اسید چرب مانند پالمیتیک اسید، اکتادکِنوئیک اسید، استئاریک اسید، پنتادکانوئیک اسید و لائوریک اسید در فصل بهار مشاهده شد درحالی‌که در فصل زمستان تنها پالمیتیک اسید و به مقدار کمتری یافت شد (جدول ۴).

جدول ۴: مقایسه متابولیت‌های شناسایی شده در اسانس گونه *S. vulgare* در فصل‌های زمستان و بهار

Table 4: Comparison of metabolites identified in the essential oil of *S. vulgare* in winter and spring

Winter			Spring		
Retention Time (min)	Area (%)	Compound	Retention Time (min)	Area (%)	Compound
9.91	6.06	Heptane, 3-Methyl	9.76	1.92	Heptane, 3-Methyl
10.40	5.35	Cyclopentane, 1-ethyl-3-methyl-	10.30	1.56	Cyclopentane, 1-ethyl-3-methyl-
10.93	12.81	Octane	11.04	20.48	Octane
13.09	0.14	m-Xylene	13.09	0.16	m-Xylene
16.50	0.20	Octane, 2,6-dimethyl-			
16.88	0.20	Toluene, m-ethyl-			
17.18	0.57	Octane, 4-ethyl-	17.21	0.20	Octane, 4-ethyl-
17.41	1.28	Nonane, 5-methyl-	17.41	0.42	Nonane, 5-methyl-
17.87	1.80	Nonane, 3-methyl-			
			18.30	0.22	Hemimellitene
19.28	14.39	Decane	19.29	14.22	Decane
19.66	0.10	3-Decene			
20.42	0.11	Cyclopentane, pentyl-			
21.62	0.11	β-Cymene			
21.92	0.15	o-Xylene, 4-ethyl-	21.97	0.05	o-Xylene, 4-ethyl-
23.09	3.53	Undecane	23.07	1.84	Undecane
23.86	0.12	Decane, 3,6-dimethyl-			
25.08	0.72	Undecane, 5-methyl-	25.14	0.30	Undecane, 5-methyl-
25.63	0.63	Undecane, 3-methyl-	25.68	0.28	Undecane, 3-methyl-
26.37	1.22	Cyclopentane, 1-hexyl-3-methyl-	26.43	0.53	Cyclopentane, 1-hexyl-3-methyl-
26.99	12.83	Dodecane	26.94	10.80	Dodecane
			29.35	0.37	β-Phenylpropiophenone
30.34	5.53	Tridecane	30.30	3.28	Tridecane
			31.81	0.25	3-Phenylbutyrophenone
31.91	0.22	Tridecane, 5-methyl-			
32.45	0.21	Tridecane, 3-methyl-			
33.03	0.19	1-Tetradecene	33.09	0.11	5-Tetradecene, (E)-
33.50	5.10	Tetradecane	33.48	2.22	Tetradecane
			36.14	0.11	Pentadecane
			37.56	0.22	Lauric acid
37.76	0.10	Pentadecane, 3-methyl-			
38.48	1.79	Hexadecane	38.52	0.64	Hexadecane
39.52	0.11	Norphytan			
			39.79	2.70	2-Vinylbenzophenone
40.43	0.10	Undecane, 2-phenyl-			
40.51	0.26	Heptadecane	40.60	0.09	Heptadecane
40.97	0.11	Dodecane, 6-phenyl-			
41.05	0.17	Dodecane, 5-phenyl-			
41.29	0.12	Dodecane, 4-phenyl-			
			41.69	3.72	Ethanone, 2-hydroxy-1,2-diphenyl-
41.89	0.16	Heptadecane, 3-methyl-			
			41.91	6.67	2-Hydroxy-2-phenylethyl benzoate

[Downloaded from isfj.ir on 2025-06-27]

Winter			Spring		
Retention Time (min)	Area (%)	Compound	Retention Time (min)	Area (%)	Compound
42.45	0.79	Octadecane	42.51	0.48	Octadecane
42.65	0.19	Phytan			
			42.79	2.75	1,3-Propanedione, 1,3-diphenyl-
42.81	0.11	Tridecane, 6-phenyl-			
			43.45	0.27	Pentadecanoic acid
44.17	0.12	Nonadecane	44.26	0.11	Nonadecane
45.09	0.30	Palmitic acid	45.23	1.55	Palmitic acid
			45.33	0.37	7-Phenylbicyclo[4.2.1]nona-2,4,7-triene
			45.52	1.17	1,4-Butanedione, 1,4-diphenyl-
45.82	0.49	Eicosane	45.90	0.30	Eicosane
47.37	0.21	Heneicosane			
			48.00	0.75	13-Octadecenoic acid
			48.40	0.31	Stearic acid
49.11	0.37	Docosane	49.22	0.14	Docosane
53.53	0.32	Tetracosane			

بحث

در این پژوهش جلبک سبز *U. lactuca* و جلبک قهوه‌ای *S. vulgare* از سواحل خلیج فارس در بوشهر و در فصل‌های زمستان و بهار جمع‌آوری و از لحاظ محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی، کربوهیدرات‌های محلول، پروتئین کل و متابولیت‌های موجود در اسانس بررسی شدند. نتایج نشان داد که متابولیت‌های موجود در این گونه‌های جلبکی از لحاظ کمّی و کیفی در فصل‌های زمستان و بهار متفاوت هستند.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی شامل کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدهای دو گونه جلبک سبز و قهوه‌ای در فصل‌های زمستان و بهار متفاوت بوده به‌طوری‌که میزان این رنگدانه‌ها در جلبک سبز *U. lactuca* در فصل زمستان و در جلبک قهوه‌ای *S. vulgare* در فصل بهار بیشتر بود (جدول ۱ و ۲). نتایج سایر پژوهش‌ها نیز نشان داد که میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی در گونه‌های جنس *Ulva* با افزایش شدت تابش‌های فعال فتوسنتزی کاهش یافت (Cruces *et al*., 2019; Eismann *et al*., 2020). همچنین جلبک سبز *Ulva lactuca* در سازگاری با نور کم تحت شرایط زمستانی در محیط آزمایشگاهی، افزایش محتوای کلروفیلی را نشان داد که احتمالاً به دلیل افزایش واحدهای فتوسنتزی بود (Mishkind and Mauzerall, 1980; Vermaat and Sand-Jensen, 1987; Kirk, 1994). بررسی محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی جلبک قهوه‌ای *Sargassum pallidum* نشان داد که غلظت کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها با رشد و بلوغ جلبک افزایش یافت و در روزهای بلند با دمای بالا به حداکثر خود رسید. محتوای رنگدانه‌ها با شروع روزهای کوتاه و کاهش دمای آب کاهش یافت (Gerasimenko and Logvinov, 2016). مطالعه اثر نور و شوری بر جلبک قرمز *Palmaria palmata* و جلبک سبز *Ulva lactuca* نشان داد که بررسی میزان فتوسنتز، رشد و محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی در اثرات متقابل نور و شوری روی گونه‌های متفاوت بسیار پیچیده بوده و از آنتاگونیستی تا افزایشی متغیر بود (Beauchamp, 2012). مطالعه جلبک *Undaria pinnatifida* نشان داد که تغییرات فصلی و رشدی اثر قابل‌توجهی در محتوای لیپیدهای کل و محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی این جلبک قهوه‌ای داشت (Gerasimenko *et al*., 2011). نتایج مطالعه حاضر نیز نشان داد که تغییرات فصلی از زمستان به بهار موجب تغییر میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی در جلبک سبز *U. lactuca* و جلبک قهوه‌ای *S. vulgare* شده است. با توجه به جمع‌آوری این نمونه‌ها در زمان‌های یکسان، به‌نظر می‌رسد که پاسخ‌های متفاوت این گونه‌های جلبکی در میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی در فصل‌های زمستان و بهار ناشی از تفاوت‌های فیزیولوژیک این گونه‌ها باشد.

در پژوهش حاضر، میزان کربوهیدرات‌های محلول در جلبک سبز *U. lactuca* در فصل بهار افزایش معنی‌داری نسبت به

[Downloaded from isfj.ir on 2025-06-27]

فصل زمستان داشت درحالی‌که در جلبک قهوه‌ای *S. vulgare* تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. میزان پروتئین کل در هر دو گونه جلبک سبز *U. lactuca* و جلبک قهوه‌ای *S. vulgare*، در فصل زمستان افزایش معنی‌داری نسبت به فصل بهار نشان داد (جداول ۱ و ۲). بررسی جلبک قهوه‌ای *Sargassum horneri* جمع‌آوری شده از دریای Chikuzen (ژاپن) در فصل‌های زمستان و بهار نشان داد که میزان کربوهیدرات و فیبر کل در فصل بهار و میزان پروتئین کل در فصل زمستان بیشتر بود. میزان پروتئین در ماه فوریه به حداکثر رسید و میزان کربوهیدرات‌ها و فیبر از ماه فوریه شروع به افزایش نمود و در انتهای ماه مارس به حداکثر رسید. پیشنهاد شد که افزایش محتوای پروتئین در اواسط زمستان احتمالاً مربوط به مرحله بلوغ جلبک باشد و افزایش میزان کربوهیدرات و فیبر در اواخر زمستان با بیشینه مرحله بلوغ جلبک همزمان است که شروع به ترشح ترکیبات پلی‌ساکاریدی نظیر فوکوایدان می‌کند (Kimura *et al*., 2007; Murakami *et al*., 2011). بررسی جلبک قهوه‌ای *Saccharina latissima* در سواحل غربی نروژ نشان داد که کاهش شدت نور باعث افزایش میزان پروتئین شده است (Sharma *et al*., 2018). بررسی میزان پروتئین موجود در جلبک قرمز *Palmaria palmata* نیز نشان داد که میزان پروتئین در فصل زمستان بیشتر از فصل تابستان بود (Rødde *et al*., 2004). مطالعه جلبک‌های قهوه‌ای *Saccharina japonica*، *Sargassum pallidum* و *Stephanocystis crassipes* نشان داده است که بیشترین میزان پلی‌ساکارید فوکوایدان در *S. crassipes* در اواخر بهار، در *S. pallidum* در اوایل تابستان و در *S. japonica* در اواسط تابستان بوده است (Skriptsova, 2016). بیان شده است که میزان فوکوایدان‌ها به عواملی مانند دما، شوری، غلظت مواد مغذی و مقدار نور خورشید بستگی دارد. به‌علاوه، تفاوت‌های فصلی در میزان فوکوایدان‌ها به مرحله نموی آنها مربوط است به‌طوری‌که در مرحله زایشی بیشترین میزان فوکوایدان را تولید می‌کنند (Imbs *et al*., 2009; Rioux *et al*., 2009; Skriptsova *et al*., 2010; Skriptsova *et al*., 2012). در پژوهشی، میزان متابولیت‌های جلبک سبز *Ulva rigida* در چهار فصل مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که محتوای پروتئین در فصل‌های پاییز و زمستان به بالاترین سطح و محتوای کل فیبرهای غذایی در فصل بهار به حداکثر میزان خود رسیدند. قرار گرفتن در معرض شرایط اشباع نور باعث کاهش جذب نیتروژن در بافت ماکروجلبک و در نتیجه کاهش سطح پروتئین می‌شود. در مقابل، به‌نظر می‌رسد که کاهش طول روز و دما در طول ماه‌های پاییز و زمستان باعث افزایش جذب نیتروژن و در نتیجه افزایش سنتز پروتئین می‌شود (Queirós *et al*., 2021). تغییرات فصلی و به همراه آن تغییرات در میزان بارندگی، دما، شدت نور، شوری و ... می‌تواند میزان متابولیت‌های موجود در جلبک‌های دریایی را تغییر دهد. در این ارتباط، بررسی جلبک قرمز *Gracilaria cervicornis* و جلبک قهوه‌ای *Sargassum vulgare* جمع‌آوری شده از سواحل شمال غربی برزیل نشان داد که در هر دو جلبک میزان پروتئین همبستگی منفی و میزان کربوهیدرات همبستگی مثبت با دمای آب داشت. در هر دو گونه میزان کربوهیدرات همبستگی منفی با میزان پروتئین داشت (Marinho-Soriano *et al*., 2006). مطالعه حاضر نیز نتایج مطالعات گزارش شده پیشین را تأیید نموده و نشان داده است که میزان کربوهیدرات در فصل بهار و میزان پروتئین در فصل زمستان بیشتر بود. همان‌طوری‌که بیان شد، به‌نظر می‌رسد که پارامترهایی مانند شدت تابش نور و دما، که با تغییر فصل‌ها تغییر می‌کنند، به عنوان عوامل اکولوژیک تأثیر گذار بر فیزولوژی گیاه و متعاقباً تولید ترکیبات مهمی مانند پروتئین و کربوهیدرات باشند، اگرچه تفاوت‌های بین گونه‌ای جلبک‌ها را به عنوان یکی از عوامل مهم نباید فراموش کرد.

ماکروجلبک‌ها منبع غنی ترکیبات مغذی مختلفی مانند پروتئین، لیپید، اسید چرب، اسید آمینه، کربوهیدرات، مواد معدنی هستند. این جلبک‌ها منابع مهمی از ترکیبات فعال زیستی با فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی، ضدباکتریایی، ضدقارچ، سمیت سلولی، ضدالتهابی و ضددیابتی در زمینه‌های تولیدات دارویی و غذایی هستند (Chandini *et al*., 2008; Narasimhan *et al*., 2013). جلبک‌هایی که در مناطق ساحلی یافت می‌شوند، منابع غذایی مهمی برای انسان و حیوانات هستند. آنها به‌وضوح تحت تأثیر پارامترهای

[Downloaded from isfj.ir on 2025-06-27]

محیطی هستند و تغییرات این پارامترها بر میزان ترکیبات شیمیایی آنها اثر می‌گذارند (Suthar *et al*., 2019). در مطالعه‌ای با هدف بررسی تأثیر فصول خشک و بارانی بر ترکیبات بیوشیمیایی ماکروجلبک‌های *Ulva fasciata*، *Crassiphycus corneus* و *Sargassum vulgare* در محیط گرمسیری نشان داده شد که میزان پروتئین کل، چربی کل و کربوهیدرات گونه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری با یکدیگر دارند. نتایج نشان داد که میزان پروتئین و کربوهیدرات کل در هر دو فصل خشک و بارانی در گونه *U. fasciata* بیشتر از گونه *S. vulgare* بوده درحالی‌که میزان فنول کل و کلروفیل‌ها در گونه *S. vulgare* بیشتر از گونه *U. fasciata* بود. همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که ترکیبات جلبک‌های دریایی با توجه به گونه و فصل برداشت به طور قابل‌توجهی متفاوت است (De Melo *et al*., 2021). نتایج پژوهش حاضر نیز نشان داد که جلبک سبز *U. lactuca* در هر دو فصل، میزان کاروتنوئید، کربوهیدرات‌های محلول و پروتئین کل بیشتری نسبت به جلبک قهوه‌ای *S. vulgare* داشت. نتایج پژوهش حاضر برخی مطالعات پیشین در سواحل خلیج فارس را تأیید نمود. برای مثال، بررسی محتوای پروتئین ماکروجلبک‌های *Ulva linza* و *Sargassum vulgare* از خطوط ساحلی خلیج فارس نشان داد که جلبک‌های سبز *U. linza* محتوای پروتئین بیشتری نسبت به جلبک‌های قهوه‌ای *S. vulgare* داشتند (Pirian *et al*., 2018). همچنین بررسی جلبک‌های *Ulva intestinalis* و *Sargassum angustifolium* جمع‌آوری شده از سواحل بوشهر در فصل‌های سرد (بهمن) و گرم (تیر) نشان داد که میزان کلروفیل a در جلبک *S. angustifolium* نسبت به *U. intestinalis* بیشتر بود (Alahverdi *et al*., 2012). در پژوهش حاضر نیز در فصل بهار میزان کلروفیل a در جلبک *S. vulgare* به طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از جلبک *U. lactuca* بود، اما در فصل زمستان میزان کلروفیل a در جلبک *U. lactuca* اندکی بیشتر بود (شکل ۱). به‌نظر می‌رسد، همان‌طوری‌که در سایر مطالعات نیز بیان شد، تفاوت‌های گونه‌ای از عوامل اصلی تفاوت میزان متابولیت‌های موجود در جلبک‌ها باشد و تغییرات فصلی و به دنبال آن تغییر طیف وسیعی از عوامل محیطی (شوری آب دریا، pH، نور خورشید، مواد معدنی، امواج و جریان آب)، مسئول تغییرات در سطوح بیوشیمیایی جلبک‌های دریایی هستند (Kumar *et al*., 2015; Sharma *et al*., 2018). نتایج حاضر و مطالعات پیشین اشاره دارد به این‌که که جلبک‌های دریایی سرشار از مواد مغذی شامل کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، کلروفیل‌ها، کاروتنوئیدها و ترکیبات فنولیک بوده و دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی بالایی (Nazifi *et al*., 2023) نیز هستند. بنابراین، می‌توان از آنها در صنایع غذایی، دارویی و آرایشی استفاده نمود. از این‌رو، بهتر است جهت افزایش بازده در استفاده از متابولیت‌های خاص با کاربردهای ویژه به گونه و زمان برداشت آنها توجه نمود.

آنالیز اسانس جلبک قهوه‌ای *Sargassum hornschuchii* و جلبک سبز *Ulva linza* ترکیباتی نظیر Tetradecanoic acid، Hexadecanoic acid، Heptacosane، 5,8,11,14- Eicosatetraenoic acid, methyl ester، Diisooctyle phthalate، Squalene، Octadecanoic acid, 17- methy، 9- Hexadecenoic acid, methyl ester و Hexadecane را نشان داد. با توجه به خاصیت آنتی‌اکسیدانی برخی از این ترکیبات، این جلبک‌ها را می‌توان به عنوان منابع طبیعی با قدرت آنتی‌اکسیدانی بالا در نظر گرفت (Mohy El-Din and Alagawany, 2019). آنالیز روغن زیستی ماکروجلبک *Sargassum* sp. به‌ترتیب درصد فراوانی ترکیباتی نظیر n- Hexadecanoic acid، Tetradecanoic acid، Benzenepropanoic acid, 3,5-bis(1,1-dimethylethyl)-4-hydeoxy-octadecyl ester، Heptadecanoic acid, methyl ester، Propanedioic acid, oxo-, ethyl methyl ester، Pentanoic acid, 5-hydroxy-, 2-4-di-t- butylphenyl esters و Vitamin E را نشان داد (Rahbari *et al*., 2019). آنالیز عصاره متانولی جلبک‌های *Ulva intestinalis* و *Sargassum ilicifolium* به روش GC-MS نشان داد که در *U. intestinalis* ترکیبات با بیشترین درصد فراوانی به‌ترتیب شامل 1,2- Benzenedicarboxylic acid, mono(2-ethylhexyl) ester، Hexadecanoic acid، Hexadecanoic acid,

[Downloaded from isfj.ir on 2025-06-27]

Benzenepropanoic acid, 3,5-، methyl ester، bis(1,1-dimethylethyl)-4-hydroxy-, methyl ester، Phenol, 3,5-bis(1,1-dimethylethyl)-9-، Octadecenoic acid، Oleic acid، 2-Pentadecanone, 6,10,14-trimethyl- و 3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol بودند. ترکیبات با بیشترین درصد فراوانی در *S. ilicifolium* به‌ترتیب شامل 1,2-Benzenedicarboxylic acid, mono(2-ethylhexyl) ester، Benzenepropanoic acid, 3,5-، bis(1,1-dimethylethyl)-4-hydroxy-, methyl ester، Phenol, 3,5-bis(1,1-dimethylethyl)-3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol، 9-Octadecenoic acid, methyl ester، 1-Dodecanol, 3,7,11-trimethyl-، E-14-Hexadecenal، Stigmasta-4,24(28)-dien-3-one و Hexadecanoic acid بودند. همچنین بیان شد که ساختارهای مورفولوژیک جلبک‌های دریایی و عوامل محیطی غالب (مکان و زمان نمونه‌برداری)، عوامل مهمی هستند که باید برای خواص دارویی و متابولیت‌های آنها مورد توجه قرار گیرند (Nazarudin *et al*, 2020). در پژوهشی دیگر، بررسی اسیدهای چرب موجود در جلبک سبز *Ulva lactuca* نشان داد که در مجموع، میزان اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع در فصل بهار بیشتر از فصل تابستان و پاییز بود (Khairy and El-Shafay, 2013). در پژوهش حاضر، آنالیز اسانس حاصل از جلبک سبز *U. lactuca* و جلبک قهوه‌ای *S. vulgare* نشان داد که ترکیبات عمده موجود در هر دو گونه در فصل‌های زمستان و بهار شامل هیدروکربن‌های آلکانی و سیکلوآلکانی بود که میزان آنها در فصل زمستان بیشتر از فصل بهار بود. حضور ترکیبات متنوع‌تر مانند اسیدهای چرب و ترکیبات آروماتیک دارای حلقه فنیل در فصل بهار در هر دو گونه *U. lactuca* و *S. vulgare* نیز از نکات جالب توجه بررسی اسانس این گونه‌ها بود (جداول ۳ و ۴). تغییرات محیطی بر متابولیسم لیپیدهای مختلف از جمله اسیدهای چرب تأثیر می‌گذارد و این منجر به تغییرات کیفی و کمّی لیپیدها می‌شود. به‌علاوه، مراحل رشد و نمو به تغییرات در ترکیب و محتوای نسبی لیپیدها و اسیدهای چرب کمک می‌کند، زیرا در طول فرآیند رشد، مورفولوژی، اندازه و ترکیب بافت‌های جلبکی و عملکرد دستگاه فتوسنتزی تغییر می‌کند. اسیدهای چرب غیر اشباع چندگانه ممکن است بسیار به تغییرات محیطی پاسخ دهند، زیرا نقش مهمی در فیزیولوژی جلبک ایفاء می‌کنند (Guschna and Hanwood, 2009; Gerasimenko *et al*., 2011). با توجه به تغییرات کمّی و کیفی متابولیت‌های موجود در اسانس گونه‌های *U. lactuca* و *S. vulgare* در فصل‌های زمستان و بهار و در تأیید نتایج سایر پژوهش‌ها (Gerasimenko and Logvinov, 2016)، به‌نظر می‌رسد که نوسانات در محتوای متابولیت‌ها به‌ویژه لیپیدها به دلیل عملکرد مکانیسم‌های سازگاری رخ می‌دهد که باعث افزایش بقاء جلبک‌ها در زیستگاه می‌شود.

نتایج به‌دست آمده در این مطالعه نشان داد که رنگدانه‌های فتوسنتزی، کربوهیدرات‌های محلول، پروتئین کل و متابولیت‌های موجود در اسانس جلبک‌های *S. vulgare* و *U. lactuca* تحت تأثیر تغییرات فصلی قرار گرفتند. در گونه *S. vulgare* میزان کلروفیل a، کلروفیل c و کاروتنوئید کل در فصل بهار و در گونه *U. lactuca* میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید کل در فصل زمستان افزایش یافت. میزان کربوهیدرات‌های محلول گونه *U. lactuca* در فصل بهار افزایش یافت درحالی‌که میزان کربوهیدرات‌های محلول گونه *S. vulgare* در فصل زمستان و فصل بهار تفاوت معنی‌داری نداشت. میزان پروتئین کل هر دو گونه در فصل زمستان نسبت به فصل بهار بیشتر بود. میزان کاروتنوئید کل، کربوهیدرات‌های محلول و پروتئین کل گونه *U. lactuca* در هر دو فصل بیشتر از گونه *S. vulgare* بود. از این‌رو، به‌نظر می‌رسد که با هدف دستیابی به میزان پروتئین، کربوهیدرات و کاروتنوئید کل بیشتر، جلبک سبز *U. lactuca* گزینه مناسب‌تری باشد. همچنین آنالیز اسانس دو گونه مورد مطالعه نشان داد که ترکیبات عمده و مشترک موجود در آنها شامل هیدروکربن‌های آلکانی و سیکلو آلکانی نظیر ۳-متیل‌هپتان، ۱-اتیل ۳-متیل‌سیکلوپنتان، اکتان، دکان، آندکان، دودکان، تری‌دکان، تترادکان بوده که در هر دو گونه اغلب میزان آنها در فصل زمستان بیشتر از فصل بهار بود. حضور اسیدهای چرب و ترکیبات آروماتیک با حلقه

[Downloaded from isfj.ir on 2025-06-27]

فنیل در اسانس هر دو گونه تنها در فصل بهار مشاهده شد. با توجه به محتوای متابولیت‌های موجود در این گونه‌ها در فصل‌های متفاوت، نتایج حاضر در انتخاب زمان برداشت و گونه جلبکی مناسب جهت کاربردهای ویژه کمک خواهد نمود.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را از جناب آقای دکتر مهدی برنا جهت کمک در جمع‌آوری و شناسایی نمونه‌های جلبکی اعلام می‌دارند.

منابع

Adderley, A., Wallace, S., Stubbs, D., Bowen-O'Connor, C., Ferguson, J., Watson, C. and Gustave, W., 2023. *Sargassum* sp. as a biofertilizer: is it really a key towards sustainable agriculture for The Bahamas?. *Bulletin of the National Research Centre*, 47(1):112. DOI:10.1186/s42269-023-01087-w

Alahverdi, M., Dadolahi-Sohrab, A., Safahiyeh, A.R. and Savari, A., 2012. The use of chlorophylls content of seaweeds *Ulva intestinalis* and *Sargassum angustifolium* as biomarker of metal pollution. *Journal of Marine Science and Technology*, 10(4):56-66. DOI:20.1001.1.20088965.1390.10.4.6.2 (In Persian)

Barzkar, N., Jahromi, S.T., Poorsaheli, H.B. and Vianello, F., 2019. Metabolites from marine microorganisms, micro, and macroalgae: Immense scope for pharmacology. *Marine drugs*, 17(8):464. DOI: 10.3390/md17080464

Beauchamp, E., 2012. Effects of UV radiation and salinity on the intertidal macroalgae *Palmaria palmata* and *Ulva lactuca*: Effects on photosynthetic performance, growth and pigments. *The Plymouth Student Scientist*, 5(1):3-22.

Bradford, M.M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical biochemistry*, 72(1-2):248-254. DOI:10.1016/0003-2697(76)90527-3

Buschmann, A.H., Vásquez, J.A., Osorio, P., Reyes, E., Filún, L., Hernández-González, M.C. and Vega, A., 2004. The effect of water movement, temperature and salinity on abundance and reproductive patterns of *Macrocystis* spp. (Phaeophyta) at different latitudes in Chile. *Marine Biology*, 145:849-862. DOI:10.1007/s00227-004-1393-8

Chan, C.X., Ho, C.L. and Phang, S.M., 2006. Trends in seaweed research. *Trends in Plant Science*, 11(4):165-166. DOI:10.1016/j.tplants.2006.02.003

Chandini, S.K., Ganesan, P. and Bhaskar, N., 2008. In vitro antioxidant activities of three selected brown seaweeds of India. *Food chemistry*, 107(2):707-713. DOI:10.1016/j.foodchem.2007.08.081

Chudasama, N.A., Sequeira, R.A., Moradiya, K. and Prasad, K., 2021. Seaweed polysaccharide based products and materials: an assessment on their production from a sustainability point of view. *Molecules*, 26(9):2608. DOI:10.3390/molecules26092608

[Downloaded from isfj.ir on 2025-06-27]

Cruces, E., Rautenberger, R., Cubillos, V.M., Ramírez-Kushel, E., Rojas-Lillo, Y., Lara, C., Montory, J.A. and Gómez, I., 2019. Interaction of photoprotective and acclimation mechanisms in *Ulva rigida* (Chlorophyta) in response to diurnal changes in solar radiation in Southern Chile. *Journal of Phycology*, 55(5):1011-1027. DOI:10.1111/jpy.12894

Dadolahi-Sohrab, A., Garavand-Karimi, M., Riahi, H. and Pashazanoosi, H., 2012. Seasonal variations in biomass and species composition of seaweeds along the northern coasts of Persian Gulf (Bushehr Province). *Journal of Earth System Science*, 121:241-250. DOI:10.1007/s12040-012-0141-6

De Melo, N.S.M., Cardoso, L.G., de Castro Nunes, J.M., Brito, G.B., Caires, T.A., de Souza, C.O., Portz, L. and Druzian, J.I., 2021. Effects of dry and rainy seasons on the chemical composition of *Ulva fasciata*, *Crassiphycus corneus*, and *Sargassum vulgare* seaweeds in tropical environment. *Brazilian Journal of Botany*, 44:331-344. DOI:10.1007/s40415-021-00700-4

DuBois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.T. and Smith, F., 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical chemistry*, 28(3):350-356. DOI:10.1021/ac60111a017

Eismann, A.I., Reis, R.P., da Silva, A.F. and Cavalcanti, D.N., 2020. *Ulva* spp. carotenoids: Responses to environmental conditions. *Algal Research*, 48:101916. DOI:10.1016/j.algal.2020.101916

El Amrani Zerrifi, S., El Khalloufi, F., Mugani, R., El Mahdi, R., Kasrati, A., Soulaimani, B., Barros, L., Ferreira, I.C., Amaral, J.S., Finimundy, T.C. Abbad, A., Oudra, B., Campos, A. and Vasconcelos, V., 2020. Seaweed essential oils as a new source of bioactive compounds for cyanobacteria growth control: Innovative ecological biocontrol approach. Toxins, 12(8):527. DOI:10.3390/toxins12080527

El-Shafei, R., Hegazy, H. and Acharya, B., 2021. A Review of Antiviral and Antioxidant Activity of Bioactive Metabolite of Macroalgae within an Optimized Extraction Method. *Energies*, 14(11):3092. DOI:10.3390/en14113092

Falcão, S., Bacém, I., Igrejas, G., Rodrigues, P.J., Vilas-Boas, M. and Amaral, J.S., 2018. Chemical composition and antimicrobial activity of hydrodistilled oil from juniper berries. *Industrial Crops and Products*, 124:878-884. DOI:10.1016/j.indcrop.2018.08.069

Forster, J. and Radulovich, R., 2015. Seaweed and food security. In: Tiwari, B.K. and Troy, D.J. (eds) Seaweed sustainability, 1 st edn. Elsevier, Academic Press. pp 289-313. DOI:10.1016/B978-0-12-418697-2.00011-8

Ganesan, P., Kumar, C.S. and Bhaskar, N., 2008. Antioxidant properties of methanol extract and its solvent fractions obtained from selected Indian red seaweeds. *Bioresource Technology*, 99(8):2717-2723. DOI:10.1016/j.biortech.2007.07.005

[Downloaded from isfj.ir on 2025-06-27]

Gerasimenko, N. and Logvinov, S., 2016. Seasonal composition of lipids, fatty acids pigments in the brown alga *Sargassum pallidum*: The potential for health. *Open Journal of Marine Science*, 6(4):498-523. DOI:10.4236/ojms.2016.64041

Gerasimenko, N.I., Skriptsova, A.V., Busarova, N.G. and Moiseenko, O.P., 2011. Effects of the season and growth stage on the contents of lipids and photosynthetic pigments in brown alga *Undaria pinnatifida*. *Russian Journal of Plant Physiology*, 58:885-891. DOI:10.1134/S1021443711050086

Gharanjik, B.M. and Rohani-Ghadikolaei, K., 2011. Atlas of the seaweeds of the Persian Gulf and theGulf of Oman. Iranian Fisheries Research Organization, Tehran, Iran. 170 P. (In Persian).

Gholamian, F., Sartavi, K., 2022. Brown macroalgae flora on the coastline of Bushehr province counties. *Journal of Marine Biology*, 13(1):53-67. (In Persian)

Guiry, M.D. and Guiry G.M., 2022. AlgaeBase. World-wide electronic publication national university of Ireland, Galway. Available at: http://www.algaebase.org

Guschina, I.A. and Harwood, J.L., 2009. Algal lipids and effect of the environment on their biochemistry. In: Kainz, M., Brett, M. and Arts, M. (eds) Lipids in Aquatic Ecosystems. Springer, New York, NY. pp 1-24. DOI:10.1007/978-0-387-89366-2_1

Hwang, E.K., Yotsukura, N., Pang, S.J., Su, L. and Shan, T.F., 2019. Seaweed breeding programs and progress in eastern Asian countries. *Phycologia*, 58(5):484-495. DOI:10.1080/00318884.2019.1639436

Imbs, T.I., Shevchenko, N.M., Sukhoverkhov, S.V., Semenova, T.L., Skriptsova, A.V. and Zvyagintseva, T.N., 2009. Seasonal variations of the composition and structural characteristics of polysaccharides from the brown alga *Costaria costata*. *Chemistry of Natural Compounds*, 45:786-791. DOI:10.1007/s10600-010-9507-7

Jeffrey, S.W., 1963. Purification and properties of chlorophyll c from *Sargassum flavicans*. *Biochemical Journal*, 86(2):313. DOI:10.1042%2Fbj0860313

Ji, Y. and Gao, K., 2021. Effects of climate change factors on marine macroalgae: A review. *Advances in Marine Biology*, 88:91-136. DOI:10.1016/bs.amb.2020.11.001

Kendel, M., Wielgosz-Collin, G., Bertrand, S., Roussakis, C., Bourgougnon, N. and Bedoux, G., 2015. Lipid composition, fatty acids and sterols in the seaweeds *Ulva armoricana*, and *Solieria chordalis* from Brittany (France): An analysis from nutritional, chemotaxonomic, and antiproliferative activity perspectives. *Marine Drugs*, 13(9):5606-5628. DOI:10.3390/md13095606

Khairy, H.M. and El-Shafay, S.M., 2013. Seasonal variations in the biochemical composition of some common seaweed species from the coast of Abu Qir Bay, Alexandria, Egypt. *Oceanologia*, 55(2):435-452. DOI:10.5697/oc.55-2.435

[Downloaded from isfj.ir on 2025-06-27]

Kijjoa, A. and Sawangwong, P., 2004. Drugs and cosmetics from the sea. *Marine Drugs*, 2(2):73-82. DOI:10.3390/md202073

Kılınç, B., Cirik, S., Turan, G., Tekogul, H. and Koru, E., 2013. Seaweeds for food and industrial applications. In: Muzzalupo, I. (ed) Food industry. InTechOpen, Vienna, Austria. pp 735-762. DOI:10.5772/53172

Kimura, T., Ueda, K., Kuroda, R., Akao, T., Shinohara, N., Ushirokawa, T., Fukagawa, A. and Akimoto, T., 2007. The seasonal variation in polysaccharide content of brown alga akamoku *Sargassum horneri* collected off Oshima Island (Fukuoka prefecture) [Japan]. *Nippon Suisan Gakkaishi (Japan)*, 73(4):739-744. DOI:10.2331/suisan.73.739

Kirk, J.T.O., 1994. Light and Photosynthesis in Aquatic Ecosystems. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 509 P. DOI:10.1017/CBO9780511623370

Kokabi, M. and Yousefzadi, M., 2015. Checklist of the marine macroalgae of Iran. *Botanica Marina*, 58(4):307-320. DOI:10.1515/bot-2015-0001

Kumar, S., Sahoo, D. and Levine, I., 2015. Assessment of nutritional value in a brown seaweed *Sargassum wightii* and their seasonal variations. *Algal Research*, 9:117-125. DOI:10.1016/j.algal.2015.02.024

Lichtenthaler, H.K. and Buschmann, C., 2001. Chlorophylls and carotenoids: Measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, 1(1):F4.3.1-F4.3.8 DOI:10.1002/0471142913.faf0403s01

Liu, J., Luthuli, S., Wu, Q., Wu, M., Choi, J.I. and Tong, H., 2020. Pharmaceutical and nutraceutical potential applications of *Sargassum fulvellum*. *BioMed Research International*, 2020(2417410):1-12. DOI:10.1155/2020/2417410

Marinho-Soriano, E., Fonseca, P.C., Carneiro, M.A.A. and Moreira, W.S.C., 2006. Seasonal variation in the chemical composition of two tropical seaweeds. *Bioresources Technology*, 97(18):2402-2406. DOI:10.1016/j.biortech.2005.10.014

McCauley, J.I., Meyer, B.J., Winberg, P.C. and Skropeta, D., 2016. Parameters affecting the analytical profile of fatty acids in the macroalgal genus *Ulva*. *Food Chemistry*, 209:332-340. DOI:10.1016/j.foodchem.2016.04.039

Mishkind, M. and Mauzerall, D., 1980. Kinetic evidence for common photosynthetic step in diverse seaweeds. *Marine Biology*, 56:261-265. DOI:10.1007/BF00386863

Mohy El-Din, S.M. and Alagawany, N.I., 2019. Phytochemical constituents and anticoagulation property of marine algae *Gelidium crinale*, *Sargassum hornschuchii* and *Ulva linza*. *Thalassas: An International Journal of Marine Sciences*, 35:381-397. DOI:10.1007/s41208-019-00142-6

Murakami, K., Yamaguchi, Y., Noda, K., Fujii, T., Shinohara, N., Ushirokawa, T., Sugawa-Katayama, Y. and Katayama, M., 2011. Seasonal variation in the chemical composition of a marine brown alga, *Sargassum horneri* (Turner) C.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-06-27]

Agardh. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(2):231-236. DOI:10.1016/j.jfca.2010.08.004

Narasimhan, M.K., Pavithra, S.K., Krishnan, V. and Chandrasekaran, M., 2013. In vitro analysis of antioxidant, antimicrobial and antiproliferative activity of *Enteromorpha antenna*, *Enteromorpha linza* and *Gracilaria corticata* extracts. *Jundishapur journal of natural pharmaceutical products*, 8(4):151-159. DOI:10.17795%2Fjjnpp-11277

Nazarudin, M.F., Isha, A., Mastuki, S.N., Ain, N.M., Mohd Ikhsan, N.F., Abidin, A.Z. and Aliyu-Paiko, M., 2020. Chemical composition and evaluation of the α-glucosidase inhibitory and cytotoxic properties of marine algae *Ulva intestinalis*, *Halimeda macroloba*, and *Sargassum ilicifolium*. *Evidence-based complementary and alternative medicine*, 2020(2753945):1-13. DOI:10.1155/2020/2753945

Nazifi, E., Toreihizadeh, F., Taghavi Jelodar, H. and Borna, M., 2023. Evaluation of antioxidant properties of different extracts of *Ulva fasciata* Delile and *Sargassum vulgare* C. Agardh in winter and spring. *Journal of Aquatic Ecology*, 12(4):51-65. DOI:20.1001.1.23222751.1402.12.4.4.4 (In Persian)

Nielsen, M.M., Manns, D., D'Este, M., Krause-Jensen, D., Rasmussen, M.B., Larsen, M.M., Alvarado-Morales, M., Angelidaki, I. and Bruhn, A., 2016. Variation in biochemical composition of *Saccharina latissima* and *Laminaria digitata* along an estuarine salinity gradient in inner Danish waters. *Algal research*, 13:235-245. DOI:10.1016/j.algal.2015.12.003

Øverland, M., Mydland, L.T. and Skrede, A., 2019. Marine macroalgae as sources of protein and bioactive compounds in feed for monogastric animals. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(1):13-24. DOI:10.1002/jsfa.9143

Paliwal, C., Mitra, M., Bhayani, K., Bharadwaj, S.V., Ghosh, T., Dubey, S. and Mishra, S., 2017. Abiotic stresses as tools for metabolites in microalgae. *Bioresource Technology*, 244:1216-1226. DOI:10.1016/j.biortech.2017.05.058

Pirian, K., Jeliani, Z.Z., Sohrabipour, J., Arman, M., Faghihi, M.M. and Yousefzadi, M., 2018. Nutritional and bioactivity evaluation of common seaweed species from the Persian Gulf. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science*, 42:1795-1804. DOI:10.1007/s40995-017-0383-x

Postma, P.R., Pataro, G., Capitoli, M., Barbosa, M.J., Wijffels, R.H., Eppink, M.H.M., Olivieri, G. and Ferrari, G., 2016. Selective extraction of intracellular components from the microalga *Chlorella vulgaris* by combined pulsed electric field–temperature treatment. *Bioresource Technology*, 203:80-88. DOI:10.1016/j.biortech.2015.12.012

Pradhan, B., Bhuyan, P.P., Patra, S., Nayak, R., Behera, P.K., Behera, C., Behera, A.K., Ki, J.S. and Jena, M., 2022. Beneficial effects of seaweeds and seaweed-derived bioactive compounds: Current evidence and

[Downloaded from isfj.ir on 2025-06-27]

ash contents of processed edible seaweeds. *Food Chemistry*, 85(3):439-444. DOI:10.1016/j.foodchem.2003.08.001

Sharma, N., Khanra, A., Rai, M.P., 2017. Potential Applications of Antioxidants from Algae in Human Health. In: Maurya, P. and Chandra, P. (eds) Oxidative Stress: Diagnostic Methods and Applications in Medical Science. Springer, Singapore. pp 153-168. DOI:10.1007/978-981-10-4711-4_9

Sharma, S., Neves, L., Funderud, J., Mydland, L.T., Øverland, M. and Horn, S.J., 2018. Seasonal and depth variations in the chemical composition of cultivated *Saccharina latissima*. *Algal Research*, 32:107-112. DOI:10.1016/j.algal.2018.03.012

Sheppard, C.R., 1993. Physical environment of the Gulf relevant to marine pollution: an overview. *Marine Pollution Bulletin*, 27:3-8. DOI: 10.1016/0025-326X(93)90003-3

Skriptsova, A.V., Shevchenko, N.M., Zvyagintseva, T.N. and Imbs, T.I., 2010. Monthly changes in the content and monosaccharide composition of fucoidan from *Undaria pinnatifida* (Laminariales, Phaeophyta). *Journal of Applied Phycology*, 22:79-86. DOI: 10.1007/s10811-009-9438-5

Skriptsova, A.V., Shevchenko, N.M., Tarbeeva, D.V. and Zvyagintseva, T.N., 2012. Comparative study of polysaccharides from reproductive and sterile tissues of five brown seaweeds. *Marrine Biotechnology*, 14:304-311. DOI:10.1007/s10126-011-9413-4

future prospective. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 39:102242. DOI:10.1016/j.bcab.2021.102242

Queirós, A.S., Circuncisão, A.R., Pereira, E., Válega, M., Abreu, M.H., Silva, A.M. and Cardoso, S.M., 2021. Valuable nutrients from *Ulva rigida*: Modulation by seasonal and cultivation factors. *Applied Sciences*, 11(13):6137. DOI:10.3390/app11136137

Rahbari, H., Akram, A., Pazoki, M. and Aghbashlo, M., 2019. Bio-oil production from Sargassum macroalgae: A green and healthy source of energy. *Jundishapur Journal of Health Sciences*, 11(1):e84301. DOI:10.5812/jjhs.84301

Reynolds, R.M., 1993. Physical oceanography of the Gulf, Strait of Hormuz, and the Gulf of Oman—Results from the Mt Mitchell expedition. *Marine Pollution Bulletin*, 27:35-59. DOI:10.1016/0025-326X(93)90007-7

Rioux, L.E., Turgeon, S.L. and Beaulieu, M., 2009. Effect of season on the composition of bioactive polysaccharides from the brown seaweed *Saccharina longicruris*. *Phytochemistry*, 70(8):1069-1075. DOI:10.1016/j.phytochem.2009.04.020

Rødde, R., Vårum, K., Larsen, B. and Myklestad, S., 2004. Seasonal and geographical variation in the chemical composition of the red alga *Palmaria palmata* (L.) Kuntze. *Botanica Marina*, 47(2):125-133. DOI:10.1515/BOT.2004.012

Sánchez-Machado, D.I., López-Cervantes, J., Lopez-Hernandez, J. and Paseiro-Losada, P., 2004. Fatty acids, total lipid, protein and

[Downloaded from isfj.ir on 2025-06-27]

Skriptsova, A.V., 2016. Seasonal variations in the fucoidan content of brown algae from Peter the Great Bay, Sea of Japan. *Russian Journal of Marine Biology*, 42:351-356. DOI:10.1134/S1063074016040106

Smetacek, V. and Zingone, A., 2013. Green and golden seaweed tides on the rise. *Nature*, 504(7478):84-88. DOI: 10.1038/nature12860

Sohrabipour, J. and Rabiei, R., 1999a. A list of marine algae from seashores of Iran (Hormozgan Province). *Qatar University Science Journal*, 19: 312-337. DOI: hdl.handle.net/10576/9780

Sohrabipour, J. and Rabiei, R., 1999b. A list of marine algae of seashores of Persian Gulf and Oman Sea in the Hormozgan Province. *Iranian Journal of Botany*, 8(1):131-162. DOI:20.1001.1.1029788.1378.8.1.16.7

Sohrabipour, J. and Rabiei, R., 2007. The checklist of green algae of the Iranian coastal lines of the Persian Gulf and Gulf of Oman. *The Iranian Journal of Botany*, 13(2):146-149. DOI:20.1001.1.1029788.1386.13.2.17.7

Sterrer, W., 1986. Marine fauna and flora of Bermuda (A systematic guide to the identification of marine organisms. John Wiley and Sons, Inc. New York, U.S.A. 742 P.

Suthar, P., Gajaria, T.K. and Reddy, C.R.K., 2019. Production of quality seaweed biomass through nutrient optimization for the sustainable land-based cultivation. *Algal Research*, 42:101583. DOI:10.1016/j.algal.2019.101583

Uribe, E., Vega-Gálvez, A., García, V., Pastén, A., López, J. and Goñi, G., 2019. Effect of different drying methods on phytochemical content and amino acid and fatty acid profiles of the green seaweed, *Ulva* spp. *Journal of Applied Phycology*, 31:1967-1979. DOI: 10.1007/s10811-018-1686-9

Vermaat, J.E. and Sand-Jensen, K., 1987. Survival, metabolism and growth of *Ulva lactuca* under winter conditions: a laboratory study of bottlenecks in the life cycle. *Marine Biology*, 95:55-61. DOI:10.1007/BF00447485

Wichard, T., Charrier, B., Mineur, F., Bothwell, J.H., Clerck, O.D. and Coates, J.C., 2015. The green seaweed *Ulva*: a model system to study morphogenesis. *Frontiers in Plant Science*, 6(72):1-8. DOI: 10.3389/fpls.2015.00072

Wijesinghe, W.A.J.P. and Jeon, Y.J., 2012. Biological activities and potential industrial applications of fucose rich sulfated polysaccharides and fucoidans isolated from brown seaweeds: A review. *Carbohydrate Polymers*, 88(1):13-20. DOI:10.1016/j.carbpol.2011.12.029

Yu-Qing, T., Mahmood, K., Shehzadi, R. and Ashraf, M.F., 2016. *Ulva lactuca* and its polysaccharides: Food and biomedical aspects. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 6(1):140-151.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-06-27]

Phytochemical variations of green algae, *Ulva lactuca*, and brown algae, *Sargassum vulgare*, in winter and spring seasons

Nazifi E.[1*]; Toreihizadeh F.[2]

*e.nazifi@umz.ac.ir

1- Department of Plant Science, Faculty of Science, University of Mazandaran, Babolsar, Iran
2- Department of Marine Biology, Faculty of Marine and Environmental Sciences, University of Mazandaran, Iran

Abstract

The natural products of seaweeds have been taken into consideration due to their application in various fields of medicine, nutrition, and agriculture in the world. Recent research has shown that marine metabolites can form the future of the bioeconomy. There are many populations of *Ulva* and *Sargassum* algae on the southern coasts of Iran, and therefore, in this research, the populations of *U. lactuca* and *S. vulgare* were collected from the shores of Bushehr, and their photosynthetic pigments, soluble carbohydrates, total protein and compounds in essential oils were investigated in the winter and spring seasons. The results showed that *S. vulgare* in spring and *U. lactuca* in winter had the highest amount of chlorophylls and total carotenoids. The amount of soluble carbohydrates in *U. lactuca* significantly increased in spring compared to winter. The amount of total protein in both species significantly increased in winter compared to spring. The main components of the essential oils of both species included alkane hydrocarbons, which often had a higher abundance percentage in winter. In spring, fatty acids and aromatic compounds with phenyl ring(s) were observed in the essential oils of these species. Considering the changes in the content of metabolites in these species along with seasonal changes, the present results can be effective in the targeted selection of algal species and the appropriate harvesting time for special applications.

Keywords: Biochemical changes, Seasonal changes, Seaweed, Persian Gulf, Gas chromatography-mass spectrometry

*Corresponding author

[Downloaded from isfj.ir on 2025-06-27]