فیزیولوژی و بیوتکنولوژی آبزیان
سال پنجم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۶

بررسی خواص فیزیکوشیمیایی، پروفیل اسید چرب و ارزیابی حسی ماکروجلبک *Iyengaria stellata*

عصمت محمدی[۱]*، بهاره شعبان‌پور[۲]، معظمه کردجزی[۳]

تاریخ دریافت: آبان ۹۵ تاریخ پذیرش: دی ۹۵

چکیده

با توجه به پتانسیل بالای جلبک‌های قهوه‌ای در توسعه تولیدات مواد غذایی و کاربردهایی در صنعت برای انسان، دام و آبزیان، این مطالعه به تعیین خواص فیزیکوشیمیایی، پروفیل اسید چرب و ارزیابی حسی ماکروجلبک‌های *Iyengaria stellata* پرداخته است. برای ارزیابی خواص فیزیکوشیمیایی پودر جلبک، ظرفیت نگهداری آب، ظرفیت تورم و ظرفیت جذب روغن مورد بررسی قرار گرفت. پروفیل اسید چرب به روش کروماتوگرافی گازی و ارزیابی حسی با استفاده از پنل آموزش ندیده انجام شد. با افزایش دما ظرفیت تورم به صورت معنی‌داری کاهش یافت ($P<۰/۰۵$) اما ظرفیت نگهداری آب با افزایش دما کاهش معنی‌داری را نشان نداد ($P>۰/۰۵$). ظرفیت تورم و ظرفیت نگهداری آب در جلبک *I. stellata* پایین بود، در حالی که این جلبک از ظرفیت جذب روغن بالایی برخوردار بود. ماکروجلبک *I. stellata* به ترتیب حاوی ٪۳۸/۷۳ اسید چرب اشباع (SFAs)، ٪۴۲/۸۶ اسید چرب غیراشباع با یک پیوند دوگانه (MUFAs) و ٪۵/۰۳ اسید چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه (PUFAs) بود. نتایج ارزیابی حسی نشان داد که ماکروجلبک مورد مطالعه از طعم و بوی قابل قبولی برخوردار بود. طبق نتایج این مطالعه، ماکروجلبک *I. stellata* را می‌توان به عنوان منبع بالقوه از اسیدهای چرب ضروری و همچنین به عنوان افزودنی در صنایع غذایی مورد استفاده قرار داد.

واژگان کلیدی: Iyengaria stellata، *پروفیل اسید چرب، ارزیابی حسی، خلیج فارس*.

۱- دانشجوی دکتری شیلات، گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۲- استاد گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۳- استادیار گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
* نویسنده مسئول: esmat.mohammadi69@gmail.com

مقدمه

جلبک‌ها در دنیای امروز مصارف و کاربردهای فراوانی دارند. در بسیاری از کشورها، جلبک‌ها بخش عمده‌ای از اقتصاد را تشکیل داده، ارقام بزرگی از صادرات به وسیله آن‌ها تامین می‌شود (حیدری و همکاران، ۱۳۹۲). استفاده از ماکروجلبک‌ها به عنوان غذا در کشورهای آسیایی به قرن‌ها پیش باز می‌گردد. حداقل ۲۲۱ گونه از ماکروجلبک‌ها به صورت تجاری کاربرد دارند، که ۱۴۵ گونه از آن‌ها به عنوان غذای انسان مورد استفاده قرار می‌گیرد (Polat and Ozogul, 2008). اما استفاده‌های غذایی و دارویی از ماکروجلبک‌ها در ایران بسیار محدود است. در سال‌های اخیر علاقه به استفاده از چربی جلبک‌های دریایی به دلیل خواص درمانی بسیار خوب آن‌ها، افزایش یافته است. چربی جلبک‌های دریایی به خصوص چربی جلبک‌های دریایی قهوه‌ای به دلیل مکانیسم مولکولی ویژه، دارای اثرات فیزیولوژیکی متعدد و خواص درمانی بسیار است. بنابراین چربی جلبک‌های قهوه‌ای به عنوان منبع چربی‌های کاربردی به شمار می‌رود. بر اساس گزارش‌های مختلف اسیدهای چرب اشباع نشده با چند پیوند دوگانه بیش از ۳۰ درصد کل اسیدهای چرب را در دیاتوم‌ها و جلبک‌های قهوه‌ای به خود اختصاص داده‌اند (Nomura et al., 1997). در واقع ماکروجلبک‌های دریایی را می‌توان به عنوان منبع بالقوه از اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه (PUFA) n-3 (امگا-۳) و n-6 به شمار آورد (Silva et al., 2013). در حال حاضر منبع اصلی PUFAهای امگا-۳ ماهی‌های دریایی هستند که این ذخایر در حال کاهش هستند. با توجه به این که Worm و همکاران در سال ۲۰۰۹ کاهش شدید صنعت شیلات و ماهیان آب شور را در سال ۲۰۴۸ پیش بینی کرده‌اند، بنابراین جستجوی منابع جدید از PUFAها ضروری است (فریمان و همکاران، ۱۳۹۳). هر چند جلبک‌ها از نظر محتوای چربی به طور قابل توجهی پایین‌تر از ماهی‌ها هستند، اما با توجه به ذخیره بسیار بالایی که دارند به عنوان منبع بالقوه‌ای از چربی‌های کاربردی در آب‌های ساحلی، مورد استفاده هستند (Nomura et al., 2013). در مطالعه گذشته پتانسیل آنتی-اکسیدانی و ضدباکتریایی جلبک قهوه‌ای *Iyengaria stellata* تعیین شد (محمدی و همکاران، ۱۳۹۵). با توجه به پتانسیل بسیار

1- Polyunsaturated Fatty Acid

بالای سواحل خلیج فارس ایران برای بهره‌برداری یا پرورش جلبک‌ها، مطالعه بر روی اسیدهای چرب جلبک‌های دریایی این منطقه بسیار کم صورت گرفته است. بنابراین این مطالعه به بررسی خواص فیزیکوشیمیایی، پروفیل اسید چرب و ارزیابی حسی ماکروجلبک *I. stellata* پرداخته است.

مواد و روش‌ها

عملیات نمونه‌برداری طی فصل زمستان سال ۱۳۹۳ از منطقه کانی در قشم (26°34.344′N, 55°23.765′E) صورت گرفت. جلبک جمع‌آوری شده، بلافاصله با آب دریا شستشو داده شد و گل و لای و سایر مواد چسبیده به آن زدوده شد. نمونه به مدت دو تا پنج روز در سایه خشک شد. سپس نمونه‌ها در کیسه‌های پلاستیکی زیپ‌دار قرار گرفتند و به منظور جلوگیری از نفوذ نور، توسط ورق‌های نازک آلومینیومی پوشانیده شدند و همراه با لایه‌های یخ در ظروف نگهدارنده مخصوص قرار گرفتند. شناسایی سویه توسط موسسه تحقیقات شیلات خلیج فارس انجام گرفت. سپس نمونه به بخش آزمایشگاه فرآورده‌های شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی گرگان منتقل شد و تا شروع آزمایش‌ها در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

خواص فیزیکوشیمیایی جلبک

برای بررسی خواص فیزیکوشیمیایی جلبک‌ها، ابتدا نمونه خشک شده جلبکی با استفاده از آسیاب پودر شد و سپس برای انجام مراحل بعدی مورد استفاده قرار گرفت.

ظرفیت تورم

ظرفیت تورم (SWC[1]) پودر نمونه‌های جلبکی *Iyengaria stellata* به روش حجمی اندازه‌گیری شد (Sakthivel and Devi, 2015). به طور خلاصه، به ۵۰۰ میلی‌گرم از پودر جلبک ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد و مخلوط حاصل ورتکس (IKA، آلمان) شد. اثر دما بر ظرفیت تورم با نگه داشتن تیوب‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دو دمای ۲۵ و ۳۷ درجه سانتی‌گراد، اندازه‌گیری شد. ظرفیت تورم نمونه‌ها مطابق رابطه ۱ محاسبه شد. در نهایت، ظرفیت تورم به صورت میلی‌لیتر نمونه متورم شده بر گرم نمونه خشک گزارش شد.

رابطه ۱:

$$SWC = V_{w1} - V_{w2}$$

1- Swelling Capacity

SWC: ظرفیت تورم (میلی‌لیتر)؛ V_{W1}: حجم اولیه آب (میلی‌لیتر)؛ V_{W2}: حجم آب بعد از انکوبه شدن (میلی‌لیتر).

ظرفیت نگهداری آب

ظرفیت نگهداری آب (WHC[1]) پودر جلبک با استفاده از سانتریفیوژ (R5810، Eppendorf، آلمان) با اعمال اصلاحاتی در روش Sakthivel و Devi (۲۰۱۵) انجام شد. به طور خلاصه، ۵۰۰ میلی‌گرم از پودر جلبک به همراه ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر درون دو مجموعه از تیوب‌های سانتریفیوژ ریخته شد. تیوب‌ها در انکوباتور شیکردار (KS 4000، IKA، آلمان) به مدت ۲۴ ساعت در دو دمای ۲۵ و ۳۷ درجه سانتی‌گراد به طور جداگانه قرار داده شدند. سپس تیوب‌ها با دور ۱۴۰۰۰g به مدت ۳۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند، مایع‌رویی دور ریخته شد و وزن تر نمونه ته نشین شده یاداشت شد. نمونه‌ها به منظور خشک شدن در آون (Binder، آلمان) با دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت قرار داده شد. سپس وزن خشک نمونه‌ها یاداشت شد. ظرفیت نگهداری آب نمونه‌ها مطابق رابطه ۲ محاسبه شد. ظرفیت نگهداری آب نمونه‌ها به صورت مقدار گرم آب جذب شده توسط ۱ گرم نمونه خشک شده بیان می‌شود.

رابطه ۲:

$$\mathbf{WHC = W_W - W_D}$$

WHC: ظرفیت نگهداری آب (گرم)؛ W_W: وزن تر نمونه (گرم)؛ W_D: وزن خشک نمونه (گرم).

ظرفیت نگهداری روغن

ظرفیت نگهداری روغن (OHC[2]) بر اساس روش Sakthivel و Devi (۲۰۱۵) انجام شد. در این روش ۳ گرم از نمونه پودر شده در تیوب سانتریفیوژ قرار داده شد و به آن ۱۰/۵ گرم روغن ذرت اضافه شد. تیوب‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق توسط شیکر (KS 4000، IKA، آلمان) تکان داده شدند. پس از آن، عمل سانتریفیوژ در دور ۲۵۰۰g به مدت ۳۰ دقیقه انجام گرفت، مایع رویی جدا شد. در نهایت حجم روغن بعد از انکوبه شدن اندازه‌گیری شد. ظرفیت نگهداری روغن نمونه‌ها مطابق رابطه ۳ محاسبه شد. ظرفیت نگهداری روغن نمونه‌ها به صورت میزان گرم روغن جذب شده توسط ۱ گرم نمونه خشک شده بیان می‌شود.

رابطه ۳:

$$\mathbf{OHC = W_{O1} - W_{O2}}$$

1- Water Holding Capacity

2- Oil Holding Capacity

OHC: ظرفیت نگهداری روغن (گرم)؛ W_{O1}: وزن اولیه روغن (گرم)؛ W_{O2}: وزن روغن بعد از انکوبه شدن (گرم).

اندازه‌گیری پروفیل اسید چرب

اندازه‌گیری ترکیب اسیدچرب نمونه‌های جلبکی با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC Instrument: Varian Model 3400; GC Column: DB23, 60MID 0.32mm, Film(um) 0.25; آمریکا) انجام شد (Sakthivel and Devi, 2015). به طور خلاصه، چربی (۷۵ میلی‌گرم) نمونه جلبکی در ۱ میلی‌لیتر تولوئن (Merck، آلمان) و ۲ میلی‌لیتر H_2SO_4 (۱٪) (Merck، آلمان) حل شد. استرها با ۵ میلی‌لیتر هگزان (Merck، آلمان) استخراج شدند. لایه مواد آلی جدا و سپس با ۴ میلی‌لیتر بی‌کربنات پتاسیم (۲٪) (Merck، آلمان) شسته شد. مخلوط با Na_2SO_4 جامد (Merck، آلمان) خشک و سپس فیلتر شد. پس از خروج مواد آلی، اسید چرب متیل استر در دستگاه کروماتوگرافی گازی قرار گرفت. دمای اولیه دستگاه ۷۰ درجه سانتی‌گراد بود و سپس دما به ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت. در مرحله تزریق از دمای ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد استفاده شد. از هلیم به عنوان گاز حامل با سرعت جریان ۱ میکرولیتر در دقیقه استفاده شد. سپس ترکیب اسیدهای چرب شناسایی شد.

عصاره‌گیری و ارزیابی حسی

عصاره‌گیری در سه مرحله انجام شد. مرحله اول و دوم عصاره‌گیری با استفاده از آب مقطر و مرحله سوم با اتانول صورت گرفت. به طور خلاصه، ۵۰ گرم از پودر نمونه جلبکی با یک لیتر آب مقطر هموژن شد (به نسبت ۱ به ۲۰) و در دمای اتاق با دور ۲۰۰rpm به مدت ۲۴ ساعت انکوبه (KS 4000، IKA، آلمان) شد. مخلوط حاصل به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۳۵۰۰g در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد و سپس با کاغذ صافی واتمن ۴ فیلتر شد. کنسانتره و عصاره به دست آمده، هر دو در فریزدرایر (1-2 LD، ALPHA، آلمان) قرار گرفتند و پس از خشک شدن، توزین شدند. به کنسانتره به دست آمده از مرحله اول مجددا به نسبت ۱ به ۲۰ آب مقطر اضافه شد و روند بالا دوباره تکرار شد. به این ترتیب کنسانتره و عصاره دوم به دست آمد. کنسانتره و عصاره به دست آمده از مرحله دوم نیز در فریزدرایر قرار داده شدند و سپس وزن شدند. به کنسانتره به دست آمده از مرحله دوم به نسبت ۱ به ۲۰

اتانول اضافه و روند بالا تکرار شد تا تمام عصاره-های باقی مانده استخراج شود. اتانول اضافه شده در این مرحله با استفاده از روتاری (B-480 B-169، Buchi، سوئیس) خارج و سپس کنسانتره و عصاره خشک شدند. تمام عصاره‌های به دست آمده از سه مرحله با هم مخلوط شد و در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد تا زمان انجام آزمایش نگهداری شد.

ارزیابی حسی عصاره

به منظور ارزیابی شاخص‌های بو و طعم عصاره‌های آبی جلبک‌ها از ۱۷ پنل آموزش ندیده استفاده شد. به طور خلاصه، ابتدا عصاره‌ها در آب معدنی (۱٪ وزنی- وزنی) حل شد و به مدت ۳۰ دقیقه در بن‌ماری با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس عصاره‌ها فیلتر و برای ارزیابی حسی مورد استفاده قرار گرفتند. صفات حسی مورد مطالعه عبارت بودند از طعم‌های تلخی، گسی، نمکی، غذای دریایی، ماهی، چای سبز و بوهای عسل مانند، گیاه و جلبک دریایی. مقدار ۱۰ میلی‌لیتر از هر یک از عصاره‌ها برای هر پنل سرو شد. شدت امتیازات تعیین شده از ۱۰-۰ بود که به کمترین امتیاز عدد ۰ و بالاترین امتیاز عدد ۱۰ تعلق می‌گرفت. عدد ۱۰ گویای طعم و بوی تندتر و عدد ۰ گویای طعم و بوی ملایم‌تر بود. امتیاز ۵ به عنوان طعم و بوی قابل قبول در نظر گرفته شد (Peinado et al., 2014). به عبارت دیگر، از ۵ به طرف ۰ طعم و بوی ملایم‌تر و از ۵ به طرف ۱۰ طعم و بوی تندتر.

تجزیه و تحلیل آماری

اندازه‌گیری پروفیل اسید چرب در دو تکرار اما سایر آزمایش‌ها در سه تکرار انجام شد و مقادیر به صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شد. برای بررسی‌های آماری از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۰) استفاده شد. برای تحلیل داده‌های ظرفیت تورم و ظرفیت نگهداری آب در دماهای مختلف از آزمون‌های آماری تی (t Test) مستقل و برای بررسی اختلاف میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد. از آزمون‌های آماری Weight Cases و ناپارامتری برای آنالیز داده‌های حسی استفاده شد. برای رسم نمودار از نرم‌افزار Microsoft Excel 2010 استفاده شد.

نتایج

خواص فیزیکوشیمیایی جلبک مورد مطالعه

خواص فیزیکوشیمیایی از جمله ظرفیت تورم، ظرفیت نگهداری آب و ظرفیت جذب روغن جلبک *Iyengaria stellata* ارزیابی و نتایج در جدول ۱ نشان داده شده است. ظرفیت تورم و ظرفیت نگهداری آب در دو دمای مختلف اندازه‌گیری شد. در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد ظرفیت نگهداری آب جلبک *I. stellata* به صورت ناچیز ($P>0/05$) اما ظرفیت تورم به میزان قابل توجهی کاهش یافت ($P<0/05$). ظرفیت جذب روغن پودر جلبکی نیز ۱/۱۰±۰/۰۶ (گرم در گرم وزن خشک) بود.

اسید چرب

در جدول ۲ نتایج به دست آمده از بررسی پروفیل اسید چرب ماکروجلبک *I. stellata* نشان داده شده است. مطالعه بر روی پروفیل اسید چرب نشان داد که اسیدهای چرب اشباع و اسیدهای چرب غیراشباع با یک پیوند دوگانه بیشترین میزان اسید چرب را تشکیل دادند. در حالی که اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه کمترین میزان را به خود اختصاص دادند.

ارزیابی حسی عصاره‌های آبی

شکل‌های ۱ و ۲ نمودار عنکبوتی رسم شده را برای صفت‌های مختلف عصاره آبی ماکروجلبک *I. stellata* نشان می‌دهند. طعم نمکی و چای سبز از جمله طعم‌های غالب در این عصاره بودند. شدت طعم و بو در عصاره آبی جلبک *I. stellata* به ترتیب ۱/۵۵±۴/۸۲ و ۲/۱۸±۳/۱۷ بود. عصاره آبی این جلبک از شدت طعم و بوی ملایمی برخوردار بود. بوی عسل مانند ضعیف‌ترین بو و بوی گیاه و جلبک دریایی قویترین بو در عصاره آبی ماکروجلبک مورد مطالعه بودند.

جدول ۱: خواص فیزیکوشیمیایی جلبک *Iyengaria stellata* (n=۳؛ میانگین ± انحراف معیار)

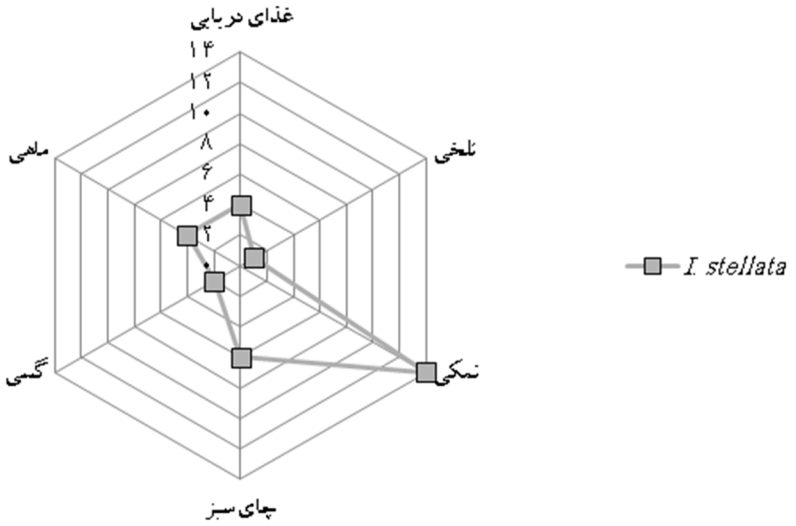
ظرفیت تورم (میلی‌لیتر در گرم وزن خشک)		ظرفیت نگهداری آب (گرم در گرم وزن خشک)		ظرفیت جذب روغن (گرم در گرم وزن خشک)
۲۵°C	۳۷°C	۲۵°C	۳۷°C	
۴/۳۳±۰/۵۷$^{+}$	۳/۰۰±۰$^{-}$	۲/۱۲±۰/۱۰$^{+}$	۱/۳۸±۰/۴۹$^{+}$	۱/۱۰±۰/۰۶

علامت‌های «+» و «-» نشان دهنده اختلاف آماری معنی‌دار بین دماهای مختلف در هر شاخص است ($P<0/05$).

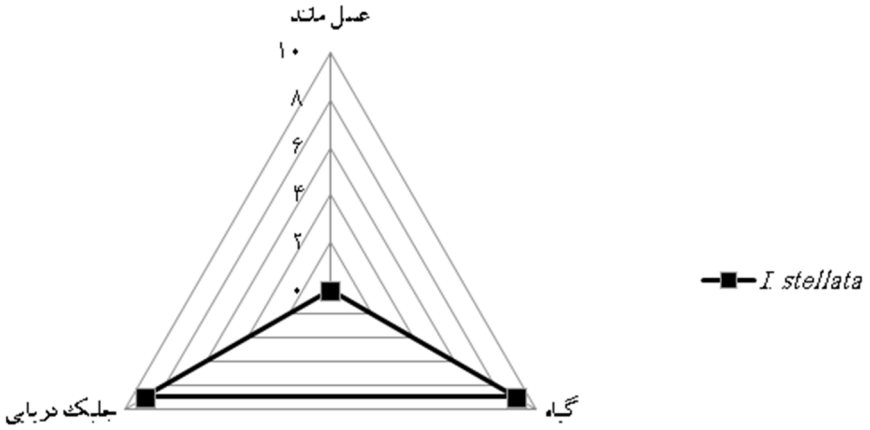
جدول ۲: پروفیل اسید چرب در ماکروجلبک *Iyengaria stellata* (n=۲؛ میانگین ± انحراف معیار)

ترکیب‌های اسیدچرب شناسایی شده		مقدار اسیدچرب شناسایی شده (٪)
اسیدهای چرب اشباع	C14:0	۷/۰±۷۶/۶۳
	C16:0	۲۵/۰±۷۷/۹۴
	C18:0	۳/۱±۸۲/۴۶
	C20:0	۱/۰±۳۶/۱۵
	مجموع	۳۸/۱±۷۳/۳۱
اسیدهای چرب غیراشباع با یک پیوند دوگانه	C16:1	۲/۱±۲۹/۸۵
	C18:1	۴۰/۲±۵۶/۹۷
	مجموع	۴۲/۱±۸۶/۱۲
اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه	C18:2	۳/۰±۲۵/۸۲
	C18:3	۱/۱±۷۳/۲
	مجموع	۵/۰±۰۳/۳۷
PUFAs/SFAs		۰/۰±۱۳/۰۱
سایر اسیدهای چرب		۱۳/۲±۳۶/۰۵

SFAs: اسیدهای چرب اشباع؛ PUFAs: اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه.



شکل ۱: نمودار عنکبوتی طعم برای عصاره آبی ماکروجلبک *Iyengaria stellata*



شکل ۲: نمودار عنکبوتی بو برای عصاره آبی ماکروجلبک *Iyengaria stellata*

بحث

ظرفیت تورم و ظرفیت نگهداری آب از جمله فاکتورهای با اهمیت برای صنایع غذایی به شمار می‌روند. مقادیر بالایی از ظرفیت تورم و ظرفیت نگهداری آب می‌تواند سبب بهبود بافت محصولات گوشتی شود (Chan and

Matanjun, 2017). ظرفیت تورم و ظرفیت نگهداری با میزان فیبر و پروتئین در جلبک‌ها رابطه مستقیم دارند (Wong and Cheung, 2000). پایین بودن میزان ظرفیت تورم و ظرفیت نگهداری آب در جلبک *I. stellata* می‌تواند ناشی از پایین بودن محتوای فیبر و پروتئین در آن‌ها باشد. ظرفیت نگهداری روغن نیز یکی از ویژگی‌های کاربردی در بررسی کیفیت مواد غذایی است. موادی با قابلیت ظرفیت نگهداری روغن بالا سبب تثبیت امولسیون‌های غذایی محصولات غذایی پرچرب می‌شوند. مکانیسم ظرفیت نگهداری روغن عمدتا به دلیل جذب فیزیکی روغن از طریق پدیده مویرگی است. اندازه ذرات، تراکم بار الکتریکی و طبیعت هیدروفیلی ذرات منفرد از جمله عوامل موثر بر ظرفیت نگهداری روغن به شمار می‌روند (Yaich et al., 2011). مقادیر ظرفیت نگهداری روغن گزارش شده برای جلبک‌های *Hypnea charoides* (۰/۸۲±۰/۰۱ گرم در گرم وزن خشک)، *Hypnea japonica* (۰/۹۵±۰/۰۴ گرم در گرم وزن خشک)، *Ulva lactuca* (۰/۶۵±۰/۰۳ گرم در گرم وزن خشک) (Wong and Cheung, 2000)، *Fucus* (۰/۸۹±۰/۰۱گرم در گرم وزن خشک)، *Laminaria* (۱/۱۱±۰/۰۵ گرم در گرم وزن خشک)، *Undaria* (۰/۹۶±۰/۰۳ گرم در گرم وزن خشک)، *Chondrus* (۰/۹۱±۰/۰۶ گرم در گرم وزن خشک) و *Porphyra tenera* (۱/۰۴±۰/۰۳ گرم در گرم وزن خشک) (Ruperez and Saura-Calixto, 2001)، *Gelidiella acerosa* (۰/۹۱±۰/۰۲ گرم در گرم وزن خشک)، *Sargassum wightii* (۱/۳±۰/۰۸ گرم در گرم وزن خشک) (Syad et al., 2013) و جلبک *Gracilaria edulis* (۱/۶±۰/۰۲ گرم در گرم وزن خشک) (Sakthivel and Devi, 2015) با نتایج حاصل از ماکروجلبک مورد مطالعه (۱/۱۰±۰/۰۶ گرم در گرم وزن خشک) مطابقت داشت. مطالعه بر روی پروفیل اسید چرب نشان داد که این جلبک از نظر اسیدهای چرب میریستیک اسید (C14:0)، پالمتیک اسید (C16:0)، اولئیک اسید (C18:1) و لینولئیک اسید (C18:2) غنی بود که در میان آن‌ها پالمتیک اسید (C16:0) و اولئیک اسید (C18:1) بالاترین درصد را داشتند. این نتایج با گزارش Polat و Ozogul (۲۰۰۸) برای ماکروجلبک‌های *Spyridia filamentosa*، *Acanthophora nayadiformis*، *Halymenia floresii* و *Stypopodium schimperi* مطابقت داشت. میزان چربی در جلبک‌های مناطق سردسیر

نسبت به جلبک‌های نواحی گرمسیری به طور قابل توجهی بالاتر است. جلبک‌های مناطق معتدل و نیمه قطبی غنی از PUFAهای امگا-۳ و امگا-۶ هستند (Nomura et al., 2013). بنابراین محتوای پایین PUFAها در جلبک حاضر در این مطالعه را می‌توان به گرمسیر بودن محیط رشد آن نسبت داد. با توجه به نمودارهای عنکبوتی رسم شده برای صفت‌های مختلف عصاره آبی جلبک (شکل‌های ۱ و ۲)، ماکروجلبک *I. stellata* از شدت طعم و بوی ملایمی برخوردار بود. بوی عسل مانند ضعیف‌ترین بو و بوی گیاه و جلبک دریایی قویترین بو در عصاره آبی ماکروجلبک مورد مطالعه بود. در جلبک‌های قهوه‌ای *Laminaria digitata*، *Ascophyllum nodosum*، *Pelvetia canaliculata*، *Fucus vesiculosus* و *Fucus spiralis* نیز بوی عسل مانند ضعیف‌ترین بو و بوی جلبک دریایی نیز قویترین بو بود که با مطالعه حاضر مطابقت دارد. همچنین در این جلبک‌ها طعم غذای دریایی و گسی غالب‌ترین طعم بودند که با طعم غالب ماکروجلبک *I. stellata* مغایرت داشت (Peinado et al., 2014).

در این پژوهش، خواص فیزیکوشیمیایی، پروفیل اسید چرب و آنالیز حسی ماکروجلبک *I. stellata* ارزیابی شد. بر طبق نتایج به دست آمده می‌توان ماکروجلبک مورد مطالعه را به عنوان یک منبع غنی از اسیدهای چرب ضروری به شمار آورد. همچنین نتایج آنالیز حسی نشان داد که عصاره این جلبک از طعم و بوی ملایمی برخوردار است. بنابراین با توجه به ارزش تغذیه‌ای بالای این جلبک می‌توان آن را به شکل مواد افزودنی در صنایع غذایی مورد استفاده قرار داد.

منابع

حیدری م.، ذوالقرنین ح.، سخایی ن.، میرزایی ع. و موحدی‌نیا ع.ا. ۱۳۹۲. ارزیابی فعالیت ضدباکتریایی و ضداکسیدانی عصاره هیدروالکلی برخی جلبک‌های سواحل خلیج فارس در استان بوشهر. نشریه فیزیولوژی و بیوتکنولوژی آبزیان، ۱(۱): ۶۲-۵۰.

فریمان گ.ع.، جنگی‌زهی شستان س. و زاهدی م.م. ۱۳۹۳. تغییرات فصلی چربی کل و پروفیل اسیدهای چرب جلبک قهوه‌ای *Nizimuddinia zanardini* در سواحل چابهار. مجله بوم‌شناسی آبزیان، ۳: ۲۰-۱۰.

محمدی م.، شعبان‌پور ب. و کردجزی م. ۱۳۹۵. ارزیابی فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ضدباکتریایی جلبک قهوه‌ای *Iyengaria stellate* جمع‌آوری شده از سواحل خلیج فارس. نشریه فیزیولوژی و بیوتکنولوژی آبزیان، ۴(۳): ۵۶-۴۴.

Chan P.T. and Matanjun P. 2017. Chemical composition and physico-chemical properties of tropical red seaweed, *Gracilaria changii*. Food Chemistry, 221: 302–310.

Nomura M., Kamogawa H., Susanto E., Kawagoe C., Yasui H., Saga N., Hosokawa M. and Miyashita K. 2013. Seasonal variations of total lipids, fatty acid composition, and fucoxanthin contents of *Sargassum horneri* (Turner) and *Cystoseira hakodatensis* (Yendo) from the northern seashore of Japan. Journal of Applied Phycology, 25(4): 1159–1169.

Nomura T., Kikuchi M., Kubodera A. and Kawakami Y. 1997. Proton-donative antioxidant activity of fucoxanthin with 1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH). IUBMB Life, 42(2): 361–370.

Peinado I., Giron J., Koutsidis G. and Ames J.M. 2014. Chemical composition, antioxidant activity and sensory evaluation of five different species of brown edible seaweeds. Food Research International, 66: 36–44.

Polat S. and Ozogul Y. 2008. Biochemical composition of some red and brown macro algae from the Northeastern Mediterranean Sea. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 1: 59(7-8): 566–572.

Ruperez P. and Saura-Calixto F. 2001. Dietary fibre and physico-chemical properties of edible Spanish seaweeds. European Food Research and Technology, 212(3): 349–354.

Sakthivel R. and Devi K.P. 2015. Evaluation of physicochemical properties, proximate and nutritional composition of *Gracilaria edulis* collected from Palk Bay. Food Chemistry, 174: 68–74.

Syad A.N., Shunmugiah K.P. and Kasi P.D. 2013. Seaweeds as nutritional supplements: Analysis of nutritional profile, physico-chemical properties and proximate composition of *G. acerosa* and *S. wightii*. Biomedicine and Preventive Nutrition, 3(2): 139–144.

Wong K.H. and Cheung P.C. 2000. Nutritional evaluation of some sub-tropical red and green seaweeds: Part I- Proximate composition, amino acid profiles and some physicochemical properties. Food Chemistry, 71(4): 475–482.

Worm B., Hilborn R., Baum J.K., Branch T.A., Collie J.S., Costello C., Fogarty M.J., Fulton E.A., Hutchings J.A., Jennings S. and Jensen O.P. 2009. Rebuilding global fisheries. Science, 325(5940): 578–585.

Yaich H., Garna H., Besbes S., Paquot M., Blecker C. and Attia H. 2011. Chemical composition and functional properties of *Ulva lactuca* seaweed collected in Tunisia. Food Chemistry, 128(4): 895–901.

Aquatic Physiology and Biotechnology
Vol. 5, No. 3, Autumn 2017

Investigation of physicochemical properties, fatty acid profile and sensory evaluation of *Iyengaria stellata*

Esmat Mohammadi[1]*, Bahareh Shabanpourh[2], Moazameh Kordjazi[3]

Received: October 2016 Accepted: December 2016

Abstract

Considering the high potential of brown algae in the development of food production and applications in the industry to humans, livestock and aquatics, this study designated to the physicochemical properties, fatty acid profile and sensory evaluation of macroalgae *Iyengaria stellata*. Water holding capacity, swelling, and oil holding capacity were investigated for evaluation of physicochemical properties of algae powder. The fatty acid profile and sensory profiling were analyzed by gas chromatography and using a non-trained panel, respectively. The swelling capacity was decreased significantly with increasing temperature ($P<0.05$) but water holding capacity did not show significant decrement with temperature increase ($P>0.05$). The capacities of swelling and water holding of the algae *I. stellata* were down while oil holding capacity was high in this seaweed. *I. stellata* consisted of 38.73% saturated fatty acids (SFAs), 42.86% monounsaturated fatty acids (MUFAs) and 5.03% polyunsaturated fatty acids (PUFAs). The results of the sensory evaluation showed that taste and smell of the studied macroalgae were acceptable. In conclusion, macroalgae *I. stellata* can be a source of essential fatty acids as well as was used as additives in the food industry.

Key words: Iyengaria stellata, *Fatty Acid Profiles, Sensory Evaluation, Persian Gulf*.

1- Ph.D. Student in Fisheries, Department of Fisheries, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran.
2- Professor in Department of Fisheries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
3- Assistant Professor in Department of Fisheries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
*Corresponding Author: esmat.mohammadi69@gmail.com