

اثر عمق کشت و تراکم اولیه بر میزان رنگیزه‌ها، محصول آگار و ترکیب اسیدهای چرب جلبک *Gracilariopsis persica* کشت شده در استخرهای آب شیرین کن جزیره قشم



سمیه صالحی^۱، لطیفه پوراکیبر^{۱*} و فاطمه عیدی قلعه قاضی^۲

^۱ ایران، ارومیه، دانشگاه ارومیه، دانشکده علوم، گروه زیست‌شناسی

^۲ ایران، بندرعباس، دانشگاه پیام نور بندرعباس

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۲/۱۱

چکیده

بهربرداری از جلبک‌های قرمز جنس *Gracilaria* برای استخراج آگار بطور چشمگیری در دهه‌های اخیر افزایش یافته است، همچنین جلبک دریایی در سال‌های اخیر بطور فزاینده‌ای برای داروهای جدید مورد توجه قرار گرفته و به عنوان دسته‌ای از ترکیبات فعال زیستی طبیعی و بیومتریال نشان داده شده است. هدف از این مطالعه، بررسی تاثیر عمق کشت و تراکم جلبک *Gracilariopsis. persica* کشت شده در استخر بتونی جزیره قشم بر استخراج آگار، رنگیزه‌های فیکوبیلی پروتئینی و کلروفیل *a* و ترکیب بیوشیمیایی اسیدهای چرب بود. نشاءها جلبک *Gp. persica* روی رشته طناب‌های پلی‌اتیلین با وزن ذخیره اولیه ۱۰۰ گرم و ۲۰۰ گرم بر متر در دو عمق یک متری و دو متری به مدت ۴۵ روز قرار گرفتند که برای هر تیمار ۳ تکرار در نظر گرفته شد. نتایج این مطالعه نشان داد میزان رنگیزه‌ها و محصول آگار افزایش یافت. بیشترین میزان رنگیزه کلروفیل *a* (۰/۴۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، فیکواریترین و فیکوسیانیین (به ترتیب ۶/۶۲ و ۲/۱۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در عمق ۲ متری و تراکم ۲۰۰ گرمی مشاهده شد. بیشترین میزان محصول آگار در عمق ۲ متری (۱۲/۳۴ درصد وزن خشک) بدست آمد و در این عمق بیشترین قدرت ژل ۶۳۷ گرم بر سانتی‌متر مربع بود. میزان چربی بدست آمده از این گونه کم بود و در دو عمق بررسی شده مقدار آن تغییر نکرد ($P < 0/05$). طبق نتایج حاصل عمق کشت و تراکم اثر معنی‌داری بر مقدار اسیدهای چرب نشان نداد. مقدار اسیدهای چرب اشباع (SFA)، اسیدهای چرب غیراشباع با یک پیوند دو گانه (MUFA) و اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دو گانه (PUFA) به ترتیب ۳۸/۵۸، ۱۸/۶۵، ۴۴/۲۹ درصد از کل اسیدهای چرب بدست آمد و بیشترین اسید چرب موجود در این آزمایش مربوط به یک محصول با ارزش به نام اسید آراشیدونیک ($C_{20:4n-6}$) تشخیص داده شد و بعد از آن اسیدهای چرب پالمیتیک ($C_{16:0}$) و اسید پالمیتوئیک ($C_{16:1}$) با مقادیر ۲۵/۴۰ و ۱۰/۲۲ درصد بود.

واژه‌های کلیدی: عمق، آگار، اسیدهای چرب، *Gracilariopsis persica*

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۴۴۴۰۰۹۸۷، پست الکترونیکی: l.pourakbar@urmia.ac.ir

مقدمه

های دریایی نقش مهمی را بعنوان غذاهای فراسودمند داشته، از این‌رو آن‌ها علاوه بر عنوان مواد مغذی مزیت‌های فیزیولوژیکی مثل ضد فشار خون، پاد اکساینده یا ضد التهاب را تامین می‌کنند (۲۸، ۲۴، ۵۸). مواد غذایی فراسودمند را می‌توان بعنوان غذای تولید کننده با یک اثر سودمند در یک یا چند کارکرد فیزیولوژیکی تعیین کرد، علاوه بر این، انواع

جلبک دریایی بعنوان یک قسمت اصلی از رژیم غذایی است که از زمان‌های ماقبل تاریخ در ژاپن، چین و کره استفاده می‌شد. اگر چه استفاده از جلبک‌های دریایی در غذاهای غربی کمتر مرسوم است، علاقه مجدد در کشورهای غربی در استفاده از جلبک‌های دریایی به عنوان سبزیجات دریایی وجود دارد (۱۶). بنظر می‌رسد جلبک-

جدیدی از محصولات بدست آمده از غذاهای فراسودمند اغلب بعنوان مواد غذایی اشاره می‌شود که به تازگی توسعه داده شده و بطور گسترده به بازار عرضه شده است. این محصولات معمولاً بعنوان مکمل‌های غذایی و بصورت قرص به بازار عرضه شده و می‌تواند مزایای مهم سلامت را فراهم کند (۲۸، ۴۴، ۵۵).

جلبک‌های دریایی یکی از غنی‌ترین و امیدوار کننده‌ترین منابع اولیه ترکیبات فعال زیستی و متابولیت‌های ثانویه هستند (۱۳) و کشف آن‌ها در سه دهه گذشته به میزان قابل توجهی گسترش یافته است (۳۷). در جلبک‌ها ترکیبات متنوعی مانند کاروتنوئیدها، ترپنوئیدها، گزانتوفیل-ها، کلروفیل، ویتامین، اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع، آلکالوئید، ترکیبات هالوژنه و پلی‌ساکاریدهایی مانند آگار، کاراژنین، پروتوگلیکان‌ها، آلژینات، لامینارین، سولفات رامنان و گالاکتوزیل گلیسرول سنتز می‌شود (۲۲، ۳۹، ۹). در حال حاضر جلبک‌ها، حدود ۹ درصد از ترکیبات زیست پزشکی بدست آمده از دریا را بیان می‌کنند (۱۹). ترکیبات با فعالیت ضد میکروبی، ضد ویروسی، ضد قارچی و ضد باکتری در جلبک‌های سبز، قرمز و قهوه‌ای شناسایی شده است (۳۷).

جلبک‌های قرمز بیشتر در محیط‌های دریایی زندگی می‌کنند. رنگ قرمز این جلبک‌ها به دلیل حضور دو رنگدانه فیکوبیلین به نام‌های فیکواریترین و فیکوسیانین می‌باشد. جلبک‌های قرمز از نظر نوع کلروفیل فاقد کلروفیل b بوده و دارای کلروفیل a و رنگدانه‌های ویژه قرمز و آبی می‌باشند (۱۲).

جلبک‌های دریایی خصوصیات اکوفیزیولوژیکی مختلف را در پاسخ به تغییرات عمق در طی رشد نشان می‌دهند (۵۳). مطالعه در جلبک *Gracilaria birdiae* نشان می‌دهد که این جلبک محیط‌ها با میزان نور متوسط را ترجیح می‌دهد با این حال تغییرات در عمق باعث کاهش رشد جلبک بدلیل کاهش میزان نور می‌شود (۳۸). Yang و همکاران نیز (۵۶) تغییرات رشد جلبک با تغییرات عمق کشت را نشان داده‌اند و تاکید کرده‌اند که عمق محیط کشت یک فاکتور مهم در بهره‌برداری از گراسیلاریا است. از طرف دیگر نشان داده شده است که جلبک *Gracilaria lemaneiformis* در پاسخ به کاهش نور در اثر افزایش عمق محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a و فیکواریترین) را افزایش می‌دهد. این افزایش جلبک را به جذب بیشتر نور برای فتوسنتز قادر می‌سازد (۵۵).

جلبک‌های دریایی یکی از غنی‌ترین و امیدوار کننده‌ترین منابع اولیه ترکیبات فعال زیستی و متابولیت‌های ثانویه هستند (۱۳) و کشف آن‌ها در سه دهه گذشته به میزان قابل توجهی گسترش یافته است (۳۷). در جلبک‌ها ترکیبات متنوعی مانند کاروتنوئیدها، ترپنوئیدها، گزانتوفیل-ها، کلروفیل، ویتامین، اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع، آلکالوئید، ترکیبات هالوژنه و پلی‌ساکاریدهایی مانند آگار، کاراژنین، پروتوگلیکان‌ها، آلژینات، لامینارین، سولفات رامنان و گالاکتوزیل گلیسرول سنتز می‌شود (۲۲، ۳۹، ۹). در حال حاضر جلبک‌ها، حدود ۹ درصد از ترکیبات زیست پزشکی بدست آمده از دریا را بیان می‌کنند (۱۹). ترکیبات با فعالیت ضد میکروبی، ضد ویروسی، ضد قارچی و ضد باکتری در جلبک‌های سبز، قرمز و قهوه‌ای شناسایی شده است (۳۷).

شاخه جلبک‌های قرمز بیشترین تنوع را در نواحی گرمسیری دارند. بنابراین درجه حرارت فاکتور اصلی در کنترل پراکنش و تنوع جلبک‌های قرمز محسوب می‌گردد. برخی از جنس‌های جلبک‌های قرمز آگاروفیت (جلبک تولید کننده آگار) هستند که از آن‌ها می‌توان *Gelidium*، *Gracilaria* و *Pterocladia* را نام برد (۳۹). آگار بعنوان یک ماده غذایی در آسیا است که از قرن‌ها پیش مورد استفاده قرار گرفته است. کیفیت فوق‌العاده آن بعنوان غلظت، ثبات و عامل ژل، آن را به یک عنصر ضروری برای تولید محصولات غذایی فرآوری شده مهیا ساخته است. علاوه بر این، ویژگی‌های اشباع و تحمل، آن را به یک عنصر فیبر ایده‌آل در تهیه محصولات کم کالری مواد

جلبک‌های دریایی خصوصیات اکوفیزیولوژیکی مختلف را در پاسخ به تغییرات عمق در طی رشد نشان می‌دهند (۵۳). مطالعه در جلبک *Gracilaria birdiae* نشان می‌دهد که این جلبک محیط‌ها با میزان نور متوسط را ترجیح می‌دهد با این حال تغییرات در عمق باعث کاهش رشد جلبک بدلیل کاهش میزان نور می‌شود (۳۸). Yang و همکاران نیز (۵۶) تغییرات رشد جلبک با تغییرات عمق کشت را نشان داده‌اند و تاکید کرده‌اند که عمق محیط کشت یک فاکتور مهم در بهره‌برداری از گراسیلاریا است. از طرف دیگر نشان داده شده است که جلبک *Gracilaria lemaneiformis* در پاسخ به کاهش نور در اثر افزایش عمق محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a و فیکواریترین) را افزایش می‌دهد. این افزایش جلبک را به جذب بیشتر نور برای فتوسنتز قادر می‌سازد (۵۵).

متری با ۵ تکرار به صورت تصادفی انجام گرفت. تال‌های جلبک موجود در هر کوادرات از ناحیه اتصال به بستر ماسه‌ای با استفاده از کاردک جدا شدند. نمونه‌ها در لایه لای الیاف کفنی مرطوب (الیاف کفنی که با آب دریا مرطوب شده بود) در چند لایه متوالی قرار داده و بوسیله یخدان یونولیتی به آزمایشگاه منتقل شد (۲۶).

کشت در استخر بتونی کانال آب شیرین‌کن جزیره قشم (E ۱۲° ۴۵' ۱۶" و N ۲۳° ۱۲' ۵۶" ۲۶) انجام شد. کانال‌های بتونی به مساحت ۴۵۰ متر مکعب و عمق ۲/۵ متر که جریان آب در ساعاتی از روز متحرک است تشکیل شده بودند. دوره کشت و پرورش به مدت ۴۵ روز از اوایل اردیبهشت تا اواخر خرداد سال ۱۳۹۲ انجام گرفت.

در این کشت از روش مونولاین، با استفاده از یک سری رشته طناب‌های پلی‌اتیلن به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر که به عنوان بستر کشت جلبک است انجام گرفت. تال‌های جلبک به طول ۱۵ سانتی‌متر در دو دسته ۱۰ گرمی و ۲۰ گرمی در فواصل ۱۵ سانتی‌متری در ۲ متر طناب کشت داده شد. دو تراکم ۱۰۰ گرم و ۲۰۰ گرم نشاء جلبک روی طناب‌ها ذخیره سازی شد. طناب‌ها به صورت افقی در دو عمق مختلف ۱ متر و ۲ متر ارتفاع از سطح آزاد آب به تکیه‌گاه سیمانی مستقر در دو طرف کانال بسته شد. برای هر یک از متغیرهای عمق و تراکم سه تکرار در نظر گرفته شد. عملیات پایش (تکان دادن موجی لاین‌ها جهت حذف گل و لای) بصورت روزانه انجام گرفت.

اندازه‌گیری رنگی‌های فیکوبیلی پروتئین: برای اندازه‌گیری رنگی‌های فیکوبیلی پروتئین‌ها (فیکواریترین RPE و فیکو سیانین RPC) از روش Beer and Eshel (۳) استفاده شد. ۱ گرم از زی‌توده جلبک ساییده شده با هاون چینی در ۰/۱ مولار بافر فسفات (pH ۶/۸) حل شد و در دمای ۴°C به مدت ۱۲ ساعت نگه داشته شد. عصاره حاصل به مدت ۲۰ دقیقه در ۷۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شد، سپس جذب محلول رویی هر یک از نمونه‌های سانتریفوژ شده و

ماکروآلگ‌ها سرشار از اسیدهای چرب غیراشباع (PUFA) که اهمیت زیادی برای متابولیسم بدن انسان دارند، می‌باشند. اجزای عمده آن‌ها از فسفولیپید غشای سلولی‌اند (۷). این اسیدها پیش‌ساز در بیوسنتز پروستاگلاندین‌ها، ترومباکسان‌ها و دیگر ایکوزانوئیدها هستند که به عنوان تنظیم‌کننده زیستی مهم بسیاری از فرآیندهای سلولی‌اند (۵۰).

گراسیلاریوپسیس از جلبک‌های قرمز بوده و دارای پراکنش جهانی است (۴۴). Greville در سال ۱۸۳۰ این جنس را نام‌گذاری کرده است که در آن زمان تنها دارای چهار گونه بوده است از آن زمان به بعد با گزارش‌های جدید از مناطق متنوع تعداد گونه‌ها به ۱۶۹ گونه رسیده است. در طی مطالعاتی که در سواحل جنوبی ایران صورت گرفته است این گونه از سواحل خلیج فارس شناسایی شده و به نام *Gracilariopsis persica* معرفی شده است (۴۹).

کشت موفق جلبک در استخرها عمدتاً به غلظت مواد مغذی و انواع کشت بستگی دارد با این حال مطالعه کمی در مورد اثر تراکم و عمق کشت در توسعه و بهره‌برداری از ماکروآلگ‌ها در محیط وجود دارد. بنابراین در راستای بررسی این رابطه و بهینه‌سازی شرایط کشت هدف از این مطالعه بررسی اثر تراکم و عمق کشت جلبک *Gp. persica* بر میزان استخراج محصول آگار، رنگی‌های فیکوبیلی-پروتئین، کلروفیل a، محتویات چربی و ترکیبات اسید چرب بود.

مواد و روشها

نحوه نمونه‌برداری جلبک *Gp. persica*: به منظور کشت و پرورش جلبک مورد آزمایش، در هنگام جزر کامل در تاریخ ۲۵ آبان نشاهای جلبک از رویش‌گاه طبیعی سورو بندرعباس تهیه شد. در رویش کمربندی جلبک *Gp. persica* سه ترانسکت به صورت موازی با ساحل انتخاب شد. نمونه‌برداری توسط پرتاب کوادرات ۵۰×۵۰ سانتی

آگار بدست آمد. محلول ژل آگار در درون تشتک ته گود برای مدتی در دمای اتاق به حالت سکون قرار داده شد تا سرد گردد و به صورت ژل بسته در آید. پس از برش زدن ژل حاصله به منظور آب‌گیری، در فریزر با دمای 8°C - به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد. پس از ۲۴ ساعت، ظرف حاوی ژل از فریزر خارج و در دمای اتاق قرار گرفت تا از حالت انجماد خارج گردد. سپس نمونه حاصل توسط صافی آبکشی شده تا ژل خالص حاصل گردد. در ادامه ژل خالص را در دمای $55-60^{\circ}\text{C}$ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده، پس از خشک شدن عمل آسیاب ورقه‌های آگار انجام گرفته و پودر آگار بدست آمد. سپس پودر به دست آمده با ترازوی دیجیتال AND با دقت ۰/۱ ساخت ژاپن توزین شد.

اندازه‌گیری قدرت ژل آگار: برای اندازه‌گیری قدرت ژل از روش Villanueva و همکاران (۵۲) استفاده شد. محلول ۱/۵٪ آگار تهیه شد و به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق قرار گرفت. سپس میزان قدرت ژل توسط دستگاه Marine Colloids Gel Tester مدل GT-1 ساخت آمریکا بر حسب گرم بر سانتی‌متر مربع سنجیده شد.

استخراج چربی: برای آنالیز و استخراج چربی از نمونه جلبک‌های خشک شده از هر تیمار استفاده شد. درصد چربی با استفاده از روش استاندارد A.O.A.C (۱) به شماره ۱۴/۰۱۹ اندازه‌گیری شد. ۲ گرم از نمونه جلبک خشک و پودر شده در بن ماری با محلول اسیدی شامل ۱۲/۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک غلیظ و ۵/۵ میلی‌لیتر آب مقطر حرارت داده، پس از هضم اسیدی بوسیله مخلوط دو حلال اتر اتیلیک و اتردوپترول به حجم‌های مساوی سه بار استخراج گردید به طوری که ماده اولیه پس از یکنواخت شدن در مجاورت این حلال قرار گرفته و در نتیجه کلیه چربی نمونه حل شده و توزین گردید.

آماده‌سازی متیل استرهای اسید چرب: مقدار ۱۰۰ میلی-گرم از چربی استخراج شده را در لوله دردار با ۵ میلی‌لیتر

جذب در طول موج‌های ۵۶۴، ۵۹۲ و ۴۴۵ برای اندازه‌گیری میزان فیکواریترین و طول موج‌های ۶۱۸، ۶۴۵ و ۵۹۲ نانومتر برای اندازه‌گیری میزان فیکوسیانین توسط اسپکتروفتومتر APPEL مدل PD-303UV ساخت ژاپن قرائت شد و با توجه به فرمول زیر محاسبه شد (۳):

$$\text{RPE} = [(A_{564} - A_{592}) - (A_{455} - A_{592}) 0.20] 0.12$$

$$\text{RPC} = [A_{618} - A_{645}] - (A_{592} - A_{645}) 0.15$$

اندازه‌گیری رنگی‌های کلروفیل: غلظت کلروفیل a با توجه به روش Porra و همکاران (۴۲) برآورد شد. برای اندازه‌گیری کلروفیل a، ۱ گرم از جلبک ساییده شده در متانول ۱۰ میلی‌لیتر به مدت ۱۲ ساعت در دمای 4°C نگه داشته شد. عصاره حاصل به مدت ۵ دقیقه در 7000 دور در دقیقه سانتریفوژ شد، سپس جذب محلول رویی هر یک از نمونه‌های سانتریفوژ شده توسط اسپکتروفتومتر APPEL مدل PD-303UV ساخت ژاپن در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۵۲ نانومتر قرائت و با توجه به فرمول زیر (۳) محاسبه شد.

$$\text{Chla} = 14.21 A_{663} - 9.55 A_{652}$$

استخراج و محصول آگار: جلبک‌های پرورش داده شده پس از پایان دوره پرورش از آب شور خارج گردید. جلبک‌ها با آب معمولی شستشو و برای مدت ۱۲ ساعت در آب شیرین قرار داده تا شوری خود را از دست بدهند. پس از سه مرحله شستشو، به منظور رنگ زدایی و خشک شدن در زیر آفتاب قرار داده شد. پس از خشک شدن کامل جلبک‌ها، مقدار ۱۰۰ گرم از نمونه خشک شده توزین و درون محلول (NaOH) ۲ تا ۶ درصد، در دمای 90°C به مدت ۱/۵ ساعت در بن ماری قرار داده شد. پس از سپری شدن زمان فوق‌الذکر جلبک‌ها از سود سوزآور خارج شده با آب معمولی شستشو گردید. برای خنثی کردن سود باقیمانده در بافت جلبک‌ها از اسید کلریدریک ۱ نرمال استفاده شد. در ادامه جلبک‌های مذکور را در دمای 120°C درجه کلونین به مدت ۲۰ دقیقه در اتوکلاو حرارت داده و پس از طی زمان فوق، جلبک‌ها را فیلتر کرده و محلول ژل

آنالیز آماری: برای تحلیل آماری از نرم افزار SPSS نسخه ۱۹ و آنالیز واریانس ANOVA دو سویه استفاده شد و برای گروه‌بندی از آزمون توکی چند دامنه‌ای در سطح احتمال آماری $P < 0.05$ استفاده گردید. نمودارها نیز با استفاده از نرم افزار EXCEL سری ۲۰۱۰ رسم شدند.

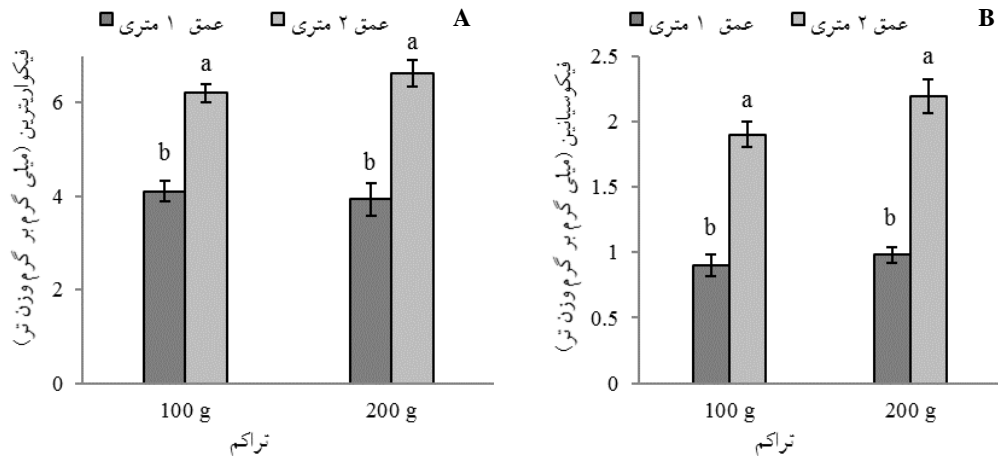
نتایج

میزان فیکواریترین و فیکوسیائین: نتایج حاصل از میزان فیکواریترین و فیکوسیائین در شکل ۱ نشان داده شده است. طبق نتایج حاصل میزان فیکواریترین و فیکوسیائین در جلبک‌های کشت شده در عمق ۲ متری نسبت به عمق ۱ متری افزایش معنی‌دار یافت. در صورتی‌که در دو تراکم ۱۰۰ و ۲۰۰ گرم در میزان فیکواریترین و فیکوسیائین تفاوتی مشاهده نگردید. طبق بررسی نتایج بیشترین میزان فیکواریترین و فیکوسیائین در تراکم ۲۰۰ گرم در عمق ۲ متری مشاهده شد. میزان فیکواریترین در دو تراکم ۱۰۰ و ۲۰۰ گرم در عمق ۲ متری به ترتیب به میزان ۵۱/۴۶ و ۶۸/۴۴٪ نسبت به عمق ۱ متری افزایش یافت (شکل ۲A). این افزایش در فیکوسیائین به ترتیب ۱۱۱/۱۱ و ۱۲۳/۴۶٪ بود (شکل ۱B).

میزان کلروفیل a: نتایج حاصل از میزان کلروفیل *a* در شکل ۲A نشان داده شده است. طبق نتایج حاصل میزان کلروفیل *a* در جلبک‌های کشت شده در عمق ۲ متری نسبت به ۱ متری افزایش معنی‌دار در سطح ۵ درصد یافت. در صورتی‌که تراکم تأثیری بر میزان کلروفیل *a* نشان نداد. طبق بررسی نتایج بیشترین میزان کلروفیل *a* در تراکم ۲۰۰ گرم در عمق ۲ متری حاصل شد. میزان کلروفیل *a* در دو تراکم ۱۰۰ و ۲۰۰ گرم در عمق ۲ متری به ترتیب به میزان ۱۰۳/۸۸ و ۹۵/۵۵٪ نسبت به عمق ۱ متری افزایش یافت (شکل ۲A).

حلال هگزان نرمال حل نموده و سپس مقدار ۰/۲ میلی‌لیتر از سدیم متوکساید ۲ مولار به لوله اضافه گردید و در آن بسته شد. محتویات لوله به شدت با مخلوط کن گردآبی به مدت ۱ دقیقه مخلوط گردید، بعد از ۵ دقیقه مقدار ۰/۵ گرم از پودر سدیم تیروژن به لوله اضافه و دوباره مخلوط شد. لوله‌های آزمایش حاوی نمونه در سانتیفریژ قرار داده و به مدت ۳ دقیقه در درجه حرارت اتاق سانتیفریژ شد (۱۸).

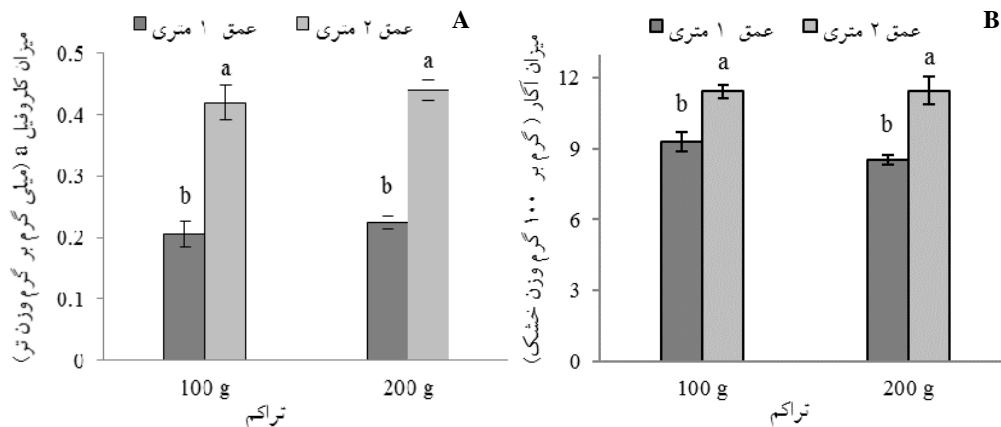
اندازه‌گیری ترکیب اسیدهای چرب با استفاده از روش کروماتوگرافی گازی: حدود ۱ میکرولیتر از نمونه متیله شده را به دستگاه کروماتوگرافی گازی GC تزریق نموده و مکان هر یک از اسیدهای چرب را بر اساس زمان بازداری (RT) آن‌ها در نمونه استاندارد شناسایی کرده و به صورت گرم در ۱۰۰ گرم چربی نمونه بیان گردید. استرها به ترتیب افزایش تعداد اتم‌های کربن و ترتیب افزایش تعداد پیوندهای دوگانه به ازای تعداد اتم‌های کربن مشخص (n) از ستون خارج شدند. نتایج اسیدهای چرب به صورت درصد هر اسید چرب با توجه به کل اسیدهای چرب بیان گردید. در این تحقیق از دستگاه کروماتوگرافی گازی مدل واریان ۳۴۰۰ ساخت آمریکا با ستون DB۲۳ موئین و ابعاد ستون با طول ۶۰ متر و قطر خارجی و داخلی به ترتیب ۰/۳۲ mm و ۰/۲۵ mm بود استفاده شد. گاز حامل ازت، شناساگر از نوع F.I.D، درجه حرارت شناساگر ۲۴۰ درجه سانتی‌گراد و درجه حرارت محل تزریق ۲۲۰ درجه سانتی-گراد بود. دمای ستون در ۸۰°C به مدت ۲ دقیقه نگهداری سپس با سرعت ۵ درجه در دقیقه به ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد رسانده در آنجا نیز ۲ دقیقه نگه داشته شد در نهایت با سرعت ۵ درجه در دقیقه به ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد رسانیده و در آنجا نیز به مدت ۵ دقیقه نگه داشته شد. با توجه به منحنی بدست آمده اسیدهای چرب موجود در نمونه شناسایی و تعیین مقدار گردید.



شکل ۱- میزان فیکواریترین (A) و فیکوسیانین (B) در جلبک *Gp. persica* در متغیرهای مختلف عمق (۱ و ۲ متری) و تراکم (۱۰۰ و ۲۰۰ گرمی). هر ستون نماینده میانگین ۳ تکرار و بارهای عمودی نشانگر انحراف معیار است. حروف متفاوت نشانه تفاوت معنی‌دار بین تیمارها است ($P < 0.05$).

متری افزایش معنی‌دار در سطح ۵ درصد یافت این در حالی است که تراکم تاثیری بر میزان آگار نشان نداد. طبق بررسی نتایج بیشترین میزان آگار در تراکم ۲۰۰ گرم در عمق ۲ متری حاصل شد. میزان آگار در دو تراکم ۱۰۰ و ۲۰۰ گرم در عمق ۲ متری به ترتیب به میزان ۲۲/۷۹ و ۳۴/۳۴٪ نسبت به عمق ۱ متری افزایش یافت (شکل ۲B).

میزان استخراج محصول آگار: نتایج حاصل از میزان آگار استخراج شده در شکل ۲B نشان داده شده است. درصد آگار بدست آمده در این مطالعه در پایان دوره پرورش به ازاء هر ۱۰۰ گرم وزن خشک جلبک *Gp. persica* بین ۸/۳ تا ۱۲/۳۴ درصد بود. طبق نتایج حاصل میزان آگار در جلبک‌های کشت شده در عمق ۲ متری نسبت به عمق ۱



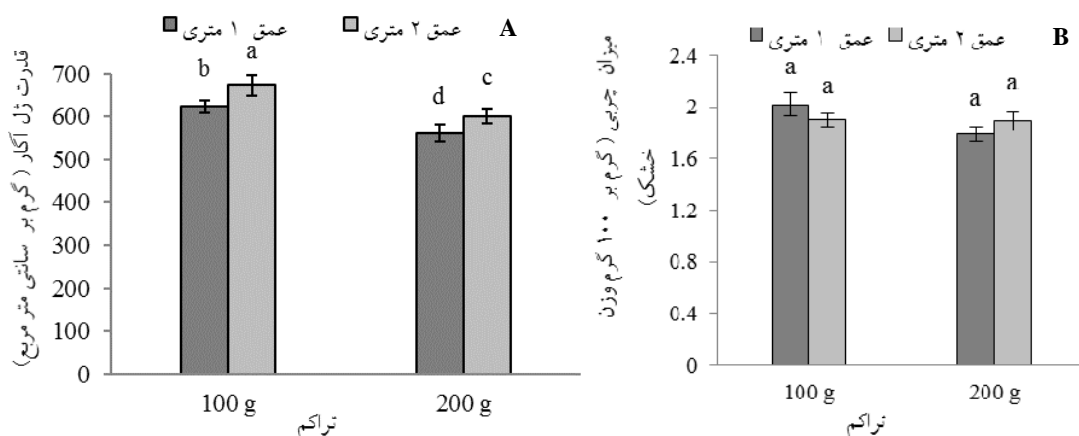
شکل ۲- میزان کلروفیل a (A) و آگار (B) در جلبک *Gp. persica* در متغیرهای مختلف عمق (۱ و ۲ متری) و تراکم (۱۰۰ و ۲۰۰ گرمی). هر ستون نماینده میانگین ۳ تکرار و بارهای عمودی نشانگر انحراف معیار است. حروف متفاوت نشانه تفاوت معنی‌دار بین تیمارها است ($P < 0.05$).

دار در سطح ۵ درصد یافت. طبق بررسی نتایج بیشترین میزان قدرت ژل آگار در تراکم ۱۰۰ گرم در عمق ۲ متری حاصل شد. میزان قدرت ژل آگار در دو تراکم ۱۰۰ و ۲۰۰ گرم در عمق ۲ متری به ترتیب به میزان ۶۷۳/۳۹ و

قدرت ژل آگار: نتایج حاصل از قدرت ژل آگار در شکل ۳A نشان داده شده است. طبق نتایج حاصل میزان قدرت ژل آگار در جلبک‌های کشت شده در عمق ۲ متری نسبت به ۱ متری افزایش و با افزایش تراکم میزان آن کاهش معنی

ازاء هر ۱۰۰ گرم وزن خشک جلبک *Gp. persica* بین ۱/۷۳ تا ۲/۳ درصد بود. طبق نتایج حاصله بیشترین میزان چربی در تراکم ۱۰۰ گرم در عمق ۱ متری حاصل شد. طبق بررسی نتایج عمق و تراکم هیچکدام تاثیر معنی‌داری در سطح ۵ درصد بر میزان چربی نداشت (شکل ۳B).

۶۰۱/۳۴ گرم بر سانتی‌متر مربع بود. میزان قدرت ژل آگار در دو تراکم ۱۰۰ و ۲۰۰ گرم در عمق ۱ متری به ترتیب ۶۲۳/۲۱ و ۵۶۱/۵۶ گرم بر سانتی‌متر مربع بود (شکل ۳A). **میزان چربی:** نتایج حاصل از میزان چربی در شکل ۳B نشان داده شده است. محتوای چربی برای نمونه مورد مطالعه در متغیرهای مختلف عمق و تراکم کم بود. درصد لیپید بدست آمده در این مطالعه در پایان دوره پرورش به



شکل ۳- میزان قدرت ژل آگار (A) و چربی (B) در جلبک *Gp. persica* در متغیرهای مختلف عمق (۱ و ۲ متری) و تراکم (۱۰۰ و ۲۰۰ گرمی). هر ستون نماینده میانگین ۳ تکرار و بارهای عمودی نشانگر انحراف معیار است. حروف متفاوت نشانه تفاوت معنی‌دار بین تیمارها است ($P < 0.05$).

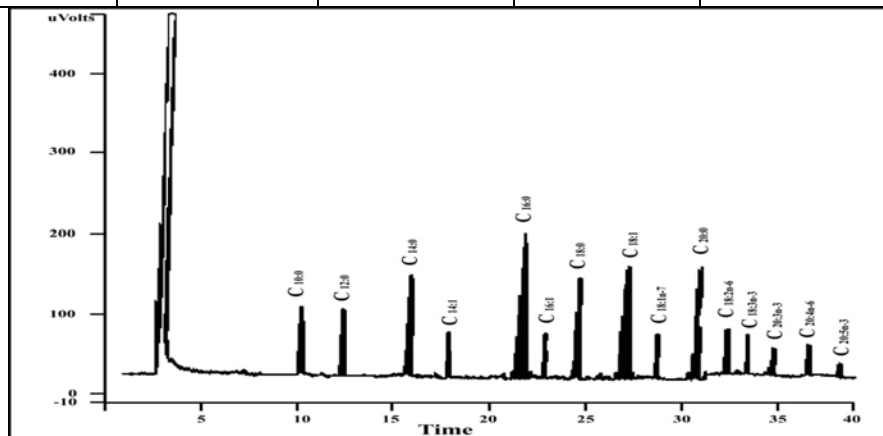
متعلق به گروه PUFA (اسید چرب غیر اشباع با چند پیوند دوگانه) بود. در این بررسی از بین تمام اسیدهای چرب شناسایی شده، بیشترین مقدار مربوط به اسید آراشیدونیک ($C_{20:4n-6}$) با مقدار ۳۴/۰۹ درصد بود و بعد از آن اسیدهای چرب پالمیتیک ($C_{16:0}$) و اسید پالمیتوئیک ($C_{16:1}$) با مقادیر ۲۵/۹۰ و ۱۰/۲۲ درصد بود. در این مطالعه، جلبک *Gp. persica* را می‌توان به عنوان منبع خوبی از اسیدهای چرب غیراشباع رژیم غذایی در نظر گرفت. چرا که نسبت n-6/n-3 آن ۷/۰۲ درصد بود.

اسید چرب استخراج شده از جلبک *Gp. persica*: اسیدهای چرب جلبک *Gp. persica* مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۱ آمده است. طبق نتایج حاصل تفاوت معنی‌داری در میزان اسیدهای چرب و نوع آنها بین تیمارها مشاهده نگردید. همچنین منحنی کروماتوگرام اسیدهای چرب بدست آمده از این گونه در عمق ۱ متری و تراکم ۱۰۰ گرم در شکل ۴ نشان داده شده است.

تعداد اسیدهای چرب شناسایی شده در این گونه ۱۵ نوع بود که ۶ اسید چرب متعلق به گروه SFA (اسید چرب اشباع شده)، ۴ اسید چرب متعلق به گروه MUFA (اسید چرب اشباع نشده با یک بند دو گانه) و ۵ اسید چرب

جدول ۱- ترکیب اسیدهای چرب (مقدار به صورت % از کل اسید چرب) موجود در *Gp. persica* در متغیرهای مختلف عمق (۱ و ۲ متری) و تراکم (۱۰۰ و ۲۰۰ گرمی). (میانگین \pm انحراف معیار، n=3).

عمق ۲ متری		عمق ۱ متر		اسید های چرب
تراکم ۲۰۰ گرم	تراکم ۱۰۰ گرم	تراکم ۲۰۰ گرم	تراکم ۱۰۰ گرم	
۴/۶۶ \pm ۰/۰۴	۴/۷۳ \pm ۰/۰۵	۴/۶۳ \pm ۰/۰۸	۴/۶۹ \pm ۰/۰۱	C _{10:0}
۰/۱۲ \pm ۰/۰۱۳	۰/۲۲ \pm ۰/۰۲۳	۰/۱۹ \pm ۰/۰۱۵	۰/۲۰ \pm ۰/۰۱۱	C _{12:0}
۲/۶۹ \pm ۰/۱۵	۲/۷۶ \pm ۰/۱۳	۲/۷۳ \pm ۰/۱۶	۲/۷۰ \pm ۰/۲۰	C _{14:0}
۲۵/۱۴ \pm ۰/۲۸	۲۵/۹۰ \pm ۰/۴۳	۲۴/۲۳ \pm ۱/۳۱	۲۵/۳۱ \pm ۰/۰۴	C _{16:0}
۳/۴۹ \pm ۰/۰۷	۳/۵۸ \pm ۰/۰۵	۳/۵۰ \pm ۰/۰۷	۳/۴۵ \pm ۰/۰۹	C _{18:0}
۱/۴۳ \pm ۰/۰۹	۱/۳۹ \pm ۰/۰۶	۱/۳۶ \pm ۰/۰۹	۱/۴۰ \pm ۰/۱۱	C _{20:0}
۳۷/۵۳ \pm ۸/۷۵	۳۸/۵۸ \pm ۸/۱۳	۳۶/۶۴ \pm ۷/۵۰	۳۷/۶۷ \pm ۹/۴۵	Total SFA
۰/۵۹ \pm ۰/۰۳	۰/۵۷ \pm ۰/۰۶	۰/۶۰ \pm ۰/۰۴	۰/۵۵ \pm ۰/۰۵	C _{14:1}
۱۰/۱۲ \pm ۰/۱۱	۱۰/۲۲ \pm ۰/۱۷	۹/۹۸ \pm ۰/۱۹	۱۰/۱۸ \pm ۰/۰۷	C _{16:1}
۶/۳۱ \pm ۰/۲۰	۶/۱۶ \pm ۰/۴۵	۶/۱۱ \pm ۰/۱۷	۶/۲۸ \pm ۰/۱۵	C _{18:1}
۱/۶۳ \pm ۰/۰۶	۱/۶۴ \pm ۰/۰۹	۱/۶۰ \pm ۰/۰۵	۱/۶۲ \pm ۰/۰۸	C _{18:1n-7}
۱۸/۶۵ \pm ۳/۴۸	۱۸/۵۹ \pm ۴/۱۱	۱۸/۲۹ \pm ۳/۹۱	۱۸/۶۳ \pm ۴/۴۴	Total MUFA
۰/۸۶ \pm ۰/۰۴	۰/۸۹ \pm ۰/۰۷	۰/۸۵ \pm ۰/۰۴	۰/۸۸ \pm ۰/۰۲	C _{18:3n-3}
۴/۸۸ \pm ۰/۱۱	۴/۸۱ \pm ۰/۱۳	۴/۹۰ \pm ۰/۱۵	۴/۸۵ \pm ۰/۱۰	C _{18:2n-6}
۳۳/۸۵ \pm ۰/۱۴	۳۴/۰۹ \pm ۰/۱۰	۳۲/۹۱ \pm ۰/۰۳	۳۳/۲۷ \pm ۰/۱۳	C _{20:4n-6}
۱/۹۷ \pm ۰/۰۷	۱/۹۹ \pm ۰/۰۵	۱/۹۵ \pm ۰/۰۳	۱/۹۳ \pm ۰/۰۸	C _{20:5n-3}
۲/۷۳ \pm ۰/۰۵	۲/۶۶ \pm ۰/۰۴	۲/۶۹ \pm ۰/۰۷	۲/۷۷ \pm ۰/۰۶	C _{20:3n-3}
۴۴/۲۹ \pm ۱۲/۰۱	۴۴/۴۴ \pm ۱۱/۳۳	۴۳/۲۰ \pm ۹/۵۵	۴۳/۷۰ \pm ۱۳/۷۸	Total PUFA
۳۸/۷۳	۳۸/۹۰	۳۷/۸۱	۳۸/۱۲	PUFA n-6 (%W/W)
۵/۵۶	۵/۵۴	۵/۴۹	۵/۵۸	PUFA n-3 (%W/W)
۶/۹۶	۷/۰۲	۶/۸۸	۶/۸۳	n-6/n-3
۱/۱۸	۱/۱۵	۱/۱۷	۱/۱۶	PUFA/SFA



شکل ۴- منحنی کروماتوگرام اسید چرب بدست آمده از جلبک *Gp. Persica* در عمق ۱ متری تراکم ۱۰۰ گرمی. به ترتیب از پیک سمت چپ زمان ۱۰ دقیقه به راست: ۱. C_{10:0}، ۲. C_{12:0}، ۳. C_{14:0}، ۴. C_{16:0}، ۵. C_{18:0}، ۶. C_{18:1}، ۷. C_{18:2}، ۸. C_{18:3}، ۹. C_{20:0}، ۱۰. C_{20:1}، ۱۱. C_{20:2}، ۱۲. C_{20:3}، ۱۳. C_{20:4}، ۱۴. C_{20:5}، ۱۵. C_{18:2n-6}، ۱۶. C_{18:3n-3}، ۱۷. C_{20:3n-3}، ۱۸. C_{20:4n-6}، ۱۹. C_{20:5n-3}، ۲۰. C_{20:5n-3}.

بحث و نتیجه‌گیری

رنگیزه‌ها: طبق نتایج این تحقیق میزان رنگیزه‌ها در عمق ۲ متری تفاوت معنی‌داری با عمق ۱ متری نشان داد. Marinho-Soriano (۳۰) نشان داده است که کاهش شدت نور با افزایش عمق موجب افزایش میزان رنگیزه جلبک *G. bursa-pastoris* می‌شود. رابطه معکوس بین شدت نور و محتوی فیکواریترین و کلروفیل مشاهده شده در مطالعه ذکر شده نشان می‌دهد که متغییر جزر یک عامل کلیدی در افزایش رنگدانه با عمق در آن جلبک است، زیرا در نور کم، مقدار بیشتری رنگدانه مورد نیاز است. افزایش در غلظت رنگیزه با عمق یک استراتژی است که توسط جلبک استفاده می‌شود و با گرفتن نور بیشتر برای فتوسنتز و در نتیجه برای بهینه‌سازی سرعت سوخت و ساز آن است، نتایج مشابهی برای *G. lemaniformis* (۵۴) و برای *G. chilensis* (۳۰) گزارش شده است. بنابراین شدت نور بالا باعث کم شدن محتوی رنگیزه در گیاهان است و این یکی از ویژگی‌های مشترک در جلبک‌های دریایی در حال رشد در مناطق جزر و مدی می‌باشد (۴۶).

محصول آگار استخراج شده و قدرت ژل آگار جلبک *Gp. persica*: عموماً گونه‌های *Gracilaria* به علت غلظت بالای سولفات، آگار با کیفیت پایین تولید می‌کنند (۳۴). همچنین میزان محصول آگار و کاهش در استحکام ژل احتمالاً با درجه حرارت بالا و زمان طولانی استخراج نیز ارتباط دارد (۲۱). Juntain and Kunshan (۲۰) نشان داده‌اند که عملکرد آگار از جلبک *G. lemaniformis* با افزایش عمق افزایش یافته و بیشترین آن در عمق ۳/۵ متر و کمترین آن در عمق ۰/۵ متری مشاهده شده است که با نتایج ما همسویی نشان می‌دهد.

تعدادی از مطالعات نشان می‌دهند که تنوع در عملکرد آگار در رابطه با فصول سال می‌باشد و همچنین عملکرد و کیفیت آگار در فصل به شرایط زیست محیطی و چرخه زندگی وابسته است (۵). احتمال داده می‌شود که افزایش

دما و رطوبت از ذخیره‌سازی جلبک بعد از کشت نیز بتواند در فرایندهای تخریب آگار دخیل باشد و آنرا سرعت بخشد (۱۳). Martin و همکاران (۳۲) نشان داده‌اند که تغییرات فصلی بر میزان آگار جلبک *G. gracilis* تاثیر گذاشته و طبق مطالعه آنها میزان محصول آگار در فصل بهار و تابستان بترتیب ۳۰٪ و ۴۱٪ در این گونه می‌باشد و در فصل پاییز عملکرد آگار کاهش یافته و به ۱۹٪ می‌رسد.

امروزه از جلبک *Gracilaria* به عنوان ماده خام اصلی برای تهیه آگار استفاده می‌شود و حمایت از این صنعت اساس پرورش جلبک *گراسیلاریا* را تشکیل می‌دهد. زیرا برداشت از پتانسیل طبیعی موجود در تمام دنیا نمی‌تواند تولید معقولانه‌ای را داشته باشند. از این رو پایداری صنعت *گراسیلاریا* بر اساس پرورش بوده و رشد آن بستگی به انتخاب گونه بهتر و توسعه فن‌آوری‌های پرورش جلبک، در میان دیگر فاکتورهای موجود دارد.

طبق نتایج حاصل قدرت ژل آگار تحت تاثیر عمق و تراکم قرار داشت (شکل ۵A). بیشترین قدرت ژل در این مطالعه در عمق ۲ متری و تراکم ۱۰۰ گرم به میزان ۶۷۳/۳۹ گرم بر سانتی‌متر مربع حاصل شد. قدرت ژل آگار به عنوان شاخص کیفیت آگار بوده و هر قدر کیفیت آگار بالاتر باشد میزان قدرت ژل نیز بیشتر است. قدرت ژل آگار تحت تاثیر عوامل محیطی مانند فصل کشت، موقعیت مکانی، نور، عمق رویش، مواد مغذی، گونه مورد کشت و نحوه استخراج آگار قرار می‌گیرد (۲۱). تحقیقات نشان داده است که قدرت ژل در بافت‌های جوان بیشتر است که علت آن می‌تواند بالا رفتن میزان غلظت گروه‌های سولفات در بافت‌های پیر در جلبک‌های آگاروفیت باشد. ثابت شده است که گروه‌های سولفات تاثیر منفی بر قدرت ژل دارد (۳۴).

لیپید استخراج شده از جلبک *Gp. persica*: در مطالعه حاضر غلظت چربی برای نمونه مورد مطالعه کم بود. سهم کل چربی از این جلبک تقریباً شبیه به آنچه که در غلات

گزارش شده توسط محققان برای گونه‌های مختلف *Gracilaria* بود.

اسید چرب استخراج شده از جلبک *Gp. persica*: تعداد اسیدهای چرب شناسایی شده در این گونه ۱۵ نوع بود که ۶ اسید چرب متعلق به گروه SFA، ۴ اسید چرب متعلق به گروه MUFA و ۵ اسید چرب متعلق به گروه PUFA بود.

برای جلبک‌های مختلف دریای بوه‌های چین مقادیر نسبی SFA بین ۲۶ الی ۷۱ درصد گزارش شده است (۲۴). فراوان‌ترین SFA در اکثر جلبک‌های دریایی اسید پالمیتیک و اسید مریستیک می‌باشد (۲۵ و ۱۴). در این مطالعه نیز غلظت SFA، ۳۶/۶۷ درصد و فراوان‌ترین آن اسید پالمیتیک بود که با نتایج حاصل از مطالعات ذکر شده همسویی نشان می‌دهد.

در مطالعه‌ای مقدار MUFA برای شاخه *Rhodophyta* کمتر از ۱۰ درصد از کل مشخصات FA گزارش شده است (۱۸)، دیگر مقادیر نسبتاً بالا از MUFA در جلبک‌های قرمز دیگر گزارش شده است، اگر چه این اسید چرب بطور مداوم نماینده حداقل همه FA می‌باشد (۱۵ و ۲۶). Kumari و همکاران (۲۲) نشان داده‌اند که در روش‌های مختلف استخراج اسید چرب، میزان MUFA در *G. corticata* کمتر از SFA و PUFA می‌باشد. Ortiz و همکاران (۳۸) نشان داده‌اند که فراوان‌ترین اسید چرب تک غیر اشباع برای اولئیک اسید C_{18:1n-9} مربوط به *G. chilensis* که مقدار آن ۲۹/۰۲٪ بود. در این مطالعه نیز کل محتوای MUFA برای این گونه کمتر از SFA و PUFA بود.

بالاترین غلظت PUFA در جلبک *Gp. persica* مربوط به اسید آراشیدونیک بود. در مطالعه دیگر مقدار PUFA (بطور عمده اسیدهای آراشیدونیک و ایکوزپنتانوئیک اسید) در *Rhodophyta* گزارش شده است (۲۹).

(برنج و چاودار) و حبوبات (لوبیا، نخود، باقلا)، که کمتر از ۲٪ است و میزان بالاتری نسبت به گیاهانی مانند هویج، اسفناج و گوجه فرنگی که در محدوده بین ۰/۲ تا ۰/۸ نشان داد (۷).

Kumari و همکاران (۲۲) میزان چربی برای *G. debilis*، ۰/۲۳ درصد، *G. dura*، ۱/۱۰ درصد و *G. furgosonii*، ۰/۵۷ درصد نشان داده‌اند. Matteo و همکاران (۳۳) میزان چربی برای *G. gracilis* در فصول مختلف سال را در محدوده بین ۱/۱ تا ۲٪ گزارش کرده‌اند. تغییرات در محتوای چربی می‌تواند تحت تاثیر نوع گونه و فاکتورهای محیطی یا ترکیبی از هر دو باشد (۸). Ortiz و همکاران (۳۹) نشان داده‌اند که محتوای چربی برای سه جلبک مورد مطالعه بسیار کم و در محدوده بین ۰/۷ تا ۱/۵ گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک جلبک است.

Denis و همکاران (۱۰) در جلبک قرمز *Grateloupia turuturu* جمع آوری شده از سواحل فرانسه نشان داده‌اند که میزان چربی در فصول مختلف سال تغییر چندانی نکرده و در محدوده بین ۲/۱ تا ۳/۳ درصد از وزن خشک است.

لیپیدها یک گروه بزرگ از ترکیبات طبیعی شامل چربی‌ها، واکس‌ها، استرول‌ها، ویتامین‌های محلول در چربی (A، D، E، K)، مونوگلیسریدها، دی‌گلیسریدها، فسفولیپیدها، کاروتنوئیدها و سایر هستند. آنها در بسیاری از عملکردهای بیولوژیکی از جمله ذخیره انرژی، اجزای ساختاری غشای سلول و مولکول‌های سیگنالی نقش بازی می‌کنند (۴). اگر چه انسان و سایر پستانداران از مسیرهای بیوسنتتیک مختلف برای هر دو تخریب و سنتز چربی استفاده می‌کنند، برخی از چربی‌های ضروری را فقط از طریق رژیم غذایی می‌توانند بدست آورند (۴).

در این مطالعه و مطالعات دیگر مقدار چربی کم در جلبک دریایی تایید شده، بنابراین سهم آن به عنوان یک منبع انرژی مواد غذایی پایین به نظر می‌رسد. چربی بدست آمده در این تحقیق برای گونه *Gp. persica* مشابه چربی

در این مطالعه، جلبک *Gp. persica* را می‌توان به عنوان منبع خوبی از اسیدهای چرب غیر اشباع رژیم غذایی در نظر گرفت. چرا که نسبت n-6/n-3 آن ۶/۸۳ درصد بود.

جلبک‌های دریایی علاوه بر مشخصات تغذیه مناسب، برای اهداف دارویی نیز بهره برداری می‌شوند. بسیاری از PUFA ها مولکول‌های قدرتمند در برابر بیماری‌های مختلف در نظر گرفته شده و در حال حاضر در برنامه‌های مختلف پزشکی استفاده می‌شود. بطور مثال، چندین گزارش نشان می‌دهد که اسیدهای چرب n-3، عمدتاً EPA و DHA ممکن است پتانسیل قابل توجهی در درمان بیماری‌های خودایمنی (اتوایمیون) و التهابی داشته باشد (۴۶). انواع برنامه‌های کاربردی بالقوه برای EPA و DHA شرح داده شده که پتانسیل قابل توجهی برای اهداف دارویی مثل درمان سرطان، آسم، آرتریت روماتوئید، آنتی بیوتیک، بیماری‌های التهابی روده، افسردگی، آلرژی، بیماری‌های قلبی و عروقی دارد (۶). اخیراً ثابت شده است که PUFA یک پتانسیل قوی در رهایی از مواد مخدر را داراست، PUFA همچنین بدلیل ویژگی‌های چربی دوست منحصر به فرد خود قادر به نفوذ کارآمدتر مولکول‌های خاص از طریق غشا سلولی از سلول‌های تومور می‌شود (۵۲).

با توجه به فواید غذایی و دارویی PUFA و همچنین افزایش دشواری در پیدا کردن منابع پایدار n-3 VLC PUFA (با زنجیره بسیار طولانی) که بطور سنتی از ماهی و روغن ماهی بدست می‌آید، کاهش ذخیره ماهی ناشی از صید بی‌رویه در این دهه همیشه این ضرورت را برای پیدا کردن جایگزین‌های غیر سنتی برای جهان فراهم می‌سازد، همانطور که VLC PUFA معمولاً در گیاهان عالی زمینی وجود ندارد (۳۵)، محصولات سنتی نیز می‌تواند بعنوان منابع قابل دوام از این اسیدهای چرب کنار گذاشته شود. اگر چه این کمبود را می‌توان با غلبه بر مهندسی ژنتیک بکار برد. غذاهای تراریخت (ترانس ژنیک) نیز همیشه بخوبی توسط عموم مردم پذیرفته نیست،

Imbs و همکاران (۱۷) نشان داده‌اند که *G. austramaritima* و *G. vermiculophylla* اسیدهای چرب غیر اشباع آن (PUFA) بالاتر از SFA و MUFA است، در این مطالعه نیز میزان PUFA بالاتر بود. اسیدهای لینولئیک و آراشیدونیک دو PUFA، n-6 و لینولئیک، ایکوزپنتانویک اسید، ایکوزاترینویک اسیدهای PUFA، n-3 حاضر در *Gp. persica* تشخیص داده شد. همچنین مجموع PUFA، n-6 بالاتر از n-3 مطابق است با مطالعات قبلی که به عنوان کسر غالب ثبت شده است (۲۹).

PUFA از اجزای حیاتی در تغذیه انسان و به عنوان چندین اثرات مفید برای سلامت انسان شناخته شده است. مصرف رژیم غذایی از PUFA شامل هر دو اسید چرب n-3 و n-6 به تعدیل کردن فرایندهای التهابی در عملکرد سلول شناخته شده است (۲۱). اخیراً اهمیت نسبت n-6/n-3 در گزارش‌های علمی مورد بحث قرار گرفته است. مصرف رژیم غذایی بالا از اسیدهای چرب n-6 در یک رژیم غذایی غنی از روغن‌های گیاهی باعث برهم خوردن تعادل نسبت n-6/n-3 به اسیدهای چرب n-3 می‌شود (۴۷)، همچنین مصرف بالای n-6 و یک نسبت بیش از حد بالای n-6/n-3 بیماری‌های پاتوژنز، التهابی، اتوایمون قلبی-عروقی و سرطان را ترویج می‌دهد (۴۹). از آنجائیکه مسیر بیوسنتز اسیدهای چرب برای n-3 و n-6 از PUFA متکی بر آنزیم‌های مشابه است اثرات ارتقا سلامت وابسته به نسبت n-6/n-3 از طریق رژیم غذایی بدست آمده است. بنابراین سازمان جهانی بهداشت (WHO) یک نسبت کمتر از ۱۰ را برای n-6/n-3 توصیه کرده است (۵۱).

Hugo و همکاران (۱۶) نشان داده‌اند که این نسبت در گونه‌های مختلف از جلبک قرمز در محدوده بین ۰/۲۹ و ۱/۹۲ می‌باشد، در مطالعه دیگر Matteo و همکاران (۳۳) نشان داده‌اند که جلبک *G. gracilis* در فصول مختلف سال نسبت n-6/n-3 آن در محدوده بین ۳/۹۵ و ۲۰/۴۸ است.

است که منعکس‌کننده ظرفیت زیاد این گونه و سازگار شدن با شرایط محیطی می‌باشد. مقدار PUFA بدست آمده و نسبت n-6/n-3 از زیست توده *Gracilaria* می‌تواند یک کاندید جالب توجه به عنوان منبعی از PUFA باشد. اگرچه مقدار چربی این جلبک دریایی کم است، با این حال از کیفیت خوبی برخوردار است بدلیل سطح بالایی از اسیدهای چرب غیر اشباع در مقایسه با گیاهان خشکی که معمولاً استفاده می‌شود و در نهایت می‌توان گفت این گونه از لحاظ اقتصادی و زیست محیطی مزیت دارد و بعنوان مواد غذایی برای مصرف انسان توصیه می‌شود.

بنابراین VLC PUFA n-3 معمولاً با ارگانوسم‌های دریایی در ارتباط است و جلبک‌ها بعنوان پایه‌ای از زنجیره تغذیه-های دریایی، بعنوان یک منبع بسیار امیدوارکننده از VLC PUFA شناخته شده است و کشاورزی در مقیاس بزرگ از جلبک‌های دریایی با موفقیت برای صدها سال انجام شده است (۲۷).

نتیجه‌گیری

افزایش در میزان رنگیزه‌ها در جلبک مورد مطالعه با کاهش شدت نور و افزایش عمق نشان می‌دهد که تغییر در غلظت رنگدانه بعنوان یک نتیجه از پارامترهای زیست محیطی

منابع

- 1- A.O.A.C. 1975. Official methods of analysis of the association of official Analytical Chemists. Arlington, USA. 14.019, 225.
- 2- Armisen, R. and Galatas, F. 2000. Agar. In: Phillips G, Williams P, editors. Handbook of Hydrocolloids. Boca Raton, Florida-Crc Press. 21-40.
- 3- Beer, S. and Eshel, A. 1985. Determining phycoerythrin and phycocyanin concentrations in aqueous crude extracts of red algae. Australian Journal of Marine and Freshwater Research. 36(6): 785-792.
- 4- Bernal, J., Mendiola, J.A., Ibañez, E. and Cifuentes, A. 2011. Advanced analysis of nutraceuticals. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis. 55: 758-774.
- 5- Bezerra, A.F. and Marinho-Soriano, E. 2010. Cultivation of the red seaweed *Gracilaria birdiae* (Gracilariales, Rhodophyta) in tropical waters of northeast Brazil. Biomass and Bioenergy. 34: 1813-1817.
- 6- Calder, P.C. 2010. Omega-3 fatty acids and inflammatory processes. Nutrients. 2: 355-374.
- 7- Carrillo, S., Casas, M., Ramos, F., Perez-Gil, F. and Sanchez, I. 2002. Algas marinas de Baja California Sur, Mexico: Valor nutrimental. Archivos Latinoam Nutrician. 52: 400-405.
- 8- Chandini, S. K., Ganesan, P., Suresh, P. V. and Bhaskar, N. 2008. Seaweeds as source of nutritionally beneficial compounds, A review. Journal of Food Science and Technology. 45(1): 1-13.
- 9- D'Ayala, G. G.; Malinconico, M. and Laurienzo, P. 2008. Marine derived polysaccharides for biomedical applications: Chemical modification approaches. Molecule. 13: 2069-2106.
- 10- Denis, C., Morançais, M., Li, M., Deniaud, E., Gaudin, P., Wielgosz-Collin, G., Barnathan, G., Jaouen, P. and Fleurence, J. 2010. Study of the chemical composition of edible red macroalgae *Grateloupia turuturu* from Brittany (France). Food Chemistry. 119: 913-917.
- 11- Dhargalkar, V. K. and Kavlekar, D. 2005. Seaweeds A field Manual. National Institute of Oceanography. Dona Paula, Goa. 42pp.
- 12- Faulkner, D.J. 2002. Marine natural products. Natural Product Reports. 19: 1-48.
- 13- Freile-Pelegrrn, Y. 2000. Does storage time influence yield and agar properties in the tropical agarophyte *Gracilaria cornea*. Journal Applied Phycology. 12: 153-158.
- 14- Graeve, M., Kattner, G., Wiencke, C. and Karsten, U. 2002. Fatty acid composition of Arctic and Antarctic macroalgae: Indicator of phylogenetic and trophic relationships. Marine Ecology Progress Series. 231: 67-74.
- 15- Hotchkiss, S. and Trius, A. 2007. Seaweed: the most nutritious form of vegetation on the planet. Food Ingredients Health and Nutrition. 22-33.
- 16- Hugo, P., Luísa, B., F, Figueiredo., Luísa, C., Catarina, V-D., Cristina, P., Eva, R., Aschwin, E and João, V. 2012. Polyunsaturated fatty acids of marine macroalgae: Potential for nutritional and pharmaceutical applications. Marine Drugs. 10: 1920-1935.

- 17- Imbs, A.B., Vologodskaya, A.V., Nevshupova, N.V., Khotimchenko, S.V. and Titlyanoy, E.A. 2001. Response of prostaglandin content in the red alga *Gracilaria verrucosa* to season and solar irradiance. *Phytochemistry*. 58: 1067–1072.
- 18- ISO, 14156, IDF, 172. 2001. Milk and milk products. Extraction methods for lipid and liposoluble compounds.
- 19- Jha, R.K. and Zi-rong, X. 2004. Biomedical compounds from marine organisms. *Marine Drugs*. 2: 123–146.
- 20- Juntian, X. and Kunshan, G. 2007. Growth, pigments, UV-absorbing compounds and agar yield of the economic red seaweed *Gracilaria lemaneiformis* (Rhodophyta) grown at different depths in the coastal waters of the South China Sea. *Journal of Applied Phycology*. 20: 681–686.
- 21- Kumar, V. and Fotedar, R. 2009. Agar extraction process for *Gracilaria cliftonii* (Withell, Millar, & Kraft, 1994). *Carbohydrate Polymers*. 78: 813–819.
- 22- Kumari, P., Kumar, M., Gupta, V. C.R., Reddy, K. and Jha, B. 2010. Tropical marine macroalgae as potential sources of nutritionally important PUFAs. *Food Chemistry*. 120: 749–757.
- 23- La Barre, S., Potin, P., Leblanc, C. and Delage, L. 2010. The halogenated metabolism of brown algae (Phaeophyta), its biological importance and its environmental significance. *Marine Drugs*. 8: 988–1010.
- 24- Lee, J. C., Hou, M. F., Hurng-Wern Huang, H. W., Fang-Rong Chang, F.R., Yeh, C. C., Jen-Yang Tang, J. Y. and Chang, H. W. 2013. Marine algal natural products with anti-oxidative, anti-inflammatory, and anti-cancer properties. *Cancer Cell International*. 13: 55.61.
- 25- Li, X., Fan, X., Han, L. and Lou, Q. 2002. Fatty acids of some algae from the Bohai Sea. *Phytochemistry*. 59: 157–161.
- 26- Liu, S. 1987. Study on the commercial cultivation of *Gracilaria* in south. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*. 5: 281–283.
- 27- Luning, K. and Pang, S.J. 2003. Mass cultivation of seaweeds: Current aspects and approaches. *Journal of Applied Phycology*. 15: 115–119.
- 28- Madhusudan, C., Manoj, S., Rhaul, K. and Rishi, C. 2011. Seaweeds: A Diet with nutritional, medicinal and industrial value. *Research Journal of Medicinal Plant*. 5: 153-7.
- 29- Manoj, K., Puja, K., Nitin, T., Mahendra K, S., Vishal, G., C. R. K, R. and Bhavanath, J. 2011. Minerals, PUFAs and antioxidant properties of some tropical seaweeds from Saurashtra coast of India, *Journal of Applied Phycology*. 23: 797–810.
- 30- Marinho-Soriano, E. 2012. Effect of depth on growth and pigment contents of the macroalgae *Gracilaria bursapastoris*. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*. 22(4): 730-735.
- 31- Marquardt, R., Hendrik Schubert, H., Varela, DA., Pirjo Huovinen, P., Luis Henriquez, L. and Buschmann, AH. 2010. Light acclimation strategies of three commercially important red algal species. *Aquaculture*. 299: 140-148.
- 32- Martin, L.A., Rodriguez, M.C., Matulewicz, M.C., Fissore, E.N., Gerschenson, L.N and Leonadi, P.I. 2013. Seasonal variation in agar composition and properties from *Gracilaria gracilis* (Gracilariales, Rhodophyta) of the Patagonian coast of Argentina. *Phycological Research*. 61: 163–171.
- 33- Matteo, F., Massimo, F., Massimo, M. and Carmela, C. 2013. The Red Seaweed *Gracilaria gracilis* as a Multi Products Source. *Marine Drugs*. 3754-3776.
- 34- Muñoz, J. and R. Fotedar, 2011. Seasonal variations of agar extracted from different life stages of *Gracilaria cliftonii* (Gracilariales, Rhodophyta) from Western Australia. *African Journal of Marine Science*. 33 (1): 59-65.
- 35- Napier, J.A. 2007. The production of unusual fatty acids in transgenic plants. *Annual Review Plant Biology*. 58: 295–319.
- 36- Newman, D.J., Cragg, G.M. and Snader, K.M. 2003. Natural products as sources of new drugs over the period 1981–2002. *Journal of Natural Products*. 66: 1022–1037.
- 37- O’Sullivan, L., Murphy, B., McLoughlin, P., Duggan, P., Lawlor, P.G., Hughes, H. and Paniagua-Michel, J., Capa-Robles, W., Olmos-Soto, J. and Gutierrez-Millan, L.E. 2009. The carotenogenesis pathway via the isoprenoid-beta-carotene interference approach in a new strain of *Dunaliella salina* isolated from Baja California Mexico. *Marine Drugs*. 7: 45–56.
- 38- Olivira, V. P, Freire, F. A. M. and Soriano, E. M. 2012. Influence of depth on growth of the seaweed *Gracilaria Birdiae* (Rhodophyta) in a

- shrimp pond. Brazilian Journal of Aquaculture Science and Technology. 16 (1): 33-39.
- 39- Ortiz, J., Uquiche, E., Robert, P., Romero, N., Quitral, V. and Lianten, C. 2008. Functional and nutritional value of the Chilean seaweeds *Codium fragile*, *Gracilaria chilensis* and *Macrocystis pyrifera*. European Journal Lipid Science Technology. 110: 1-8.
- 40- Paniagua-Michel, J., Capa-Robles, W., Olmos-Soto, J., Gutierrez-Millan, L.E. 2009. The carotenogenesis pathway via the isoprenoid-beta-carotene interference approach in a new strain of *Dunaliella salina* isolated from Baja California Mexico. Marine Drugs. 7: 45-56.
- 41- Pereira, L., Amado, AM., Critchley, AT., van de Velde, F. and Ribeiro-Claro, PJA. 2009. Identification of selected seaweed polysaccharides (phycocolloids) by vibrational spectroscopy (FTIR-ATR and FT-Raman). Food Hydrocolloids. 23: 1903-1909.
- 42- Porra, RJ., Thompson, WA. and Kriedermann, PE. 1989. Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equations for assaying chlorophylls a and b extracted with four different solvents: verification of the concentration of chlorophyll standards by atomic absorption spectroscopy. Biochimica et Biophysica Acta. 975: 384-394.
- 43- Ranga Rao, A. and Ravishankar, G. A. 2018. Algae as source of functional ingredients for health benefits. Agricultural Research and Technology. 14 (2): 1-4.
- 44- Sahoo, D. and Yarish, C. 2005. Mariculture of seaweeds. In: Andersen, R. (Ed.), Phycological Methods: Algal Culturing Techniques. Academic Press. New York. 219-237.
- 45- Sampath-Wiley, P., Neefus, CD. and Jahnke, LS. 2008. Seasonal effects of sun exposure and emersion on intertidal seaweed physiology: Fluctuations in antioxidant contents, photosynthetic pigments and photosynthetic efficiency in the red alga *Porphyra umbilicalis* Kützting (Rhodophyta, Bangiales). Journal Experimental Marine Biology Ecology. 361: 83-91.
- 46- Shaikh, S.R. and Edidin, M. 2008. Polyunsaturated fatty acids and membrane organization: The balance between immunotherapy and susceptibility to infection. Chemistry and Physics of Lipids. 153: 24-33.
- 47- Simopoulos, A.P. 2002. Omega-3 fatty acids in inflammation and autoimmune diseases. Journal of the American College Nutrition. 21: 495-505.
- 48- Simopoulos, A.P. 2008. The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular diseases and other chronic diseases. Experimental Biology and Medicine. 233: 674-688.
- 49- Sohrabipour, J., and Rabii, R. 1999. A list of marine algae of sea shores of the Persian Gulf and Oman Sea in the Hormozgan province. Iranian Journal of Botany. 8(1): 131-162.
- 50- Tapiero, H., Ba, G. N., Couvreur, P. and Tew, K. D. 2002. *Biomed. Pharmacother.* 56(5): 215-22.
- 51- Van Ginneken, V.J., Helsper, J.P., de Visser, W., Keulen, H. and Brandenburg, W.A. 2011. Polyunsaturated fatty acids in various macroalgal species from north Atlantic and tropical seas. Lipids in Health and Disease. 10: 1-104.
- 52- Villanueva, R.D., Romero, J.B., Ragasa, A.L.R., Montaña, M.N.E., 2010. Agar from the red seaweed, *Laurencia flexilis* (Ceramiales, Rhodophyta) from northern Philippines. Phycological research. 58: 151-156.
- 53- Wang, J., Luo, T., Li, S. and Zhao, J. 2012. The powerful applications of polyunsaturated fatty acids in improving the therapeutic efficacy of anticancer drugs. Expert Opinion Drug Delivery. 9: 1-7.
- 54- Wells, M. L., Potin, P., Craigie, J. S., Raven, J. A., Merchant, S. S., Helliwell, K. E., Smith, A. G., Camire, M. E. and Brawley, S. H. 2017. Algae as nutritional and functional food sources: revisiting our understanding. Journal of Applied Phycology. 29: 949-982.
- 55- Xu, J. and Gao, K. 2008. Growth, pigments, UV-absorbing compounds and agar yield of the economic red seaweed *Gracilaria lemaneiformis* (Rhodophyta) grown at different depths in the coastal waters of the South China Sea. Journal of Applied Phycology. 20: 681-686.
- 56- Yang, Y. F., Fei, X. G., Song, J. M., Hu, H. Y., Wan, G. C. and Chung, I. K. 2006. Growth of *Gracilaria lemaneiformis* under different cultivation conditions and its effects on nutrient removal in Chinese coastal waters. Aquaculture. 254: 248-255.
- 57- Yuvaraj, N, Arul, V. 2014. In vitro anti-tumor, anti-inflammatory, antioxidant and antibacterial activities of marine brown alga *Sargassum wightii* collected from Gulf of Mannar. Global Journal Of Pharmacology. 8:566-577.

The effects of depth and primary density on the pigments, agar yield and fatty acids component of *Gracilariopsis persica* cultivation on desalination pools in Qeshm Island

Salehi S.,¹ Pourakbar L.¹ and Eidei Galeh Gazi F.²

¹Dept. of Biology, Science Faculty, Urmia University, Urmia, I.R. of Iran.

²Bandar Abbas Payame Noor University, Bandar Abbass, I.R. of Iran.

Abstract

The exploitation of *Gracilaria* macro algae for agar extraction has increased significantly in recent decades. Also in recent years seaweeds increasingly considered to search the new drugs and have been shown as a primary source of biomaterials and bioactive natural compounds. The purpose of this study is to investigate the effect of depth of cultivation and density of *Gracilariopsis persica* algae on the agar extraction, phycobiliproteins and chlorophyll a pigments and the biochemical composition of lipids fatty acids from red seaweed *Gp.persica* in Qeshm Island concrete pond. Seedlings cultured on polyethylene threads with primary storage weight (100g and 200g density) at two depths (1m and 2m depth) ,considering three replication for each treatment during 45 days. The results of this study showed that the amount of pigments and agar increases with increasing depth and decreasing light intensity. The highest levels of chlorophyll a (0.44 mg g⁻¹ FW), phycoerythrin and phycocyanin (6.26 and 2.19 mg g⁻¹ FW respectively) were observed at a depth of 2 m and a density of 200 g. The maximum agar yield was obtained at 2m depth and at this depth the maximum gel strength was 673 g cm⁻². The amount of lipid was low it didn't change much studied in two depth (p<0.05). The amount of saturated fatty acids (SFA), monounsaturated fatty acids (MUFA) and polyunsaturated fatty acids (PUFA) were 38.58, 18.65 and 44.29 percent of the total fatty acids respectively. The most fatty acids in the experiment were up to a valuable product called arachidonic acid (C_{20:4n-6}) and followed by palmitic (C16: 0) and palmitoleic acid (C16: 1) with values of 25.40 and 10.22 percent of total fatty acids respectively.

Key words: Depth, Phycobiliproteins, Fatty acids, *Gracilariopsis persica*.