

## میزان رشد، تولید آگار و ترکیبات مغذی جلبک قرمز *Gracilaria corticata* در پرورش توام با میگوی *Litopenaeus vannamei* تحت سیستم پرورش بدون تعویض آب

حجت اله فروغی فرد\*<sup>۱</sup>، عباس متین فرد<sup>۲</sup>، محمد صدیق مرتضوی<sup>۱</sup>،

کیومرث روحانی قادیکلایی<sup>۱</sup>، مریم میربخش<sup>۳</sup>

۱- پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)

بندرعباس، ایران

۲- موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، تهران، ایران

۳- پژوهشکده میگوی کشور، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، بوشهر، ایران

تاریخ پذیرش: ۳ شهریور ۱۳۹۶

تاریخ دریافت: ۲۲ فروردین ۱۳۹۶

### چکیده

پرورش توام جلبک قرمز *Gracilaria corticata* و میگوی *Litopenaeus vannamei*، در سیستم بدون تعویض آب در یک دوره ۴۵ روزه مورد بررسی قرار گرفت. دمای آب، pH و شوری هر سه روز یک بار اندازه گیری شدند. در پایان دوره پرورش، جلبک‌های موجود در هر تانک به طور جداگانه وزن و میزان پروتئین، چربی، کربوهیدرات، خاکستر، درصد آگار و قدرت ژل در هر تیمار اندازه گیری شد. بیشترین نرخ رشد ویژه جلبک ( $0.107 \pm 0.023$ ٪) در تیمار  $S_1A_1$  اما بیشترین درصد آگار ( $0.17 \pm 0.02$ ٪) و بیشترین میزان آگار تولیدی ( $11.21 \pm 0.25$  gm<sup>-2</sup>) در تیمار  $S_1A_2$  مشاهده شد. بیشترین قدرت ژل ( $680$  /vgcm<sup>-1</sup>) مربوط به جلبک وحشی بود. میزان پروتئین، خاکستر، چربی و کربوهیدرات به ترتیب بین  $21/31-19/54$ ،  $33/98-35/41$ ،  $2-94$  و  $41/95-43/61$ ٪ بود. براین اساس این جلبک می‌تواند به عنوان یک منبع غنی از مواد مغذی شناخته شود.

**کلمات کلیدی:** آگار، ترکیبات مغذی، جلبک قرمز، *Gracilaria corticata*، *Litopenaeus vannamei*.

## مقدمه

گیاهان دریائی از زمان‌های قدیم به طور قابل توجهی توسط انسان‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند. آنها به عنوان منابع غنی از پروتئین، کربو هیدرات، ویتامین‌ها و اسیدهای چرب شناخته می‌شوند (Sobha et al., 2006; Ortiz et al., 2001). جنس *Gracilaria* یکی از مهمترین جلبک‌های قرمز دریائی برای تولید آگار است. قسمتی از گراسیلاریای تولید شده به تولید کنندگان آگار فروخته شده و قسمتی هم به عنوان غذا مورد استفاده قرار می‌گیرد (McHugh, 2003). آنها حاوی مقادیر قابل توجهی از بعضی اسید آمینه‌های ضروری، اسیدهای چرب، مواد معدنی و تمام ویتامین‌های مورد نیاز برای مصارف انسانی و حیوانی هستند (Fleming et al., 1996; Norziah and Ching, 2000).

گیاهان دریائی از جمله *Gracilaria spp.* و *Ulva sp.* می‌توانند به طور موثری مواد مغذی را از پساب‌های مزارع پرورش میگو و ماهی جذب نموده و تبدیل به فرآورده‌های مفید از جمله آگار، غذا برای تغذیه آبزیان پرورشی، و یا غنی‌سازها (کودها) نمایند (Neori et al., 2004; Abreu et al., 2009; da Silva Copertino et al., 2009; Marinho-Soriano et al., 2009; Kim et al., 2014).

استفاده از جلبک گراسیلاریا در پرورش توام با سایر آبزیان دریائی و افزایش بهره‌وری اقتصادی مورد مطالعه قرار گرفته است، جلبک قرمز *Gracilaria chilensis* پرورش یافته در فاصله ۱۰ متری از قفس‌های پرورش ماهی سالمون در مقایسه با جلبک‌های کاشته شده در فاصله ۱۵۰ متری و ۱۰۰۰ افزایش رشد بیشتری را از خود نشان دادند، گرچه

میزان آگار در جلبک‌های کاشته شده در نزدیک قفس‌ها مختصری کمتر بوده است اما با توجه به میزان تولید بالاتر، در مجموع میزان آگار تولیدی بیشتر بوده است (Troell et al., 1997).

نرخ رشد جلبک *Gracilaria chilensis* همیشه در کشت‌های نزدیک قفس‌های پرورش ماهی سالمون بالاتر از سایر کشت‌ها بوده است، متوسط رشد روزانه در تابستان در این مکان‌ها به  $4 \pm 0.29$  درصد و میانگین بیومس بیش از ۱۶۰۰ گرم بر متر مربع در ماه بوده است که دوبرابر میزان تولید در سایر مکان‌های دور از قفس است (Rönnbäck, 2001).

غلظت پروتئین و کربو هیدرات در جلبک‌های دریائی، بسته به نوع گونه و همچنین فصول مختلف سال و مکان‌های مختلف متفاوت است (Dawczynski et al., 2007). تحقیقات انجام شده در خصوص ترکیبات بیوشیمیائی جلبک قرمز *Gelidium elegans* پرورش یافته در پساب تانک‌های نگهداری مولدین میگوی *Penaeus monodon* در مالزی حاکی از آن است که میزان پروتئین (۳/۸٪)، کربو هیدرات (۴۱/۴٪) و آگار (۲۵/۹٪) به طور معنی‌داری از تیمار شاهد (پرورش یافته در آب دریا) بالاتر بوده است، میزان بالاتر پروتئین در جلبک پرورش یافته در پساب تانک‌های نگهداری مولدین میگو احتمالاً به بالا بودن میزان نیتروژن در پساب نسبت به تیمار شاهد است (Rabiei et al., 2016).

پرورش جلبک‌های ماکروسکوپی به همراه میگو به عنوان روشی برای خنثی کردن مواد مغذی محلول آزاد شده به واسطه تغذیه میگوها و همچنین تبدیل آنها به فرآورده‌های مفید پیشنهاد گردیده است (Troell et al., 1999). مطالعه انجام شده در خصوص پرورش

میگوی *Litopenaeus vannamei* در سیستم بدون تعویض آب بود.

### مواد و روش ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۴ در پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان انجام گرفت، برای انجام آزمایش از طرح فاکتوریل  $2 \times 2$  با ۲ سطح از تراکم میگو (۲۵ و ۵۰ عدد میگو بر مترمربع) به عنوان فاکتور اول و ۲ سطح از تراکم وزنی جلبک (۲۰۰ و ۴۰۰ گرم جلبک در متر مربع) به عنوان فاکتور دوم، استفاده شد، تیمارها با علائم اختصاری  $S_1A_1$ ،  $S_1A_2$ ،  $S_2A_1$  و  $S_2A_2$  نامگذاری شدند تمامی تیمارها دارای ۳ تکرار بودند. از دوره نوری خنثی (۱۲:۱۲؛ L:D) برای نوردهی استفاده شد (Yarish *et al.*, 2012). هرتانک با استفاده از دو قطعه سنگ هوای استوانه‌ای با قدرت هوادهی ۵ لیتر در دقیقه هوادهی شد.

میگوهای ۴-۷ گرمی ( $5/82 \pm 0/11$  g) از یکی از مزارع پرورش میگو در منطقه تیاب تهیه و به بندرعباس منتقل و در ابتدا به مدت یک هفته در تانک‌های ۴ تنی ذخیره‌سازی تا نسبت به شرایط موجود عادت نمایند. جلبک گراسیلاریا از مناطق اطراف بندرعباس و اطراف بندر لنگه جمع‌آوری شد، جلبک‌های جمع‌آوری شده مابین گونی‌های مرطوب قرار داده شده و توسط یونولیت به پژوهشکده انتقال داده شد (Akbari *et al.*, 2004b). پس از انتقال جلبک‌ها اقدام به شستشوی اولیه آنها گردیده، سپس عملیات جدا سازی مواد زائد و موجودات ناخواسته از قبیل خرچنگ‌ها و نرم‌تنان مخفی شده انجام گرفت تا جلبک‌ها کاملاً تمیز گردیدند. در هنگام ذخیره‌سازی با توجه به تیمارهای مورد نظر، تعداد مورد نیاز میگو

توام میگوی *L. vannamei* و جلبک *G. vermiculophylla* در سیستم بدون تعویض آب حاکی از آن است که عملکرد جلبک‌های ماکروسکوپی به عنوان بیوفیلتر، بسیار بهتر از باکتری‌ها است، به طوری که این جلبک‌ها قادرند از طریق جذب مواد مغذی، غلظت‌های آمونیاک و نیتريت را در سطوح پائین‌تری نگهدارند که منجر به پایداری بیشتر pH آب می‌گردد (Sánchez-Romero *et al.*, 2016).

فاکتورهای محیطی متعددی از قبیل نور، عمق رویش، مواد مغذی و دمای آب می‌توانند بر مقدار و کیفیت آگار تولید شده توسط گونه‌های مختلف جلبک‌های آگاروفیت تاثیر بگذارند (Freile-Pelegrín and Robledo, 1997 ; Eidighaleghazi, 2014 ; Abidizadegan *et al.*, 2016).

وجود مواد مغذی در محیط پرورش جلبک *Gracilaria corticata* تاثیر مستقیمی بر میزان رشد این جلبک داشته به نحوی که با افزودن موادی از قبیل کود اوره و محیط کشت TMRL میزان رشد این جلبک به طور معنی‌داری نسبت به میزان رشد جلبک پرورش یافته در آب دریا بالاتر بوده است (Foroughifard *et al.*, 2005).

میزان آگار حاصل از جلبک گراسیلاریای پرورش یافته در تانک‌ها ۳۰-۲۹ درصد بوده که به طور معنی‌داری از میزان آگار جلبک‌های پرورش یافته در بستر طبیعی و استخرهای پرورشی (۲۲-۱۸ درصد) بالاتر بوده است (Ugarte and Santelices, 1992).

هدف از این تحقیق بررسی میزان تولید زیتوده، میزان آگار و ترکیبات بیوشیمیایی جلبک *Gracillaria corticata* تحت تاثیر تراکم‌های مختلف

کدال انجام گرفت (SEAFDEC, 2001). استخراج و جدا کردن چربی از بافت جلبک با استفاده از روش اصلاح شده Folch (۱۹۵۷) صورت گرفت (Folch *et al.*, 1957; Long and Abdelkader, 2011). اندازه گیری میزان رطوبت و خاکستر با استفاده از خشک کردن نمونه در آون و سوزاندن نمونه‌ها در کوره الکتریکی در دمای  $575 \pm 25^\circ\text{C}$  صورت گرفت (Sluiter *et al.*, 2005). مقدار کربوهیدرات از طریق اندازه گیری مقدار چربی، پروتئین و خاکستر در بافت جلبک و سپس کم کردن مجموع وزن آنها از نمونه اولیه محاسبه گردید (AOAC, 2005).

درصد افزایش وزن جلبک (WG) و نرخ رشد ویژه (SGR) جلبک گراسیلاریا از طریق فرمول‌های ذیل محاسبه شد (Ricker, 1975).

$$WG = \frac{W_t - W_0}{W_0} \times 100$$

WG = درصد افزایش وزن در طی دوره پرورش،

$W_0$  = وزن اولیه جلبک

$W_t$  = وزن نهایی یا جلبک است.

$$SGR = \frac{(\ln W_t - \ln W_0)}{T} \times 100$$

SGR = درصد نرخ رشد ویژه

$T$  = تعداد روزهای پرورش

$W_0$  = وزن اولیه جلبک

$W_t$  = وزن نهایی میگو یا جلبک است.

استخراج آگار با استفاده از روش Rebello و همکاران (۱۹۹۶) که توسط Rabanal (۲۰۰۷) اصلاح و مورد استفاده قرار گرفته است صورت گرفت در ابتدا گیاه گراسیلاریا شستشو شده و خشک گردید. سپس از هر تیمار سه نمونه ۱۰ گرمی از جلبک را وزن نموده و در محلول قلیائی (هیدروکسید سدیم ۵٪) در دمای

شمارش و در تانک‌ها ذخیره‌سازی شدند. پرورش جلبک‌ها به روش استفاده از تور نایلونی با چشمه  $10 \times 10$  سانتی‌متر نصب شده بر روی قاب‌های مدور انجام گرفت. در تیمار حاوی ۲۰۰ گرم، تعداد ۲۰ نشای ۱۰ گرمی و در تیمار حاوی ۴۰۰ گرم، تعداد ۴۰ نشای ۱۰ گرمی جلبک بر روی تورها بسته شدند (Yarish *et al.*, 2012).

عوامل فیزیکی و شیمیایی آب مثل pH (با استفاده از دستگاه pH متر مدل WTW, pH 330i) با دقت  $0.01$  واحد، دما در دو نوبت صبح و ظهر با دقت  $0.1^\circ\text{C}$  و شوری به صورت سه روز یکبار (با استفاده از دستگاه رفرکتومتر آتاگو<sup>۱</sup>) با دقت  $0.5$  گرم در لیتر اندازه گیری شدند. تغذیه میگوها بر اساس جدول غذایی و مطابق با میانگین وزن میگوها و درصدی از وزن بدن انجام گرفت.

در پایان دوره پرورش قاب‌های استقرار جلبک‌ها از تانک‌ها بیرون آورده شد، جلبک‌های مربوط به هر تانک به طور جداگانه وزن و به مدت ۴۸ ساعت در دمای  $20^\circ\text{C}$  داخل دستگاه خشک کن قرار داده شد تا خشک شوند (Motsara and Roy, 2008). جلبک‌ها پس از خشک شدن دوباره وزن گردیدند تا میزان رطوبت آنها محاسبه گردد. برای اندازه گیری میزان پروتئین در بافت جلبک‌ها در ابتدا نمونه‌های برداشت شده از هر تانک با آب شیرین شسته شده تا از هر گونه نمک و یا رسوب پاک گردد. سپس نمونه‌ها وزن شده و در دمای  $80-68$  در آون دارای قابلیت چرخش هوا به مدت ۴۸ نگهداری تا به خوبی خشک گردد. سپس هضم نمونه با اسید صورت گرفته و سایر مراحل کار بر اساس دستورالعمل استفاده از روش

<sup>1</sup> Atago Refractometer

### نتایج

نتایج حاصل از اندازه‌گیری فاکتورهای فیزیکی و شیمیائی آب در جدول ۱ نشان داده شده است هیچ اختلاف معنی داری بین میزان دما در هنگام صبح و عصر و همچنین بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد ( $P > 0.05$ ). تراکم‌های مختلف میگو و جلبک هیچ تاثیر معنی داری بر میزان دما و شوری آب نداشت و فاقد اثر متقابل بودند ( $P > 0.05$ ). بیشترین دامنه تغییرات pH در تیمار  $S_2A_2$  و در هنگام عصر مشاهده شد. آنالیز واریانس دو طرفه، نشان داد که pH آب در تانک‌ها به طور معنی داری تحت تاثیر تراکم‌های مختلف میگو قرار دارد ( $P < 0.05$ ) اما تاثیر تراکم‌های مختلف جلبک گراسیلاریا بر میزان pH آب بی معنی بود ( $P > 0.05$ ) (جدول ۱).

نتایج حاصل از تراکم‌های مختلف میگوی *L. vannamei* و جلبک *G. corticata* بر افزایش وزن جلبک گراسیلاریا، نرخ رشد ویژه، میزان آگار، میزان کل آگار تولید شده و قدرت ژل در جدول ۲ نشان داده شده است. بر اساس نتایج حاصله بیشترین درصد افزایش وزن ( $5/5 \pm 73/67$  درصد) و بیشترین نرخ رشد ویژه ( $0/07 \pm 1/23$  درصد در روز) در تیمار  $S_1A_1$  (تیمار حاوی ۲۰۰ گرم جلبک گراسیلاریا همراه با ۲۵ قطعه میگوی وانامی) و کمترین درصد افزایش وزن ( $1/9 \pm 14/92$  درصد) و کمترین نرخ رشد ویژه ( $0/04 \pm 0/31$  درصد در روز) در تیمار  $S_2A_2$  (تیمار حاوی ۴۰۰ گرم جلبک گراسیلاریا همراه با ۵۰ قطعه میگوی وانامی) مشاهده شد.

$90-85$  °C قرار داده شدند. بعد نمونه‌ها را با آب لوله شسته و به مدت ۲ ساعت در محلول رقیق استیک ( $0/5\%$ ) قرار داده و پس از این مدت با آب شسته شدند. نمونه‌ها به مدت ۱/۵ ساعت در آب جوشانده شده و استخراج آگار از طریق فشردن نمونه‌ها در پارچه کتان صورت گرفت. مخلوط آب و آگار استخراج شده پس از سرد شدن برش داده و در فریزر قرار گرفت تا آب آن جدا گردد. بعد ژل‌های جدا شده را بر روی فویل‌هایی که قبلاً وزن شده بود قرار داد و در دستگاه خشک کن قرار گرفت وزن خالص آگار از طریق کم کردن وزن اولیه فویل از وزن فویل و ژل بدست آمد (Rebello et al., 1996; Rabanal, 2007).

برای اندازه‌گیری قدرت ژل، ابتدا محلول ۱/۵ درصد آگار (۱/۵ گرم آگار در ۱۰۰CC آب) تهیه و به مدت ۲۴ ساعت در دمای اطاق قرار گرفت تا ژل تشکیل گردد. سپس با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری قدرت ژل (مارین کلوئید ژل تستر<sup>۱</sup>) قدرت ژل بر حسب گرم بر سانتی‌متر مربع اندازه‌گیری شد (Villanueva et al., 2010).

مقایسه نمونه‌ها از طریق آنالیز واریانس دوطرفه با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS 22.0 صورت گرفت تا اثرات تراکم جلبک گراسیلاریا و تراکم میگو و همچنین اثرات متقابل تراکم جلبک و میگو بر روی متغیرها مشخص گردد. برای مقایسه داده‌های حاصل از جلبک گراسیلاریای پرورشی و جلبک گراسیلاری جمع آوری شده از محیط طبیعی از آنالیز واریانس یک طرفه و از آزمون دانکن برای جداسازی گروه‌های آماری استفاده شد.

<sup>1</sup> Marine Colloids Gel Tester (Model GT-1)

جدول ۱: پارامترهای کیفی آب در پرورش جلبک *G.corticata* و میگوی *L. vannamei*، در سیستم بدون تعویض آب در یک دوره پرورش ۴۵ روزه (Mean ± SE)

اثر تراکم <sup>a</sup>			۵۰ عدد میگو در متر مربع		۲۵ عدد میگو در متر مربع		متغیر
SD×AD	AD	SD	۴۰۰ گرم جلبک (تیمار S <sub>2</sub> A <sub>2</sub> )	۲۰۰ گرم جلبک (تیمار S <sub>2</sub> A <sub>1</sub> )	۴۰۰ گرم جلبک (تیمار S <sub>1</sub> A <sub>2</sub> )	۲۰۰ گرم جلبک (تیمار S <sub>1</sub> A <sub>1</sub> )	
NS	NS	NS	۳۷/۰ - ۴۳/۵	۳۷/۰ - ۴۳/۵	۳۷/۰ - ۴۳/۵	۳۷/۰ - ۴۳/۵	شوری (ppt) <sup>b</sup> (n=۴۵)
NS	NS	NS	۳۰/۷ - ۳۵/۸	۳۰/۵ - ۳۵/۸	۳۰/۵ - ۳۵/۸	۳۰/۴ - ۳۵/۸	دما (°C) در ساعت ۶ صبح <sup>b</sup> (n=۴۵)
NS	NS	NS	۳۰/۷ - ۳۵/۸	۳۰/۸ - ۳۵/۸	۳۰/۷ - ۳۵/۸	۳۰/۶ - ۳۵/۸	دما (°C) در ساعت ۴ عصر <sup>b</sup> (n=۴۵)
NS	NS	**	۷/۳۶ - ۸/۱۰	۷/۴۰ - ۸/۰۹	۷/۹۳ - ۸/۳۰	۷/۹۳ - ۸/۳۲	pH در ساعت ۶ صبح <sup>b</sup> (n=۴۵)
NS	NS	**	۷/۲۹ - ۸/۷۰	۷/۳۳ - ۸/۱۳	۷/۹۲ - ۸/۳۰	۷/۹۱ - ۸/۳۱	pH در ساعت ۴ عصر <sup>b</sup> (n=۴۵)

a نتایج حاصل از آنالیز واریانس دوطرفه، SD = تراکم میگو، AD = تراکم جلبک، SD×AD = اثرات متقابل جلبک گراسیلاریا و میگوی وانامی، b در طی دوره پرورش C پایان دوره پرورش

جدول ۲: اثر تراکم میگو و جلبک بر میزان آگار تولید شده در جلبک *G. corticata* پرورش یافته به صورت توام با میگوی *L. vannamei* تحت سیستم بدون تعویض آب در یک دوره پرورش ۴۵ روزه (SE ± میانگین)

اثر تراکم <sup>a</sup>			۵۰ عدد میگو در متر مربع		۲۵ عدد میگو در متر مربع		متغیر
SD×AD	AD	SD	۴۰۰ گرم جلبک (تیمار S <sub>2</sub> A <sub>2</sub> )	۲۰۰ گرم جلبک (تیمار S <sub>2</sub> A <sub>1</sub> )	۴۰۰ گرم جلبک (تیمار S <sub>1</sub> A <sub>2</sub> )	۲۰۰ گرم جلبک (تیمار S <sub>1</sub> A <sub>1</sub> )	
NS	**	**	۱۴/۹۲ ± ۱/۹	۲۳/۵۰ ± ۳/۰۱	۶۴/۸۳ ± ۲/۱	۷۳/۶۷ ± ۵/۵	وزن اضافه شده جلبک (WG) (%)
NS	NS	**	۰/۳۱ ± ۰/۰۴	۰/۴۷ ± ۰/۰۵	۱/۱۱ ± ۰/۰۳	۱/۲ ± ۰/۰۷	نرخ رشد ویژه (%d <sup>-1</sup> )
NS	NS	**	۱۵/۴ ± ۰/۳۲	۱۵/۱ ± ۰/۱۲	۱۷/۰ ± ۰/۲۱	۱۶/۰ ± ۰/۱۲	درصد آگار
**	**	**	۷/۰۸ ± ۰/۲۵	۳/۷۳ ± ۰/۱۱	۱۱/۲ ± ۰/۲۵	۵/۹ ± ۰/۲۰	آگار تولید شده (gm <sup>-۲</sup> )
NS	NS	**	۵۶۱ ± ۱۹	۵۷۷ ± ۱۷	۶۵۵ ± ۱۸	۶۷۳ ± ۲۳	قدرت ژل (gcm <sup>-۲</sup> )

a نتایج حاصل از آنالیز واریانس دوطرفه: SD = تراکم میگو، AD = تراکم جلبک، SD×AD = اثرات متقابل جلبک گراسیلاریا و میگوی وانامی

نتایج حاصل از همبستگی نشان داد که بین تراکم میگو و درصد آگار، میزان آگار تولید شده و درصد افزایش وزن جلبک همبستگی منفی و معنی دار وجود دارد ( $P < 0/05$ ). در حالیکه بین تراکم میگو و قدرت ژل همبستگی مثبت و معنی دار ( $P < 0/05$ ) مشاهده شد. همبستگی بین تراکم جلبک و میزان آگار تولید شده مثبت و معنی دار بود ( $P < 0/05$ )، اما همبستگی بین تراکم جلبک و درصد آگار، قدرت ژل و درصد افزایش وزن جلبک معنی دار نبود ( $P > 0/05$ ) (جدول ۳).

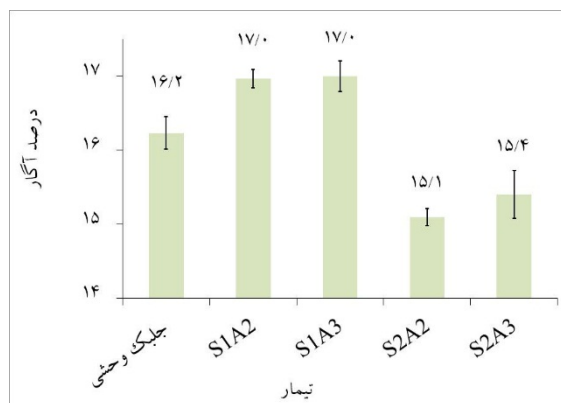
بر اساس نتایج بدست آمده درصد افزایش وزن جلبک گراسیلاریا، نرخ رشد ویژه، درصد آگار و قدرت ژل به طور معنی داری تحت تاثیر تراکم میگو قرار داشتند ( $P < 0/05$ ). اما تاثیر تراکم جلبک فقط بر روی درصد افزایش وزن جلبک و میزان کل آگار تولید شده معنی دار بود ( $P < 0/05$ ). همچنین اثرات متقابل تراکم های میگوی *L. vannamei* و جلبک *G. corticata* فقط بر روی میزان آگار تولید شده معنی دار بود ( $P < 0/05$ ) (جدول ۲).

جدول ۳: همبستگی بین تراکم جلبک و تراکم میگو و درصد آگار، میزان آگار تولید شده، قدرت ژل و

درصد افزایش وزن جلبک *G.corticata*

درصد افزایش وزن	قدرت ژل	میزان آگار تولید شده	درصد آگار		
- ۰/۹۶۷**	۰/۸۵۱**	- ۰/۵۷۴**	- ۰/۹۴۰**	P.C.	تراکم میگو
۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	Sig.	
۰/۱۶۸	۰/۱۵۱	۰/۷۹۲**	۰/۰۹۰	P.C.	تراکم جلبک
۰/۶۰۱	۰/۶۳۹	۰/۰۰۲	۰/۷۸۰	Sig.	

\* همبستگی در سطح ۰/۰۵ معنی دار است ، \*\* همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنی دار است ، P.C.= همبستگی پیرسون



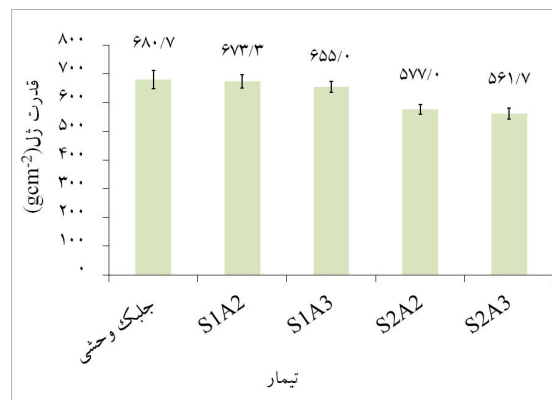
شکل ۱: درصد آگار در بافت جلبک *G.corticata* جمع آوری شده از محیط طبیعی و پرورش یافته با تراکم های مختلف به صورت توام با میگوی *L. vannamei* در سیستم پرورش بدون تعویض آب (میانگین  $\pm Se$ )

نتایج حاصل نشان داد که درصد آگار در بافت جلبک *G.corticata* پرورش یافته در تراکم ۲۵ عدد میگو در متر مربع یعنی تیمارهای  $S_1A_1$  و  $S_1A_2$  به ترتیب  $17 \pm 0/1$  و  $17 \pm 0/2$  بوده که به طور معنی داری از درصد آگار در بافت جلبک گراسیلاریای وحشی ( $16/2 \pm 0/2$ ) و جلبک *G. corticata* پرورش یافته در تراکم ۵۰ میگو در متر مربع یعنی تیمارهای  $S_2A_1$  و  $S_2A_2$  ( $15/1 \pm 0/1$  و  $15/4 \pm 0/3$ ) بالاتر بود ( $P < 0/05$ ) (شکل ۱).

نتایج حاصل از اندازه گیری ترکیبات بیوشیمیائی پودر جلبک *G. corticata* خشک شده در آون (درصد رطوبت صفر) نشان داد که بخش عمده این جلبک را کربوهیدرات و املاح معدنی (خاکستر) تشکیل می دهد. میزان کربوهیدرات در جلبک پرورش یافته در تراکم ۵۰ عدد میگو در متر مربع به طور معنی داری از میزان کربوهیدرات در جلبک وحشی و سایر تیمارها کمتر بود ( $P < 0.05$ ) اما هیچ تفاوت معنی داری بین میزان املاح معدنی (خاکستر) در بین جلبک *G. corticata* وحشی و سایر تیمارها مشاهده نشد ( $P > 0.05$ ) (جدول ۴).

بر اساس نتایج به دست آمده یک همبستگی منفی بین تراکم میگو و میزان چربی و کربوهیدرات و یک همبستگی مثبت بین تراکم میگو و میزان پروتئین و خاکستر در بافت جلبک گراسیلاریا دیده شد اما این همبستگی معنی دار نبود ( $P > 0.05$ ). در حالیکه بین میزان تراکم جلبک و میزان پروتئین در بافت جلبک یک همبستگی مثبت و معنی دار مشاهده شد ( $P < 0.05$ ). همچنین بین میزان خاکستر و میزان کربوهیدرات در بافت جلبک *G. corticata* یک همبستگی منفی و معنی دار مشاهده شد ( $P < 0.05$ ) (جدول ۵).

بر اساس نتایج حاصل، قدرت ژل آگار حاصل از جلبک *G. corticata* پرورش یافته در تراکم پائین میگو (تیمارهای  $S_1A_1$  و  $S_1A_2$ ) به طور معنی داری از قدرت ژل آگار حاصل از جلبک وحشی کمتر و از درصد آگار در جلبک پرورش یافته در تراکم بالای میگو بیشتر بود ( $P < 0.05$ ). کمترین قدرت ژل ( $gcm^{-2}$ ) در تیمار  $S_2A_2$  و بیشترین قدرت ژل در جلبک وحشی ( $680 \pm 0.31 gcm^{-2}$ ) و بعد از آن در تیمار  $S_1A_1$  ( $673.3 \pm 23.36 gcm^{-2}$ ) مشاهده شد (شکل ۲).



شکل ۲: قدرت ژل آگار حاصل از جلبک *G. corticata* جمع آوری شده از محیط طبیعی و پرورش یافته با تراکم های مختلف به صورت توام با میگوی *L. vannamei* در سیستم پرورش بدون تعویض آب (میانگین  $\pm$  Se).

جدول ۴: ترکیبات مغذی در پودر (خشک شده در آون) جلبک *G. corticata* وحشی و پرورش یافته به صورت توام با میگوی *L. vannamei* در سیستم بدون تعویض آب در یک دوره پرورش ۴۵ روزه (SE  $\pm$  میانگین)

تیمار	پروتئین (%)	خاکستر (%)	چربی (%)	کربوهیدرات (%)
جلبک وحشی	20.45 $\pm$ 0.1 <sup>ab</sup>	33.98 $\pm$ 0.41 <sup>a</sup>	1.96 $\pm$ 0.09 <sup>ab</sup>	43.61 $\pm$ 0.31 <sup>a</sup>
S <sub>1</sub> A <sub>1</sub>	19.54 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>	34.87 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	2.17 $\pm$ 0.1 <sup>b</sup>	43.42 $\pm$ 0.32 <sup>a</sup>
S <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	21.01 $\pm$ 0.5 <sup>b</sup>	34.59 $\pm$ 0.6 <sup>a</sup>	1.94 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>	42.46 $\pm$ 0.55 <sup>a</sup>
S <sub>1</sub> A <sub>3</sub>	20.68 $\pm$ 0.1 <sup>b</sup>	35.36 $\pm$ 0.7 <sup>a</sup>	1.99 $\pm$ 0.06 <sup>ab</sup>	41.95 $\pm$ 0.79 <sup>ab</sup>
S <sub>2</sub> A <sub>2</sub>	21.31 $\pm$ 0.4 <sup>b</sup>	35.41 $\pm$ 0.7 <sup>a</sup>	2.00 $\pm$ 0.04 <sup>ab</sup>	41.27 $\pm$ 1.05 <sup>b</sup>

حروف غیر مشابه آورده شده به صورت توان در یک ستون، بیانگر معنی دار بودن اختلافات است

جدول ۵: همبستگی بین تراکم جلبک و میگو و ترکیبات بیوشیمیایی جلبک *G. corticata* و پرورش یافته به صورت توام با میگوی *L. vannamei* در سیستم بدون تعویض آب در یک دوره پرورش ۴۵ روزه (Mean ± SE).

پروتئین	خاکستر	چربی	کربو هیدرات		
۰/۴۲۰	۰/۳۵۲	-۰/۲۲۰	-۰/۵۱۱	P.C.	تراکم میگو
۰/۱۷۴	۰/۲۶۲	۰/۴۹۱	۰/۰۹۰	Sig.	
۰/۶۱۲*	-۰/۰۶۳	۰/۴۵۷-	-۰/۳۱۶	P.C.	تراکم جلبک
۰/۰۳۵	۰/۸۴۵	۰/۱۳۵	۰/۳۱۸	Sig.	
۱	۰/۱۲۷	-۰/۷۳۴**	۰/۶۸۴*	P.C.	پروتئین
۰/۶۹۳	۰/۰۰۷	۰/۰۱۴	۰/۰۱۴	Sig.	
۱	۱	۰/۰۲۳	-۰/۸۰۸**	P.C.	خاکستر
۰/۹۴۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	Sig.	
۱	۱	۱	۰/۳۷۴	P.C.	چربی
۰/۲۳۰	۰/۲۳۰	۰/۲۳۰	۰/۲۳۰	Sig.	

\* همبستگی در سطح ۰/۰۵ معنی دار است، \*\* همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنی دار است،

P.C. = همبستگی پیرسون

## بحث

بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق، میزان دما در تانک‌های پرورش جلبک گراسیلاریا بین ۳۵/۸ °C - ۳۰/۴ °C، شوری بین ۳۷ - ۴۳/۵ گرم در لیتر و میزان pH در تیمارهای حاوی ۵۰ عدد میگو در مترمربع بین ۷/۲۹ - ۸/۷۰ و در تیمارهای حاوی ۲۵ عدد میگو در متر مربع بین ۸/۳۲ - ۷/۹ بود. با توجه به این نتایج به نظر می‌رسد، شرایط دمائی و شوری برای رشد جلبک گراسیلاریا چندان مناسب نبوده است. بر اساس تحقیقات انجام شده در خصوص چهار گونه گراسیلاریا (*G. salicornia*، *G. verrucosa*، *G. firma* و *fisheri*)، برای تمامی گونه‌های ذکر شده تحت رژیم نوری ۱۲ ساعت روشنی و ۱۲ ساعت تاریکی (۱۲L:۱۲D)، بالاترین نرخ رشد در دامنه دمائی ۲۷ - ۲۵ بدست آمد (Chirapart and Ohno, )

(1993). مطالعه انجام شده در خصوص تاثیر شوری‌ها و pH مختلف بر افزایش طول قطعات جلبک *G. corticata* نشان داده است که افزایش طول مداوم بین شوری‌های ۳۳ - ۲۹ گرم در لیتر، دیده شده است. میزان pH بالاتر از ۷/۵ و پائینتر از ۸/۲ برای رشد جلبک *G. corticata* مناسب است (Singh et al., 1980). ماکزیمم نرخ رشد برای گونه *G. gracilis* در سیستم بسته گردش آب، (۰/۱ ± ۰/۶٪) در شوری ۳۰ ppt بدست آمد (Rebello et al., 1996).

با توجه به نتایج حاصله، در سیستم بدون تعویض آب، تراکم ۲۵ عدد میگو در متر مربع شرایط مناسب‌تری را برای رشد جلبک *G. corticata* فراهم می‌سازد. در این تحقیق بیشترین نرخ رشد ویژه (۰/۰۷ ± ۱/۲۳) در تیمار S<sub>1</sub>A<sub>1</sub> (تیمار حاوی ۲۰۰ گرم

جلبک و ۲۵ عدد میگو در متر مربع) دیده شد، به نظر می رسد یکی از عوامل رشد نامناسب جلبک گراسیلاریا در کشت توام با تراکم بالای میگو (۵۰ عدد در متر مربع) میزان بالای کدورت آب باشد که ناشی از ورود مقدار زیادی غذای میگو و فضولات دفع شده توسط میگو باشد که باعث کاهش میزان نورگردیده و رشد جلبک را محدود می سازد. بنا بر مطالعات انجام شده، تولید گونه‌های مختلف در یک سیستم پرورش توام آبزیان، بستگی به عملکرد رشد هر دو گونه دارد، پرورش توام جلبک قرمز *Pinctada* و *Kappuphycus alvarezii* میانگرن آن بوده است که زمانی که شرایط (برای مثال، نور، دما و کدورت) برای رشد جلبک مناسب هستند، رابطه محکمی بین رشد جلبک و میزان جذب نیتروژن پساب‌ها وجود دارد (Qian et al., 1996).

مطالعات انجام شده در خصوص پرورش جلبک *G. corticata* در فصول مختلف سال در حوضچه‌های پلی اتیلن در فضای باز نشان داد که بیشترین نرخ رشد ویژه این گونه در فصل بهار ( $0.31 \pm 0.03$ ) درصد در روز) بوده است و دمای آب بین  $23-32^\circ\text{C}$  و میزان pH بین  $8.14-8.78$  و میزان شوری بین  $36-40$  گرم در لیتر بوده است، بر اساس این گزارش اپتیمم رشد برای این گونه در دمای  $28^\circ\text{C}$  دیده شده است (Akbari et al., 2004b).

بیشترین مقدار آگار به ترتیب در تیمار  $S_1A_1$  ( $0.17 \pm 0.01$ ) بدست آمد که به طور معنی داری از درصد آگار در بافت جلبک گراسیلاریای وحشی ( $0.16 \pm 0.02$ ) و جلبک *G. corticata* پرورش یافته در تراکم ۵۰ میگو در متر

مربع یعنی تیمارهای  $S_2A_1$  و  $S_2A_2$  ( $0.15 \pm 0.01$ ) و  $0.15 \pm 0.03$  بالاتر بود. بالاترین میزان آگار تولید شده ( $0.25 \pm 0.02$ ) در تیمار  $S_1A_2$  دیده شد. علیرغم اینکه نرخ رشد ویژه در تیمار  $S_1A_1$  ( $0.17 \pm 0.07$ ) نسبت به تیمار  $S_1A_2$  ( $0.11 \pm 0.03$ ) بالاتر بود اما با توجه به درصد آگار و میزان آگار تولید شده، تیمار  $S_1A_2$  (حاوی ۴۰۰ گرم جلبک و ۲۵ عدد میگو در متر مربع) برای تولید آگار مناسب تر است.

گزارشات مختلفی در خصوص درصد آگار در جلبک‌های آگاروفیت موجود است، تحقیقات انجام شده در سال ۱۹۹۲ در خصوص استخراج آگار از جلبک گراسیلاریا، حاکی از آن است که میزان آگار بدست آمده از گراسیلاریای پرورشی در تانک‌ها با استفاده از سیستم متراکم، (۳۰-۲۹ درصد برای هر کیلو بر اساس وزن خشک) نسبت به آن‌هایی که در بستر طبیعی و استخرهای پرورش داده شده‌اند (۲۲-۱۸ درصد) بیشتر بوده است (Ugarte and Santelices, 1992). بر اساس این گزارشات درصد آگار در بافت جلبک‌های آگاروفیت بستگی زیادی به شرایط محیطی و فصول مختلف سال دارد. در مقایسه، در مطالعه انجام شده در خصوص پرورش جلبک *G. corticata* در تانک‌های فایبرگلاس توسط اکبری و همکاران (۲۰۰۴) میزان آگار برای فصول بهار، تابستان، پائیز و زمستان به ترتیب  $0.19$ ،  $0.14$ ،  $0.15$  و  $0.17$ ٪ بوده است (Akbari et al., 2004a). در مقابل مطالعه انجام شده در خصوص تاثیر شوری و غلظت آمونیوم بر میزان آگار در جلبک *G. corticata* حاکی از آن است که میزان آگار تولید شده تحت تاثیر شوری قرار داشته است به طوری که در شوری ۳۵ گرم در لیتر، میزان آگار

پرورش ماهی سالمون دارای رشد ویژه بالاتر (۷٪ در روز) بوده و میزان کمتری آگار (بین ۱۷ درصد تا ۲۳ درصد) بوده است (Troell et al., 1997).

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که پودر جلبک *G. corticata* منبع غنی از پروتئین، کربو هیدرات و املاح معدنی است. بر اساس نتایج این تحقیق میزان پروتئین در پودر جلبک *G. corticata* بین ۲۱/۵ - ۱۹/۵٪، کربوهیدرات ۴۱/۵ تا ۴۳/۵٪ و املاح معدنی بین ۳۴ تا ۳۵/۵ درصد است، میزان چربی در این جلبک کم و حدود ۲٪ است.

در مقایسه در مطالعه انجام شده بر روی جلبک *G. corticata* جمع آوری شده از شمال خلیج فارس (منطقه بندر عباس) میزان پروتئین  $19/2 \pm 19/3$ ، چربی  $46/1 \pm 1/8$  و کربو هیدرات  $58/5 \pm 43$  ذکر گردیده است (Rohani-Ghadikolaei et al., 2012). در مقابل نتایج حاصل از تحقیق دیگری بر روی جلبک *G. corticata* در سواحل شمال خلیج فارس (منطقه بوشهر)، بیانگر آن است که میزان کربو هیدرات  $5/4 \pm 39/9$ ٪، میانگین خاکستر حدود ۴۰ درصد بوده است، میزان پروتئین بدست آمده برای این جلبک حدود ۱۰٪ و میزان چربی خام حدود ۴/۹ درصد بوده است (Mohammadi et al., 2013). در مطالعه‌ای دیگر در تامیل نادو مشخص شده است که میزان کربوهیدرات در جلبک *G. corticata* و *Sargassum longifolium* به ترتیب  $61/2 \pm 33/43$  و  $7/1 \pm 16/9$ ٪، میزان پروتئین به ترتیب  $43/6 \pm 33/6$  و  $21/1 \pm 18/65$ ٪ و میزان چربی به ترتیب  $94/2 \pm 5$  و  $1/57 \pm 8/2$ ٪ بوده است (Narasimman and Murugaiyan, 2012).

جلبک *G. corticata* جمع آوری شده از سواحل کرالا در جنوب هند، حاوی  $90/1 \pm 18/6$ ٪ پروتئین،

در این جلبک ۲۶/۷۷٪ و در شوری ۴۵ گرم در لیتر مقدار آن ۳۱/۲۷٪ بوده است (Rafiee et al., 2015). میزان آگار در جلبک *G. salicornia* در دارالسلام (تانزانیا) در ماه جولای، ۱۶/۳۵٪ و در ماه دسامبر ۳۰/۲٪ بوده است (Buriyo and Kivaisi, 2003).

بر اساس نتایج این تحقیق، قدرت ژل در جلبک *G. corticata* بین  $23/36 \pm 673/3$  gm<sup>-2</sup> (در تیمار S<sub>1</sub>A<sub>1</sub>) و  $19/23 \pm 561/67$  gm<sup>-2</sup> (در تیمار S<sub>2</sub>A<sub>2</sub>) بوده است بر اساس این نتایج قدرت ژل تحت تاثیر تراکم میگو قرار داشته است که شرایط محیطی متفاوتی را برای رشد جلبک گراسیلاریا فراهم می‌نماید، بر اساس نتایج حاصل از تحقیق انجام شده، در خصوص جلبک *Gracilariopsis bailinae*، قدرت ژل در این گونه جلبک برابر  $492$  gm<sup>-2</sup> بوده است (Rabanal, 2007). در جلبک *Gracilariopsis bailinae* جمع آوری شده از محیط طبیعی قدرت ژل برابر  $784$  gm<sup>-2</sup> گزارش شده است، قدرت ژل در بافت های جوان جلبک بالاتر است که دلیل آن بالا رفتن غلظت گروه‌های سولفات در بافت‌های پیر جلبک‌های آگاروفیت است که تاثیر منفی بر قدرت ژل دارد (Pondevida and Hurtado-Ponce, 1996).

ثابت شده است که میزان تولید آگار و کیفیت آن و همچنین سایر ترکیبات بیوشیمیایی جلبک‌های تولید کننده آگار تحت تاثیر فاکتورهای محیطی متعددی از قبیل نور، عمق رویش، مواد مغذی و دمای آب قرار می‌گیرد (Freile-Cote and Hanisak, 1986; Pelegrin and Robledo, 1997; Eidighaleghazi, 2014; Abidizadegan et al., 2016). جلبک قرمز *Gracilaria chilensis* کاشته شده نزدیک قفس‌های

2. Abreu, M.H., Varela, D.A., Henríquez, L., Villarroel, A., Yarish, C., Sousa-Pinto, I., Buschmann, A.H., 2009. Traditional vs. integrated multi-trophic aquaculture of *Gracilaria chilensis* CJ Bird, J. McLachlan & EC Oliveira: productivity and physiological performance. *Aquaculture*, 293(3), 211-22.
3. Akbari, H., Aftabsavar, Y., Malakouti, M., Tamadoni Jahromi, S., Ejlali Khanghah, K., 2004a. *Gracilaria corticata* cultivation in fiberglass tanks and Agar extraction. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 13 (3), 27 - 38.
4. Akbari, H., Fooroghi-Fard, H., Ashrafzadeh, S., 2004b. The survey of effect some environmental factor on growth red alge (*Gracilaria corticata*) in fiber glass tanks. *Pajouhesh va Sazandegi* (in persian), 64, 8-15.
5. AOAC, 2005. Official Methods of Analysis of AOAC, international. 18th Ed. Total dietary fiber in foods. AOAC International, Gaithersburg, Maryland 20877-2417, USA.
6. Burtin, P., 2003. Nutritional value of seaweeds. *Electronic journal of Environmental, Agricultural and Food chemistry*, 2, 498-503.
7. Buriyo, A.S. and Kivaisi, A.K., 2003. Standing stock, agar yield and properties of *Gracilaria salicornia* harvested along the Tanzanian Coast. *Western Indian Ocean Journal of Marine Science*, 2(2), pp.171-178.
8. Chirapart, A., Ohno, M., 1993. Growth in tank culture of species of *Gracilaria* from the southeast Asian waters. *Botanica marina*, 36, 9-14.
9. Cote, G., Hanisak, M., 1986. Production and properties of native agars from *Gracilaria tikvahiae* and other red algae. *Botanica marina*, 29, 359-366.
10. da Silva Copertino, M., Tormena T., Seeliger, U. 2009. Biofiltering efficiency, uptake and assimilation rates of *Ulva clathrata* (Roth) J. Agardh (Clorophyceae) cultivated in shrimp aquaculture waste water. *Journal of Applied Phycology*, 21, 31-45.
11. Dawczynski, C., Schubert, R., Jahreis, G., 2007. Amino acids, fatty acids, and dietary fibre in edible seaweed products. *Food Chemistry*, 103, 891-899.
12. Eidighaleghazi, F., 2014. Agar Production by Macroalga *Gracilariaopsis persica* in the Coastal Waters of the Persian Gulf. *Journal of Applied Environmental and Biological Science* 4(8), 45-52.
13. Fleming, A.E., Van Barneveld, R.J., Hone, P.W., 1996. The development of artificial diets for abalone: a review and future directions. *Aquaculture*, 140, 5-53.

۰/۶۷±۰/۴۳٪ کربو هیدرات، ۰/۰۳±۰/۸۹٪ چربی و ۰/۲۹±۰/۲۴٪ درصد خاکستر بوده است ( Kailas and Nair, 2015)

بر اساس نتایج بدست آمده از این تحقیق میزان چربی در جلبک *G. corticata* بسیار پائین است (۰/۴۶±۰/۸۱٪). گیاهان دریائی نسبتاً دارای مقادیر کمی چربی (۵-۱٪ وزن خشک) هستند (Burtin, 2003 ; Polat and Ozogul, 2008). میزان چربی در گیاهان دریائی معمولاً با توجه به فصول مختلف سال و شرایط مکانی و زمانی بین ۶-۱٪ تفاوت می کند. در پایان می توان نتیجه گیری نمود که پرورش جلبک *G. corticata* به صورت توام با میگوی *Litopenaeus vannamei* با تراکم ۴۰۰ گرم جلبک و ۲۵ عدد میگو تحت سیستم بدون تعویض آب به مدت ۴۵ روز می تواند منجر به حصول نرخ رشد بالاتر، در صد آگار بیشتر با قدرت ژل مناسب گردد. با توجه به میزان بالای کربو هیدرات، املاح معدنی و میزان بالای پروتئین، این جلبک می تواند به عنوان یک مکمل غذائی در تهیه غذای دام و آبزیان مورد استفاده قرار گیرد.

## سپاسگزاری

در اینجا بر خود لازم می دانیم از زحمات کلیه کسانی که ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند سپاسگزاری نمایم.

## منابع

1. Abidizadegan, M., Khalesi M.K., Ajdari, D., 2016. Depth-Dependency of the agarophyte red alga *Gracilaria corticata* J. Agardh for agar yield and quality during its growing season. *Journal of Aquaculture Engineering And Fisheries Research*, 2(2), 76-84.

- emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. *Aquaculture*, 231, 361-391.
26. Norziah, M.H., Ching, C.Y., 2000. Nutritional composition of edible seaweed *Gracilaria changgi*. *Food Chemistry*, 68, 69-76.
  27. Ortiz, J., Romero, N., Robert, P., Araya, J., Lopez-Hernández, J., Bozzo, C., Navarrete, E., Osorio, A., Rios, A., 2006. Dietary fiber, amino acid, fatty acid and tocopherol contents of the edible seaweeds *Ulva lactuca* and *Durvillaea antarctica*. *Food Chemistry*, 99, 98-104.
  28. Polat, S., Ozogul, Y., 2008. Biochemical composition of some red and brown macro algae from the Northeastern Mediterranean Sea. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 59, 566-572.
  29. Pondevida, H., Hurtado-Ponce, A., 1996. Assessment of some agarophytes from the coastal areas of Iloilo, Philippines. II. Seasonal variations in the agar quality of *Gracilaria changii*, *Gracilaria manilaensis* and *Gracilariopsis bailinae* (Gracilariales, Rhodophyta). *Botanica Marina*, 39, 123-128.
  30. Qian, P.Y., Wu, C., Wu, M., Xie, Y., 1996. Integrated cultivation of the red alga *Kappaphycus alvarezii* and the pearl oyster *Pinctada martensi*. *Aquaculture*, 147, 21-35.
  31. Rabanal, S., 2007. Preliminary Study on the Agar Quality of Laboratory-Generated Carposporelings of *Gracilariopsis bailinae* Zhang et Xia Grown in the Field (A short communication). *Science Diliman*, 12(1), 45-47.
  32. Rabiei, R., Phang, S., Lim, P., Salleh, A., Sohrabipour, J., Ajdari, D., Zarshenas, G. 2016. Productivity, biochemical composition and biofiltering performance of agarophytic seaweed, *Gelidium elegans* (Red algae) grown in shrimp hatchery effluents in Malaysia. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 15, 53-74.
  33. Rafiee, F., Nejatkhah Manavi P., Salman Zadeh, N., 2015. Impact of salinity, ammonium and cytokinin on biomass and agar content of red alga *gracilaria corticata* (in persian). *Oceanography* 2(6), 107-115.
  34. Rebello, J., Ohno, M., Critchley, A., Sawamura, M., 1996. Growth rates and agar quality of *Gracilaria gracilis* (Stackhouse) Steentoft from Namibia, Southern Africa. *Botanica marina*, 39, 273-280.
  35. Ricker, W.E., 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*, 191, 382.
  14. Folch, J., Lees, M., Sloane-Stanley, G., 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological. Chemistry.*, 226, 497-509.
  15. Foroughifard, H., Tazikeh, E., Akbari, H., 2005. Assessing the effects of urea and TMRL media on laboratory cultivation of *Gracilaria corticata*. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 14, 87-98.
  16. Freile-Peegrín, Y., Robledo, D., 1997. Effects of season on the agar content and chemical characteristics of *Gracilaria cornea* from Yucatan, Mexico. *Botanica Marina*, 40, 285-290.
  17. Kailas, A.P., Nair, S., 2015. Comparison of nutrient compositions and calorific values of eight tropical seaweeds. *Phykos: Journal of the Phycological Society*, 45, 62-74.
  18. Kim, G.S., Shin, M.K., Kim, Y.J., Oh, K.K., Kim, J.S., Ryu, H.J., Kim, K.H. 2014. Method of producing biofuel using sea algae. Google Patents.
  19. Long, R.D., Abdelkader, E., 2011. Mixed-polarity azeotropic solvents for efficient extraction of lipids from *Nannochloropsis microalgae*. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 7, 70-73.
  20. Marinho-Soriano, E., Panucci, R., Carneiro, M., Pereira, D., 2009. Evaluation of *Gracilaria caudata* J. Agardh for bioremediation of nutrients from shrimp farming wastewater. *Bioresource Technology*, 100, 6192-6198.
  21. McHugh, D., 2003. A guide to the seaweed industry. *FAO Fisheries Technical Paper* 441. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 105 p.
  22. Mohammadi, M., Tajik, H., Hajeb, P., 2013. Nutritional composition of seaweeds from the Northern Persian Gulf. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 12, 232-240.
  23. Motsara, M., Roy, R.N., 2008. Guide to laboratory establishment for plant nutrient analysis, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 205p.
  24. Narasimman, S., Murugaiyan, K., 2012. Proximate Composition of Certain Selected Marine Macro Algae from Mandapam Coastal Region Gulf of Mannar Southeast Coast of Tamil Nadu. *International. Journal of Pharmaceutical & Biological Archive*, 3(4), 918-921.
  25. Neori, A., Chopin, T., Troell, M., Buschmann, A.H., Kraemer, G.P., Halling, C., Shpigel, M., Yarish, C., 2004. Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art

- procedures. National Renewable Energy Laboratory. Technical Report, NREL/TP-510-42622. 5p.
42. Sobha, V., Bindhu, V., Bindhu, M., Unnikrishnan, P. 2001. Biochemical studies of algae along the Southern Kerala coast with special reference to fibre content. *Seaweed Res. Utiln*, 23(1&2), 65-73.
  43. Troell, M., Halling, C., Nilsson, A., Buschmann, A., H., Kautsky, N., Kautsky, L., 1997 Integrated marine cultivation of *Gracilaria chilensis* (Gracilariales, Rhodophyta) and salmon cages for reduced environmental impact and increased economic output. *Aquaculture*, 156, 45-61.
  44. Troell, M., Rönnbäck, P., Halling, C., Kautsky, N., Buschmann, A., 1999. Ecological engineering in aquaculture: use of seaweeds for removing nutrients from intensive mariculture. *Journal of Applied Phycology*, 11, 89-97.
  45. Ugarte, R., Santelices, B., 1992. Experimental tank cultivation of *Gracilaria chilensis* in central Chile. *Aquaculture*, 101, 7-16.
  46. 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.
  47. Yarish, C., Redmond, S., Kim, J.K., 2012. *Gracilaria Culture Handbook for New England*. University of Connecticut, Wrack Lines. 48p.
  36. Rohani-Ghadikolaei, K., Abdulalian, E., Ng, W.K., (2012) Evaluation of the proximate, fatty acid and mineral composition of representative green, brown and red seaweeds from the Persian Gulf of Iran as potential food and feed resources. *Journal of Food Science and Technology*, 49, 774-780.
  37. Rönnbäck, P., 2001. *Shrimp aquaculture: State of the art*, Swedish EIA Centre, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden. 50p.
  38. Sánchez-Romero, A., Miranda-Baeza, A., Rivas-Vega, M.E., López-Eliás, J.A., Martínez-Córdova, L.R., Tejeda-Mansir, A. 2016. Development of a Model to Simulate Nitrogen Dynamics in an Integrated Shrimp–Macroalgae Culture System with Zero Water Exchange. *Journal of the World Aquaculture Society*, 47, 129-138.
  39. SEAFDEC, 2001. Laboratory Manual on analytical Methods and Procedures for Fish and Fish Products. In: B-1 Protein Determination By Kjeldahl Method. Marine Fisheries Research Department, South East Asian Fisheries Development Center, Singapore, pp. B 1.1-B1.3.
  40. Singh, A., Ramakrishna, T., Murthy, M.S., 1980. Some ecological observations on two agarophytes from India. *Hydrobiologia*, 75, 185-188.
  41. Sluiter, A., Hames, B., Ruiz, R., Scarlata, C., Sluiter, J., Templeton, D., 2005. Determination of ash in biomass standard biomass analytical