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*[۱]، عباس متین فر[۲]، محمد صدیق مرتضوی[۱]، کیومرث روحانی قادیکلائی[۱]، مریم میربخش[۳]

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 دریافت: ۲۲ فروردین ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: ۳ شهریور ۱۳۹۶

چکیده

پرورش توام جلبک قرمز *Gracilaria corticata* و میگوی *Litopenaeus vannamei* ، در سیستم بدون تعویض آب در یک دوره۴۵ روزه مورد بررسی قرار گرفت. دمای آب، pH وشوری هر سه روز یک‌بار اندازه‌گیری 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 اندازه‌گیری شد. بیشترین نرخ رشد ویژه جلبک (۰/۰۷ ± ۱/۲۳٪) در تیمار S_1A_1 اما بیشترین درصد آگار (۰/۲ ± ۱۷٪) و بیشترین میزان آگار تولیدی (gm^{-2} ۰/۲۵ ± ۱۱/۲۱) در تیمار S_1A_2 مشاهده شد. بیشترین قدرت ژل (gcm^{-2}۶۸۰/۷) مربوط به جلبک وحشی بود. میزان پروتئین، خاکستر، چربی و کربوهیدرات به ترتیب بین ۲۱/۳۱-۱۹/۵۴، ۳۵/۴۱- ۳۳/۹۸، ۲- ۹۴/ ۱و ۴۳/۶۱- ۴۱/۹۵٪ 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*.

* عهده‌دار مکاتبات (✉). fourooghifard@yahoo.com

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1396.11.3.5.6]

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*., 2001; Ortiz *et al*., 2006). 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 بهره وری 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 متر ی 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 بیشتربوده 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 ۰/۲۹±۴ درصد و میانگین بیومس بیش از ۱۶۰۰گرم بر متر مربع در ماه بوده است که دوبرابر میزان تولید در سایر مکان‌های دور از قفس است (Rönnbäck, 2001).

غلظت پروتئین و کربوهیدرات 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 ٪)، کربوهیدرات (۴۱/۴٪) و آگار (۲۵/۹٪) به طور معنی‌داری از تیمارشاهد (پرورش یافته در آب دریا) بالاتر بوده است، میزان بالاتر پروتئین در جلبک پرورش یافته در پساب تانک‌های نگهداری مولدین میگو احتمالا 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 فراورده‌های مفید پیشنهاد گردیده است (Troell *et al*., 1999). مطالعه انجام شده در خصوص پرورش

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1396.11.3.5.6]

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 نیتریت 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 می توانند 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 کشتTMRL میزان رشد این جلبک به طور معنی داری 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 بیو شیمیائی جلبک *Gracillaria corticata* تحت تاثیرتراکم‌های مختلف میگوی *Litopenaeus vannamei* در سیستم بدون تعویض آب بود.

مواد وروش ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۴ در پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان انجام گرفت، برای انجام آزمایش از طرح فاکتوریل ۲ ×۲ 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 A_1S_1، S_1A_2، S_2A_1 و S_2A_2 نامگذاری شدند تمامی تیمارها دارای ۳ تکرار بودند. از دوره نوری خنثی (L:D ؛۱۲:۱۲) برای نوردهی استفاده شد (Yarish *et al.*, 2012). هرتانک با استفاده از دو قطعه سنگ هوای استوانه‌ای با قدرت هوادهی۵ لیتر در دقیقه هوادهی شد.

میگوهای ۷-۴ گرمی (۵/۸۲±۰/۱۱ 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 بندر عباس 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 کاملا تمیز گردیدند. در هنگام ذخیره‌سازی با توجه به تیمارهای مورد نظر، تعداد مورد نیاز میگو

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1396.11.3.5.6]

شمارش و در تانک‌ها ذخیره‌سازی شدند. پرورش جلبک‌ها به روش استفاده از تور نایلونی با چشمه ۱۰×۱۰ 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 ۰/۰۱ واحد، دما در دو نوبت صبح و ظهر با دقت ۰/۱ C^{o} و شوری به صورت سه روز یکبار (با استفاده از دستگاه رفرکتومتر آتاگو[1]) با دقت ۰/۵ گرم در لیتر اندازه‌گیری شدند. تغذیه میگوها بر اساس جدول غذادهی 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 طورجداگانه وزن و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ ^{o}C داخل دستگاه خشک‌کن 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 اندازه‌گیری میزان پروتئین در بافت جلبک‌ها در ابتدا نمونه‌های برداشت شده از هرتانک با آب شیرین شسته شده تا از هر گونه نمک و یا رسوب پاک گردد. سپس نمونه‌ها وزن شده و در دمای ۸۰- ۶۸ درآون دارای قابلیت چرخش هوا به مدت ۴۸ نگهداری تا به خوبی خشک گردد. سپس هضم نمونه با اسید صورت گرفته و سایر مراحل کار براساس دستورالعمل استفاده از روش کلدال 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). اندازه‌گیری میزان رطوبت وخاکستر با استفاده از خشک کردن نمونه در آون و سوزاندن نمونه‌ها درکوره الکتریکی در دمای ۵۷۵±۲۵ ^{o}C صورت گرفت (Sluiter *et al.,* 2005). مقدارکربوهیدرات از طریق اندازه‌گیری مقدارچربی، پروتئین وخاکستر 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،

$W0$ = وزن اولیه جلبک

Wt = وزن نهایی یا جلبک است.

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

SGR = درصد نرخ رشد ویژه

T = تعدادروزهای پرورش

$W0$ = وزن اولیه جلبک

Wt = 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

[1] Atago Refractometer

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1396.11.3.5.6]

^{o}C ۹۰- ۸۵ قرار داده شدند. بعد نمونه‌ها را با آب لوله شسته و به مدت ۲ ساعت در محلول رقیق استیک (۰/۵٪) 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 قبلا 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[1]) قدرت ژل بر حسب گرم بر سانتی‌متر مربع اندازه‌گیری شد (Villanueva *et al*., 2010).

مقایسه نمونه‌ها از طریق آنالیزواریانس 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.

نتایج

نتایج حاصل از اندازه‌گیری فاکتورهای فیزیکی وشیمیائی 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 معنی‌داری 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 دادکه pH آب در تانک‌ها به طور معنی‌داری تحت تاثیرتراکم‌های مختلف میگو قرار دارد ($P<0/05$) اما تاثیر تراکم‌های مختلف جلبک گراسیلاریا برمیزان pH آب بی‌معنی بود ($P>0/05$) (جدول۱).

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 (۵/۵ ± ۷۳/۶۷ درصد) و بیشترین نرخ رشد ویژه (۰/۰۷ ± ۱/۲۳درصددر روز) درتیمار S_1A_1 (تیمار حاوی ۲۰۰ گرم جلبک گراسیلاریا همراه با ۲۵ قطعه میگوی وانامی) و کمترین درصد افزایش وزن (۱/۹±۱۴/۹۲درصد) و کمترین نرخ رشد ویژه (۰/۰۴±۰/۳۱درصد در روز) در تیمار S_2A_2 (تیمار حاوی ۴۰۰ گرم جلبک گراسیلاریا همراه با ۵۰ قطعه میگوی وانامی) مشاهده شد.

[1] Marine Colloids Gel Tester (Model GT-1)

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1396.11.3.5.6]

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

متغیر	۲۵ عدد میگو در متر مربع		۵۰ عدد میگو درمتر مربع		اثر تراکم [a]		
	۲۰۰ گرم جلبک (تیمار S_1A_1)	۴۰۰ گرم جلبک (تیمار S_1A_2)	۲۰۰ گرم جلبک (تیمار S_2A_1)	۴۰۰ گرم جلبک (تیمار S_2A_2)	SD	AD	SD× AD
شوری (ppt) [b](n=۴۵)	۳۷/۰ – ۴۳/۵	۳۷/۰ – ۴۳/۵	۳۷/۰ – ۴۳/۵	۳۷/۰ – ۴۳/۵	NS	NS	NS
دما (°C) در ساعت ۶ صبح [b](n=۴۵)	۳۰/۴ – ۳۵/۸	۳۰/۵ –۳۵/۸	۳۰/۵ – ۳۵/۸	۳۰/۷ – ۳۵/۸	NS	NS	NS
دما (°C) در ساعت ۴ عصر [b](n=۴۵)	۳۰/۶ – ۳۵/۸	۳۰/۷ –۳۵/۸	۳۰/۸ – ۳۵/۸	۳۰/۷ – ۳۵/۸	NS	NS	NS
pHدرساعت ۶ صبح [b](n=۴۵)	۷/۹۳ – ۸/۳۲	۷/۹۳ – ۸/۳۰	۷/۴۰ – ۸/۰۹	۷/۳۶ – ۸/۱۰	**	NS	NS
pH درساعت ۴ عصر [b](n=۴۵)	۷/۹۱ – ۸/۳۱	۷/۹۲ – ۸/۳۰	۷/۳۳ – ۸/۱۳	۷/۲۹ – ۸/۷۰	**	NS	NS

aنتایج حاصل از آنالیز واریانس دوطرفه ، SD= تراکم میگو ، AD = تراکم جلبک، SD×AD = ا ثرات 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 پرور ش ۴۵ روزه (SE ± میانگین)

متغیر	۲۵ عدد میگو در متر مربع		۵۰ عدد میگو درمتر مربع		اثر تراکم [a]		
	۲۰۰ گرم جلبک (تیمار S1A1)	۴۰۰ گرم جلبک (تیمار S1A2)	۲۰۰ گرم جلبک (تیمارS2A1)	۴۰۰ گرم جلبک (تیمار S2A2)	SD	AD	SD×AD
وزن اضافه شده جلبک (٪) (WG)	۷۳/۶۷ ± ۵/۵	۶۴/۸۳ ± ۲/۱	۲۳/۵۰ ± ۳/۰۱	۱۴/۹۲ ± ۱/۹	**	**	NS
نرخ رشد ویژه(d^{-1}٪)	۱/۲ ± ۰/۰۷	۱/۱۱ ± ۰/۰۳	۰/۴۷ ± ۰/۰۵	۰/۳۱ ± ۰/۰۴	**	NS	NS
درصد آگار	۱۶/۰ ± ۰/۱۲	۱۷/۰ ± ۰/۲۱	۱۵/۱ ± ۰/۱۲	۱۵/۴ ± ۰/۳۲	**	NS	NS
آگار تولید شده($gm^{-۲}$)	۵/۹ ± ۰/۲۰	۱۱/۲ ± ۰/۲۵	۳/۷۳ ± ۰/۱۱	۷/۰۸ ± ۰/۲۵	**	**	**
قدرت ژل ($gcm^{-۲}$)	۶۷۳ ± ۲۳	۶۵۵ ±۱۸	۵۷۷ ± ۱۷	۵۶۱ ±۱۹	**	NS	NS

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

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1396.11.3.5.6]

بر اساس نتایج بدست آمده درصد افزایش وزن جلبک گراسیلاریا، نرخ رشد ویژه، درصد آگار و قدرت ژل به طور معنی‌داری تحت تاثیر تراکم میگو قرار داشتند (P<۰/۰۵). اما تاثیر تراکم جلبک فقط بر روی درصد افزایش وزن جلبک و میزان کل آگار تولید شده معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). همچنین اثرات متقابل تراکم‌های میگوی *L. vannamei* و جلبک *G. corticata* فقط بر روی میزان آگار تولید شده معنی‌دار بود (P<۰/۰۵) (جدول ۲).

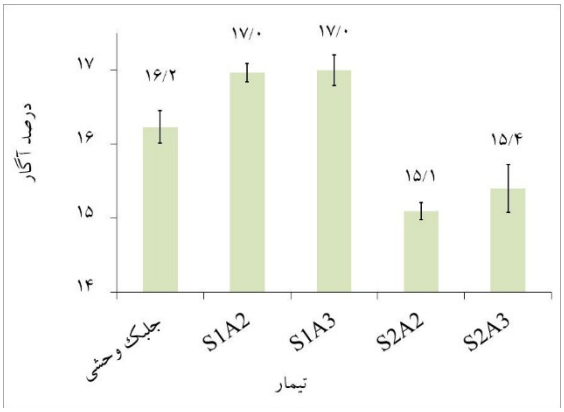
نتایج حاصل از همبستگی نشان دادکه بین تراکم میگو و درصد آگار، میزان اگار تولید شده و درصد افزایش وزن جلبک همبستگی منفی و معنی‌دار وجود دارد (P<۰/۰۵). در حالیکه بین تراکم میگوو قدرت ژل همبستگی مثبت و معنی‌دار (P<۰/۰۵) مشاهده شد. همبستگی بین تراکم جلبک و میزان آگار تولید شده مثبت و معنی‌دار بود (P<۰/۰۵)، اما همبستگی بین تراکم جلبک و درصد آگار ، قدرت ژل و درصد افزایش وزن جلبک معنی‌دار نبود(P>۰/۰۵) (جدول ۳).

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

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

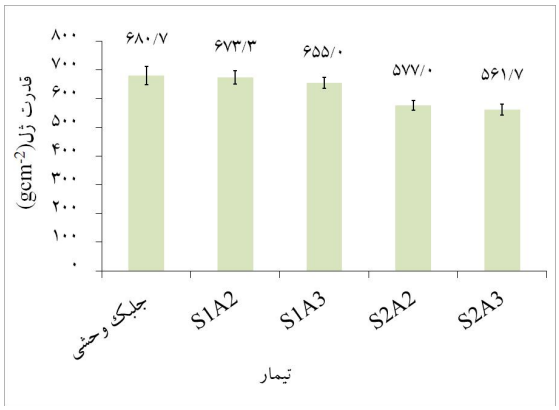
نتایج حاصل نشان دادکه درصد آگار دربافت جلبک *G.corticata* پرورش یافته در تراکم ۲۵ عدد میگو در متر مربع یعنی تیمارهای S_1A_1 و S_1A_2 به ترتیب ۱۷±۰/۱ و ۱۷±۰/۲ بوده که به طور معنی‌داری از درصد آگار در بافت جلبک گراسیلاریای وحشی (۱۶/۲±۰/۲٪) و جلبک *G. corticata* پرورش یافته در تراکم ۵۰ میگو در متر مربع یعنی تیمارهای S_2A_1 و S_2A_2 (۱۵/۱±۰/۱٪ و ۱۵/۴±۰/۳٪) بالاتر بود (P<۰/۰۵) (شکل ۱).



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

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1396.11.3.5.6]

بر اساس نتایج حاصل ، قدرت ژل آگار حاصل از جلبک *G. corticata* پرورش یافته در تراکم پائین میگو (تیمارهای S_1A_1 وS_1A_2) به طور معنی‌داری از قدرت ژل آگار حاصل از جلبک وحشی کمتر و از درصد آگار در جلبک پرورش یافته در تراکم بالای میگو بیشتر بود (P<۰/۰۵). کمترین قدرت ژل (gcm^{-2} ۵۶۱/۶۷±۱۹/۲۴) در تیمار S_2A_2 و بیشترین قدرت ژل در جلبک وحشی (gcm^{-2} ۶۸۰ ±۰/۳۱) و بعداز آن در تیمار S_1A_1 (gcm^{-2} ۶۷۳/۳ ± ۲۳/۳۶) 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± Se).

نتایج حاصل از اندازه‌گیری ترکیبات بیو شیمیائی پودر جلبک *G. corticata* خشک شده در آون (درصد رطوبت صفر) نشان دادکه بخش عمده این جلبک را کربوهیدرات و املاح معدنی (خاکستر) تشکیل می دهد. میزان کربوهیدرات در جلبک پرورش یافته در تراکم ۵۰ عد دمیگودر متر مربع به طور معنی داری از میزان کربوهیدرات در جلبک وحشی و سایر تیمارها کمتر بود (P<۰/۰۵) اما هیچ تفاوت معنی داری بین میزان املاح معدنی (خاکستر) در بین جلبک *G. corticata* وحشی و سایر تیمارها مشاهده نشد (P>۰/۰۵) (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 معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵). در حالیکه بین میزان تراکم جلبک و میزان پروتئین در بافت جلبک یک همبستگی مثبت و معنی‌دار مشاهده شد (P<۰/۰۵). همچنین بین میزان خاکستر و میزان کربوهیدرات در بافت جلبک *G. corticata* یک همبستگی منفی و معنی‌دار مشاهده شد (P<۰/۰۵) (جدول ۵).

جدول۴: 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 ± میانگین)

تیمار	پروتئین (٪)	خاکستر(٪)	چربی (٪)	کربوهیدرات (٪)
جلبک وحشی	۲۰/۴۵ ±۰/۱^{ab}	۳۳/۹۸ ± ۰/۴۱^{a}	۱/۹۶ ± ۰/۰۹^{ab}	۴۳/۶۱ ± ۰/۳۱^{a}
S_1A_1	۱۹/۵۴ ±۰/۴^{a}	۳۴/۸۷ ± ۰/۳^{a}	۲/۱۷ ± ۰/۱۰^{b}	۴۳/۴۲ ± ۰/۳۲^{a}
S_1A_2	۲۱/۰۱ ±۰/۵^{b}	۳۴/۵۹ ± ۰/۶^{a}	۱/۹۴ ± ۰/۰۳^{a}	۴۲/۴۶ ± ۰/۵۵^{a}
S_2A_1	۲۰/۶۸ ±۰/۱^{b}	۳۵/۳۶ ± ۰/۷^{a}	۱/۹۹ ± ۰/۰۶^{ab}	۴۱/۹۵ ± ۰/۷۹^{ab}
S_2A_2	۲۱/۳۱ ±۰/۴^{b}	۳۵/۴۱ ± ۰/۷^{a}	۲/۰۰ ± ۰/۰۴^{ab}	۴۱/۲۷ ± ۱/۰۵^{b}

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

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1396.11.3.5.6]

جدول ۵: همبستگی بین تراکم جلبک و میگو و ترکیبات بیوشیمیائی 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
تراکم میگو	P.C.	۰/۴۲۰	۰/۳۵۲	-۰/۲۲۰	- ۰/۵۱۱
	Sig.	۰/۱۷۴	۰/۲۶۲	۰/۴۹۱	۰/۰۹۰
تراکم جلبک	P.C.	۰/۶۱۲*	-۰/۰۶۳	۰/۴۵۷-	-۰/۳۱۶
	Sig.	۰/۰۳۵	۰/۸۴۵	۰/۱۳۵	۰/۳۱۸
پروتئین	P.C.	۱	۰/۱۲۷	-۰/۷۳۴**	۰/۶۸۴*-
	Sig.		۰/۶۹۳	۰/۰۰۷	۰/۰۱۴
خاکستر	P.C.		۱	۰/۰۲۳	-۰/۸۰۸**
	Sig.			۰/۹۴۴	۰/۰۰۱
چربی	P.C.			۱	۰/۳۷۴
	Sig.				۰/۲۳۰

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

بحث

براساس نتایج حاصل از این تحقیق، میزان دما در تانک‌های پرورش جلبک گراسیلاریا بین °C ۳۵/۸- ۳۰/۴ ، شوری بین ۴۳/۵- ۳۷ گرم در لیتر و میزان pH در تیمارهای حاوی ۵۰ عدد میگو در مترمربع بین ۸/۷۰- ۷/۲۹ و در تیمار های 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. verrucosa*، *G. salicornia*، *G. fisheri* و *G. firma*)، برای تمامی گونه‌های ذکر شده تحت رژیم نوری ۱۲ساعت 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- ۲۹گرم 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، (۶/۷±۰/۱ ٪) درشوری ۳۰ppt 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 (۱/۲۳±۰/۰۷) در تیمار S_1A_1 (تیمار حاوی ۲۰۰ گرم

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1396.11.3.5.6]

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 باشدکه 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 دوگونه دارد، پرورش توام جلبک قرمز *Kappuphycus alvarezii* و صدف *Pinctada martensi* بیانگرآن 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 حوضچه های پلی اتیلن در فضا ی باز نشان داد که بیشترین نرخ رشد ویژه این گونه در فصل بهار (۰/۳۱ ± ۳/۷۴ درصد در روز) بوده است و دمای آب بین °C ۳۲- ۲۳ و میزان pH بین ۸/۷۸- ۸/۱۴ و میزان شوری بین ۴۰-۳۶ گرم در لیتر بوده است ، بر اساس این گزارش اپتیمم رشد برای این گونه در دمای °C۲۸ دیده شده است (Akbari *et al.*, 2004b).

بیشترین مقدار آگار به ترتیب در تیمار S_1A_2 (۰/۲±۱۷/۰٪) و تیمار S_1A_1 (۰/۱±۱۷٪) بدست آمد که به طور معنی‌داری از درصد آگار در بافت جلبک گراسیلاریای وحشی (۰/۲±۱۶/۲) و جلبک *G. corticata* پرورش یافته در تراکم ۵۰ میگو در متر مربع یعنی تیمارهای S_2A_1 و S_2A_2 (۰/۱±۱۵/۱ و ۰/۳±۱۵/۴) بالاتر بود. بالاترین میزان آگار تولید شده (۰/۲۵±۱۱/۲۱ گرم در متر مربع) درتیمار S_1A_2 دیده شد. علیرغم اینکه نرخ رشد ویژه در تیمار S_1A_1 ($\%d^{-1}$ ۰/۰۷±۱/۲۳) نسبت به تیمار S_1A_2 ($\%d^{-1}$ ۰/۰۳±۱/۱۱) بالاتر بود اما با توجه به درصد آگار و میزان آگار تولید شده، تیمارS_1A_2 (حاوی ۴۰۰ گرم جلبک و ۲۵ عدد میگو در متر مربع) برای تولید آگار مناسب‌تر 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 در صد برای هر کیلو بر اساس وزن خشک) نسبت به آن‌هایی که در بستر طبیعی و استخرهاپرورش 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 پرور ش جلبک *G. corticata* در تانک‌های فایبرگلاس توسط اکبری و همکاران (۲۰۰۴) میزان آگار برای فصول بهار، تابستان، پائیز و زمستان به ترتیب ۱۹/۳، ۱۴، ۱۵ و ۱۷/۵٪ 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 به‌طوری‌که در شوری ۳۵گرم در لیتر، میزان آگار

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1396.11.3.5.6]

در ایـن جلبـک ۲۶/۷۷ ٪ و در شـوری ۴۵گـرم در لیترمقـدار آن ۳۱/۲۷ ٪ بـوده اسـت (Rafiee *et al.*, 2015). میـزان آگـار در جلبـک *G. salicornia* در دارالسلام (تانزانیا) در ماه جـولای، ۱۶/۳۵ ٪ و در مـاه دسـامبر ۳۰/۲٪ بـوده اسـت (Buriyo and Kivaisi, 2003).

بر اساس نتایج این تحقیق، قـدرت ژل در جلبـک *G. corticata* بـین gcm^{-2} ۲۳/۳۶ ± ۶۷۳/۳ (در تیمـار S_1A_1) و gcm^{-2} ۱۹/۲۳ ± ۵۶۱/۶۷ (در تیمـــــار S_2A_2) بوده است بر اسـاس ایـن نتـایج قـدرت ژل تحـت تـاثیر تراکم میگو قرار داشته است که شرایط محیطی متفاوتی را برای رشـد جلبـک گراسـیلاریا فـراهم مـی‌نمایـد، بـر اساس نتایج حاصل از تحقیق انجـام شـده، در خصـوص جلبک *Gracilariopsis bailinae* ، قدرت ژل در این گونه جلبـک برابـر gcm^{-2} ۴۹۲ بوده اسـت (Rabanal, 2007). در جلبـک *Gracilariopsis bailinae* جمـع آور ی شده از محیط طبیعی قدرت ژل برابـر gcm^{-2} ۷۸۴ گـزارش شـده اسـت، قـدرت ژل در بافـت هـای جـوان جلبـک بـالاتر اسـت کـه دلیـل آن بـالا رفـتن غلظـت گـروه‌هـای سـولفات در بافـت‌هـای پیـر جلبـک‌هـای آگاروفیـت اسـت کـه تـاثیر منفـی بـر قـدرت ژل دارد (Pondevida and Hurtado-Ponce, 1996).

ثابت شده است که میزان تولید آگار و کیفیـت آن و همچنین سایر ترکیبات بیوشیمیائی جلبک‌های تولیـد کننده آگار تحت تاثیر فاکتورهای محیطی متعـددی از قبیل نور، عمق رویـش، مـواد مغـذی و دمـای آب قـرار مـی‌گیـرد (Cote and Hanisak, 1986; Freile-Pelegrín and Robledo, 1997; Eidighaleghazi, 2014; Abidizadegan *et al.*, 2016). جلبـک قرمـز *Gracilaria chilensis* کاشته شده نزدیک قفـس‌هـای پرورش ماهی سالمون دارای رشـد ویـژه بـالاتر (۷ ٪ در روز) بوده و میزان کمتری آکار (بـین ۱۷ درصـد تـا ۲۳ درصد) بوده است (Troell *et al.*, 1997).

نتـایج حاصـل از ایـن تحقیـق نشـان داد کـه پـودر جلبـک *G. corticata* منبـع غنـی از پـروتئین، کربـو هیـدرات و امـلاح معـدنی اسـت. بـر اسـاس نتـایج ایـن تحقیق میزان پروتئین در پودر جلبک *G. corticata* بین ۲۱/۵ – ۱۹/۵ ٪ ، کربوهیدرات ۴۱/۵تا 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* جمـع آوری شـده از شـمال خلـیج فـارس (منطقه بندر عباس) میزان پروتئین ۲/۱۹ ± ۱۹/۳، چربی ۰/۴۶ ± ۱/۸ و کربو هیدرات ۵/۵۸ ± ۴۳ ذکـر گردیـده اسـت (Rohani-Ghadikolaei *et al.*, 2012). در مقابل نتایج حاصل از تحقیـق دیگـری بـر روی جلبـک *G. corticata* در سـواحل شـمال خلـیج فـارس (منطقـه بوشـهر)، بیـانگر آن اسـت کـه میـزان کربـو هیـدرات ۴/۵±۳۹/۹ ٪ ، میانگین خاکستر حدود ۴۰ درصـد بـوده است، میزان پـروتئین بدسـت آمـده بـرای ایـن جلبـک حدود ۱۰ ٪ و میزان چربی خام حدود ۴/۹ درصد بـوده اسـت (Mohammadi *et al.*, 2013). در مطالعـه‌ای دیگـر در تامیـل نـادو مشـخص شـده اسـت کـه میـزان کربوهیدرات در جلبک *G. corticata* و *Sargassum longifolium* بـه ترتیـب ۲/۶۱±۴۳/۳۳ و ۰/۷ ± ۱۶/۹٪، میزان پروتئین بـه ترتیـب ۰/۴۳±۶/۳۳ و ۱/۲۱±۱۸/۶۵٪ و میزان چربی به ترتیب ۰/۹۴±۵/۲ و ۱/۵۷±۸/۲ ٪ بوده است (Narasimman and Murugaiyan, 2012).

جلبک *G. corticata* جمع‌آوری شده از سـواحل کرالا در جنوب هند، حـاوی ۰/۹۰ ± ۶/۱۸ ٪ پـروتئین،

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1396.11.3.5.6]

۴۳/۸۵±۰/۶۷٪ کربو هیدرات، ۰/۰۳± ۱/۸۹ ٪ چربی و ۱۹/۲۴±۰/۲۹ 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 (۱/۸±۰/۴۶٪). گیاهان دریائی نسبتا دارای مقادیر کمی چربی (۵-۱٪ وزن خشک) هستند (Burtin, 2003 ; Polat and Ozogul, 2008). میزان چربی در گیاهان دریائی معمولا با توجه به فصول مختلف سال و شرایط مکانی و زمانی بین ۶-۱٪) تفاوت می کند.

در پایان می‌توان نتیجه‌گیری 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 می‌دانیم از زحمات کلیه کسانی که مارا در انجام این تحقیق یاری نمودند سپاسگزاری نماییم.

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.
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., Foorughi-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 dietray 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.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1396.11.3.5.6]

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-Pelegrín, 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 form 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 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.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1396.11.3.5.6]

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 theSouthern 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, Montaño, 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-Elías, 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 Kjedahl 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

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1396.11.3.5.6]