فصلنامه علمی ـ پژوهشی دورهٔ ٦، شمارهٔ ٣، پاییز ١٣٩٦، صفحه ١٠٥- ١٢١

عملکرد رشد، تغذیه، پایداری غذا و قابلیت هضم ظاهری در میگوی پا سفید غربی (*Litopenaeus vannamii*) تغذیه شده با سطوح مختلف جلبک گراسیلاریا (*Gracilaria pygmaea*)

امین اوجی فرد*[1]، سکینه غلامی[2]، ابراهیم ستوده[3]، بابک قائدنیا[4]

١- دانشیار، گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه خلیج فارس بوشهر

٢- دانشجوی کارشناسی ارشد شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه خلیج فارس بوشهر

٣- استادیار، گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه خلیج فارس بوشهر

٤- پژوهشکده میگوی کشور

دریافت: ٩٥/٠٧/٢٧ پذیرش: ٩٦/٠٢/٢٣

*نویسنده مسئول مقاله :Oujifard@pgu.ac.ir

چکیده:

اثر افزودن جلبک گراسیلاریا (*Gracilaria pygmaea*) به جیره غذایی میگوی وانامی *Litopenaeus* (*vannamei*) در چهار سطح صفر (شاهد)، ٥، ١٠ و ١٥ درصد، برپایداری جیره و شاخص‌های رشد، تغذیه و قابلیت هضم ظاهری بررسی شد. میگو (وزن اولیهٔ ٠/٧± ٦/٥ گرم) به‌مدت ٤٠ روز در آکواریوم‌های ١٥٠ لیتری با تراکم ١٢ قطعه میگو در هر آکواریوم تغذیه شدند. نتیجه آزمایش پایداری غذا در آب به‌مدت ٢، ٤ و ٨ ساعت بیانگر اختلاف معناداری بین تیمارهای ٢ و ٤ ساعت بود ($p<0/05$)؛ بیشترین پایداری در تیمار GL15 مشاهده گردید، اما بین تیمارهای ٨ ساعت آبشویی اختلاف معناداری مشاهده نگردید ($p>0/05$). متوسط وزن نهایی و درصد افزایش وزن بدن در میگوهای تغذیه شده با جیره GL10 اختلاف معناداری نسبت به تیمار شاهد داشت ($p<0/05$). ضریب تبدیل غذایی (FCR) در تیمار GL10 نسبت به تیمار شاهد اختلاف معناداری داشت ($p<0/05$). نرخ بازده پروتئین (PER) و ضریب چاقی (CF) در بین تیمارهای مختلف آزمایشی اختلاف معناداری نداشتند ($p>0/05$). میزان بازماندگی در تمامی تیمارها صددرصد بود. میزان قابلیت هضم ظاهری پروتئین و لیپیدخام و درصد پروتئین و لیپید هضمی بین تیمارها اختلاف معناداری نشان دادند ($p<0/05$). در مجموع، نتایج بیانگر تأثیر مثبت افزودن این جلبک بر روی شاخص‌های رشد میگوی وانامی و پایداری غذا بود.

کلید واژگان: میگوی پا سفید غربی، ماکروجلبک، گراسیلاریا، قابلیت هضم، عملکرد رشد، پایداری غذا

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-17]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1396.6.3.7.3]

مقدمه

میگوی وانامی از گونه‌های مهم پرورشی محسوب می‌شود. پراکنش جغرافیایی آن به‌صورت بومی در آب‌های اقیانوس آرام، سواحل مکزیک، آمریکای جنوبی و مرکزی می‌باشد؛ در ناحیه‌ای که درجه حرارت آب اقیانوس در تمام طول سال بالاتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد است (شکوری، ۱۳۷٦). این میگو به‌علت داشتن قابلیت‌های مناسب به‌عنوان یک گونه پرورشی به تمام نقاط جهان انتقال یافته است (Wyban et al.,۱۹۹۵) . وانامی در مقایسه با سایر گونه‌های پرورشی مزیت‌های فراوانی از جمله مقاومت زیاد و احتیاجات تغذیه‌ای مناسب‌تر نسبت به سایر گونه‌های پنائیده دارد. این گونه قادر به تحمل دامنه وسیعی از درجه حرارت است. همچنین رشد این گونه سریع بوده و نسبت به بیماری‌های رایج میگو (به استثنای بیماری لکه سفید، سندروم تورآ) و شرایط اکولوژیکی نامطلوب مقاوم است (Rosas et al., 2002). براساس آمار سازمان خواروبار جهانی از سال ۲۰۰۳ این گونه رتبه اول تولید را در بین گونه‌های میگوی پرورشی کسب کرده است (FAO., 2005).

آبزی‌پروری در تأمین غذای بشر و کاهش فقر جهانی نقش بسیار مهمی ایفا می‌کند (Metian & Tacon, 2008). در دهه‌های اخیر، بخش مهمی از صید جهانی آبزیان دریایی صرف تولید پودر و روغن‌ماهی شده تا غذای لازم آبزیان پرورشی را تأمین کند (Naylor et al., 2000). در حال حاضر ۷۰ درصد روغن‌ماهی و ۳٤ درصد پودرماهی به‌دست آمده از صید، در صنعت آبزی‌پروری به‌کار می‌رود (Palmegiano et al., 2007). تولید پودرماهی در سال ۲۰۰۸، در کشورهای اصلی تولیدکننده آن در جهان (پرو، شیلی، دانمارک، نروژ و ایسلند) رو به کاهش است و میزان آن به ۲/٦ میلیون تن رسید که این میزان حدود ۱۰۰۰۰۰ تن کمتر از تولید آن در سال ۲۰۰۷ بوده است (Tacon, Metian & 2008). تولید جهانی روغن و پودرماهی از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۳۰، مشابه نرخ متوسط عرضه پودر و روغن‌ماهی در سال‌های ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۹ تخمین زده شده است (FAO, 2010). از کل تولید جهانی پودرماهی در سال ۲۰۰٦، بیشترین مصرف آن (حدود ۲۷درصد) در صنعت پرورش میگو بوده است. از طرف دیگر، به‌دلیل توجه زیاد به پروتئین سویا در دنیا، دیگر منابع پروتئینی گیاهی کمتر مورد توجه قرار گرفته است (Ozogul et al., 2006). میزان افزایش رشد سالیانه آبزی‌پروری معادل ۹/٦ درصد براورد شده است که اگر این روند افزایشی ادامه داشته باشد، در زمان کوتاهی آبزی‌پروری تمام تولیدات پودر و روغن‌ماهی را به خود اختصاص خواهد داد (Palmegiano et al., 2007). علاوه بر این، پیش‌بینی شده است که در آینده به‌واسطه افزایش قیمت پودر و روغن‌ماهی، توسعه صنعت آبزی‌پروری به میزان زیادی محدود خواهد شد.

استفاده از جلبک‌های ماکروسکوپی به‌عنوان غذای انسان، دام، کود و همچنین به‌عنوان داروهای سنتی به ۱۵۰۰ سال پیش برمی‌گردد که در مردمان ساحل‌نشین کشورهای شرق آسیا همچون چین، ژاپن و کره به‌عنوان بخشی از نیازهای تغذیه‌ای روزانهٔشان کاربرد داشته است (Guiry, 2010). استفاده از جلبک از دو جهت قابل بررسی است، یکی تأثیر در کیفیت گوشت به‌منظور استفاده انسانی و دوم تأثیر بر میگو در حین رشد و افزایش مقاومت موجود به شرایط نامساعد پرورشی است که به تولید پایدار کمک وافری خواهد کرد. تاکنون بررسی‌های متعددی دربارهٔ استفاده از ماکروجلبک‌های دریایی به‌عنوان مکمل و

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-17]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1396.6.3.7.3]

جـایگزین پـودرمـاهی (Cruz-Suarez et al., 2009) و همچنین اسـتفاده از پـودرجلبـک‌هـای دریـایی در غـذای میگوها انجام شده است و در تحقیقات زیادی از گونه‌های جلبکی مختلف به‌عنوان جـایگزین یـا مکمـل پـودرمـاهی اسـتفاده کـرده‌انـد. Rodriguez- Gonzalez و همکـاران (۱۹۹٦) از دو جلبک گراسیلاریا و الوا به‌عنـوان بخشـی از رژیم غذایی میگوی وانامی استفاده کردند و در سه نسـبت ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد، آنها را در رژیم غذایی گنجاندن و بین نسبت‌های ۱۰ و ۱۵ درصد اختلاف معنـاداری در رشـد و وزن اولیه و نهایی دیده نشد و استفاده از گراسیلاریا نتیجه بهتـری در مقایسـه بـا جلبـک الـوا نشـان داد. در نتیجـه ماکروجلبک‌ها می‌توانند جایگزین خـوبی بـرای بخشـی از پودرماهی باشند. اسـتفاده از جلبـک سارگاسـوم در جیـرهٔ میگوی وانامی موجب تقویت سیستم ایمنی این میگو شده اسـت (Yeh et al., 2006). در یـک تحقیـق از سـطوح مختلف گونه ماکروجلبکی *Gracilaria lemaneiformis* در جیره غذایی میگوی وانامی استفاده کردند که بـین سـطوح مختلف جلبکی اختلاف معناداری مشـاهده شـد. میـانگین وزن نهـایی در میگوهـای تغذیـه شـده بـا ۲ و ۳ درصـد *Gracilaria lemaneiformis* اخـتلاف بـالاتری نسـبت بـه دیگر تیمارها داشتند و ضریب تبـدیل غـذایی در تیمـار ۳ درصد نسبت به تیمارهـای ۰ ، ۱، ٤ و ۵ درصـد اخـتلاف کمتری داشت (Li-Xia Tian et al., 2015). در یک تحقیـق از پودر جلبـک گراسـیلاریا (*Gracilaria* spp.) بـه‌عنـوان مکمل در رژیم غذایی میگـوی مونـودون اسـتفاده کردنـد. تحقیقات زیادی در زمینه ماکروجلبک‌ها انجام شده که همه این تحقیقات نشان‌دهندهٔ مفید بودن ماکروجلبک‌هـا اسـت (Birggs & Funge-Smith, 1996).

با توجه به اثرهای مثبت ماکروجلبـک‌هـا، هـدف ایـن تحقیق بررسی تأثیر استفاده از سطوح مختلف ماکروجلبک دریایی گراسیلاریا (*G. pygmaea*) بومی خلـیج‌فـارس بـر شاخص‌های رشد، قابلیت هضم و پایداری غذا در میگوی وانامی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

شرایط انجام آزمایش

ایـن آزمـایش در تابسـتان ۱۳۹٤، در پژوهشـکده میگـوی کشـور- بوشـهر انجـام شـد. در ایـن آزمـایش تعـداد ۱۲ آکواریوم ۱۵۰ لیتری استفاده شد. بچه میگوها از استخرهای پرورش میگوی دلوار- بوشهر به‌وسیله تـور پرتـابی صـید شده و با تانک فایبرگلاس مجهز به هواده به محـل انجـام آزمایش منتقل و در تانک‌های ۳۰۰ لیتری توزیع و به‌منظور سازگاری با شرایط محیطی بـه‌مـدت ۲ هفتـه نگهـداری و تغذیه شدند. پس از پایـان دوره سـازگاری، میگوهـای بـا میانگین وزن اولیهٔ ۰/۷ ± ٦/۵ گرم بین آکواریوم‌ها تقسـیم شدند. آب مورد استفاده از دریا تأمین می‌شد کـه در ابتـدا به تانک‌های بتونی رسوب‌گیـر (۱۰۰ متـر مکعـب) پمـپ می‌شد؛ پس از ترسیب مواد معلق از فیلتر شـنی عبـور داده شده و پیش از توزیع بین تانک‌های پرورشی در تانک ۳۰۰ لیتری ذخیره می‌شد. روزانه ۲۵ درصد آب آکواریـوم‌هـا از طریق سیفون کردن برای برداشت مدفوع و مواد باقیمانـده تعویض می‌شد. همچنین هوادهی از طریق هواده مرکزی و سنگ‌هوا تأمین می‌شد. آزمایش در یک سالن سرپوشیده با دوره نـوری ۱۲ سـاعت روشـنایی و ۱۲ سـاعت تـاریکی بـه‌مـدت ٤۰ روز انجـام شـد. در دو هفتـه اول آزمـایش غذادهی به میـزان ۳ درصـد وزن بـدن و ۳ بـار در روز و سپس میگوها تا حد سیری غذادهی شدند. دفعات غذادهی روزانه ۳ وعده و در ساعت‌های ۸ ، ۱٦ و ۲٤ انجـام شـد. اندازه‌گیری عوامل کیفـی آب، همچـون دمـا (بـا دماسـنج

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-17]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1396.6.3.7.3]

جیوه‌ای)، شوری (با دستگاه شوری‌سنج چشمی)، و اکسیژن محلول (با اکسیژن‌متر)، هر روز در ساعت‌های ١٠ تا ١١و pH (با دستگاه pH متر) به‌صورت هفتگی انجام گرفت. میزان شوری، درجه حرارت، pH و اکسیژن محلول در طول دوره آزمایش به‌ترتیب در حد ppt ٤٤-٤٢، ٣٠-٢٨°C، ٧/٩-٧ و اکسیژن بیشتر از ٥/٧ میلی‌گرم در لیتر حفظ شد.

جمع‌آوری جلبک مورد استفاده

جلبک قرمز گراسیلاریا (*G. pygmaea*) طی فصول دی و بهمن از سواحل خلیج‌فارس (بوشهر و گناوه) جمع‌آوری شد. پس از شناسایی گونه (Rohani-Ghadikolaei et al., 2011)، این گونه ماکروجلبک، برای انجام آزمایش انتخاب گردید. ابتدا جلبک جمع‌آوری شده را شسته و سپس به‌مدت دو روز در سایه نگهداری شد. پس از خشک‌شدن نمونه‌ها، جلبک با استفاده از آسیاب‌برقی آسیاب و سپس پودر به‌دست آمده برای ساخت جیره‌های مورد نظر استفاده شد. میزان پروتئین و چربی‌خام نمونه‌های جلبکی در آزمایشگاه کارخانه شرکت هوروراش اندازه‌گیری و از آنها به‌عنوان مکمل در جیره غذایی میگوی پا سفید غربی استفاده شد.

نحوهٔ تهیهٔ غذای میگو

از نرم‌افزار لیندور (Copy right 1999, release 6.1, USA) برای فرمولاسیون جیره آزمایشی حاوی سطوح مختلف ماکروجلبک گراسیلاریا استفاده شد. سه جیره حاوی سطوح مختلف ٥ (GL5)، ١٠ (GL10) و ١٥ (GL15) درصد ماکروجلبک گراسیلاریا (*G. pygmaea*) از سواحل خلیج‌فارس جمع‌آوری و یک جیره شاهد (بدون جلبک) تهیه شد. برای ساخت جیره‌ها اجزای غذایی نظیر پودرماهی و پودر اسکویید ابتدا آسیاب شده و با الک ٠/٥ میلی‌متری غربال شدند. سپس تمامی مواد اولیه توزین شدند و برای ساخت جیره‌ها، ابتدا مواد خشک اولیه به‌مدت ٣٠ دقیقه درون مخلوط‌کن کاملاً همزده شد تا مخلوطی همگن تهیه شود. مواد اولیه مایع و به مقدار لازم آب گرم نیز اضافه گردید تا حالت خمیری پیدا کند. سپس از چرخ‌گوشت با قطر چشمه ٢ میلی‌متری عبور داده شد و رشته‌های خارج شده بر روی سینی‌های توری فلزی در خشک‌کن با دمای ٥٥ درجه‌سانتی‌گراد به‌مدت ١٢ ساعت خشک شدند. در نهایت رشته‌ها با قیچی به‌صورت پلت درآورده و پس از بسته‌بندی در کیسه‌های نایلونی در فریزر نگهداری شد.

آنالیز شیمیایی جلبک‌ها و جیرهٔ غذایی میگو

در این آزمایش میزان ترکیبات شیمیایی مثل پروتئین، چربی، رطوبت و خاکستر گونه جلبکی گراسیلاریا جمع‌آوری شده از سواحل خلیج‌فارس در آزمایشگاه کارخانه هوروراش و همچنین جیره‌های غذایی ساخته شده در آزمایشگاه دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران آنالیز شد. تمامی آنالیزهای بیوشیمیایی تقریبی لاشه اولیه و نهایی، اجزای غذایی و جیره‌های غذایی بر طبق روش کار استاندارد AOAC (1997) انجام پذیرفت. برای محاسبه میزان رطوبت لاشه، نمونه‌ها در آون (UFB400, Germany) با دمای ١٠٥ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٢٤ ساعت تا رسیدن به وزن ثابت خشک شدند. خاکستر با سوزاندن نمونه‌های لاشه به‌مدت ٩ ساعت در کوره با دمای ٥٥٠ درجه سانتی‌گراد تعیین گردید. پروتئین خام (نیتروژن کل × ٦/٢٥) با استفاده از دستگاه کجلدال خودکار و چربی خام با روش سوکسله (Soxtec 2050, Foss, Sweden) و با استفاده از حلال کلروفورم و متانول اندازه‌گیری شد.

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-17]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1396.6.3.7.3]

جدول ۱ آنالیز ترکیبات شیمیایی (درصد) ماکروجلبک گراسیلاریا استفاده شده در جیره‌های میگوی وانامی

پروتئین خام	چربی	فیبر	خاکستر
۱۶/۶۸±۱/۲	۰/۸±۰/۱	۱/٤±۰/۳	۳۰/۵±۲/٤

جدول ۲ ترکیبات اولیه جیره‌های آزمایشی برای تغذیه میگوهای وانامی (برحسب درصد).

	ترکیبات جیره تیمارهای آزمایشی			
	شاهد	GL5	GL10	GL15
پودرماهی[۱]	٤۲/٦۳	٤۲/۱	٤۱/۵٦	٤۰/۵۹
پودر اسکوییید[۲]	۵	۵	۵	۵
پودر گندم[۳]	۳۸/۹٦	۳٤/۵۷	۳۰/۱۸	۲٦/۱۸
گراسیلاریا	۰	۵	۱۰	۱۵
روغن ماهی[٤]	۰/٦	۰/٦	۰/۵۲	۰/۵
روغن سویا[۵]	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
لسیتین[٦]	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
کلسترول[۷]	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲
دی کلسیم فسفات[۸]	۱	۱	۱	۱
مکمل معدنی[۹]	۱/۷۵	۱/۷۵	۱/۷۵	۱/۷۵
مکمل ویتامینی[۱۰]	۱/۷۵	۱/۷۵	۱/۷۵	۱/۷۵
بایندر[۱۱]	٤	٤	٤	٤
آنتی‌اکسیدان[۱۲]	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
گلوتن گندم[۱۳]	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
	ترکیبات شیمیایی جیره (درصد) *			
پروتئین خام	۳۵/۳	۳۵/۷	۳٦/۸	۳۵/۳
چربی خام	۸/۷	۸/۸	۸/۹	۸/۹
خاکستر	۲۱/۱۳	۲۱/۲۵	۲۱/۰۷	۲۰/۰۵
رطوبت	۷/۱	٦/۷	٦/۸	۷/۳

۱- پودرماهی= کارخانه دراج بنیان بوشهر، ۲- پودر اسکوییید= کارخانه غذای آبزیان هوروراش بوشهر، ۳- پودرگندم= کارخانه دراج بنیان بوشهر، ٤- روغن‌ماهی= کارخانه هوروراش، ۵- روغن سویا= کارخانه دراج بنیان بوشهر، ٦- لستین= کارخانه دراج بنیان بوشهر، ۷- کلسترول= کارخانه دراج بنیان بوشهر، ۸- دی‌کلسیم فسفات= کارخانه دراج بنیان بوشهر، ۹ و ۱۰- مواد معدنی و ویتامینی= کارخانه هوروراش، ۱۱- بایندر= کارخانه دراج بنیان بوشهر، ۱۲- آنتی‌اکسیدان= کارخانه هوروراش، ۱۳- گلوتن گندم= کارخانه دراج بنیان بوشهر.

*آنالیز تقریبی جیره‌های استفاده شده برای تغذیه میگوی وانامی (درصد).

گراسیلاریا ۵ درصد (GL5)، گراسیلاریا ۱۰ درصد (GL10)، گراسیلاریا ۱۵ درصد (GL15).

آزمایش پایداری غذا در آب

برای تعیین میزان پایداری جیره‌ها از تعدادی سبد توری استفاده شد. سبدهای مذکور، حاوی پنج‌گرم غذا پیش از قرارگیری در آب به‌منظور تعیین میزان ماده خشک (وزن خشک اولیه) در دمای ۱۰۰°C به‌مدت ۳ ساعت خشک شدند. در هر آزمون برای سنجش پایداری غذا، تعداد چهار

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-17]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1396.6.3.7.3]

عدد از سبدها که هر کدام حاوی ۵ گرم غذا و هر یک حاوی یک نوع از غذاها بودند، به‌طور هم‌زمان و به‌آرامی در یک آکواریوم حاوی ۵۰ لیتر آب با شوری ٤٤ قسمت در هزار و یک عدد سنگ‌هوا (برای ایجاد تلاطم در آب) قرار داده شدند. به این ترتیب شرایط آکواریوم حاوی سبدهای توری فلزی با شرایط مخزن پرورش میگو تا حدامکان یکسان بود. این آزمایش برای زمان‌های ۲، ٤ و ۸ ساعت غوطه‌وری در آب تکرار گردید که به این ترتیب میزان پایداری هر نوع جیره با سه تکرار و براساس رابطه زیر محاسبه شد (Cheng et al., 2000):

(۱) ۱۰۰× (وزن خشک اولیه/وزن خشک نهایی غذا پس از آبشویی) = درصد پایداری غذا

اندازه‌گیری شاخص‌های رشد

برای بررسی رشد میگوها و مقایسه بین تیمارها، از شاخص‌هایی همچون درصد بقا، درصد افزایش وزن، ضریب تبدیل غذایی، ضریب رشد ویژه و نرخ بازده پروتئین با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه گردید:

(۲) (Abedian, 2007) میانگین وزن اولیه (گرم) – میانگین وزن ثانویه (گرم) = (WG) افزایش وزن بدن (گرم)

(۳) افزایش وزن بدن (گرم) / مقدار غذای خورده شده (گرم) = (FCR) ضریب تبدیل غذایی

(٤) ۱۰۰ × میانگین وزن اولیه(گرم)/میانگین وزن اولیه(گرم) – میانگین وزن ثانویه(گرم) = (WG٪) درصد افزایش وزن (Misra, 2006) بدن

(۵) {روزهای پرورش/ (لگاریتم طبیعی میانگین وزن اولیه– لگاریتم طبیعی میانگین وزن نهایی)}× ۱۰۰= (SGR٪) ضریب رشد ویژه

(٦) ۱۰۰ × پروتئین مصرفی(گرم) /وزن تر تولید شده(گرم) = (PER٪) نرخ بازده پروتئین

(۷) (Abedian, 2007) (تعداد میگوهای انتهای دوره/تعداد میگوهای ابتدای دوره)×۱۰۰= درصد بقا

سنجش قابلیت هضم ظاهری

به‌منظور اندازه‌گیری قابلیت هضم، مدفوع میگوها طی یک دوره ۱۰ روزه (پایان دوره) جمع‌آوری شد. به‌منظور افزایش دقت کار، در این مدت، ۲ ساعت پس از هر وعده غذایی غذاهای خورده نشده سیفون و مدفوع میگوها جمع‌آوری گردید. برای این‌کار ابتدا با استفاده از سیفون کردن، سعی شد مدفوع از آکواریوم‌های پرورشی جمع شود که به‌دلیل حضور باقیمانده غذا در کف تانک، مقداری غذا نیز به همراه مدفوع سیفون شد. سپس به‌دلیل سنگینی غذا نسبت به مدفوع و با استفاده از شناوری، به‌راحتی مدفوع از غذا جداسازی شد. نمونه‌های مدفوع از هر تکرار جمع‌آوری گردید تا میزان کافی از آن برای سنجش قابلیت هضم مواد وجود داشته باشد. سپس با استفاده از سانتریفیوژ (g ۱۵۰۰) به‌مدت ۲۰ دقیقه در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد و جداسازی آب، توزین و تا زمان سنجش در دمای ۲۰– درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید. میزان قابلیت هضم ظاهری براساس معادله زیر انجام گرفت Maynard, (Loosli & 1969):

(۸) ۱۰۰×(ماده مغذی خورده شده/(ماده مغذی دفع شده– ماده مغذی خورده شده) = قابلیت هضم ظاهری (درصد)

تجزیه و تحلیل آماری نتایج

تجزیه و تحلیل آماری نتایج با استفاده از نرم‌افزار 16 SPSS انجام شد. پیش از تجزیه و تحلیل، طبیعی بودن داده‌ها با استفاده از آزمون Kolmogorov-Smironov ارزیابی شد. برای مقایسه کلی داده‌ها از روش آنالیز واریانس یک طرفه One-way-ANOVA و برای مقایسهٔ میانگین‌ها از آزمون آماری Duncan در سطح اعتماد ۹۵

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-17]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1396.6.3.7.3]

درصد استفاده شد. برای رسم نمودارها نیز از برنامه Excel 2007 استفاده شد.

نتایج

درصد پایداری غذا در آب

جدول ۳ مقایسه جیره‌های مورد آزمایش از لحاظ پایداری در آب، پس از ۲، ٤ و ۸ ساعت آبشویی را نشان می‌دهد. آنالیز آماری نتایج نشان داد در زمان ۲ ساعت پس از آبشویی اختلاف معناداری در تمامی جیره‌ها وجود دارد (p<۰/۰۵). در بین جیره‌های مکمل شده با ماکروجلبک گراسیلاریا (*G.pygmaea*) تیمار GL15 بالاترین پایداری غذا در آب را نشان داد. میزان پایداری جیره‌های مختلف در آب بین تیمارهای چهار ساعت آبشویی اختلاف معناداری نشان داد (p<۰/۰۵). بالاترین پایداری غذا در آب در بین جیره‌های حاوی گراسیلاریا در تیمار GL15 مشاهده گردید. در بین تیمارهای هشت ساعت آبشویی اختلاف معناداری مشاهده نشد (p>۰/۰۵).

جدول ۳ مقایسه درصد پایداری غذاهای حاوی سطوح مختلف ماکروجلبک گراسیلاریا (*G. pygmaea*) در تیمارهای مختلف در یک زمان

جیره‌های مختلف	زمان		
	دو ساعت	چهار ساعت	هشت ساعت
شاهد	۹٦/۵۳±۰/۵□	۷۹/۲٦±۰/۲۳□	۵۹/۸٦±۱/۰۲
GL5	۹۸/٤±۰/٤□	۸۰/۵۳±۰/۵ □	٦۲/٤±٤/۰۸
GL10	۹۹ ±۰/۲□	۸۱/۲±۰/۲□	٦٤/۲٦±۰/۳
GL15	۹۹/۸٦±۰/۲۳□	۸۵/۳۳±۰/۱۱□	٦۵/۷۳±۲/۸۳

*حروف یکسان در هر ستون نشان‌دهندهٔ نبود تفاوت معنادار بین تیمارها است.

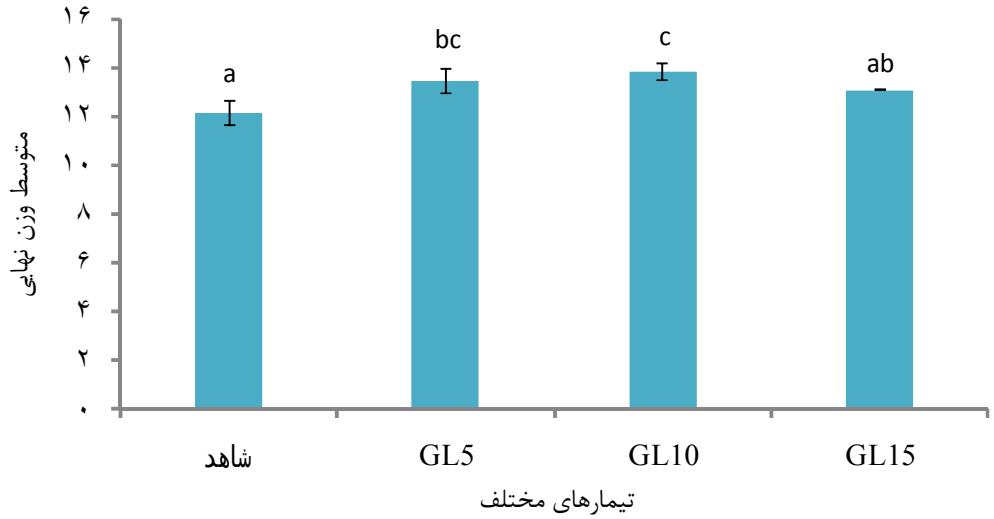
گراسیلاریا ۵ درصد (GL5)، گراسیلاریا ۱۰ درصد (GL10)، گراسیلاریا ۱۵ درصد (GL15).

شاخص‌های رشد

متوسط وزن نهایی میگوهای تغذیه شده با تیمارهای مختلف، اختلاف معناداری نشان داد (p<۰/۰۵). بالاترین متوسط وزن نهایی نسبت به تیمار شاهد در میگوهای تغذیه شده با تیمار GL10 و GL5 مشاهده شد (p>۰/۰۵) (شکل ۱). جدول ٤ نتایج عملکرد رشد و تغذیه‌ای میگوی وانامی تغذیه شده با سطوح مختلف ماکروجلبک گراسیلاریا (*G. pygmaea*) را نشان می‌دهد. آنالیز آماری نتایج نشان داد ضریب تبدیل غذایی بین گروه‌های مختلف دارای اختلاف معناداری است (p<۰/۰۵). در بین جیره‌های مکمل شده با گراسیلاریا کمترین ضریب تبدیل غذایی در تیمار GL10 مشاهده شد. در شاخص ضریب رشد ویژه بین گروه‌های مختلف آزمایشی اختلاف معناداری مشاهده شد (p<۰/۰۵). ضریب رشد ویژه در تیمار شاهد نسبت به همه تیمارها کمتر بود. در بین جیره‌های مکمل شده با گراسیلاریا بالاترین ضریب رشد ویژه نسبت به تیمار شاهد در تیمار GL10 مشاهده شد. درصد افزایش وزن بدن و نرخ رشد روزانه بین گروه‌های مختلف آزمایشی نیز اختلاف معناداری نشان دادند (p<۰/۰۵). در بین جیره‌های مکمل شده با گراسیلاریا بالاترین درصد افزایش وزن بدن و نرخ رشد روزانه در تیمار GL10 مشاهده شد. همچنین شاخص‌های ضریب چاقی و نرخ بازدهٔ پروتئین بین تیمارهای مختلف آزمایشی اختلاف معناداری نداشتند (p>۰/۰۵). میزان بازماندگی در تمامی تیمارها ۱۰۰ درصد بود.

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-17]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1396.6.3.7.3]



شکل ١ نمودار میانگین وزن نهایی میگوی وانامی تغذیه شده با سطوح مختلف ماکروجلبک گراسیلاریا (*G. pygmaea*)

*حروف یکسان در هر ستون نمودار نشان‌دهندهٔ نبود تفاوت معنادار بین تیمارها است.

گراسیلاریا ٥ درصد (GL5)، گراسیلاریا ١٠ درصد (GL10)، گراسیلاریا ١٥ درصد (GL15).

جدول ٤ شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای میگوی وانامی تغذیه شده با سطوح مختلف ماکروجلبک گراسیلاریا (*G. pygmaea*)

تیمار	ضریب تبدیل غذایی	ضریب رشد ویژه (درصد بر روز)	افزایش وزن بدن (درصد)	نرخ رشد روزانه	ضریب چاقی	نرخ بازده پروتئین	بازماندگی (درصد)
شاهد	١/١٤±٠/٠٤	١/٣±٠/٠٦	٦٨/٠٧±٤/٣	١/٧±٠/١	٠/٩٣±٠/٠٩	١/١١±٠/٠٨	١٠٠
GL5	١/٠٣±٠/٠٤	١/٤٩±٠/٠٨	٨١/٧٩±٦	٢/١٣±٠/٠٧	٠/٩٥±٠/٠٥	١/٣٥±٠/١	١٠٠
GL10	١±٠/٠٢	١/٦±٠/٠٧	٨٩/٥٩±٤/٩٨	٢/٢١±٠/١٦	١/٠٨±٠/٠٩	١/٤١±٠/٠٨	١٠٠
GL15	١/٠٦±٠/٠٨	١/٤٨±٠/١٥	٨١/٦٢±١٠/٩٨	٢/١٢±٠/٣٣	٠/٩١±٠/٠٥	١/٣٣±٠/٢	١٠٠

*حروف یکسان در هر ستون نشان‌دهندهٔ نبود تفاوت معنادار بین تیمارها است.

گراسیلاریا ٥ درصد (GL5)، گراسیلاریا ١٠ درصد (GL10)، گراسیلاریا ١٥ درصد (GL15).

قابلیت هضم مواد مغذی

جدول ٥ قابلیت هضم پروتئین و چربی در میگوهای تغذیه شده با جیره آزمایشی حاوی سطوح مختلف ماکروجلبک گراسیلاریا را نشان می‌دهد. قابلیت هضم پروتئین خام در بین تیمارها اختلاف معناداری نشان داد ($p<0/05$). قابلیت هضم پروتئین خام جیره GL5 نسبت به سایر تیمارها کمتر بود و در دو سطح ١٠ و ١٥ درصد گراسیلاریا (*G.pygmaea*) نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. قابلیت هضم چربی‌خام نیز در بین تیمارهای مختلف اختلاف معناداری نشان داد ($p<0/05$) و میزان قابلیت هضم چربی در تیمار GL15 و شاهد نسبت به سایر تیمارها بالاتر بود. شاخص‌های پروتئین و چربی هضمی در بین تیمارها

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-17]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1396.6.3.7.3]

اختلاف معناداری نشان دادند ($p<0/05$). در بین جیره‌های مکمل شده با گراسیلاریا بالاترین میزان پروتئین و چربی هضمی در تیمار GL10 مشاهده شد.

جدول ۵ درصد هضمی و قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی در میگوی وانامی تغذیه شده با جیره‌های حاوی سطوح مختلف ماکروجلبک گراسیلاریا (*G. pygmaea*)

تیمار	قابلیت هضم پروتئین خام[1]	قابلیت هضم لیپید خام[2]	پروتئین هضمی[3] (درصد)	چربی هضمی[4] (درصد)
شاهد	۷۲/۵۳±۱/۱۸^{b}	۹٤/۸۷±۰/٦۹	۲۵/٦۲±۰/٤۱^{b}	۸/۲۵±۰/۰٦^{bc}
GL5	٦٤/۹۹±۲/۳۹^{a}	۹۱/۲۵±۰/۹۱	۲۳/۲۳±۰/۸۵^{a}	۸/۰۳±۰/۰۸
GL10	۷٤/۹۹±۲/۳٦^{bc}	۹۳/٤۸±۰/۵۱	۲۷/۵۹±۰/۸۷^{d}	۸/۳۲±۰/۰٤^{c}
GL15	۷٦/۹٦±۲/۹۷^{c}	۹۱/۹±۰/۷	۲۷/۱٦±۱/۰۵^{cd}	۸/۱۸±۰/۰٦

* حروف یکسان در هر ستون نشان‌دهندهٔ نبود تفاوت معنادار بین تیمارها است.

۱ و۲: ۱۰۰× (ماده مغذی خورده شده/(ماده مغذی دفع شده–ماده مغذی خورده شده) = درصد قابلیت هضم ظاهری

۳و ٤: ماده مغذی جیره × قابلیت هضم ظاهری ماده مغذی (کربوهیدرات، پروتئین و لیپید) = درصد ماده مغذی هضمی

گراسیلاریا ۵ درصد (GL5)، گراسیلاریا ۱۰ درصد (GL10)، گراسیلاریا ۱۵ درصد (GL15).

بحث

آبزی‌پروری در امنیت غذایی و کاهش فقر جهانی نقش مهمی ایفا کرده (FAO, 2009) اما تأمین غذایی با کیفیت خوب، پایدار و قیمت مناسب، به یکی از مشکلات اساسی و مهم در رونق و گسترش این صنعت تبدیل شده است (Caballero et al., 2002). در سال‌های اخیر تحقیقات زیادی در زمینه استفاده ازگونه‌های مختلف جلبکی در زمینه تغذیه آبزیان انجام شده است.

به‌دلیل بسیاری از اثرهای مفید، ماکرو و میکروجلبک‌ها به‌عنوان یک منبع پروتئین در رژیم غذایی برای گونه‌های مختلف آبزیان پرورشی استفاده شده‌اند (Nakagawa et al., 1997; Watanabe et al., 1990)پژوهشگران مختلف نشان دادند که ویتامین، موادمعدنی و ترکیبات فعال‌زیستی در جلبک‌ها به وفور یافت می‌شوند و بازده ماهی را در جذب و متابولیسم چربی بهبود می‌بخشند (Nakagawa et al., 1987; Mustafa et al., 1995; Appler, 1985). یکی از مفیدترین انواع جلبک‌های دریایی قرمز در جهان، گونه‌های جلبکی جنس *Gracilaria* می‌باشند که در جیره غذایی ماهی و سایر آبزیان از آن استفاده شده است. علاوه بر این، گونه‌های جلبکی به‌عنوان دارو (Wen et al., 2006) و در تهیهٔ آگار با کیفیت بالا هم استفاده می‌شوند (Praiboon et al., 2006). همچنین این گروه از جلبک‌ها برای مصارف غذایی انسان هم استفاده می‌شوند (Fitton, 2006). مطالعات نشان داده است که ترکیبات فعال زیستی و یا ترکیبات ضدویروسی، قارچی و باکتریایی در این گونه جلبک وجود دارد (Banzemir et al., 2006).استفاده از ماکروجلبک‌ها در غذای فرموله شده آبزیان کیفیت پلت را بهبود می‌بخشد (آبدوست بودن، ظرفیت نگهداری آب در بافت غذا)، در نتیجه میزان غذای دریافتی افزایش پیدا کرده و تأثیر غذا هم بیشتر می‌شود (Neighbors et al., 1991). برای مثال Briggs و Funge-Smith (۱۹۹٦) تأثیر استفاده از پودر جلبک قرمز *Gracilaria* sp با سطوح مختلف (۳۰–۰ درصد) در خوشخوراک بودن جیره غذایی میگو را بررسی کردند. قوام غذا در جیره‌هایی با سطح جایگزینی بالای ۱۰ درصد (پس از ۱۲ ساعت)، در مقایسه با جیره شاهد که بدون جلبک بود، اختلاف معناداری داشتند. در مطالعه‌ای دیگر جیره‌های

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-17]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1396.6.3.7.3]

غـذایی حـاوی ۱۵-۰ درصـد پـودر *Gracilaria* sp. در آب پس از ۱۲ ساعت بیش از ۸۸ درصد اسـت (Briggs et al., 1996).

در تولید غذای آبزیان پایـداری خـوراک بـه حـداقل رساندن شسته شدن (هدرروی) موادمغذی و فروپاشی جیره امری بسیار مهم است. با توجـه بـه رفتـار تغذیـه‌ای خـاص سخت‌پوستان که به آهستگی و با دستکاری کـردن غـذا (بـا زوائده دهانی) تغذیه می‌کنند، اهمیت بیشتری دارد. ترکیبـات همبند طبیعی متعددی با هدف افزایش پایـداری پلـت‌هـا در آب و جلوگیری از هدر رفتن مواد مغذی استفاده شده است. پلی‌ساکاریدها مانند نشاسته، سلولز، پکتین و غیـره ترکیبـات غیرسمی در دسترسی هستند که می‌تواننـد بـه‌عنـوان همبنـد استفاده شوند. به‌طورکلی کیفیت فیزیکی پلـت‌هـای غـذایی میگو به‌ویژه پایداری آنها در آب توسط ویژگی‌های فیزیکـی اجزای تشکیل‌دهنده مخلـوط غـذایی، همچنـین روش‌هـا و فراینـدهایی کـه بـر روی آنهـا اعمـال مـی‌شـود، مشـخص می‌گردد. همبندها ترکیباتی هستند که به‌منظور بهبود پایداری خوراک، به حداقل رسـاندن ضـایعات، کـاهش فروپاشـی و هدر رفتن مواد مغـذی و در نتیجـه افـزایش بـازدهی جیـره آبزیان استفاده می شوند (Storebakan, 1985).

وقتی میگو از خوراک فرموله شده تغذیه می‌کند، تلـف شدن بخشی از غذا بدیهی است. ایـن عمـل زمـانی اتفـاق می‌افتد که میگو به‌وسیله دو چنگک خود دانه‌های غذا را به سمت دهان خود هدایت کند. به‌دلیـل پـایین بـودن زمـان پایداری در آب، غذا متلاشی شده و بخش اعظم آن از بین می‌رود. غذای مصرف نشده در واقع ضایعات غذایی است که بر روی شرایط پرورش در اسـتخر تـأثیرگـذار بـوده و ممکن است به‌شدت زیان‌آور باشد. قوام و استحکام غذا در آب عامل مهمی در پرورش میگو بـه‌شـمار مـی‌رود (Fast, 1992; Lester and 1992). آنالیز آماری نتایج نشان داد در زمـان ۲ ساعت پس از آبشویی اختلاف معناداری در بین تیمارها وجود دارد، در بـین تیمارهـای ۲ سـاعت آبشـویی، تیمـار GL15 بیشترین پایداری در آب را داشت. میـزان پایـداری جیره‌های مختلف در زمان چهار ساعت، اختلاف معناداری نشان داد. برای مثال Briggs و Funge-Smith (۱۹۹٦) تأثیر استفاده از پودر جلبـک قرمـز *Gracilaria* sp. بـا سـطوح مختلف (۳۰-۰ درصد) در خوشخوراک بودن جیره غذایی میگو را بررسی کردند. قوام غذا در جیـره‌هـایی بـا سـطح جایگزینی بالای ۱۰ درصد (پس از ۱۲ ساعت)، در مقایسه با جیره شاهد که بـدون جلبـک بـود، اخـتلاف معنـاداری داشتند. در مطالعه‌ای دیگر جیره‌های غـذایی حـاوی ۱۵-۰ درصد پودر *Gracilaria* sp در آب پس از ۱۲ ساعت بیش از ۸۸ درصد است (Briggs et al., 1996).

Penflorida (۱۹۹٦) در فیلیپـین از پـودر جلبـک‌هـای دریـــایی *Kappaphycus alvarezii* و *Gracilaria heteroclada* بـه‌عنـوان همبنـد در رژیـم غـذایی میگـوی مونودون استفاده کرد. از آنجایی‌که میگوها آهسته و پیوسته تغذیه می‌کنند، به جیره‌های غذایی پایدار در آب نیاز دارند. در این آزمایش از نسبت‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ درصـد اسـتفاده شد که رژیم‌های غذایی با ۱۰ درصد گراسـیلاریا بـالاترین پایداری در آب پس از چهار ساعت را داشتند. اسـتفاده از پودر جلبک‌های دریـایی بـه‌عنـوان همبنـد در جیـره‌هـای غـذایی، ضـایعات غـذای میگـو را بـه حـداقل رسـاند (Penaflorida et al., 1996).پژوهشـگران مختلـف نشـان دادند که وجود ویتامین، موادمعدنی و ترکیبات فعال‌زیستی در جلبک‌ها موجـب افـزایش جـذب و بهبـود متابولیسـم چربی و قوام پلت‌های غذایی می‌شوند (Nakagawa et al., 1987; Mustafa et al., 1995; Appler, 1985).

همبندها به‌عنـوان پرکننـده فضـای خـالی بـین مخلـوط اجزای سازنده غذا عمل می‌کنند و بنـابراین باعـث تـراکم و دوام بیشتر پلت‌های غـذایی درون آب مـی‌شـوند. همچنـین بعضی از همبنـدها خاصـیت چسـبندگی داشـته و در واقـع

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-17]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1396.6.3.7.3]

ذرات غذایی مختلف را به‌هم می‌چسبانند و موجب دوام و پایداری پلت‌ها می‌شوند. علاوه بر این، خیلی از همبندها پس از تحمل حرارت، رطوبت و فشار در طول فرایند ساخت پلت، باعث یکسری فعل و انفعالات شیمیایی شده که موجب تغییر ساختار و طبیعت مخلوط غذایی و در نهایت افزایش دوام پلت می‌شوند (Storebakan, 1985). ماکروجلبک‌ها در جیره نقش همبند را ایفا می‌کنند. Cruz_Suarez و همکاران (۲۰۰۰)، از جلبک *Macrocystis pyrifera* به‌عنوان همبند در رژیم غذایی میگوی وانامی استفاده کردند و به نتایج قابل‌قبولی دست یافتند. ماکروجلبک‌ها دارای ترکیبات کربوهیدراتی هستند. کربوهیدرات‌ها با دارا بودن ساختار ماکرومولکولی خاص که با حضور چندین گروه‌های عاملی قطبی ایجاد شده است، قادر به حفظ مقدار قابل‌توجهی آب و یا مایعات بیولوژیکی و در نتیجه تشکیل هیدروژل می‌باشند (Marinho-Soriano et al., 2007). این ساختار از طریق پدیده‌های شیمیایی یا فیزیکی مانند تشکیل ژل، فرایند واگشتگی، تغییرات pH و ایجاد پیوندهای جدید در برابر آب مقاومت می‌کند (Farris et al, 2009). نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان داد که استفاده از هر سطح ۱۵ درصد ماکروجلبک گراسیلاریا در پایداری پلت‌های غذایی تأثیر مثبتی نسبت به تیمار شاهد بدون ماکروجلبک دارد و بالاترین میزان پایداری غذا در آب در جیره‌های مکمل شده با گراسیلاریا (*G. pygmaea*) در تیمار GL15 مشاهده شد.

در تحقیق حاضر متوسط وزن نهایی میگوهای تغذیه شده با تیمارهای مختلف اختلاف معناداری نشان داد. آنالیز آماری نتایج نشان داد ضریب تبدیل غذایی بین گروه‌های مختلف دارای اختلاف معناداری است. در بین جیره‌های مکمل شده با گراسیلاریا، کمترین ضریب تبدیل غذایی در تیمار GL10 مشاهده شد. شاخص ضریب رشد ویژه نیز بین گروه‌های مختلف آزمایشی اختلاف معناداری نشان داد و ضریب رشد ویژه در تیمار شاهد نسبت به همه تیمارها کمتر بود. در بین جیره‌های مکمل شده با گراسیلاریا، بالاترین ضریب رشد ویژه در تیمار GL10 و کمترین ضریب رشد ویژه در تیمارGL15 مشاهده شد. این اثر منفی ممکن است به‌دلیل استفاده از سطوح بالای پودر ماکروجلبک‌ها در جیره غذایی باشد که باعث افزایش میزان فیبر، افزایش خاکستر، کاهش محتوای پروتئین می‌شود (Rivera et al., 2002). درصد افزایش وزن بدن و نرخ رشد روزانه بین گروه‌های مختلف آزمایشی نیز اختلاف معناداری نشان دادند. همچنین شاخص‌های ضریب چاقی و نرخ بازدهٔ پروتئین بین تیمارهای مختلف آزمایشی اختلاف معناداری نداشتند. از مکانیسم‌های مثبت ماکروجلبک‌ها بر روی رشد وجود ترکیباتی نظیر اسیدهای‌آمینه و اسیدهای چرب ضروری است که در رشد و عملکردهای حیاتی میگو نقش مهمی دارند (Sakata and Ina, 1985; Sakata et al., 1991). در تحقیقی مشابه، Birggs و Funge-Smith (۱۹۹۶) از پودر جلبک گراسیلاریا به‌عنوان مکمل در جیره غذایی میگوی مونودون استفاده کردند. این آزمایش در طول ٦٠ روز انجام شد و تغییرات معناداری بر شاخص‌های SGR و FCR و بازماندگی آنها نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد.

Li-Xia Tian و همکاران (۲۰۱۵) در یک تحقیق از سطوح مختلف گونه جلبکی *Gracilaria lemaneiformis*، در جیره غذایی میگوی وانامی استفاده کردند که بین سطوح مختلف جلبکی اختلاف معناداری مشاهده شد و FCR در تیمار ۳ درصد نسبت به تیمارهای ۰ ، ۱، ٤ و ٥ جلبک کمتر بود. در این بررسی، از سطوح مختلف گونه جلبکی *Gracilaria lemaneiformis* در جیره غذایی میگوی وانامی استفاده شد. نتایج این بررسی نشان داد

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-17]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1396.6.3.7.3]

میانگین وزن نهایی در میگوهای تغذیه شده با ۲ و ۳ درصد *Gracilaria lemaneiformis* نسبت به سایر تیمارها بالاتر است (Li-Xia Tian et al., 2015). جلبک یک منبع پروتئین باکیفیت است (Becker, 2007). بررسی‌ها نشان می‌دهد استفاده از سطوح مناسب *Gracilaria lemaneiformis* به‌عنوان مکمل در جیره غذایی باعث افزایش عملکرد رشد در میگو می‌شود. از طرفی تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد استفاده بیش از اندازه از جلبک *G. lemaneiformis* به‌عنوان مکمل در جیره غذایی می‌تواند باعث کاهش عملکرد رشد شود (Appler, 1985; Neighbors and Horn, 1991; Soler-Vila, et al., 2006). گیاهان پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای متعددی دارند که وقتی این ترکیبات با آب یا موادمعدنی برخورد می‌کنند، باعث تغییر کاتیون‌ها و جذب ترکیبات حاوی آرژنیک می‌شوند (Brinker, 2009). این پلی‌ساکاریدها، معمولاً گاهی به‌طورطبیعی خاصیت چسبندگی دارند که همین اثر ممکن است یکی از دلایل خاصیت اثر ضدمغذی جلبک‌ها باشد؛ زیرا استفاده از سطوح بالاتر جلبک موجب کاهش قابلیت هضم پروتئین و چربی می‌شود (Francis et al. 2001). ترکیبات شیمیایی جلبک‌ها در گونه‌های متفاوت با توجه به وضعیت فیزیولوژیک و شرایط محیطی متفاوت است. به‌طورکلی ماکروجلبک‌ها غنی از ترکیبات پلی‌ساکاریدی، ویتامین و موادمعدنی هستند (Mabeau and Fleurence, 1993: Wong and Cheung, 2000). Birggs و Funge-Smith در سال ۱۹۹٦، گزارش کردند که افزایش شاخص‌های رشد تا یک سطح معین و کاهش شاخص‌های رشد با افزایش سطح ماکروجلبک‌ها به‌دلیل میزان بالای فیبر و خاکستر و میزان پایین پروتئین در جیره‌های غذایی است. در تحقیق حاضر از گونه جلبکی غالب در سواحل خلیج‌فارس (*G. pygmaea*) استفاده شده است، این تحقیق نشان داد که استفاده از این گونه جلبکی هیچ‌گونه اثر منفی بر عملکرد رشد نداشته و بهترین عملکرد رشد (شاخص‌های میانگین وزن نهایی، ضریب رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی) در میگوهای تغذیه شده با سطح ۱۰ درصد این جلبک مشاهده شد.

قابلیت هضم که منعکس‌کننده درصد غذای جذب شده در دستگاه گوارش است، از شاخص‌های مهم در بررسی جیره می‌باشد (Akiyama et al., 1989). این روش یک رویکرد مؤثر در ارزیابی ارزش غذایی سخت‌پوستان محسوب می‌شود (Akiyama et al, 1989; De Silva and Jones, 1997). به‌طورکلی، قابلیت هضم ظاهری غذا به ترکیب شیمیایی و ویژگی‌های هضمی Lim و Dominy (۱۹۹۰) و همچنین شرایط محیطی (Brunson et al., 1997) گونه مورد مطالعه بستگی دارد.

در این بررسی قابلیت هضم ظاهری پروتئین خام در بین تیمارها اختلاف معناداری نشان داد، قابلیت هضم پروتئین خام جیره‌ها GL5 نسبت به سایر تیمارها کمتر بود و در دو سطح ۱۰ و ۱۵ درصد گراسیلاریا (*G. pygmaea*) بالاترین میزان را داشت. قابلیت هضم چربی خام نیز در بین تیمارهای مختلف اختلاف معناداری نشان داد و میزان قابلیت هضم چربی در تیمار GL15 و شاهد، نسبت به سایر تیمارها به‌طور معناداری بالاتر بود. شاخص‌های پروتئین و چربی هضمی در بین تیمارها اختلاف معناداری نشان دادند. در بین جیره‌های مکمل شده با گراسیلاریا بالاترین میزان پروتئین و چربی هضمی در تیمار GL10 مشاهده شد. در زمینه تأثیرهای ماکروجلبک‌ها بر قابلیت هضم ماده خشک و پروتئین در جیره غذایی مکمل شده نتایج متناقضی گزارش شده است. در برخی از مطالعات افزودن این مواد به جیره باعث افزایش و در برخی موجب کاهش قابلیت هضم شده است (Cruz-Suarez et al.,

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-17]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1396.6.3.7.3]

2008). اثرهای مثبت ماکروجلبک‌ها به‌دلیل نقش‌شان در افزایش هضم و جذب پروتئین (Yone et al., 1986) جیره غذایی و متابولیسم چربی نسبت داده می‌شود (Nakagawa et al., 1997).

Cruz-Suarez و همکاران در سال ۲۰۰۰ از پودر جلبک *M.pyrifera* به‌عنوان مکمل در دو سطح ۲ و ٤ درصد در جیره غذایی میگوی *L.vannamei* استفاده کردند. در این آزمایش قابلیت هضم پروتئین در هر دو تیمار نسبت به تیمار شاهد افزایش پیدا کرد. اما قابلیت هضم چربی در هر دو تیمار نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. Suarez-Garcia و همکارانش در سال ۲۰۰٦ از پودر دو جلبک .*sargassum* spp و *M.pyrifera* به‌عنوان مکمل در جیره غذایی میگوی وانامی در ٤ سطح مختلف استفاده کردند که قابلیت هضم در همه تیمارها نسبت به تیمار شاهد کمتر به‌دست آمد. کاهش قابلیت هضم ظاهری ماده خشک، ماده آلی، چربی و انرژی می‌تواند دلیل دیگری برای کاهش رشد میگو با افزایش سطوح پروتئین گیاهی باشد. قابلیت هضم پایین پروتئین به‌وسیلهٔ عوامل زیادی مانند حضور آنزیم‌های بازدارنده در جیره، فرمول‌های نامناسب غذایی و یا حضور پروتئین‌هایی که به‌طور فیزیکی و شیمیایی قابل دسترس نیستند، تحت تأثیر قرار گیرد (Ash, 1985). به‌طورکلی، بعضی از محققان افزایش میزان قابلیت هضم ظاهری با افزایش سطوح پروتئین گیاهی را نشان دادند (Sudaryono et al., 1999؛ Hauler and Carter, 2000)، درحالی‌که برخی دیگر معکوس آن گزراش کرده‌اند (Palmegiano et al., 2006؛ Smith et al., 2006). این نتایج متفاوت می‌تواند به‌دلیل نوع و اندازه گونه و کیفیت مواد اولیه یا ترکیب جیره‌ها باشد (Sudaryono et al., 1996). در آزمایش حاضر استفاده از سطوح مختلف ماکروجلبک‌های گراسیلاریا، قابلیت هضم مواد مغذی را به‌طور معناداری تحت تأثیر قرار داد. با افزایش میزان ماکروجلبک‌ها در جیره غذایی به‌دلیل وجود مواد ضدمغذی، قابلیت هضم کاهش می‌یابد (Rivera et al, 2002). استفاده از جلبک‌ها به‌عنوان مکمل تا سطوح معین باعث افزایش عملکرد رشد می‌شود، ولی استفاده بیش از حد آن در جیره‌های غذایی به‌دلیل اثر ضدمغذی آنها باعث کاهش عملکرد رشد و کاهش قابلیت هضم پروتئین و چربی می‌گردد (Francis et al., 2001). Birggs و Funge-Smith(۱۹۹٦) گزارش کردند با افزایش سطح ماکروجلبک‌ها میزان فیبر و خاکستر افزایش و میزان پروتئین در جیره‌های غذایی کاهش می‌یابد. احتمالاً بنا به مطالعات انجام شده یکی از دلایل کاهش هضم موادمغذی با افزایش سطوح ماکروجلبک‌ها می‌تواند افزایش میزان فیبر باشد که این فیبر باعث افزایش سرعت عبور موادمغذی در دستگاه‌گوارش و در نتیجه کاهش فرصت جذب موادمغذی می‌شود (Briggs et al., 2004). در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد استفاده از سطوح مختلف جلبک گراسیلاریا تأثیر معناداری بر عملکرد رشد و تغذیه میگوی وانامی دارد. همچنین مشخص شد که میزان استحکام و ماندگاری جیره‌ها تحت‌تأثیر میزان جلبک گراسیلاریا قرار دارد. از طرفی قابلیت هضم ظاهری مواد و درصد موادمغذی هضمی نیز تحت‌تأثیر سطوح مختلف این ماکروجلبک قرار می‌گیرد. در پایان می‌توان گفت سطح ۱۰ درصد جلبک گراسیلاریا برای تغذیه میگوی وانامی مناسب است.

منابع

Abedian Kenari, A. (2007). Effects of Salinity and Dietary Protein Contents on Growth Performance and BodyComposition of Indian White Shrimp

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-17]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1396.6.3.7.3]

feed in *L.vannamei*, Monterrey, Nuevo Leon, Mexico.

Cruz-Suárez, L.E., Tapia-Salazar, M., Villarreal-Cavazos, D., Beltran-Rocha, J., Nieto-López, M.G., Lemme, M., Ricque-Marie, D. (2009). Apparent dry matter, energy, protein and amino acid digestibility of four soybean ingredients in white shrimp *Litopenaeus vannamei* juveniles. *Aquaculture*, 292: 87-94.

Da Silva R.L. da & Barbosa J. M. (2008). Seaweed meal as a protein source for the white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Journal of Applied Phycology***,** 21(2) 193–197.

FAO yearbook. (2005). Fishery statistics. *Aquaculture production* 2003, 96(2): 195.

FAO. (2009). http://www.fao.org/docrep/006/J2084e/j2084e06.htm.

FAO. (2010). The state of world fisheries and aquaculture.. Rome. 160 pp.

Farris, S., Schaich, K. M., Liu, L., Piergiovanni, L. and Yam, K.L., (2009). "Development of polyion-complex hydrogels as an alternative approach for the production of biobased polymers for food packaging applications: a review". *Trends in Food Scienceand Technology*. 20: 316–332.

Fast, A.W., Lester, L.J. (1992). Marine Shrimp Culture: Principles and practices. Amsterdam, The Netherlands: *Elsevier Science Publisher*, 866.

Fenucci, J.L., Fenucci, A.C., Lawrence, A.L., Zein-Eldin, Z.P., (1982). The assimilation of protein and carbohydrate from prepared diets by the shrimp, *Penaeus stylirostris*. *Proceedings of the World Mariculture Society*, 13:134-145.

Fitton J.H. (2006). "Antiviral properties of marine algae". In: Critchley A.T., Ohno M., Largo D.B., Eds, *World Seaweed Resources*. ETI Information Services, Workingham, UK, 7p.

Forster, I., Gabbott, P.A., (1971). The assimilation of nutrients from compounded diets by the prawns *Palaemon serratus* and *Pandalus platyceros*. *Journal of Marine Biology*. Ass. U.K., 51: 943-961.

Guiry, M., (2010). Seaweed and Chinese medicine; the nutritional and medicinal value of seaweeds used *(Fenneropenaeus indicus)*. *Asian Fisheries Science* 20(5):191-203.

Akiyama, D.M., Colho, S.R., Lawrence, A.L., Robinson, E.H., (1989). Apparent digestibility of feedstuffs by the marine shrimp *Penaeus vannamei*, Boone. Nippon Suisan Gakkaishi. 55 (1), 91-98.

Appler, H., (1985). "Evaluation of Hydrodictyon reticulatum as protein source in feeds for Oreochromis (*Tilapia*) *niloticus* and *Tilapia zillii*". *Journal of fish biology*. 27, 327-334.

AOAC. 1997. Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists, 16th ed. AOAC. Arlington. VA, 1298p.

Ash, R. 1985. Protein digestion and absorption. In: Cowey CB, Mackie AM, Bell JG (ed) Nutrition and Feeding in Fish. Academic Press Inc., Orlando, FL. Assoc., Singapore. pp 68–93.

Banzemir A., M. Blume., S. Schroder., U. Lindequist. (2006). "Screening of cultivated seaweeds for antibacterial communities, USA". *Biotechnol Biotechnol Equip.* 4; 29(2): 281–288.

Briggs, M., Funge-Smite, S., Subasinghe, R., Phillips, M. (2004). "Introductions and movement of *Penaeus vannamei* and *Penaeus stylirostris* in Asia and Pacific". FAO, RAP Publication. Thailand. 20-45P.

Briggs, M.R.P. and Funge-Smith, (1996). The potential of *Gracilaria spp*. Meal for supplementation of diets for juvenile *p.monodon fabricius*. *Aquaculture Research*, 27(5): 345-354.

Brunson, J.F., Romaire, R.P., Reigh, R.C. (1997). Apparent digestibility of selected ingredients in diets for white shrimp *Penaeus setiferus* L. *Aquaculture Nutrition*, 3: 9-16.

Carter, C.G., Hauler, R.C., (2000). Fish meal replacement by plant meals in extruded feeds for Atlantic salmon (*Salmo salar*). L. *Aquaculture*, 185: 299-311.

Cheng, Z., Behnke, K.C., Dominy, W.G., (2000). Comparison of pellet water stability in shrimp diets made from whole wheat, wheat flour, wheat gluten, wheat starch, wheat bran and wheat germ. *American Association of Cereal Chemists, Inc*. 32: 21 -27.

Cruz-Suarez, L.E., Ricque-Marie D., Tapia Salazar M., Guajardo-Barbosa C., (2000). use of harina de Kelp (*Macrocystis pyrifera)* in camaron

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-17]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1396.6.3.7.3]

Neighbors, M., Horn, M. (1991). "Nutritional quality of macrophytes eaten and not eaten by two temperatezone herbivorous fishes: a multivariate comparison". *Marcoalgae Biology*. 108, 471-476.

Ozogul, Y., Ahmad, J.I., Hole, M., Ozogul, F., Deguara, S., (2006). The effects of partial replacement of fish meal by vegetable protein sources in the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) on post mortem spoilage of fillets. *Food Chemistry*, 96: 549-561.

Palmegiano, G.B., Costanzo, M.T., Dapra, F., Gai, F., Galletta, M.G., Maricchiolo, G., Micale, V., Peiretti, P.G., Genovese, L., (2007). Rice protein concentrate meal as potential dietary ingredient in practical diets for blackspot seabream (*Pagellus bogaraveo*). *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 91: 235-239.

Penaflorida, V.D. & Golez, N.V. (1996). Use of seaweed meals from *Kappaphycus alvarezii* and *Gracilaria heteroclada* as binders in diets of juvenile shrimp *P.monodon, Aquaculture*, 143(3-4): 393-401.

Praiboon, J., Chirapart, A., Akakabe, Y., Bhumibhamon, O., Kajiwara, T. (2006). "Physical and chemical characterization of agar polysaccharides extracted from the Thai and Japanese species of *Gracilaria*". Sci Asia. 32, 11-17.

Rivera, G., F. Yoong, G. Riofrío, B. Reinoso, F. Hurtado & P. Massuh. (2002). Inclusión de harina de kelp (*Macrocystis pyrifera*) en alimentos balanceados para el camarón.Congreso Iberoamericano Virtual de Acuícultura. CIVA.http://www.civa2002.org, 244-252.

Rivera,G., F.Yoong, G. Riofrio, B.Reinoso, F.Hurtado & P. Massuh. (2000). Inclusion de harina de kelp (*Macrocystis pyrifera*) en alimentos balanceados para el camaron, Congreso Iberoamericano virtual de Acuicultura. CIVA.http://www.civa2002.org, 244-252.

Rohani-Ghadikolaei, K., Hosseini, M.R., Ghahreman, A., Gharanjik, B. M. & Rohani Ghadikolaei. K. (2011). Atlas of the algae of the persian gulf and oman sea coasts. Iranian Fisheries Research Organization press. 202 pp.

Rosas, C., Cuzon, G., Gaxiola, G., Pascual, C., Taboada, G., Arena, L., van Wormhoudt, A., in chinese medicine. Seaweed site from Michael, 358-394.

Lim, C., Dominy, W., (1990). Evaluation of soybean meal as a replacement for marine animal protein in diets for shrimp (*Penaeus vannamei*). *Aquaculture*, 87: 53-63.

Li-Xia Tian., Ying-Ying Yu., Wen-Dong Chen., Yong-Jian Liu., Jin Niu., Ming Chen. (2015). Effect [of different dietary levels of *Gracilaria lemaneiformis* dry power on growth performance, haematological parameters and intestinal structure of juvenile Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture*, 405: 356–362.

Marinho-Soriano *et al*. (2007). "Inclusion de harina de Kelp (*Macrocystis pyrifera*) en alimentos balanceados paracamaron *L.vannamei*". *Aquaculture Research*. 38, no, 2: 182-187.

Maynard, A.L., Loosli, K.J., 1969. Animal Nutrition, 6th edn. McGraw-Hill, New York, NY. 613 p.

Merican, Z.O., Shim, K.F., (1995). Apparent digestibility of lipid and fatty acids in residual lipids of meals by adult *Penaeus monodon*. *Aquaculture*, 133: 275-286.

Misra, C.K., Kumar, D.B., Mukherjee, S.C. Pattnaik. P. (2006). "Effect of long term administration of dietary a-glucan on immunity, growth and survival of Labeo rohita fingerlings". Aquaculture. 255: 82–94.

Mustafa MG, Nakagawa H. (1995). " A review: dietary benefits of algae as an additive in fish feed". *Journal of Aquaculture*. 47:155–162.

Nakagawa, H., Kasahara, S., Sugiyama, T. (1987). Effect of Ulva meal supplementation on lipid metabolism of black sea bream *Acanthopagrus schlegeli*. *Aquaculture*, 62, 106-121.

Nakagawa, H., Umino, T. & Tasaka, Y. (1997). Usefulness of Ascophyllum meal as feed additive for red sea bream, *Pagrus major*. *Aquaculture*, 151, 275-281.

Naylor, R.H., Goldburg, R.J., Primavera, J.H., Kautsky, N., Beveridge, C.M., Clay, J., Folkes, C., Lubchenco, J., Mooney, H., Troll, M., (2000). Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature,* 405: 117-123.

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-17]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1396.6.3.7.3]

Watanabe, T., Wen liang, L., Takeuchi, T., Yamamoto, H. & Liao, W.-L. (1990). "Effect of dietary *Spirulina* supplementation on growth performance and flesh lipids of cultured striped jack". *Journal of Fisheries*. 77, 231-239.

Wen, X., Peng, C., Zhou, H., Lin, Z., Lin, G., Chen, S. & Li, P. (2006). " Nutritional composition and assessment of *Gracilaria lemaneiformis* Bory". *Journal Plant Biology*. 48; 1047-1053.

Wong, K.H. & Cheung, P.C.K. (2000). Nutritional evaluation of some subtropical red and green seaweeds. Part I.– Proximate composition, amino acid profiles and some physico-chemical properties. *Food chemistry*, 71, 475-482.

Wyban, J., Walash, W.A. & Godin, D.M. (1995). Temperature effect on growth, feeding rate and feed conversion of the Pacific white shrimp. *Aquaculture*, 138: 267-279.

Yeh, S. T., C. S. Lee. & Chen, J. C. (2006). Administration of hot-water extract of brown seaweed *Sargassum duplicatum* via immersion and injection enhance the immune resistance of white shrimp *L.vannamei*, *Fish Shellfish Immunol,* 20(3):332-345.

Yone, Y., Furuichi, M. & Urano, K. (1986a). Effects of dietary wakame *Undaria pinnatifida* and *Ascophyllum nodosum* supplements on growth, feed efficiency, and proximate compositions of liver and muscle of red sea bream. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 52, 1465-1488.

Yone, Y., Furuichi, M. & Urano, K. (1986b). Effects of wakame *Undaria pinnatifida* and *Ascophyllum nodosum* on absorption of dietary nutrients, and blood sugar and plasma free amino-N levels of red sea bream. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 52: 1817-1819.

(2002). A energetic conceptual model of the physiological role of dietary carbohydrate and salinity on *L. vannamei* juveniles. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 268, 47–6.

Sakata, K. & Ina, K. (1985). Digalactosyldiacylglycerols and phosphatidylcholines isolated from a brown alga as effective phagostimulants for a young abalone. Bull. Jpn. *Soc. Sci. Fish*., 51, 659–665.

Sakata, K., Kato, K., Iwase, Y., Okada, H., Ina, K. & Machiguchi, Y. (1991). Feeding-stimulant activity of algal glycerolipids for marine herbivorous gastropods. *Journal of Chemical Ecology*, 17(1), 185-193.

Smith, D.M., Tabrett, S., Irvin, S. & Barclay, M. (2006). Lupin- an alternative protein source for use in shrimp feeds. Avances en Nutricion Acuicola Vlll. Vlll symposium Intemacional de Nutricion Acuicola, Monterrey, Nuevo Leon, Mexico.

Storebakan, T. (1985). "Binder in fish feed effect of alginate and guargumon growth, digestibility feed uptake and passage through the gastrointestinal track of rainbow trout " *Aquaculture.* 47: 11-26.

Sudaryono, A., Tsvetnenko, E. & Evans, L.H. (1996). Digestibility studies on fisheries by-products based diets for *Penaeus monodon*. *Aquaculture*, 143: 331-340.

Sudaryono, A., Tsvetnenko, E., Hutabarat, J. & Supriharyono, E. (1999). Lupin ingredients in shrimp (*Penaeus monodon*) diets: influence of lupin species and types of meals. *Aquaculture*, 171: 121–133.

Tacon, A.G.J. & Metian, M. 2008. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. *Aquaculture*, 285: 146–158.

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-17]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1396.6.3.7.3]

Fisheries Science & Technology
TMU
Scientific - Research Journal Vol. 6, No. 3, Autumn 2017

Growth performance, feed utilization, diet stability and apparent digestibility in white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) fed with different levels of *Gracilaria pygmaea*

Amin Oujifard[1*], Sakineh Gholami[2], Ebrahim Sotoudeh[3], Babak Ghaednia[4]

1- Associate Prof., Fisheries Dept., Faculty of Agriculture and Natural Resources, Persian Gulf University
2- M.Sc. Student, Fisheries Dept., Faculty of Agriculture and Natural Resources, Persian Gulf University
3- Assistant Prof., Fisheries Dept., Faculty of Agriculture and Natural Resources, Persian Gulf University
4- Iran Shrimp Research Center, Bushehr

Received: 18.10.2016 Accepted: 13.05.2017
*Corresponding author : Oujifard@pgu.ac.ir

Abstract:
The effects of adding *Gracilaria pygmaea* at 0 (control), 5, 10 and 15% to the diet of *Litopenaeus vannamei* (initial 6.5±0.7 g) were evaluated on growth performance, feeding, water stability and apparent digestibility. Shrimp were fed for 40 days, 3 times per day for first weeks and to apparent satiation for next weeks in 150 L aquaria, stocked with 12 shrimps each. Results of water stability in 2, 4, and 8 hours indicated that *Gracilaria* supplementation showed significant water stability difference between 2 and 4 hours as compared with the control diet. Diet containing 15% supplementation had the highest water stability after 4 h ($p> 0/05$). Final body weight and weight gain of shrimp fed 10% supplementation diet was significantly higher that those fed with other diets ($p<0.05$). Feed efficiency ratio (FCR) of shrimp fed 10% supplementation diet was significantly higher than those fed with other diets ($p<0.05$). Apparent digestibility coefficients of diets were the significantly different among the shrimp groups. Survival in all treatment was 100%. The results of this study showed that diet supplemented with 10% *G.pygmaea* had a positive effect on the diet water stability and growth performance of *L. vannamei*.

Keyword: *Litopenaeus vannamei,* Macroalgae, *Gracilaria pygmaea*, Digestibility, Growth performance, water stability

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-17]
[DOR: 20.1001.1.23225513.1396.6.3.7.3]