



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

امین اوجی فرد^{۱*}، سکینه غلامی^۲، ابراهیم ستوده^۳، بابک قائدنیا^۴

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

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

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

۴- پژوهشکده میگوی کشور

پذیرش: ۹۶/۰۲/۲۳

دریافت: ۹۵/۰۷/۲۷

*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)، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد، بر پایداری جیره و شاخص‌های رشد، تغذیه و قابلیت هضم ظاهری بررسی شد. میگو (وزن اولیه 7 ± 0.6 گرم) به مدت ۴۰ روز در آکواریوم‌های ۱۵۰ لیتری با تراکم ۱۲ قطعه میگو در هر آکواریوم تغذیه شدند. نتیجه آزمایش پایداری غذا در آب به مدت ۲، ۴ و ۸ ساعت بیانگر اختلاف معناداری بین تیمارهای ۲ و ۴ ساعت بود ($p < 0.05$)؛ بیشترین پایداری در تیمار GL15 مشاهده گردید، اما بین تیمارهای ۸ 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 صد درصد بود. میزان قابلیت هضم ظاهری پروتئین و لیپید خام 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، ماکرو جلبک، گراسیلاریا، قابلیت هضم، عملکرد رشد، پایداری غذا

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، ۱۳۷۶). 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 پنایده 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 توراً) و شرایط اکولوژیکی نامطلوب مقاوم است (Rosas et al., ۲۰۰۲). براساس آمار سازمان خواروبار جهانی از سال ۲۰۰۳ این گونه رتبه اول تولید را در بین گونه‌های میگوی پرورشی کسب کرده است (FAO., ۲۰۰۵).

آبزی‌پروری در تأمین غذای بشر و کاهش فقر جهانی نقش بسیار مهمی ایفا می‌کند (Metian & Tacon, ۲۰۰۸). در دهه‌های اخیر، بخش مهمی از صید جهانی آبزیان دریایی صرف تولید پودر و روغن ماهی شده تا غذای لازم آبزیان پرورشی را تأمین کند (Naylor et al., ۲۰۰۰). در حال حاضر ۷۰ درصد روغن ماهی و ۳۴ درصد پودر ماهی به‌دست آمده از صید، در صنعت آبزی‌پروری به‌کار می‌رود (Palmegiano et al., ۲۰۰۷). تولید پودر ماهی در سال ۲۰۰۸، در کشورهای اصلی تولیدکننده آن در جهان (پرو، شیلی، دانمارک، نروژ و ایسلند) رو به کاهش است و میزان

آن به ۲/۶ میلیون تن رسید که این میزان حدود ۱۰۰۰۰۰ تن کمتر از تولید آن در سال ۲۰۰۷ بوده است (Tacon, ۲۰۰۸). تولید جهانی روغن و پودر ماهی از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۳۰، مشابه نرخ متوسط عرضه پودر و روغن ماهی در سال‌های ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۹ تخمین زده شده است (FAO, ۲۰۱۰). از کل تولید جهانی پودر ماهی در سال ۲۰۰۶، بیشترین مصرف آن (حدود ۲۷ درصد) 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 (et al., ۲۰۰۶). میزان افزایش رشد سالیانه آبزی‌پروری معادل ۹/۶ درصد برآورد شده است که اگر این روند افزایشی ادامه داشته باشد، در زمان کوتاهی آبزی‌پروری تمام تولیدات پودر و روغن ماهی را به خود اختصاص خواهد داد (Palmegiano et al., ۲۰۰۷). علاوه بر این، پیش‌بینی شده است که در آینده به‌واسطه افزایش قیمت پودر و روغن ماهی، 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 روزانه‌شان کاربرد داشته است (Guiry, ۲۰۱۰). 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 درباره استفاده از ماکروجلبک‌های دریایی به‌عنوان مکمل و

جایگزین پودرماهی (Cruz-Suarez et al., 2009) و همچنین استفاده از پودر جلبک‌های دریایی در غذای میگوها انجام شده است و در تحقیقات زیادی از گونه‌های جلبکی مختلف به عنوان جایگزین یا مکمل پودرماهی استفاده کرده‌اند. Rodriguez- Gonzalez و همکاران (۱۹۹۶) از دو جلبک گراسیلاریا و الوا به عنوان بخشی از رژیم غذایی میگوی وانامی استفاده کردند و در سه نسبت ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد، آنها را در رژیم غذایی گنجانند و بین نسبت‌های ۱۰ و ۱۵ درصد اختلاف معناداری در رشد و وزن اولیه و نهایی دیده نشد و استفاده از گراسیلاریا نتیجه بهتری در مقایسه با جلبک الوا نشان داد. در نتیجه ماکرو جلبک‌ها می‌توانند جایگزین خوبی برای بخشی از پودرماهی باشند. استفاده از جلبک سارگاسوم در جیره میگوی وانامی موجب تقویت سیستم ایمنی این میگو شده است (Yeh et al., 2006). در یک تحقیق از سطوح مختلف گونه ماکرو جلبکی *Gracilaria lemaneiformis* در جیره غذایی میگوی وانامی استفاده کردند که بین سطوح مختلف جلبکی اختلاف معناداری مشاهده شد. میانگین وزن نهایی در میگوهای تغذیه شده با ۲ و ۳ درصد *Gracilaria lemaneiformis* اختلاف بالاتری نسبت به دیگر تیمارها داشتند و ضریب تبدیل غذایی در تیمار ۳ درصد نسبت به تیمارهای ۰، ۱، ۴ و ۵ درصد اختلاف کمتری داشت (Li-Xia Tian et al., 2015). در یک تحقیق از پودر جلبک گراسیلاریا (*Gracilaria spp.*) به عنوان مکمل در رژیم غذایی میگوی مونودون استفاده کردند. تحقیقات زیادی در زمینه ماکرو جلبک‌ها انجام شده که همه این تحقیقات نشان‌دهنده مفید بودن ماکرو جلبک‌ها است (Birggs & Funge-Smith, 1996).

با توجه به اثرهای مثبت ماکرو جلبک‌ها، هدف این تحقیق بررسی تأثیر استفاده از سطوح مختلف ماکرو جلبک

دریایی گراسیلاریا (*G. pygmaea*) بومی خلیج فارس بر شاخص‌های رشد، قابلیت هضم و پایداری غذا در میگوی وانامی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

شرایط انجام آزمایش

این آزمایش در تابستان ۱۳۹۴، در پژوهشکده میگوی کشور- بوشهر انجام شد. در این آزمایش تعداد ۱۲ آکواریوم ۱۵۰ لیتری استفاده شد. بچه میگوها از استخرهای پرورش میگوی دلوار- بوشهر به وسیله تور پرتابی صید شده و با تانک فایبرگلاس مجهز به هواده به محل انجام آزمایش منتقل و در تانک‌های ۳۰۰ لیتری توزیع و به منظور سازگاری با شرایط محیطی به مدت ۲ هفته نگهداری و تغذیه شدند. پس از پایان دوره سازگاری، میگوهای با میانگین وزن اولیه 0.7 ± 0.5 گرم بین آکواریوم‌ها تقسیم شدند. آب مورد استفاده از دریا تأمین می‌شد که در ابتدا به تانک‌های بتونی رسوب‌گیر (۱۰۰ متر مکعب) پمپ می‌شد؛ پس از ترسیب مواد معلق از فیلتر شنی عبور داده شده و پیش از توزیع بین تانک‌های پرورشی در تانک ۳۰۰ لیتری ذخیره می‌شد. روزانه ۲۵ درصد آب آکواریوم‌ها از طریق سیفون کردن برای برداشت مدفوع و مواد باقیمانده تعویض می‌شد. همچنین هوادهی از طریق هواده مرکزی و سنگ‌هوا تأمین می‌شد. آزمایش در یک سالن سرپوشیده با دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی به مدت ۴۰ روز انجام شد. در دو هفته اول آزمایش غذادهی به میزان ۳ درصد وزن بدن و ۳ بار در روز و سپس میگوها تا حد سیری غذادهی شدند. دفعات غذادهی روزانه ۳ وعده و در ساعت‌های ۸، ۱۶ و ۲۴ انجام شد. اندازه‌گیری عوامل کیفی آب، همچون دما (با دماسنج

جیوه‌ای)، شوری (با دستگاه شوری‌سنج چشمی)، و اکسیژن محلول (با اکسیژن‌تر)، هر روز در ساعت‌های ۱۰ تا ۱۱ pH (با دستگاه pH متر) به صورت هفتگی انجام گرفت. میزان شوری، درجه حرارت، pH و اکسیژن محلول در طول دوره آزمایش به ترتیب در حد ۴۴-۴۲ ppt، ۲۸-۳۰°C، ۷/۹-۷ و اکسیژن بیشتر از ۵/۷ میلی گرم در لیتر حفظ شد.

جمع‌آوری جلبک مورد استفاده

جلبک قرمز گراسیلاریا (*G. pygmaea*) طی فصول دی و بهمن از سواحل خلیج فارس (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 به مدت دو روز در سایه نگهداری شد. پس از خشک شدن نمونه‌ها، جلبک با استفاده از آسیاب برقی آسیاب و سپس پودر به دست آمده برای ساخت جیره‌های مورد نظر استفاده شد. میزان پروتئین و چربی خام نمونه‌های جلبکی در آزمایشگاه کارخانه شرکت هووراش اندازه‌گیری و از آنها به عنوان مکمل در جیره غذایی میگوی پا سفید غربی استفاده شد.

نحوه تهیه غذای میگو

از نرم افزار لیندور (Copy right 1999, release 6.1, USA) برای فرمولاسیون جیره آزمایشی حاوی سطوح مختلف ماکروجلبک گراسیلاریا استفاده شد. سه جیره حاوی سطوح مختلف ۵ (GL5)، ۱۰ (GL10) و ۱۵ (GL15) درصد ماکروجلبک گراسیلاریا (*G. pygmaea*) از سواحل خلیج فارس جمع‌آوری و یک جیره شاهد (بدون جلبک) تهیه شد. برای ساخت جیره‌ها اجزای غذایی نظیر پودر ماهی و پودر اسکویید ابتدا آسیاب شده و با الک ۰/۵

میلی متری غربال شدند. سپس تمامی مواد اولیه توزین شدند و برای ساخت جیره‌ها، ابتدا مواد خشک اولیه به مدت ۳۰ 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 چرخ گوشت با قطر چشمه ۲ میلی متری عبور داده شد و رشته‌های خارج شده بر روی سینی‌های توری فلزی در خشک‌کن با دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ ساعت خشک شدند. در نهایت رشته‌ها با قیچی به صورت پلت درآورده و پس از بسته‌بندی در کیسه‌های نایلونی در فریزر نگهداری شد.

آنالیز شیمیایی جلبک‌ها و جیره غذایی میگو

در این آزمایش میزان ترکیبات شیمیایی مثل پروتئین، چربی، رطوبت و خاکستر گونه جلبکی گراسیلاریا جمع‌آوری شده از سواحل خلیج فارس در آزمایشگاه کارخانه هووراش 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 ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت تا رسیدن به وزن ثابت خشک شدند. خاکستر با سوزاندن نمونه‌های لاشه به مدت ۹ ساعت در کوره با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد تعیین گردید. پروتئین خام (نیتروژن کل $\times 6/25$) با استفاده از دستگاه کجلدال خودکار و چربی خام با روش سوکسله (Soxtec 2050, Foss, Sweden) و با استفاده از حلال کلروفرم و متانول اندازه‌گیری شد.

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	۱/۴±۰/۳	۳۰/۵±۲/۴

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

ترکیبات جیره تیمارهای آزمایشی				
شاهد	GL5	GL10	GL15	
پودر ماهی ^۱	۴۲/۶۳	۴۱/۵۶	۴۲/۱	۴۰/۵۹
پودر اسکویید ^۲	۵	۵	۵	۵
پودر گندم ^۳	۳۸/۹۶	۳۰/۱۸	۳۴/۵۷	۲۶/۱۸
گراسیلاریا	۰	۱۰	۵	۱۵
روغن ماهی ^۴	۰/۶	۰/۵۲	۰/۶	۰/۵
روغن سویا ^۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
لستین ^۶	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}	۴	۴	۴	۴
آنتی اکسیدان ^{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	۳۶/۸	۳۵/۷	۳۵/۳
چربی خام	۸/۷	۸/۹	۸/۸	۸/۹
خاکستر	۲۱/۱۳	۲۱/۰۷	۲۱/۲۵	۲۰/۰۵
رطوبت	۷/۱	۶/۸	۶/۷	۷/۳

۱- پودر ماهی= کارخانه دراج بنیان بوشهر، ۲- پودر اسکویید= کارخانه غذای آبزیان هوراش بوشهر، ۳- پودر گندم= کارخانه دراج بنیان بوشهر، ۴- روغن ماهی= کارخانه هوراش، ۵- روغن سویا= کارخانه دراج بنیان بوشهر، ۶- لستین= کارخانه دراج بنیان بوشهر، ۷- کلسترول= کارخانه دراج بنیان بوشهر، ۸- دی کلسیم فسفات= کارخانه دراج بنیان بوشهر، ۹ و ۱۰- مواد معدنی و ویتامینی= کارخانه هوراش، ۱۱- بایندر= کارخانه دراج بنیان بوشهر، ۱۲- آنتی اکسیدان= کارخانه هوراش، 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

قرارگیری در آب به منظور تعیین میزان ماده خشک (وزن

خشک اولیه) در دمای ۱۰۰°C به مدت ۳ ساعت خشک

شدند. در هر آزمون برای سنجش پایداری غذا، تعداد چهار

برای تعیین میزان پایداری جیره‌ها از تعدادی سبد توری

استفاده شد. سبدهای مذکور، حاوی پنج گرم غذا پیش از

سنجش قابلیت هضم ظاهری

به منظور اندازه گیری قابلیت هضم، مدفوع میگوها طی یک دوره ۱۰ روزه (پایان دوره) جمع آوری شد. به منظور افزایش دقت کار، در این مدت، ۲ ساعت پس از هر وعده غذایی غذاهای خورده نشده سیفون و مدفوع میگوها جمع آوری گردید. برای این کار ابتدا با استفاده از سیفون کردن، سعی شد مدفوع از آکواریوم های پرورشی جمع شود که به دلیل حضور باقیمانده غذا در کف تانک، مقداری غذا نیز به همراه مدفوع سیفون شد. سپس به دلیل سنگینی غذا نسبت به مدفوع و با استفاده از شناوری، به راحتی مدفوع از غذا جداسازی شد. نمونه های مدفوع از هر تکرار جمع آوری گردید تا میزان کافی از آن برای سنجش قابلیت هضم مواد وجود داشته باشد. سپس با استفاده از سانتیفریوژ (۱۵۰۰ g) به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی گراد و جداسازی آب، توزین و تا زمان سنجش در دمای ۲۰- درجه سانتی گراد نگهداری گردید. میزان قابلیت هضم ظاهری براساس معادله زیر انجام گرفت (Maynard, Loosli & 1969):

$$(۸) \quad ۱۰۰ \times (\text{ماده مغذی خورده شده} / \text{ماده مغذی دفع شده} - \text{ماده مغذی خورده شده}) = \text{قابلیت هضم ظاهری (درصد)}$$

تجزیه و تحلیل آماری نتایج

تجزیه و تحلیل آماری نتایج با استفاده از نرم افزار ۱۶ SPSS انجام شد. پیش از تجزیه و تحلیل، طبیعی بودن داده ها با استفاده از آزمون Kolmogorov-Smirnov ارزیابی شد. برای مقایسه کلی داده ها از روش آنالیز واریانس یک طرفه One-way-ANOVA و برای مقایسه میانگین ها از آزمون آماری Duncan در سطح اعتماد ۹۵

عدد از سبدها که هر کدام حاوی ۵ گرم غذا و هر یک حاوی یک نوع از غذاها بودند، به طور هم زمان و به آرامی در یک آکواریوم حاوی ۵۰ لیتر آب با شوری ۴۴ قسمت در هزار و یک عدد سنگ هوا (برای ایجاد تلاطم در آب) قرار داده شدند. به این ترتیب شرایط آکواریوم حاوی سبدهای توری فلزی با شرایط مخزن پرورش میگو تا حد امکان یکسان بود. این آزمایش برای زمان های ۲، ۴ و ۸ ساعت غوطه وری 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):

$$(۱) \quad ۱۰۰ \times (\text{وزن خشک اولیه} / \text{وزن خشک نهایی غذا پس از آیشویی}) = \text{درصد پایداری غذا}$$

اندازه گیری شاخص های رشد

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

$$(۲) \quad \text{میانگین وزن اولیه (گرم)} - \text{میانگین وزن اولیه (گرم)} = \text{میانگین وزن ثانویه (گرم)} = \text{WG (افزایش وزن بدن (گرم)} \\ (۳) \quad \text{افزایش وزن بدن (گرم)} / \text{مقدار غذای خورده شده (گرم)} = \text{FCR (ضریب تبدیل غذایی)} \\ (۴) \quad ۱۰۰ \times \text{میانگین وزن اولیه (گرم)} / \text{میانگین وزن اولیه (گرم)} = \text{WG (\%)} = \text{درصد افزایش وزن (Misra, 2006) بدن}$$

$$(۵) \quad \text{روزهای پرورش} / \text{لگاریتم طبیعی میانگین وزن اولیه} - \text{لگاریتم طبیعی میانگین وزن نهایی} \times ۱۰۰ = \text{SGR (\%)} = \text{ضریب رشد ویژه}$$

$$(۶) \quad ۱۰۰ \times \text{پروتئین مصرفی (گرم)} / \text{وزن تر تولید شده (گرم)} = \text{PER (\%)} = \text{نرخ بازده پروتئین}$$

$$(۷) \quad \text{تعداد میگوهای انتهایی} - \text{تعداد میگوهای ابتدای دوره} \times ۱۰۰ = \text{درصد بقا}$$

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، ۴ و ۸ ساعت آبخویی را نشان می‌دهد. آنالیز آماری نتایج نشان داد در زمان ۲ ساعت پس از آبخویی اختلاف معناداری در تمامی جیره‌ها وجود دارد

($p < 0.05$). 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 آبخویی اختلاف معناداری نشان داد ($p < 0.05$). بالاترین پایداری غذا در آب در بین جیره‌های حاوی گراسیلاریا در تیمار GL15 مشاهده گردید. در بین تیمارهای هشت ساعت آبخویی اختلاف معناداری مشاهده نشد ($p > 0.05$).

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	۹۶/۵۳±۰/۵ □	۷۹/۲۶±۰/۲۳ □	۵۹/۸۶±۱/۰۲
GL5	۹۸/۴±۰/۴ □	۸۰/۵۳±۰/۵ □	۶۲/۴±۴/۰۸
GL10	۹۹ ±۰/۲ □	۸۱/۲±۰/۲ □	۶۴/۲۶±۰/۳
GL15	۹۹/۸۶±۰/۲۳ □	۸۵/۳۳±۰/۱۱ □	۶۵/۷۳±۲/۸۳

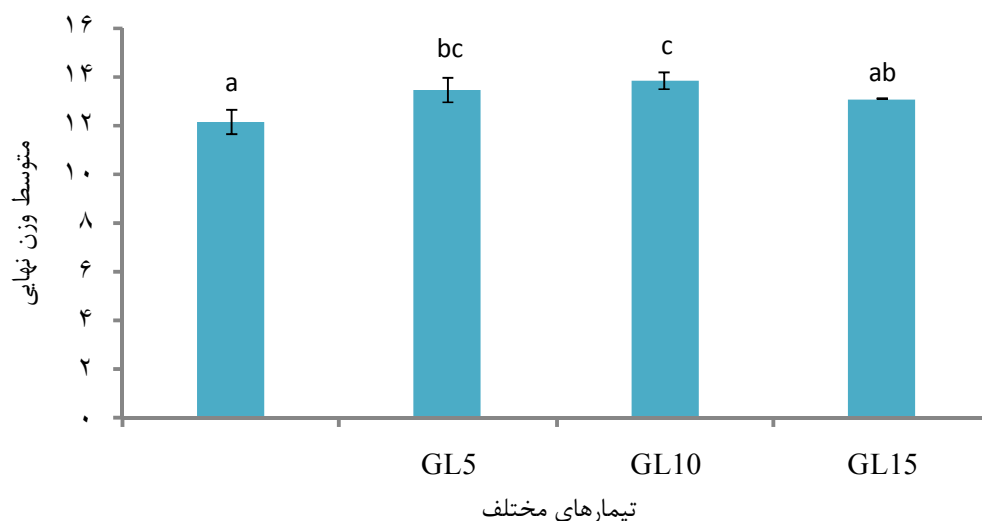
*حروف یکسان در هر ستون نشان‌دهنده نبود تفاوت معنادار بین تیمارها است.

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 ($p < 0.05$). بالاترین متوسط وزن نهایی نسبت به تیمار شاهد در میگوهای تغذیه شده با تیمار GL10 و GL5 مشاهده شد ($p > 0.05$) (شکل ۱). جدول ۴ 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 ($p < 0.05$). 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 ($p < 0.05$). 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 ($p < 0.05$). 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 بازده پروتئین بین تیمارهای مختلف آزمایشی اختلاف معناداری نداشتند ($p > 0.05$). میزان بازماندگی در تمامی تیمارها ۱۰۰ درصد بود.



شکل ۱ نمودار میانگین وزن نهایی میگوی وانامی تغذیه شده با سطوح مختلف ماکرو جلبک گراسیلاریا (*G. pygmaea*)

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

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

جدول ۴ شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای میگوی وانامی تغذیه شده با سطوح مختلف ماکرو جلبک گراسیلاریا (*G. pygmaea*)

تیمار	ضرب تبدیل غذایی	ضرب رشد ویژه (درصد بر روز)	افزایش وزن بدن (درصد)	نرخ رشد روزانه	ضرب چاقی	نرخ بازده پروتئین	بازماندگی (درصد)
شاهد	۱/۱۴±۰/۰۴ □	۱/۳±۰/۰۶ □	۶۸/۰۷±۴/۳ □	۱/۷±۰/۱ □	۰/۹۳±۰/۰۹	۱/۱۱±۰/۰۸	۱۰۰
GL5	۱/۰۳±۰/۰۴ □	۱/۴۹±۰/۰۸ □ □	۸۱/۷۹±۶ □ □	۲/۱۳±۰/۰۷ □ □	۰/۹۵±۰/۰۵	۱/۳۵±۰/۱	۱۰۰
GL10	۱±۰/۰۲ □	۱/۶±۰/۰۷ □	۸۹/۵۹±۴/۹۸ □	۲/۲۱±۰/۱۶ □	۱/۰۸±۰/۰۹	۱/۴۱±۰/۰۸	۱۰۰
GL15	۱/۰۶±۰/۰۸ □ □	۱/۴۸±۰/۱۵ □ □	۶۲±۱۰/۹۸ □ □ ۸۱	۲/۱۲±۰/۳۳ □ □	۰/۹۱±۰/۰۵	۱/۳۳±۰/۰۲	۱۰۰

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

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

قابلیت هضم مواد مغذی

جدول ۵ قابلیت هضم پروتئین و چربی در میگوهای تغذیه شده با جیره آزمایشی حاوی سطوح مختلف ماکرو جلبک 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 ۱۰ و ۱۵ درصد گراسیلاریا (*G. pygmaea*) نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. قابلیت هضم چربی خام 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

اختلاف معناداری نشان دادند ($p < 0.05$). در بین جیره‌های هضمی در تیمار GL10 مشاهده شد.

مکمل شده با گراسیلاریا بالاترین میزان پروتئین و چربی

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 ^۱	قابلیت هضم لیپید خام ^۲	پروتئین هضمی ^۳ (درصد)	چربی هضمی ^۴ (درصد)
شاهد	۷۲/۵۳±۱/۱۸ ^b	۹۴/۸۷±۰/۶۹ □	۲۵/۶۲±۰/۴۱ ^b	۸/۲۵±۰/۰۶ ^{bc}
GL5	۶۴/۹۹±۲/۳۹ ^a	۹۱/۲۵±۰/۹۱ □	۲۳/۲۳±۰/۸۵ ^a	۸/۰۳±۰/۰۸ □
GL10	۷۴/۹۹±۲/۳۶ ^{bc}	۹۳/۴۸±۰/۵۱ □	۲۷/۵۹±۰/۸۷ ^d	۸/۳۲±۰/۰۴ ^c
GL15	۷۶/۹۶±۲/۹۷ ^c	۹۱/۹±۰/۷ □	۲۷/۱۶±۱/۰۵ ^{cd}	۸/۱۸±۰/۰۶ □

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

۱ و ۲: $100 \times (\text{ماده مغذی خورده شده} / (\text{ماده مغذی دفع شده} - \text{ماده مغذی خورده شده})) = \text{درصد قابلیت هضم ظاهری}$

۳ و ۴: $\text{ماده مغذی جیره} \times \text{قابلیت هضم ظاهری ماده مغذی (کربوهیدرات، پروتئین و لیپید)} = \text{درصد ماده مغذی هضمی}$

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

بحث

آبزی پروری 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 از گونه‌های مختلف جلبکی در زمینه تغذیه آبزیان انجام شده است.

به دلیل بسیاری از اثرهای مفید، ماکرو و میکروجلبک‌ها به عنوان یک منبع پروتئین در رژیم غذایی برای گونه‌های مختلف آبزیان پرورشی استفاده شده‌اند (Nakagawa et al., 1990; Watanabe et al., 1997). 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 به عنوان دارو (Wen et al., 2006) و در تهیه آگار با کیفیت بالا هم استفاده می‌شوند (Prai boon 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 (۱۹۹۶) 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

غذایی حاوی ۱۵-۰ درصد پودر *Gracilaria* sp. در آب پس از ۱۲ ساعت بیش از ۸۸ درصد است (Briggs et al., 1996). در تولید غذای آبزیان پایداری خوراک به حداقل رساندن شسته شدن (هدرووی) مواد مغذی و فروپاشی جیره امری بسیار مهم است. با توجه به رفتار تغذیه‌ای خاص سخت‌پوستان که به آهستگی و با دستکاری کردن غذا (با زوانده دهانی) تغذیه می‌کنند، اهمیت بیشتری دارد. ترکیبات همبند طبیعی متعددی با هدف افزایش پایداری پلت‌ها در آب و جلوگیری از هدر رفتن مواد مغذی استفاده شده است. پلی‌ساکاریدها مانند نشاسته، سلولز، پکتین و غیره ترکیبات غیرسمی در دسترسی هستند که می‌توانند به‌عنوان همبند استفاده شوند. به‌طور کلی کیفیت فیزیکی پلت‌های غذایی میگو به‌ویژه پایداری آنها در آب توسط ویژگی‌های فیزیکی اجزای تشکیل‌دهنده مخلوط غذایی، همچنین روش‌ها و فرایندهایی که بر روی آنها اعمال می‌شود، مشخص می‌گردد. همبندها ترکیباتی هستند که به‌منظور بهبود پایداری خوراک، به حداقل رساندن ضایعات، کاهش فروپاشی و هدر رفتن مواد مغذی و در نتیجه افزایش بازدهی جیره آبزیان استفاده می‌شوند (Storebakan, 1985).

وقتی میگو از خوراک فرموله شده تغذیه می‌کند، تلف شدن بخشی از غذا بدیهی است. این عمل زمانی اتفاق می‌افتد که میگو به‌وسیله دو چنگک خود دانه‌های غذا را به سمت دهان خود هدایت کند. به‌دلیل پایین بودن زمان 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 استخر تأثیرگذار بوده و ممکن است به‌شدت زیان‌آور باشد. قوام و استحکام غذا در آب عامل مهمی در پرورش میگو به‌شمار می‌رود (Fast, Lester and 1992). آنالیز آماری نتایج نشان داد در زمان ۲ ساعت پس از آبخوبی اختلاف معناداری در بین تیمارها

وجود دارد، در بین تیمارهای ۲ ساعت آبخوبی، تیمار GL15 بیشترین پایداری در آب را داشت. میزان پایداری جیره‌های مختلف در زمان چهار ساعت، اختلاف معناداری نشان داد. برای مثال Briggs و Funge-Smith (۱۹۹۶) تأثیر استفاده از پودر جلبک قرمز *Gracilaria* sp. با سطوح مختلف (۰-۳۰ 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 غذایی حاوی ۱۵-۰ درصد پودر *Gracilaria* sp. در آب پس از ۱۲ ساعت بیش از ۸۸ درصد است (Briggs et al., 1996).

دریایی *Gracilaria* و *Kappaphycus alvarezii* *heteroclada* به‌عنوان همبند در رژیم غذایی میگوی مونودون استفاده کرد. از آنجایی که میگوها آهسته و پیوسته تغذیه می‌کنند، به جیره‌های غذایی پایدار در آب نیاز دارند. در این آزمایش از نسبت‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد استفاده شد که رژیم‌های غذایی با ۱۰ درصد گراسیلاریا بالاترین پایداری در آب پس از چهار ساعت را داشتند. استفاده از پودر جلبک‌های دریایی به‌عنوان همبند در جیره‌های غذایی، ضایعات غذای میگو را به حداقل رساند (Penafiora et al., 1996). پژوهشگران مختلف نشان دادند که وجود ویتامین، ماده معدنی و ترکیبات فعال‌زیستی در جلبک‌ها موجب افزایش جذب و بهبود متابولیسم چربی و قوام پلت‌های غذایی می‌شوند (Nakagawa et al., 1987; Mustafa et al., 1995; Appler, 1985). همبندها به‌عنوان پرکننده فضای خالی بین مخلوط اجرای سازنده غذا عمل می‌کنند و بنابراین باعث تراکم و دوام بیشتر پلت‌های غذایی درون آب می‌شوند. همچنین بعضی از همبندها خاصیت چسبندگی داشته و در واقع

ذرات غذایی مختلف را به هم 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). ماکرو جلبک‌ها در جیره نقش همبند را ایفا می‌کنند. Cruz_Suarez و همکاران (۲۰۰۰)، از جلبک *Macrocystis pyrifera* به عنوان همبند در رژیم غذایی میگوی وانامی استفاده کردند و به نتایج قابل قبولی دست یافتند. ماکرو جلبک‌ها 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 قابل توجهی 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 ماکرو جلبک گراسیلاریا در پایداری پلت‌های غذایی تأثیر مثبتی نسبت به تیمار شاهد بدون ماکرو جلبک 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 تیمار GL15 مشاهده شد. این اثر منفی ممکن است به دلیل استفاده از سطوح بالای پودر ماکرو جلبک‌ها 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 بازده پروتئین بین تیمارهای مختلف آزمایشی اختلاف معناداری نداشتند. از مکانیسم‌های مثبت ماکرو جلبک‌ها بر روی رشد وجود ترکیباتی نظیر اسیدهای آمینه 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 به عنوان مکمل در جیره غذایی میگوی مونودون استفاده کردند. این آزمایش در طول ۶۰ 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، ۴ و ۵ 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

نشان داد که استفاده از این گونه جلبکی هیچ گونه اثر منفی بر عملکرد رشد نداشته و بهترین عملکرد رشد (شاخص های 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 منعکس کننده درصد غذای جذب شده در دستگاه گوارش است، از شاخص های مهم در بررسی جیره می باشد (Akiyama et al., 1989). این روش یک رویکرد مؤثر در ارزیابی ارزش غذایی سخت پوستان محسوب می شود (Akiyama et al., 1989; De Silva and Jones, 1997). به طور کلی، قابلیت هضم ظاهری غذا به ترکیب شیمیایی و ویژگی های 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 جیره ها 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 به طور معناداری بالاتر بود. شاخص های پروتئین و چربی هضمی در بین تیمارها اختلاف معناداری نشان دادند. در بین جیره های مکمل شده با گراسیلاریا بالاترین میزان پروتئین و چربی هضمی در تیمار GL10 مشاهده شد. در زمینه تأثیرهای ماکرو جلبک ها 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.,

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). بررسی ها نشان می دهد استفاده از سطوح مناسب *Gracilaria lemaneiformis* به عنوان مکمل در جیره غذایی باعث افزایش عملکرد رشد در میگو می شود. از طرفی تحقیقات انجام شده نشان می دهد استفاده بیش از اندازه از جلبک *G. lemaneiformis* به عنوان مکمل در جیره غذایی می تواند باعث کاهش عملکرد رشد شود (Appler, 1985; Neighbors and Horn, 1991; Soler-Vila, et al., 2006). گیاهان پلی ساکاریدهای غیرنشاسته ای متعددی دارند که وقتی این ترکیبات با آب یا مواد معدنی برخورد می کنند، باعث تغییر کاتیون ها و جذب ترکیبات حاوی آرژینیک می شوند (Brinker, 2009). این پلی ساکاریدها، معمولاً گاهی به طور طبیعی خاصیت چسبندگی دارند که همین اثر ممکن است یکی از دلایل خاصیت اثر ضد مغذی جلبک ها باشد؛ زیرا استفاده از سطوح بالاتر جلبک موجب کاهش قابلیت هضم پروتئین و چربی می شود (Francis et al., 2001). ترکیبات شیمیایی جلبک ها در گونه های متفاوت با توجه به وضعیت فیزیولوژیک و شرایط محیطی متفاوت است. به طور کلی ماکرو جلبک ها غنی از ترکیبات پلی ساکاریدی، ویتامین و مواد معدنی هستند (Mabeau and Birggs, 1993; Wong and Cheung, 2000). Funge-Smith در سال ۱۹۹۶، گزارش کردند که افزایش شاخص های رشد تا یک سطح معین و کاهش شاخص های رشد با افزایش سطح ماکرو جلبک ها به دلیل میزان بالای فیبر و خاکستر و میزان پایین پروتئین در جیره های غذایی است. در تحقیق حاضر از گونه جلبکی غالب در سواحل خلیج فارس (*G. pygmaea*) استفاده شده است، این تحقیق

گراسیلاریا، قابلیت هضم مواد مغذی را به طور معناداری تحت تأثیر قرار داد. با افزایش میزان ماکروجلبک‌ها در جیره غذایی به دلیل وجود مواد ضد مغذی، قابلیت هضم کاهش می‌یابد (Rivera et al, 2002). استفاده از جلبک‌ها به عنوان مکمل تا سطوح معین باعث افزایش عملکرد رشد می‌شود، ولی استفاده بیش از حد آن در جیره‌های غذایی به دلیل اثر ضد مغذی آنها باعث کاهش عملکرد رشد و کاهش قابلیت هضم پروتئین و چربی می‌گردد (Francis et al., 2001). Funge- و Birggs. (1996) 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 مواد مغذی با افزایش سطوح ماکروجلبک‌ها می‌تواند افزایش میزان فیبر باشد که این فیبر باعث افزایش سرعت عبور مواد مغذی در دستگاه گوارش و در نتیجه کاهش فرصت جذب مواد مغذی 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 تحت تأثیر میزان جلبک گراسیلاریا قرار دارد. از طرفی قابلیت هضم ظاهری مواد و درصد مواد مغذی هضمی نیز تحت تأثیر 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

(2008). اثرهای مثبت ماکروجلبک‌ها به دلیل 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* به عنوان مکمل در دو سطح ۲ و ۴ 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 ۲۰۰۶ از پودر دو جلبک *sargassum spp.* و *M.pyrifera* به عنوان مکمل در جیره غذایی میگوی وانامی در ۴ سطح مختلف استفاده کردند که قابلیت هضم در همه تیمارها نسبت به تیمار شاهد کمتر به دست 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 به وسیله عوامل زیادی مانند حضور آنزیم‌های بازدارنده در جیره، فرمول‌های نامناسب غذایی و یا حضور پروتئین‌هایی که به طور فیزیکی و شیمیایی قابل دسترس نیستند، تحت تأثیر قرار گیرد (Ash, 1985). به طور کلی، 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 گزارش کرده‌اند (Sudaryono et al., 2006). این نتایج متفاوت می‌تواند به دلیل نوع و اندازه گونه و کیفیت مواد اولیه یا ترکیب جیره‌ها باشد (Sudaryono et al., 1996). در آزمایش حاضر استفاده از سطوح مختلف ماکروجلبک‌های

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 Science and 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., Romaine, 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

- 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.
- Palmeigiano, 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., Kajiwarra, 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 Acuicultura. CIVA. <http://www.civa2002.org>, 244-252.
- Rivera, G., F. Yoong, G. Riofrío, 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.

- 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 VIII. VIII symposium Internacional de Nutricion Acuicola*, Monterrey, Nuevo Leon, Mexico.
- Storebakken, T. (1985). "Binder in fish feed effect of alginate and guar gum on 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.

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 Gholami², Ebrahim Sotoudeh³, Babak Ghaednia⁴

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 than 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