University of Guilan with collaboration of Iranian Aquaculture Society

Aquatic Animals Nutrition

Vol. 9, No. 4, 2024, pages: 15-29
DOI: 10.22124/janb.2024.26240.1226

RESEARCH PAPER **OPEN ACCESS**

Effects of brown alga, *Stoechospermum marginatum* extract on growth performance, body chemical compositions and some serum biochemical parameters in grey mullet, *Mugil cephalus* (Linnaeus 1758)

Nazanin Kiani, Paria Akbary*
Department of Fisheries, Faculty of Marine Sciences, Chabahar Maritime University, Chabahar, Sistan and Baluchistan, Iran

Received 24 October 2023 Revised 17 December 2023 Accepted 19 December 2023

KEYWORDS

Mugil cephalus
Stoechospermum marginatum
Growth
Carcass quality
Biochemical compositions

ABSTRACT

Introduction: Distribution of macroscopic algae is high on the shores of the Persian Gulf and the Sea of Oman. On the other hand, sustainable and successful aquaculture depends on maintaining the health of the aquatic species and improving the breeding conditions to achieve the maximum growth in aquatic species and also reduce the costs of the production process. Researchers are looking for new and better approaches to achieve the goal of aquaculture. Using seaweed in aquaculture is expanding due to the presence of nutrients such as antioxidants, essential fatty acids (omega 3 and 6), essential amino acids, vitamins, minerals, carbohydrates and beta-carotene. Using algae in the diet of aquatic animals not only reduces the cost of feeding, but also leads to improve the efficiency of aquatic nutrition, digestion, and strengthening the immune system of fish, and by improving the efficiency of digestion, it also affects the quality of water. Given the importance of grey mullet, *Mugil cephalus* as one of the commercially important fish species and its ability to grow in earthen ponds as well as adapting to a wide range of temperature, salinity and nutritional conditions, in this research, the effect of brown algae, *Stoechospermum marginatum* extract on growth performance and some biochemical parameters in the grey mullet blood serum were studied for 60 days.

Materials and methods: The experiment was conducted in a completely randomized design with 120 grey mullet (with average weight of 9.56 ± 1.02 g) in 4 treatments and 3 replicates (n = 10 in each replicate) including: control group (T_1) without using algae extract, 5 (T_2), 10 (T_3) and 15 g (T_4) brown algae per kg of diet. In order to measure the growth performance, at the end

of the experiment, weight and length of fish were recorded. Chemical analysis of the carcass composition was carried out according to the AOAC standard method. Also, in order to determine the biochemical parameters, blood was taken from the heart using a syringe, and poured into a 2 mL- micro tube. Then, it was centrifuged at 3000 rpm for 10 min and serum was separated and stored at -70°C. Analysis of the data obtained from the measurement of growth indices, carcass composition and some biochemical parameters of blood serum in grey mullet were performed using One-way analysis of variance (ANOVA) and Duncan's multiple range comparison tests.

Results: The results showed that at the end of experiment, the highest final weigh (32.89 ± 2.74 g), the highest weight gain (292.56 ± 35.01%) the lowest food conversion ratio (0.95 ± 0.05), the highest voluntary feed intake (1.74 ± 0.42%), the highest crude protein (20.50 ± 1.29%), lowest crude lipid (6.73 ± 1.13%), the highest globulin (4.27 ± 0.12 g/dL), albumin (2.63 ± 0.18 g/dL) and total protein (6.84 ± 0.54 g/dL) were observed in T_4. In all of these parameters, T_4 showed a significant difference compared to control treatment ($p<0.05$). The lowest cholesterol and triglyceride were observed in T_3 and T_4 exhibiting a significant difference compared to the control (T1; $p<0.05$).

Conclusion: The present results suggest that diet containing 15 g/kg *Stoechospermum marginatum* extract could enhance growth, carcass quality and serum biochemical parameters in *Mugil cephalus*.

*Corresponding author: paria.akbary@gmail.com

دانشگاه گیلان با مشارکت انجمن آبزی‌پروری ایران

تغذیه آبزیان

سال نهم، شماره چهارم، دی ۱۴۰۲، صفحات ۲۹-۱۵

DOI: 10.22124/janb.2024.26240.1226

"مقاله پژوهشی"

اثر عصاره جلبک قهوه‌ای *Stoechospermum marginatum* بر عملکرد رشد، ترکیبات شیمیایی بدن و برخی فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم خون ماهی کفال خاکستری (*Mugil cephalus* Linnaeus 1758)

نازنین کیانی، پریا اکبری*

گروه شیلات، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، چابهار، سیستان و بلوچستان

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۰۲ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۹/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۲۸

چکیده

تحقیق حاضر به‌منظور بررسی اثر عصاره جلبک قهوه‌ای *Stoechospermum marginatum* بر شاخص‌های رشد و برخی فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم خون ماهی کفال خاکستری (*Mugil cephalus*) به مدت ۶۰ روز انجام شد. در این مطالعه، ۱۲۰ عدد ماهی با میانگین وزنی ۱/۰۲ ± ۹/۵۶ گرم در یک طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار آزمایشی و ۳ تکرار (با تعداد ۱۰ عدد در هر تکرار) استفاده شد که شامل گروه شاهد (T_1؛ بدون استفاده از عصاره جلبک) و تیمارهای آزمایشی ۲، ۳ و ۴ با تغذیه از عصاره جلبک به ترتیب g/kg ۵، ۱۰ و ۱۵ غذا (به ترتیب T_2، T_3 و T_4) بود. نتایج حاصله نشان داد که در پایان آزمایش، بالاترین وزن نهایی ۶/۷۴ ± ۳۲/۸۹ گرم، بیشترین میزان وزن به‌دست آمده ۳۵/۰۱ ± ۲۹۲/۵۶ گرم، کمترین ضریب تبدیل غذایی ۰/۰۵ ± ۰/۹۵، بالاترین میزان غذای دریافتی ۰/۴۲ ± ۱/۷۴٪، بیشترین میزان پروتئین لاشه ۱/۲۹ ± ۲/۵۰٪، کمترین میزان چربی لاشه ۱/۱۳ ± ۶/۷۳٪ بیشترین میزان گلوبولین g/dL ۰/۱۲ ± ۴/۲۷، آلبومین g/dL ۰/۱۸ ± ۲/۶۳ و پروتئین تام g/dL ۰/۵۴ ± ۶/۸۴ در تیمار حاوی g/kg ۱۵ عصاره جلبک (T4) مشاهده شد که نسبت به گروه شاهد دارای تفاوت معنی‌دار بود ($p<0/05$). کمترین میزان کلسترول و تری‌گلیسرید در تیمارهای حاوی g/kg ۱۰ و ۱۵ عصاره جلبک (T_3 و T_4) مشاهده شد که با گروه شاهد دارای تفاوت معنی‌دار بود ($p<0/05$). در مجموع، بر اساس نتایج این تحقیق، افزودن g/kg ۱۵ عصاره جلبک *Stoechospermum marginatum* به جیره غذایی ماهی کفال خاکستری برای بهبود شاخص‌های رشد، کیفیت لاشه و فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم خون در این ماهی پیشنهاد می‌شود.

کلمات کلیدی

کفال ماهی

Stoechospermum marginatum

رشد

کیفیت لاشه

پارامترهای بیوشیمیایی

نویسنده مسئول: paria.akbary@gmail.com

مقدمه

در حال حاضر آبزی‌پروری نیمی از تولیدات آبزیان جهان را به‌خود اختصاص می‌دهد و انتظار می‌رود که تا سال ۲۰۳۰ بیش از ۶۰٪ از ماهی‌های مورد استفاده برای مصرف مستقیم انسان را تولید کند (FAO, 2023). با توجه به افزایش روزافزون جمعیت و با توجه به روند کاهشی صید ماهیان از دریا، آبزی‌پروری کل افزایش تقاضای محصولات شیلاتی در آینده را تأمین می‌کند (Davis, 2015). به‌دلیل محدودیت منابع آب و زمین تمایل شدید برای روش‌های پرورش متراکم در حال گسترش است. در تولید به‌روش متراکم، حدود ۵۰٪ از هزینه‌های پرورش صرف تأمین غذای آبزیان می‌شود (Marhino et al. 2013; Lucasand Southgate, 2019).

اخیراً به درشت‌جلبک‌ها به‌عنوان یکی از عناصر غذایی با ظرفیت مناسب در آبزی‌پروری توجه شده است. اگرچه اختصاصات غذایی درشت‌جلبک‌ها مانند منابع پروتئینی گیاهان خشکی به‌خوبی شناخته نشده است، ولی ترکیب شیمیایی آن‌ها نشان می‌دهد که محتوی مقادیر کمی چربی (۲/۷-۳ g/۱۰۰g DW)، متوسط پروتئین (g/۱۰۰g DW ۱۰-۳۰)، غنی از پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای (پکتین، اسید آلژنیک، آگار و کاراگینان)، مواد معدنی و ویتامین‌ها هستند (Valente et al. 2016).

استفاده از جلبک‌های دریایی در آبزی‌پروری به‌علت داشتن مواد مغذی مانند ضداکسایش‌ها، اسیدهای چرب ضروری (امگا ۳ و ۶)، اسیدهای آمینه ضروری، ویتامین‌ها، مواد معدنی، کربوهیدرات‌ها و بتاکاروتن رو به گسترش است (Rajapakse and Kim, 2011). استفاده از آن‌ها در رژیم غذایی آبزیان نه‌تنها هزینه تغذیه را کاهش می‌دهد، بلکه منجر به بهبود کارایی تغذیه آبزیان، هضم، و تقویت دستگاه ایمنی ماهیان می‌شود (Tabarsa et al. 2012) و با بهبود کارایی هضم، کیفیت آب را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (Banerjee et al. 2010).

جلبک قهوه‌ای *Stoechospermum marginatuum* از خانواده Dictyotaceae و از شاخه Phaeophyta، همه ساله در ناحیه پایین جزر و مدی سواحل چابهار دیده می‌شود و دارای ترکیبات بیوشیمیایی و خواص منحصر به فرد است (Ragazaet al. 2015). این جلبک‌ها، حاوی ترکیبات فعال زیستی، از جمله رنگدانه‌ها، فوکوئیدان‌ها، فیکوکلوئیدها و فلوروتانن‌ها هستند. همچنین، به‌عنوان منابع غذایی انسان استفاده می‌شوند. ترکیب فیتوشیمیایی جلبک‌ها، با توجه به موقعیت جغرافیایی پراکنش، زیستگاه‌ها، بلوغ، فصول و شرایط محیطی مانند آب، دما، شوری و نور متفاوت است (Arumugama et al. 2017).

تاکنون تحقیقات زیادی در زمینه تأثیر عصاره‌های گونه‌های مختلف جلبک‌های دریایی انجام شده است (Gharanjik and Rohani Qadikolaei, 2010; Choi et al. 2015; Vizcaíno et al. 2015; Kazemi, 2016; Akbary and Shahraki, 2016). برای مثال، Akbary و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که ماهیان کفال تغذیه شده با رژیم غذایی حاوی ۱۰ mg/kg و ۱۵ عصاره جلبک قرمز (*Jania adhaerens*) منجر به بهبود فعالیت آنزیم‌های ضداکسایشی و شاخص‌های بیوشیمیایی سرم خون می‌شود و استفاده از ۱۵ mg/kg عصاره *Jania adhaerens* را در جیره غذایی ماهی کفال خاکستری توصیه کردند. Choi و همکاران (۲۰۱۵) شاخص‌های بیوشیمیایی و ایمنی و عملکرد رشد را در ماهی کفشک ماهی زیتونی (*Paralichthys olivaceus*) تغذیه شده با جلبک قرمز *Pyropia yezoensis* (مقادیر صفر، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ g/kg در جیره غذایی) به مدت ۹ ماه بررسی کردند و مشاهده کردند که کفشک ماهیان تغذیه شده با جیره غذایی حاوی عصاره جلبک، افزایش رشد، عملکرد بهتر دستگاه ایمنی بدن و افزایش سطوح اسیدهای چرب غیراشباع در کبد می‌شود. همچنین، Morshedi و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که استفاده از سطوح مختلف (۳، ۶ و ۹٪) جلبک گراسیلاریا در جیره غذایی ماهی سی‌باس آسیایی تفاوت معنی‌داری را از نظر میزان گلوکز در مقایسه با تیمار شاهد ایجاد نمی‌کند، ولی در سطح ۹٪ منجر به کاهش معنی‌دار میزان کلسترول و تری‌گلیسرید در مقایسه با دیگر تیمارها می شود.

با توجه به تقاضای موجود از طرف مرکز تحقیقات شیلاتی آبهای داخلی استان گلستان، مزارع پرورش ماهی و میگو در استان گلستان و استان های جنوبی برای پرورش، برنامه انتقال تعدادی بچه ماهی به شمال کشور (استان گلستان) و همین‌طور مولدسازی از بچه ماهی جمع‌آوری شده در چابهار با هماهنگی بخش ستادی مؤسسه در حال پیگیری است. مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور اقدامات ملی مؤثری در معرفی این گونه با محوریت مرکز تحقیقاتی شیلاتی آبهای داخلی استان گلستان با همکاری مرکز تحقیقات شیلاتی آب‌های دور چابهار داشته است. با توجه به این‌که در کشور، سواحل منطقه مکران مزیت نسبی

مناسبی برای تکثیر و تولید انواع بچه ماهی این گونه دارد، لذا برنامه‌ریزی و حمایت‌های استانی برای تحقق این امر و توسعه آبزی‌پروری این گونه ضروری به نظر می‌رسد و از آنجا که پراکنش درشت‌جلبک‌ها در سواحل خلیج فارس و دریای عمان زیاد است و از طرف دیگر، آبزی‌پروری پایدار و موفق در گروی حفظ سلامت موجود آبزی و بهبود شرایط پرورشی برای کسب بیشینه رشد آبزیان و هم‌چنین، کاهش هزینه‌های جانبی فرآیند تولید است. از این رو، محققان و پرورش‌دهندگان در پی یافتن راهکارهای نوین و بهتر برای تحقق هدف آبزی‌پروری هستند (Akbary et al. 2018). رشد سریع، کارایی تغذیه، عملکرد رشد و افزایش مقاومت در برابر بیماری‌ها از اهداف مهم صنعت آبزی‌پروری محسوب می‌شود. هدف اساسی در این راستا، این است که تا حد ممکن بازده استفاده از مواد خوراکی با به‌کارگیری مدیریتی جدید مانند فرآوری مواد خوراکی، مکمل‌سازی، جایگزینی، دستکاری فرآیندهای هضم در دستگاه گوارش و حتی بهینه‌سازی شرایط نگهداری مواد خوراکی افزایش یابد.

با توجه به اهمیت کفال ماهیان خاکستری (*Mugil cephalus*) به‌عنوان یکی از ذخایر مهم شیلاتی و قابلیت پرورش در استخرهای خاکی و قدرت سازگاری به محدوده وسیعی از دما، شوری و شرایط تغذیه‌ای (Porfarajet al. 2013; Rigi Ghazaghet al. 2017)، در این تحقیق، به بررسی اثر عصاره جلبک قهوه‌ای *Toechospermum marginatuum* بر عملکرد رشد، ترکیب لاشه و برخی فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم خون ماهی کفال خاکستری در مرکز تحقیقات شیلات آب‌های دور چابهار پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

ماهی و شرایط پرورش

۱۲۰ ماهی کفال خاکستری از مرکز تحقیقات شیلات آب‌های دور چابهار خریداری و پس از طی مرحله سازگاری به‌مدت دو هفته و اطمینان از سلامتی آن‌ها، با میانگین وزنی g ۱/۵۶ ± ۹/۵۶ و میانگین درازای ۲/۸۱ ± ۴۰/۱ سانتی‌متر شمارش، و با تراکم ۱۰ عدد به ۱۲ مخزن ۶۰ لیتری منتقل شدند. در طی دوره، فراسنجه‌هایی اندازه‌گیری شدند. به‌طور میانگین در کل دوره، درجه حرارت آب °C ۰/۵ ± ۲۸/۲، اکسیژن محلول mg/L ۰/۸۷ ± ۷/۰۱، شوری g/L ۰/۲ ± ۲۸ و pH آب ۰/۴ ± ۷/۸ بود. در طی دوره آزمایش دوره نوری به‌صورت ۱۲ ساعت تاریکی: ۱۲ ساعت روشنایی بود. روزانه ۳۰٪ آب در مخازن تعویض شد. تیمارهای مورد استفاده در تحقیق حاضر شامل تیمار شاهد بود که تنها با غذای تجاری (شرکت تعاونی تولیدی ۲۱ بیضاء، شیراز) تغذیه شدند و سه تیمار با سطوح ۵، ۱۰ و g/kg ۱۵ عصاره جلبک *S. marginatum* بودند که با سه تکرار برای هر تیمار در طی یک دوره ۶۰ روزه استفاده شدند.

تهیه جلبک *S. marginatum* و آماده‌سازی عصاره

جمع‌آوری جلبک *S. marginatum* از سواحل تیس واقع در ۵ کیلومتری بندر چابهار هنگام جزر انجام شد و پس از شناسایی، در فضای آزاد و به دور از نور مستقیم خورشید خشک و توسط دستگاه همزن برقی کاملاً به حالت پودر تبدیل شدند. ۲۰ گرم از پودر جلبک با mL ۱۰۰ آب دریا دو بار تقطیر در داخل ارلن مایر mL ۵۰۰ همراه مگنت به مدت ۱۰ دقیقه در دمای °C ۶۰ روی هیتر حرارت داده شد. سپس، محلول حاصل به مدت ۲۵ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ دور در ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ و محلول رویی با استفاده از کاغذ واتمن (شماره ۱۰) فیلتر شد. عصاره به‌دست آمده برای استفاده‌های بعدی در یخچال در دمای °C ۴ نگهداری شد (Singaravelu et al. 2007).

آماده‌سازی جیره و غذادهی به ماهیان

برای اضافه کردن سطوح مختلف مکمل به غذای کنسانتره ابتدا مقدار غذا برای کل دوره ۸ هفته برای هر تیمار محاسبه شد. سپس سطوح مشخص عصاره را در آب مقطر حل و با افشانه‌های جداگانه به سطح غذا افشانه شد. پس از ۴۸ ساعت جیره‌های خشک جمع‌آوری و در نایلون‌های مجزا در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. تیمار شاهد تنها با آب مقطر افشانه شد (Choi et al. 2015). مقدار غذای روزانه با توجه به درصد وزن بدن (توده زنده) محاسبه شد و در نوبت صبح و عصر در حد سیری در اختیار ماهیان قرار گرفت. عمل سیفون کردن به‌صورت یک روز در میان انجام، و باقی‌مانده غذایی و مدفوع ماهی‌ها از مخازن خارج شد. سنجش ترکیب شیمیایی رژیم‌های غذایی مورد آزمایش در جدول ۱ آورده شده است. زیست‌سنجی به‌منظور تعیین میزان غذا هر ۷ روز یک‌بار انجام شد.

جدول ۱ ترکیب شیمیایی رژیم‌های غذایی مورد آزمایش (AOAC, 1989)

Table 1 Chemical composition of tested diets (AOAC, 1989)

	Food diets (g/kg)			
Chemical composition (%)	0	5	10	15
Protein	51.6	51	50.6	51.6
Lipid	11.9	11	11.4	11.2
Ash	12.1	12	11.8	12.6
Moisture	6.3	5.6	5.7	6.4

زیست‌سنجی و بررسی شاخص‌های رشد و تغذیه

برای اندازه‌گیری شاخص‌های رشد، در انتهای آزمایش تمام ماهی‌های هر مخزن خارج، و وزن و درازای آن‌ها ثبت شد. با استفاده از داده‌های حاصل از زیست‌سنجی‌ها، میزان پروتئین موجود در غذا و اندازه‌گیری پروتئین لاشه، شاخص‌های رشد مانند نرخ رشد ویژه (Wahli et al. 2003)، میزان غذای دریافتی (Misra et al. 2006)، ضریب تبدیل غذایی (Lim et al. 2000)، بقا و وزن به‌دست آمده (Bai, 2001) تعیین شد.

ضریب تبدیل غذایی (FCR):

$$FCR = \text{Feed consumed} / \text{weight gain (WG)}$$

WG = وزن به‌دست آمده (g)؛ Feed consumed = غذای مصرف شده (g)

میزان غذای دریافتی (برحسب درصد وزن بدن (Body weight, BW) به ازای هر روز)(Voluntary feed intake, VFI):

$$VFI\ (\%/day) = (100 \times \text{crude feed intake} / (W_f + Wi/2)/t)$$

درصد افزایش وزن بدن (Body weight increase, BWI)

Total dry feed intake = میزان کل غذای خشک مصرفی (g)

$$WG\ (\%) = (Wf - Wi)/ Wi \times 100$$

وزن نهایی W_f(g) = وزن اولیه (گرم) =W_i

$$\text{Specific growth ratio (SGR; \%/day)} = (\text{Ln}W_f - \text{Ln } Wi) / t \times 100$$

SGR = نرخ رشد ویژه

LnWf = لگاریتم طبیعی وزن نهایی (g)؛ Ln Wi = لگاریتم طبیعی وزن اولیه (g)؛ t = دوره پرورش (day)

$$\text{Survival rate (SR; \%)} = N0 / N1 \times 100$$

Survival rate = میزان بقا؛ N0 = تعداد اولیه ماهی؛ N1 = تعداد نهایی ماهی

سنجش لاشه

برای تعیین ترکیب لاشه، در انتهای دوره آزمایش، از هر مخزن آزمایش، به‌صورت تصادفی ۳ عدد ماهی پس از تحمل ۲۴ ساعت گرسنگی، صید، و برای سنجش شیمیایی لاشه به آزمایشگاه شبکه دامپزشکی چابهار منتقل شدند. سنجش شیمیایی ترکیب لاشه بر اساس روش استاندارد AOAC انجام شد. میزان پروتئین لاشه از روش کلدال، چربی با استفاده از روش سوکسله و از طریق حل کردن چربی در اتر، رطوبت از طریق قرار دادن نمونه در دمای ۱۰۵ °C در آون (UN260, Germany)، توزین نمونه بعد از خنک شدن و خاکستر از طریق سوزاندن نمونه در کوره (FM2p، فن آزماگستر ایران) در دمای ۵۵۰ °C به‌مدت ۶ ساعت و توزین نمونه پس از خنک شدن محاسبه شدند (AOAC, 1989).

تعیین فراسنجه های بیوشیمیایی سرم خون ماهی

برای تعیین فراسنجه های بیوشیمیایی خون به‌صورت تصادفی از ۹ عدد ماهی (سه قطعه از هر تکرار) از هر تیمار پس از بیهوشی با پودر گل میخک (۲ g/kg) و خون‌گیری از قلب با استفاده از سرنگ انجام شد و خون جمع‌آوری شده از هر تکرار در میکروتیوب‌های ۲ mL ریخته شد. سپس با دور ۳۰۰۰ در دقیقه به‌مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ، سرم آن جدا و در دمای ۷۰- °C نگهداری شد (Aathi et al. 2013). سنجش کلسترول به روش کلسترول اکسیداز

(Burtis and Ashwood,1994)، تری‌گلیسرید توسط آنزیم لیپاز، گلیسرول کیناز و پراکسیداز، گلوکز به روش واکنش پراکسیداز-اکسیداز گلوگز (Trinder, 1969) و پروتئین تام به روش بیوره (Wootton, 1964)، توسط دستگاه اتوآنالایزر (PFP7, England)، با استفاده از محلول‌ها و استانداردهای مربوطه و کیت‌های تجاری (پارس آزمون، تهران) سنجش شد. غلظت پروتئین تام پلاسما با روش بیوره و غلظت آلبومین پلاسما با استفاده از رنگ بروموکروزول سبز (Bromocresol green) سنجش شد و میزان گلوبولین از کسر پروتئین و آلبومین محاسبه شد (Gornall et al. 1949).

سنجش آماری

سنجش داده‌های حاصل از اندازه‌گیری شاخص‌های رشد، و ترکیب لاشه و برخی فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم خون ماهی کفال خاکستری با استفاده از آزمون واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و آزمون مقایسه چند دامنه‌ای دانکن، در سطح احتمال ۵٪ بین تیمارهای مختلف انجام شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار SPSS 16 استفاده شد.

نتایج

شاخص‌های رشد

نتایج مربوط به شاخص‌های رشد، تغذیه و بقای تیمارهای مختلف در پایان دوره آزمایش در جدول ۲ آورده شده است.

ماهی‌ها از میانگین وزن اولیه g ۹/۳۰ به دامنه میانگین وزن نهایی g ۱۸/۸۵ الی g ۳۲/۸۹ در طی دوره ۶۰ روزه رسیدند. نتایج نشان داد که تنها اضافه کردن ۱۰ kg/g و ۱۵ عصاره جلبک *S. marginatum* به خوراک (تیمارهای T_3 و T_4) منجر به افزایش معنی‌دار میانگین وزن نهایی و میزان خوراک دریافتی در کل دوره آزمایش در مقایسه با گروه شاهد شد ($p<0/05$). همچنین، تنها تیمار T_4 کاهش معنی‌دار در ضریب تبدیل غذایی در مقایسه با گروه شاهد نشان داد ($p<0/05$). در کل دوره آزمایش، از نظر عددی بیشترین وزن نهایی و نرخ رشد ویژه در تیمار T_4 مشاهده شد. در کل دوره آزمایش، بین همه تیمارها از نظر میزان بقا اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد ($p>0/05$).

ترکیب شیمیایی لاشه

ترکیب شیمیایی لاشه ماهی کفال خاکستری در تیمارهای مختلف در پایان دوره آزمایش (روز ۶۰) در شکل ۱ نشان داده شده است. در پایان دوره، از نظر عددی بیشترین مقدار پروتئین خام (۱/۲۹ ±۲۰/۵۰٪)، خاکستر (۰/۴۳ ± ۳/۹۲٪) و رطوبت در تیمار T_4 مشاهده شد و اختلاف معنی‌دار با دیگر تیمارها نشان داد ($p<0/05$). با افزایش غلظت جلبک قهوه‌ای *S. marginatum* به جیره غذایی، میزان پروتئین و خاکستر لاشه افزایش معنی‌دار نشان داد ($p<0/05$).

جدول ۲ شاخص‌های رشد، تغذیه و بقای ماهی کفال خاکستری در تیمارهای مختلف در پایان دوره آزمایش (با ۳ تکرار) (میانگین ± خطای معیار)

Table 2 Growth, feeding and survival indicators of gray mullet in different treatments at the end of the test period (with three replications) (mean ± SE)

	S. marginatum extract in diet (g/kg)			
	Control	5	10	15
Initial weight (g)	9.30 ± 1.36	9.74 ± 1.84	9.70 ± 1.95	9.84 ± 1.65
Final weight (g)	18.85 ± 2.78^{c}	18.51 ± 3.96^{c}	26.31 ± 4.49^{b}	32.89 ± 6.74^{a}
Amount of food received (% BW/day)	0.90 ± 0.22^{c}	1.01 ± 0.26^{cb}	1.17 ± 0.29^{b}	1.74 ± 0.42^{a}
Weight gain (%)	90.04 ± 6.38^{c}	245.56 ± 29.43^{b}	234.24 ± 25.01^{b}	292.56 ± 35.01^{a}
Specific growth rate (%/day)	1.20 ± 0.97^{b}	2.02 ± 1.02^{a}	2.31 ± 0.45^{a}	2.51 ± 0.30^{a}
Food conversation rate	1.12 ± 0.00^{a}	1.08 ± 0.06^{ab}	1.07 ± 0.05^{ab}	0.95 ± 0.05^{b}
Survival (%)	98.00 ± 0.68	100 ± 0.00	100 ± 0.00	100 ± 0.00

Dissimilar letters in each row indicate significant differences between different treatments ($p<0.05$).

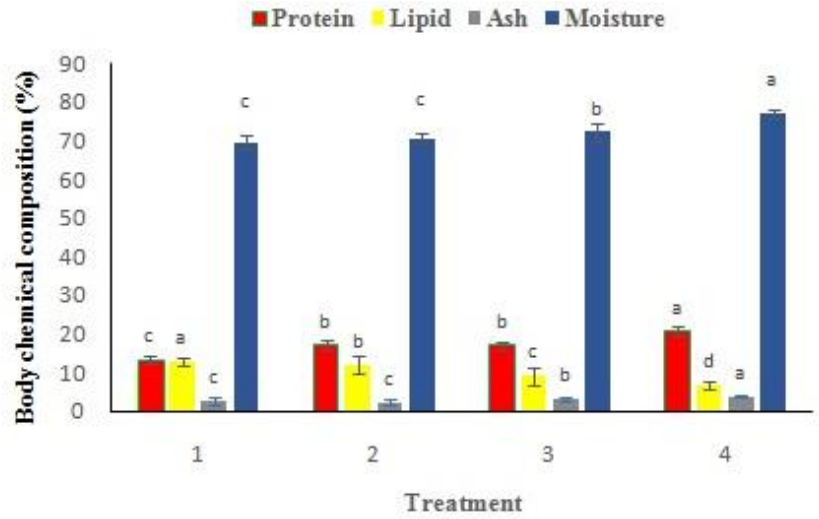

Figure 1 Mean and standard error of the chemical composition of carcasses of grey mullet in different treatments at the end of the test period (day 60, with three replications). Unlike letters in each column indicate significant differences between different treatments

شکل ۱ میانگین و خطای استاندارد ترکیب شیمیایی لاشه تیمارهای مختلف در پایان دوره آزمایش (روز۶۰، با سه تکرار). حروف نامشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف است.

فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون

پروتئین تام، گلوبین و آلبومین سرم خون ماهی کفال خاکستری

تغییرات میانگین میزان پروتئین تام، گلوبین و آلبومین سرم خون ماهی کفال خاکستری در تیمارهای مختلف در پایان دوره آزمایش (روز ۶۰) در شکل ۲ نشان داده شده است. میزان پروتئین تام در تیمارهای تغذیه شده با عصاره جلبک *S. marginatum* افزایش معنی‌دار در مقایسه با تیمار شاهد نشان دادند ($p<۰/۰۵$). بیشترین میزان پروتئین تام در تیمار T_4 مشاهده شد که اختلاف معنی‌دار با بقیه تیمارهای تغذیه شده با عصاره جلبک *S. marginatum* و گروه شاهد نشان داد ($p<۰/۰۵$). بین تیمارهای تغذیه شده با سطوح مختلف عصاره جلبک نیز از نظر میزان پروتئین تفاوت معنی‌دار مشاهده شد ($p<۰/۰۵$). بیشترین میزان گلوبولین در تیمار T_4 مشاهده شد که اختلاف معنی‌دار با دیگر تیمارهای تغذیه شده با عصاره جلبک *S. marginatum* و گروه شاهد نشان داد ($p<۰/۰۵$). در حالی‌که بین گروه شاهد و T_2 این اختلاف معنی‌دار نبود ($p>۰/۰۵$). کمترین میزان گلوبولین در گروه شاهد و T_2 مشاهده شد. بیشترین میزان آلبومین نیز در تیمار T_4 مشاهده شد که اختلاف معنی‌دار با بقیه تیمارها نشان داد ($p<۰/۰۵$) و بین تیمارهای T_2 و گروه شاهد این اختلاف معنی‌دار نبود ($p>۰/۰۵$).

گلوکز، تری‌گلیسرید و کلسترول سرم خون ماهی کفال خاکستری

تغییرات میانگین میزان گلوکز، تری‌گلیسرید و کلسترول سرم خون ماهی کفال خاکستری در تیمارهای مختلف در پایان دوره آزمایش (روز ۶۰) در شکل ۳ نشان داده شده است. میزان گلوکز در تیمارهای تغذیه شده با سطوح مختلف عصاره جلبک *S. marginatum* کاهش معنی‌داری را در مقایسه با تیمار شاهد نشان دادند ($p<۰/۰۵$). کمترین میزان گلوکز در تیمار T_2 مشاهده شد که اختلاف معنی‌دار با گروه شاهد نشان داد ($p<۰/۰۵$). بین تیمارهای T_2 و T_3 از نظر میزان گلوکز تفاوت معنی‌دار مشاهده شد ($p<۰/۰۵$). بیشترین میزان تری‌گلیسرید در گروه شاهد مشاهده شد که اختلاف معنی‌دار با دیگر تیمارها نشان داد ($p<۰/۰۵$). میزان تری‌گلیسرید در تیمار T_2 کاهش معنی‌دار در مقایسه با دیگر تیمارها نشان داد ($p<۰/۰۵$). میزان تری‌گلیسرید در تیمارهای T_3 و T_4 افزایش معنی‌دار در مقایسه با تیمار T_2 نشان داد ($p<۰/۰۵$). کمترین میزان کلسترول نیز در تیمار T_2 مشاهده شد که اختلاف معنی‌دار با بقیه تیمارها نشان داد ($p<۰/۰۵$). بیشترین میزان کلسترول در گروه شاهد مشاهده شد که اختلاف معنی‌دار در مقایسه با دیگر تیمارها نشان داد ($p<۰/۰۵$)، در حالی‌که بین تیمارهای T_3 و T_4 این تفاوت معنی‌دار نبود ($p>۰/۰۵$).

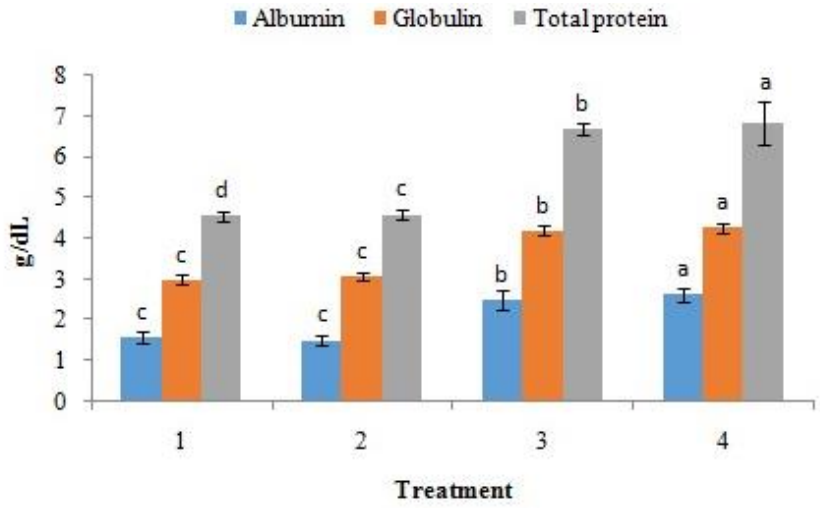

Figure 2 Mean and standard error of total protein, globulin and albumin of grey mullet in different treatments at the end of the experimental period (day 60, with three replications). Unlike letters in each column indicate significant differences between different treatments

شکل ۲ میانگین و خطای استاندارد پروتئین تام، گلوبین و آلبومین ماهی کفال خاکستری در تیمارهای مختلف در پایان دوره آزمایش (روز۶۰، با سه تکرار). حروف نامشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف است.

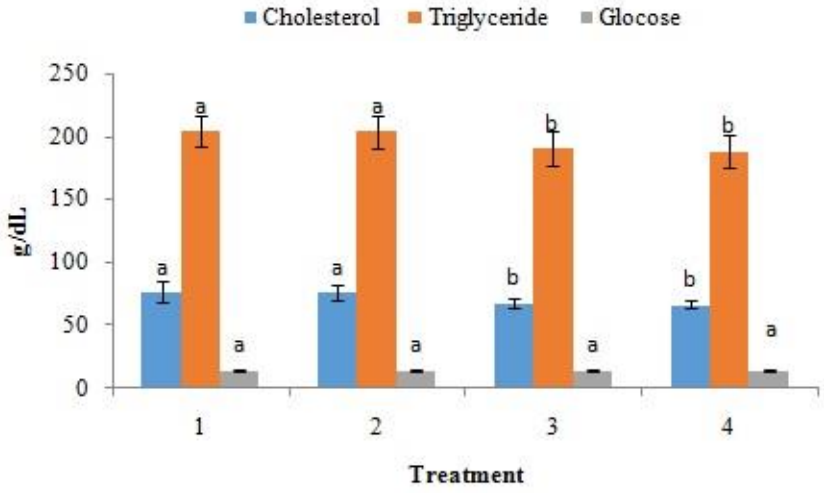

Figure 3 Mean and standard error of glucose, triglyceride and cholesterol levels of grey mullet in different treatments at the end of the experimental period (day 60, with three replications). Unlike letters in each column indicate significant differences between different treatments

شکل ۳ میانگین و خطای معیار میزان گلوکز، تری‌گلیسیرید و کلسترول کفال خاکستری در تیمارهای مختلف در پایان دوره آزمایش (روز ۶۰، با سه تکرار). حروف نامشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف است.

بحث

به منظور توسعه پایدار آبزی‌پروری و استفاده از ترکیبات دوست‌دار طبیعت، تحقیقات زیادی درباره استفاده از عصاره و پودر درشت- و ریزجلبک‌ها در تغذیه آبزیان انجام شده است. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که بیشترین میانگین وزن نهایی، وزن به‌دست آمده و میزان غذای دریافتی در تیمار حاوی ۱۵ g/kg عصاره جلبک *S. marginatum* مشاهده شد و کاهش معنی‌دار در ضریب تبدیل غذایی در مقایسه با گروه شاهد نشان داد. Choi و همکاران (۲۰۱۵) شاخص‌های بیوشیمیایی و ایمنی و عملکرد رشد را در ماهی کفشک ماهی زیتونی تغذیه شده با جلبک *Pyropia yezoensis* (مقادیر صفر، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰/kg g عصاره جلبک) به مدت ۹ ماه بررسی کردند و مشاهده کردند که در این تحقیق افزایش رشد و کارایی غذایی در ماهیان تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی بجز تیمار ۲۰ g وجود داشته است. Akbary و Shahraki

(۲۰۱۶)، اثر عصاره جلبک پادینا *Padina astraulis* را بر رشد، تغذیه، اسیدهای چرب و ترکیب شیمیایی لاشه ماهی کفال خاکستری بررسی کردند. بر اساس نتایج این تحقیق، افزودن g/kg ۱۵ عصاره جلبک به جیره ماهی کفال خاکستری برای بهبود شاخص‌های رشد، تغذیه، کیفیت لاشه و افزایش اسیدهای چرب چندزنجیره‌ای در این ماهی را پیشنهاد کردند که با نتایج حاصل از تحقیق حاضر همخوانی داشت. به‌نظر می‌رسد که وجود عصاره جلبک در جیره‌های غذایی منجر به ذخیره انرژی متابولیک به‌منظور رشد می‌شود (Stadtlander et al. 2013). می‌توان گفت هر گروه درشت‌جلبکی طیف پلی‌ساکاریدهای منحصربه‌فرد خودش را تولید می‌کند که در نتیجه، می‌تواند بر بازدهی هضم مواد مغذی در معده ماهی اثر بگذرد (Sinha et al. 2011). به‌همین‌ترتیب، تغییرات حاصل از مصرف مواد مغذی توسط ماهی و پاسخ فیزیولوژیک (برای مثال رشد، سلامت و کیفیت عضله) آن ممکن است با یک گونه درشت‌جلبک بهبود پیدا کند، اما به دلیل تغییرات موجود در محتوا و ترکیب پلی‌ساکاریدها، استفاده از گونه دیگری از جلبک چنین نتیجه‌ای نداشته باشد. همچنین، دیگر ترکیبات، یعنی ترکیبات فنولیک موجود در جلبک‌های دریایی نیز می‌توانند بر طعم خوب کلی محصول نهایی اثر بگذارند. همچنین، می‌توان گفت که ترکیبات فنولیک موجود در جلبک‌های دریایی مورد تحقیق، در غلظت بالا می‌تواند منجر به تقویت دیواره موکوسی روده و در نهایت افزایش میزان جذب مواد غذایی در روده شود. این امر منجر به افزایش کارایی مصرف غذا و در نهایت، افزایش رشد می‌شود (Akbary and Debashi, 2019). مطالعات متعدد گزارش داده‌اند که افزایش گنجاندن مقادیر جلبک دریایی (گونه‌های اولوا، *Eucheuma denticulatum* و *Gracilaria lemaeneiformis*) هیچ تأثیر ظاهری بر طعم کلی خوراک آزمایشی ندارد (Marinho et al. 2013). با وجود این، افزایش میزان اضافه کردن *Ulva lactuca* در خوراک گربه‌ماهی آفریقایی (*Clarias gariepinus*)، کاهش طعم خوب غذا و رشد ماهی را در مقادیر ٪۲۰ جلبک نشان داد (Abdel-Warith et al. 2015) که با تحقیق حاضر همخوانی ندارد. لذا نیاز به تحقیق بیشتری در خصوص بررسی اثر سطوح مختلف عصاره‌های گونه‌های مختلف جلبک دریایی بر عملکرد رشد و تغذیه گونه‌های مختلف ماهی است. دلیل مغایرت نتایج را می‌توان ناشی از اختلاف در گونه‌های مورد آزمایش، غلظت عصاره، ترکیب رژیم غذایی، مدیریت پرورشی و نوع عصاره دانست (Akbary and Debashi, 2019).

با افزایش غلظت جلبک *S. marginatum* به جیره غذایی، میزان پروتئین، خاکستر و رطوبت خام لاشه افزایش معنی‌دار نشان داد، در حالی‌که از نظر میزان رطوبت و خاکستر بین تیمار ۵ و g/kg ۱۰ این اختلاف مشاهده شده معنی‌دار نبود. Akbary و (۲۰۱۶) Shahraki نشان دادند که با افزایش غلظت جلبک پادینا به جیره غذایی، میزان پروتئین لاشه افزایش معنی‌دار نشان می‌دهد. Younis و همکاران (۲۰۱۸) با بررسی اثر جلبک قرمز *Gracilaria arcuate* به‌عنوان مکمل غذایی بر عملکرد رشد و ترکیب بدن تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) گزارش کردند که تیمار تغذیه شده با رژیم غذایی ٪۲۰ جلبک به‌طور قابل توجهی عملکرد رشد بالاتری نسبت به دیگر تیمارها (۴۰ و ٪۶۰) نشان داد. از طرفی، اختلاف معنی‌دار بین ضریب تبدیل غذایی تیمار تغذیه شده با رژیم غذایی ٪۲۰ جلبک و شاهد وجود نداشت. همچنین، وجود گراسیلاریا به عنوان بخشی از غذا در رژیم‌های غذایی سبب افزایش محتوای رطوبت، پروتئین و خاکستر در عضله لاشه و کاهش سطح چربی شد. Akbary و Debashi (۲۰۱۹) نشان دادند که ماهی کفال خاکستری تغذیه شده با عصاره جلبک قرمز جانیا بیشترین میزان پروتئین خام، رطوبت لاشه و کمترین میزان چربی در گروه حاوی g/kg ۱۵ عصاره جلبک جانیا مشاهده شد که با تحقیق حاضر همخوانی داشت. Choi و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که اضافه کردن g/kg ۲۰ عصاره جلبک قرمز (*Pyropia yezoensis*) منجر به افزایش معنی‌دار میزان چربی خام در کفشک ماهی زیتونی در مقایسه با گروه شاهد شد، اما بین غلظت‌های مختلف عصاره جلبک قرمز اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد که با نتایج حاصل از تحقیق حاضر همخوانی نداشت. در صورتی‌که از نظر عددی میزان پروتئین خام در تیمار حاوی g ۲۰/kg عصاره جلبک قرمز افزایش یافت، اما اختلاف معنی‌داری با گروه شاهد نشان نداد که با نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر مطابقت ندارد. می‌توان گفت که وجود عصاره جلبک در جیره‌های غذایی باعث شده تا در فرآیند سوخت و ساز، پروتئین مسیر اصلی خود یعنی مسیر ساخت بافت‌زا طی کرده و به شکل پروتئین ذخیره شود (Akbary and Sharaki, 2016). همچنین، احتمالاً

استفاده از عصاره جلبک *S. marginatum* منجر به تنظیم واکنش‌های هورمونی در سوخت و ساز چربی شده که در نهایت منجر به سوخت و ساز ذخایر چربی برای تأمین انرژی مورد نیاز بدن شده است. در هر صورت تفاوت فیزیولوژیک بین گونه‌های مختلف ماهی، گونه درشت-جلبک، نوع عصاره و میزان غلظت آن عواملی هستند که می‌توانند در میزان رشد و کیفیت لاشه موجودات تاثیرگذار باشند (Akbary and Sharaki, 2016).

نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان داد که بیشترین میزان آلبومین، گلوبولین و پروتئین تام در تیمار حاوی g/kg ۱۵ عصاره جلبک مشاهده شد. Farhoudi و همکاران (۲۰۱۶) با بررسی تأثیر جایگزینی نسبی آرد ماهی با جلبک قرمز دریایی *Gracilaria pygmaea* بر عملکرد رشد، شاخص‌های خونی و بیوشیمیایی سرم خون ماهی باس دریایی آسیایی *Lates calcarifer* به این نتیجه رسیدند که جایگزینی منبع گران آردماهی با درشت‌جلبک قرمز گراسیلاریا در جیره غذایی ماهی گوشت‌خوار باس دریایی آسیایی تأثیر منفی بر شاخص‌های رشد و ایمنی ندارد، حتی موجب بهبود برخی از شاخص‌های رشد و فراسنجه‌های خونی و بیوشیمیایی سرم خون در سطح جایگزینی ۶٪ می‌شود. مقادیر آلبومین در تیمار گراسیلاریای ۶٪، پروتئین کل، تری‌گلیسرید و کلسترول در تیمار گراسیلاریای ۳٪، پایین‌ترین سطح را داشته و گلوکز در بین تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌دار نشان نداد. Akbary و همکاران (۱۳۹۸) گزارش کردند که بیشترین میزان پروتئین و گلوبولین در تیمارهای حاوی سطوح مختلف عصاره جلبک مشاهده شد و اختلاف معنی‌دار از این نظر با گروه شاهد نشان دادند. Choi و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که اضافه کردن g/kg ۱۵ و ۲۰ عصاره جلبک قرمز به افزایش معنی‌دار میزان پروتئین تام در سرم خون کفشک ماهی زیتونی در مقایسه با تیمار شاهد شد که با نتایج حاصل از تحقیق حاضر همخوانی داشت. می‌توان گفت که ترکیبات زیست فعال موجود در جلبک *S. marginatum* احتمالاً می‌توانند با افزایش میزان گلوبولین و پروتئین تام سرم خون نقش مهمی در افزایش دستگاه ایمنی غیراختصاصی (با تولید ایمونوگلوبولین) و سلامت ماهی ایفا کنند (Morshedi et al. 2017). از طرفی می‌توان افزایش آلبومین سرم خون در این تحقیق را می‌توان نتیجه پاسخ به افزایش انتقال اسیدهای چرب از بافت‌ها برای فرآیند اکسایش دانست که سبب تولید بیشتر پروتئین و صرفه‌جویی در مصرف پروتئین توسط بتا اکسیداسیون اسیدهای چرب شده است (Aathi et al. 2013).

جلبک‌های دریایی در خوراک آبزیان فقط نقش فراهم کردن مواد مغذی ضروری را ندارند. معمولاً این جلبک‌ها در محتویات خوراک‌های متداول مثل آرد ماهی و آرد دانه سویا یافت می‌شوند. ماتریکس کمپلکس ترکیبات زیست فعال موجود در جلبک‌های دریایی ممکن است پاسخ‌هایی را فراتر از افزایش‌های عملکردی رشد انبوه در ماهی‌ها تحریک کند و توان بالقوه این ترکیبات ممکن است تغییرات فیزیولوژیک به‌دنبال داشته باشد که اثر مثبت یا منفی بر ماهی دارند (Akbary et al. 2020). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که میزان تری‌گلیسرید و کلسترول سرم خون ماهی کفال خاکستری در تیمارهای حاوی ۱۰ و g/kg ۱۵ عصاره جلبک در کاهش معنی‌دار در مقایسه با تیمار شاهد دارد که با نتایج به دست آمده از تحقیق صورت گرفته بر روی عصاره جلبک پادینا (Akbary and Sharaki, 2016)، جلبک سبز (*U. rigida*) (Akbary et al. 2020) و عصاره جلبک قرمز (*J. adhaerens*) (Akbary et al. 2019) بر روی ماهی کفال خاکستری همخوانی داشت. به همین ترتیب، گنجاندن تغذیه‌ای جلبک گراسیلاریا (*Gracilaria pulvinata*) تا مقدار ۹٪ در خوراک ماهی باس آسیایی نیز مقادیر تری‌گلیسریدها و کلسترول سرم را کاهش داد (Morshedi et al. 2018). Plaza و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش کردند که فوکوسترول‌های موجود در جلبک‌هایی نظیر *Himantha liaelongate*، *Undaria pinnatifida*، *Chondus*، *Cystoseira* spp.، *Ulva* spp.، *crispus*، *Phorphyra* spp. منجر به کاهش سطح کلسترول سرم خون شد. محققان پیشنهاد کرده‌اند که وجود محتوای فیبر محلول بالا یا اسیدهای چرب n-۳ در این تغییرات نقش دارد (Akbary et al. 2020).

Morshediو همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که استفاده از سطوح مختلف (۳، ۶ و ۹٪) جلبک گراسیلاریا در جیره غذایی ماهی سی باس آسیایی تفاوت معنی‌داری را از نظر میزان گلوکز در مقایسه با تیمار شاهد ایجاد نکرد. همچنین Ragaza و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که استفاده از جلبک قرمز *Eucheuma denticulatum* در جیره غذایی کفشک ماهی ژاپنی تأثیر معنی‌دار بر میزان گلوکز سرم خون ایجاد نکرد که با تحقیق حاضر همخوانی نداشت، هر چند که استفاده از سطوح مختلف جلبک گراسیلاریا

(*G. cornea*) و اولوا (*U. rigida*) در جیره غذایی ماهی شانک سرطلایی (*Sparus aurata*) منجر به کاهش معنی‌دار میزان گلوکز سرم خون شد (Younis et al. 2018). دلیل تفاوت نتایج را می‌توان به اختلاف ظرفیت استفاده گونه‌های مختلف ماهی از کربوهیدرات‌ها و یا اختلاف در ترکیب فیبر موجود در درشت‌جلبک‌ها دانست (Morshedi et al. 2018).

در کل، در تحقیق حاضر بیشترین میزان وزن نهایی، وزن به دست آمده و میزان غذای دریافتی، پروتئین خام و رطوبت در ماهی کفال خاکستری تغذیه شده با g/kg ۱۵ گرم عصاره جلبک مشاهده شد. تغییرات میانگین میزان پروتئین تام، گلوبین و آلبومین سرم خون ماهی کفال خاکستری در تیمارهای حاوی ۱۰ و g/kg ۱۵ عصاره جلبک در پایان دوره آزمایش (روز ۶۰) افزایش معنی‌دار در مقایسه با گروه شاهد نشان دادند. تغییرات میانگین میزان تری‌گلیسرید و کلسترول سرم خون ماهی کفال خاکستری در تیمارهای حاوی ۱۰ و g/kg ۱۵ عصاره جلبک در پایان دوره آزمایش (روز ۶۰) کاهش معنی‌دار در مقایسه با تیمار شاهد داشت. لذا استفاده از g/kg ۱۵ گرم عصاره جلبک *S. marginatum* برای بهبود شاخص‌های رشد، ترکیب لاشه و فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم خون در تغذیه ماهی کفال خاکستری پیشنهاد می‌شود.

تشکر و قدردانی

به این وسیله از همکاری ریاست و پرسنل محترم موسسه تحقیقات شیلات چابهار و کارشناس محترم آزمایشگاه شبکه دامپزشکی چابهار تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

Aathi, K., Ramasubramanian, V., Uthayakumar, V., Munirasu, S. 2013. Effect of supplemented diet on survival, growth, hematological, biochemical and immunological responses of indian major carp *labeorohita*. International Research Journal of Pharmacology 4: 141-147.

Abdel-Warith, A.A., Younis, E.M.I., Al-asgah, N.A. 2015. Potential use of green macroalgae *Ulvala ctuca* as a feed supplement in diets on growth performance, feed utilization and body composition of the African catfish, *Clarias gariepinus*. Saudi Journal of Biology Science 23: 404-409. doi:10.1016/j.sjbs.2015.11.010

Akbary, P., Debashi, F. 2019. Evaluation of red seaweed *Jania adhaerens* J.V. Lamouroux extract as a feed additive in grey mullet, *Mugil cephalus*. Journal of Animal Environment 11: 277-282.doi: 20.1001.1.27171388.1398.11.2.35.7

Akbary, P., Debashi, F., Fadai Raeini, R. 2019. Study of blood biochemical and liver antioxidant parameters changes in grey mullet, *Mugil cephalus* fed with red seaweed *Jania adhaerens* J.V. Lamouroux extract. Iranian Scientific Fisheries Journal 28: 89-99. doi: 10.22092/ISFJ.2019.119078.

Akbary, P., Shahraki, N. 2018. Effect of *Padina atraulis* extract on growth, feed, fatty acids profile and carcass composition in *Mugil cephalus* Linnaeus, 1758. Iranian Science Fisheries Journal 25: 161-170. doi: 10.22092/ISFJ.2017.110248.

Akbary, P., Molla Zei, E., Aminikhoe, Z. 2018. Effect of dietary supplementation of *Ulva rigida* extract on several of physiological parameters of grey mullet, *Mugil cephalus* (Linnaeus). Iranian Journal of Aquatic Animal Health 4: 59-68. doi:10.29252/ijaah.4.1.59.

Akbary, P., Aminikhoei, Z. 2018. Effect of water-soluble polysaccharide extract from the green alga *Ulva rigida* on growth performance, antioxidant enzyme activity, and immune stimulation of grey mullet *Mugil cephalus*. Journal of Applied Phycology 30: 1345-1353.doi: 10.1007/s10811-017-1299-8.

Akbary, P., Sohrabzaei, Z., Aminikhoei, Z. 2020. Role of dietary inclusion of *Gracillaria arcuata* extract on growth performance and biochemical responses in grey mullet, *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758). Iranian Journal of Fisheries Science 19: 401-409. doi: 20.1001.1.15622916.2020.19.1.30.2

AOAC. 1989. Association of Official

Analytical Chemists (AOAC). Official Method of Analysis Of the Association of Official Analytical Chemists, 15thed. Association of Official Analytical Chemistry, Arlington, VA, USA.

Arumugama, P., Murugan, M., Kamalakannan, S., Murugan, K. 2017. Determination of Various Bioactive Potential of *Stoechospermum marginatum* (*C. Agardh*) Kutzing in vitro. Journal Analytical and Pharmaceutical Research 5: 145-152. doi: 10.15406/japlr.2017.05.00145

Bai, S.C. 2001. Requirements of L-ascorbic acid in a viviparous marine teleost, Korean Rock fish (*Sebaster schlegeli*) In: Ascorbic acid in aquatic organism. Dabrowski, K., (Ed.). CRC Press, 69-85.

Banerjee, K., Mitra, A., Mondal, K. 2010. Cost-effective and eco-friendly shrimp feed from red seaweed *Catenella repens* (Gigartinales: Rhodophyta). Current Biotica 8: 23-43.

Burtis, C.A., Ashwood, E.R. 1994. Tietz textbook of clinical chemistry. American Association for Clinical Chemistry. 560 p.

Choi, Y.H., Lee, B.J., Nam, T.J. 2015. Effect of dietary inclusion of *Pyropia yezoensis* extract on biochemical and immune responses of olive flounder *Paralichthys olivaceus*. Aquaculture 435: 347-353. doi: 10.1016/j.aquaculture.2014.10.010

Davis, D.A. 2015. Feed and feeding practices in aquaculture. Wood head Publishing.

Farhoudi, A., Sourinejad, I., Nafisi Bahabadi, M., Sajjadi, M. 2017. Effect of partial substitution of fishmeal by red algae *Gracilaria pygmaea* on the growth performance, hematology and serum biochemistry parameters of Asian Seabass *Lates calcarifer* (Bloch, 1790). Iranian Scientific Fisheries Journal 26: 77-89. doi: 10.22092/isfj.2017.113524

FAO. 2023. The State of World Fisheries and Aquaculture 2018. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 200 p.

Gharanjik, B.M., Rouhani Qadiklai, K. 2009. Seaweeds atlas of the coasts of Persian Gulf and Sea of Oman. Publications of Iran Fisheries Research Institute, 170 p.

Gornall, A.G., Bardawill, G.J., Parid, M.M. 1949. Method of determination protein in serum blood. Journal of Biology and Chemistry 177: 751-766.

Kazemi, M. 2015. The effect of marine macroalgae (*Saragassum boveanum*, *Polycla diamyrica*, *Cystoseira myrica*, and *Gracilariopsis persica*) as a food additive on growth performance, immune response, carcass composition, digestibility and absorption of nutrients in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). M.S thesis, Tarbiat Modares University, Faculty of Natural Resources. 68 p.

Lim, C., Klesius, P.H., Li, M.H., Robinson, E.H. 2000. Interaction between dietary levels of iron and vitamin C on growth, hematology, immune response and resistance of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) to *Edwardsiella ictaluri* challenge. Aquaculture 185: 313-327. doi:10.1016/S0044-8486(99)00352-X

Lucas, J.S., Southgate, P.C. 2019. Reproduction, life cycles and growth. Aquaculture: Farming Aquatic Animals and plants, 113-126.

Marinho, G., Nunes, C., Sousa-Pinto, I., Pereira, R., Rema, P., Valente, L.M.P. 2013. The IMTA-cultivated *Chlorophyta Ulva* spp. as a sustainable ingredient in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) diets. Journal of Applied Phycology 25: 1359-1367. doi:10.1007/s10811-012-9965-3

Misra, C.K., Kuamr, D.B., Mukherjee, S.C., Pattnaik, P. 2006. Effect of long-term administration of dietary â-glucan on immunity, growth and survival of *Labeo rohito* fingerlings. Aquaculture 255: 82-94. doi: 10.1016/j.fsi.2017.03.015

Morshedi, V., Bahabadi, M.N., Sotoudeh, E., Azodi, M., Hafezieh, M. 2018. Nutritional evaluation of *Gracilaria pulvinata* as partial substitute with fish meal in practical diets of barramundi (*Lates calcarifer*). Journal of Applied

Phycology 30: 619-628. doi: 10.1007/s10811-017-1199-y

Plaza, M., Cifuentes, A., Ibanez, E. 2008. In the search of new functional food ingredients from algae. Trends Food Science Technology 19: 31-39. doi:10.1016/j.tifs.2007.07.012

Porfaraj, V., Karami, M., Nezami, S.A., Rafiee, G.R., Khara, H., Hamidoghli, A. 2013. Study of some biological features of mullets in Iranian coasts of the Caspian Sea. Journal of Utilization Cultivating Aquatic 1: 97-110. doi:20.1001.1.2345427.1392.2.1.8.2

Ragaza, J.A., Koshio, S., Mamauag, R.E., Ishikawa, M., Yokoyama, S., Villamor, S.S. 2015. Dietary supplemental effects of red seaweed *Eucheuma denticulatum* on growth performance, carcass composition and blood chemistry of juvenile Japanese flounder, *Paraichthys olivaceous*. Aquaculture Research 46: 647-657. doi:10.1111/are.12211

Rajapakse, N., Kim, S.K. 2011. Nutritional and digestive health benefits of seaweed. Advances in Food Nutrition Research 64: 17-28. doi:10.1016/B978-0-12-387669-0.00002-8.

Rigi Ghazagh, H., Aberomand, A., Ziaienezhad, S., Akbary, P. 2017. Effect of astaxanthin on growth, body chemical composition and some blood serum biochemical indices in grey mullet, *Mugil cephalus* Linnaeus, 1758. Iranian Journal of Fisheries Sciences 26: 15-24. doi:10.22092/ISFJ.2017.113480

Singaravelu, G., Arockiamary, J.S., Kumar, V.G., Govindaraju, K. 2007. A novel extracellular synthesis of monodisperse gold nanoparticles using marine alga, *Sargassum wightii* Greville. Colloids and surfaces B: Biointerfaces 57: 97-101. doi:10.1016/j.colsurfb.2007.01.010.

Sinha, A.K., Kumar, V., Makkar, H.P.S., De Boeck, G., Becker, K. 2011. Non-starch polysaccharides and their role in fish nutrition– a review. Food Chemistry 127: 1409-1426. doi:10.1016/j.foodchem.2011.02.042.

Stadtlander, T., Khalil, W.K.B., Focken, U., Becker, K. 2013. Effects of low and medium levels of red alga nori (*Porphyrayezoensis ueda*) in the diets on growth, feed utilization and metabolism in intensively fed Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). Aquaculture Nutrition 19: 64-73. doi:10.1111/j.1365-2095.2012.00940.x

Tabarsa, M., Rezaei, M., Ramezanpour, Z., Waaland, J.R. 2012. Chemical compositions of the marine algae *Gracilaria salicornia* (Rhodophyta) and *Ulval actuca* (Chlorophyta) as a potential food source. Journal of Science Food Agriculture 92: 2500-2506. doi: 10.1002/jsfa.5659

Trinder, P. 1969. Determination of glucose in blood using glucose oxidase with an alternative oxygen acceptor. Annual Clinic Biochemistry 6: 24-27. doi:10.1177/000456326900600108

Valente, L.M., Araújo, M., Batista, S., Peixoto, M.J., Sousa-Pinto, I.,Brotas, V., Rema, P. 2016. Carotenoid deposition, flesh quality and immunological response of Nile tilapia fed increasing levels of IMTA-cultivated *Ulva* spp. Journal of Applied Phycology 28: 691-701. doi:10.1007/s10811-015-0590-9

Younis, E.S.M., Al-Quffail, A.S., Al-Asgah, N.A., Abdel-Warith, A.W.A., Al-Hafedh, Y.S. 2018. Effect of dietary fish meal replacement by red algae, *Gracilaria arcuata*, on growth performance and body composition of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. Saudi Journal of Biology Science 25: 198-203. doi: 10.1016/j.sjbs.2017.06.012

Vizcaíno, A.J., Mendes, S.I., Varela, J.L., Ruiz-Jarabo, I., Rico, R., Figueroa, F.L., Abdala, R., Moriñigo, M.Á., Mancera, J.M., Alarcón, F.J. 2015. Growth, tissue metabolites and digestive functionality in *Sparus aurata* juveniles fed different levels of macroalgae, *Gracilaria cornea* and *Ulva rigida*. Aquaculture Research 47: 3224-3238. doi: 10.1111/are.12774.

Wahli, T., Verlhac, V., Griling, P., Gabaudan, J., Aebischer, C. 2003. Influence of dietary vitamin C on the wound healing process in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) Aquaculture 225: 371-386. doi:10.1016/S0044-

8486(03)00302-8

Wootton, I.D.P. 1964. Total proteins. In King's Microanalysis in Medical Biochemistry. 4th ed., Churchill, London, 138 p.