Journal of Aquatic Ecology
ISSN Print: 2322-2751 ISSN Online: 2980-9355
Homepage: https://jae.hormozgan.ac.ir

Effect of Marine Macro Algae *(Acanthophora spicifera*) Extract on Growth Indicators and Survival Rate in Common Carp (*Cyprinus carpio*)

Seyyedeh Sara Mosharefi, Parvaneh Shoukat✉, Sadra Seyyedi

1. Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Behbahan, Iran.

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 22 January 2026
Accepted: 28 January 2026
Published: 22 June 2026

✉**Corresponding Author:**
shoukat@bkatu.ac.ir

Keywords :
Red Macroalgae,
Acanthophora spicifera,
Cyprinus carpio,
growth,
survival.

ABSTRACT

This study evaluated the effects of dietary supplementation with the red macroalgal extract *Acanthophora spicifera* on growth performance, survival, and feed utilization efficiency in common carp (*Cyprinus carpio*). Following acclimation, 144 fish with an initial mean body weight of 37 ± 0.45 g and mean length of 13 ± 0.27 cm were randomly allocated to four dietary treatments, including three experimental diets and one control, with three replicate tanks per treatment. Fish were stocked in twelve 300-L fiberglass tanks at a density of 12 fish per tank and reared for 60 days under continuous aeration. Experimental diets were supplemented with 0 (control), 100, 200, or 400 mg of *A. spicifera* extract per kg of diet. Biometric measurements were recorded at 10-day intervals throughout the experimental period. At the end of the trial, growth performance and feed utilization were assessed using mean body length, mean body weight, weight gain (WG), specific growth rate (SGR), growth rate (GR), relative growth rate (RGR), survival rate (SR), condition factor (CF), feed conversion ratio (FCR), feed efficiency/protein efficiency ratio (FE/PER), and voluntary feed intake (VFI). Dietary supplementation with 100 mg kg^{-1} *A. spicifera* extract significantly improved growth performance and feed utilization compared with the control ($p < 0.05$). Increasing the supplementation level to 200 and 400 mg kg^{-1} resulted in a progressive attenuation of these beneficial effects; nevertheless, both treatments generally maintained better performance than the control. Overall, the results indicate that dietary supplementation with *A. spicifera* extract at 100 mg kg^{-1} diet was the most effective treatment for improving growth performance and feed utilization in common carp, while maintaining high survival.

Publisher: University of Hormozgan

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Marine algae are rich sources of nutrients and bioactive compounds and have considerable potential as functional dietary supplements in aquaculture. They provide proteins, essential fatty acids, vitamins, minerals, polysaccharides, pigments, and antioxidants that may contribute to improved growth, physiological condition, and health in aquatic animals (Vijayaram *et al*., 2024). Extracts of the red macroalga *Acanthophora spicifera* contain a variety of bioactive metabolites, including polyphenols, polysaccharides, proteins, and antioxidant compounds, and have demonstrated antibacterial and immunostimulatory properties, highlighting their potential as functional feed additives (Huang *et al*., 2025). Despite increasing interest in the use of marine algae in aquaculture, information on the effects of *A. spicifera* extracts on growth performance and feed utilization in common carp (*Cyprinus carpio*) remains limited. Common carp is an economically important species widely cultured in freshwater aquaculture systems (Saikia and Das, 2009; Troca and Vieira, 2012). Therefore, this study evaluated the effects of dietary supplementation with *A. spicifera* extract at different inclusion levels on growth performance, survival, and feed utilization efficiency in common carp.

Materials and Methods

The study was conducted over 60 days in 2020 at the Aquaculture Laboratory of the Faculty of Natural Resources, Khatam Al-Anbia University of Technology, Behbahan, Iran. A total of 200 common carp (mean body weight: 37 ± 0.45 g; mean length: 13 ± 0.27 cm) were obtained from the Shahid Maleki Native Fish Conservation Center, Ahvaz. Following transportation in double-layer polyethylene bags containing approximately one-third water and two-thirds oxygen, the fish were acclimated for two weeks in a 120-L fiberglass tank. Subsequently, 144 fish were randomly allocated to four dietary treatments, including one control and three experimental groups, with three replicate tanks per treatment. Fish were stocked at 12 individuals per 300-L fiberglass tank and maintained under continuous aeration and a 12 h light:12 h dark photoperiod. The control group received a basal diet without algal extract, whereas the experimental diets were supplemented with *A. spicifera* extract at 100, 200, and 400 mg kg^{-1} diet. During the experimental period, 40% of the water was replaced daily, and tanks were siphoned to remove feces and uneaten feed. Biometric measurements were conducted at 10-day intervals. At the end of the experiment, growth and feed utilization were evaluated using mean body weight and length, weight gain (WG), specific growth rate (SGR), growth rate (GR), relative growth rate (RGR), survival rate (SR), condition factor (CF), feed conversion ratio (FCR), feed efficiency/protein efficiency ratio (FE/PER), and voluntary feed intake (VFI).

Results

Dietary supplementation with *A. spicier* extract significantly affected several growth and feed utilization parameters in common carp ($p < 0.05$). The 100 mg kg^{-1} treatment exhibited the best overall growth and feed utilization performance. The highest values of weight gain, specific growth rate, growth rate, relative growth rate, and feed efficiency, together with the lowest feed conversion ratio, were recorded in this treatment compared with the control group ($p < 0.05$). Growth rate also differed significantly between the 100 mg kg^{-1} treatment and the control and

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]

higher-dose treatments ($p < 0.05$). Increasing the extract concentration to 200 and 400 mg kg^{-1} resulted in a progressive reduction in the magnitude of the observed growth and feed utilization responses. Condition factor and survival rate did not differ significantly among treatments ($p > 0.05$), although survival was numerically highest at 100 mg kg^{-1} and lowest at 400 mg kg^{-1}. Voluntary feed intake was highest in the 200 mg kg^{-1} treatment and lowest in the 400 mg kg^{-1} and control groups; however, the difference between the 100 mg kg^{-1} treatment and the other groups was not statistically significant ($p > 0.05$).

Conclusion

Dietary supplementation with *A. spicifera* extracts at 100 mg kg^{-1} diet produced the most pronounced improvements in growth performance and feed utilization efficiency in common carp. Higher inclusion levels of 200 and 400 mg kg^{-1} resulted in progressively weaker responses, suggesting that the beneficial effects of the extract may be concentration-dependent, with diminishing responses at higher inclusion levels. The lack of significant differences in survival and condition factor indicates that the primary effects observed in this study were related to growth and feed utilization rather than these parameters. The observed responses may be associated with the bioactive properties of *A. spicifera* extracts. Previous studies have reported substantial antioxidant activity and the presence of diverse bioactive compounds in this species, including fatty acids, hydroxyl-containing compounds, alkanes, and ester derivatives, which may contribute to antioxidant and antibacterial activities (Akbar and Hasan, 2024). Samrit *et al*. (2024) reported antioxidant activity of *A. spicifera* ethanolic extract and found no cytotoxic or genotoxic effects at concentrations below 100 µg mL^{-1}. In addition, Guillén *et al*. (2024) reported the presence of compounds such as digeneaside in *A. spicifera* extracts and suggested that these compounds may contribute to the protective properties of the alga. More broadly, Liao *et al*. (2025) demonstrated that dietary seaweed supplementation improved survival, feed conversion, muscle omega-3 fatty acid content, and immune responses in shrimp. Although these findings provide biological support for the use of seaweed-derived products as functional feed additives, the specific mechanisms underlying the growth-promoting effects of *A. spicifera* extract in common carp require further investigation. Overall, the present study identifies 100 mg kg^{-1} diet as the inclusion level associated with the most favorable growth and feed utilization responses under the conditions tested.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]

بوم‌شناسی آبزیان
شاپا چاپی: ۲۷۵۱-۲۳۲۲ شاپا الکترونیکی: ۹۳۵۵-۲۹۸۰
https://jae.hormozgan.ac.ir

CC BY NC

تأثیر عصاره جلبک *Acanthophora spicifera* بر روی شاخص‌های رشد و بازماندگی ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)

سیده سارا مشرفی ، پروانه شوک✉ ،صدرا سیدی

۱. گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء (ص) بهبهان، بهبهان، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۸

تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۴/۰۱

✉ **نویسنده مسئول:**
shoukat@bkatu.ac.ir

کلیدواژه‌ها:
ماکروجلبک قرمز،
Acanthophora spicifera ,
Cyprinus carpio،
رشد،
بقاء.

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی تأثیر عصاره ماکروجلبک قرمز *Acanthophora spicifera* بر روی شاخص‌های رشد، بازماندگی و تغذیه ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) طراحی گردید. در مطالعه حاضر پس از پایان دوره سازگاری تعداد ۱۴۴ قطعه ماهی با میانگین وزنی ۰/۴۵ ±۳۷ گرم و میانگین طولی ۰/۲۷ ±۱۳ سانتی‌متر انتخاب و در یک طرح کاملاً تصادفی در سه تیمار آزمایشی و یک تیمار شاهد (هر یک با سه تکرار) در ۱۲ عدد مخزن فایبرگلاس۳۰۰ لیتری (۱۲ قطعه ماهی به ازای هر مخزن) مجهز به سیستم هوادهی دائمی توزیع گردیدند و به مدت ۶۰ روز با جیره‌های غذایی حاوی بدون عصاره جلبک (گروه شاهد)، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم عصاره جلبک به ازای هر کیلوگرم غذا مورد تغذیه قرار گرفتند. در طی دوره پرورش هر ۱۰ روز یک بار ماهیان بیومتری گردیدند. در پایان دوره پرورش برای ارزیابی کیفیت رشد و بررسی عملکرد جیره غذایی مقادیر مربوط به شاخص‌های میانگین طول ($\overline{X}_L$)، میانگین وزن ($\overline{X}_W$)، افزایش وزن (WG)، ضریب رشد ویژه (SGR)، سرعت رشد (GR)، میزان رشد نسبی (RGR)، درصد بازماندگی (SR)، فاکتور وضعیت (CF)، ضریب تبدیل غذایی (FCR)، کارآیی تغذیه (FE/PER) و میزان غذای دریافتی (VFI) محاسبه گردید. طبق نتایج حاصل افزودن عصاره جلبک قرمز به میزان۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم کارآیی خود را در جهت بهبود عملکرد شاخص‌های رشد و کارآیی تغذیه به خوبی نشان داد (p <۰/۰۵). در حالی که استفاده از غلظت‌های بالاتر این جلبک در جیره غذایی در تیمار دو و بویژه تیمار سه موجب کاهش تدریجی اثرات مثبت گردید ولی این تیمارها نیز در مقایسه با گروه شاهد عملکرد بهتری از خود نشان دادند. در مجموع بر اساس نتایج این تحقیق با توجه به اینکه تیمار یک در مقایسه با سایر تیمارها می‌تواند به نحو مطلوب‌تری موجب بهبود شاخص‌های مورد مطالعه گردد افزودن عصاره جلبک قرمز *A. spicifera* با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره غذایی ماهی کپور معمولی به منظور بهبود عملکرد شاخص‌های رشد، و تغذیه پیشنهاد می‌گردد.

ناشر: دانشگاه هرمزگان

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]

مقدمه

جلبک‌های دریایی منابع طبیعی غنی از مواد مغذی هستند که در سال‌های اخیر به‌عنوان مکمل غذایی در تغذیه آبزیان مورد توجه محققان قرار گرفته‌اند. این منابع دارای پروتئین با کیفیت بالا، اسیدهای چرب ضروری بویژه امگا-۳، ویتامین‌ها، مواد معدنی، کربوهیدرات‌ها، رنگدانه‌ها و ترکیبات زیست‌فعال هستند که می‌توانند عملکرد رشد، سلامت ایمنی و کیفیت بافت آبزیان را بهبود دهند (Vijayaram *et al*., 2024). با وجود مزایای متعدد چالش‌هایی نظیر هضم‌پذیری پایین برخی گونه‌های جلبکی، وجود ترکیبات ضد تغذیه‌ای و احتمال تجمع فلزات سنگین هم چنان مطرح می باشد. پژوهش‌های اخیر بر بهینه‌سازی فرآوری زیست‌توده جلبکی و اصلاح فرمولاسیون جیره‌ها تمرکز دارند تا این محدودیت‌ها کاهش یافته و کارآیی استفاده از جلبک‌های دریایی در آبزی‌پروری افزایش یابد (Chen *et al*., 2021; Madeira *et al*., 2022). طبق نظر محققین استفاده از جلبک‌ها به‌عنوان مکمل در آبزی‌پروری علاوه بر مزایای تغذیه‌ای مزایای زیست‌محیطی نیز دارد (Vijayaram *et al*., 2024; Hussain *et al*., 2024).

عصاره‌های آبی و اتانولی جلبک‌ها حاوی ترکیبات ضدباکتریایی می باشند و به همین جهت پتانسیل استفاده در مدیریت بیماری‌های آبزیان را دارند. ترکیبات فعال عصاره جلبک‌ها نظیر پلی‌فنول‌ها، پلی‌ساکاریدها، آنتی‌اکسیدان‌ها و پروتئین‌ها نقش مهمی در تقویت ایمنی و سلامت عمومی آبزیان ایفا می‌کنند و می‌توانند عملکرد ایمنی و آنتی‌اکسیدانی در آنها را بهبود دهند (Huang *et al*., 2025). در تحقیقات جامع اخیر اشاره شده است که عصاره یا ترکیبات حاصل از جلبک‌ها می‌توانند به صورت تقویت‌کننده رشد، بهبود ایمنی و افزایش مقاومت آنتی‌اکسیدانی در گونه‌های مختلف آبزیان تأثیرگذار باشند و به همین دلیل امروزه در صنعت آبزی پروری جایگاه ویژه‌ای را به خود اختصاص داده است. تا کنون مطالعات بسیاری در ارتباط با کاربرد آنها به عنوان مکمل در جیره غذایی آبزیان مختلف در ایران و سایر نقاط مختلف جهان صورت گرفته است . به عنوان مثال استفاده از جلبک ها به عنوان مکمل در جیره غذایی آبزیانی نظیر کپور معمولی *C. carpio* (Rahman *et al*., 2017)، قزل آلای رنگین کمان *Oncorhynchus mykiss* (Zamannejad *et al*., 2016)، گربه ماهی *Clarias sp.* (Sahara *et al*., 2017)، ماهی شنی *Holothuria scabra* (Sinsona and Juinio-Meñez, 2018)، لارو ماهی باس اروپایی *Dicentrarchus labrax* (Peralta-Sánchez *et al*., 2024)، کفشک ماهی *Paralichthys olivaceus* (Choi *et al*., 2015)، تیلاپیا نیل *Oreochromis niloticus* (Younis *et al*., 2018)، گورخرماهی *Danio rerio* (Rouhani *et al*., 2022)، میگو سفید *Penaeus vannamei* (Abbas *et al*., 2023)، میگو سفید اقیانوس آرام *Litopenaeus vannamei* (Mangott *et al*., 2020; Liao *et al*., 2025)، خیار دریایی *Apostichopus japonicus* (Anisuzzaman *et al*., 2017) و خیار دریایی گرمسیری *Holothuria scabra* (Sibonga *et al*., 2021) گزارش شده است. جلبک قرمز *A. spicifera* از رده Rhodophyceae و خانواده Rhodomelaceae می‌باشد که در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری یافت می‌شود. این گونه در سواحل خلیج فارس بویژه سواحل زیر جزر و مدی بوشهر به وفور مشاهده می‌گردد. جلبک قرمز دارای کاربردهای متنوع زیستی و صنعتی است. این گونه می‌تواند به عنوان بیوفیلتر (Chen *et al*., 2019) و منبع غذایی برای انسان (Serrano *et al*., 2025) استفاده شود. علاوه بر این دارای فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی و خواص دارویی بالقوه نیز می‌باشد (Guillén *et al*., 2024; Samrit *et al*., 2024) و برای تولید آگار نیز مناسب است (Schnoller *et al*., 2020). عصاره *A. spicifera* دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی قوی است که می‌تواند در کاهش استرس اکسیداتیو مؤثر باشد. این نتایج نشان می‌دهد که عصاره این جلبک به عنوان منبع طبیعی ترکیبات فعال زیستی در زمینه‌های بیوتکنولوژی، آبزی‌پروری و داروسازی دارای کاربردهای بسیار می‌باشد. ماهی کپور معمولی *C. carpio* متعلق به خانواده Cyprinidae می‌باشد (Chistiakov and Voronova, 2009). این ماهی یکی از مهم‌ترین گونه‌های تجاری و پرورشی در سطح جهان بویژه قاره آسیا و ایران می‌باشد (Engin and Koşan, 2025). امروزه یکی از مهم‌ترین اهداف تحقیقاتی در ارتباط با ماهی کپور معمولی ارائه راهکارهای مناسب به منظور کاهش ضریب تبدیل غذایی و افزایش رشد و هم‌چنین افزایش مقاومت در برابر انواع بیماری‌ها و آلاینده‌های زیست محیطی می‌باشد (Liu *et al*., 2024). افزایش مقاومت به بیماری‌ها از طریق رویکردهای مولکولی و استفاده از مواد افزودنی خوراکی مانند پلی‌ساکاریدها یکی از محورهای برجسته در پژوهش‌های اخیر

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]

در زمینه پرورش کپور معمولی *C.carpio* است (Liu *et al*., 2024; Jin and Liu, 2024). جلبک قرمز *A. spicifera* در سواحل جنوبی ایران بویژه بوشهر از پراکنش و تانسیل پرورشی بسیار خوبی برخوردار است. Guillén و همکاران (۲۰۲۴) به طور جامع به بررسی ترکیبات شیمیایی متابولیت‌های جنس *Acanthophora* پرداختند. آنها اظهار نمودند با توجه به اینکه این جلبک دریایی به عنوان منبع زیستی غنی شناخته شده و دارای ترکیبات زیستی متنوعی نظیر پلی‌ساکاریدها، آمینواسیدها، لیپیدها، فیتواستروژن‌ها است این ترکیبات می‌توانند به عنوان منابع مکمل‌های غذایی، ایمونومدولاتور، آنتی‌اکسیدان و کنترل‌کننده پاتوژن‌ها مورد توجه قرار گیرند. آنها عنوان نمودند که این ترکیبات می‌توانند به‌عنوان منابع ارزشمند در بخش‌های مختلف از جمله کاربردهای زیست‌فناوری، تغذیه و ایمونومدولاسیون در آبزی‌پروری مورد توجه قرار گیرند. علیرغم مطالعات بسیاری که در ارتباط با تأثیر جلبک های دریایی در آبزیان مختلف بویژه ماهیان در سراسر جهان و ایران صورت گرفته است ولی تاکنون در ارتباط با تأثیر عصاره جلبک قرمز *A. spicifera* بر روی شاخص‌های رشد، بازماندگی و تغذیه ماهی کپور معمولی *(C. carpio)* مطالعه‌ای صورت نگرفته است. با در نظر گرفتن موارد فوق و هم‌چنین با توجه به اینکه ماهی کپور معمولی از نظر آبزی‌پروری از پتانسیل بالایی برخوردار می‌باشد و در سراسر جهان به عنوان یک گونه پرورشی موفق مطرح می باشد (Jin and Liu, 2024) این تحقیق طراحی شده است. با توجه به ماهیت ترکیبات این جلبک بویژه اگر در رژیم غذایی آبزیان اعمال شود می‌تواند به عنوان یک زمینه تحقیقاتی جدید و قابل توسعه مطرح گردد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۹ در آزمایشگاه و کارگاه پرورش آبزیان دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء بهبهان به مدت ۶۰ روز انجام گرفت. به منظور انجام این پژوهش تعداد۲۰۰ قطعه ماهی با میانگین وزنی ۰/۴۵ ±۳۷ گرم و میانگین طولی ۰/۲۷ ±۱۳ سانتی‌متر از مرکز حفظ و بازسازی ذخایر ماهیان بومی شهید ملکی اهواز تهیه شد و با استفاده از کیسه‌های پلاستیکی بزرگ دو جداره پلی اتیلنی حاوی یک سوم آب و دو سوم اکسیژن به کارگاه پرورش آبزیان دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء بهبهان منتقل گردید. پس از انتقال به گارگاه پرورش آبزیان ماهیان به مدت دو هفته در یک مخزن۱۲۰ لیتری فایبر گلاس جهت سازگاری با شرایط جدید قرنطینه شدند. به منظور ضدعفونی نمودن و کاهش استرس به مخازن محلول آب نمک عاری از ید اضافه شد. هم‌چنین برای پیشگیری از شیوع بیماری از تتراسایکلین استفاده گردید. پس از پایان دوره سازگاری و اطمینان از عدم بیمار بودن ماهیان بیومتری انجام گرفت و ۱۴۴ قطعه ماهی انتخاب گردید. پس از آماده‌سازی، شستشو و ضدعفونی کردن مخازن ماهیان با طرح کاملاً تصادفی در سه تیمار آزمایشی و یک تیمار شاهد (هر یک با سه تکرار) در ۱۲ عدد مخزن فایبرگلاس۳۰۰ لیتری (۱۲ قطعه ماهی به ازای هر مخزن) مجهز به سیستم هوادهی دائمی توزیع گردیدند. در هر مخزن دوره نوری به صورت ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی رعایت گردید. در طی این دوره با توجه به شرایط کیفی آب روزانه به میزان ۴۰ درصد از آب مخازن تعویض گردید. هم‌چنین به منظور حفظ کیفیت آب و جلوگیری از تجمع مواد زائد و محصولات متابولیکی روزانه دو ساعت قبل از غذادهی نوبت اول در ساعت ۶ صبح عمل سیفون نمودن کف تانک ها انجام گرفت (Das *et al*., 2021). فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب مانند اکسیژن محلول، درجه حرارت، شوری و pH نیز به صورت روزانه توسط دستگاه مولتی پارامتر (AZ,8705، تایوان) مورد سنجش قرار گرفت. در این مطالعه میانگین اکسیژن محلول ۰/۵ ± ۶ میلی گرم در لیتر، درجه حرارت ۰/۱۴ ± ۲۳/۲ درجه سانتی گراد، شوری ۰/۱۴ ± ۸/ گرم در لیتر و pH ۰/۱۴ ±۸/۱ گزارش شده است. با توجه به شناخت از نحوه پراکنش این جلبک در نوار ساحلی بندر بوشهر ۴ سایت انتخاب شد. موقعیت سایت های نمونه‌برداری با استفاده از دستگاه موقعیت یاب ماهواره‌ای GPS مشخص گردید. هنگام جزر از هر سایت با استفاده از تور دستی ساچوک حدود هفت کیلوگرم جلبک قرمز برداشت گردید و با استفاده از کلیدهای شناسایی معتبر نظیر اطلس جلبک‌های دریایی سواحل خلیج

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]

فارس و دریای عمان (Ghoranjink, 2010) مورد شناسایی قرار گرفت. در جدول ۱- تیمارها و غلظت عصاره جلبک قرمز (mg/Kg) درماهی کپور معمولی ارائه شده است. در جدول ۲- مختصات جغرافیایی سایت های نمونه برداری ارائه شده است.

جدول ۱- تیمارها و غلظت عصاره جلبک قرمز (mg/Kg) **درماهی کپور معمولی**

تیمارهای آزمایشی	غلظت عصاره جلبک قرمز (mg/Kg)
تیمار یک	۱۰۰
تیمار دو	۲۰۰
تیمار سه	۴۰۰
تیمار چهار (گروه شاهد)	فاقد عصاره جلبک قرمز

جدول ۲- موقعیت سایت های نمونه برداری از ماکروجلبک های قرمز در بندر بوشهر

	سایت های نمونه برداری	مختصات جغرافیایی	
		عرض جغرافیایی (N)	طول جغرافیایی (E)
۱	رویروی درب پایگاه هوایی	۲۸°،۵۷´،۲۵/۲۲″	۰۵۰°،۴۸´،۴۳/۱۲″
۲	رافائل	۲۸°،۵۷´،۴۷/۸۶″	۰۵۰°،۴۸´،۴۵/۲۹″
۳	اسکله ماهیگیری جفره	۲۸°،۵۸´،۲/۹۴″	۰۵۰°،۴۹´،۳/۵۲″
٤	گمرک	۲۸°،۵۹´،۴۰/۳۴″	۰۵۰°،۴۹´،۳۳/۲۷″

جلبک‌ها پس از شستشو با آب شیرین در محیطی سر پوشیده و دور از نور مستقیم خورشید در سایه و به مدت ۱۰ روز در دمای ۱۴-۱۶ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس توسط آسیاب برقی (هاردستون، مدل GCS2700W، ساخت انگلستان) کاملاً به پودر تبدیل گردید. برای تهیه عصاره جلبک قرمز *A. spicifera* با در نظر گرفتن نسبت جلبک به حلال (۱ به ۲۰) ۱۰ گرم از پودر جلبک را وزن نموده و با ۲۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر درون یک ارلن مایر قرار داده و به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد بر روی هیتر حرارت داده شد. بعد از آن محلول حاصل با سرعت ۴۰۰۰ rpm به مدت ۲۵ دقیقه سانتریفیوژ (Z200A، Hermel، آلمان) گردید. سپس با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره یک (اندازه چشمه ۴۲ میکرومتر) محلول رویی فیلتر شد و عصاره حاصل تا زمان استفاده در جیره در یک بطری شیشه‌ای تیره در یخچال در دمای ۴- درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید (Guillén *et al.*, 2024). برای آماده‌سازی جیره غذایی تیمارهای اول، دوم و سوم عصاره جلبک قرمز به ترتیب با غلظت ۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم در آب مقطر حل و به سطح جیره غذایی اسپری گردید. برای آماده سازی جیره غذایی شاهد آب مقطر بدون عصاره جلبک بر روی جیره اسپری شده است. برای جلوگیری از حل شدن عصاره در آب و به منظور حفظ و قابلیت هضم بهتر بعد از خشک شدن جیره غذایی تیمارها در آون، بر روی آنها روغن زیتون اسپری شده است (Mohd Ali *et al.*, 2023). میزان غذادهی در حد اشتها در سه نوبت در روز در ساعت‌های ۸، ۱۳و ۱۸ در نظر گرفته شد و ماهیان به مدت ۶۰ روز با جیره‌های غذایی آزمایشی مورد تغذیه قرار گرفتند. به منظور بررسی شاخص‌های مهم رشد و تغذیه ماهیان هر ۱۰ روز یک بار بیومتری شدند. در هر بیومتری از هر مخزن ۶ قطعه ماهی از هر تکرار به صورت تصادفی مورد مطالعه قرار گرفت. در پایان دوره پرورش برای ارزیابی کیفیت رشد و بررسی عملکرد جیره غذایی مقادیر مربوط به شاخص‌های میانگین طول($\overline{X_L}$)، میانگین وزن ($\overline{X_W}$)، افزایش وزن (WG)، ضریب رشد ویژه (SGR)، سرعت رشد (GR)، میزان رشد نسبی (RGR)، درصد بازماندگی (SR)، فاکتور وضعیت (CF)، ضریب تبدیل غذایی (FCR)، کارآیی تغذیه (FE/PER) و میزان غذای دریافتی (VFI) با استفاده از رابطه های ۱۱-۱ محاسبه گردید (Hoerterer *et al.*, 2022).

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]

رابطه ۱:

میانگین طول $\bar{X}_{L=}\frac{(L1)+(L2)+(L3)+\cdots}{N}$

L= طول، N= تعداد

رابطه ۲:

میانگین وزن $\bar{X}_{W}=\frac{(W1)+(W2)+(W3)+\cdots}{N}$

W= وزن، N= تعداد

رابطه ۳:

افزایش وزن $WG\ (g) = W_f - W_i$

W_f = وزن نهایی (گرم)، Wi= وزن اولیه (گرم)

رابطه ۴:

ضریب رشد ویژه $SGR(\%.day\text{-}1)=[(LnW_f–LnW_i)/t]\times100$

W_f = وزن نهایی (گرم)، Wi= وزن اولیه (گرم)، t= طول دوره پرورش (روز)

رابطه ۵:

سرعت رشد $GR\ (g/day)= \frac{WG}{T}$

WG= افزایش وزن (گرم)، t= طول دوره پرورش (روز)

رابطه ۶:

میزان رشد نسبی $RGR\ (\%)=W_f – W_i / W_i \times100$

W_f= وزن نهایی (گرم)، Wi= وزن اولیه (گرم)

رابطه ۷:

درصد بازماندگی $SR\ (\%) = (N_t / N_0) \times 10\ 0$

N_t= تعداد ماهی‌ها در انتهای دوره آزمایش، N_0 = تعداد ماهی‌ها در ابتدای دوره آزمایش

رابطه ۸:

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]

فاکتور وضعیت $CF\ (g/cm^3)=(W_f /L^3)\times 100$

W_f= وزن نهایی (گرم)، L = طول نهایی (سانتی متر)

رابطه ۹:

ضریب تبدیل غذایی $FCR=F/(W_f-W_i)$

F = مقدار غذای مصرف شده(گرم)، W_f = وزن نهایی (گرم)، Wi= وزن اولیه (گرم)

رابطه ۱۰:

کارآیی تغذیه $FE\ (\%)=\frac{wG\times 100}{TF}$

WG= افزایش وزن (گرم)، TF = وزن غذای خشک مصرف شده (گرم)

رابطه ۱۱:

میزان غذای دریافتی $VFI\ (\%)=100\times FI/[((W_f+W_i)/2)\times t$

FI = غذای مصرف شده (گرم)، W_f= وزن نهایی (گرم)، Wi= وزن اولیه (گرم)، t= طول دوره پرورش (روز)

جهت تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نرم‌افزارهای Excel 2010 و SPSS 23 مورد استفاده قرار گرفت. نرمال بودن داده‌ها از طریق آزمون کولموگراف- اسمیرنوف بررسی گردید. آزمون Leven برای بررسی همگن بودن واریانس‌ها، آزمون تحلیل واریانس یک طرفه و پس آزمون دانکن برای بررسی مقایسه میانگین شاخص های رشد و بازماندگی در سطح اطمینان ۹۵ صورت گرفت.

نتایج

نتایج مقایسه میانگین ± انحراف معیار شاخص‌های رشد، بقاء و تغذیه ماهی کپور معمولی تغذیه شده با مقادیر مختلف عصاره جلبک قرمز *A. spicifera* در طی دوره پرورش در جدول ۳- ارائه گردیده است.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]

جدول ۳- مقایسه میانگین ± انحراف معیار شاخص‌های رشد، بقاء و تغذیه ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) تغذیه شده با مقادیر مختلف عصاره جلبک قرمز *Acanthophora spicifera*

شاخص / تیمار	100 g/kg	200 g/kg	400 g/kg	شاهد
میانگین طول نهایی (سانتی متر)	۱۵/۷۱ ± ۰/۲	۱۵/۷۷ ± ۰/۲۴	۱۵/۲۴±۰/۲۵	۱۵/۰۸ ± ۰/۲۶
میانگین وزن نهایی (گرم)	۶۰/۱۱ ± ۸/۶۱^{a}	۵۷/۶۸ ± ۹/۲۳^{ab}	۵۲/۸۷ ± ۹/۷۷^{bc}	۵۱/۴۴ ± ۱۲/۱۲^{c}
افزایش وزن بدن (گرم)	۲۲/۰۲ ± ۲/۴۹^{a}	۱۹//۰۹ ± ۱/۳۵^{ab}	۱۵/۷۸ ± ۱/۷۲^{bc}	۱۳/۵۹ ± ۴/۱۲^{c}
ضریب رشد ویژه	۰/۷۷ ± ۰/۰۶^{a}	۰/۶۶ ± ۰/۰۴^{ab}	۰/۵۸ ± ۰/۰۵^{ab}	۰/۴۹ ± ۰/۱۶^{c}
سرعت رشد	۰/۳۷ ± ۰/۰۴^{a}	۰/۳۲ ± ۰/۰۲^{ab}	۰/۲۶ ± ۰/۰۲^{bc}	۰/۲۳ ± ۰/۶۸^{c}
میزان رشد نسبی	۵۷/۸۱ ± ۶/۴۲^{a}	۴۹/۴۸ ± ۴/۰۶^{ab}	۴۲/۵۷ ± ۴/۵۸^{b}	۳۵/۹۸ ± ۸/۷^{b}
درصد بازماندگی	۱۰۰ ± ۰	۱۰۰ ± ۰	۹۴/۴۴ ±۴/۸۱	۹۷/۲۲ ± ۴/۸۱
فاکتور وضعیت	۱/۵۵ ± ۰/۰۲	۱/۴۸ ± ۰/۰۴	۱/۴۹ ±۰/۰۳	۱/۵ ±۱/۰۴
ضریب تبدیل غذایی	۲/۴ ± ۰/۲۴^{a}	۲/۸۳ ± ۰/۲۲^{ab}	۳/۱۳ ± ۰/۲۶^{ab}	۳/۹۱ ± ۰/۵^{a}
کارآیی تغذیه	۳/۴۹ ± ۰/۲۴^{a}	۲/۹۶ ± ۰/۲۴^{ab}	۲/۶۷ ± ۰/۲۱^{c}	۲/۲۴ ± ۰/۵۷^{c}
میزان غذای دریافتی	۶۳۰/۳۲ ± ۱۰/۶۶^{ab}	۶۵۴/۵۲ ± ۲۲/۱۱^{a}	۵۸۹/۳۹ ± ۱۶/۹۲^{b}	۶۰۰/۶۷ ± ۲۴/۶^{b}

حروف غیرهمنام در هر ردیف نشان دهنده وجود تفاوت معنی دار در بین تیمارهای مورد آزمایش است (P<۰/۰۵)

بیشترین و کمترین میزان میانگین افزایش وزن، شاخص‌های ضریب رشد ویژه، سرعت رشد، رشد نسبی، کار آیی تغذیه به ترتیب در تیمارهای یک و گروه شاهد مشاهده گردید (p<۰/۰۵). بیشترین و کمترین میزان ضریب تبدیل غذایی به ترتیب در گروه شاهد و تیمار یک مشاهده شد (p>۰/۰۵). بیشترین و کمترین میزان سرعت رشد به ترتیب در تیمارهای یک و گروه شاهد گزارش شده است. طبق نتایج آزمون آنالیز واریانس یک طرفه ANOVA بر اساس سرعت رشد ماهیان کپور معمولی بین تیمار یک و دو با گروه شاهد و هم چنین بین تیمارهای یک و سه اختلاف معنی‌داری مشاهده شده است (p< ۰/۰۵). حداکثر و حداقل میزان فاکتور وضعیت به ترتیب در تیمار یک و تیمار دو گزارش گردید. بیشترین و کمترین میزان درصد بازماندگی به ترتیب در تیمار یک و تیمار سه مشاهده گردید. در ارتباط با فاکتور وضعیت، درصد بازماندگی و میانگین طول نهایی در تیمارهای مختلف اختلاف معنی دار مشاهده نگردید (p>۰/۰۵). بیشترین میزان غذای دریافتی در تیمار دو و کمترین میزان آن نیز به ترتیب در تیمار سه و گروه شاهد مشاهده گردید (p< ۰/۰۵).

بحث

در سال‌های اخیر تحقیقات گسترده‌ای در ارتباط با تأثیر عصاره و متابولیت‌های جلبکی مختلف در جهت بهبود رشد و بقاء آبزیان صورت گرفته است (Siddik *et al*., 2024; Liao *et al*., 2025; Weththasinghe, 2026). جلبک‌های دریایی به دلیل دارا بودن ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و ایمنی‌زا می‌توانند مقاومت آبزیان را در برابر بیماری‌ها و تنش‌های محیطی افزایش دهند. علاوه بر این استفاده از جلبک‌ها در تغذیه آبزیان نقش مهمی در افزایش پایداری زیست‌محیطی آبزی‌پروری ایفا می‌کند. زیرا وابستگی به منابع محدود شیلاتی کاهش یافته و اثرات منفی زیست‌محیطی تولید غذا کمتر می‌شود (Vijayaram *et al*., 2024). بسیاری از محققین عقیده دارند استفاده از جلبک‌هایی مانند *Spirulina*، *Chlorella*، *Nannochloropsis* و *Schizochytrium* موجب بهبود رشد، ضریب تبدیل غذایی و کیفیت اسیدهای چرب در گونه‌های مهم پرورشی شده است (Chen *et al*., 2021; Vijayaram *et al*., 2024). امروزه در پژوهش‌های آبزی‌پروری، بهینه‌سازی تغذیه و کاهش ضریب

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]

تبدیل غذایی از طریق فرمولاسیون خوراک مؤثر و تکنولوژی‌های نوین به عنوان اهداف اصلی شناخته می‌شود. به طوری که این موارد نه تنها رشد بهتر و صرفه‌جویی در منابع را تسهیل می‌کنند بلکه اثرات زیست‌محیطی تولید را نیز کاهش می‌دهند. در پژوهش‌های علمی متعدد به این نکته اشاره شده است که افزودن عصاره‌های جلبکی در تغذیه ماهیان می‌تواند باعث افزایش پاسخ‌های ایمنی، افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و بهبود مقاومت به بیماری‌ها شود. این اثر اغلب به وجود ترکیبات زیست‌فعال مانند پلی‌ساکاریدها، فنول‌ها، فلاونوئیدها و دیگر مهارکننده‌های پراکسیداسیون لیپیدها و رادیکال‌های آزاد در جلبک‌های دریایی نسبت داده شده است. هم‌چنین تأثیر مستقیم روی مسیر رشد ممکن است به نوع و غلظت عصاره و گونه آبزی بستگی داشته باشد (Siddik *et al*., 2023). جلبک‌های قرمز از جمله *Acanthophora spp.* می‌توانند به عنوان منابع غذایی مکمل برای آبزیان مورد استفاده قرار گیرند و تأثیرات متنوعی بر رشد، بقاء آبزیان و عملکرد تغذیه‌ای آنها دارند (Guillén *et al*., 2024). بررسی پروفایل شیمیایی عصاره جلبک دریایی *A. spicifera* نشان داده است که این جلبک حاوی ترکیبات زیادی با فعالیت زیستی نظیر اسیدهای چرب، گروه‌های هیدروکسیل، آلکان‌ها و مشتقات استری می‌باشد و توانایی مهار رادیکال‌های آزاد را دارد. این ویژگی آن را به یک منبع بالقوه ترکیبات ضدباکتری و آنتی‌اکسیدانی تبدیل می‌کند (Akbar and Hasan, 2024). *Guillén* و همکاران (۲۰۲۴) برای اولین بار وجود ترکیباتی مانند Digeneaside را در عصاره این جلبک گزارش نموده و عنوان کردند که ممکن است عامل فعالیت محافظتی باشد. آنها عقیده داشتند که عصاره‌های طبیعی این گونه می‌توانند به عنوان جایگزین آنتی‌بیوتیک در مدیریت بیماری‌ها در آبزی‌پروری مورد استفاده قرار گیرند. ماهی کپور معمولی (*C.carpio*) به عنوان یک گونه مناسب در پژوهش‌های علمی مورد استفاده محققین قرار می‌گیرد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد افزودن عصاره جلبک قرمز *A.spicifera* به میزان ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در جیره غذایی ماهی کپور معمولی (*C.carpio*) باعث بهبود معنی‌دار شاخص‌های رشد، بقاء و تغذیه گردید (p<۰/۰۵). در حالی که افزایش میزان عصاره در جیره غذایی این ماهی به میزان ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم منجر به کاهش سرعت رشد و ضریب رشد گردید ولی هنوز عملکرد آنها از شاهد بهتر می‌باشد. گروه شاهد کمترین عملکرد رشد و کارآیی تغذیه را دارد اما فاکتور وضعیت و بقاء آن مشابه سایر تیمارها است. در عصاره‌های آبی و اتانولی این جلبک ترکیبات زیست‌فعالی مانند سوکسینیک اسید (*succinic acid*)، فلوریدوزید (*floridoside*) و دیگنئازد (*digeneaside*) شناسایی شده‌اند که به‌عنوان ترکیبات مؤثر در فعالیت‌های ضدباکتریایی و آنتی‌اکسیدانی گزارش شده‌اند (Guillén *et al*., 2024). بیشترین و کمترین میزان میانگین افزایش وزن، شاخص‌های ضریب رشد ویژه، سرعت رشد، رشد نسبی، کارآیی تغذیه به ترتیب در تیمارهای یک و گروه شاهد مشاهده گردید (p<۰/۰۵). این یافته‌ها با مطالعات اخیر که اثرات مثبت غلظت بهینه عصاره جلبک بر رشد و عملکرد غذایی ماهیان را گزارش کرده‌اند همخوانی دارد (Sheikhzadeh *et al*., 2022; Priyatharshni *et al*., 2024). تیمار یک بهترین و گروه شاهد کمترین عملکرد را در اکثر شاخص‌های رشد و کارآیی تغذیه از خود نشان داده‌اند. افزایش شاخص‌های رشد و بقاء در تیمارهای مختلف در مطالعه حاضر می‌تواند تحت تأثیر خواص آنتی‌اکسیدانی، تحریک‌کنندگی ایمنی و رشد ترکیبات موجود در جلبک دریایی قرمز *A, spicifera* صورت گرفته باشد. به نظر می‌رسد غلظت ۱۰۰ mg/kg عصاره جلبک قرمز برای ماهی کپور بهینه بوده است. غلظت های بالاتر ممکن است کارآیی مشابه یا کمی پایین‌تر داشته باشند که معمولاً ناشی از اثر اشباع یا حساسیت سیستم گوارشی به ترکیبات فعال است. افزایش رشد و شاخص‌های غذایی احتمالاً به دلیل بهبود هضم و جذب مواد مغذی (فعالیت آنزیم‌های گوارشی افزایش یافته)، افزایش اشتها و مصرف غذا، اثر آنتی‌اکسیدانی و ایمنی‌زایی عصاره جلبک که استرس متابولیک و بیماری را کاهش می‌دهد می‌باشد. مطالعات مشابه که با مطالعه حاضر مطابقت دارد نشان داده‌اند که غلظت‌های پایین تا متوسط عصاره این جلبک بیشترین افزایش وزن و ضریب رشد ویژه را در ماهی کپور معمولی ایجاد کردند (Priyatharshni *et al*., 2024). در مطالعه Sheikhzadeh و همکاران (۲۰۲۲) به این نکته اشاره شده است که غلظت بیش از حد جلبک گاهی باعث کاهش کارآیی تغذیه می شود که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد. در این تحقیق ضریب رشد ویژه، سرعت رشد و رشد نسبی با کارآیی تغذیه یک همبستگی مثبت داشته‌اند. بنابراین می‌توانیم نتیجه بگیریم که شاخص‌های رشد یافته در تیمار یک ممکن است با کارآیی تغذیه بهبود یافته و تقویت شده ارتباط داشته باشد. یکی دیگر از دلایل آن تأثیر عصاره جلبک بر روی سوخت و ساز است. محققان بیان نموده‌اند که این جلبک‌ها می‌توانند موجب افزایش سوخت و ساز بدن شوند و به

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]

این ترتیب میزان جذب غذا و کارآیی تغذیه افزایش می‌یابد. بهبود ضریب تبدیل غذایی در تیمار یک می تواند بیانگر این موضوع باشد. بیشترین و کمترین میزان ضریب تبدیل غذایی به ترتیب در گروه شاهد و تیمار یک مشاهده شد ($p>۰/۰۵$). گروه شاهد بیشترین ضریب تبدیل غذایی و کمترین کارایی تغذیه را از خود نشان داده است به عبارت دیگر ماهیان برای افزایش وزن بیشتر غذای بیشتری مصرف نموده‌اند. تیمار یک برعکس بیشترین ضریب تبدیل غذایی و کمترین کارآیی تغذیه را بروز داده است. به نظر می‌رسد مقدار کم عصاره بیشترین تأثیر مثبت را بر جذب غذا و رشد مؤثر داشته است. این امر بیانگر افزایش کارآیی تغذیه در اثر افزودن عصاره این جلبک است. میزان ضریب تبدیل غذایی در تیمارهای دو و سه نیز بین گروه شاهد و تیمار یک ثبت شده است و با آنها اختلاف معنی داری دارد ($p<۰/۰۵$). نتایج هم‌چنین حاکی از آن است که اثر عصاره بر کارآیی تغذیه به صورت غیرخطی بوده و در غلظت های بالاتر ۱۰۰ mg/kg نتایج مشابهی ارائه نشده است. این الگو در بسیاری از مطالعات جلبک‌ها و عصاره‌های طبیعی مشاهده شده است (Muthu Krishnan and Raja , 2021; Weththasinghe *et al*., 2026). نتایج این محققین با مطالعه حاضر همخوانی دارد. در این تحقیق بیشترین و کمترین میزان سرعت رشد به ترتیب در تیمارهای یک و گروه شاهد گزارش شده است ($p< ۰/۰۵$). جلبک‌ها منبع ویتامین‌ها، عناصر معدنی، اسیدهای آمینه و پلی‌ساکاریدهای مفید هستند که می‌توانند جذب غذا را بهبود دهند، متابولیسم را تسهیل کنند، پاسخ‌های فیزیولوژیکی را تقویت کنند که همگی باعث افزایش سرعت رشد می‌شوند. ترکیبات فعال عصاره جلبکی می‌توانند استرس اکسیداتیو را کاهش دهند و سیستم ایمنی را تقویت کنند. بنابراین بدن ماهی انرژی بیشتری به رشد اختصاص می‌دهد به جای اینکه صرف پاسخ به تنش‌ها شود. اگر مقدار عصاره خیلی زیاد باشد ممکن است باعث کاهش اشتها یا اختلال در هضم شود، انرژی را صرف مسیرهای غیر رشدی مانند فعالیت ایمنی مازاد کند و موجب عدم تعادل تغذیه‌ای شود. تمام موارد فوق می‌توانند رشد را کاهش دهند. مطالعه حاضر نشان داد که مقادیر کم تا متوسط عصاره جلبک باعث افزایش رشد در ماهیان کپور معمولی می‌شود که با یافته‌های علمی در بسیاری از گونه‌های ماهی همسو است. نظیر افزایش ضریب رشد ویژه در اثر افزودن جلبک در رژیم غذایی در سطوح مناسب. هم‌چنین مشاهده کاهش نسبی رشد در مقادیر بالاتر عصاره (تیمار سه) نیز با نتایج مطالعات دیگر همخوانی دارد. غلظت دقیق و گونه خاص نقش مهمی در اثرگذاری دارد و اغلب غلظت‌های بالاتر از حد بهینه تأثیر منفی یا کمتر مطلوب نشان داده‌اند. Suryaningrum و Samsudin (۲۰۲۰) استفاده از جلبک سبز *Ulva* در رژیم غذایی تیلاپیا نیل را مورد مطالعه قرار دادند. آنها اظهار نمودند افزودن تا ۱۰ درصد *Ulva* به رژیم غذایی تیلاپیا نیل باعث تمایل به بهبود رشد و ضریب رشد ویژه گردید. هر چند در بقاء کلی اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. Seyedalhosseini و همکاران (۲۰۲۳) اثر جلبک‌های دریایی *(Gracilaria spp. and Sargassum spp.)* بر رشد، کارآیی تغذیه و پاسخ به استرس در ماهی باس دریایی آسیایی *(Lates calcarifer)* را مورد بررسی قرار دارند. این مطالعه نشان داد که افزودن مخلوط جلبک دریایی تا ۱۲ درصد در رژیم غذایی وزن نهایی، افزایش وزن و ضریب رشد ویژه را افزایش و ضریب تبدیل غذایی را کاهش داد. در حالی که بقاء تحت شرایط استرس حفظ گردید. اثر عصاره جلبک قرمز *(Gracilaria tenuistipitata)* بر رشد و سلامت تیلایا نیل *(Oreochromis niloticus)* در مواجهه با استرس گرمایی توسط Siddik و همکاران (۲۰۲۴) مورد مطالعه قرار گرفت. آنها عنوان نمودند عصاره این جلبک موجب افزایش عملکرد رشد و بهبود بهره‌وری غذایی گردید و اثرات استرس را کاهش داد. بررسی اثر جلبک *Hypnea sp.* بر رشد تیلاپیا نیل نشان داد که افزودن ۱۰ درصد از این جلبک به جیره غذایی می‌تواند موجب بهبود شاخص‌های رشد و کاهش ضریب تبدیل غذایی در تیلاپیا نیل شود (Mohammad et al., 2018).

استفاده ازجلبک *Caulerpa sp.* در تغذیه ماهی تیلاپیا نیل توسط Haini و همکاران (۲۰۲۵) مورد بررسی قرار گرفت. آنها عنوان نمودند که افزایش وزن و ضریب رشد ویژه مشاهده شد ولی در ارتباط با بقاء ماهیان اختلاف معنی داری مشاهده نگردید. نتایج مطالعه حاضر با این محققین در این زمینه همخوانی دارد. مطالعه Weththasinghe و همکاران (۲۰۲۶) نشان داد افزودن جلبک ها در رژیم غذایی به طور کلی ضریب رشد ویژه را افزایش می‌دهد. اما اثر روی ضریب تبدیل غذایی، مصرف غذا و بقاء بسته به گونه و میزان استفاده متفاوت می‌باشد. حداکثر و حداقل میزان فاکتور وضعیت به ترتیب در تیمار یک و تیمار دو گزارش گردید. شاخص فاکتور وضعیت برای ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای و سلامت آبزیان به کار می‌رود. بیشترین میزان آن در تیمار یک نشان

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]

می‌دهد که سطح پایین عصاره جلبکی وضعیت بدنی ماهی را بهتر حفظ نموده است. هم‌چنین حداقل میزان آن در تیمار دو نشان می‌دهد که افزایش غلظت عصاره تأثیر معکوس یا کاهش وضعیت فیزیولوژیک را به همراه داشته است. این الگو ممکن است به دلایل زیر ایجاد شده باشد: ۱- غیرخطی بودن پاسخ به عصاره جلبکی: برخی ترکیبات فعال موجود در جلبک‌ها در سطوح بالاتر ممکن است باعث کاهش اشتها یا هضم کمتر غذا شوند و در نتیجه شاخص وضعیت کاهش یابد. ۲- تفاوت گونه‌ای در پاسخ: همان‌طور که مطالعات پیشین نشان داده‌اند اثر مکمل‌های جلبکی روی فاکتور وضعیت وابسته به گونه ماهی و سطح مصرف می باشد. ۳- اثر بهینه در سطوح پایین: برخی تحقیقات گزارش کرده‌اند که در غلظت‌های پایین‌تر جلبک‌ها ممکن است اثرات تقویتی بیشتری بر ذخایر انرژی و وضعیت بدنی داشته باشند و سطوح بالاتر باعث کاهش یا ثبات اثر شوند. بنابراین نتایج مطالعه حاضر همسو با یافته‌های متعددی است که نشان می‌دهند تأثیر عصاره جلبکی غیرخطی و وابسته به غلظت است و همیشه افزایش مصرف به معنای بهبود شاخص وضعیت نیست (Akbari, 2019; Weththasinghe *et al*., 2026). بیشترین و کمترین میزان درصد بازماندگی به ترتیب در تیمار یک و تیمار سه مشاهده گردید. هر چند جلبک قرمز دارای ترکیبات ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی است که می‌تواند استرس و بیماری‌های احتمالی را کاهش دهد ولی نتایج حاصل نشان می‌دهد که بقاء تیمارها تحت تأثیر عصاره قرار نگرفته بود. به عبارت دیگر افزودن عصاره جلبک قرمز به جیره هیچ اثر منفی بر سلامت و بقاء تیمارها ندارد و عصاره جلبک ایمن می باشد و موجب مرگ و میر نمی‌شود. فاکتور وضعیت، درصد بازماندگی و میانگین طول نهایی در تیمارهای مختلف اختلاف معنی دار را نشان نداد (p>۰/۰۵). این نتایج نشان می‌دهد که شاخص‌های فوق تحت تأثیر عصاره قرار نگرفته بودند. اثرات مکمل‌های جلبکی در بهبود عملکرد رشد، وضعیت ایمنی و وضعیت تغذیه‌ای ماهیان بسیار وابسته به سطح به کارگیری و گونه ماهی است. در سطوح بهینه جلبک‌ها می‌توانند به رشد بهتر و بهبود متابولیک کمک کنند ولی در سطوح بالاتر یا در گونه‌های حساس ممکن است اثرات مثبت دیده نشود یا حتی منفی باشد (Siddik *et al*., 2023). بیشترین میزان غذای دریافتی در تیمار دو و کمترین میزان آن نیز به ترتیب در تیمار سه و گروه شاهد مشاهده گردید (p< ۰/۰۵). نتایج حاصل بیانگر این نکته می باشد که افزایش غلظت عصاره جلبک قرمز از ۱۰۰ به ۲۰۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم جیره غذایی موجب افزایش میزان غذای دریافتی در تیمار دو گردیده است. یکی از دلایل این امر افزایش محتوای فیبرهای پلی‌ساکاریدی در جیره غذایی تیمار دو می‌باشد که در اثر افزایش بیشتر غلظت عصاره جلبک قرمز ایجاد شده است. به این ترتیب با کاهش انرژی موجود در رژیم غذایی تیمار دو برای جبران کمبود انرژی غذای بیشتری را در مقایسه با سایر تیمارها و گروه شاهد مورد استفاده قرار داده است. محققان بسیاری در مطالعات خود به این نکته اشاره نموده‌اند که افزایش میزان غذای دریافتی یک واکنشی است که از سوی ماهیان برای جبران کمبود احتمالی مواد مغذی و رسیدن به رشد مطلوب صورت می‌گیرد (Morris *et al*., 2005). افزایش مصرف غذا در تیمار دو بیانگر اثر تحریک‌کنندگی این عصاره بر اشتهای ماهی در غلظت‌های متوسط است. جلبک‌های قرمز حاوی ترکیبات زیست‌فعال متعددی از جمله پلی‌ساکاریدها، ترکیبات فنولی و اسیدهای آمینه آزاد هستند که می‌توانند از طریق بهبود طعم‌پذیری جیره، تحریک گیرنده‌های چشایی و بویایی و نیز افزایش ترشح آنزیم‌های گوارشی آمیلاز، لیپاز، پروتئاز منجر به افزایش اشتها و مصرف غذا شوند. در مقابل کاهش میزان غذای دریافتی در تیمار سه نشان می‌دهد که غلظت‌های بالاتر عصاره ممکن است اثرات بازدارنده بر اشتها داشته باشد. این پدیده می‌تواند ناشی از تجمع بیش از حد ترکیبات فنولی یا متابولیت‌های ثانویه باشد که در غلظت‌های بالا اثرات ضدتغذیه‌ای، ایجاد استرس اکسیداتیو خفیف یا کاهش پذیرش غذا را در ماهی به دنبال دارند. با توجه به اینکه در مطالعه حاضر از عصاره آبی این جلبک استفاده شده است غلظت های بالاتر به دلیل وجود مواد ضد تغذیه‌ای در عصاره آبی جلبک ممکن است باعث این امر شده باشد و شاید عصاره الکلی این تأثیر را نداشته باشد. عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمار سه و گروه شاهد مؤید آن است که غلظت بالای عصاره نه تنها اثر مثبتی بر مصرف غذا ندارد بلکه می‌تواند کارآیی تغذیه را نیز کاهش دهد.

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد افزودن عصاره جلبک قرمز *A. spicifera* به میزان ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در جیره غذایی ماهی کپور معمولی (*C. carpio*) باعث بهبود معنی‌دار شاخص‌های رشد، بقاء و تغذیه گردید (p<۰/۰۵). در حالی که افزایش میزان

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]

عصاره در جیره غذایی این ماهی به میزان ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم منجر به کاهش سرعت رشد و ضریب رشد گردید ولی به هر حال این تیمارها نیز در مقایسه با گروه شاهد عملکرد بهتری از خود بروز دادند که بیانگر وجود اثر بهینه غلظت پایین عصاره و کاهش تدریجی کارآیی در غلظت های بالاتر عصاره است. با توجه به نتایج این مطالعه استفاده از عصاره جلبک قرمز *A. spicifera* با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره غذایی ماهی کپور معمولی *(C. carpio)* در مقایسه با غلظت های ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره غذایی ماهی کپور معمولی به عنوان یک مکمل طبیعی مؤثر در پرورش به منظور بهبود عملکرد شاخص های رشد، بقاء و تغذیه پیشنهاد می‌گردد.

حامی مالی

حمایت مالی از این پژوهش از طرف دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء (ص) بهبهان، دانشکده منابع طبیعی در قالب پژوهانه پایان‌نامه دانشجویی (نویسنده اول) انجام شده است.

References

Abbas, E. M., Al-Souti, A. S., Sharawy, Z. Z., El-Haroun, E., and Ashour, M. 2023. Impact of dietary administration of seaweed polysaccharide on growth, microbial abundance, and growth- and immune-related gene expression of the Pacific whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Life,* 13(2), 344. https://doi.org/10.3390/life13020344

Akbar and Hasan, 2024. Evaluation of Bioactive Composition and Phytochemical Profile of Macroalgae *Gracilaria edulis* and *Acanthophora spicifera* from the Banda Aceh Coast, Indonesia. *Science and Technology Asia*, 29(1), 194–207. https://doi.org/10.14456/scitechasia.2024.14

Akbari, P. 2019. The effect of supplementation of algae (*Sargassum ilicifolium*) on growth, feed and body chemical composition of the Indian mackerel (*Rastrelliger kanagurta*). *Experimental Animal Biology, 8*(2), 143–151. https://doi.org/10.30473/EAB.2019.6212

Anisuzzaman, M., Jeong, U.-C., and Feng, J. 2017. Effects of different algae in diet on growth and interleukin (IL)-10 production of juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus*. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 20, Article 24. https://doi.org/10.1186/s41240-017-0069-5

Chen, X., Gao, K., and McKinley, K. R. 2019. Dried seaweed as biosorbent and fresh seaweed as biofilter in aquaculture systems. *Peer J, 7*, e6118. https://doi.org/10.7717/peerj.6118

Chen, F., Leng, Y., Lu, Q., and Zhou, W. 2021. The application of microalgae biomass and bio-products as aquafeed for aquaculture. *Algal Research*, 60, 102541. https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102541

Chistiakov, D. A., and Voronova, N. V. 2009. Genetic evolution and diversity of common carp *Cyprinus carpio* L. *Central European Journal of Biology*, 4(3), 304-312. https://doi.org/10.2478/s11535-009- 0024-2

Choi Y.H., Lee B.J. and Nam T.J. 2015. Effect of dietary inclusion of *Pyropia yezoensis* extract on biochemical and immune responses of olive flounder *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture*, 435(4), 347– 353. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.10.010

Engin, S., and Koşan, S. 2025. A comparative assessment of global aquaculture production trends of common carp (*Cyprinus carpio*, Linnaeus, 1758) between 2002–2022. *Bulletin of Biotechnology*, 6(2), 79–84. https://doi.org/10.51539/biotech.1708836

Guillén, P. O., Rodríguez-Pesantes, D., Motti, P., Loor Mera, A., Zheng, X., Nieto Wigby, J., Sonnenholzner, S., Mangelinckx, S., Bossier, P., and Van Den Hende, S. 2024. Characterized extracts of the tropical red seaweed *Acanthophora spicifera* protect *Ostrea edulis* larvae against *Vibrio coralliilyticus*. *Aquaculture*, 580, 740282. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.740282

Ghoranjink, B. M. 2010. Atlas of Marine Algae of the Coasts of the Persian Gulf and the Sea of Oman. Iran Fisheries Research Institute Publications, 170 pages . (In Persian)

Haini, N., Lumbessy, S. Y., and Cokrowati, N. 2025. *Caulerpa sp.* seaweed meal as a nutrient-rich supplement in Tilapia *(Oreochromis niloticus)* diets. *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research,* 27(8), 89–99. https://doi.org/10.9734/ajfar/2025/v27i8979

Hoerterer, C., Petereit, J., Lannig, G., Johansen, J., Conceição, L. E. C., and Buck, B. H. 2022. Effects of dietary plant and animal protein sources and replacement levels on growth and feed performance

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]

and nutritional status of market-sized turbot *(Scophthalmus maximus)* in RAS. *Frontiers in Marine Science*, 9. https://doi.org/10.3389/fmars.2022.1023001

Huang, X., Jiang, W., and Wang, X. 2025. Beneficial effects of seaweed-derived active substances on immune modulation and antimicrobial activities. *Food and Function, 16(10)*, 8977–8990. https://doi.org/10.1039/D5FO02716K

Hussain, S. M., Bano, A. A., Ali, S., Rizwan, M., Adrees, M., Zahoor, A. F., Sarker, P. K., Hussain, M., Zubair-ul-Hassan, A., Yong, J. W. H., and Naeem, A. 2024. Substitution of fishmeal: Highlights of potential plant protein sources for aquaculture sustainability. *Heliyon*, 10, e26573. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26573

Jin, L. F., and Liu, Y. H. 2024. Molecular breeding techniques for disease resistance in common carp: Current advances and future prospects. *International Journal of Aquaculture, 14*(2), 51–61. https://doi.org/10.5376/ija.2024.14.0007

Liao, K., Zhang, L., Shi, P., Guo, J., and Xie, F. 2025. Dietary inclusion of marine microalgae meal (*Phaeodactylum tricornutum* and *Tetraselmis sp*.) for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*): Effects on growth, flesh quality, and immune responses. *Animal Feed Science and Technology*, 320, 116205. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2024.116205

Liu, W., Wang, X., and Chen, L. 2024. Optimizing feed formulations for enhanced growth and environmental sustainability in common carp aquaculture. *International Journal of Aquaculture, 14*(5), 249–256. https://doi.org/10.5376/ija.2024.14.0025

Madeira, M. S., Cardoso, C., Lopes, P. A., Coelho, D., Afonso, C., and Bandarra, N. M. 2022. Microalgae as feed ingredients for aquaculture: A review. *Aquaculture Nutrition*, 28(3), 784–810. https://doi.org/10.1111/anu.13441

Mangott, A., Nappi, J., Delli Paoli Carini, A., Goncalves, P., Hua, K., Domingos, J. A., de Nys, R., and Thomas, T. 2020. *Ulva lactuca* as a functional ingredient and water bioremediator positively influences the hepatopancreas and water microbiota in the rearing of *Litopenaeus vannamei*. *Algal Research*, 51, 102040. https://doi.org/10.1016/j.algal.2020.102040

Mohammad, M., Sultana, N., Naser, M. N., and Hoq, M. E. 2018. Growth performances of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed with seaweed (*Hypnea* sp.). *Bangladesh Journal of Fisheries, 30*(1), 19–25

Mohd Ali, N. S. M., Saad, M. Z., Azmai, M. N. A., Salleh, A., Zulperi, Z. M., Manchanayake, T., Zahaludin, M. A. D., Basri, L., Mohamad, A., and Md Yasin, I. S. 2023. Immunogenicity and efficacy of a feed- based bivalent vaccine against streptococcosis and motile Aeromonad septicemia in red hybrid tilapia *(Oreochromis sp.)*. *Animals*, 13(8), 1346. https://doi.org/10.3390/ani13081346

Morris, P.C., Gallimore, P., Handley, J., Hide, G., Haughton, P. and Black, A. 2005. Full-fat soya for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in freshwater: Effects on performance, composition and flesh fatty acid profile in absence of hind-gut enteritis. *Aquaculture*, 248(3), 147–161. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.04.021

Muthu Krishnan, S., and Raja, P. 2021. Immunostimulant effect of seaweeds in *Channa punctatus* challenged by *Aeromonas hydrophila*. *Journal of Drug Delivery & Therapeutics,* 11(4), 20–23. https://doi.org/10.22270/jddt.v11i4.494

Peralta-Sánchez, J. M., Rabelo-Ruiz, M., Martín-Platero, A. M., Vizcaíno, A. J., Flores-Moreno, S., Macías-Vidal, J., Martos-Sitcha, J. A., Alarcón-López, F. J., Baños, A., Valdivia, E., and Martínez-Bueno, M. 2024. Microalgae and phytase dietary supplementation improved growth and gut microbiota in juvenile European seabass (*Dicentrarchus labrax*). *BMC Genomics*, 25(1), Article 838. https://doi.org/10.1186/s12864-024-10760-x

Priyatharshni, A., Antony, C., Ahilan, B., Uma, A., Chidambaram, P., Ruby, P., and Prabu, E. 2024. Effect of dietary seaweed supplementation on growth, feed utilization, digestibility coefficient, digestive enzyme activity and challenge study against *Aeromonas hydrophila* of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Indian Journal of Animal Research*, 58(6), 1039–1046. https://doi.org/10.18805/IJAR.B-5295

Rahman N., Rahayu S. and Samsudin R. 2017. *Sargassum* sp. dalam pakan terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan mas (*Cyprinus carpio*). *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Biologi,*

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]

3(3)
Rouhani, E., Safari, R., Imanpour, M. R., Hoseinifar, S. H., Yazici, M., and El-Haroun, E. 2022. Effect of dietary administration of green macroalgae (*Ulva intestinalis*) on mucosal and systemic immune parameters, antioxidant defence, and related gene expression in zebrafish (Danio rerio). *Aquaculture Nutrition,* 28(6), 7693468. https://doi.org/10.1155/2022/7693468
Sahara, R. 2017. Efficiency of feed utilization and growth performance of juvenile walking catfish (*Clarias* sp.) with addition of brown algae (*Sargassum* sp.) in feed. *Jurnal Sains Teknologi Akuakultur, 1*(1), 38–46.
Saikia, S.K., and Das D.N. 2009. Feeding ecology of common carp (*Cyprinus carpio* L.) in a rice– fish culture system of the Apatani plateau (Arunachal Pradesh, India). *Aquatic Ecology*, 43(2), pp. 559–568. https://doi.org/10.1007/s10452-008-9174-y
Samrit, T., Osodprasit, S., Chaiwichien, A., Savedvanich, G., Changklungmoa, N., Kueakhai, P., Athipornchai, A., Tamtin, M., Sobhon, P., and Jaikua, W. 2024. The scavenging activity and safety effect of red marine algae *Acanthophora spicifera* ethanol extract. *Trends in Sciences*, 21(1), Article 7287. https://doi.org/10.48048/tis.2024.7287
Schnoller, V. C. G., Hernández-Carmona, G., Hernández-Garibay, E., López-Vivas, J. M., and Muñoz-Ochoa, M. 2020. Chemical characterization of soluble polysaccharides in the red alga *Acanthophora spicifera* from La Paz Bay, Baja California Sur, Mexico. *Ciencias Marinas*, 46(3), 165–176. https://doi.org/10.7773/cm.v46i3.3090
Serrano, T., López-García, I., and Martínez, B. 2025. Chemical exploration of polysaccharides, fatty acids, and antioxidants as functional ingredients from Colombian macroalgae including *Acanthophora spicifera. Molecules,* 30(16), 3333. https://doi.org/10.3390/molecules30163333
Seyedalhosseini, S. H., Salati, A. P., Mozanzadeh, M. T., and Parrish, C. C. 2023. Effects of dietary seaweeds (*Gracilaria spp*. and Sargassum spp.) on growth, feed utilization, and resistance to acute hypoxia stress in juvenile Asian seabass *(Lates calcarifer)*. *Aquaculture Reports***,** 31, 101663. https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2023.101663
Sibonga, R., Laureta, L. V., Lebata-Ramos, M. J. H., Nievales, M. F. J., and Pedroso, F. L. 2021. Single and mixed species of microalgae as larval food for the tropical sea cucumber *Holothuria scabra*. *Journal of Applied Phycology*, 33, 3103–3112. https://doi.org/10.1007/s10811-021-02512-1
Siddik, M. A. B., Francis, P., Rohani, M. F., Azam, M. S., Mock, T. S., and Francis, D. S. 2023. Seaweed and seaweed-based functional metabolites as potential modulators of growth, immune and antioxidant responses, and gut microbiota in fish. *Antioxidants, 12*(12), 2066. https://doi.org/10.3390/antiox12122066
Siddik, M. A. B., Francis, P., Foysal, M. J., and Francis, D. S. 2024. Dietary seaweed extract mitigates oxidative stress in Nile tilapia by modulating inflammatory response and gut microbiota. *Frontiers in Immunology*, 15, Article 1471261**.** https://doi.org/10.3389/fimmu.2024.1471261
Sinsona, M. J., and Juinio-Meñez, M. A. 2018. Effects of sediment enrichment with macroalgae, *Sargassum* spp., on the behavior, growth, and survival of juvenile sandfish, *Holothuria scabra*. *Aquaculture Reports*, *12*, 56-63. https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2018.09.002
Sheikhzadeh, N., Ahmadifar, E., Soltani, M., Tayefi-Nasrabadi, H., Mousavi, S., and Naiel, M. A. 2022. Brown seaweed (*Padina australis*) extract can promote performance, innate immune responses, digestive enzyme activities, intestinal gene expression and resistance against *Aeromonas hydrophila* in common carp (*Cyprinus carpio*). *Animals*, 12, 3389. https://doi.org/10.3390/ani12183389
Suryaningrum, L. H., and Samsudin, R. 2020. Nutrient digestibility of green seaweed Ulva meal and the influence on growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 32(7), 488–494. https://doi.org/10.9755/ejfa.2020.v32.i7.2131
Troca, D.F.A., and Vieira, J.P. 2012. Potencial invasor dos peixes nao nativos cultivados na regiao costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca,* 38, 109-120.
Vijayaram, S., Ringø, E., Ghafarifarsani, H., Hoseinifar, S. H., Ahani, S., and Chou, C.-C. 2024. Use of algae in aquaculture: A review. *Fishes*, 9(2), 63. https://doi.org/10.3390/fishes9020063
Weththasinghe, P., Thilakarathne, H. M. T. P., Herath, H. M. U. L., and Jayawardana, B. C. 2026. Meta-analysis of the effects of seaweed inclusion in fish diets on growth performance. *Aquaculture*,

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]

611, 743085. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2025.743085

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 biological sciences*, 25(2):198-203. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.06.012

Zamannejad N., Emadi H. and Hafezieh M. 2016. Effects of supplementation of algae (*Sargassum ilicifolium*) on growth, survival and body composition of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Iranian Journal of Fisheries* Sciences, 15(1): 194–205.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]