Journal of Fisheries Science and Technology. 2018;7(1):9-16

Effect of Marine Macroalgae on Growth Performance and Immune Response in Rainbow Trout Fingerlings

ARTICLE INFO

Article Type
Original Research

Authors
Kazemi M.[1] *BSc*,
Abediankenari A.* *PhD*,
Rabiei R.[2] *PhD*

How to cite this article
Kazemi M, Abediankenari A, Rabiei R. Effect of Marine Macroalgae on Growth Performance and Immune Response in Rainbow Trout Fingerlings. 2018;7(1):9-16.

*Department of Aquaculture, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Mazandaran, Noor, Iran
[1]Department of Aquaculture, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Mazandaran, Noor, Iran
[2]Hormozgan Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Promotion Organization, Ministry of Jihad-e-Agriculture, Bandar Abbas, Iran

Correspondence
Address: Department of Aquaculture, Faculty of Natural Resources & Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Iran. Post Box: 64414-356
Phone: +98 (11) 44553101
Fax: -
aabedian@modares.ac.ir

Article History
Received: October 10, 2016
Accepted: March 4, 2017
ePublished: March 20, 2018

ABSTRACT

Aims *Sargassum bovianum, Polycladia myrica*, and *Gracilariopsis persica* can be used in aquatic diets due to their significant biomass and mass production capacity for artificial rearing. The aim of this study was to investigate the effect of marine macroalgae on growth performance and immune response in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fingerlings.

Materials & Methods The present experimental study was carried out on 210 rainbow trout fingerlings, which were randomly selected and cultured in Aquatic Laboratory, Faculty of Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, in 2016. These fingerlings were placed in 7 experimental treatments, including a diet without marine macroalgae (control) and by replacing different marine macroalgae powder levels of 5% and 10% with wheat flour. Lindo 5.3 software was used to analyze food items and SPSS 20 software was used to analyze the data.

Findings The lowest weight gain, the lowest growth factor, the lowest protein efficiency ratio, and the highest feed conversion ratio were in the treatment containing 10% *Sargassum bovianum* powder and it had a significant difference with other treatments. Condition factor (CF) was at the highest level in control treatment and no significant difference was observed between treatments. There was no significant difference in survival of different treatments. The highest level of serum lysozyme was in the treatment containing 5% *Gracilariopsis persica* powder and the highest serum hemolytic complement activity was in the treatment containing 5% Sargassum bovianum.

Conclusion *Gracilariopsis persica*, *Sargassum bovianum,* and *Polycladia myrica* have no effect on the improvement of growth performance in rainbow trout fingerlings, *Gracilariopsis persica* and *Sargassum bovianum* have an impact on their immune response.

Keywords Marine Macroalgae; Rainbow Trout Fingerling; Growth; Non-Specific Immunity

CITATION LINKS

[1] Use of plant extracts in fish aquaculture ... [2] Growth and feed conversion ... [3] Effect of protein source and ... [4] Dietary supplements for the ... [5] The utilization of seaweed ... [6] A review of the nutrient ... [7] Nutritional value of ... [8] Algae species diversity of ... [9] Dietary supplements for the ... [10] Algal vegetation in southern coastline ... [11] Seasonal variation in antifungal ... [12] Antialgal, antibacterial and antifungal ... [13] Characterization and anti-tumor ... [14] Minerals, PUFAs and antioxidant ... [15] Gracilariopsis mclachlanii sp. nov. and Gracilariopsis ... [16] Species, genera and orders Algae ... [17] DNA sequence data demonstrate; the ... [18] Marine algae of the Jubail Marine ... [19] Nutrient requirements ... [20] Dietary soybean phosphatidylcholine ... [21] Growth, lipogenesis and liver composition ... [22] Dietary vitamin E and rainbow ... [23] Effects of dietary beta-carotene ... [24] Biostatistical ... [25] Effect of Sargassum meal supplementation ... [26] Effects of Ulva rigida and Cystoseira ... [27] Evaluation of sargassum fusiforme ... [28] Effects of dietary Hizikia fusiformis ... [29] Pterocladia (Rhodophyta) and Ulva ... [30] Effects of Algae meal as feed ... [31] The red alga Porphyra dioica ... [32] Effects of sodium alginate on the ... [33] Immunostimulation of juvenile turbot ... [34] The immunomodulatory effect ... [35] Process eristics and functionality ... [36] The immunostimulatory effects ... [37] Dietary sodium alginate administration ... [38] Protective effect of sodium alginates against ... [39] A genetic linkage map of common ... [40] Carotenoid deposition, flesh quality ... [41] Dietary inclusion of IMTA-cultivated ... [42] Effects of Sargassum illicifolium algae ... [43] Assays of hemolytic complement ... [44] Changes in complement responses ... [45] An overview of artificial immune ... [46] Effect of stocking density on shrimp ... [47] Growth, product quality and immune ...

Copyright© 2018, TMU Press. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms.

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-04]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1396.7.1.1.6]

تاثیر ماکروجلبک‌های دریایی بر عملکرد رشد و پاسخ ایمنی بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان

مهدی کاظمی BSc
گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران
عبدالمحمد عابدیان کناری* PhD
گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی ، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران
رضا ربیعی PhD
مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی، بندرعباس، ایران

چکیده
اهداف: سارگاسوم بووانوم، پلی‌کلادیا مایریکا و گرسیلاریوپسیس پرسیکا به‌دلیل زی‌توده قابل توجه در طبیعت و قابلیت تولید انبوه به‌صورت پرورش مصنوعی، می‌توانند در جیره غذایی آبزیان مورد استفاده قرار گیرند. هدف پژوهش حاضر بررسی تاثیر ماکروجلبک‌های دریایی بر عملکرد رشد و پاسخ ایمنی بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بود.
مواد و روش‌ها: پژوهش تجربی حاضر روی ۲۱۰ قطعه بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان که به‌طور تصادفی انتخاب شده و در آزمایشگاه آبزیان دانشکده علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس نور در سال ۱۳۹۴ پرورش داده شدند، اجرا شد. این بچه‌ماهی‌ها در قالب هفت تیمار آزمایشی شامل جیره غذایی بدون ماکروجلبک دریایی (شاهد) و با جایگزینی سطوح متفاوت ۵% و ۱۰% پودر ماکروجلبک‌های دریایی به‌جای آرد گندم قرار گرفتند. برای آنالیز اقلام غذایی از نرم‌افزار Lindo 5.3 و برای تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS 20 استفاده شد.
یافته‌ها: کمترین افزایش وزن، کمترین ضریب رشد، کمترین شاخص کارآیی پروتئین و بالاترین میزان ضریب تبدیل غذایی مربوط به تیمار حاوی ۱۰% پودر سارگاسوم بووانوم بود و تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها داشت. شاخص وضعیت (CF) در تیمار شاهد در بالاترین مقدار قرار داشت و بین تیمارها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در بازماندگی تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. بیشترین میزان فعالیت لیزوزیم سرم مربوط به تیمار حاوی ۵% پودر گرسیلاریوپسیس پرسیکا بود و بیشترین میزان فعالیت همولیتیک کمپلمان سرم مربوط به تیمار حاوی ۵% سارگاسوم بووانوم بود.
نتیجه‌گیری: ماکروجلبک‌های دریایی گرسیلاریوپسیس پرسیکا، سارگاسوم بووانوم و پلی‌کلادیا مایریکا بر بهبود عملکرد رشد بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تاثیر ندارند، ولی گرسیلاریوپسیس پرسیکا و سارگاسوم بووانوم بر پاسخ ایمنی آنها تاثیرگذار هستند.
کلیدواژه‌ها: ماکروجلبک‌های دریایی، قزل‌آلای رنگین‌کمان، رشد، ایمنی غیراختصاصی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۷/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۱۵
*نویسنده مسئول: aabedian@modares.ac.ir

مقدمه
تقاضای رو به رشد برای مصرف ماهی و محدودبودن ذخایر طبیعی، موجب توسعه آبزی‌پروری در جهان شده است که علت آن را می‌توان به کیفیت بالای پروتئین، اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب مفید ماهی اشاره کرد[1]. ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) با توجه به کیفیت گوشت و بازارپسندی، به‌عنوان گونه ارزشمندی در میان ماهیان پرورشی محسوب می‌شود[2]. به‌طور عمومی غذا بیش از ۵۰% هزینه جاری یک مزرعه پرورشی را در بر می‌گیرد، بنابراین یافتن راه‌هایی که موجب افزایش کارآیی غذا، حفظ کیفیت گوشت آبزی و البته کاهش هزینه تولید غذا شود، موجب تقویت و توسعه پایدار این صنعت می‌شود[3]. ماکروجلبک‌های دریایی گروهی از گیاهان آبزی هستند که پودر و عصاره‌های آنها در خوراک ماهیان پرورشی گنجانیده شده است[4]. استفاده از جلبک‌های دریایی به‌عنوان افزودنی‌های خوراک یا مکمل با توجه به ارزش غذایی، در دسترس‌بودن و هزینه پایین آنها در آبزی‌پروری امکان‌پذیر است[5]. جلبک‌های دریایی حاوی مقادیر مناسبی از مواد معدنی، ویتامین‌ها، پلی‌فنول‌ها و انواع کارتنوئیدها هستند و تقریباً می‌توان گفت تمامی جلبک‌های دریایی، یک ماده کاربردی باارزش هستند[6, 7]. یکی از استعدادهای بالقوه سواحل جنوبی کشور، حضور جلبک‌های دریایی است که به‌دلیل اهمیت اقتصادی و کاربردهای فراوانی که دارند از مهم‌ترین منابع زیستی و طبیعی کشور محسوب می‌شوند و از زمینه‌های تولید شیلاتی در منطقه به شمار می‌آیند[8]. گسترش آبزی‌پروری در دنیا زمینه را برای شیوع و بروز انواع بیماری‌ها فراهم می‌کند. یکی از روش‌های ساده در جلوگیری و پیشگیری از شیوع بیماری‌ها استفاده از انواع مکمل‌های غذایی است و با توجه به مواردی که از ویژگی‌های جلبک‌ها بیان شد، به نظر می‌رسد استفاده از آنها بتواند باعث تقویت سیستم ایمنی ماهی شود[9]. سواحل جنوبی کشور دارای منابع عظیمی از جلبک‌ها است و از طرفی از بین جلبک‌های بومی کشور، گونه‌های *سارگاسوم بووانوم* (*Sargassum boveanum*)، *پلی‌کلادیا مایریکا* (*Polycladia myrica*) و *گرسیلاریوپسیس پرسیکا* (*Gracilariopsis persica*) به‌دلیل زی‌توده قابل توجه در طبیعت و قابلیت تولید انبوه به‌صورت پرورش مصنوعی، می‌توانند به‌عنوان منبع قابل استفاده در جیره غذایی آبزیان به‌صورت کاربردی و در مقیاس تجاری قرار گیرند[10]. وجود ترکیبات زیست‌فعال در جلبک‌ها موجب شده است تا دارای اثرهای گسترده‌ای از قبیل ضدباکتریایی[11]، ضدقارچی[12]، ضدتوموری[13] و آنتی‌اکسیدانی[14] باشند. با توجه به این ویژگی‌ها و متابولیت‌های شیمیایی که در آنها وجود دارد انتظار می‌رود که استفاده از این ماکروجلبک‌ها به‌عنوان افزودنی غذایی در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان باعث بهبود عملکرد رشد و تقویت سیستم ایمنی این ماهی شود. بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی تاثیر ماکروجلبک‌های دریایی (*گرسیلاریوپسیس پرسیکا*، *سارگاسوم بووانوم* و *پلی‌کلادیا مایریکا*) بر عملکرد رشد و پاسخ ایمنی بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان انجام شد.

مواد و روش‌ها
پژوهش تجربی حاضر روی بچه‌ماهی‌های قزل‌آلای رنگین‌کمان رامسر در آزمایشگاه آبزیان دانشکده علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس تهران در سال ۱۳۹۴ اجرا شد. بچه‌ماهیان از رامسر، شفارود و شرکت قزل سخت‌سر شمال به کارگاه تحقیقات آبزیان دانشکده علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس منتقل شدند. طرح کلی این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی برنامه‌ریزی و اجرا شد. پس از انجام مرحله سازگاری (به‌مدت ۱۰ روز)، ۲۱۰ قطعه بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان که تقریباً از لحاظ وزنی در یک اندازه بودند، به‌طور تصادفی انتخاب شدند.
سه گونه ماکروجلبک دریایی شامل جلبک قرمز *گرسیلاریوپسیس پرسیکا*[15] و دو گونه جلبک قهوه‌ای شامل *سارگاسوم بووانوم*[16] و *پلی‌کلادیا مایریکا*[17] از سواحل خلیج فارس (بندرعباس؛ ایران) هنگام جزر و پایین‌رفتن آب جمع‌آوری شدند. جلبک‌ها پس از جمع‌آوری با آب دریا شسته شدند و سپس برای شناسایی با استفاده از کلید شناسایی معتبر[18] به آزمایشگاه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان منتقل شدند. پس از شناسایی، جلبک‌ها به‌مدت ۱۰ روز در زیر نور آفتاب خشک و سپس به‌منظور آسیاب‌شدن به آزمایشگاه دانشکده علوم دریایی تربیت

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-04]
[DOR: 20.1001.1.23225513.1396.7.1.1.6]

مدرس منتقل شدند. اقلام دیگر غذایی از کارخانه خوراک دام، طیور و آبزیان مازندران (ساری؛ ایران) تهیه و پس از آنالیز اقلام غذایی، جیره‌ها نوشته شدند (جدول ۱). سپس تمامی مواد اولیه توزین شدند (جدول‌های ۲ و ۳)[19]. برای ساخت جیره‌ها مواد خشک با هم مخلوط و پس از آن مخلوط مواد معدنی، ویتامینی و نیز چربی‌ها اضافه و با چرخ گوشت پلت شدند. سپس پلت‌ها در دمای ۶۰°C به‌مدت ۱۲ ساعت در خشک‌کن نگهداری شدند تا خشک شوند[20]. ۲۱۰ قطعه بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در ۲۱ تانک فایبرگلاس (۱۰۰لیتری) با حجم آب ۸۰لیتر به میزان ۱۰ قطعه در هر تانک توزیع شدند. غذادهی ماهیان تا حد سیری ظاهری انجام شد. غذادهی ۳ وعده در روز (ساعت‌های ۹، ۱۴و ۱۸) انجام گرفت. پژوهش حاضر در قالب هفت جیره آزمایشی (با سه تکرار) شامل جیره غذایی بدون ماکروجلبک دریایی (برای گروه شاهد) و با جایگزینی سطوح متفاوت ۵% و ۱۰% پودر ماکروجلبک‌های دریایی به‌جای آرد گندم انجام شد. گروه‌های تیماری شامل تیمارهای تغذیه ماهی در کل دوره با جیره غذایی بدون ماکروجلبک دریایی (شاهد)، جیره غذایی حاوی سطوح ۵% و ۱۰% ماکروجلبک دریایی *سارگاسوم بوونوم*، جیره غذایی حاوی سطوح ۵% و ۱۰% ماکروجلبک دریایی *پلی‌کلادیا مایریکا* و جیره غذایی حاوی سطوح ۵% و ۱۰% ماکروجلبک دریایی *گرسیلاریوپسیس پرسیکا* بودند. آزمایش در سالنی سرپوشیده با دوره نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی انجام شد. میزان دمای آب ۱۶°C-۱۴، اکسیژن محلول ۸ تا ۹میلی‌گرم در لیتر و pH ۷/۴ تا ۸/۴ اندازه‌گیری شد. آب مخازن به‌طور دایم هوادهی شد و تعویض آب (به‌طور میانگین ۶۰% آب روزانه جایگزین می‌شد) و سیفون‌کردن روزانه صورت گرفت و پرورش به‌مدت ۸ هفته انجام شد.

جدول ۱) میانگین آماری تجزیه تقریبی مواد اولیه مورد استفاده در جیره‌ها (بر حسب درصد ماده خشک)

مواد اولیه شاخص‌ها	پودر ماهی	سویا	آرد گندم	پودر گرسیلاریوپسیس پرسیکا	پودر پلی‌کلادیا مایریکا	پودر سارگاسوم بوونوم
پروتئین	۵۰/۶۰±۱/۰۳	۴۷/۷۷±۰/۰۶	۱۱/۷۶±۰/۲۶	۱۳/۳۴±۰/۱۰	۱۰/۴۰±۰/۶۹	۱۰/۸۱±۰/۱۹
چربی	۱۰/۳۴±۰/۵۸	۱/۲۱±۰/۱۶	۱/۳۳±۰/۲۰	۰/۳۶±۰/۳۴	۰/۱۲±۰/۰۲	۰/۳۴±۰/۲۱
کربوهیدرات	۱۲/۰۷±۰/۷۹	۴۴/۵۹±۰/۰۷	۸۶/۲۷±۰/۴۵	۴۲/۹۷±۰/۳۷	۵۶/۴۱±۰/۷۴	۵۵/۷۴±۱/۱۶
خاکستر	۲۶/۹۷±۱/۰۳	۶/۴۱±۰/۰۴	۰/۶۱±۰/۰۸	۴۳/۳۱±۰/۵۳	۳۳/۰۵±۱/۱۷	۳۳/۰۹±۰/۷۹

جدول ۲) ترکیبات اولیه جیره‌های ساخته‌شده (بر حسب درصد)

مواد اولیه	شاهد	۵% سارگاسوم بوونوم	۵% پلی‌کلادیا مایریکا	۵% گرسیلاریوپسیس پرسیکا	۱۰% سارگاسوم بوونوم	۱۰% پلی‌کلادیا مایریکا	۱۰% گرسیلاریوپسیس پرسیکا
پودر ماهی	۶۰/۷۱	۶۰/۸۰	۶۰/۸۴۲	۶۰/۵۵۵	۶۰/۸۹۱	۶۰/۹۷	۶۰/۳۹۷
پودر سویا	۱۷/۰۰	۱۷/۰۰	۱۷/۰۰	۱۷/۰۰	۱۷/۰۰	۱۷/۰۰	۱۷/۰۰
آرد گندم	۱۰/۰۰	۵/۰۰	۵/۰۰	۵/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
روغن ماهی	۲/۵۰	۲/۴۶	۲/۴۴	۲/۵۸	۲/۴۲	۲/۳۷	۲/۶۶
روغن سویا	۲/۵۰	۲/۴۶	۲/۴۴	۲/۵۸	۲/۴۲	۲/۳۷	۲/۶۶
لسیتین	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
دی‌کلسیم فسفات	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
مکمل معدنی	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰
مکمل ویتامینه	۲/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰
ضدقارچ	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
آنتی‌اکسیدان (BHT)	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
پودر ماکروجلبک دریایی	۰/۰۰	۵/۰۰	۵/۰۰	۵/۰۰	۱۰/۰۰	۱۰/۰۰	۱۰/۰۰

هر کیلوگرم مکمل معدنی حاوی ۶گرم آهن، ۱۰گرم روی، ۲۰میلی‌گرم سلنیم، ۱۰۰میلی‌گرم کبالت، ۶۰۰میلی‌گرم مس، ۵گرم منگنز، ۴۰۰میلی‌گرم ید و ۶۰گرم کولین‌کلراید بود.
هر ۵کیلوگرم مکمل ویتامینه ۰/۵% حاوی ۱۵۰واحد بین‌المللی ویتامین E، ۲۰۰۰۰۰۰واحد بین‌المللی ویتامین D_3، ۸۰۰۰۰۰واحد بین‌المللی ویتامین A، ۰/۰۵گرم B_{12}، ۸۰گرم B_6، ۲۰۰گرم B_5، ۱۵۰گرم B_3، ۴۰گرم B_2، ۵۰گرم B_1، ۵۰گرم K_3، ۵۰۰گرم انوسیتول و ۵۰۰گرم ویتامین C بود.

جدول ۳) آنالیز تقریبی جیره‌های آزمایشی (بر حسب درصد ماده خشک)

تحلیل تقریبی	شاهد	۵% سارگاسوم بوونوم	۵% پلی‌کلادیا مایریکا	۵% گرسیلاریوپسیس پرسیکا	۱۰% سارگاسوم بوونوم	۱۰% پلی‌کلادیا مایریکا	۱۰% گرسیلاریوپسیس پرسیکا
درصد پروتئین خام	۳۹/۱۷±۰/۲۰	۴۰/۰۰±۰/۴۴	۴۰/۴۵±۰/۷۹	۴۱/۹۹±۰/۵۹	۴۲/۱۲±۰/۷۸	۴۲/۳۵±۱/۳۰	۴۱/۱۸±۰/۳۷
درصد چربی خام	۱۴/۴۷±۰/۳۷	۱۲/۸۷±۰/۳۱	۱۴/۶۰±۰/۳۵	۱۳/۳۹±۰/۴۳	۱۱/۹۷±۰/۰۳	۱۳/۹۵±۰/۱۲	۱۲/۹۹±۰/۳۰
درصد خاکستر	۱۸/۳۱±۰/۲۵	۲۰/۰۱±۰/۱۱	۱۹/۶۱±۰/۰۶	۱۹/۷۷±۰/۲۱	۲۱/۱۵±۰/۱۱	۲۱/۰۰±۰/۰۲	۲۰/۲۳±۰/۰۹
درصد کربوهیدرات	۲۸/۱۹±۰/۰۶	۲۷/۳۵±۰/۰۳	۲۵/۵۹±۰/۱۶	۲۴/۹۷±۰/۱۰	۲۴/۸۰±۰/۱۸	۲۳/۰۹±۰/۱۹	۲۵/۸۳±۰/۳۱
درصد ماده خشک	۹۹/۲۱±۰/۱۹	۹۸/۸۲±۰/۲۸	۹۸/۶۸±۰/۳۸	۹۹/۳۸±۰/۳۱	۹۹/۸۱±۰/۰۷	۹۸/۱۲±۰/۲۷	۹۸/۸۵±۰/۶۵
انرژی کل (کیلوژول بر گرم)	۱۹/۸۰	۱۹/۲۲	۱۹/۷۱	۱۹/۴۹	۱۸/۹۳	۱۹/۴۷	۱۹/۲۹

براساس ضریب ۲۳/۶، ۳۹/۵ و ۱۷/۲ (واحد کیلوژول بر گرم) به ترتیب برای پروتئین، چربی و کربوهیدرات محاسبه شد.

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-04]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1396.7.1.1.6]

در ابتدای دوره تمام بچه‌ماهیان با ترازوی دقیق توزین شدند و پس از آن در پایان دوره نیز کل ماهیان به لحاظ وزنی و طولی ارزیابی شدند. درصد زنده‌مانی و سایر شاخص‌های رشد شامل افزایش وزن بدن (WG)، نرخ رشد ویژه (SGR)، ضریب تبدیل غذایی (FCR)، کارآیی پروتئین (PER) و شاخص وضعیت (CF) با استفاده از معادلات مربوطه تعیین شدند[21].

$$\text{زنده‌مانی} = \frac{\text{تعداد ماهی زنده مانده}}{\text{کل تعداد ماهی اولیه}} \times 100$$

$$SGR = \frac{\ln(\text{وزن ابتدایی}) - (\text{وزن انتهایی})}{\text{دوره پرورش}} \times 100$$

$$FCR = \frac{\text{مقدار غذای خشک داده‌شده به گرم}}{\text{وزن تر بدست آمده به گرم}}$$

$$CF = \frac{\text{وزن انتهایی}}{\text{طول}^3} \times 100$$

$$WG = \text{وزن ابتدای به گرم} - \text{وزن انتهایی به گرم}$$

$$PER = \frac{\text{وزن تر تولید شده به گرم}}{\text{پروتئین مصرفی به گرم}}$$

برای تهیه سرم خون در پایان آزمایش از هر تکرار، ۳ قطعه ماهی برداشته شد و با استفاده از حمام حاوی پودر گل میخک به میزان ۲۰۰ppm بیهوش شدند. خون ماهیان پس از بیهوشی با سرنگ ۳سی‌سی غیرهپارینه استحصال شد. سپس به‌مدت ۱۰دقیقه با دور ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ و فاز رویی (سرم) جمع‌آوری و در میکروتیوب ریخته شد. برای ارسال نمونه به آزمایشگاه ویرومد (رشت؛ ایران) از ماشین حمل دارو با دمای ۲۰°C- استفاده و تا زمان سنجش در فریزر ۸۰° C- نگهداری شدند. برای تعیین میزان لیزوزیم سرم از روش *کلرتون* و همکاران استفاده شد[22] و بر مبنای لیزشدن باکتری گرم‌مثبت حساس به آنزیم لیزوزیم، یعنی *میکروکوکوس لیزودیکوس* (*Micrococcus lysodeikticus*) و برای تعیین فعالیت همولیتیک کمپلمان از روش *عمار* و همکاران[23] و براساس همولیز گلبول‌های قرمز خرگوش (RaABC) استفاده شد.

برای آنالیز اقلام غذایی از نرم‌افزار Lindo 5.3 استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها نیز با نرم‌افزار SPSS 20، از طریق آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه برای تحلیل داده‌های شاخص‌های رشد و آزمون دانکن برای مقایسه میانگین‌های هفت تیمار صورت گرفت. رسم نمودارها نیز با نرم‌افزار Excel 2007 انجام شد[24].

یافته‌ها

میانگین وزنی بچه‌ماهی‌ها در ابتدا ۲۶/۸۸±۰/۹۰گرم بود. بیشترین و کمترین افزایش وزن بدن به ترتیب در تیمارهای حاوی ۱۰% پودر ماکروجلبک *گرسیلاریوپسیس پرسیکا* و ۱۰% پودر ماکروجلبک *سارگاسوم بووانوم* مشاهده شد و تیمار حاوی ۱۰% پودر *سارگاسوم بووانوم* تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها داشت (p<۰/۰۵؛ جدول ۴). تیمار ۱۰% *گرسیلاریوپسیس پرسیکا* با گروه شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت. شاخص وضعیت (CF) در تیمار شاهد در بالاترین مقدار قرار داشت و بین تیمارها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (p>۰/۰۵). بالاترین میزان ضریب رشد ویژه در تیمار حاوی ۱۰% *گرسیلاریوپسیس پرسیکا* و کمترین مقدار مربوط به تیمار حاوی ۱۰% *سارگاسوم بووانوم* بود و تیمار حاوی ۱۰% *سارگاسوم بووانوم* تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها داشت (p<۰/۰۵). بالاترین میزان ضریب تبدیل غذایی در تیمار حاوی ۱۰% پودر ماکروجلبک *سارگاسوم بووانوم* مشاهده شد و نسبت به سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت (p<۰/۰۵). بیشترین و کمترین مقدار شاخص کارآیی پروتئین به ترتیب در تیمارهای حاوی ۱۰% *گرسیلاریوپسیس پرسیکا* و ۱۰% *سارگاسوم بووانوم* مشاهده شد و تیمار حاوی ۱۰% *سارگاسوم بووانوم* تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها داشت (p<۰/۰۵). هیچ تفاوت معنی‌داری در بازماندگی بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد و تمامی تیمارها بازماندگی بالایی داشتند (p>۰/۰۵؛ جدول ۴).

میزان فعالیت لیزوزیم سرم در تیمارهای مختلف معنی‌دار بود (p<۰/۰۵)، به‌طوری که بیشترین و کمترین میزان فعالیت لیزوزیم سرم به ترتیب مربوط به تیمارهای حاوی ۵% پودر ماکروجلبک *گرسیلاریوپسیس پرسیکا* و حاوی ۱۰% پودر ماکروجلبک *پلی‌کلادیا مایریکا* بود. همچنین میزان فعالیت همولیتیک کمپلمان سرم در تیمارهای مختلف نیز معنی‌دار بود (p<۰/۰۵)، به‌طوری که بیشترین و کمترین میزان فعالیت همولیتیک کمپلمان سرم به ترتیب مربوط به تیمارهای حاوی ۵% پودر ماکروجلبک *سارگاسوم بووانوم* و ۱۰% پودر *پلی‌کلادیا مایریکا* بود و در مقایسه با گروه شاهد، تیمارهای جلبکی *سارگاسوم بووانوم* و *گرسیلاریوپسیس پرسیکا* عملکرد بهتری داشتند (نمودار ۱).

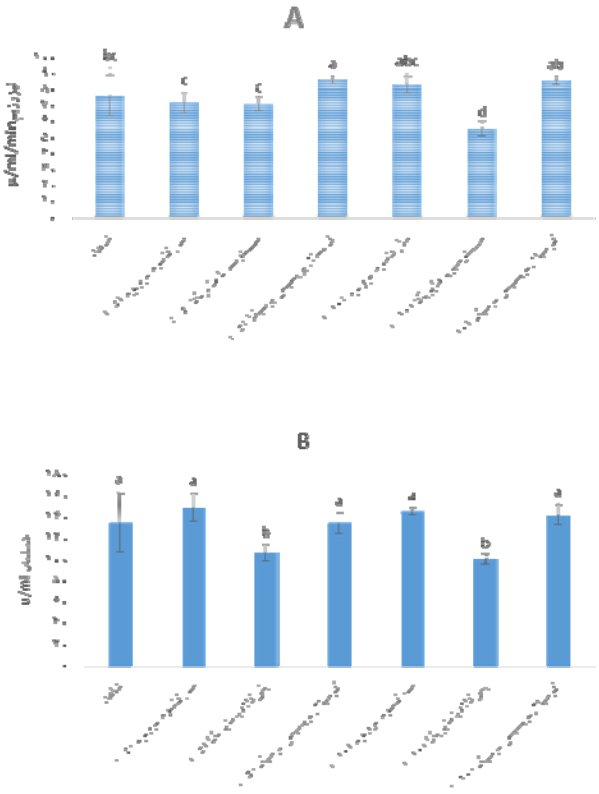
جدول ۴) نتایج شاخص‌های رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تحت تاثیر افزودنی غذایی ماکروجلبک‌های دریایی در هفت تیمار مختلف

تیمار / شاخص‌های رشد	شاهد	۵% *سارگاسوم بووانوم*	۵% *پلی‌کلادیا مایریک*	۵% *گرسیلاریوپسیس پرسیکا*	۱۰% *سارگاسوم بووانوم*	۱۰% *پلی‌کلادیا مایریک*	۱۰% *گرسیلاریوپسیس پرسیکا*
افزایش وزن بدن (گرم)	۶۸/۷۳±۱/۸۵^{a}	۶۶/۶۶±۲/۵۴^{a}	۶۷/۴±۲/۲۵^{a}	۶۸/۲±۰/۹۱^{a}	۵۶/۶±۵/۸۹^{b}	۶۷/۹۳±۲/۳۱^{a}	۷۱/۲۶±۴/۸۷^{a}
شاخص وضعیت	۰/۹۷±۰/۱۶	۰/۹۴±۰/۰۸	۰/۸۸±۰/۰۷	۰/۸۹±۰/۱۳	۰/۸۵±۰/۰۹	۰/۹±۰/۰۵	۰/۸۳±۰/۰۵
ضریب رشد ویژه	۲/۰۸±۰/۰۲^{a}	۲/۱۰±۰/۰۴^{a}	۲/۰۶±۰/۰۳^{a}	۲/۰۸±۰/۰۱^{a}	۱/۹۰±۰/۱۱^{b}	۲/۰۷±۰/۰۶^{a}	۲/۱۱±۰/۰۶^{a}
ضریب تبدیل غذایی	۱/۱۱±۰/۰۲^{b}	۱/۱۴±۰/۰۴^{b}	۱/۱۳±۰/۰۳^{b}	۱/۱۲±۰/۰۱^{b}	۱/۳۶±۰/۱۴^{a}	۱/۱۲±۰/۰۳^{b}	۱/۰۷±۰/۰۷^{b}
کارایی پروتئین	۲/۲۴±۰/۰۵^{a}	۲/۱۷±۰/۰۸^{a}	۲/۱۹±۰/۰۷^{a}	۲/۲۲±۰/۰۳^{a}	۱/۸۴±۰/۱۹^{b}	۲/۲۱±۰/۰۷^{a}	۲/۳۲±۰/۱۵^{a}
درصد بازماندگی	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

حروف متفاوت در یک ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌های تیمارها است (p<۰/۰۵).

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-04]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1396.7.1.1.6]



نمودار۱) میزان پاسخ ایمنی ماهیان *قزل‌آلای رنگین‌کمان* تحت تاثیر افزودنی غذایی ماکروجلبک‌های دریایی الف) فعالیت آنزیم لیزوزیم؛ ب) فعالیت همولیتیک کمپلمان (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها است؛ $p<0/05$).

بحث

هدف پژوهش حاضر، بررسی تاثیر ماکروجلبک‌های دریایی *گرسیلاریوپسیس پرسیکا*، *سارگاسوم بووانوم* و *پلی‌کلادیا مایریکا* بر عملکرد رشد و پاسخ ایمنی بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بود. از آنجایی که تغذیه نقش مهمی در رشد آبزیان دارد، استفاده از جیره غذایی مناسب می‌تواند نقش بسزایی در تامین نیازهای غذایی آبزی ایفا کند. استفاده از پتانسیل بالقوه ماکروجلبک‌های دریایی در تغذیه ماهی بستگی به هزینه‌های درگیر در تولید، برداشت و فرآوری آنها پیش از استفاده در جیره‌های غذایی آبزیان دارد. براساس نتایج تحقیق حاضر، افزودن پودر ماکروجلبک *گرسیلاریوپسیس پرسیکا* به جیره ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان موجب بهبود رشد شد، اما با گروه شاهد (بدون جلبک) تفاوت معنی‌داری نداشت. عملکرد سایر جلبک‌ها هم در مقایسه با گروه شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت و استفاده از جلبک *سارگاسوم بووانوم* به‌ویژه در سطح ۱۰% شرایط بدی را نیز به وجود آورد. به نظر می‌رسد جلبک *سارگاسوم بووانوم* مطلوبیت چندانی برای این ماهی نداشته و حتی شاید دارای شاخص‌های محدودکننده رشد نیز باشد. نتایج این تحقیق به‌ویژه جلبک *سارگاسوم بووانوم* با نتایج مطالعه *یانگ‌تانگ* و *گوروی* مطابقت داشت[25, 26]. *کیم* و همکاران گزارش کرده‌اند که استفاده از ۶% پودر ماکروجلبک *سارگاسوم فسیفرم* (*Sargassum fusiforme*) و *اکلونیا کاوا* (*Ecklonia cava*) در جیره غذایی *کفشک زیتونی* (*Paralichthys olivaceus*) عملکرد رشد را در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داد، اما بین تیمارها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد[27]. همچنین *فام* و همکاران گزارش کرده‌اند که استفاده از ۶% پودر ماکروجلبک *هیزیکیا فسیفرم* (*Hizikia fusiformis*) در جیره غذایی ماهی کفشک زیتونی عملکرد رشد را در مقایسه با بقیه تیمارها (سطوح صفر، ۲ و ۴%) افزایش داد اما بین تیمارها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد[28].

درصد بازماندگی، یکی از شاخص‌های مهم آبزی‌پروری است که در این تحقیق هیچ تفاوت معنی‌داری بین گروه کنترل و تیمارهای مختلف مشاهده نشد ($p>0/05$) که نشان‌دهنده شرایط مناسب تغذیه‌ای در تمام تیمارها بود. نتایج مطالعه *واصف* و همکاران روی دو ماکروجلبک *اولوا لاکتوکا* (*Ulva lactuca*) و *پیتروکلادیا کاپیلاسیا* (*Pterocladia capillacea*) نشان داده است که استفاده از ۵% *اولوا لاکتوکا* و *پیتروکلادیا کاپیلاسیا* در جیره غذایی ماهی *سی‌باس* (*Dicentrarchus labrax*) باعث بهبود رشد و افزایش بقا شد[29]. همچنین نتایج پژوهش *مصطفی* روی ماهی *شانک قرمز* (*Pagrus major*) نشان داد که تغذیه با سه نوع ماکروجلبک *اسکوفیلوم نودوسوم* (*Ascophyllum nodosum*)، *پورفیرا یزونسیس* (*Porphyra yezoensis*)، *اولوا پرتوسا* (*Ulva pertusa*) به میزان ۵%، باعث بهبود رشد شد[30]. مطالعه *سولر ویلا* نیز نشان داده است که ماکروجلبک قرمز *پورفیرا* (*Porphyra dioica*) اثر مثبتی روی رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تا سطح ۱۵% جیره داشته است[31]. در این مطالعه کمترین (بهترین) میزان ضریب تبدیل غذایی در تیمار حاوی ۱۰% پودر ماکروجلبک *گرسیلاریوپسیس پرسیکا* مشاهده شد و در مقایسه با سایر تیمارها به استثنای تیمار حاوی ۱۰% پودر ماکروجلبک *سارگاسوم بووانوم* تفاوت معنی‌داری نشان نداد. این مساله نشان‌دهنده تامین تمامی نیازهای غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان برای رشد به کمک جیره شاهد بود. شاید عدم رشد بیشتر نسبت به گروه شاهد به‌دلیل هضم و جذب پایین آنها و نیز وجود برخی مواد ضدتغذیه‌ای باشد، ولی در هر صورت عملکرد رشد *گرسیلاریوپسیس پرسیکا* به‌ویژه سطح ۱۰% مثبت بود.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد میزان فعالیت لیزوزیم سرم در تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری داشت. بیشترین میزان فعالیت لیزوزیم سرم در تیمارهای حاوی ۵% و ۱۰% پودر ماکروجلبک *گرسیلاریوپسیس پرسیکا* و کمترین میزان فعالیت لیزوزیم سرم در تیمار حاوی ۱۰% پودر ماکروجلبک *پلی‌کلادیا مایریکا* مشاهده شد و گروه ۱۰% *گرسیلاریوپسیس پرسیکا* با گروه شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت. در مطالعات مختلفی اثرهای سودمند مواد فعال زیستی مشتق‌شده از جلبک بر عملکرد سیستم ایمنی و به تبع آن مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زا در گونه‌های مختلف ماهی از جمله ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)[32]، ماهی توربوت (*Scophthalmus maximus*)[33]، ماهی آزاد اقیانوس اطلس (*Salmo salar*)[34] و ماهی هامور معمولی (*Epinephelus coioides*) گزارش شده است[35, 36]. چیو و همکاران گزارش کرده‌اند که استفاده از مکمل آلژینات سدیم (پلی‌ساکارید طبیعی مشتق‌شده از جلبک قهوه‌ای) در جیره غذایی ماهی هامور (*Epinephelus fuscoguttatus*) به‌طور قابل توجهی پاسخ ایمنی ذاتی و مقاومت در برابر گونه‌های *استرپتوکوکوس* (*Streptococcus sp.*) را افزایش داد[37] که در ماهی کپور معمولی[32] مقاومت در برابر عفونت *ادواردسیلا تاردا* (*Edwardsiella tarda*) با همان پلی ساکارید، نتایج مشابه گزارش شده است[38]. *کیم* و همکاران و همچنین *لیانگ* و همکاران مقدار اندکی افزایش ایمنی را در ماهی کفشک زیتونی با استفاده از جیره غذایی حاوی دو گونه ماکروجلبک قهوه‌ای *سارگاسوم فسیفرم* و *اکلونیا کاوا* به‌دلیل مواد فعال زیستی مثل

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-04]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1396.7.1.1.6]

پلی‌ساکاریدها و پلی‌فنول‌ها گزارش کرده‌اند[27, 39]. در مطالعه *والنت* و همکاران روی ماهی *تیلاپیا*، میزان لیزوزیم سرم در تیمار حاوی ۵% پودر ماکروجلبک اولوا نسبت به دو تیمار شاهد و ۱۰% پودر ماکروجلبک *اولوا* افزایش پیدا کرد[40]. همچنین در تحقیق *آراجو* و همکاران روی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، میزان لیزوزیم سرم در تیمار حاوی ۵% پودر ماکروجلبک *گلاسیلاریا ورمیکولافیلا* (*Gracilaria vermiculophylla*) نسبت به دو تیمار شاهد و ۱۰% پودر ماکروجلبک *گلاسیلاریا ورمیکولافیلا* افزایش داشت[41]. در مطالعه *زمان‌نژاد* و همکاران روی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، میزان لیزوزیم سرم در تیمار حاوی ۱۰گرم پودر ماکروجلبک *سارگاسوم ایلیسیفولیوم* (*Sargassum illicifolium*) نسبت به تیمارهای شاهد، ۵ و ۷/۵گرم جلبک در کیلوگرم افزایش داشت[42]، به‌طوری که با افزایش پودر ماکروجلبک میزان لیزوزیم سرم نیز افزایش یافت. بالابودن سطوح لیزوزیم بیانگر سلامتی ماهی است[43].

سیستم کمپلمان در ماهیان استخوانی مشابه اغلب مهره‌داران است. مهم‌ترین وظایف زیستی سیستم کمپلمان شامل ازبین‌بردن میکروارگانیزم‌ها از طریق شرکت و همراهی در فرآیندهای فاگوسیتوز، واکنش‌های التهابی، پاک‌سازی و کمپلکس‌های ایمنی، القا و بهبود پاسخ‌های آنتی‌بادی است[44]. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که بیشترین میزان فعالیت همولیتیک کمپلمان در تیمار حاوی ۵% پودر ماکروجلبک *سارگاسوم بووانوم* بود و کمترین میزان آن در تیمار حاوی ۱۰% پودر ماکروجلبک *پلی‌کلادیا مایریکا* مشاهده شد. در مقایسه با گروه شاهد، تیمارهای جلبکی *سارگاسوم بووانوم* و *گرسیلاریوپسیس پرسیکا* عملکرد بهتری داشتند. گروه‌های مربوط به *پلی‌کلادیا مایریکا* کمترین میزان شاخص‌های ایمنی را داشتند که شاید مربوط به ترکیب شیمیایی موجود در جلبک‌ها باشد. در مطالعه *والنت* و همکاران روی ماهی تیلاپیا، میزان فعالیت همولیتیک کمپلمان در تیمار حاوی ۱۰% پودر ماکروجلبک اولوا نسبت به دو تیمار شاهد و ۵% پودر ماکروجلبک اولوا افزایش پیدا کرد، به‌طوری که با افزایش درصد پودر ماکروجلبک، میزان فعالیت همولیتیک کمپلمان نیز افزایش یافت[40]. همچنین در تحقیق *آراجو* و همکاران روی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، میزان فعالیت همولیتیک کمپلمان در تیمار حاوی ۵% پودر ماکروجلبک *گلاسیلاریا ورمیکولافیلا* نسبت به دو تیمار شاهد و ۱۰% پودر ماکروجلبک *گلاسیلاریا ورمیکولافیلا* افزایش داشت[41]. تغییرات کمپلمان سرم در حفاظت از سیستم غیراختصاصی در ماهیان بسیار مهم است و بالا بودن سطوح کمپلمان نسبت به گروه شاهد بیانگر سلامتی ماهی است. افزایش میزان فعالیت همولیتیک کمپلمان نشان‌دهنده فعال‌شدن سیستم ایمنی است[45]. مطالعات قبلی نشان داده است که به‌طور عمده ماکروجلبک‌ها حاوی ترکیبات پلی‌ساکاریدها از قبیل کاراگینان، فوکوئیدان، آلژینات و بتاگلوکان هستند که موجب افزایش پاسخ ایمنی و همچنین مقاومت در برابر بیماری در گونه‌های مختلف می‌شوند[32, 34, 45-47]. هر چند عملکرد مثبت جلبک‌ها در بهبود وضعیت ایمنی نتوانست موجب رشد بهتر در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان شود، اما شاید در شرایط استرس‌زا بتوانند موجب زنده‌ماندن بیشتر ماهی شده و موثرتر باشند. از این رو استفاده از سطح ۱۰% پودر ماکروجلبک *گرسیلاریوپسیس پرسیکا* در تغذیه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌تواند قابل توصیه باشد.

نتیجه‌گیری

ماکروجلبک‌های دریایی *گرسیلاریوپسیس پرسیکا*، *سارگاسوم بووانوم* و *پلی‌کلادیا مایریکا* بر بهبود عملکرد رشد بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تاثیر ندارند، ولی *گرسیلاریوپسیس پرسیکا* و *سارگاسوم بووانوم* بر پاسخ ایمنی آنها تاثیرگذار هستند.

تشکر و قدردانی: از دانشگاه تربیت مدرس به‌دلیل پشتیبانی مالی و تمام عزیزانی که در انجام این تحقیق کمک و یاری رساندند و به‌ویژه آقای مرتضی کمالی مسئول آزمایشگاه شیلات تشکر و قدردانی می‌شود.

تاییدیه اخلاقی: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

تعارض منافع: این پژوهش، تعارضی با منافع حقیقی یا حقوقی ندارد.

سهم نویسندگان: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

منابع مالی: این پژوهش از پشتیبانی مالی دانشگاه تربیت مدرس برخوردار بوده است.

منابع

1- Reverter M, Bontemps N, Lecchini D, Banaigs B, Sasal P. Use of plant extracts in fish aquaculture as an alternative to chemotherapy: Current status and future perspectives. Aquaculture. 2014;433:50-61.

2- Hebb CD, Castell JD, Anderson DM, Batt J. Growth and feed conversion of juvenile winter flounder (Pleuronectes americanus) in relation to different protein-to-lipid levels in isocaloric diets. Aquaculture. 2003;221(1-4):439-49.

3- Barrows FT, Gaylord TG, Stone DAJ, Smith CE. Effect of protein source and nutrient density on growth efficiency, histology and plasma amino acid concentration of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss Walbaum). Aquac Res. 2007;38(16):1747-58.

4- Nakagawa H, Sato M, Gatlin DM. Dietary supplements for the health and quality of cultured fish. Wallingford: Cabi; 2007.

5- Hashim R, Mat Saat MA. The utilization of seaweed meals as binding agents in pelleted feeds for snakehead (Channa striatus) fry and their effects on growth. Aquaculture. 1992;108(3-4):299-308.

6- Pereira L. A review of the nutrient composition of selected edible seaweeds. In: Pomin VH. Seaweed: Ecology, nutrient composition and medicinal uses. Pomin VH, editor. New York: Nova Science; 2012. pp. 15-47.

7- Burtin P. Nutritional value of seaweeds. Electron J Environ Agric Food Chem. 2003;2(4):498-503.

8- Rabiei R, Asadi M, Sohrabipour J, Nejadsattari T, Majd A. Algae species diversity of Gracilaria salicornia on the Persian Gulf Coast-Qeshm Island. J Res Constr. 2007;20(2):47-53. [Persian]

9- Nakagawa H, Sato M, Gatlin DM. Dietary supplements for the health and quality of cultured fish. Abedian Kenari A, Sotoudeh E, translators. Tehran: Tarbiat Modares University Press; 2012. p. 391. [Persian]

10- Sohrabipour J, Rabiei R. Algal vegetation in southern coastline of Iran. Iran Nat. 2017;2(1):62-8. [Persian]

11- Stirk WA, Reinecke DL, van Staden RJ. Seasonal variation in antifungal, antibacterial and acetylcholinesterase activity in seven South African seaweeds. J Appl Phycol. 2007;19(3):271-6.

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-04]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1396.7.1.1.6]

dietary additives for olive flounder (Paralichthys olivaceus). Turk J Fish Aquat Sci. 2014;14:321-30.
28- Pham MA, Lee K, Lee B, Lim S, Kim S, Lee Y, et al. Effects of dietary Hizikia fusiformis on growth and immune responses in juvenile olive flounder (Paralichthys olivaceus). Asian Aust J Anim Sci. 2006;19(12):1769-75.
29- Wassef EA, El-Sayed AFM, Sakr EM. Sakr EM. Pterocladia (Rhodophyta) and Ulva (Chlorophyta) as feed supplements for European seabass, Dicentrarchus labrax L., fry. J Appl Phycol. 2013;255:1369-76.
30- Mustafa G, Wakamatsu S, Takeda TA, Umino T, Nakagawa H. Effects of Algae meal as feed additive on growth, feed efficiency, and body composition in Red Sea bream. Fish Sci. 1995;61(1):25-8.
31- Soler-Vila A, Coughlan S, Guiry MD, Kraan S. The red alga Porphyra dioica as a fish-feed ingredient for rainbow trout (Oncorhynchus mykiss): Effects on growth, feed efficiency, and carcass composition. J Appl Phycol. 2009;215:617-24.
32- Fujiki K, Yano T. Effects of sodium alginate on the non-specific defence system of the common carp (Cyprinus carpioL.). Fish Shellfish Immunol. 1997;7(6):417-27.
33- Skjermo J, Defoort T, Dehasque M, Espevik T, Olsen Y, Skjak-brfek, et al. Immunostimulation of juvenile turbot (Scophthalmusmaximus L.) using an alginate with high mannuronic acid content administered via the live food organism Artemia. Fish Shellfish Immunol. 1995;5(7):531-4.
34- Dalmo RA, Seljelid R. The immunomodulatory effect of LPS, laminaran and sulphated laminaran [β(l,3)-D-glucan] on Atlantic salmon, Salmo salar L., macrophages in vitro. J Fish Dis. 1955;18(2):175-85.
35- Yeh SP, Chang CA, Chang CY, Liu CH, Cheng W. Dietary sodium alginate administration affects fingerling growth and resistance to Streptococcus sp. and iridovirus, and juvenile non-specific immune responses of the orange-spotted grouper, Epinephelus coioides. Fish Shellfish Immunol. 2008;25(1-2):19-27.
36- Cheng AC, Tu CW, Chen YY, Nan FH, Chen JC. The immunostimulatory effects of sodium alginate and iota-carrageenan on orange-spotted grouper Epinephelus coicoides and its resistance against Vibrio alginolyticus. Fish Shellfish Immunol. 2007;22(3):197-205.
37- Chiu ShT, Tsai RT, Hsu JP, Liu ChH, Cheng W. Dietary sodium alginate administration to enhance the non-specific immune responses, and disease resistance of the juvenile grouper Epinephelus fuscoguttatus. Aquaculture. 2008;277(1-2):66-72.
38- Fujiki K, Matsuyama H, Yano T. Protective effect of sodium alginates against bacterial infection in common carp, Cyprinus carpio L. J Fish Dis. 1994;17(4):349-55.
39- Liang L, Sun X. A genetic linkage map of common carp (Cyprinus carpio L.) and mapping of a locus associated with cold tolerance. Aquaculture. 2004;238(1-4):165-72.
40- Valente LMP, Araújo M, Batista S, Peixoto MJ, Sousa-Pinto I, Brotas V, et al. Carotenoid deposition, flesh quality and immunological response of Nile tilapia fed increasing levels of IMTA-cultivated Ulva spp. J Appl Phycol. 2016;28(1):691-701.
41- Araújo M, Rema P, Sousa-Pinto I, Cunha LM, Peixoto MJ, Pires MA, et al. Dietary inclusion of IMTA-cultivated Gracilaria vermiculophylla in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) diets: Effects on growth, intestinal morphology, tissue pigmentation, and
12- Volk RB, Furkert FH. Antialgal, antibacterial and antifungal activity of two metabolites produced and excreted by cyanobacteria during growth. Microbiol Res. 2006;161;(2):180-6.
13- Jiao L, Li X, Li T, Jiang P, Zhang L, Wu M, et al. Characterization and anti-tumor activity of alkali-extracted polysaccharide from Enteromorpha intestinalis. Int Immunopharmacol. 2009;9(3):324-9.
14- Kumar M, Kumari P, Trivedi N, Shukla MK, Gupta V, Reddy CRK, et al. Minerals, PUFAs and antioxidant properties of some tropical seaweeds from Saurashtra coast of India. J Appl Phycol. 2011;23(5):797-810.
15- Bellorin AM, Buriyo A, Sohrabipour J, Oliveira MC, Oliveira EC. Gracilariopsis mclachlanii sp. nov. and Gracilariopsis persica sp. nov. of the Gracilariaceae (Gracilariales, Rhodophyceae) from the Indian Ocean. J Phycol. 2008;44(4):1022-32.
16- Agardh JG. Species, genera and orders Algae or a succinct descriptions of species, genera and orders of Algae kingdom. 2nd Volume. Lund: CWK Gleerup; 1851. [Latin]
17- Draisma SGA, Ballesteros E, Rousseau F, Thibaut T. DNA sequence data demonstrate; the polyphyly of the genus Cystoseira and other Sargassaceae genera (Phaeophyceae). J Phycol. 2010;46(6):1329-45.
18- Clerck OD, Coppejans E. Marine algae of the Jubail Marine Wildlife Sanctuary, Saudi Arabia. In: Krupp F, Abuzinada AH, Nader IA, editors. A marine wildlife sanctuary for the Arabian Gulf environmental research and conservation following the 1991 gulf war oil spill. Frankfurt: Senckenberg Research Institute; 1996.
19- Subcommittee on Fish Nutrition, National Research Council. Nutrient requirements of fish. Washington, DC: National Academy Press; 1993.
20- Abedian Kenari A, Sotoudeh E, Rezaei MH. Dietary soybean phosphatidylcholine affects growth performance and lipolytic enzyme activity in Caspian Brown Trout (Salmo Trutta Caspius) alevin. Aquac Res. 2011;42(5):655-63.
21- Fynn-Aikins K, Hung SS, Liu W, Li H. Growth, lipogenesis and liver composition of juvenile white sturgeon fed different levels of D-glucose. Aquaculture. 1992;105(1):61-72.
22- Clerton P, Troutaud D, Verlhac V, Gabaudan J, Deschaux P. Dietary vitamin E and rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) phagocyte functions: Effect on gut and on head kidney leucocytes. Fish Shellfish Immunol. 2001;11(1):1-13.
23- Amar EC, Kiron V, Satoh S, Watanabe T. Effects of dietary beta-carotene on the immune response of rainbow trout Oncorhynchus mykiss. Fish Sci. 2000;66:1068-75.
24- Zar JH. Biostatistical analysis. 4th Edition. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall; 1999.
25- Yangthong M, Oncharoen S, Sripanomyom J. Effect of Sargassum meal supplementation on growth performance of sex-reversed tilapia (Oreochromis niloticus Linn.). In: Proceedings Kasetsart University Annual Conference. Chatuchak, Bangkok: Kasetsart University; 2014. pp. 234-41.
26- Güroy BK, Cirik Ş, Güroy D, Sanver F, Tekinay AA. Effects of Ulva rigida and Cystoseira barbata meals as a feed additive on growth performance, feed utilization, and body composition of Nile Tilapia, Oreochromis niloticus. Turk J Vet Animal Sci. 2007;31(2):91-7.
27- Kim KW, Kim SS, Khosravi S, Rahimnejad S, Lee KJ. Evaluation of sargassum fusiforme and ecklonia cava as

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-04]
[DOR: 20.1001.1.23225513.1396.7.1.1.6]

immunological response. J Appl Phycol. 2016;28:679-89.
42- Zamannejad N, Emadi H, Hosseinzade Sahafi O. Effects of Sargassum illicifolium algae feeding on IgM level and lysozyme activity in Rainbow trout (Onchorhynchus mykiss). J Marine Sci Technol. 2016;10(4):57-70. [Persian]
43- Yano T. Assays of hemolytic complement activity. In: Stolen JS, Fletcher TC, Anderson DP, Kaattari SL, Rowley AF, editors. Techniques in fish immunology. 2nd Volume. Cambridge: SOS Publications; 1992. pp. 131-41.
44- Mauri I, Romero A, Acerete L, MacKenzie S, Roher N, Callol A, et al. Changes in complement responses in Gilthead seabream (Sparus aurata) and European seabass (Dicentrarchus labrax) under crowding stress, plus viral and bacterial challenges. Fish Shellfish Immunol. 2011;30(1):182-8.
45- Timmis J, Knight T, de Castro LN, Hart E. An overview of artificial immune systems. In: Paton R, Bolouri H, Holcombe WML, Parish JH, Tateson R, editors. Computation in cells and tissues. Berlin: Springer Berlin Heidelberg; 2004. pp. 51-91.
46- Wyban JA, Lee CS, Sato VT, Sweeney JN, Richards Jr WK. Effect of stocking density on shrimp growth rates in manure-fertilized ponds. Aquaculture. 1987;61(1):23-32.
47- Gabrielsen BO, Austreng E. Growth, product quality and immune status of Atlantic salmon, Salmo salar L., fed wet feed with alginate. Aquac Res. 1988;29(6):397-401.

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-04]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1396.7.1.1.6]