Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics

Online ISSN: 2345-427X
Print ISSN: 2345-4288

Effects of different levels of *Sargassum ilisifulium* extract on growth performance and some skin mucosal immunity of red tilapia (*Oreochromis mossambicus* × *Oreochromis niloticus*)

Khaled Foroghinasab[1], Nasim Zanquee[2], Hamid Mohammadiazarm[*3], Milad Maniat[4]

1. M.Sc. Graduate of Fisheries, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Khuzestan, Iran. E-mail: h1359624@gmail.com
2. Assistant Prof., Dept. of Fisheries, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Khuzestan, Iran. E-mail: n_zanguee@yahoo.com
3. Corresponding Author, Associate Prof., Dept. of Fisheries, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Khuzestan, Iran. E-mail: azarmhamid@gmail.com
4. Ph.D. Graduate of Fisheries, Iranian Fisheries organization, Khorramshahr, Khuzestan, Iran. E-mail: maniatmilad@gmail.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 10.29.2022
Revised: 11.22.2022
Accepted: 11.29.2022

Keywords:
Extract,
Growth,
Immunity,
Red tilapia,
Sargassum

ABSTRACT

Improving the immune system and growth of fish with seaweed instead of antibiotics can be a good idea for aquaculture. For this purpose, twenty four hundred red tilapia fish after adaptation to laboratory conditions were divided into four treatments with three replicates, and then fed diets contained control (without sargassum extract), 1, 2, and 3% of *Sargassum ilisifulium* extract for 8 weeks. The results showed that 2% Sargassum extract causes a significant increase in growth indices (specific growth factor, weight gain) and a significant decrease in food conversion ratio ($P<0.05$). All fish fed with different levels of Sargassum extract had more protein and less fat contents in the body compared to the control group ($P<0.05$). The amount of total protein, immunoglobulin, and lysozyme activity of the mucus in the fish fed with 2% Sargarsum extract was significantly higher than other experimental groups. ($P<0.05$). As a result, it is suggested to use 2% of dietary Sargassum extract to improve immunity and growth performance of red tilapia fish.

Cite this article: Foroghinasab, Khaled, Zanquee, Nasim, Mohammadiazarm, Hamid, Maniat, Milad. 2023. Effects of different levels of *Sargassum ilisifulium* extract on growth performance and some skin mucosal immunity of red tilapia (*Oreochromis mossambicus* × *Oreochromis niloticus*). *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 12 (3), 123-134.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/japu.2022.20729.1720
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان

شاپا آنلاین: ۲۳٤٥-٤۲۷X
شاپا چاپی: ۲۳٤٥-٤۲۸۸

اثرات سطوح مختلف عصاره سارگاسوم (*Sargassum ilisifulium*) بر عملکرد رشد و برخی فاکتورهای ایمنی موکوس تیلاپیای قرمز (*Oreochromis mossambicus* × *Oreochromis niloticus*)

خالد فروغی نسب[۱]، نسیم زنگویی[۲]، حمید محمدی آذرم*[۳]، میلاد منیعات[٤]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، خوزستان، ایران. رایانامه: h1359624@gmail.com

۲. استادیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، خوزستان، ایران. رایانامه: n_zanguee@yahoo.com

۳. نویسنده مسئول، دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، خوزستان، ایران. رایانامه: azarmhamid@gmail.com

٤. دانش‌آموخته دکتری تخصصی شیلات، اداره شیلات خرمشهر، اداره کل شیلات، خرمشهر، خوزستان، ایران. رایانامه: maniatmilad@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۱/۰۸/۰۷
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۱/۰۹/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۱/۰۹/۰۸

واژه‌های کلیدی:
ایمنی،
تیلاپیای قرمز،
رشد،
سارگاسوم،
عصاره

چکیده

بهبود سیستم ایمنی و رشد ماهیان از طریق جلبک‌های دریایی به جای آنتی‌بیوتیک‌ها می‌تواند ایده مناسبی برای آبزی‌پروری باشد. به این منظور تعداد ۲٤۰ عدد ماهی تیلاپیای قرمز پس از سازگاری با شرایط آزمایشگاهی در ٤ تیمار با سه تکرار تقسیم شده و در ادامه با جیره‌های غذایی شامل شاهد (فاقد عصاره)، ۱، ۲ و ۳ درصد عصاره سارگاسوم (*Sargassum ilisifulium*) به مدت ۸ هفته تغذیه شدند. نتایج نشان داد که استفاده از ۲ درصد عصاره سارگاسوم باعث افزایش معنی‌دار شاخص‌های رشد (ضریب رشد ویژه، افزایش وزن) و کاهش معنی‌دار ضریب تبدیل غذایی می‌شود (P<۰/۰٥). همه ماهیان تغذیه شده با سطوح مختلف عصاره سارگاسوم دارای پروتئین بیش‌تر و چربی کم‌تری در بدن نسبت به گروه شاهد بودند (P<۰/۰٥). مقدار پروتئین کل، ایمونوگلوبین و فعالیت لیزوزیم موکوس در ماهیان تغذیه شده با ۲ درصد عصاره سارگارسوم به‌طور معنی‌داری از دیگر گروه‌های آزمایشی بالاتر بود. (P<۰/۰٥). در نتیجه استفاده از ۲ درصد عصاره خوراکی سارگاسوم جهت بهبود شاخص‌های ایمنی و رشد در تغذیه ماهی تیلاپیای قرمز پیشنهاد می‌شود.

استناد: فروغی نسب، خالد، زنگویی، نسیم، محمدی آذرم، حمید، منیعات، میلاد (۱۴۰۲). اثرات سطوح مختلف عصاره سارگاسوم (*Sargassum ilisifulium*) بر عملکرد رشد و برخی فاکتورهای ایمنی موکوس تیلاپیای قرمز (*Oreochromis mossambicus* × *Oreochromis niloticus*). *نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان*، ۱۲ (۳)، ۱۳۴-۱۲۳.
DOI: 10.22069/japu.2022.20729.1720

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

کاهش زنده‌مانی به دلیل بروز بیماری در ماهیان به‌خصوص در مراحل اولیه زندگی یکی از معضلات آبزی‌پروری می‌باشد. استفاده از مواد دارویی مانند آنتی‌بیوتیک‌ها مشکلاتی مانند ایجاد مقاومت باکتریایی، اثرات منفی بر محیط زیست و نگرانی‌های مصرف‌کننده را به دنبال دارد (۱). در نتیجه دستیابی به محرک‌های ایمنی دوستدار محیط زیست که موجب افزایش حداکثری زنده‌مانی، رشد و در نتیجه ارتقای راندمان اقتصادی در پرورش آبزیان شود، ضروری است (۲، ۳، ٤، ٥). استفاده از جلبک‌ها در جیره‌های غذایی، به دلیل داشتن ترکیبات زیستی فعال می‌تواند منجر به افزایش زنده‌مانی، رشد، کارایی غذا و مقاومت به بروز استرس‌ها و بیماری‌ها در آبزیان شود (٦). جلبک‌های قهوه‌ای شاید فراوان‌ترین و بدون تردید بارزترین گیاهان دریایی می باشند جنس و گونه *Sargassum illicifolium* متعلق به خانواده Sargassacea یکی از مهم‌ترین جلبک‌های دریایی خلیج‌فارس است که همه ساله مقادیر زیادی از آن به ساحل ریخته شده و قابلیت جمع‌آوری دارد، بدون این‌که هزینه زیادی بابت آن پرداخت شود (۷).

برخی مطالعات بیانگر تأثیرات مثبت جلبک سارگاسوم در تغذیه آبزیان به‌دلیل داشتن ترکیبات مؤثره به عنوان محرک ایمنی بوده‌اند. در همین ارتباط بیتا و قربانی رنجبری (۲۰۱٦)، اثرات آنتی‌اکسیدانی و تحریک‌کنندگی ایمنی عصاره جلبک سارگاسوم (*Sargassum angustifolium*) بر بچه‌ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) را گزارش دادند (۸). طولابی دزفولی و همکاران (۲۰۱۷)، اثر مثبت مصرف عصاره الکلی جلبک سارگاسوم (*S. angustifolium*)، بر برخی فاکتورهای خونی و ایمنی ماهی ماکرو (*Labidochromis caeruleus*) گزارش دادند (۹). گورا و همکاران (۲۰۱۸)، اثر بهینه رژیم غذایی جلبک (*Sargassum wightii*) و عصاره غنی از فوکوئیدان را بر رشد، ایمنی، مقاومت در برابر بیماری در ماهی کپور هندی (*Labe rohita*) بیان کردند (۱۰). هم‌چنین هانگ و همکاران (۲۰۰٦)، اثر افزایشی عصاره پلی‌ساکارید جلبک (*Sarassum fusiforme*) را در مقاومت به ارتعاش و فعالیت ایمنی بدن میگو چینی (*Fenneropenaeus chinensis*) مطرح کردند (۱۱). به‌علاوه، دشتیان‌نسب و همکاران (۲۰۱٤)، اثرات افزایشی عصاره جلبک قهوه‌ای (*S. angustifolium*) بر عملکرد رشد، درصد بقا و مقاومت در برابر ویبریوزیس در میگوی پا سفید غربی (*Litopenaeus vannamei*) گزارش دادند (۱۲). اما از طرفی مطالعه خانزاده و همکاران (۲۰۲۰)، نشان داد که استفاده از عصاره سارگاسوم در تغذیه تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) تا سطح ۲ درصد تأثیری بر شاخص‌های ایمنی، آنتی‌اکسیدانی و رشد ماهیان نداشته که در نتیجه بیان کردند پاسخ آبزی متناسب با نوع گونه، مقدار مصرف عصاره و دوره زمانی آزمایش می‌تواند متفاوت باشد (۱۳).

از طرفی ماهی تیلاپیای قرمز (*Oreochromis mossambicus* × *Oreochromis niloticus*) که دورگه حاصل از تیلاپیای نیل و موزابیک می‌باشد، دارای رنگ مناسب و سرعت رشد مناسبی است (۱٤)، که در داخل کشور نیز در چهار استان سمنان، یزد، خراسان جنوبی و قم به‌عنوان یک گونه مناسب پرورش متراکم در نظر گرفته شده است. اما از آن‌جایی‌که اطلاعات تغذیه‌ای به‌دلیل محدودیت مطالعات در خصوص این گونه دورگه بسیار نادر و اختصاصی گونه می‌باشد، بنابراین مطالعه اثر عصاره سارگاسوم به عنوان محرک ایمنی دوست‌دار محیط زیست بر ماهی تیلاپیای قرمز با توجه به شاخص‌های زنده‌مانی، رشد، ترکیب بدن و ایمنی ضروری است.

مواد و روش‌ها

عصاره‌گیری: ابتدا جلبک قهوه‌ای (*Sargassum ilisifulium*) جمع‌آوری شده از سواحل خلیج‌فارس در استان بوشهر در ماه‌های آبان و آذر جمع‌آوری شده و پس از شستشو به مدت ۷۲ ساعت در دمای محیط آزمایشگاه به دور از نور آفتاب کاملاً خشک گردیدند. برای عصاره‌گیری ۳۰ گرم پودر جلبک تهیه شده توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم وزن شد و به همراه ۳۰۰ میلی‌لیتر الکل اتانول ۹۶ درصد به یک ظرف شیشه‌ای درب‌دار منتقل شده و پس از مخلوط شدن به مدت ۷۲ ساعت در دمای آزمایشگاه قرار داده شد. در ادامه محلول صاف شده در روتاری با دمای ٤٥ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد، تا الکل موجود در محلول تقطیر گردد و عصاره مورد نظر تا زمان استفاده در دمای ٤ درجه سانتی گراد در یخچال نگهداری شد (۱۲).

برای تعیین مقدار ترکیبات فنلی تام، ۰/۵ میلی‌لیتر عصاره به ۲/۵ میلی‌لیتر فولین- سیوکالتیو ۱۰ درصد اضافه شد. پس از ۵ دقیقه، ۲ میلی لیتر کربنات سدیم ۷/۵ درصد نیز افزوده شد و نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق و مکان تاریک نگه داشته شدند. در نهایت جذب نوری نمونه‌ها در طول موج ۷٦٥ نانومتر اندازه‌گیری شد. به‌عنوان استاندارد از اسید گالیک استفاده شد و نتایج به صورت میلی‌گرم اسید گالیک در گرم وزن خشک عصاره بیان شد (۱۵). مقدار ترکیبات فلانوئیدی تام عصاره، به روش رنگ‌سنجی آلومینیوم کلرید اندازه‌گیری شد (١٦). به‌طور خلاصه ۰/۵ میلی‌لیتر عصاره با ۱/۵ میلی‌لیتر اتانول، ۰/۱ میلی‌لیتر استات پتاسیم (یک مولار)، ۰/۱ میلی‌لیتر کلرید آمونیوم شش آبه (۱۰ درصد) و ۲/۸ میلی‌لیتر آب مقط یون یزدایی شده مخلوط گردید. پس از ۳۰ دقیقه نگهداری در دمای محیط، جذب مخلوط در طول موج ٤١٥ نانومتر اندازه‌گیری شد. از کوئرستین به‌عنوان استاندارد استفاده شد و نتایج به‌عنوان معادل کوئرستین در گرم وزن خشک عصاره بیان شد. هم‌چنین جهت سنجش مقدار رنگدانه تام عصاره جلبکی به مدت ۵ دقیقه در دور ۳۰۰۰ در دقیقه سانتریفوژ شد. در ادامه مقدار رنگدانه تام در طول موج ٤٧٠ نانومتر مورد سنجش و محاسبه قرار گرفت (۱۷). آزمایش‌ها سه بار تکرار و میانگین آن‌ها گزارش شد.

تهیه جیره‌های غذایی و انجام آزمایش: تیمارهای مورد استفاده در پژوهش حاضر، شامل ٤ جیره غذایی با سه تکرار شامل گروه فاقد عصاره سارگاسوم (شاهد)، ۱، ۲ و ۳ درصد عصاره سارگاسوم برای پرورش ماهیان با توجه به مطالعه خانزاده و همکاران (۲۰۲۰) در طی یک دوره ۸ هفته‌ای بود (۱۳). بنابراین جهت تیمارهای آزمایشی از جیره پایه فرموله شده مطابق با جدول ۱ و بر اساس نیاز غذایی NRC (۱۸) استفاده شد. در ادامه تعداد ۲٤٠ قطعه ماهی تیلاپیای قرمز به‌طور کاملاً تصادفی بین ۱۲ عدد آکواریوم توزیع شد (۲۰ قطعه ماهی به ازای هر آکواریوم) و در طول مدت آزمایش، ماهیان ۳ بار در روز در ساعات ۸، ۱۲ و ۱۸ در حد سیری تغذیه شدند.

جدول ۱- جیره پایه غذای مورد استفاده در تغذیه ماهیان.

اقلام غذایی	مقدار (درصد)
آرد ماهی	۱۰
پودر سویا	۳۵
آرد گندم	۲۵
گلوتن ذرت	۱۵
روغن ماهی	٤
سبوس گندم	۷
مکمل ویتامینه	۱/۵
مکمل معدنی	۱/۵
ژلاتین	۱
ترکیب بیوشیمیایی (درصد وزن خشک)	
ماده خشک	۹۰/٤۹
پروتئین	۳۷/۹۷
چربی	۵/۹۵
انرژی (کیلوکالری/گرم)	۲/۹۰

شاخص‌های رشد و تغذیه شامل شاخص‌های افزایش وزن، ضریب رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی و میزان بازماندگی، بر اساس رابطه‌های زیر محاسبه شدند (۱۳).

۱- افزایش وزن بدن (Weight gain)

(WG) = وزن نهایی – وزن اولیه

۲- درصد ضریب رشد ویژه (Specific growth rate)

(SGR) = (Ln W_2 – Ln W_1) / دوره پرورش به روز ×۱۰۰

۳- ضریب تبدیل غذایی (Food conversion ratio)

(FCR) = مقدار غذای خورده شده (گرم) / افزایش وزن بدن(گرم)

٤- درصد بازماندگی (Survival rate)

(SR) = تعداد ماهیان باقی‌مانده/ تعداد ماهیان ×۱۰۰

در پایان دوره آزمایشی جهت ارزیابی ترکیبات بیوشیمیایی بدن، تعداد ۵ قطعه ماهی از هر تکرار (۱۵ قطعه ماهی از هر تیمار) به‌طور تصادفی از تانک‌ها خارج و تا زمان انجام آنالیزها در فریزر، در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. آنالیز تقریبی ترکیبات بیوشیمیایی بدن با استفاده از روش‌های استاندارد انجام شد (۱۹).

اندازه‌گیری شاخص‌های ایمنی موکوس: جمع‌آوری موکوس ماهیان بر اساس روش حسینی‌فر و همکاران (۲۰۱۹) انجام شد (۲۰). اندازه‌گیری پروتئین موکوس با استفاده از روش لوری و رسم منحنی استاندارد آلبومین سرم گاوی انجام شد (۲۱). اندازه‌گیری ایمونوگلوبولین کل بر اساس اندازه‌گیری میزان پروتئین کل مخاط ماهی‌ها (۹ ماهی از هر تیمار)، قبل و بعد از رسوب مولکول‌های ایمونوگلوبولین و با استفاده از محلول پلی‌اتیلن گلیکول ۱۲ درصد انجام

شد (۲۲). هم‌چنین فعالیت لیزوزیم بر اساس رسوب و نابودی باکتری گرم مثبت (ATCC 4698) *Micrococcus lysodeiticus* که به لیزوزیم حساس است و در طول موج ٤٥٠ نانومتر اندازه‌گیری شد (۲۳).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها: نرمال بودن داده‌ها (Mean±SE) به‌وسیله آزمون شاپیرو- ویلک مورد بررسی قرار گرفت. شاخص‌های رشد و ایمنی با استفاده از آنالیز واریانس یک‌طرفه (one-way ANOVA) و تست دانکن به‌عنوان پس آزمون، جهت مقایسه میانگین‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. تجزیه و تحلیل همه داده‌ها و عملیات مربوطه به‌وسیله نرم‌افزار SPSS انجام پذیرفت.

نتایج

ترکیب شیمیایی عصاره سارگاسوم در جدول ۲ نشان داده شده است. به‌طورکلی مقادیر نشان داده شده بیانگر مزیت آنتی‌اکسیدانی عصاره سارگاسوم بود.

جدول ۲- ترکیبات شیمیایی سنجش شده عصاره سارگاسوم مورد استفاده.

ترکیبات مورد سنجش عصاره سارگاسوم	مقدار
ترکیبات فنلی تام (میلی‌گرم اسید گالیک در گرم)	۸۳/۵±٦۳/٦۳
ترکیبات فلانوئیدی تام (میلی‌گرم کوئرستین در گرم)	۳/۰±۹۵/۳۰
رنگدانه تام (میلی‌گرم در گرم)	۰/۰±۳۵/۰۸

داده‌ها بر اساس میانگین ± خطای استاندارد برای ۳ تکرار

هم‌چنین نتایج ارزیابی وزن نهایی ماهیان (جدول ۳) نشان داد، که تیمار ۲ درصد عصاره سارگاسوم نسبت به گروه شاهد و سایر گروه‌های آزمایشی اختلاف معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵). با افزایش معنی‌دار میزان وزن نهایی در این تیمار، میزان افزایش وزن بدن (گرم) و میزان ضریب رشد ویژه، افزایش معنی‌داری در این تیمار نشان داد (P<۰/۰۵). میزان ضریب تبدیل غذایی نیز به صورت معنی‌داری در تیمار ۲ درصد نسبت به گروه شاهد و سایر گروه‌های آزمایشی کاهش پیدا کرد (P<۰/۰۵). میزان بازماندگی در پایان دوره آزمایشی هیچ اختلاف معنی‌داری در بین گروه‌های آزمایشی نداشت (P>۰/۰۵).

جدول ۳- شاخص‌های رشد و تغذیه تیمارهای مختلف ماهیان تیلاپیای قرمز در انتهای دوره آزمایش.

شاخص	تیمارهای آزمایشی			
	شاهد	۱ درصد	۲ درصد	۳ درصد
وزن اولیه (گرم)	۱/۰±۳٦/۰۳	۱/۰±۳۵/۰٤	۱/۰±۳۵/۰۵	۱/۰±۳٦/۰۳
وزن نهایی (گرم)	۱۱/۰±۲۹/۱۱^{a}	۱٤/۰±۳۷/۱۹^{b}	۱۵/۰±۹۰/۵۲^{c}	۱٤/۰±۳۵/۳٤^{b}
افزایش وزن بدن(گرم)	۹/۰±۹۳/۰۵^{a}	۱۳/۰±۰٦/۱۵^{b}	۱٤/۰±۵۳/۸۵^{c}	۱۳/۰±۰۱/۳۰^{b}
ضریب رشد ویژه (درصد در روز)	۳/۰±۷۷/۰۲^{a}	٤/۰±۲۲/۰۳^{b}	٤/۰±۳۹/۰۵^{c}	٤/۰±۲۱/۰۱^{b}
ضریب تبدیل غذایی	۱/۰±۳٦/۰۵^{a}	۱/۰±۱۸/۰٦^{b}	۱/۰±۰۵/۰٤^{c}	۱/۰±۲۱/۰٤^{b}
بازماندگی (درصد)	۹٦/۳±٦٦/۳۳	۱۰۰	۹٦/۱±٦٦/٦٦	۹۸/۱±۳۳/٦٦

حروف متفاوت نشانه در هر ردیف وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌های آزمایشی است (میانگین داده‌ها ± خطای استاندارد برای ۳ تکرار). (P<۰/۰۵)

مقدار پروتئین کل لاشه (جدول ٤) در گروه‌های آزمایشی دارای عصاره سارگاسوم به‌صورت معنی‌داری در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داشتند (P<۰/۰۵). هم‌چنین مقدار چربی گروه‌های آزمایشی دارای عصاره سارگاسوم در مقایسه با تیمار شاهد، کاهش معنی‌داری پیدا کرده‌اند. اما مقدار رطوبت و خاکستر تفاوت معنی‌داری در بین تیمارهای آزمایشی را نشان نداد (P>۰/۰۵).

جدول ٤- آنالیز ترکیبات بیوشیمیایی بدن ماهیان تیلاپیای قرمز در انتهای دوره آزمایش (بر اساس وزن تر).

شاخص (درصد)	تیمارهای آزمایشی			
	شاهد	۱ درصد	۲ درصد	۳ درصد
رطوبت	۷۵/۳±۱۹/٦٤	۷٤/٤±۰۷/٤۷	۷٤/٤±۷٤/٦٦	۷٤/٤±٦۳/۹۱
پروتئین	۱۲/۰±۷۷/۷۵^{a}	۱٤/۰±٦۰/۱۲^{b}	۱۵/۰±۰۵/۱۲^{b}	۱٤/۰±۳۲/۲٤^{b}
چربی	٦/۰±۹٤/۲۹^{b}	۵/۰±۵۵/۱۲^{a}	۵/۰±۵۸/۱۷^{a}	۵/۰±٦۳/۳٤^{a}
خاکستر	۳/۰±٦٦/۰۵	۳/۰±۷٦/۱۱	٤/۰±٤۹/۳٤	٤/۰±۸٦/۲۷

حروف متفاوت نشانه در هر ردیف وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌های آزمایشی است (میانگین داده‌ها ± خطای استاندارد برای ۳ تکرار). (P<۰/۰۵)

مقدار پروتئین کل موکوس ماهیان (جدول ۵)، درگروه آزمایشی حاوی ۲ درصد عصاره سارگاسوم، در مقایسه با سایر گروه‌های آزمایشی افزایش معنی‌داری را نشان داد (P<۰/۰۵). بنابراین حداقل مقدار پروتئین کل در گروه شاهد مشاهده شد. ارزیابی پروتئین کل و ایمونوگلوبولین موکوس نشان داد، میزان این شاخص‌ها در تیمارهای حاوی عصاره سارگاسوم به‌صورت معنی‌داری در مقایسه با گروه شاهد افزایش پیدا کرده بود (P<۰/۰۵). بنابراین حداکثر میزان ایمونوگلوبولین کل موکوس، مربوط به گروه ۲ درصد عصاره سارگاسوم بود و از طرفی کم‌ترین مقدار آن مربوط به گروه شاهد بود. هم‌چنین میزان فعالیت لیزوزیم در تیمار ۲ درصد عصاره سارگاسوم به‌صورت معنی‌داری درمقایسه با گروه شاهد و دیگر تیمارهای آزمایشی افزایش داشت (P<۰/۰۵).

جدول ۵- شاخص‌های ایمنی موکوس ماهیان تیلاپیای قرمز در انتهای دوره آزمایش.

شاخص (درصد)	تیمارهای آزمایشی			
	شاهد	۱ درصد	۲ درصد	۳ درصد
پروتئین کل (میلی‌گرم بر میلی‌لیتر)	۱۲/۰±۵۵/۱۹^{a}	۱۷/۰±۸۳/۲٦^{b}	۲۰/۰±۵۸/۳۵^{c}	۱۷/۰±۸٤/۳۹^{b}
ایمونوگلوبولین (میلی‌گرم بر میلی‌لیتر)	٤/۰±٦٤/۱٦^{a}	۷/۰±۲۵/۱۱^{b}	۸/۰±۳۷/۱۷^{c}	۷/۰±۳۱/۱۱^{b}
لیزوزیم (u/ml)	۸/۰±٤۵/۱۷^{a}	۸/۰±۹۰/۱٤^{ab}	۹/۰±٤۹/٤٤^{b}	۸/۰±٦۵/۵۳^{a}

حروف متفاوت نشانه در هر ردیف وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌های آزمایشی است (میانگین داده‌ها ± خطای استاندارد برای ۳ تکرار). (P<۰/۰۵)

بحث

جیره‌های غذایی حاوی عصاره سارگاسوم اثر مثبتی بر عملکرد رشد و تغذیه ماهیان نسبت به گروه شاهد داشتند، که بهترین تیمار مربوط به ۲ درصد عصاره سارگاسوم بود. مشابه نتایج این پژوهش، برخی مطالعات پیشین نشان داده است که استفاده از جیره‌های غذایی حاوی جلبک‌های دریایی همانند جلبک قهوه‌ای می‌تواند منجر به افزایش رشد در ماهیان می‌شود (۲٤، ۲۵، ۲٦، ۲۷). مانند مطالعات پیشین صورت گرفته در خصوص اثر عصاره جلبک قهوه‌ای بر میگوی چینی توسط هانگ و همکاران (۲۰۰٦) (۱۱)، مطالعه وانگ و همکاران (۲۰۱۳) بر ماهی هامور (*Epinephelus coiodes*) (۲۸)، مطالعه دشتیان‌نسب و همکاران (۲۰۱٤) بر میگوی پا سفید غربی (۱۲)، مطالعه بیتا و قربانی رنجبری (۲۰۱٦) بر ماهی کپور معمولی (۸)، مطالعه شی و همکاران (۲۰۲۱) بر گربه‌ماهی زرد (*Pelteobagrus fulvidraco*) (۲۹)، مطالعه طولابی دزفولی و همکاران (۲۰۱۷) بر ماهی ماکرو زرد (۹)، مطالعه گورا و همکاران (۲۰۱۸) بر کپور هندی (۱۰)، مطالعه یانگ تنگ و همکاران (۲۰۲۲) بر ماهی اسکات (*Scatophagus argus* Linnaeus, 1766) (۳۰) و هم‌چنین اثر پودر جلبک سارگاسوم در مطالعه زمان‌نژاد و همکاران (۲۰۱٦) بر قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) (۳۱) و مطالعه پراتیوی و همکاران (۲۰۱۸) بر تیلاپیای نیل بیان شده است (۳۲). اما در تضاد با این نتایج برخی مطالعات نشان داد که استفاده از سطوح مختلف عصاره جلبک سارگاسوم تا ۲ درصد تأثیری بر رشد و ضریب تبدیل غذایی ماهیان تیلاپیای نیل ندارد (۱۳) و یا در مطالعه‌ای استفاده از عصاره سارگاسوم تأثیری بر شاخص‌های رشد ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) نداشته است (۳۳). بنابراین بیان شده است نتایج حاصله با توجه تفاوت در گونه مورد آزمایش، طول دوره استفاده از جلبک، نوع جلبک و شرایط محیطی آزمایش می‌تواند متفاوت باشد (۳٤).

در خصوص مکانیسم اثرگذاری ریوکس و تورژون (۲۰۱۵) بیان کرده‌اند که سطوح بالای پلی‌ساکاریدها ممکن است منجر به افزایش هضم غذا و در نتیجه آن بهبود ضریب تبدیل غذایی شوند (۳۵). هم‌چنین بیان شده استفاده از جلبک سارگاسوم به‌دلیل داشتن اسیدهای آمینه‌های آمینه ضروری، اسیدهای چرب، ویتامین‌ها، مواد معدنی و هم‌چنین کارتنوئیدهای منجر به افزایش رشد و زنده‌مانی می‌شود (۹، ۳۱). علاوه بر این اشاره شده است که استفاده از عصاره سارگاسوم در جیره غذایی ماهی کفال خاکستری از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های گوارشی توانسته منجر به افزایش رشد در ماهیان شود (۳٤). در همین ارتباط پژوهش‌گران مربوطه بیان داشته‌اند که استفاده از افزودنی‌های گیاهی از طریق تحریک ترشحات روده‌ای تولیدات آنزیمی را بهبود بخشیده که منجر به افزایش قابلیت هضم و دسترسی منابع غذایی می‌شود. از طرفی لازم به ذکر است یانگ تنگ و همکاران (۲۰۲۲) بیان کرده‌اند استفاده از سطوح بیش از حد عصاره جلبکی به‌دلیل افزایش مقدار تانین جیره غذایی می‌تواند منجر به کاهش اشتهای ماهی شود که باید مورد توجه قرار گیرد (۳۰).

کیفیت لاشه تحت‌تأثیر عصاره سارگاسوم افزایش پروتئین و کاهش بهبود یافته است. بر اساس مطالعات صورت گرفته استفاده از جلبک قهوه‌ای سارگاسوم در جیره غذایی قزل‌آلای رنگین‌کمان منجر به بهبود کیفیت لاشه شده است (۳۱). بنابراین بیان داشته‌اند محتمل است که پروتئین جلبک سارگاسوم به دلیل برخورداری از پروفیل مناسب اسید آمینه توانسته به خوبی توسط ماهیان مورد استفاده قرار گیرد که در نتیجه منجر به ذخیره‌سازی پروتئین در بافت بدن شده

است. هم‌چنین پژوهش‌گران مربوطه دریافتند که استفاده از جلبک قهوه‌ای در تغذیه قزل‌آلای رنگین‌کمان به‌دلیل اسیدهای چرب غیراشباع کوتاه زنجیره منجر به بهبود مصرف ذخایر انرژی بدن و در نتیجه اثرات مثبت بر کیفیت لاشه می‌شود (۳۱). علاوه‌بر این بیان شده است که استفاده از ترکیبات گیاهی در تغذیه ماهیان می‌تواند از طریق افزایش مقدار بیان ژن‌های دخیل در ساخت پروتئین منجر به افزایش مقدار پروتئین درون سلولی بدن آبزی شوند (۳٦) که نیازمند مطالعات تکمیلی بیش‌تری در این خصوص می‌باشد.

شاخص‌های ایمنی موکوس ماهیان به صورت معنی‌داری تحت‌تأثیر استفاده از عصاره جلبک سارگاسوم در این آزمایش افزایش یافت. نقش ایمنی موکوس در پوست ماهی، به عنوان اولین خط دفاعی در مقابل عوامل پاتوژن بسیار واضح و آشکار است (۳۷). از طرفی امکان استفاده از جلبک‌ها به عنوان محرک سیستم ایمنی در افزایش توان سیستم ایمنی ماهیان توسط برخی از پژوهش‌گران تأیید شده است (۸). نتایج برخی مطالعات نشان داده است که مکمل عصاره جلبک سارگاسوم دارای قند پلی‌ساکارید از نوع فوکوز می‌باشد که به شدت تحریک‌کننده سیستم ایمنی می‌باشد و با فعال کردن ماکروفاژها خاصیت ضد باکتریایی دارد (۱۳). علاوه بر این بیان شده است که سایر ترکیبات مؤثره همانند پلی ساکاریدی سولفاته موجود در جلبک مانند آلژینات، فوکوئیدان، کاراژینان و بتاگلوکان می‌توانند منجر به افزایش بیان ژن مرتبط با ایمنی در آبزیان و مقاومت به بیماری در ماهیان همانند مانند ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان و ماهی آمور شوند (۳۸، ۳۹، ٤۰). از طرفی بررسی نتایج شیمیایی ترکیب عصاره استخراجی در این آزمایش نشان‌دهنده وجود ترکیبات فنولی، فلانوئیدی و رنگدانه بوده است. بنابراین در همین خصوص بیان شده است که ترکیبات فنولی و فلانوئیدهای موجود در جلبک دریایی دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی، ارتقادهنده سلامت، اثر محافظتی در برابر عوامل بیماری‌زا از طریق فعالیت ضد تکثیری و آپوپتوز و کاهش‌دهنده واکنش‌های التهابی بدن نسبت به عوامل بیماری‌زا هستند (٤۱) و یا گزارش شده است کاروتنوئیدهای موجود در جلبک دریایی هر دو نوع وضعیت سیستم ایمنی اختصاصی و غیراختصاصی را افزایش می‌دهند، که این موضوع مربوط به فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن‌ها می‌باشد (٤۲، ٤۳). بنابراین بیان شد که عصاره سارگاسوم، به دلیل وجود رنگدانه به‌طور معنی‌داری منجر به افزایش فعالیت باکتری کشی، مقدار کمپلمان سرم و انفجار تنفسی در ماهی ماکروی زرد شده است (۹).

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی در این مطالعه استفاده از سطح بهینه عصاره سارگاسوم به مقدار ۲ درصد در هر کیلوگرم غذا اثربخشی مطلوبی از نظر شاخص‌های ایمنی و رشد بر ماهی تیلاپیای قرمز داشته است.

سپاسگزاری

از مسئولین دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر به‌دلیل همکاری در انجام طرح آزمایشی فوق در قالب پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد کمال تشکر و سپاسگزاری را داریم.

منابع

1. Abdel Rahman, A. N., Khalil, A. A., Abdallah, H. M., & El Hady, M. (2018). The effects of the dietary supplementation of *Echinacea purpurea* extract and/or vitamin C on the intestinal histomorphology, phagocytic activity, and gene expression of the Nile tilapia. *Fish and Shellfish Immunology*, 82, 312-318.
2. Somanath, B., Palavaesam, A., Lazarus, S., & Ayyappan, M. (2000). Influence of nutrient source on specific dynamic action of pearl spot, *Etroplus suratensis* (Bloch). Naga, the ICLARM Quarterly, 23, 15-17.
3. Craig, S., & Helfrich, L. A. (2002). Understanding fish nutrition, Feeds, and Feeding. Produced by Communications and Marketing, College of Agriculture and Life Sciences, *Virginia Tech*. 1-6. **www.ext.vt.edu**
4. Francis, G., Makkar, H. P. S., & Becker, K. (2005). Quillaja saponins-a natural growth promoter for fish. *Animal Feed Science and Technology*, 121, 147-157.
5. Sanchez-Muros, M. J., Corchete, V., Suarez, M. D., Cardenete, G., Gomez-Milan, E., & de la Higuera, M. (2003). Effect of feeding method and protein source on *Sparus aurata* feeding patterns. *Aquaculture*, 224, 89-103.
6. Jaime-Ceballos, B., Villarreal, H., Garcia, T., Jar, L. P., & Alfonso, E. (2005). Effect of *Spirulina platensis* meal as feed additive on growth, survival, and development in *Litopenaeus schmitti* shrimp larvae. *Revista de investigaciones marinas*, 26, 235-241.
7. Hafezieh, M., Hosseini, S. H., Ajdari, D., & Hossein Pour, H. (2014). Nutritional Value Evaluation of Two Seaweed of the Gulf of Oman: *Sargassum illicifolium* and *Gracillaria cortica*. *Journal of Oceanography*, 5 (17), 83-90. [In Persian]
8. Bita, S., & Ghorbani Ranjbari, N. (2016). Antioxidant and immune-stimulating effects of *Sargassum angustifolium* extract on the common carp (*Cyprinus carpio*) juvenile. *Aquatics Physiology and Biotechnology*, 3 (4), 15-32. [In Persian]
9. Tulaby Dezfuly, Z., Mesbah, M., Peyghan, R., Mohammadian, T., & Bita, S. (2017). Effect of feeding diets containing ethanol extract of algae, *Sargassum angustifolium* on some blood and immune factors in Macro (*Labidochromis caeruleus*). *Iranian Veterinary Journal*, 13 (1), 68-77. [In Persian]
10. Gora, A. H., Sahu, N. P., Sahoo, S., Rehman, S., DAR, S. A., & Ahmad, I. (2018). Effect of dietary *Sargassum wightii* and its fucoidan-rich extract on growth, immunity, disease resistance, and antimicrobial peptide gene expression in *Labe rohita*. *International Aquatic Research*, 10, 115-13.
11. Huang, X., Zhou, H., & Zhang, H. (2006). The effect of *Sargassum fusiforme* polysaccharide extracts on vibriosis resistance and immune activity of the shrimp, *Fenneropenaeus chinensis*. *Fish and Shellfish Immunology*, 20, 750-757.
12. Dashtiannasab, A., Mesbah, M., Peyghan, R., & Kakoolaki, S. (2014). The effects of brown algae Sargassum angustifolium extract on growth performance, survival, and *Vibriosis* resistance in shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Iranian Scientific fisheries Journal*, 23 (3), 31-41. [In Persian]
13. Khanzadeh, M., Vazirzadeh, A., & Farhadi, A. (2020). Effect of Extract and Fucoidan of Sargassum sp. on Growth, biochemical, Immunity, and antioxidant Parameters of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 29 (4), 97-108. [In Persian]
14. El-Sayed, A. F. (2019). Tilapia Culture. Academic Press; 2nd edition p. 346.
15. Marinova, D., Ribarova, F., & Atanassaova, M. (2005). Total phenolics and total flavonoids in Bulgarian fruits and vegetables. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, 40 (3), 255-60.
16. Beketov, E. V., Pakhomov, V. P. P., & Nesterova, O. V. (2005). Improved method of flavonoid extraction from bird cherry fruits. *Journal of Pharmaceutical Chemistry*, 39 (6), 33-5.
17. Lim, S. N., Cheung, P. C. K., Ooi, V. E. C., & Ang, P. O. (2002). Evaluation of antioxidative activity of extracts from brown seaweed, *Sargassum siliquastrum*.

Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50: 3862-3866.
18. National Research Council (NRC): Nutrient requirements of fish and shrimp. (2011). The National Academies Press, Washington, D.C., 376 + XVI pp.
19. AOAc. (1995). Official methods of analysis of AOAC international. In: Cunniff, P. (Ed.), Association of Official Analytical Chemists, 16th edn. AOAC International, Arlington, Virginia, USA.
20. Sepehrfar, D., Hoseinifar, S. H., & Jafarnodeh, A. (2019). The Effects of Singular or Combined Administration of *Pediococcu sacidilactici* and Raffinoson Mucosal Immune Parameters and Intestinal Histomorphology of Gold Fish (*Carassiusa uratus). Animal Physiology and Development*, 12 (1), 25-34. [In Persian]
21. Waterborg, J. H. (2009). The Lowry method for protein quantitation. In The protein protocols handbook (pp. 7-10). Humana Press, Totowa, NJ.
22. Siwicki, A. K., & Anderson, D. P. (1993). Nonspecific defense mechanisms assay in fish: II. Potential killing activity of neutrophils and macrophages, lysozyme activity in serum and organs and total immunoglobulin level in serum. Fish Disease Diagnosis and Prevention Methods Olsztyn, Poland. 105-12.
23. Demers, N. E., & Bayne, C. J. (1997). The immediate effects of stress on hormones and plasma lysozyme in rainbow trout. *Developmental and Comparative Immunology*, 21 (4), 363-373.
24. Nakagawa, H., & Montgomery, W. L. (2007). Algae, In "Dietary Supplements for the health and quality of cul-tured fish" (eds. by H. Nakagawa, M. Sato and D. M. Gatlin III), CAB International, Oxon, UK, pp. 133-167.
25. Roy, S. S., Chaudhuri, A., Mukrejee, S., Homechaudhuri S., & Pal, R. (2011). Composite algal supplementation in nutrition of *Oreochromis mossambicus*. *Journal of Algal Biomass Utilization*, 2, 10-20.
26. Ragaza, J. A., Mamauag, R. E., Koshio, S., Ishikawa, M., & Yokoyama, S., (2013). Comparative effects of dietary supplementation levels of *Eucheuma denticulatum* and *Sargassum fulvellum* in diet of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture Science*, 61 (1), 027-037.
27. Serrano Jr, A. E., Declarador, R. S., & Tumbokon, B. L. M. (2015). Proximate composition and apparent digestibility coefficient of *Sargassum* spp. meal in the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Animal Biology and Animal Husbandry*, 7 (2), 159-168.
28. Wong, S. L., Gao, L. H., Chang, C. C., & Cheng, W. (2013). The effect of hot-water extract of *Sargassum cristaefolium* on growth, innate immune responses and resistance of Grouper, *Epinephelus coiodes*. *Journal of Fisheries Society of Taiwan*, 40 (1), 11-26.
29. Shi, Q., Wang, J., Qin, C., Yu, C., Wang, S., & Jia, J. (2021). Growth performance, serum biochemical parameters, immune parameters, and hepatic antioxidant status of yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco* supplemented with *Sargassum horneri* hot-water extract. Aquaculture Reports, 21, 100839.
30. Yangthong, M., Ruensirikul, J., & Kaneko, G. (2022). The Hot-Water Extract of *Sargassum* sp. as a Feed Ingredient for Spotted Scat (*Scatophagus argus* Linnaeus, 1766) Reared in Songkhla Lake: Effects on Growth, Feed Efficiency, Hematological Data and Body Composition. *Fishes*, 7 (4), 170.
31. Zamannejad, N., Emadi, H., & 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, 194-205.
32. Pratiwy, F. M., Kohbara, J., & AB, S. (2018). Effectiveness of Sargassum meal as feed additive on growth performance of nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture Science*, 66 (1), 25-31.
33. Yazdanpanah, M., Sotoudeh, E., Mansouri Taee, H., & Habibi, H. (2021). Dietary administration of *Sargassum*

angustifolium and *Gracilaria pulvinata* extracts affect antioxidant enzyme activities and Lactobacillus bacterial population in intestine of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 20 (4) 926-944.

34. Bita, S., Akbary, P., & Soltanpur, F. (2019). Effect of Sargassum ilicifolium alcoholic extract on growth, feed, body composition and digestive enzymatic activities in Mugil cephalus. *Aquatics Physiology and Biotechnology*, 6 (4), 61-78. [In Persian]
35. Rioux, L. E., & Turgeon, S. L. (2015). Seaweed carbohydrates. In Seaweed Sustainability: Food and Non-Food Applications" (ed. by B. K. Tiwari and D. Troy), Academic Press, London, pp. 141-192.
36. Citarasu, T. (2010). Herbal biomedicines: a new opportunity for aquaculture industry. *Aquaculture International*, 18, 403-414.
37. Khodadadianzo, H., & Hoseinifar, S. H. (2015). Mucosal immunity and its importance in ornamental fish. *Journal of Ornamental Aquatics*. 4, 7-13. [In Persian]
38. Xin, L., Bin, L., Xiao-Lei, W., Zhen-Liang, S., & Chang-Yun, W. (2016). Extraction, fractionation, and chemical characterisation of fucoidans from the brown seaweed *Sargassum pallidum*. *Czech Journal of Food Sciences*, 34 (5), 406-413.
39. Araujo, M., Rema, P., Sousa-Pinto, I., Cunha, L. M., Peixoto, M. J., Pires, M. A., Seixas, F., Brotas, V., Beltran, C., & Valente, L. M. P. (2016). Dietary inclusion of IMTA-cultivated *Gracilaria vermiculophylla* in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets: effects on growth, intestinal morphology, tissue pigmentation, and immunological response. *Journal of Applied Physiology*, 28, 679-689.
40. Hu, J., Zhang, J., & Wu, S. (2021). The growth performance and non-specific immunity of juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) affected by dietary alginate oligosaccharide. *3 Biotech*, 11 (2), 1-8.
41. Han, X., Shen, T., & Lou, H. (2007). Dietary polyphenols and their biological significance. *International journal of molecular sciences*, 8 (9), 950-988.
42. Sowmya, R., & Sachindra, N. M. (2011). Carotenoids in aquatic resources: occurrence, recovery, application, and biofunctions. In: Carotenoids: Properties, Effects and Diseases (ed. by M. Yamaguchi), pp. 75-118. Nova Science Publishers, New York.
43. Vinkler, M., Svobodova, J., Marsik, P., & Albrecht, T. (2011). Carotenoids and health signaling in animals. In: Carotenoids: Properties, Effects and Diseases (ed. by M. Yamaguchi), pp. 189-234. Nova Science Publishers, New York.