17(1) 107-114, Spring 2025

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

The effects of different levels of chitosan, ZnO and chitosan–ZnO NPs on growth performance, proximate composition and digestive enzyme activity in Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*)

Mohammad Sheikh Asadi [1], Abolfazl Naji [*1], Iman Sourinejad [*1], Ahmad Gharaei [2], Mohammad Niroomand [1]

[1] *Department of Fisheries, Faculty of Marine Science and Technology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran*
[2] *Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Zabol, Zabol, Iran*

Key Words
Chitosan
ZnO NPs
Growth parameters
Carcass composition
Digestive enzyme
Penaeus vannamei

Abstract

Introduction: In the present study, the effect of different levels of dietary supplement chitosan, zinc oxide and zinc oxide nanoparticles coated with chitosan on growth indices, survival, body chemical composition and digestive enzyme activity of Pacific white shrimp was investigated for 90 days.

Materials & Methods: For this purpose, shrimps with an average weight of 3.27 ± 0.11 g in 300-liter fiberglass tanks with a density of 40 shrimps per tank, in the form of eight different treatments with levels of 10, 20 and 40 mg/kg of dietary supplement containing zinc oxide and zinc oxide nanoparticles coated with chitosan and 36 (mg/kg) chitosan and control treatment (without additive) were fed with 3 replicates. At the end of the period, the growth indices including average body weight gain, body weight gain, specific growth ratio and food conversion ratio, survival rate, body chemical composition and digestive enzymes activity (amylase, lipase and protease) were compared with the control treatment.

Results: The results showed that the use of different levels of zinc oxide and zinc oxide nanoparticles coated with chitosan in the diet significantly improved the growth and survival indices, so that the most appropriate increase in body weight, specific growth rate and the food conversion ratio was observed in the treatments of zinc oxide 20 and zinc oxide nanoparticles coated with chitosan 10 mg/kg ($p<0.05$). Regarding the biochemical analysis of the carcass and the activity of digestive enzymes, the results indicated a significant increase in the amount of protein and fat and the activity of amylase, lipase and protease enzymes in the experimental treatments compared with the control treatment ($p<0.05$).

Conclusion: The results of this study showed that the level of 10 mg/kg zinc oxide coated with chitosan in the diet could be used to improve growth performance, survival, digestive enzymes activity and carcass quality of Pacific white shrimp.

***** Corresponding Author's email: abolfazlnaji@gmail.com, sourinejad@hormozgan.ac.ir
Received: 15 January 2023; Reviewed: 17 February 2023; Revised: 18 April 2023; Accepted: 19 May 2023
(DOI):10.70102/AEJ.2025.17.1.13

مقاله پژوهشی

تأثیر مکمل غذایی کیتوزان، اکسید روی و نانو ذرات اکسید روی پوشش داده شده با کیتوزان بر عملکرد رشد، ترکیب شیمیایی لاشه و فعالیت آنزیم‌های گوارشی در میگوی سفید غربی (*Penaeus vannamei*)

محمد شیخ‌اسدی[۱]، ابوالفضل ناجی[۱*]، ایمان سوری‌نژاد[۱*]، احمد قرایی[۲]، محمد نیرومند[۱]

[۱] گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

[۲] گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

کلمات کلیدی

کیتوزان
نانو ذرات اکسید روی
شاخص‌های رشد
آنزیم‌های گوارشی
میگوی سفید غربی

چکیده

مقدمه: در مطالعه حاضر اثر سطوح مختلف مکمل غذایی کیتوزان، اکسید روی و نانو ذرات اکسید روی پوشش داده شده با کیتوزان بر شاخص‌های رشد، بازماندگی، ترکیب شیمیایی و فعالیت آنزیم‌های گوارشی میگوی سفید غربی به مدت ۹۰ روز بررسی شد.

مواد و روش‌ها: بدین منظور، میگوها با میانگین وزن اولیه ۰/۱۱± ۳/۲۷ گرم در تانک‌های فایبرگلاس ۳۰۰ لیتری با تراکم ٤۰ عدد میگو در هر تانک، در قالب هشت تیمار مختلف با سطوح ۱۰، ۲۰ و ٤۰ میلی‌گرم در کیلوگرم غذا از مکمل خوراکی حاوی اکسید روی و نانو ذرات اکسید روی پوشش داده شده با کیتوزان، ۳٦ میلی‌گرم در کیلوگرم غذا کیتوزان و تیمار کنترل (بدون افزودنی) با ۳ تکرار غذادهی شدند. در انتهای دوره شاخص‌های رشد شامل میانگین افزایش وزن بدن، درصد افزایش وزن بدن، ضریب رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی، درصد بازماندگی، ترکیبات شیمیایی و فعالیت آنزیم‌های گوارشی با تیمار کنترل مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج: نتایج نشان داد که استفاده از سطوح مختلف اکسید روی و نانو ذرات اکسید روی پوشش داده شده با کیتوزان در جیره غذایی موجب بهبود معنی‌دار شاخص‌های رشد و بازماندگی می‌گردد، به طوری که مناسب ترین افزایش وزن بدن، نرخ رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی در تیمارهای اکسید روی ۲۰ و نانو ذرات اکسید روی پوشش داده شده با کیتوزان ۱۰ میلی‌گرم مشاهده شد ($p<۰/۰۵$). در رابطه با آنالیز بیوشیمیایی لاشه و فعالیت آنزیم‌های گوارشی، نتایج حاکی از افزایش معنی‌دار میزان پروتئین و چربی و فعالیت آنزیم‌های آمیلاز، لیپاز و پروتئاز در تیمارهای آزمایشی در مقایسه با تیمار کنترل بود ($p<۰/۰۵$).

بحث و نتیجه‌گیری: نتایج این تحقیق نشان داد که سطح ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اکسید روی پوشش داده شده با کیتوزان در جیره غذایی، می‌تواند جهت بهبود عملکرد رشد، بازماندگی، فعالیت آنزیم‌های گوارشی و کیفیت لاشه میگوی سفید غربی مورد استفاده قرار گیرد.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: abolfazlnaji@gmail.com ,sourinejad@hormozgan.ac.ir

تاریخ دریافت: ۲۵ دی ۱٤۰۱ ؛ تاریخ داوری: ۲۸بهمن ۱٤۰۱؛ تاریخ اصلاح: ۲۹ فروردین ۱٤۰۲؛ تاریخ پذیرش: ۲۹ اردیبهشت ۱٤۰۲
(DOI): 10.70102/AEJ.2025.17.1.13

مقدمه

آبزی‌پروری از جمله فعالیت‌های تولید غذا می‌باشد که توسعه آن مستقیماً از فشار بر ذخایر آبزیان دریایی و اقیانوسی کاسته و با توجه به کمبود پروتئین جانوری جهت تأمین نیاز مصرفی بشر و افزایش تقاضای جمعیت برای محصولات شیلاتی، بیشترین پتانسیل را برای تولید آبزیان و پاسخ به تقاضای در حال رشد غذای شیلاتی با کیفیت و سالم دارد (۱). میگوی سفید غربی، یکی از گونه‌های مهم پرورشی مناطق حاره و بومی سواحل غربی آمریکای لاتین در اقیانوس آرام است که به‌دلیل رشد سریع و مقاوم بودن نسبت به شرایط نامطلوب اکولوژیکی در اغلب مناطق جهان از جمله سواحل ایران به گونه‌ی غالب پرورشی تبدیل شده است (۲). با متراکم شدن صنعت پرورش میگو، بیماری‌های عفونی و غیر عفونی نیز در حال گسترش می‌باشند (۳). به کارگیری آنتی بیوتیک‌ها برای کنترل بیماری به دلیل تأثیرات منفی از جمله ایجاد باکتری‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک، سرکوب سیستم ایمنی، آلودگی محیط زیست و تجمع باقی مانده مواد شیمیایی در بافت آبزی به طور گسترده‌ای مورد انتقاد قرار گرفته است. با توجه به این‌که واکسیناسیون مؤثرترین روش پیشگیری از شیوع بیماری است؛ اما به‌دست آوردن یک فرمولاسیون مناسب اغلب هزینه‌های بالایی به‌همراه دارد و هم‌چنین ناهمگونی آنتی‌ژنی از گونه‌های میکروبی مختلف کار را مشکل‌تر خواهد کرد (۴). استفاده از مواد شیمیایی نیز تأثیرات مخرب زیست محیطی به‌همراه خواهدداشت (۵). ریزمغذی‌ها درفعالیت‌های حیاتی آبزیان از جمله شکل‌گیری استخوان، نگه‌داری سیستم کلوییدی، تنظیم تعادل اسید-باز و عملکرد ترکیبات فعال زیستی از جمله هورمون‌ها و آنزیم‌ها مهم می باشند (۶). در این میان عنصر روی به عنوان عنصرکمیاب ضروری یا ریزمغذی نقش مهمی را در بسیاری از فعالیت‌های زیستی ایفا می‌کند (۷). یکی از مهم‌ترین اشکال روی، شکل معدنی آن یعنی اکسید روی است که در رژیم غذایی آبزیان استفاده می‌شود و نقش مثبت آن در رشد و ایمنی آبزیان به اثبات رسیده است. با توجه به اهمیت تنظیم مقدار دقیق روی در جیره غذایی، استفاده از روش‌های‌نوین در انتقال این‌عنصر به بدن ضروری به‌نظر می‌رسد (۸). علاوه بر اشکال آلی و معدنی مواد معدنی به عنوان مکمل‌های غذایی، نانوتکنولوژی مقیاس اتمی یا مولکولی جدیدی از روی را با ویژگی‌ها و قابلیت‌های بهتر از جمله انتقال و جذب‌بالاتر معرفی‌کرده است (۹). نقش‌روی در ساختمان پروتئین‌ها شناخته شده است و تعداد زیادی آنزیم که به این عنصر جهت تعدیل‌فعالیت‌های خود نیاز دارند نیز مشخص شده‌اند. سطح طبیعی عنصر روی در آبزیان آب شیرین و آب شور به منظور پاسخگویی به نیاز رشد آبزی ناکافی گزارش شده است. از این‌رو این عنصر به عنوان ریزمغذی ضروری در تغذیه آبزیان مورد توجه قرار گرفته است و می‌تواند جهت تأمین نیازهای غذایی آبزیان به جیره اضافه گردد (۷). کیتوزان یک نوع پلی ساکارید با خاصیت تحریک رشد و ایمنی در آبزیان است. از نظر ساختار شیمیایی، پلیمری از گلوکز آمین‌می‌باشد و از استیل‌زدایی کیتین به‌دست می‌آید (۱۰). حلالیت کیتوزان در آب و سایر حلال‌های قطبی نسبت به کیتین بیش‌تر است و دارای‌خواص بیولوژیکی مانند افزایش تحریک و تعدیل ایمنی (۱۱)، ضد توموری (۱۲)، افزایش رشد و فعالیت ضد میکروبی (۱۳) می‌باشد. این‌ماده دارای بار الکتریکی مثبت بوده که همین امر سبب ایجاد پیوند با غشاهای حاوی بار منفی می‌شود (۱۴). توسعه صنعت آبزی‌پروری آلودگی‌های زیست‌محیطی را در سال‌های اخیر به‌دنبال داشته است و درنتیجه توجه به مدیریت و نوع سیستم پرورشی که با محیط‌زیست‌سازگار باشدکاملاً ضروری‌است.علاوه براین، گسترش آبزی پروری به‌دلیل محدودیت اراضی مناسب و هم‌چنین وابستگی بالا به آرد و روغن ماهی به‌عنوان مواد مهم تشکیل‌دهنده خوراک آبزیان پرورشی، آبزی‌پروری تجاری را با مشکلات‌زیادی مواجه کرده است، زیرا هزینه‌های خوراک حداقل ۵۰ درصد از کل هزینه‌های آبزی پروری را که عمدتاً به هزینه‌های پروتئین موجود در جیره‌های تجاری مربوط می‌شود تشکیل می‌دهد (۱۵). با توجه به ارزش و تقاضای بالای میگوهای خانواده پنائیده دست‌یابی به یک جیره غذایی مناسب از نظر فیزیولوژیک و اقتصادی به‌عنوان یک پیش نیاز برای توسعه موفق این صنعت لازم و ضروری می‌باشد (۱۶). استفاده از تکنولوژی‌های جدید در پرورش آبزیان بسیار ضروری است، به طوری که بتواند اهداف آبزی‌پروری پایدار را دنبال کند (۱۷). با توجه به اهمیت پرورش میگو در تأمین پروتئین غذایی و از طرفی با توجه به نتایج مثبت استفاده از مکمل‌های غذایی با منشأ طبیعی به عنوان محرک‌های ایمنی در تقویت سیستم ایمنی، افزایش رشد و بازماندگی‌وکنترل‌بسیاری از بیماری‌های‌میکروبی‌هدف ازاین‌تحقیق، بررسی تأثیر استفاده از کیتوزان، اکسید روی و کیتوزان بارگذاری شده با نانو ذرات اکسید روی بر عملکرد رشد، بازماندگی و فعالیت آنزیم‌های گوارشی در میگوی سفید غربی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به‌مدت ۹۰ روز در مرکز تکثیر و بازسازی ذخایر آبزیان خلیج‌فارس در کلاهی شهرستان میناب انجام شد. تعداد ۹۶۰ قطعه میگوی سفیدغربی از یک مزرعه‌پرورش‌میگو واقع‌در شهرستان قشم تهیه و به مرکز تکثیر منتقل گردید و با غذای پایه به‌مدت

چهار هفته به‌منظور سازش پذیری با شرایط جدید مورد غذادهی قرار گرفتند. پس از پایان دوره سازگاری، میگوها به‌طور کاملاً تصادفی در قالب ۸ تیمار شامل ۱۰، ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم غذا مکمل خوراکی حاوی اکسیدروی و نانو ذرات اکسیدروی پوشش داده شده با کیتوزان، ۳۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم غذا کیتوزان و تیمار کنترل(۰ میلی‌گرم‌درکیلوگرم‌غذا) درمخازن ۳۰۰ لیتری فایبرگلاس که دارای آب فیلتر شده دریا بود پرورش داده شدند. در طول دوره پرورش، میانگین دمای آب ۳۰ درجه سانتی‌گراد، شوری ۳۴ گرم در لیتر، pH = ۸/۲ و اکسیژن محلول ۶/۲ میلی‌گرم در لیتر بود. هر تیمار دارای سه تکرار و هر تکرار شامل ۴۰ قطعه میگو با میانگین وزن اولیه ۰/۱۱ ± ۳/۲۷ گرم بود.

ساخت جیره‌های غذایی و نحوه غذادهی: برای تهیه جیره آزمایشی از غذای استارتر ۲ شرکت خوراک آبزیان حاتمی استفاده شد که مشخصات غذا در جدول ۱ آمده است. کلیه مراحل ساخت غذا در آزمایشگاه مرکز تکثیر و بازسازی ذخایر آبزیان خلیج فارس بندرکلاهی انجام گردید. کیتوزان و اکسید روی از شرکت پیشگامان نانومواد ایرانیان تهیه شد. اکسیدروی و نانوذرات اکسید روی پوشش داده با کیتوزان (۱۷) بود، هر کدام با مقادیر ۱۰، ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم و کیتوزان با مقدار ۳۶ میلی‌گرم در کیلوگرم بر روی غذای پایه اسپری شد و بعد از خشک شدن خوراک، اسپری ژلاتین (۲ گرم ژلاتین در ۲۰۰ سی سی آب کاملاً حل شده) برای حفظ ماده اضافه شده در آب روی خوراک صورت گرفت. پس از گذشت ۲۴ ساعت غذای تیمارهادرون پلاستیک زیپ‌دار بسته‌بندی و تا زمان انجام آزمایش در دمای ۲۰ـ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شد (۱۸). در طول دوره آزمایش، میگوها روزانه به‌میزان ۶-۴ درصد وزن بدن در سه نوبت (۷ صبح، ۱۲ظهر و ۵ عصر) غذادهی شدند و آب مخازن قبل از غذادهی در نوبت صبح به منظور پاکسازی سیفون شد. بچه میگوها به‌مدت ۹۰ روز تحت تیمارهای ذکر شده تغذیه شدند (۱۹).

جدول۱: درصد اجزای جیره و آنالیز تقریبی جیره‌های آزمایشی

ترکیبات غذا	میزان
حداقل پروتئین	۴۲ درصد
حداقل چربی	۸ درصد
انرژی قابل هضم	۳۴۰۰ کیلوکالری بر کیلو گرم
حداقل فیبر	۰/۵ درصد
حداکثر رطوبت	۱۲ درصد
حداکثرخاکستر	۱۴ درصد
حداکثر فسفر	۱/۴ درصد
قطر خوراک	۱-۱/۵ میلی‌متر

ارزیابی شاخص‌های رشد: برای آگاهی از عملکرد جیره‌های غذایی و چگونگی رشد میگوها، زیست‌سنجی میگوها در ابتدای دوره و سپس در فواصل ده روزه و انتهای دوره آزمایش با دقت ۰/۰۱ گرم برای وزن، یک میلی‌متر برای اندازه‌گیری طول کل (نوک روستروم تا انتهای تلسون) انجام گردید. جهت‌زیست‌سنجی ابتدا میگوهای هر تکرار صید و با استفاده از حوله تمیز خشک می‌شدند و سپس مورد زیست‌سنجی قرار می‌گرفتند. لازم به ذکر است که یک روز قبل تا یک روز بعد از زیست‌سنجی غذادهی قطع می‌شد. در پایان دوره آزمایش، جهت بررسی و مقایسه، شاخص‌های رشد و بازماندگی اندازه‌گیری شد. در این راستا از رابطه‌های زیر استفاده شد (۲۰).

وزن اولیه (گرم) - وزن نهایی (گرم) = افزایش وزن بدن (گرم)

۱۰۰×وزن اولیه (گرم)/(وزن اولیه-وزن نهایی)= (گرم) درصد افزایش وزن

افزایش‌وزن (گرم)/غذای خشک خورده‌شده (گرم)=ضریب تبدیل غذایی

۱۰۰×تعداد روزهای پرورش/(Ln وزن‌اولیه - Ln وزن‌نهایی)=نرخ رشد ویژه

۱۰۰ × تعداد میگوهای اولیه / تعداد میگوهای نهایی = نرخ بازماندگی

آنالیز شیمیایی ترکیب لاشه: در پایان دوره پرورش ۱۰ قطعه میگو از هر تکرار به‌طور تصادفی صید گردید و پس از جدا کردن کامل پوسته و ناحیه سر، شست و شو داده شدند. سپس نمونه‌ها با چرخ گوشت همگن شده و درون پلاستیک‌های زیپ دار جداگانه بسته‌بندی و تا زمان سنجش فاکتورهای بیوشیمیایی پروتئین، چربی، رطوبت و خاکستر با استفاده از روش کار استاندارد در دمای ۲۰- درجه سانتی گراد نگه داری شدند (۲۱). جهت اندازه‌گیری رطوبت لاشه، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد در دستگاه آون قرارداده و پس از گذشت این مدت زمان دوباره وزن نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. پس از محاسبه میزان رطوبت، پروتئین لاشه میگوها با استفاده از روش کجلدال و اندازه گیری میزان نیتروژن کل و ضرب آن در عدد ۶/۲۵ اندازه‌گیری شد. چربی خام به روش سوکسله محاسبه گردید. جهت اندازه‌گیری خاکستر نمونه‌ها، از کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت استفاده شد.

سنجش فعالیت آنزیم‌های گوارشی: جهت سنجش آنزیم‌های گوارشی، پس از ۲۴ ساعت قطع غذادهی، ۵ قطعه میگو از هر تکرار به‌طور تصادفی نمونه‌برداری و هپاتوپانکراس آن‌ها به‌صورت جداگانه هموژن گردید. ترکیبات هموژن به‌داخل لوله فالکن ریخته شد و به صورت منجمد به آزمایشگاه منتقل گردید. در آزمایشگاه پس از انجماد زدایی، نمونه به میزان ۴ برابر با بافر تریس هیدروکلراید ۵۰ میلی‌مولار (pH=7) ترکیب و توسط دستگاه هموژنایزر عمل یکنواخت سازی صورت پذیرفت. مخلوط به‌دست آمده با سرعت ۲۳۰۰۰ دور

به مدت ۲۵ دقیقه و دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ گردید و سپس آنزیم‌های پروتئاز، لیپاز و آمیلاز بر اساس فعالیت ویژه (واحد بر میلی‌گرم پروتئین) سنجش شدند (۲۲).

آنالیز آماری: این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی برنامه ریزی و اجرا شد. نرمال بودن داده‌ها به‌وسیله آزمون Shapiro-wilk مورد بررسی قرار گرفت. از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه (One way ANOVA) جهت مقایسه بین تیمارها استفاده شد و سپس به کمک پس آزمون Duncan مقایسات چندگانه در سطح اطمینان ۹۵ درصد صورت گرفت. آزمون‌ها در نرم‌افزار SPSSver21 انجام شد.

نتایج

ارزیابی رشد و بازماندگی در تیمارها: تأثیر سطوح مختلف مکمل خوراکی حاوی اکسیدروی، نانو ذرات اکسیدروی پوشش داده شده با کیتوزان، کیتوزان به‌تنهایی و تیمار کنترل بر فاکتورهای رشد و بازماندگی میگوی سفید غربی بعد از ۹۰ روز در تیمارهای مختلف بررسی شد (جدول ۲). با توجه به نتایج به‌دست آمده از سنجش شاخص‌های رشد، میگوهای تغذیه شده با جیره‌های حاوی مکمل‌های غذایی در فاکتورهای میانگین وزن نهایی، افزایش وزن بدن، نرخ رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی با تیمار کنترل دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($p<۰/۰۵$). هم چنین میزان بازماندگی در بین تیمارهای آزمایشی نسبت به تیمار کنترل بالاتر بود و این اختلاف معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$). (جدول ۲).

آنالیز ترکیبات بیوشیمیایی عضله میگوی سفیدغربی: با توجه به نتایج به‌دست آمده از آنالیز ترکیبات بیوشیمیایی عضله میگوی سفیدغربی (جدول ۳)، لاشه میگوهای تحت تیمارهای سطوح مختلف مکمل خوراکی حاوی اکسیدروی و نانوذرات اکسیدروی پوشش داده شده با کیتوزان و کیتوزان از نظر میزان چربی و پروتئین لاشه با تیمار کنترل اختلاف معنی‌داری نشان دادند ($p<۰/۰۵$). از نظر میزان رطوبت و خاکستر لاشه اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی با تیمار کنترل مشاهده نگردید ($p>۰/۰۵$) (جدول ۳). در ابتدای دوره پرورش، میانگین وزن اولیه برابر ۰/۱۱±۳/۲۷ گرم بود که اختلاف معنی‌داری بین میگوها وجود نداشت ($p>۰/۰۵$). پس از پایان دوره آزمایش (۹۰ روز)، بیش‌ترین میزان میانگین وزن نهایی به‌ترتیب در تیمارهای ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم (۰/۲۰±۱۶/۱۰ گرم) نانواکسید روی پوشش داده شده با کیتوزان و تیمار ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اکسیدروی (۰/۱۳±۱۵/۷۲ گرم) و کم‌ترین میزان آن در تیمار کنترل (۰/۱۱±۱۲/۸۸) مشاهده گردید ($p<۰/۰۵$). هم چنین نتایج حاصل از نرخ رشد ویژه نشان داد که بیش‌ترین میزان این فاکتور در بین تیمارهای آزمایشی به‌ترتیب مربوط به تیمار ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم (۰/۰۱ ± ۱/۷۵ درصد) نانواکسید روی پوشش داده شده با کیتوزان و تیمار ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اکسیدروی (۰/۰۳±۱/۷۰ درصد) و کم‌ترین میزان آن مربوط به تیمار کنترل (۰/۰۳±۱/۵۱ درصد) بود ($p<۰/۰۵$). بررسی نتایج میزان ضریب تبدیل غذایی نشان داد که تیمارهای آزمایشی با تیمار کنترل اختلاف معنی‌داری داشتند ($p<۰/۰۵$). به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان آن در تیمار کنترل (۰/۰۱±۱/۷۰) و کم‌ترین مقدار آن در تیمار ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نانواکسید روی پوشش داده شده با کیتوزان (۰/۰۱ ±۱/۲۷) مشاهده و ثبت گردید. در طی دوره آزمایش تعداد تلفات در تیمارها ثبت شد. بیش‌ترین میزان بقا به‌ترتیب مربوط به تیمارهای ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم (۲/۵۰±۸۷/۵۰ درصد) نانواکسید روی پوشش داده شده با کیتوزان و تیمار ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اکسیدروی (۱/۵۰±۸۲/۵۰ درصد) بود که با تیمار کنترل (۱/۶۱±۷۱/۸۳ درصد) اختلاف معنی‌داری داشتند ($p<۰/۰۵$). نتایج حاصل از آنالیز پروتئین و چربی عضله میگوی سفیدغربی تغذیه‌شده با سطوح مختلف مکمل خوراکی حاوی اکسید روی، نانو ذرات اکسید روی پوشش داده شده با کیتوزان و کیتوزان به تنهایی نشان‌داد که در تمامی این تیمارها میزان پروتئین و چربی لاشه افزایش معنی‌داری نسبت به گروه کنترل پیدا کرده است ($p<۰/۰۵$). بیش‌ترین و کم‌ترین میزان پروتئین لاشه به‌ترتیب مربوط به تیمار ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم (۰/۲۲±۸۴/۰۸ درصد) نانواکسیدروی پوشش داده‌شده با کیتوزان و تیمار کنترل (۰/۳۲±۷۸/۱۷ درصد) و بیش‌ترین و کم‌ترین میزان چربی لاشه به‌ترتیب مربوط به تیمار ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم (۰/۱۶±۳/۷۷ درصد) نانواکسید روی پوشش داده شده با کیتوزان و تیمار کنترل (۰/۱۰±۳/۰۰ درصد) ثبت شد. از نظر میزان رطوبت و خاکستر لاشه میگوهای تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری در بین تیمارها با تیمار کنترل مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$).

نتایج فعالیت آنزیم‌های گوارشی هپاتوپانکراس میگوی سفید غربی: نتایج فعالیت تمامی آنزیم‌های گوارشی سنجش شده در تیمارهای آزمایشی تغذیه شده با سطوح مختلف مکمل خوراکی حاوی اکسیدروی، نانوذرات اکسید روی پوشش داده شده با کیتوزان و کیتوزان به تنهایی نشان داد که میزان فعالیت این آنزیم‌ها نسبت به تیمار کنترل افزایش معنی‌داری پیدا کرده بود ($p<۰/۰۵$) (جدول ۴). بیش‌ترین میزان فعالیت آنزیم آمیلاز به‌ترتیب مربوط به تیمار ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم (۰/۴۷±۶۵/۳۸) نانواکسیدروی پوشش داده شده با کیتوزان و تیمار ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اکسیدروی (۰/۰۳±۶۴/۴۰) و کم‌ترین میزان آن مربوط به تیمار کنترل (۲/۰۴±۳۵/۶۹) بود

(p<۰/۰۵). بیش‌ترین میزان فعالیت آنزیم لیپاز در تیمار ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم (۰/۵۵±۰/۰۱) نانواکسیدروی پوشش‌داده‌شده با کیتوزان و کم‌ترین میزان آن در تیمار کنترل (۰/۴۶±۰/۰۲) مشاهده گردید (p<۰/۰۵). هم‌چنین بیش‌ترین و کم‌ترین میزان فعالیت آنزیم پروتئاز به ترتیب مربوط به تیمار ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم (۴/۹۵±۰/۰۸) نانواکسیدروی پوشش‌داده‌شده با کیتوزان و تیمار کنترل (۳/۵۲±۰/۰۹) بود (p<۰/۰۵).

جدول ۲: اثرات سطوح مختلف (میلی‌گرم در کیلوگرم غذا) کیتوزان، اکسید روی و نانو اکسید روی پوشش داده شده با کیتوزان در جیره‌های آزمایشی بر شاخص های رشد و تغذیه‌ای میگوی سفید غربی

پارامترهای رشد	کنترل	کیتوزان		اکسید روی			نانو اکسید روی پوشش داده شده با کیتوزان		
	۰	۳۶	۱۰	۲۰	۴۰	۱۰	۲۰	۴۰
وزن اولیه (g)	۳/۳۰±۰/۰۹^{a}	۳/۳۳±۰/۲۱^{a}	۳/۳۲±۰/۰۷^{a}	۳/۳۹±۰/۰۷^{a}	۳/۴۸±۰/۰۳^{a}	۳/۳۲±۰/۰۴^{a}	۳/۳۷±۰/۰۴^{a}	۳/۴۳±۰/۰۷^{a}
وزن نهایی (g)	۱۲/۸۸ ±۰/۱۱^{g}	۱۴/۲۱±۰/۰۵^{e}	۱۵/۳۲±۰/۰۸^{c}	۱۵/۷۲±۰/۱۳^{b}	۱۳/۰۴±۰/۱۰^{g}	۱۶/۱۰±۰/۲۰^{a}	۱۴/۷۰±۰/۱۷^{d}	۱۳/۶۳±۰/۲۲^{f}
افزایش وزن (g)	۹/۵۷±۰/۰۹^{g}	۱۰/۸۸±۰/۲۴^{e}	۱۱/۱۰±۰/۱۵^{c}	۱۲/۳۳±۰/۰۶^{b}	۹/۵۶±۰/۱۰^{g}	۱۲/۷۸±۰/۱۶^{a}	۱۱/۳۳±۰/۱۵^{d}	۱۰/۲۰±۰/۱۶^{f}
درصدافزایش وزن (٪)	۲۹۰/۲۷±۹/۲۴^{de}	۳۲۷/۳۸±۲۸/۳۶^{c}	۳۶۱/۰۷±۱۲/۴۷^{b}	۳۶۳/۳۶±۶/۵۹^{b}	۲۷۴/۳۷±۴/۴۹^{e}	۳۸۴/۸۵±۳/۳۱^{a}	۳۳۶/۶۵±۴/۱۸^{c}	۲۹۷/۳۲±۴/۱۴^{d}
نرخ رشد ویژه (٪)	۱/۵۱±۰/۰۳ ^{de}	۱/۶۱±۰/۰۷^{c}	۱/۷۰±۰/۰۳^{b}	۱/۷۰±۰/۰۱^{b}	۱/۴۷±۰/۰۱^{e}	۱/۷۵±۰/۰۱^{a}	۱/۶۴±۰/۰۱^{c}	۱/۵۳±۰/۰۱^{d}
ضریب تبدیل غذایی	۱/۷۰±۰/۰۱ ^{a}	۱/۰±۰/۰۳ ^{c}	۱/۳۶±۰/۰۲^{e}	۱/۳۲±۰/۰۷^{f}	۱/۷۰±۰/۰۲^{a}	۱/۲۷±۰/۰۱^{g}	۱/۴۴±۰/۰۲^{d}	۱/۶۰±۰/۰۲^{b}
بازماندگی (٪)	۷۱/۸۳±۱/۶۱^{e}	۷۴/۶۷±۰/۵۸^{de}	۷۸/۶۷±۱/۱۵^{c}	۸۲/۵۰±۱/۵۰^{b}	۷۳/۸۳±۱/۲۶^{de}	۸۷/۵۰±۲/۵۰^{a}	۷۶/۶۷±۱/۵۳^{cd}	۷۴/۰۰±۱/۷۳^{da}

مقادیر به‌صورت میانگین ± انحراف استاندارد بیان شده‌است. تفاوت معنی‌دار بین گروه‌های آزمایشی با حروف انگلیسی نشان داده شده است (P<۰/۰۵).

جدول ۳: آنالیز کل لاشه میگوهای سفید غربی تغذیه شده با سطوح مختلف (میلی‌گرم در کیلوگرم غذا) کیتوزان، اکسید روی و نانو اکسید روی پوشش داده شده با کیتوزان در جیره‌های آزمایشی

پارامترها	کنترل	کیتوزان		اکسید روی			نانو اکسید روی پوشش داده شده با کیتوزان	
	۰	۳۶	۱۰	۲۰	۴۰	۱۰	۲۰	۴۰
رطوبت (٪)	۷۴/۱۸±۰/۷۴ ^{a}	۷۴/۲۰±۰/۷۲ ^{a}	۷۴/۶۶±۰/۵۷ ^{a}	۷۴/۶۷±۰/۵۸ ^{a}	۷۴/۴۲±۰/۵۲^{a}	۷۴/۸۸±۰/۸۲^{a}	۷۴/۴۲±۰/۳۵۲^{a}	۷۴/۳۹±۰/۵۴^{a}
پروتئین خام (٪)	۷۸/۱۷±۰/۳۲^{e}	۸۱/۴۹±۰/۵۵^{c}	۷۳/۴۸±۰/۱۶^{a}	۸۳/۶۸±۰/۲۹^{a}	۷۸/۱۹±۰/۳۴^{e}	۸۴/۰۸±۰/۲۲^{a}	۸۲/۳۸±۰/۳۰^{b}	۷۹/۷۴±۰/۵۱^{d}
چربی خام (٪)	۳/۰۰±۰/۱۰^{e}	۳/۱۷±۰/۰۶^{cd}	۳/۴۵±۰/۰۵^{b}	۳/۴۶±۰/۰۵^{b}	۳/۱۶±۰/۰۳^{cd}	۳/۷۷±۰/۱۶^{a}	۳/۳۰±۰/۱۰^{c}	۳/۰۷±۰/۰۶^{de}
خاکستر (٪)	۶/۵±۰/۳۰^{a}	۶/۷۱±۰/۲۱^{a}	۶/۳±۰/۲۶^{a}	۶/۷۳±۰/۲۴^{a}	۶/۶۶±۰/۲۹^{a}	۶/۶۹±۰/۲۴^{a}	۶/۴۱±۰/۳۷^{a}	۶/۶۴±۰/۲۶^{a}
ماده خشک (٪)	۲۵/۸۲±۰/۷۴^{a}	۲۵/۸۰±۰/۷۲^{a}	۲۵/۳۴±۰/۵۷^{a}	۲۵/۳۳±۰/۵۸^{a}	۲۵/۵۸±۰/۵۲^{a}	۲۵/۱۲±۰/۸۲^{a}	۲۵/۵۸±۰/۵۲^{a}	۲۵/۶۱±۰/۵۴^{a}

مقادیر به‌صورت میانگین ± انحراف استاندارد بیان شده‌است. تفاوت معنی‌دار بین گروه‌های آزمایشی با حروف انگلیسی نشان داده شده است (P<۰/۰۵).

جدول ۴: اثرات جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح مختلف (میلی‌گرم در کیلوگرم غذا) کیتوزان، اکسید روی و نانو اکسید روی پوشش داده شده با کیتوزان بر فعالیت آنزیم‌های گوارشی میگوی سفید غربی

پارامترها	کنترل	کیتوزان		اکسید روی			نانو اکسید روی پوشش داده شده با کیتوزان	
	۰	۳۶	۱۰	۲۰	۴۰	۱۰	۲۰	۴۰
آمیلاز (Unit mg protein^{-1})	۳۵/۶۹±۲/۰۴ ^{f}	۵۳/۷۰±۰/۷۶^{d}	۵۶/۴۳±۱/۷۳^{b}	۶۴.۴۰±۰/۷۹^{b}	۴۵.۰۹±۲/۷۰^{e}	۶۵.۳۸±۰/۴۷^{a}	۴۴.۷۲±۱/۶۰^{c}	۳۸.۸۵±۱/۱۱^{e}
لیپاز (Unit mg protein^{-1})	۰/۴۶±۰/۰۲ ^{f}	۰/۵۱±۰/۰۱ ^{d}	۰/۵۴±۰/۰۲^{bc}	۰/۵۴±۰/۰۱^{ab}	۰/۵۰±۰/۰۱^{e}	۰/۵۵±۰/۰۱^{a}	۰/۴۷±۰/۰۲^{c}	۰/۴۵±۰/۰۰^{e}
پروتئاز (Unit mg protein^{-1})	۳/۵۲±۰/۰۹^{g}	۴/۳۶±۰/۰۱^{e}	۴/۶۲±۰/۱۱^{c}	۴/۷۷±۰/۱۱^{b}	۳/۴۸±۰/۱۸^{g}	۴/۹۵±۰/۰۸^{a}	۳/۶۱±۰/۱۵^{d}	۳/۳۰±۰/۰۸^{f}

مقادیر به‌صورت میانگین ± انحراف استاندارد بیان شده‌است. تفاوت معنی‌دار بین گروه‌های آزمایشی با حروف انگلیسی نشان داده شده است (P<۰/۰۵).

بحث

تأثیر مکمل غذایی کیتوزان، اکسیدروی و نانوذرات اکسید روی پوشش داده شده با کیتوزان بر شاخص‌های رشد: نتایج حاصل از تغییرات شاخص‌های رشد در بین تیمارهای مختلف نشان داد که افزودن ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم غذا نانواکسید روی پوشش داده شده با کیتوزان و ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم غذا اکسید روی تفاوت معنی‌داری را در شاخص‌های رشد و تغذیه در مقایسه با تیمار کنترل و سایر تیمارهای آزمایشی در هر کیلوگرم غذا ایجاد کرد. بیش ترین میزان وزن نهایی، افزایش وزن بدن، نرخ رشد ویژه و

ضریب تبدیل غذایی و هم‌چنین بیش‌ترین میزان بازماندگی در تیمار حاوی ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم غذا نانواکسیدروی پوشش داده شده با کیتوزان مشاهده شد و اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نشان داد. Ishwarya و همکاران، تأثیر نانوذرات اکسید روی استخراج شده از پوشش هموسیانین بر عملکرد رشد و بازماندگی میگوی سرتیز (*Penaeus semisulcatus*) را بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که غلظت‌های ۶۰-۱۰ میلی‌گرم نانوذرات اکسیدروی موجب بهبود رشد از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های گوارشی و افزایش بازماندگی به‌واطسه ارتقاء سیستم ایمنی می‌گردد و غلظت بیشتر از ۶۰ میلی‌گرم به‌دلیل سمیت و دز بالا منجر به آسیب و مرگ میگو می‌شود (۲۳). نقش مکمل غذایی کیتوزان و نانوذرات اکسید روی پوشش‌داده شده با کیتوزان در افزایش هضم و جذب غذا و در نتیجه رشد بیش تر و کاهش ضریب تبدیل غذایی در گونه‌های مختلف آبزیان به‌اثبات‌رسیده است که در راستای نتایج تحقیق حاضر می‌باشد (۲۴، ۲۵). وزن نهایی، افزایش وزن بدن و نرخ رشد ویژه در تیمار ترکیبی ۰/۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم نانوذرات سلنیوم و ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم نانوذرات روی در میگوهای جوان سفید غربی با میانگین وزن اولیه ۸ گرم پس از هشت هفته تغذیه افزایش پیدا کرد و میزان ضریب تبدیل غذایی در همین تیمار نسبت به تیمار کنترل و تیمارهای ۰/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم نانوذرات سلنیوم و ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نانوذرات روی کاهش پیدا کرد (۲۴). Niu و همکاران، اثرات مکمل خوراکی کیتوزان را در سطوح مختلف ۴، ۲، ۱، ۰.۵ و ۰ گرم در کیلوگرم بر رشد، بازماندگی و مقاومت در برابر استرس کاهش اکسیژن (۱-۰/۸) در پست لارو میگوی سفید غربی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که عملکرد رشد (وزن نهایی بدن، افزایش وزن و نرخ رشد ویژه) در تیمار ۲ گرم بیش‌ترین تفاوت معنی‌دار را با سایر تیمارها داشت و تیمار ۱ گرم دارای بیش‌ترین میزان بازماندگی نسبت به سایر تیمارها بود. احتمال داده می‌شود که کیتوزان بیوسنتز ارگانیسم‌های بدن میگو را سرعت بخشیده و از این طریق بر عملکرد رشد و پوست‌اندازی میگو تأثیرگذار باشد و هضم و جذب مواد مغذی را افزایش دهد و از این طریق موجب افزایش بازماندگی میگو گردد (۲۶). هم چنین نتایج برخی مطالعات برخلاف نتایج حاصل از این تحقیق می‌باشد که علت این مغایرت را می‌توان به عواملی نظیر اختلاف در روش استحصال کیتوزان، تفاوت فیزیولوژی گونه آبزی مورد بررسی، تفاوت گونه سخت‌پوستی که کیتوزان از آن استخراج شده و میزان خلوص کیتوزان حاصل و هم چنین اثر بازدارندگی کیتوزان و اکسید روی در غلظت‌های بالا نسبت داد (۱۱، ۲۷).

تأثیر مکمل غذایی کیتوزان، اکسیدروی و نانوذرات اکسید روی پوشش‌داده شده با کیتوزان بر ترکیبات بیوشیمیایی لاشه: در این تحقیق نتایج حاصل از آنالیز لاشه میگوی سفید غربی تغذیه شده با کیتوزان و سطوح مختلف مکمل خوراکی حاوی اکسید روی و نانو ذرات اکسید روی پوشش داده شده با کیتوزان نشان داد که این مکمل‌ها به تنهایی یا به‌صورت نانوکامپوزیت باعث افزایش سطح پروتئین خام (۰/۲۲±۸۴/۰۸ درصد) و چربی (۰/۱۶±۳/۷۷ درصد) عضله میگو می‌شود که بیش‌ترین میزان آن در تیمار ۱۰ میلی‌گرم نانوذرات اکسیدروی پوشش داده شده با کیتوزان در کیلوگرم غذا مشاهده شد. در مطالعه Thangapandiyan و Monika بر روی ماهی *Labeo rohita* میزان پروتئین و چربی در بافت‌های ماهی تحت تأثیر سطوح ۵، ۷/۵ و ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم مکمل غذایی نانواکسید روی افزایش پیدا کرد و بیش‌ترین میزان آن در تیمار ۱۰ میلی‌گرم نانواکسید روی بود (۲۸). احتمالاً این افزایش می‌تواند اثر حفظ پروتئین از طریق برهمکنش روی در متابولیسم اسیدهای چرب و کربوهیدرات‌ها باشد که از این طریق کاتابولیسم پروتئین را کاهش داده و سنتز گلوگز از کربوهیدرات‌ها را افزایش می‌دهد. بنابراین، حفظ این پروتئین باعث افزایش محتوای پروتئین کل بدن می‌شود (۲۹). همان‌طورکه در مطالعه حاضر مشاهده شد، تغییرات در محتوای پروتئین و چربی بدن می‌تواند با عملکرد رشد مرتبط باشد.

تأثیر مکمل غذایی کیتوزان، اکسیدروی و نانوذرات اکسید روی پوشش‌داده شده با کیتوزان بر فعالیت آنزیم‌های گوارشی: نتایج حاصل از تأثیر استفاده از مکمل غذایی کیتوزان، اکسید روی و نانو ذرات اکسید روی پوشش داده شده با کیتوزان بر عملکرد رشد و فعالیت آنزیم‌های گوارشی (آمیلاز، لیپاز و پروتئاز) در میگوی سفید غربی نشان داد که میزان فعالیت این آنزیم‌ها به طور معنی‌داری نسبت به تیمار کنترل افزایش پیدا کردند. افزایش فعالیت آنزیم‌های گوارشی ممکن است به افزایش سنتز آنزیم‌ها به‌دنبال افزایش سطوح رونویسی و بیان ژن مرتبط باشد. این نشان می‌دهد که رژیم‌های غذایی آزمایشی می‌توانند بیان بالاتری از این آنزیم‌های گوارشی را القا کنند که نیاز به ارزیابی بیش تر در گونه‌های میگو دارد. در همین راستا، نقش محرک رشد کیتوزان بر عملکرد آن در تحریک آنزیم‌های گوارشی به اثبات رسیده است (۳۰). مطالعات محدودی در زمینه بررسی تأثیر کیتوزان و اکسید روی و نانوذرات اکسید روی پوشش داده شده با کیتوزان بر روی فعالیت آنزیم‌های گوارشی انجام شده است. در میگوی ببری سبز، سطوح مختلف نانوذرات اکسید روی (۶۰-۰ میلی‌گرم در کیلوگرم غذا) جیره غذایی فعالیت آنزیم‌های لیپاز، پروتئاز و آمیلاز را افزایش داد (۲۳). نتایج بررسی اثرات سطوح

مختلف مکمل غذایی نانوذرات روی (۸۰، ۶۰، ۴۰، ۲۰، ۱۰ و ۰ میلی‌گرم در کیلوگرم غذا) بر عملکرد رشد، ترکیبات شیمیایی بدن، آنزیم‌های گوارشی پست لارو میگوی بزرگ آب‌شیرین (*Macrobrachium rosenbergii*) به‌مدت ۹۰ روز توسط Muralisankarو همکاران، نشان دادند که میزان فعالیت این آنزیم‌ها در تیمارهای ۶۰-۰ میلی‌گرم در کیلوگرم غذا نانوذرات روی به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار کنترل افزایش پیدا کردند (۳۱). هم چنین در مطالعه‌ای بر روی ماهی *Paramisgurnus dabryanus*، فعالیت آنزیم لیپاز، پروتئاز و آمیلاز پس از ۶۰ روز تغذیه ماهی با سطوح ۱، ۳ و ۵ گرم کیتوزان اولیگوساکارید در کیلوگرم غذا در مقایسه با تیمار کنترل بهبود یافت اما سطوح بالاتر از ۵ گرم موجب کاهش فعالیت این آنزیم‌ها گردید (۳۲). باتوجه به یافته‌های تحقیق به‌عنوان نتیجه‌گیری نهایی می‌توان بیان داشت که استفاده از سطوح مختلف مکمل غذایی کیتوزان، اکسید روی و نانو ذرات اکسید روی پوشش داده شده با کیتوزان درجیره غذایی میگوی‌سفید غربی جهت بهبود شاخص‌های رشد و بازماندگی، تغذیه و ارزش غذایی لاشه و هم‌چنین فعالیت آنزیم‌های گوارشی میگوی سفید غربی عملکرد قابل قبولی را نشان داد. با توجه به حساسیت‌های موجود در صنعت پرورش میگوی کشور نظیر راندمان پایین تولید در واحد سطح، شرایط استرس زای محیطی (نوسانات شوری، دما، pH و اکسیژن محلول در آب)، شیوع بیماری‌ها و گاهاً تلفات بیش از حد در مزارع پرورشی، مکمل‌های غذایی با منشأطبیعی می‌توانند به‌عنوان جایگزینی برای آنتی‌بیوتیک‌ها بوده و به‌طور گسترده در مقیاس تجاری استفاده شوند. در این میان، سطح ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم غذا نانواکسیدروی پوشش داده شده با کیتوزان که در مقایسه با سایر تیمارها تأثیرات مطلوب‌تری بر عملکرد شاخص‌های رشد، بقاء، ترکیب شیمیایی لاشه و فعالیت آنزیم‌های گوارشی میگوی سفید غربی مورد مطالعه در این تحقیق داشته است، می‌تواند در مقیاس تجاری نیز مورد استفاده قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

از همکاری مدیریت محترم اداره کل شیلات استان هرمزگان و مدیریت محترم مرکز تکثیر و بازسازی ذخایر آبزیان خلیج‌فارس بندر کلاهی تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

1. **Hasanzade, M., Bahri, A. H., Nokhbeh Zareh, D., Afsharnasab, M. and Mirbakhsh, M., 2022.** The effect of sea cucumber chloroform extract (*Holothuria Parva*) on the prevention of bacterial disease caused by Vibrio harveyi and changes in safety factors and survival rate in white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Journal of Animal Environment. 14(1): 329-338. (In Persian)
2. **Moghadam, H., Sourinejad, I. and Johari, S.A., 2021.** Growth performance, haemato-immunological responses and antioxidant status of Pacific white shrimp Penaeus vannamei fed with turmeric powder, curcumin and curcumin nanomicelles Aquaculture Nutrition 27: 2294-2306.
3. **Cermelli, C., Fabio, A., Fabio, G. and Quaglio, P., 2008.** Effect of Eucalyptus Essential Oil on Respiratory Bacteria and Viruses. Curr. Microbiolge. 56 : 89-92.
4. **Zanuzzo, F.S., Urbinati, E.C., Rise, M.L., Hall, J.R., Nash, G.W. and Gamperl A.K., 2015.** Aeromonas salmonicida induced immune gene expression in. Aloe vera fed steelhead trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). Aquaculture. 435(2): 1-9.
5. **Lim, S.J., Jang, E., Lee, S.H., Yoo, B.H., Kim, S.K. and Kim, T.H., 2014.** Antibiotic resistance in bacteria isolated from freshwater aquacultures and prediction of the persistence and toxicity of antimicrobials in the aquatic environment. Juornal Enviroment. Sci Health. 48(18): 495-504.
6. **Watanabe, T., Kiron, V. and Satoh, S., 1997.** Trace minerals in fish nutrition. Aquaculture. 151: 185-207.
7. **Kazemi, K., Sourinejad, I., Ghaedi, A., Johari, S.A. and Ghasemi, Z., 2020.** Effect of different dietary zinc sources (mineral, nanoparticulate, and organic) on quantitative and qualitative semen attributes of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture. 515: 1-8.
8. **Gharaei, A., Khajeh, M., Khosravanizadeh, A., Mirdar, J. and Fadai, R., 2020.** Fluctuation of biochemical, immunological, and antioxidant biomarkers in the blood of beluga (*Huso huso*) under effect of dietary ZnO and chitosan–ZnO NPs. Fish Physiology Biochemistry. 1-15.
9. **Sallam, A.E., Mansour, A.T., Alsaqufi, A.S., Salem, M. and El-Feky, M.M., 2020.** Growth performance, anti oxidative status, innate immunity, and ammonia stress resistance of *Siganus rivulatus* fed diet supplemented with zinc and zinc nanoparticles. Aquaculture Reports. 18: 400-410.
10. **Kim, S.K. and Rajapakes, N., 2005.** Enzymatic production biological activities of chitosan oligosacharides (COS): A review. Carbohydrate Polymers. 62: 357-368.
11. **Lin, S., Pan, Y., Luo, L. and Luo, L., 2011.** Effects of dietary b-1,3-glucan, chitosan or raffinose on the growth, innate immunity andresistance of koi (*Cyprinus carpio* koi). Fish and Shellfish Immunology. 31: 788-794.
12. **Qin, C., Du, Y., Xiao, L., Li, Z. and Gao, X., 2002.** Enzymic preparation of water-soluble chitosan and their antitumor activity. International Journal of Biological Macromolecules. 31: 111-117.
13. **No, H., Park, N.Y., Lee, S.H. and Meyers, S.P., 2002.** Antibacterial activity of chitosans and chitosanoligomers with different molecular weights. International Journal of Food Microbiology. 74: 65-72.
14. **Romoren, K., Thu, B.J. and Evensen, O., 2002.** Immersion delivery of plasmid DNAII, A study of the potential of a chitosan-based delivery system in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry. Jornal of Controlled Release, 85: 215-225.
15. **De Schryver, P., Boon, N., Verstraete, W. and Bossier, P., 2012.** The biology and biotechnology behind biofloc. In: vnimelech Y, editor. Biofloc Technology - a practical

guide book, 2nd ed., The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, USA. 217-230.

16. **Xu, W.J., Pan, L.Q., Zhao, D.H. and Huang, J., 2012.** Preliminary investigation into the contribution of bioflocs on protein nutrition of (*Litopenaeus vannamei*) fed with different dietary protein levels in zero-water exchange culture tanks. Aquaculture. 350: 147-153.

17. **Khanjani, M.H., 2021.** Effects of different protein levels on Pacific white shrimp (Penaeus vannamei Boone, 1931) farming in a system with limited water exchange. Journal of Animal Environment. 13(3): 329-336. (In Persian)

18. **Zhou, Q.C., Zeng, W.P., Wang, H.L., Wang, T., Wang, Y.L. and Xie, F.J., 2012.** Dietary arginine requirement of juvenile Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture. 364-365: 252-258.

19. **Sheikh Asadi, M., Gharaei, A., Mirdar Harijani, J. and Arshadi, A., 2018.** A Comparison between dietary effects of *Cuminum cyminum* essential oil and *Cuminum cyminum* essential oil, loaded with iron nanoparticles, on growth performance, immunity and antioxidant indicators of white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Aquaculture Nutrition. 1-8. 10.1111/anu.12683

20. **Tacon, A.G.J., Cody, J.J., Conquest, L.D., Divakaran, S., Forster, I.P. and Decamp, O.E., 2002.** Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. Aquaculture Nutrition. 8: 121-139.

21. **AOAC. 2000.** Official Methods of Analysis of AOAC International, 17th edition. Association of Analytical Communities, Gaithersburg, MD, USA.

22. **Worthington, C.C., 1991.** Worthington manual related Biochemical. 3th Edition. Freehold, New Jersey. 80-85.

23. **Ishwarya, R., Jayakumar, R., Abinaya, M., Govindarajan, M., Alharbi, N.S., Kadaikunnan, S., Khaled, J.M., AL-Anbar, M.N. and Vaseeharan, B., 2019.** Facile synthesis of haemocyanin-capped zinc oxide nanoparticles: effect on growth performance, digestive enzyme activity, and immune responses of *Penaeus semisulcatus*. Biological Macromolecules. 1-34.

24. **Karamzadeh, M., Yahyavi, M., Salarzadeh, A.R. and Nokhbe Zare, D., 2022.** Effects of dietary selenium and zinc nanoparticles on growth performance, immune responses, and antioxidant enzymes activities o white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Iranian Journal of Fisheries Sciences. 21: 1125-1140.

25. **Gopalakannan, A. and Arul, V., 2006.** Effects of dietart intake of Chitin, Chitosan and Levamisol and immune system of *Cyprinus carpio* and control of Aeromonas hydrophila infection in pond. Aquaculture. 255: 179-187.

26. **Niu, J., Liu, Y.J., Lin, H.Z., Mai, K.S., Yang, H.J., Liang, G.Y. and Tian, L.X., 2011.** Effect of dietary chitosan on growth, survival and stress tolerance of postlarval shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture Nutrition. 17: 406-412.

27. **Esmaeili Rad, A., Alishahi, M., Ghorbanpour, M. and Zarei, M., 2014**. The effects of oral administration of extracted chitosan from white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) on hematological and growth indices in common carp (*Cyprinus carpio*). Journal of Veterinary Research. 69 (4): 385-393.

28. **Thangapandiyan, S. and Monika, S., 2020.** Green Synthesized Zinc Oxide Nanoparticles as Feed Additives to Improve Growth, Biochemical, and Hematological Parameters in Freshwater Fish *Labeo rohita* Biological Trace Element Research. 195: 636-647.

29. **Zhao, H.X., Cao, J.M., Liu, X.H., Zhu, X., Chen, S.C., Lan, H.B. and Wang, A.L., 2011** Effect of supplemental dietary zinc sources on the growth and carbohydrate utilization of tilapia Smith 1840, *Oreochromis niloticus* ×*Oreochromis aureus* Aquaculture Nutrition. 17: 64-72.

30. **Dawood, M.A.O., 2020.** Marine-Derived Chitosan Nanoparticles Improved the Intestinal Histo Morphometrical Features in Association with the Health and Immune Response of Grey Mullet (*Liza ramada*). Marine drugs. 18. 10.3390/md18120611.

31. **Muralisankar, T., Bhavan, P.S., Radhakrishnan, S., Seenivasan, C., Manickam, N. and Srinivasan, V., 2014.** Dietary Supplementation of Zinc Nanoparticles and Its Influence on Biology, Physiology and Immune Responses of the Freshwater Prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. Biology Trace Elem Research. 160: 56-66.

32. **Zhang, B., 2019.** Dietary chitosan oligosaccharides modulate the growth, intestine digestive enzymes, body composition and nonspecific immunity of loach *Paramisgurnus dabryanus*. Fish and Shellfish Immunology. 88: 359-363.