14(3) 385-392, Autumn 2022

Journal of Animal Environment

(AEJ)

Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

Evaluation of the use chronic ozone concentrations on growth and survival, Body composition and water quality of West White leg Shrimp (*Litopenaeus vannamei*)

Farhad Konyeh, Gholamreza Rafiee*, Kamran Rezaei Tavabe

Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Key Words

Ozone
West White leg Shrimp
Water Quality
Growth
Body composition

Abstract

Introduction: Water quality management in culture ponds is the most important factor in the proper growth of shrimp and achieving proper production, which can help to improve the quality of the conditions of the pool floor and achieve the desired production. Poor quality water causes stress and illness. Today, ozone technology can be used in areas with viruses, bacteria, and fungi. Due to the high oxidation potential, ozone oxidizes the cellular components of the bacterial cell wall to reduce the number of inactive microorganisms.

Materials & Methods: In this study, chronic ozone concentrations (0, 0.02, 0.04, 0.06 mg/l) were applied serially to western white-leg shrimp for 60 days two hours after each diet. During the experiment, quality factors were measured, and at the end, growth factors and Body composition were performed.

Result: The results showed that salinity and temperature were in the optimal range of western white-leg shrimp and there was no significant difference between treatments ($p>0.05$). With increasing ozone concentration between treatments, dissolved oxygen, pH and nitrate increased and total ammonia, suspended solids, and nitrite decreased. Also, according to Body composition, there was a significant difference between the treatments in protein and ash levels with a decreasing trend and fat and moisture with an increasing trend concerning ozone concentration.

Conclusion: The results of growth factors showed a significant difference between ozone levels, indicating the optimal level of growth factors in concentrations of 0.02 and 0.04, respectively.

* Corresponding Author's email: ghrafiee@ut.ac.ir

Received: 22 June 2021; Reviewed: 26 July 2021; Revised: 23 September 2021; Accepted: 25 October 2021

(DOI): 10.22034/AEJ.2021.309646.2659

مقاله پژوهشی

استفاده از غلظت‌های مزمن ازن بر فاکتورهای رشد و بقا، ترکیبات لاشه وکیفیت آب میگو پا سفید غربی *Litopenaeus vannamei*

فرهاد کنیه، غلامرضا رفیعی**، کامران رضایی‌توابع

گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

کلمات کلیدی

ازن
میگوی پا سفید غربی
کیفیت آب
رشد
آنالیز لاشه

چکیده

مقدمه: مدیریت کیفیت آب دراستخرها، مهم‌ترین عامل در رشد مناسب میگو و دست یافتن به تولید مناسب بیان شده که می تواند به بهبود کیفی شرایط حاکم بر کف استخرها و رسیدن به تولید مورد نظر کمک شایانی نماید. با توجه به پتانسیل بالای اکسیداسیون، ازن اجزای سلولی دیواره سلولی باکتریایی برای کاهش تعداد میکروارگانیسم ها غیر فعال، اکسید می‌کند.

مواد و روش‌ها: دراین تحقیق از غلظت‌های مزمن ازن (صفر، ۰/۰۲ ، ۰/۰٤، ۰/۰٦ میلی‌گرم در لیتر) بر روی میگوی وانامی به‌مدت ٦۰ روز به‌صورت سریالی دو ساعت پس از هر وعده غذایی اعمال شد. در طول آزمایش فاکتورهای کیفیت اندازه‌گیری شد و در انتها نیز فاکتورهای رشد و آنالیز لاشه انجام گرفت.

نتایج: نتایج نشان داد شوری و دما در حد مطلوب پرورش میگوی پا سفید غربی واقع گردیده است و بین تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p>0/05$). با افزایش میزان غلظت ازن بین تیمارها اکسیژن محلول، pH و نیترات افزایش یافته و آمونیاک کل، مواد جامد معلق و نیتریت روند کاهشی پیدا کردند. هم‌چنین با توجه به آنالیز لاشه بین تیمارها اختلاف معنی‌داری در سطح پروتئین و خاکستر با روند کاهشی و چربی و رطوبت با روند افزایشی در رابطه با غلظت ازن دیده شد. نتایج حاصل از فاکتورهای رشد وجود اختلاف معنی‌دار در وزن نهایی، افزایش بیومس، سرعت رشد ویژه، ضریب رشد ویژه درغلظت ۰/۰٦ کم‌ترین حالت خود و با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده شد.

بحث و نتیجه‌گیری: ضریب تبدیل‌غذایی، بقا و بازده غذایی درسطوح مختلف ازن، بیانگر سطح مطلوب عوامل رشد به‌ترتیب درغلظت‌های ۰/۰۲ و ۰/۰٤ بود.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: ghrafiee@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱ تیر ۱٤۰۰؛ تاریخ داوری: ٤ مرداد ۱٤۰۰؛ تاریخ اصلاح: ۱ مهر ۱٤۰۰؛ تاریخ پذیرش: ۳ آبان ۱٤۰۰
(DOI): 10.22034/AEJ.2021.309646.2659

مقدمه

از آن‌جا که آبزی‌پروری علاوه بر تأمین پروتئین غذایی مردم، می‌تواند فرصت‌مناسبی برای اشتغالزایی و ایجادارزش‌افزوده‌نیز باشد. توسعه آن در کشورهای آسیائی ازجمله ایران یک ضرورت اقتصادی محسوب می‌شود، در این ارتباط توجه کافی به مدیریت کیفیت آب برای پرورش آبزیان نقش مهمی در روند رشد آبزیان دارد. مدیریت کیفیت آب دراستخرها، مهم‌ترین‌عامل در رشد مناسب‌میگو و دست یافتن به تولید مناسب بیان شده است که می‌تواند به بهبود کیفی شرایط حاکم بر کف استخرها و رسیدن به تولید مورد نظر کمک شایانی نماید. مقدار مواد غیرآلی محلول، گازهای محلول، مواد معلق، ترکیبات آلی محلول و میکروارگانیزم‌های موجود درآب عوامل اصلی تعیین کننده کیفیت آب در آبزی‌پروری می‌باشند. لذا، حفظ کیفیت آب در آبزی‌پروری یک ضرورت است چراکه کل بدن و آبشش‌های آبزیان در تماس با آب و مواد موجود در آن می‌باشند. بنابراین کیفیت آب مستقیماً بر سلامت و رشد گونه‌های پرورشی تأثیر دارد. آب با کیفیت نامناسب، باعث بروز استرس و بیماری می‌گردد. محققان در پژوهش‌های زیادی به بررسی کیفیت آب در مزارع پرورشی به‌خصوص میگو در ایران پرداخته‌اند. به‌طور مثال، Akbarzadeh و همکاران، میزان اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی در پساب‌های خروجی منطقه تیاب هرمزگان را مطالعه نمودند، براساس این نتایج مشخص شد که اکسیژن‌مورد نیاز بیوشیمیایی نشان‌دهنده افزایش‌میزان بارآلی درسیستم‌پرورشی‌است(۱). این‌پژوهش‌ها نشان می‌دهدکه صنعت آبزی‌پروری برای موفقیت کامل باید فن‌آوری‌هایی را در زمینه پایداری اقتصادی و زیست‌محیطی توسعه دهد (۲). استخرهای‌معمولی‌میگو به‌طور‌معمول‌نیازبه ۱۵-۱۰٪ تعویض روزانه آب از کل حجم برای حفظ کیفیت مطلوب آب دارد. با این‌حال، این استراتژی به توسعه بیماری‌ها در مناطق رشد میگو می‌انجامد (۳، ۴). علاوه بر این، پساب آبزی‌پروری‌که غنی از موادآلی و مواد مغذی است، می‌تواند باعث آلودگی محیط‌زیست و افزایش هزینه‌های پمپاژ آب شود (۵). در نتیجه، پرورش‌دهندگان میگو در حال اجرای پروژه‌هایی هستند که ایمنی‌زیستی را با مصرف حداقل آب برای موجود هدف پرورشی فراهم کند. ازن مولکول بسیار ناپایدار است و پس از تزریق به آب خام در سیستم مدار بسته، به سرعت تجزیه می‌شود زیرا با مواد آلی و به‌طور طبیعی با برماید واکنش می‌دهد و محصولات غیر اشباعی (ozonation by products) را تولید می‌کند (۶، ۷). ازن در آب‌های مورد استفاده در آبزی‌پروری نسبتاً سریع تجزیه می‌شود، مزیت این اتفاق به حداقل رساندن خطر باقی‌مانده ازن سمی برای گونه‌های پرورشی و باکتری‌های بیوفیلتر در آب شیرین است. با این‌حال، در طول ازن دهی آب شور مواد سمی و مداوم باقی‌مانده تشکیل می‌شوند چون که ازن سریعا با یون‌های هالوژن مانند ید و به‌ویژه برومید به اکسیدان‌های مختلف ثانویه واکنش نشان می‌دهد که به‌عنوان اکسیدان‌های تولید شده ازن (ozone-produced oxidants) شناخته می‌شوند (۸). واکنش ازن با برومید می‌تواند اسید هیپوبروم (HOBr) و یون هیپوبرومیت (OBr^-) را تولید کند که می‌تواند به برومات (BrO_3^-)، یک محصول غیراشباعی پایدار و مضر تبدیل شود. برومات به‌طور عمده توسط ازن زمانی که آب‌های مخزن حاوی مقادیر بالا ۵۰ میلی‌گرم در لیتر برومید طبیعی باشد، تولید می‌شود. علاوه‌بر این، آمونیاک ممکن است‌عامل‌کاهنده تشکیل برومات در آب دریایی باشد، زیرا واکنش آمونیاک با اسید هیپوبروم سریع و ترجیحی است (۹). با این‌حال، اگر میزان آمونیاک کم باشد، تولید برومات‌یک بیش از حد، ممکن استیک مشکل بالقوه باشد. بر اساس تحقیقات انجام شده ازن طیف وسیعی از ویروس‌ها را ازجمله آنسفالومایلیت‌اسبی‌ونزوئلائی (Venezuelan equine encephalomyelitis)، هپاتیت، آنفلوانزا، استوماتیس ویزیکولار (vesicular stomatitis)، ویروس‌عفونی‌رینوتراچیتیس‌گاو (infectious bovine rhinotracheitis virus) می‌تواند از بین می‌برد (۱۰). ازن برای درمان باکتری‌های بیماری‌زامانندا‌شرشیاکلی (*Escherichia coli*)، استافیلوکوک اورئوس (*Staphylococcus aureus*)، سدوموناس‌فلیوروسنس (*Pseudomonas fluorescens*)، سالمونلاتایپی (*Salmonella typhi*)و‌کلپسیلانئومونیده (*Klebsiella pneumoniae*) استفاده می‌شود (۱۱، ۱۲). نتایج به‌دست آمده نشان‌دهنده فعالیت‌کشنده ازن بوده و اطلاعات دقیقی را درباره میزان غلظت ازن در مواجهه با آن‌ها ارائه می‌دهد. تحقیقات نشان داده که فناوری ازن می‌تواند در مناطقی که دارای ویروس، باکتری، و هم‌چنین قارچ هستند نیز به‌کار برده شود. با توجه به پتانسیل بالای اکسیداسیون، ازن اجزای سلولی دیواره سلولی باکتریایی برای کاهش تعداد میکروارگانیسم‌ها غیرفعال، اکسیدمی‌کند. دلیل‌این امر انسداد عناصر سلولی باکتریایی از طریق اکسیداسیون لیپوپروتئین‌ها و فسفولیپیدها توسط فناوری ازن است.

مواد و روش‌ها

طرح آزمایش: این آزمایش در قالب یک طرح کاملاً تصادفی شامل چهار تیمار با سطوح مختلف ازن دهی در غلظت‌های مزمن ۰/۰۶، ۰/۰۴، ۰/۰۲ و صفر (۰) میلی‌گرم در لیتر بود که سطح صفر همان‌تیمار شاهد است. پست لاروهای میگوی وانامی در نیمه پایانی مردادماه سال ۱۳۹۹ از مراکز تکثیر واقع در شهرستان بوشهر تهیه و به کارگاه تکثیر و پرورش آبزیان آب شور پژوهشکده خلیج فارس

بوشهر انتقال داده شدند. به‌مدت دو هفته به‌منظور دوره سازگاری درون مخازن دایره ای با حجم آبگیری ۴۰۰۰ لیتر نگه‌داری شده و با غذای تجاری میگو شرکت هوواش به‌میزان ۲-۳ درصد وزن توده زنده در سه نوبت (ساعت ۷، ۱۲ و ۱۹) تغذیه گردیدند. پس از دوره سازگاری، تعداد ۱۵۰ قطعه میگو در متر مربع به‌صورت تصادفی در ۱۲ مخزن با حجم آبگیری ۳۰۰ لیتری طبق طرح آزمایش و تیمار بندی وارد شد و به‌مدت ۶۰ روز نگه‌داری شدند. میگوها روزانه ۴ بار در ساعت‌های ۷، ۱۲، ۱۹، ۲۴ به‌میزان ۵ درصد وزن بدن توسط غذای تجاری شرکت هوواش تغذیه شدند. هر روز صبح، قبل از شروع غذادهی، غذاهای خورده نشده و مدفوع خارج گردید. هم‌چنین در طی این مدت روزانه ۵ درصد آب مخازن با آب فیلتر شده دریا تعویض شد. هم‌زمان دستگاه ازن‌ساز مبتنی بر اشعه فرابنفش شرکت BIO-AQUA ساخت کشور دانمارک به‌همراه ورودی هوا تعبیه و سپس توسط شلنگ‌های هوا به‌صورت نانوحباب در تانک‌ها به‌صورت سریالی ۲ ساعت پس از غذادهی به‌مدت ۲ ساعت به مخازن تیمارهای تزریق گردید.

اندازه‌گیری شاخص‌های فیزیکوشیمیایی آب: در طول دوره غذادهی، فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب به‌صورت روزانه اندازه گیری شد. شاخص‌های فیزیکوشیمیایی آب شامل: دما، pH، مواد محلول کل، اکسیژن محلول با استفاده از دستگاه اکسی‌گارد، شوری با استفاده از سنسور ۵-۹۸۱۱ hi شرکت هانا ساختکشور رومانی و ORP با استفاده از سنسور ۸۶۵۱ شرکت AZ ساخت کشور تایوان اندازه‌گیری شد. مقدار کل ذرات جامد معلق TSS (Total suspended solids) بر حسب میلی‌گرم در لیتر محاسبه شد. برای این‌کار یک لیتر آب از تانک پرورش را درون مخروط قیفی شکل ریخته و پس از یک ساعت سکون، قسمت بالایی مخروط را سیفون کرده و محتویات باقی‌مانده را روی کاغذ صافی شماره ۴۲ (تخلخل ۲/۵ میکرون) فیلتر و در آون با درجه حرارت ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت قرار داده تا خشک شود. سپس برای محاسبه آن، اختلاف وزن کاغذ صافی قبل و بعد از آون را با ترازوی حساس با دقت ۰/۰۱ میلی‌گرم اندازه‌گیری شد. سطوح آمونیاک کل، نیتریت و نیترات نیز به‌صورت هفتگی به‌ترتیب براساس روش‌های استاندارد (۱۳) و راهنمای روش‌های شیمیایی و بیولوژیک آب دریا (۱۴) اندازه‌گیری گردید.

اندازه‌گیری فاکتورهای رشد: به‌منظور محاسبه و مقایسه شاخص‌های رشد شامل افزایش وزن، درصد افزایش وزن بدن، سرعت رشد، بیومس، ضریب رشد ویژه، ضریب رشد روزانه بین تیمارها، زیست‌سنجی میگوها شامل اندازه‌گیری وزن در ابتدای آزمایش و هر هفته در طی دوره پرورش انجام شد. تعداد پست لاروهای ذخیره سازی شده در ابتدای آزمایش و تعداد میگوهای باقی‌مانده در انتهای آزمایش ثبت شد تا براساس آن میزان بازماندگی محاسبه شود. هم‌چنین شاخص‌های تغذیه‌ای شامل ضریب تبدیل غذایی و ضریب کارآیی تغذیه براساس فرمول‌های ذیل محاسبه شد (۱۵، ۱۶):

درصد بقا:

(تعداد میگوهای انتهای دوره –تعداد میگوهای ابتدای دوره)×۱۰۰

ضریب تبدیل غذایی (FCR):

میزان غذای خشک خورده شده / میزان افزایش وزن بدن

افزایش وزن بدن (بر حسب میلی‌گرم): وزن ثانویه- وزن اولیه

درصد افزایش وزن بدن (درصد):

(وزن نهایی –وزن ابتدایی) / (وزن ابتدایی)×۱۰۰

افزایش بیومس (میلی‌گرم): (وزن نهایی –وزن ابتدایی)×میزان بقاء

ضریب کارآیی تغذیه (بازده غذایی FE):

(وزن نهایی–وزن ابتدایی) / (کل غذای مصرفی)×۱۰۰

سرعت رشد (میلی‌گرم):

(وزن نهایی –وزن ابتدایی) / (دوره پرورش به روز)

ضریب رشد ویژه (SGR) (درصد در روز):

(لگاریتم طبیعی وزن نهایی –لگاریتم طبیعی وزن ابتدایی) / (دوره پرورش (روز) ×۱۰۰

اندازه‌گیری ترکیبات لاشه: بعد از ۶۰ روز پرورش، ۵ عدد میگو از هر تکرار، از تانک خارج شده و پس از جدا کردن کامل پوسته و ناحیه سرسینه، عضلات شستشو و با چرخ گوشت همگن گردیدند و در ظروف جداگانه قرار گرفتند. سپس فاکتورهای بیوشیمیایی پروتئین، چربی، رطوبت و خاکستر آن‌ها مورد سنجش قرار گرفت (۱۷). میزان رطوبت با استفاده از آون (مدل F.A. G) در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت سنجش گردید. خاکستر نیز با سوزاندن نمونه‌ها در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۵ ساعت در داخل کوره مدل (Batec) اندازه‌گیری شد. پروتئین کل با استفاده از دستگاه کجلدال (Kjeltec Analyzer Unit Foss۲۳۰۰) محاسبه شد. چربی کل نیز با استفاده از دستگاه FOSS (۲۰۵۰ Soxtec) و کلروفرم اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها: پراکنش نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگراف- اسمیرنوف مورد سنجش قرار گرفت. از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه برای مقایسه میانگین‌ها بین تیمارها استفاده شد. سطح معنی‌دار بودن از طریق آزمون دانکن مشخص شد (در سطح اعتماد ۵ درصد) از نرم‌افزار آماری SPSS ۲۲ تحت ویندوز برای آنالیز داده‌ها و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel ۱۹ استفاده شد.

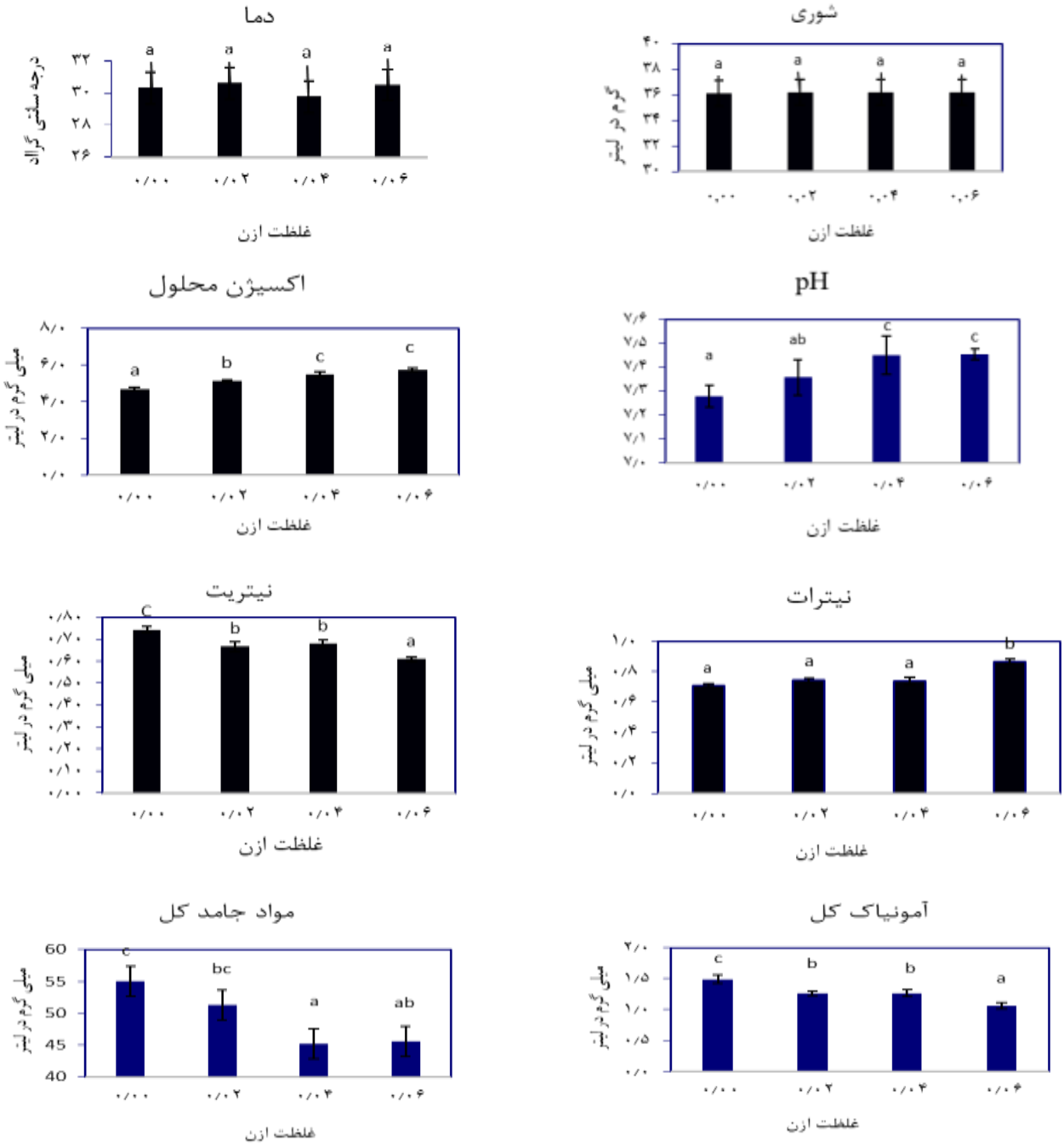
نتایج

شوری آب در بین گروه‌های آزمایشی در طول دوره به نسبت یکسان‌بوده و اختلاف‌معنی‌داری‌بین‌گروه‌ها مشاهده نشد (p>۰/۰۵). شوری در گروه شاهد و دیگر گروه‌های آزمایشی به‌طور میانگین ۳۶ گرم‌در لیتر بود. با اندازه‌گیری‌روزانه دما در‌طول دوره آزمایش، نتایج نشان داد که دما به‌طور میانگین یکسان بوده است (۰/۰۸±۳۰/۳۳) و اختلاف بین گروه‌ها مشاهده نشده است (p>۰/۰۵). از سوی دیگر با بررسی اطلاعات به‌دست آمده آشکار می‌گردد که pH در تیمار ۰/۰۶ و ۰/۰۴ اختلاف معنی‌داری با گروه شاهد و تیمار ۰/۰۲ دارد (p<۰/۰۵). اختلاف معنی‌داری در گروه ۰/۰۴ و ۰/۰۶ مشاهده نشد (p>۰/۰۵) کم‌ترین مقدار در گروه شاهد با pH (۰/۰۴ ± ۷/۲۷) و بیش‌ترین در گروه ۰/۰۶ با pH (۰/۰۲±۷/۴۵) است. کم‌ترین مقدار اکسیژن محلول در گروه شاهد (۰/۹۸±۴/۷) و بیش‌ترین مقدار در گروه۰/۰۶ مشاهده‌شد(۰/۱۱±۵/۷).بررسی‌نتایج‌نیترات‌در اکوسیستم آب دریا نشان می‌دهد که اختلاف معنی‌داری در بین گروه شاهد و گروه با دوز ازن ۰/۰۶ وجود دارد (p<۰/۰۵). به‌طوری‌که کم‌ترین میزان نیترات در گروه شاهد (۰/۰۱±۰/۷۱) و بیش‌ترین میزان در گروه ۰/۰۶ مشاهده‌شده است (۰/۰۱±۰/۸۶). اما اختلاف معنی‌داری در بین گروه شاهد و دیگر گروه‌های آزمایشی مشاهده نگردید (p>۰/۰۵). اندازه‌گیری نیتریت در بین گروه‌ها نشان داد که اختلاف معنی‌داری در بین‌گروه‌ها مشاهده شده است (p<۰/۰۵). به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان نیتریت درگروه شاهد (۰/۹۸±۴/۰)و کم‌ترین میزان در گروه ۰/۰۶ ثبت گردید (۰/۹۸±۴/۰). هم‌چنین بین گروه‌های ۰/۰۲ و ۰/۰۴ اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (p>۰/۰۵). نتایج حاصل از آمونیاک کل حاکی از اختلاف قابل توجهی در بین گروه‌ها است. به‌طوری‌که‌در بین‌گروه‌های با مقدار ازن ۰/۰۲ و ۰/۰۴ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (p>۰/۰۵). بیش‌ترین میزان در گروه شاهد و کم‌ترین میزان در گروه ۰/۰۶ مشاهده شده است (p<۰/۰۵). نتایج حاصل از مقایسه میانگین مقادیر مواد جامد کل نشان داد که میزان آن در بین گروه‌ها متفاوت است و اختلاف معنی‌داری‌در بین گروه‌ها وجود دارد (p<۰/۰۵). به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان در گروه شاهد و کم‌ترین میزان در گروه ۰/۰۴ مشاهده شده است.

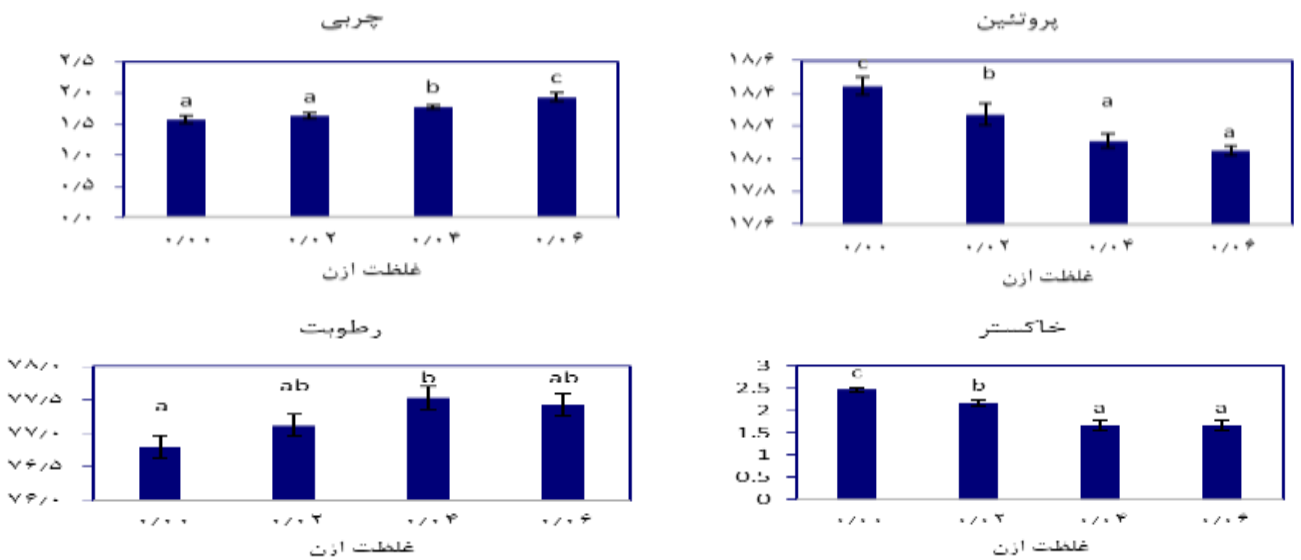
نتایج حاصل از تاثیر ازن بر آنالیز لاشه: نتایج مربوط به ترکیبات لاشه نشان داد که پاسخ میگوی وانامی در برابر سطوح مختلف ازن متفاوت است. براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، برخی از پارامترهای ترکیبات لاشه مانند پروتئین، چربی، رطوبت، خاکستر در میگوها به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر سطوح مختلف ازن قرار گرفتند. نتایج بیانگر تغییرات در میزان پروتئین در لاشه است به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان درگروه شاهد و کم‌ترین میزان در گروه ۰/۰۶ مشاهده شد. هم‌چنین اختلاف معنی‌داری در بین گروه ۰/۰۴ و ۰/۰۶ وجود نداشت (p>۰/۰۵). از طرف‌دیگر روندصعودی‌در میزان چربی آنالیز لاشه میگو وجود دارد. به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان در گروه ۰/۰۶ و کم‌ترین میزان در گروه شاهد مشاهده شده است. گروه شاهد و گروه ۰/۰۲ تفاوت‌معنی‌داری مشاهده نشد (p>۰/۰۵). میزان خاکستر در گروه شاهد بیش‌ترین مقدار را نشان‌داده است و اختلاف معنی‌داری بین‌گروه‌های با سطوح‌مختلف‌ازن‌وجودداشت (p<۰/۰۵). میزان خاکستر در گروه‌های ۰/۰۶ و ۰/۰۴ به اختلاف معنی‌دار نشان ندادند (p>۰/۰۵). میزان کل رطوبت لاشه در تیمارهای آزمایشی در میگوی پاسفید غربی اندازه‌گیری‌شد. از این‌نظر، میگوهایی با سطوح ازن ۰/۰۲ و ۰/۰۶ اختلاف‌معنی‌داری‌وجود نداشت(p>۰/۰۵).کم‌ترین میزان در گروه شاهد و بیش‌ترین میزان در گروه ۰/۰۴ مشاهده شد.

نتایج حاصل از سطوح مختلف ازن بر فاکتورهای رشد: نتایج حاصل از اندازه‌گیری وزن اولیه در میگوهای وانامی نشان داد که اختلاف‌معنی‌داری در بین‌گروه‌ها وجودنداشته‌است. با این تفاوت که در اندازه‌گیری وزن نهایی اختلاف معنی‌داری بین گروه ۰/۰۶ و گروه‌های دیگر وجود داشت (p<۰/۰۵) به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار درگروه ۰/۰۲ و کم‌ترین میزان درگروه ۰/۰۶ مشاهده شد. هم‌چنین تفاوت معنی‌داری درگروه شاهد و گروه ۰/۰۲ و ۰/۰۴ مشاهده نشده است (p>۰/۰۵). با در نظر گرفتن میزان وزن اولیه و نهایی میگوی وانامی افزایش وزن بدن در گروه‌های شاهد و ۰/۰۲ و ۰/۰۴ تفاوتی وجودنداشت (p>۰/۰۵) به‌طوری‌که اختلاف‌معنی‌داری‌نسبت‌به گروه ۰/۰۶ مشاهده شد (p<۰/۰۵) به‌صورتی‌که بیش‌ترین مقدار در گروه ۰/۰۴ و کم‌ترین میزان در گروه ۰/۰۶ مشاهده گردید. علاوه بر این نتایج حاصل از میزان درصد افزایش وزن بدن مشابه با این نتایج بود و بیش‌ترین میزان در ۰/۰۴ و کم‌ترین میزان در گروه ۰/۰۶ مشاهده شد. از سوی دیگر بررسی حاصل از محاسبه غذای خورده شده نشان داد که اختلاف معنی‌داری در بین گروه‌ها وجود دارد (p< ۰/۰۵). به نحوی که بیش‌ترین مقدار در گروه ۰/۰۲ و کم‌ترین میزان در گروه ۰/۰۶ مشاهده شد. هم‌چنین تفاوت معنی‌داری در بین گروه ۰/۰۴ و ۰/۰۶ و بین گروه شاهد و ۰/۰۲ مشاهده نشده است (p>۰/۰۵). اختلاف‌معنی‌داری‌در‌میزان ضریب‌تبدیل‌غذایی‌در بین‌گروه‌هابه ثبت رسید (p<۰/۰۵). بیش‌ترین میزان در گروه شاهد و کم‌ترین میزان در گروه ۰/۰۴ مشاهده شد. تفاوت معنی‌داری در گروه شاهد و گروه ۰/۰۶ و اختلاف معنی‌داری در بین گروه ۰/۰۲ و ۰/۰۴ مشاهده نشد (p>۰/۰۵). بررسی حاصل از محاسبه بازده غذایی نشان داد اختلاف معنی‌داری‌در‌بین‌گروه‌ها‌مشاهده‌شد(p<۰/۰۵).به‌صورتی‌که‌بیش‌ترین میزان در گروه ۰/۰۴ و کم‌ترین میزان درگروه شاهد مشاهده شد.

تفاوت معنی‌داری در بین گروه شاهد و ۰/۰۶ و بین گروه ۰/۰۴ و ۰/۰۲ مشاهده نشده است (p>۰/۰۵). در این‌مطالعه بیش‌ترین میزان سرعت رشد در گروه ۰/۰۲ و کم‌ترین میزان در گروه ۰/۰۶ مشاهده شد. هم‌چنین اختلاف معنی‌داری در بین گروه ۰۶/ و دیگر گروه‌ها مشاهده شد (p<۰/۰۵). تفاوت معنی‌داری در بین گروه‌های دیگر مشاهده نشد. این نتایج در محاسبه ضریب‌رشد ویژه و میزان بیومس مشابه بود. به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان در گروه ۰/۰۲ و کم‌ترین میزان در گروه ۰/۰۶ مشاهده شد و اختلاف معنی‌داری فقط بین گروه ۰/۰۶ و دیگر گروه‌ها مشاهده شد (p<۰/۰۵).



شکل ۱: میانگین میزان دما، شوری، pH، اکسیژن محلول، نیتریت، نیترات، آمونیاک کل، مواد جامد کل در تیمار ۰ میلی‌گرم در لیتر ازن (۱)، ۰/۰۲ میلی‌گرم در لیتر ازن (۲) ، ۰/۰۴ میلی‌گرم در لیتر ازن (۳) و ۰/۰۶ میلی‌گرم در لیتر ازن (۴)



شکل ۲: میانگین میزان پروتئین، چربی، خاکستر و رطوبت لاشه میگوی وانامی در تیمار ۰ میلی‌گرم در لیتر ازن (۱)،۰/۰۲ میلی‌گرم در لیتر ازن (۲)، ۰/۰۴ میلی‌گرم در لیتر ازن (۳) و ۰/۰۶ میلی‌گرم در لیتر ازن (۴).

جدول ۱: میانگین شاخص‌های رشد، بازماندگی و تغذیه در میان تیمارهای مختلف در پایان دوره آزمایش (میانگین ± انحراف معیار)

پارامترها	تیمارها (غلظت ازن بر حسب میلی‌گرم در لیتر)			
	۰	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۶
وزن اولیه (گرم)	۱/۴۰ ±۰/۰۲^{a}	۱/۴۰ ±۰/۰۳^{a}	۱/۴۰ ±۰/۰۶^{a}	۱/۴۳ ±۰/۰۶^{a}
وزن نهایی (گرم)	۹/۴۳ ±۰/۰۹^{b}	۹/۸۸ ±۰/۷۶^{b}	۹/۴۶ ±۰/۱۹^{b}	۸/۵۰ ±۰/۱۰^{a}
افزایش وزن بدن (گرم)	۸/۰۳ ±۰/۰۸^{b}	۸/۴۷ ±۰/۷۴^{b}	۸/۰۵ ±۰/۱۳^{b}	۷/۰۲ ±۰/۰۸^{a}
درصد افزایش وزن بدن	۵۷۰/۸۵ ±۱۰/۵۸^{b}	۶۰۴/۲۶ ±۴۵/۴۰^{b}	۵۷۳/۲۹ ±۲۱/۷۴^{b}	۴۷۴/۴۳ ±۳۱/۰۵^{a}
افزایش بیومس (گرم)	۹۱۸/۲۱ ±۱۰/۱۷^{b}	۱۰۰۶/۸۲ ±۹۳/۱۷^{b}	۹۶۰/۱۲ ±۷/۸۶^{b}	۸۰۲/۱۶ ±۶/۳۸^{a}
ضریب تبدیل غذایی	۱/۷۳ ±۰/۰۲^{b}	۱/۶۵ ±۰/۰۱^{a}	۱/۶۳ ±۰/۰۱^{a}	۱/۷۰ ±۰/۰۲^{b}
بازده غذایی	۵۷/۸۱ ±۰/۸۹^{a}	۶۰/۴۹ ±۰/۵۵^{b}	۶۱/۲۳ ±۰/۵۶^{b}	۵۸/۵۹ ±۰/۷۱^{a}
بقا	۷۶/۲۴ ±۰/۴۶^{a}	۷۹/۱۶ ±۰/۵۴^{b}	۷۹/۴۷ ±۰/۶۹^{b}	۷۶/۱۹ ±۰/۲۹^{a}
سرعت رشد ویژه (گرم)	۰/۱۳ ±۰/۰۱^{b}	۰/۱۴ ±۰/۰۱^{b}	۰/۱۳ ±۰/۰۱^{b}	۰/۱۲ ±۰/۰۱^{a}
ضریب رشد ویژه	۳/۱۷ ±۰/۰۲^{b}	۳/۲۵ ±۰/۱۰^{b}	۳/۱۸ ±۰/۰۵^{b}	۲/۹۱ ±۰/۰۹^{a}

حروف انگلیسی یکسان در بالای اعداد در هر ردیف به معنی عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین تیمارها در سطح ۰/۰۵ است.

بحث

در مطالعه حاضر، در اکوسیستم آب دریا با استفاده از میزان ازن در سطوح مختلف انجام شد. پارامترهای کیفی آب (دما، شوری، اکسیژن‌محلول و pH، نیترات) ثبت‌شده در مخازن تیمارها در سطوح توصیه شده برای *L. Vannamei* حفظ شد (۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱). حباب‌های میکرونانوها ازن می‌توانند به مقدار بالایی برسند و برای مدت طولانی در آب پایدار بمانند. حباب‌های میکرونانوهای ازن تحت شوری‌های مختلف دارای بار منفی هستند، به این معنی که آن‌ها پایدار بوده و می‌توانند در آب شور باقی بمانند. تصفیه آب‌های زیرزمینی با شوری‌های مختلف حباب‌های میکرونانو به‌طور قابل توجهی راندمان انتقال جرمی ازن را افزایش می‌دهد و می‌تواند در آب پایدار بماند تا ازن را به‌طور مداوم تأمین کند. نیمه عمر ازن در سیستم حباب‌های میکرونانو به‌طور قابل توجهی بیش‌تر از آن در سیستم حباب میلی‌متری است. عوامل شیمیایی باید برای اندازه‌گیری اثرات موثر ازن مورد توجه قرار گیرند (۲۲، ۲۳، ۲۴). به‌طور خلاصه، ماهیت بسیار واکنشی ازن به‌معنای آن است رادیکال‌های آزاد و دیگر گونه‌های شیمیایی حاصل از ازن را به‌وجود می‌آورد و ازن "محلول" را حذف می‌کند. آلاینده‌های اضافی که با واکنش با ازن تولید می‌شود (ازجمله ذرات، کل کربن آلی، بی‌کربنات‌ها، کربنات‌ها)، به تقاضای ازن یک سیستم کمک می‌کنند، به‌طور موثر برای ازن رقابت کرده و میزان موجود برای غیرفعال سازی پاتوژن را کاهش می‌دهند. از بین بردن ازن محلول در آب‌های پرورش ممکن است بهبود فیزیولوژی و رشد حیوانات را منجر شود (۲۵). بعضی از مطالعات به‌دلیل توجه بیش‌تر به افزایش بار کربن آلی و در نتیجه تقاضای ازن، با توجه به تغذیه، ازن را در سیستم تزریق می‌کنند (۲۶، ۲۷). علاوه بر این، برای کمک به اثربخشی، هزینه و ایمنی، Summerfelt و همکاران، سیستم کنترل اتوماتیک که خروجی ازن را مطابقت با نیاز سیستم، که با سرعت تغذیه ماهی تغییر می‌کند، تنظیم کردند (۲۲). در این مطالعه میزان نیتریت درسطوح مختلف ازن مورد بررسی قرار گرفت.

بررسی نتایج نیتریت نشان داد که با افزایش میزان ازن به‌طور بسیار موثری موجب کاهش غلظت آن شده است که نتایج مشابه در پژوهش‌های دیگر نیز به‌دست آمده است. در پژوهشی بر ماهی قزل آلا مشاهده شد که ازن‌زنی در سیستم گردش آب موجب کاهش موثر نیتریت می‌شود (۲۳). هم‌چنین در پژوهشی دیگر بر روی همین ماهی مشخص شد که ازن‌زنی موجب کاهش نیتریت به‌مقدار تقریباً ۸۲ درصد می‌گردد (۲۳) و در پژوهشی بر ماهی توربوت (*P. maxima*) در طی دوره ۹۰ روزه، ازن‌زنی موجب کاهش معنی‌دار نیتریت در آب پرورشی نسبت به گروه شاهد شده است (۲۸). در کل، ازن با کاهش نیتریت موجب بهبود کیفیت آب پرورش ماهی می‌شود (۲۹). علت این مساله ممکن است مربوط به توان اکسایشی ازن باشد، چرا که ازن به‌راحتی میتواند موجب تبدیل نیتریت به نیترات گردد (۲۲) در کل ازن با کاهش نیتریت و افزایش نیترات به‌طور معنی‌دار بر کیفیت آب تاثیر مثبتی داشته است، نتایج به‌دست آمده با نتایج Babapour و همکاران، مشابه بود (۳۰). با بررسی اطلاعات به‌دست آمده نشان داد که pH، اکسیژن محلول، نیترات در تیمارهایی که با دز ازن بالا مواجعه بودند افزایش پیدا کرده است. درصورتی‌که پارامترهایی نظیر نیتریت، مواد جامد معلق کل و آمونیاک کل کاهش پیدا کرد. برخی مطالعات حاکی از آن است که ازن با جذب گاز آمونیاک ممکن است مقداری آمونیاک کل را از آب خارج کند (۷، ۳۱). با این‌حال، Brazil و همکاران، اظهار داشت که ازن نمی‌تواند به‌میزان قابل توجهی آمونیاک کل را در سیستم مدار بسته کاهش دهد، زیرا میزان اکسیداسیون آمونیاک کل به نیترات در pH زیر ۹/۳ بسیار کند است (۳۲). بنابراین، بعید است هیچ مزیت قابل مشاهده‌ای از منطقه‌بندی برای حذف آمونیاک کل در شرایط پرورش وجود داشته باشد. با این‌حال، به‌طورکلی پذیرفته شده است که ازن تبدیل نیتریت به نیترات را تسریع می‌کند و در نتیجه سطح نیتریت را در سیستم مدار بسته کاهش می‌دهد (۳۳، ۳۴، ۳۵، ۳۶). Schroeder و همکاران، اظهار داشتند که مواد جذب‌کننده ازن، نیتریت و مواد زرد مانند مواد آلی محلول هستند (۳۱). بنابراین آمونیاک کل توسط ازن از طریق اکسیداسیون آمونیاک کاتالیز شده برمید حذف نمی‌شود، تا زمانی‌که این مواد در آب پرورش موجود باشد. غلظت مواد جامد ریز در سیستم‌ها منجر به تقاضای زیاد ازن در سیستم‌های تصفیه می‌شود و به‌نظر می‌رسد تغییرات مربوط به مواد بیوفیلتر باعث تغییر در حذف ترکیبات نیتروژن شود.

با بررسی میزان ازن در غلظت‌های مزمن مورد آزمایش نشان می‌دهد که با افزایش سطح ازن میزان پروتئین و خاکستر لاشه کاهش اما میزان چربی به‌طور قابل توجهی افزایش یافته است. لازم به‌ذکر است که میزان رطوبت به نسبت تفاوت معنی‌داری در بین تیمارها مشاهده نشده است. با این بررسی‌ها گمان می‌رود که با افزایش غلظت ازن قدرت اکسایش آن بالا رفته است به‌نحوی مواد آلی و جوامع میکروبی و فیتوپلانکتونی به‌صورت غیرانتخابی تخریب می‌گردد و این موضوع با بهره‌گیری کم‌تر میگوی پرورشی از جوامع غذای زنده موجود که می‌تواند یک پتانسیل بالقوه در تشکیل پروتئین لاشه شود، نمایان می‌شود. روند تغییر میزان چربی با افزایش سطوح ازن زنی تا سطح ۰/۰۶ روند صعودی داشت. انتظار می‌رود این رابطه در گرو ارجحیت چربی در میگوی پرورشی برای تولید انرژی برای مقابله با شرایط استرس‌زا در سطوح بالاتر ازن زنی باشد. بررسی‌های ما با مطالعات Babapour و همکاران (۳۰) مشابه بود به‌طوری‌که افزایش سطح غلظت ازن ضریب تبدیل غذایی کاهش یافته و بهبود پیدا کرده است. این مساله در پژوهش‌های دیگر در مورد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (۲۵) و ماهی سی‌باس اروپایی (۳۷) نیز رخ داده است. این مساله به خاطر توانایی مقابله بیش‌تر آبزیان با باکتری‌های محیطی و بروز عوامل هماتولوژیک متعادل‌تر نسبت به آبزیان در سیستم بدون ازن می‌باشد (۳۷) چرا که میگو نیز با تزریق ازن در سیستم، شرایط محیطی بهتری برای رشد ایجاد شده و به این ترتیب ازن منجر به کاهش ضریب تبدیل غذایی شده است (۲۵). در پژوهش حاضر نیز بهبود ضریب تبدیل با تزریق ازن را می‌توان ناشی از بهبود شاخص‌های کیفی آب پرورشی دانست، این مساله با افزایش نرخ تعویض آب و تاثیر متعادل‌کننده تعویض آب بیش‌تر در اثر متقابل خود را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که اثرات افزایش غلظت ازن موجب بهبود شاخص وضعیت شد که در پژوهشی بر ماهی قزل‌آلا در نهایت مشخص شد که ازن منجر به بهبود فاکتور وضعیت می‌شود (۲۵). البته در پژوهشی بر ماهی سی‌باس راه‌راه نیز رشد ماهی در سیستم حاوی ازن بیش‌تر بود (۳۲). در پژوهشی دیگر بر ماهی آزاد اطلس، مشخص شد که استفاده از ازن در سیستم مدار بسته موجب افزایش رشد این ماهی شده است (۳۳). بالا بودن فاکتور وضعیت با افزایش ازن می‌تواند نشان‌دهنده عدم استرس فیزیولوژیک با منشا ازن سریالی باشد چرا که؛ فاکتور وضعیت یا سایر علایم کلینیکی می‌تواند دلیل بر وقوع استرس فیزیولوژیک باشد (۳۸). در خصوص نرخ رشد ویژه نیز نتایج این پژوهش با نتایج دیگر مشابه می‌باشد؛ علت این مساله در بهبود کیفیت محیط پرورشی به‌واسطه ازن‌زنی می‌باشد. هم‌چنین، Ferreira و همکاران، استفاده از بیوفیلم را با سیستم کشت بیوفلوک ترکیب کرد و مشاهده کرد که بسترهای مصنوعی احتمالاً به کنترل مواد جامد معلق بیش از حد در آب کمک می‌کنند (۳۹)، که در نتیجه منجر به وزن نهایی بهتر *L. vannamei* می‌شود.

منابع

1. **Akbarzadeh, G., Dehghani, R., Mohebbi Nozar, L. and Saraji, F., 2017.** Study of Water Quality in the Coastal Waters of Hormozgan Province Using Multivariate Statistical Methods. Oceanography. 7(28) :57-65.
2. **Kuhn, D.D., Lawrence, A.L., Boardman, G.D., Patnaik, S., Marsh, L. and Flick Jr, G.J., 2010.** Evaluation of two types of bioflocs derived from biological treatment of fish effluent as feed ingredients for Pacific white shrimp, Litopenaeus vannamei. Aquaculture. 303(1-4): 28-33.
3. **Hargreaves, J.A., 2006.** Photosynthetic suspended-growth system in aquaculture. Aquacult. Eng. 34: 344-363.

4. **Lightner, D.V., 2005.** Biosecurity in shrimp farming: pathogen exclusion through use of SPF stock and routine surveillance, J. World Aquacult. Soc. 36: 229-248.
5. **De Schryver, P., Crab, R. and Defoirdt, T., 2008.** The basics of bio-flocs technology: the added value for aquaculture. Aquaculture. 277: 125-137.
6. **Leynen, M., Duvivier, L., Girboux, P. and Ollevier, F., 1998.** Toxicity of ozone to fish larvae & Daphnia magna. Ecotoxicology & Environmental Safety. 41: 176-179.
7. **Tango, M.S. and Gagnon, G.A., 2003.** Impact of ozonation on water quality within marine recirculating systems. Aquaculture Engineering. 29: 125-137.
8. **Hoigne, J., Bader, H., Haag, W.R. and Staehelin, J., 1985.** Rate constants of reactions of ozone with organic and inorganic compounds in water. III. Inorganic compounds and radicals. Water Res. 19: 993-1004.
9. **Tanaka, J. and Matsumura, M., 2002.** Kinetic studies of removal of ammonia from seawater by ozonation. J. Chem. Technol. Biotechnol. 77: 649-656.
10. **Guzel-Seydim, Z.B., Greene, A.K. and Seydim, A.C., 2004.** Use of Ozone in the Food Industry Lebensm-Wiss. u.-Technol. Technol. 37: 453-460.
11. **Kowalski, W.J., Bahnfleth, W.P., Striebig, B.A. and Whittam, T.S., 2003.** Demonstration of a Hermetic Airborne Ozone Disinfection System'': Studies on *E. coli*, AIHA Journal. 64: 222-227.
12. **Prabakaran, M., Tamil Selvi, S., Merinal, S. and Panneerselvam, A., 2012.** Effect of ozonation on pathogenic bacteria. Advances in Applied Science Research. 3(1): 299-302.
13. **APHA (American Public Health Association). 1998.** Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, twentieth ed. Washington DC. 1193 p.
14. **Parsons, T.R., Maita, Y. and Lalli, C.M., 1984.** A manual of chemical and biological methods for seawater analysis, Pergamon Press. 757 p.
15. **Wang, X., Kim, K.W., Bai, S.C., Huh, M.D. and Cho, B.Y., 2003.** Effect of the different levels of dietary vitamin C on growth and tissue ascorbic acid changes in parrot fish. Aquaculture. 215: 203-211.
16. **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.
17. **AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2000.** Official Methods of Analysis AOAC. Washington, DC. 1963 p.
18. **Ponce-Palafox, J., Martinez-Palacios, C.A. and Ross, L.G., 1997.** The effects of salinity and temperature on the growth and survival rates of juvenile white shrimp *Penaeus vannamei*. Aquaculture. 157: 107-115.
19. **Van Wyk, P. and Scarpa, J., 1999.** Water quality requirements & management. In: Van Wyk, P., Davis Hodgkins, M. and Laramore, R., Farming marine shrimp in recirculating freshwater systems. Florida Department of Agriculture & Consumer Services, Tallahassee, Florida, 128 p Aquacult Int (2017). 25: 1959-1970.
20. **Furtado, P.S., Poersch, L.H. and Wasielesky, W., 2011.** Effect of calcium hydroxide, carbonate and sodium bicarbonate on water quality & zootechnical performance of shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in bio-flocs technology (BFT) systems. Aquaculture. 321: 130-135.
21. **Zhang, K., Pan, L. and Chen, W., 2015.** Effect of using sodium bicarbonate to adjust the pH to different levels on water quality, the growth and the immune response of shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in zero-water exchange biofloc-based culture tanks. Aquac Res. doi:10. 1111/are.12961.
22. **Summerfelt, S.T., Sharrer, M.J., Tsukuda, S.M. and Gearheart, M., 2009** Process requirements for achieving full-flow disinfection of recirculating water using ozonation and UV irradiation. Aquacultural Engineering. 40: 17-27.
23. **Summerfelt, S.T. and Hochheimer, J.N., 1997.** Review of ozone processes and applications as an oxidizing agent in aquaculture, Prog. Fish Cult. 94-105.
24. **Lage Filho, F.A., 2010.** Ozone application in water sources: effects of operational parameters and water quality variables on ozone residual profiles and decay rates. Brazilian J of Chemical Engineering. 27: 545-554.
25. **Davidson, J., Good, C., Welsh, C. and Summerfelt, S., 2011.** The effects of ozone and water exchange rates on water quality and rain- bow trout *Oncorhynchus mykiss* performance in replicated water recirculating systems. Aquacultural Engineering. 44: 80-96.
26. **Bullock, G.L., Summerfelt, S.T., Noble, A., Weber, A., Durant, M.D. and Hankins, J.A., 1997.** Ozonation of a recirculating rainbow trout culture system. I. Effects of bacterial gill disease & heterotrophic bacteria. Aquaculture. 158: 43-55.
27. **Good, C., Davidson, J., Welsh, C., Snekvik, K. and Summerfelt, S., 2011.** The effects of ozonation on performance, health and welfare of rainbow trout in low exchange water recirculation aquaculture systems. Aquacultural Engineering. 44: 97-102.
28. **Powell, A., Chingombe, P., Lupatsch, I., Lloyd, R. and Shields, R.J., 2015.** The effect of ozone on water quality & survival of turbot (*Psetta maxima*) maintained in a recirculating aquaculture system. Aquacultural Engineering. 64: 20-24.
29. **Ritar, A.J., Smith, G.G. and Thomas, C.W., 2006.** Ozonation of seawater improves the survival of larval southern rock lobster, *Jasus edwardsii*, in culture from egg to juvenile. Aquaculture. 261: 1014-1025.
30. **Babapour, M. and Rafiee, Gh.R., 2019.** The Influence of Serial Ozonation on Water Quality and Growth Performance of Rainbow Trout in a Recirculating Culture System. Journal of Fisheries. 71(4): 342-351. (In Persian)
31. **Schroeder, J.P., Croot, P.L., Von Dewitz, B., Waller, U. and Hanel, R., 2011.** Potential and limitations of ozone for the removal of ammonia, nitrite, and yellow substances in marine recirculating aquaculture systems. Aquacult. Eng. 45: 35-41.
32. **Brazil, B.L., Summerfelt, S.T. and Libey, G.S., 1996.** Application of ozone to recirculating aquaculture systems. In: Libey, G.S. and Timmons, M.B., (Eds.), Successes and Failures in Commercial Recirculating Aquaculture. Conference Proceedings, Northeast Regional Agricultural Engineering Service. Ithaca, NY, July, 1996. 373-389.
33. **Sutterlin, A.M., Courier, C.Y. and Devereaux, T., 1984.** A recirculating system using ozone for the culture of Atlantic salmon. Prog. Fish Cult. 46: 239-244.
34. **Rosenthal, H. and Kruner, G., 1985.** Treatment efficiency of an improved ozonation unit applied to fish culture situations. Ozone Sci. Eng. 7: 179-190.
35. **Paller, M.H. and Lewis, W.M., 1988.** Use of ozone and fluidized bed biofilters for increased ammonia removal and fish loading rates. Prog. Fish Cult. 50: 141-147.
36. **Bablon, G., Bellamy, W.G., Bourbigot, M.M., Daniel, F.B., Dore, M., Erb, F., Gordon, G., Langlais, B., Laplanche, A., Legube, B., Martin, G., Masschelein, W.J., Pacey, G., Reckhow, C. and Ventresque, D.A., 1991.** Fundamental aspects. Ozone in Water Treatment Applications and Engineering. American Water Works Association Research Foundation, Denver, CO. 11-132.
37. **Xian, L., Cyrille, P., Sebastien, T., Ying, L. and Jean Paul, B., 2015.** Long -term effects of moderate elevation of oxidation-reduction potential on European seabass in recirculating aquaculture systems. Aquacultural Engineering. 64: 15-19.
38. **Fukunaga, K., Suzuki, T., Arita, M., Suzuki, S., Hara, A. and Yamauchi, K., 1992.** Acute toxicity of ozone against morphology of gill and erythrocytes of Japanese charr. Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Comparative Pharmacology. 101: 331-336.
39. **Ferreira, L.M., Lara, G. and Wasielesky, W., 2016.** Biofilm versus biofloc: are artificial substrates for biofilm production necessary in the BFT system? Aquacult Int. 24(4): 921-930.