



کارکردهای ازن در سیستم‌های پرورش متراکم آبزیان دریایی

محمد باباپور^{۱*}

۱. پژوهشکده میگو کشور، موسسه تحقیقات و علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بوشهر، ایران

* مسئول مکاتبات: m.babapour@areeo.ac.ir

چکیده

توسعه تولید آبزیان دریایی با روش‌های سنتی جوابگوی نیازهای رو به رشد در این بخش نیست؛ لذا استفاده از سیستم‌های متراکم پرورش میگو مسیر آینده این صنعت خواهد بود. در مزارع و مجتمع‌های موجود نیز با تمایل به افزایش تراکم آبزی پرورشی (به‌خصوص میگو) در محیط پرورش، کیفیت آب افت کرده و به دنبال آن میزان بار باکتریایی بالاتر می‌رود که دو عامل تهدید به حساب می‌آیند. در کنار این موارد لزوم ایجاد ایمنی زیستی و پایداری تولید در مراکز پرورش متراکم و مزارع قدیمی نیز اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند. در این راستا استفاده از ازن در سیستم‌های آبزی‌پروری دریایی به‌خصوص سیستم‌های متراکم پرورش مانند نرسری بسیار ضروری می‌باشد. ازن به عنوان یکی از ابزارهای مهندسی برای بهبود کیفیت فیزیکوشیمیایی آب تازه با در چرخش آبزی‌پروری و ارتقا رشد و بقا؛ ضدعفونی و کنترل بار میکروبی بکار می‌رود. بکارگیری ازن در آب شور شرایط و محاسبات خاصی دارد که نیازمند باز شدن این مباحث، انجام پژوهش و بهینه‌سازی تکنیک‌های ازن‌زنی برای استفاده بهینه و عملکرد مناسب است.

واژگان کلیدی: آبزی‌پروری دریایی، ازناسیون، نرسری میگو، ماهی دریایی، کیفیت آب، پرورش متراکم.

مقدمه

با توسعه روز افزون آبزی‌پروری به طور متوسط سالانه نه درصد؛ هم از جهت تنوع و هم از جهت مقدار تولید آبزیان، افزایش داشته و در دهه‌های اخیر پرورش میگو و ماهیان دریایی رشد چشمگیری داشته و به منبعی با ارزش برای تولید پروتئین و رشد اقتصادی در نواحی ساحلی تبدیل شده است (Tacon and Metian, 2008; FAO, 2024). در پی این رشد دو چالش بزرگ نمایان شده است؛ نخست افت کیفیت آب در مزارع پرورشی و سپس حجم بالای پساب‌های تولید شده در سیستم‌های متراکم که تهدیدی جدی برای محیط زیست و حتی خود آبزی‌پروری می‌باشد. از آنجایی که توسعه آبزی‌پروری دریایی با روش‌های سنتی جوابگوی نیازهای رو به رشد در این بخش نیست؛ لذا استفاده از سیستم‌های متراکم پرورشی مسیر آینده این صنعت خواهد بود. استفاده از آب برگشتی به عنوان یکی از بهترین روش‌های افزایش تراکم تولید و استفاده حداکثری از آب مطرح است (Badiola et al., 2012). در راستای ایجاد محیط‌های متراکم‌تر آبزی‌پروری سیر توسعه و پیشرفت‌های مهندسی به سمت محیط‌هایی با حداقل میزان نیاز به آب تازه بوده است و بر این اساس سیستم‌های مختلف آبزی‌پروری طبق نسبت حجم آب تازه به حجم آب برگشتی به سه دسته RAS ابتدایی، متراکم و فوق متراکم به ترتیب با 95/9، 98/6 و 99/6 درصد بازیافت آب در هر ساعت تقسیم می‌شوند (Bregnballe, 2015). با افزایش تراکم در محیط پرورش کیفیت آب افت کرده و از طرفی میزان بار باکتریایی بالاتر می‌رود؛ در کنار این موارد با پیدایش و بروز بیماری‌های نوظهور لزوم ایجاد و پایداری ایمنی زیستی در مراکز پرورش متراکم نیز اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند؛ اما متأسفانه در سیستم‌های متراکم با بازچرخش آب مانند سیستم‌های پرورش ماهی یا میگوهای سبزی بازاری یا نرسری میگو خارج از فصل؛ ترکیبات دفعی زیادی به صورت تجمعی موجب نامطلوب شدن کیفیت آب برای می‌شوند (Martins, 2009; Davidso et al., 2009; Good et al., 2009). در این میان به دلیل استرس‌زا بودن شرایط پرورش متراکم؛ باید با اتخاذ شیوه‌هایی، بقاء و رشد مناسب آبزیان در چنین شرایطی را حفظ کرد (سلطانی، 1394).

تکنیک‌های متعددی برای بهبود کیفیت آب بازچرخشی با هدف کاهش این استرس‌ها به کار می‌رود که عمدتاً بر اساس ذره‌گیری از پساب با جداسازی ذرات به صورت مکانیکی استوار است (Lekang et al., 2000)، عملکرد صافی‌های مکانیکی از قبیل درام فیلترها مناسب بوده



و موجب کاهش 50-74 درصد ذرات جامد، 49/3-63 درصد فسفر کل و 10-42/7 نیتروژن کل می‌شود (Schulz et al., 2003)، لذا استفاده از میکرواسکرین‌ها به تنهایی کافی نبوده و عملکرد کاملی در تصفیه پساب ندارد و نمی‌تواند مانع تجمع آلاینده‌های کلوئیدی و محلول در آب شود. برای رفع این نقیصه در سال‌های اخیر از طرح‌های مهندسی ترکیبی، از قبیل استفاده از سیستم‌های فوم فرکشنر؛ هیدروسیکلون‌های ترکیبی؛ از ناسیون؛ رسوب دهنده‌های تیغه‌ای؛ یونیت‌های تعویض یونی و ... به صورت تلفیقی با طراحی هدفمند استفاده شده است.

ازن یکی از ابزارهای مهندسی با کاربرد های وسیع در بخش‌های مختلف آبرزی پروری از جمله استفاده برای شکستن ترکیبات پیچیده و نیز کنترل پیشگیرانه عوامل میکروبی بیماری‌زا می‌باشد. کارکردهای ازن در سیستم‌های آبرزی پروری رامی توان در سه دسته اصلی تقسیم کرد (Summerfelt et al., 2009):

1. تاثیر بر کیفیت آب سیستم های پرورشی (آب تازه، آب برگشتی و پساب خروجی)
2. تاثیر روی خود گونه پرورشی از جهت شاخص های رشد، ضریب تبدیل خوراک، بقاء و حالت بهینه
3. تاثیر بر فلور باکتریایی و تقویت پاسخ‌های فیزیولوژیک ایمنی در گونه پرورشی (Gonçalves and Gagnon, 2011)

تاثیر ازن بر کیفیت آب

ازن به طور مؤثر مواد آلی، آمونیاک، نیتريت‌ها و سایر آلاینده‌ها را اکسید می‌کند که منجر به آب تمیزتر و شفاف‌تر می‌شود و رشد سالم‌تر ماهیان و کاهش استرس موجودات آبرزی را فراهم می‌کند (Zhou et al., 2023). در سیستم های متراکم؛ ازن نه تنها برای ضدعفونی بلکه برای حذف کربن آلی، کدورت، جلبک‌ها و همچنین بوی نامطبوع استفاده می‌شود (Gonçalves and Gagnon, 2011). همچنین با اکسید کردن مواد آلی و هم لخته‌سازی آن‌ها می‌تواند TOC را در آب پرورش آبریان حذف کند. ازن دهی در دوز های کمتر از 0/7 میلی گرم در لیتر به ازای هر میلی گرم TOC می‌تواند موجب بهبود حذف ذرات شود (Rueter and Johnson, 1995). در این راستا در پژوهشی مشاهده شد که بکاربردن نانوحباب‌های ازن (NB-O3) در پرورش متراکم میگوی پا سفید (*Penaeus vannamei*)؛ موجب بهبود کیفیت آب پرورشی به طور موثری می‌شود (Binh et al., 2025). در پژوهش دیگری روی سی باس اروپایی (*Dicentrarchus labrax*) مشخص شد که استفاده از ازن به طور قابل توجهی غلظت آمونیاک در سیستم پرورشی کاهش و به این ترتیب کیفیت آب و سلامت میگوها را ارتقاء داده است (Li et al., 2024). همچنین پژوهشی مشخص شد که ازن‌زی با روش سریالی برای حفظ کیفیت آب پرورشی ماهی قزل آلی رنگین کمان مناسب است و موجب کاهش غلظت نیتريت از یکسو و بهبود عملکرد رشد ماهی شده است (باباپور و رفیعی، 1397). استفاده از ازن باعث تثبیت پارامترهای شیمیایی در سیستم RAS پرورش *L. vannamei* شد و حتی شرایطی بهتر نسبت به تابش UV ایجاد گردید (Teitge et al., 2020). در پژوهشی روی ماهی توربوت (*P. maxima*)، ازن دهی موجب کاهش معنی دار نیتريت در آب پرورشی شد (Powell et al., 2015). در کل اثبات شده است که ازن زنی بواسطه اکسید کردن مواد آلی و ذرات معلق؛ در کاهش کدورت آب در آبرزی پروری مؤثر است (Kayhan, 2024).

بکارگیری ازن در استخرهای پرورش میگو می‌تواند به طور غیرمستقیم سطح اکسیژن حل شده را بهبود بخشد به این ترتیب که با تجزیه مواد آلی و کاهش بار میکروبی، نیاز اکسیژن کلی کاهش یافته و باعث استفاده مؤثرتر از اکسیژن در دسترس می‌شود (Wei et al., 2021). استفاده از میزان متعادل شده ازن در سیستم مدار بسته پرورش میگوی سفید غربی موجب بهبود سطح نیتريفیکاسیون بیولوژیکی شده که می‌تواند ناشی از افزایش سطح اکسیژن مفید برای باکتری‌های تبدیل کننده نیتروژن باشد (Nghia et al., 2022). در پژوهشی مشخص شد که ازن مواد هومیک مضر را کاهش داده و ترکیباتی بی‌اثرتر و سازگارتر با ماهی ایجاد می‌کند و از طرفی با تجزیه ازن، اکسیژن آزاد می‌شود که سطح اکسیژن محلول در آب را افزایش می‌دهد و کیفیت آب را ارتقا می‌بخشد (Zhou et al., 2023).

تاثیر ازن بر گونه پرورشی، اقتصاد آبرزی پروری و محیط زیست

در دهه‌های اخیر پیشگیری و به حداقل رساندن تلفات آبرزی پروری با دیدگاه اقتصادی در حال توسعه می‌باشد (Gannam and Schrock, 1999)، ازن یک ضدعفونی کننده قوی است که باکتری‌ها، ویروس‌ها، انگل‌ها و قارچ‌ها را از بین می‌برد و به طور قابل توجهی شیوع بیماری‌ها



و میزان مرگ و میر در گونه‌های پرورشی دریایی را کاهش می‌دهد؛ در پژوهشی در این زمینه مشخص شد که ازن می‌تواند در پیک‌پرچ و توربوت باعث افزایش نرخ بقا، کاهش بار باکتریایی و جلوگیری از آسیب به باله‌ها و عفونت‌ها شود (Ali, 2023). آب تمیزتر و کاهش بار عوامل بیماری‌زا باعث افزایش نرخ رشد و بهبود استفاده از خوراک در ماهیان می‌شود که در نهایت بهره‌وری کلی مزرعه را افزایش و هزینه‌های تولید را کاهش می‌دهد (Davidson et al., 2021).

در پژوهشی بر اثرات نانوحباب‌های ازن (NB-O3) را روی معیارهای عملکرد رشدی میگوی سفید غربی (*Penaeus vannamei*)؛ از قبیل زیست توده نهایی (FB)، وزن نهایی بدن (FBW)، میزان بقا (SR)، ضریب تبدیل خوراک (FCR)، نرخ رشد ویژه (SGR)، میانگین افزایش وزن هفتگی (MWWG)؛ مشاهده شد که نانوحباب‌های ازن موجب شده است که از هفته 5 به با بهبود SGR، FBW، FB و MWWG در مقایسه با شاهد؛ میگوها وزن بالاتری را از خود نشان دهند (Binh et al., 2025).

برخلاف ضدعفونی‌کننده‌های شیمیایی سنتی، ازن به طور طبیعی به اکسیژن تجزیه می‌شود و هیچ باقیمانده مضر ندارد. این امر نیاز به استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها و مواد شیمیایی را کاهش داده و به مقابله با مقاومت آنتی‌بیوتیکی و آلودگی محیط زیست کمک می‌کند (Xue et al., 2023). ازن با حفظ کیفیت آب، امکان بازیافت و استفاده مجدد از آب را فراهم می‌کند و مصرف آب تازه را کاهش می‌دهد که این امر برای پایداری در آبرزی پروری دریایی حیاتی است (Saqib et al., 2024) و در عین حال که با کاهش نیاز به برداشت آب تازه موجب حفظ بیشتر محیط زیست می‌شود؛ در مواردی نیز با کاهش میزان مصرف انرژی مورد نیاز و هزینه‌های نگهداری مربوطه موجب بهبود بازده اقتصادی فعالیت آبرزی پروری می‌شود.

تاثیر ازن بر فلور باکتریایی

ازن با استرس اکسیداتیو بر روی غشا سلولی می‌تواند به طور موثری بار باکتریایی را کاهش دهد و طیف گسترده‌ای از میکروارگانیسم‌ها از جمله باکتری‌ها، ویروس‌ها و پروتوزوآها را از بین ببرد (Epelle et al., 2023). مطالعات نشان داده‌اند که ازن می‌تواند بار باکتری‌های جنس *Vibrio* را که معمولاً با بیماری‌های میگو مانند ویبریوز مرتبط هستند کاهش دهد و بهترین عملکرد ازن بر باکتری‌های ویبریو در pH خنثی رخ می‌دهد (Wulansarie and Rengga, 2018). در آزمایشی روی میگوی سفید غربی؛ جمعیت باکتری *Vibrio alginolyticus* که به صورت فلور پایدار تشکیل شده بود توسط ازن در مقایسه با یو وی به طور معنی داری کاهش پیدا کرد (Teitge et al., 2020). در پژوهشی روی کنترل جوامع ویبریو در میگوی سفید غربی در حوضچه خاکی شبیه سازی شده، استفاده از ازن در طی 45 روز به میزان ۹۷/۲۳ درصد پاتوژن‌های ویبریو را کنترل کرد و این مساله بدون اثرات منفی بر رشد و بقاء میگو بود (Sitthi et al., 2024). اثرات نانوحباب‌های ازن (NB-O3) بر میکروبیوتای روده در پرورش متراکم میگوی پامفید (*P. vannamei*)؛ حاکی از این بود که نانوحباب‌های ازن به طور موثر؛ تراکم گونه‌های *Vibrio* را تنظیم کرد (Binh et al., 2025). در پژوهشی روی توانایی نانوحباب‌ها را در کاهش *Vibrio parahaemolyticus* (سویه AHPND) و بهبود کیفیت آب؛ تراکم باکتریایی محیط پرورشی میگوی با نانوحباب هوا و اکسیژن؛ به ترتیب 69 و 46 درصد کمتر از گروه کنترل شمارش شد و با بکار بردن ازن در طی ۶ دقیقه به طور کامل به صفر رسید (Nghia et al., 2021). پژوهش دیگری نیز نشان داد که نانو حباب‌های ازن به طور موثری موجب ضدعفونی میگوهای آلوده به باکتری *V. parahaemolyticus* در مرحله نرسری می‌شود و در عین حال کارایی بالاتری نسبت به روش ازن زنی معمولی دارد (Imaizumi et al., 2018). در پژوهشی میزان دوز مناسب غلظت ازن باقیمانده (ROC) برای کنترل باکتری‌های بیماری‌زا (VP) و با حداقل اثرات سوء بر فعالیت باکتری‌های نیتریفیک کننده در بستر بیوفیلتر در یک RAS آب لب شور بررسی شد و میزان ۰/۰۳ میلی گرم بر لیتر به عنوان بهترین غلظت ازن باقیمانده (ROC) مشخص شد (Pumkaew et al., 2018).

نتیجه‌گیری

تمایل به تولید متراکم آبریان موجب افت کیفیت آب در مزارع پرورشی و به دنبال آن ورود حجم بالای پساب‌های تولید شده به محیط زیست می‌باشد که تهدیدی جدی برای محیط زیست ساحلی و خود آبرزی پروری می‌باشد که می‌تواند مانع بزرگی بر راه توسعه این صنعت باشد. از



طرفی گسترش بیماری‌های نوظهور نیز اهمیت استفاده از راهکارهایی با هدف کاهش ورود حجم بزرگ و غیرقابل تیمار آب را بیشتر نمایان می‌کند؛ این مساله برای کنترل بیماری‌ها در مجتمع‌های پرورش آبزیان دریایی بخصوص میگو از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. پرورش آبزیان دریایی بخصوص صنعت پرورش میگو به عنوان یکی از زمینه‌های ایجاد اشتغال و ارزآور غیرنفتی نیازمند حمایت جهت گسترش افقی و عمودی می‌باشد. در این مسیر مشکلات متعددی وجود دارد که یکی از چالش‌ها افت شدید کیفیت آب دریا بخصوص در سواحل مجتمع‌های پرورشی (بواسطه تداخل جریان آب ورودی با پساب خروجی مجتمع‌ها) و از طرفی محدودیت استفاده از سیستم‌های آب بازچرخشی بواسطه افت کیفیت آب پرورشی است. ازن به عنوان یکی از ابزارهای مهندسی برای بهبود کیفیت آب و ارتقا رشد و ... میگو‌های پرورشی یا نرسری شده در سیستم‌های متداول یا سیستم‌های بازچرخشی مطرح می‌باشد. ازن‌زنی به عنوان یک راهکار مؤثر برای کاهش بارباکتریایی؛ حفظ سلامت آبزیان پرورشی مطرح است که با پیشگیری می‌تواند موجب کاهش تلفات آبرزی، افزایش بازماندگی و حاشیه سود پرورش شود. انجام تحقیقات و انتقال دانش سیستم‌های ازن‌زنی قابل تنظیم و قابل اطمینان برای اهداف آبرزی‌پروری دریایی از حلقه‌های گمشده این مسیر می‌باشد. همچنین بکارگیری سیستم‌ها پایش و کنترل پیشرفته برای حفظ سطح بهینه ازن‌زنی، که به پرورش پایدار، مقرون به صرفه و دوستدار محیط زیست آبزیان دریایی نیز توصیه می‌شود.

منابع

باباپور، م. و رفیعی، غ. ر.، ۱۳۹۷. تأثیر ازن‌زنی سریالی بر کیفیت آب پرورشی و شاخص‌های رشد بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در سیستم برگشتی. شیلات، ۷۱(۴): ۳۲۴-۳۵۱.

سلطانی، م.، ۱۳۹۴. بیماری‌های آزاد ماهیان. موسسه چاپ و انتشارات دانشگاه تهران، ۴۴۴ ص.

Ali, T., 2024. Evaluation of Disinfectants in RAS Water. 2024, Norwegian University of Life Sciences.

Badiola, M., Mendiola, D. and Bostock, J., 2012. Recirculating Aquaculture Systems (RAS) analysis: Main issues on management and future challenges. Aquacultural Engineering, 51: 26-35.

Bregnballe, J., 2015. A Guide to Recirculation Aquaculture: An introduction to the new environmentally friendly and highly productive closed fish farming systems. The Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and EUROFISH International Organisation.

Binh, P.T Phan, V.T., Nguyen, N.H. and Huy, T.T., 2025. Impact of Ozone Nanobubble on Water Quality, Gut Microbiota, and Growth Performance of White Leg Shrimp (*Penaeus Vannamei*) in an Indoor Intensive Farming Model. Gut Microbiota, and Growth Performance of White Leg Shrimp (*Penaeus Vannamei*) in an Indoor Intensive Farming Model.

Davidson, J., Summerfelt, S., Espmark, A. M. and Mota, V.C., 2021. Effects of ozone on post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar*) performance, health, and maturation in freshwater recirculation aquaculture systems. Aquaculture, 533: 736208.

Davidson, J., Good, Ch., Welsh, C., Brazil, B., 2009. Heavy metal and waste metabolite accumulation and their potential effect on rainbow trout performance in a replicated water reuse system operated at low or high system flushing rates. Aquacultural engineering, 41(2): 136-145.

Epelle, E.I., Macfarlane A., Cusac, M., Burns, A. and Okolie, J.A., 2023. Ozone application in different industries: A review of recent developments. Chemical Engineering Journal, 454: 140188.

FAO, 2024. The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 2024.

Gonçalves, A.A. and Gagnon, G.A., 2011. Ozone application in recirculating aquaculture system: an overview. Ozone: Science and Engineering, 33(5): 345-367.

Gannam, A.L. and Schrock, R.M., 1999. Immunostimulants in fish diets. Journal of applied Aquaculture, 9(4):53-89.

Good, C., Davidson, J., Welsh, C., Brazil, B., 2009. The impact of water exchange rate on the health and performance of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* in water recirculation aquaculture systems. Aquaculture, 294(1): 80-85.



Imaizumi, K., Tinwongger, S., Kondo, H. and Hirono, I., 2018. Disinfection of an EMS/AHPND strain of *Vibrio parahaemolyticus* using ozone nanobubbles. *Journal of fish diseases*, 41:(4).

Kayhan, M.H., 2024. Use of Ozone in Aquaculture. *International Research in Agriculture Sciences II*, p. 51.

Li, X., Jean-paul, B., Triplet, S. and Liu, Y., 2014. Effect of oxidation–reduction potential on performance of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) in recirculating aquaculture systems. *Aquaculture International*, 22: 1263-1282.

Lekang, O. I., Bergheim, A. and Dalen, H., 2000. An integrated wastewater treatment system for land-based fish-farming. *Aquacultural engineering*, 22(3):199-211.

Martins, C.I., Ochola, D. and Ende, S., 2009. Is growth retardation present in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* cultured in low water exchange recirculating aquaculture systems? *Aquaculture*, 298(1): 43-50.

Nghia, N.H., Phan, T. B., Nguen, N.T. and May, L.T., 2022. Effect of nanobubbles (oxygen, ozone) on the Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*), *Vibrio parahaemolyticus* and water quality under lab conditions. *Fisheries and Aquatic Science*, 25(8): 429-440.

Powell, A., Chingombe, P., Lupatsch, I. and Shields, R.J., 2015. The effect of ozone on water quality and survival of turbot (*Psetta maxima*) maintained in a recirculating aquaculture system. *Aquacultural Engineering*, 64: 20-24.

Pumkaew, M., Taweephitakthai, Th., Satanwat, P. and Yocawibun, P., 2021. Use of ozone for *Vibrio parahaemolyticus* inactivation alongside nitrification biofilter treatment in shrimp-rearing recirculating aquaculture system. *Journal of Water Process Engineering*, 44: 102396.

Rueter, J. and Johnson, R., 1995. The use of ozone to improve solids removal during disinfection. *Aquacultural Engineering*, 14(2): 123-141.

Saqib, M., Bashir, Sh. and Azhar, U., 2024. Applications of ozone in marine and freshwater systems, in *Advances and Technology Development in Greenhouse Gases: Emission, Capture and Conversion*. Elsevier. p. 299-335.

Schulz, C., Gelbrecht, J. and Rennert, B., 2003. Treatment of rainbow trout farm effluents in constructed wetland with emergent plants and subsurface horizontal water flow. *Aquaculture*, 217(1): 207-221.

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(1):17-27.

Tacon, A.G. and Metian, M., 2008. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. *Aquaculture*, 285(1-4): 146-158.

Teitge, F., Peppler, Ch., Steinhagen, D. and Jung-Schroers, V., 2020. Water disinfection by ozonation has advantages over UV irradiation in a brackish water recirculation aquaculture system for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Journal of fish diseases*, 43(10): 1259-1285.

Wei, C., Hu, Y., Fengzhen, Zh. and Feng, Ch., 2017. Ozonation in water treatment: the generation, basic properties of ozone and its practical application. *Reviews in Chemical Engineering*, 33(1): 49-89.

Xue, W., Zhang, C. and Zhou, D., 2023. Positive and negative effects of recirculating aquaculture water advanced oxidation: O3 and O3/UV treatments improved water quality but increased antibiotic resistance genes. *Water Research*, 235:119835.

Wulansarie, R. and Rengga, W.D.P., 2018. Ozone Technology for Pathogenic Bacteria of Shrimp (*Vibrio* sp.) Disinfection. in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing.

Zhou, X., Martinez, F. and Johnson, D., 2023. Characterization of dissolved organic matter transformation by ozone in recirculating aquaculture systems. *Water Research*, 220: 118767.



همایش ملی فناوری و نوآوری در آبرزی پروری امنیت غذایی و حفاظت از محیط زیست



National Conference Technology and Innovation in Aquaculture Food Security and Environmental Protection

زمان برگزاری: ۱۷ اردیبهشت ۱۴۰۴

Sitthi, S., Mirutanaphai, M., Satanwat, P. and Powtongsook, S., 2024. Effect of ozone on *Vibrio* removal in a simulated earthen shrimp pond. *Blue-Green Systems*, 6(2): 310-326.

Nghia, N.H., Giang, Ph. T., Van, Ph. Th. and Hanh, N. Th., 2021. Control of *Vibrio parahaemolyticus* (AHPND strain) and improvement of water quality using nanobubble technology. *Aquaculture Research*, 52(6): 2727-2739.