Journal of Aquaculture Sciences 13(25): 100-109 (2025)
Print ISSN: 2322-5351
www.aquaculturesciences.ir

نشریه علوم آبزی‌پروری
دوره ۱۳، شماره ۲۵: ۱۰۰-۱۰۹ (۱۴۰۴)

کارایی محلول مبتنی بر هیپوکلرواسید (سنیتایزون) علیه بار میکروبی در استخرهای پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

گلناز صیادزاده *، سمیه سبزعلی

گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۰۸ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۲۹**

چکیده

کنترل همزمان باکتری ها و قارچ های مضر و بیماری‌زا در آبزی‌پروری یک چالش مهم است. این مطالعه به بررسی اثربخشی ضد میکروبی محلول سنیتایزون مبتنی بر هیپوکلرواسید (HOCL) بر روی جمعیت‌های باکتریایی و قارچی آب و همچنین ارزیابی ایمنی آن برای ماهی‌ها پرداخته است. آزمایش در یک مزرعه پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان انجام شد. تیمارها در سه غلظت ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ ppm از محلول HOCL اعمال گردید. نمونه‌های آب قبل از تیمار و در فواصل زمانی ۲، ۵ و ۱۰ دقیقه پس از تیمار برای شمارش کل باکتری‌های زنده و قارچ‌ها جمع‌آوری شد. رفتار و تلفات ماهی‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت تحت نظر بود. غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ ppm از HOCL منجر به کاهش تعداد باکتری‌ها و قارچ‌های قابل کشت در آب در مدت زمان ۲ ، ۵ و ۱۰ دقیقه شدند. در این دو غلظت، کاهش قابل توجهی در جمعیت باکتریایی مشاهده شد، اما حذف کامل صورت نگرفت. این کاهش‌ها در هر زمان و رقت نسبت به زمان و رقت قبلی معنی‌دار بود. غلظت ۱۵۰ ppm در تمام زمان‌های مورد بررسی منجر به کاهش شدید و نزدیک به صفر شدن تعداد کلونی‌های قارچی و باکتریایی شد. نتایج این پژوهش نشان داد که محلول تجاری سنیتایزون می‌تواند ضمن حفظ سلامت ماهی، یک ضدعفونی‌کننده فراگیر، سریع و مؤثر علیه باکتری‌ها و قارچ‌ها در آب استخرهای پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان باشد. سمیت پایین این ماده برای ماهی‌ها، آن را به گزینه‌ای ایمن و عملی برای استفاده در صنعت آبزی‌پروری تبدیل می‌کند.

کلید واژگان: هیپوکلرواسید، آبزی‌پروری، سلامت ماهی، میکروب‌زدایی، سنیتایزون

*نویسنده مسئول sayadzadeh.g@lu.ac.ir

مقدمه

صنعت آبزی‌پروری، به‌ویژه در زمینه پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، به‌عنوان یک منبع مهم پروتئین حیوانی با چالش‌های زیادی در زمینه مدیریت سلامتی و بیماری‌ها روبه‌رو است (FAO, 2022). تراکم بالای ماهیان در سیستم‌های پرورشی مدرن، استرس فیزیولوژیک را افزایش می‌دهد و شرایط را برای شیوع بیماری‌های باکتریایی، قارچی و ویروسی فراهم می‌کند (Ashley, 2007). شیوع عفونت‌های باکتریایی تهدیدی جدی برای تولید قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) به‌شمار می‌آید. عوامل بیماری‌زای باکتریایی اصلی در این همه‌گیری‌ها شامل انواع مختلف جنس‌های گرم‌منفی (*Aeromonas*، *Flavobacterium*، *Pseudomonas* و *Yersinia*) و گرم‌مثبت (*Lactococcus* و *Streptococcus*) هستند که شامل بیش از ۳۶ گونه نوظهور و شناخته‌شده می‌باشند. این پاتوژن‌ها به‌طور گسترده در مزارع پرورشی در سراسر جهان شناسایی شده‌اند و با مکانیسم‌های بیماری‌زایی مختلف، منجر به اختلالات بالینی شدید و خسارات اقتصادی قابل توجهی می‌شوند (Duman *et al*., 2025). بیماری‌های مهمی مانند عفونت‌های باکتریایی ناشی از *Aeromonas hydrophila* (بیماری لکه قرمز) و *Yersinia ruckeri* (بیماری دهان قرمز) هر ساله با تلفات، کاهش رشد و هزینه‌های درمان، خسارات اقتصادی زیادی به این صنعت وارد می‌کنند (FAO, 2022).

در دهه‌های اخیر، کنترل این بیماری‌ها عمدتاً به استفاده گسترده از آنتی‌بیوتیک‌ها و مواد ضدعفونی‌کننده شیمیایی سنتی مانند فرمالین و ترکیبات یدوفور وابسته بوده است. با این حال، استفاده طولانی‌مدت از این مواد نگرانی‌هایی از جمله ایجاد مقاومت آنتی‌بیوتیکی در پاتوژن‌ها، باقیمانده دارویی در بافت ماهی و اثرات منفی زیست‌محیطی به‌دنبال داشته است (Reverter *et al*., 2020). این محدودیت‌ها باعث جستجو و توسعه مواد ضدعفونی‌کننده ایمن، مؤثر، سازگار با محیط‌زیست و فاقد باقی‌مانده مضر شده است. در این رابطه، هیپوکلرواسید (HOCL) به‌عنوان یک عامل ضد میکروبی امیدوارکننده شناخته شده است. اسید هیپوکلروس (HOCL) بهترین و قوی‌ترین ضدعفونی‌کننده از ترکیبات کلردار است. هیپوکلرواسید برخلاف سایر ترکیبات کلر، به دلیل خنثی بودن بار الکتریکی و وزن مولکولی پایین، می‌تواند به‌راحتی به دیواره سلولی میکروارگانیسم‌ها نفوذ کند. این امر باعث می‌شود اثر کشندگی آن سریع‌تر و قوی‌تر باشد (Fair *et al*., 1948). جالب اینکه، این ماده به‌طور طبیعی در بدن پستانداران تولید می‌شود و بخشی از سیستم ایمنی ذاتی در برابر طیف وسیعی از عوامل بیماری‌زا است. تولید درون‌زاد HOCL توسط سلول‌های ایمنی مانند نوتروفیل‌ها و ماکروفاژها انجام می‌شود و از طریق مجموعه آنزیمی NADPH اکسیداز در غشای میتوکندری صورت می‌گیرد که در پاسخ به عفونت فعال می‌شود (Kettle and Winterbourn, 1997).

محلول‌های پایدار سنتی HOCL از طریق فرآیند الکترولیز کنترل‌شده آب و نمک تولید می‌شوند. این محلول‌ها دارای مکانیسم عمل قوی و غیر اختصاصی از طریق اکسیداسیون غیر قابل‌برگشت پروتئین‌ها، لیپیدها و اسیدهای نوکلئیک در دیواره سلولی میکروب‌ها هستند. این مکانیسم، احتمال ایجاد مقاومت در برابر آن را بسیار پایین می‌آورد (Wang *et al*., 2007). مطالعات اولیه در پزشکی و دامپزشکی، اثربخشی HOCL را ضد طیف وسیعی از پاتوژن‌های باکتریایی، ویروسی و قارچی، در حالی‌که سمیت بسیار پایینی برای سلول‌های پستانداران دارد، نشان داده‌اند (Block and Rowan, 2020; Sabzali *et al*., 2024). همچنین، شواهد علمی جدید کارایی آب الکترولیزشده (EW) را که عامل ضد عفونی‌کننده آن اسید هیپوکلرو (HOCL) است، به‌عنوان یک فناوری امیدوارکننده برای ضدعفونی در محیط‌های آب شور و دریایی در آبزی‌پروری تأیید می‌کند. مطالعات نشان داده‌اند که این روش می‌تواند جمعیت باکتری بیماری‌زای *Vibrio harveyi* را به‌طور قابل توجهی کاهش دهد (Blasco *et al*., 2025). در تحقیقات در زمینه فرآوری آبزیان نیز نشان داده شده که استفاده از ضد عفونی‌کننده‌های مبتنی بر کلر، مانند اسید هیپوکلرو (HOCL)، می‌تواند به حفظ کیفیت بافت و رنگ فیله ماهی و همچنین کنترل رشد میکروبی در مراحل اولیه نگهداری کمک کند و به‌عنوان یک روش مکمل برای افزایش ماندگاری محصولات دریایی مورد توجه قرار گیرد (Chung *et al*., 2024).

با وجود این شواهد، استفاده و ارزیابی سیستماتیک محلول‌های مبتنی بر هیپوکلرواسید در آبزی‌پروری آب شیرین، به‌ویژه برای ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، هنوز در

شکل ۱- نمایی از استخر پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان مورد مطالعه در این پژوهش

مرحله تحقیقاتی نسبتاً جدیدی قرار دارد. هدف اصلی این مطالعه بررسی کارایی یک محلول تجاری مبتنی بر هیپوکلرواسید (سنیتایزون) علیه بار میکروبی در استخرهای پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان است. نتایج این پژوهش می‌تواند پایه علمی مناسبی برای معرفی یک جایگزین ایمن و پایدار برای ضدعفونی‌کننده‌های مرسوم در صنعت پرورش ماهی قزل‌آلا فراهم کند.

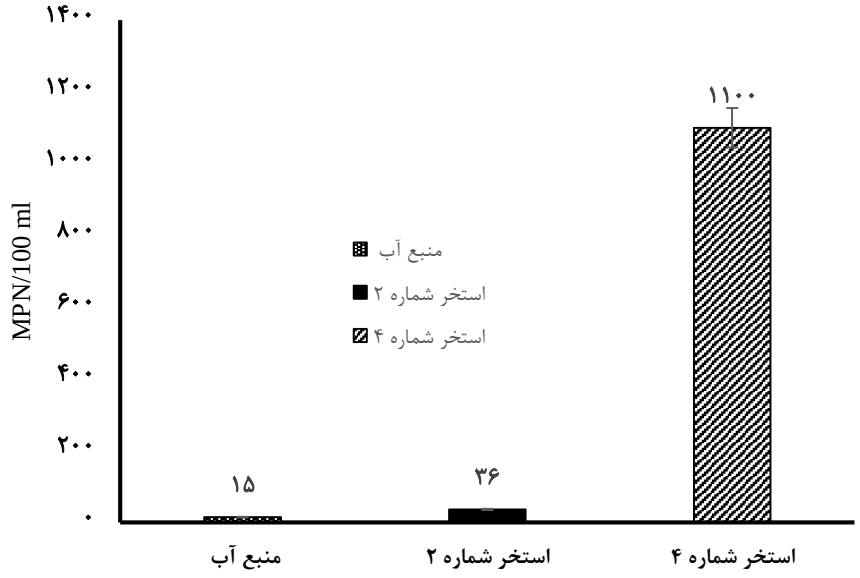
مواد و روش‌ها

این مطالعه در یک مزرعه پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان واقع در استان لرستان، شهر الشتر، دو کیلومتری روستای زیرطاق دوآب در سال ۱۴۰۴ انجام شد (شکل ۱). بدین‌منظور پس از بررسی اولیه وضعیت استخرهای مزرعه، منبع ورودی، استخر دارای بیشترین تلفات و کانال خروجی آب جهت انجام آزمایش انتخاب گردیدند. از آب هر سه استخر انتخابی قبل از افزودن ماده ضد عفونی نمونه‌برداری صورت گرفت. همچنین از محلول تجاری سنیتایزون (حاوی HOCL در غلظت پایه ۹۵۰ ppm) برای تیمارهای آزمایش استفاده شد. تیمارها در سه غلظت ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ ppm از محلول سنیتایزون در آب استخر مورد آزمایش اعمال گردید. از آب هر استخر مورد آزمایش در زمان‌های ۲، ۵ و ۱۰ دقیقه بعد از تیمار نمونه‌برداری شد (Sabzali *et al.*, 2024). در ادامه نمونه‌ها با حفظ زنجیره سرد در دمای پایین و در مدت زمان کمتر از یک ساعت به آزمایشگاه تحقیقاتی زیست شناسی دانشگاه لرستان انتقال داده شدند. در آزمایشگاه نمونه‌ها بر روی محیط کشت‌های Blood Agar، TSA، EMB و PCA برای تشخیص باکتری کشت داده شدند. از کلنی‌های تشکیل شده بر روی محیط‌های Blood Agar و EMB لام تهیه و رنگ‌آمیزی گرم انجام شد. پلیت حاوی محیط کشت SDA برای کشت قارچ‌ها استفاده شد و بعد از رشد با استفاده از لاکتوفنل کاتن بلو نمونه‌ها رنگ‌آمیزی شدند.

کیفیت باکتریایی استخرها با روش بیشترین شمارش احتمالی به روش کشت ۵ لوله‌ای به‌دست آمد. از محیط لاکتوز براث (LB) برای شناسایی باکتری‌های گرم مثبت استفاده شد. سه رقت مختلف از محیط LB تهیه شد و پس از تلقیح میزان مناسب آب از استخرهای مختلف در انکباتور ۳۷–۳۵/۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. تولید گاز در لوله-های دورهام به‌عنوان لاکتوز مثبت در نظر گرفته شد. در ادامه برای لوله‌هایی که تست تولید گاز آنها ثبت شده بود از محیط LB به محیط کشت بایل براث اضافه و ۴۸ ساعت در درمای ۳۵/۵ درجه سانتی‌گراد انکوبه شدند. از کشت در محیط MR-VP به‌عنوان مرحله تأییدی استفاده شد. در نهایت تعداد باکتری‌ها با استفاده از جدول MPN تعیین شدند (عالی نژادیان و همکاران، ۱۳۹۲). همچنین رفتار و تلفات ماهی‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت تحت نظر قرار گرفت.

جدول ۱- پارامترهای کیفی اندازه‌گیری شده در آب استخر مورد مطالعه

پارامتر	pH	نیتریت (میلی‌گرم بر لیتر)	نیترات (میلی‌گرم بر لیتر)	آمونیوم (میلی‌گرم بر لیتر)	کلر آزاد (میلی‌گرم بر لیتر)
قبل از تیمار	۷/۰۴	۰/۰۴۶	۰/۲۷۹	۰/۸۵	۰/۰۶
بعد از تیمار (میانگین)	۶/۹۸	۰/۰۳۵	۰/۳۰۴	۰/۶۸	۰/۹



شکل ۲- بررسی تعداد میکروارگانیسم‌های موجود در آب پیش از تیمار در بخش‌های مختلف مزرعه پرورش ماهی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان مورد مطالعه

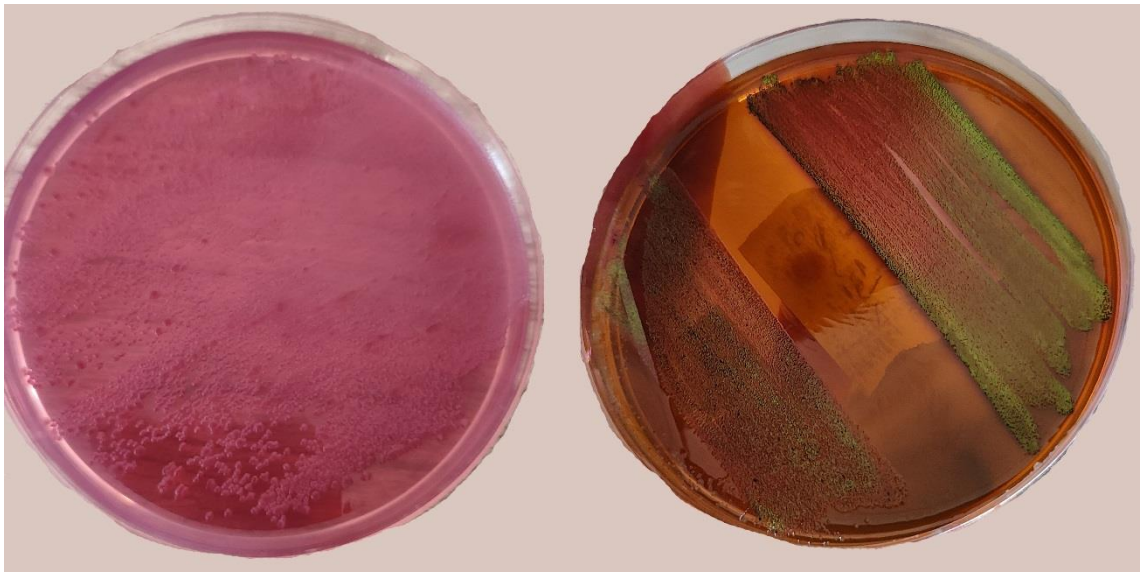
جهت آنالیز داده‌ها از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۴ استفاده شد. پس از محاسبه میانگین و انحراف معیار داده‌ها و تغییرات آنها، از آزمون آنالیز واریانس دوطرفه و تی (t-test) جهت تحلیل داده‌ها استفاده شد.

نتایج

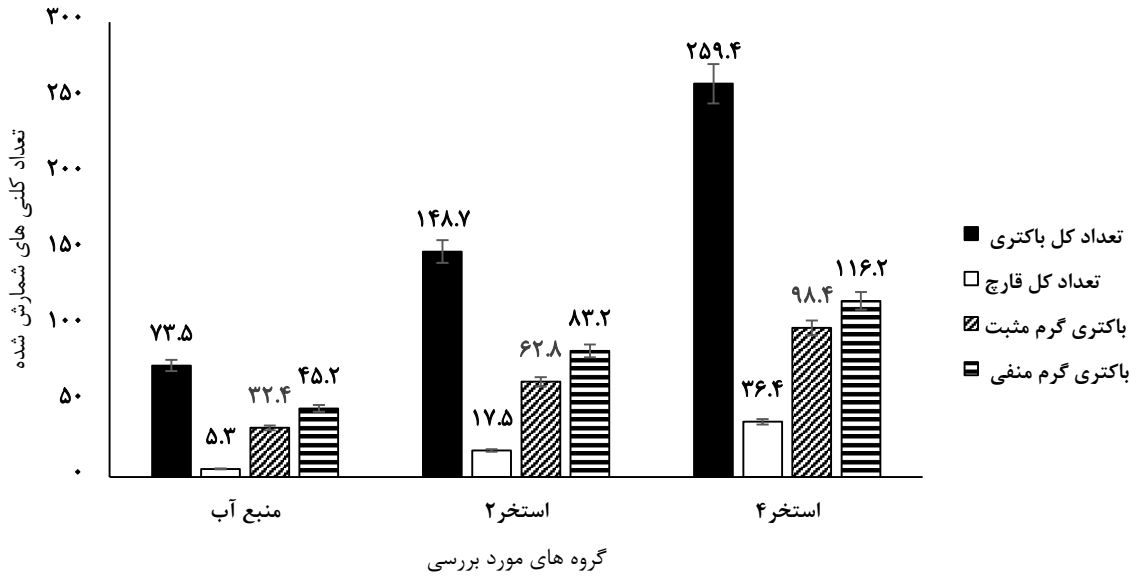
بررسی نتایج به‌دست آمده از این مطالعات نشان داد که آب استفاده شده در این استخر آلوده بود. در بررسی اولیه نمونه از آب چاه استخر شماره دو و استخر شماره ۴ تهیه شد. نتایج نشان داد کمترین و بیشترین تعداد باکتری‌ها متعلق به آب چاه و استخر شماره ۴ بود. نتایج در نمودار مربوط به شکل ۲ نشان داده شده است. در ادامه استخر شماره ۴ برای ادامه مطالعه و بررسی خاصیت ضد میکروبی محلول HOCL انتخاب گردید. همچنین در این مرحله کیفیت آب و میزان عناصر آب سنجیده شد که نتایج آن در جدول ۱ نشان داده شده است.

در ادامه از نمونه‌های مثبت برای شناسایی کلی فرم‌های مدفوعی و سودوموناس کشت افتراقی بر روی محیط‌های EMB و سیتریماید آگار کشت تهیه شد. نتایج نشان‌دهنده حضور کلی‌فرم‌های مدفوعی مانند *اشریشیاکلی*، *کلبسیلا* و *سودوموناس ائروژینوزا* در تمامی نمونه‌ها بود (شکل ۳). در ادامه تعداد باکتری‌های بر رویی محیط‌های EMB، Blood agar، TSA و SDA به‌ترتیب بعد از ۱، ۳ و ۵ روز بعد شمارش شدند. نتایج شمارش تعداد کل باکتری‌ها، باکتری‌های گرم مثبت، گرم منفی و قارچ‌ها در شکل ۴ نمایش داده شده است.

با توجه به نتایج حاصل از مرحله اول، استخر شماره ۴ به عنوان آلوده‌ترین استخر به‌عنوان هدف برای بررسی غلظت‌های مختلف محلول ضد میکروبی انتخاب شد. تیمار آب این استخر با غلظت‌های مختلف (۵۰، ۱۰۰ و۱۵۰ ppm) انتخاب شد. نتایج کشت ۵ لوله‌ای در استخر شماره ۴ نشان دهنده کاهش جمعیت باکتری‌ها تحت تأثیر غلظت‌های مختلف HOCL به‌صورت وابسته به غلظت و زمان بود. بدین‌صورت که با افزایش غلظت و افزایش مدت زمان تماس میزان حضور باکتری‌ها کاهش یافت. نتایج این بررسی در شکل ۵ نشان داده شده است.



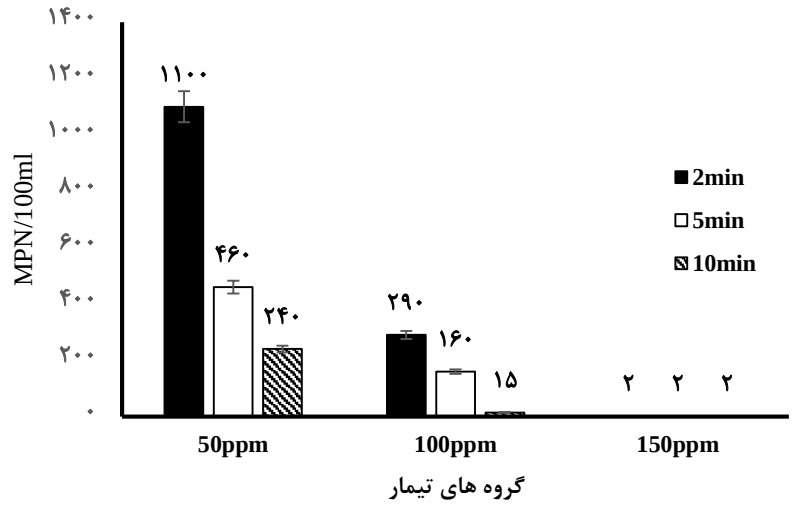
شکل ۳- کلنی‌های *اشریشیاکلی* و *کلبسیلا* روی محیط EMB



شکل ٤- تعداد میکروارگانیسم‌های شمارش شده در بخش‌های مورد بررسی مزرعه پرورش ماهی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان مورد مطالعه بر روی محیط‌های کشت

بررسی تأثیر ترکیب ضدمیکروبی روی باکتری‌های گرم مثبت و منفی و جمعیت قارچ‌ها: نتایج نشان داد که HOCL در غلظت ۵۰ppm باعث کاهش جمعیت باکتری ها در مدت زمان ۵ و ۱۰ دقیقه شد. بررسی در غلظت‌های بالاتر HOCL نشان داد که در غلظت ۱۰۰ppm در مدت زمان ۲ دقیقه باعث کاهش تعداد باکتری‌ها شد و در مدت زمان ۵ و ۱۰ دقیقه منجر به کاهش چشمگیر و نزدیک به صفر باکتری‌ها شد. در ادامه از غلظت ۱۵۰ppm استفاده شد که بررسی نتایج این مرحله نشان داد که این غلظت در مدت زمان ۲ دقیقه منجر به حذف جمعیت باکتری‌ها و قارچ‌ها در نمونه آب مورد بررسی گردید. نتایج در جدول ۲ نشان داده شد.

مشاهدات سلامت ماهیان در غلظت‌های مورد استفاده HOCL: بررسی رفتار و تلفات ماهیان در غلظت‌های مورد آزمایش HOCL نشان داد که در هیچ یک از تیمارهای حاوی این ماده با غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ ppm (قسمت در میلیون)، علائم استرس حاد در ماهیان مشاهده نشد و همچنین هیچ‌گونه تلفات مرتبط با تیمار در طول ۲۴ ساعت آزمایش ثبت نگردید. لازم به ذکر است که در آزمایش‌های اولیه با غلظت ۲۰۰ppm، تعدادی از ماهیان دچار خونریزی



شکل ۵- بررسی تعداد میکروارگانیسم‌های موجود در آب در غلظت‌های مختلف HOCL در استخر شماره ٤ مزرعه پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان مورد مطالعه

جدول ۲- تعداد میکروارگانیسم های شمارش شده در غلظت های مختلف محلول HOCL

گروه‌های تیمار (ppm)	زمان	تعداد کل باکتری	تعداد کل قارچ	*P*
۵۰	۲	۲۳۴/۲^{a}	۳۳/۲^{a}	<۰/۰۱
	۵	۱۸۷/۶^{b}	۲۴/۸^{b}	
	۱۰	۷۹/۴^{c}	۹/۷^{c}	
۱۰۰	۲	۹۱/۷^{a}	۱۳/۴^{a}	<۰/۰۱
	۵	۳۳/۴^{b}	۸/۲^{b}	
	۱۰	۷/۲^{c}	–	
۱۵۰	۲	–	–	
	۵	–	–	
	۱۰	–	–	

*حروف a, b, c نشان‌دهندهٔ تفاوت معنی‌دار آماری بین زمان‌ها در هر غلظت می‌باشد (حروف متفاوت= اختلاف معنی‌دار، $P<۰/۰۵$).

آبششی ناشی از هیپوکسی شدند که بلافاصله از تیمار خارج شدند و این غلظت در ادامه مطالعه مورد استفاده قرار نگرفت.

بحث و نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر در یک مزرعه پرورش ماهی قزل آلای رنگین به‌منظو بررسی کارایی و ایمنی محلول ضدعفونی‌کننده سنیتایزون مبتنی بر هیپوکلروس اسید (HOCL) در کاهش بار میکروبی آب استخرها صورت گرفت. براساس نتایج، در مرحله پیش تیمار، حتی منبع آب ورودی به مزرعه پروش ماهی مورد مطالعه، دارای آلودگی میکروبی قابل توجهی بوده است. این مسئله بر لزوم اجباری و پیشگیرانه استفاده از سیستم‌های ضدعفونی کننده آب در مزارع پرورش ماهی تأکید می نماید. بنابراین، استفاده از مواد ضدعفونی کننده مؤثر و کم خطر برای از بین بردن و یا غیرفعال کردن میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا ضروری می‌باشد (Kitancharoen *et al*., 1998). عملکرد یک ماده ضدعفونی کننده تابع پیچیده‌ای از چندین متغیر، مانند، نوع و مقدار ماده مورد نظر و همچنین نوع و غلظت میکروارگانیسم، زمان تماس، کیفیت آب و غیره می‌باشد (جوینده و همکاران، ۱۳۹۲). بنابراین در بسیاری از موارد بهترین کار برای انتخاب ماده ضدعفونی کننده مناسب، مطالعه آزمایشگاهی است. بهترین ضدعفونی کننده، ماده‌ای است که علیه عوامل بیماری‌زا بیشترین تأثیر را داشته باشد، همچنین فاقد اثرات سوء جانبی بوده و به‌راحتی بتوان آن را

تهیه کرد. ضدعفونی زمانی مؤثر است که ارگانیسم‌های موجود در تمام سطوح در معرض مواد ضدعفونی کننده مناسب با غلظت خاص و مدت زمان مشخص قرار گیرند (Taw, 2017). متداول‌ترین روش‌های ضدعفونی، فیزیکی یا شیمیایی هستند؛ ضدعفونی کننده‌های شیمیایی بسیار مفید هستند، اما از نظر اثربخشی در برابر ارگانیسم‌ها متفاوت هستند (رادخواه و ایگدری، ۱۴۰۱). برخی از انواع ضدعفونی کننده‌های شیمیایی مورد استفاده در آبزی‌پروری شامل؛ پرمنگنات پتاسیم، فنول‌ها، مالاشیت سبز، متیلن آبی، سورفکتانت‌ها، کلرید سدیم، هالوژن‌ها، آلدهیدها، کوزول، اوزون، گوگرد، آب اکسیژنه، قلیاها، ویرکن اس، فلزات سنگین، الکل‌ها، پراستیک اسید، آب الکترولیزشده اسیدی، نانونقره، نانوسید و اشعه فرابنفش می‌باشند که خود به دو دسته اصلی مفید و مضر تقسیم می‌شوند (Sudagar *et al*., 2017). ضدعفونی کننده‌های کلر در برابر بسیاری از باکتری‌ها، ویروس‌ها، انگل‌ها و قارچ‌های شایع مؤثر هستند. تعدادی از محصولات تجاری مختلف توسط آژانس حفاظت از محیط‌زیست برای استفاده در آبزی‌پروری ثبت شده است؛ از آنجا که بیشترین فعالیت این نوع ضدعفونی کننده‌ها به ترکیب HOCL نسبت داده می‌شود، اثربخشی آنها به میزان pH بستگی دارد (رادخواه و ایگدری، ۱۴۰۱). هیپوکلروس اسید (HOCL) یک ترکیب طبیعی با خاصیت ضد میکروبی قوی و سمیت پایین است که در سال‌های اخیر توجه بسیاری را در صنایع پزشکی، دامپروری و آبزی‌پروری به خود جلب کرده است و در غلظت‌های پایین اثر میکروب‌کشی دارد (Sudagar *et al*., 2017).

نتایج این مطالعه به‌وضوح نشان می‌دهد که محلول ضدعفونی کننده سنیتایزون مبتنی بر HOCL تولیدی شرکت ایرانی گوهرشفا یک ضدعفونی‌کننده فوق‌العاده سریع و کارآمد در کاهش بار میکروبی آب استخرهای پرورش ماهی قزل‌آلا، ضمن حفظ سلامت ماهیان است. ارزیابی اولیه کیفیت میکروبیولوژیک آب مزرعه مورد مطالعه، آلودگی قابل توجهی را آشکار کرد. استخر شماره ۴ به‌عنوان آلوده‌ترین نقطه، با حضور شاخص‌های نگران‌کننده‌ای مانند کلی‌فرم‌های مدفوعی (*اشریشیا کلی* و *کلبسیلا*) و *سودوموناس آئروژینوزا* شناسایی و برای مداخله ضدعفونی انتخاب شد. این یافته‌ها اهمیت چالش آلودگی باکتریایی در محیط‌های پرورش ماهی و ضرورت مدیریت مؤثر آن را برجسته می‌سازد. استفاده از محلول ضدعفونی کننده سنیتایزون مبتنی بر HOCL در غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ ppm تأثیر قابل‌توجهی در کاهش جمعیت میکروارگانیسم‌ها داشت. اثربخشی این ترکیب وابسته به غلظت و زمان بود؛ به‌طوری که با افزایش هر دو پارامتر، کاهش بار میکروبی تشدید شد. جالب توجه اینکه، غلظت ۱۵۰ ppm قادر بود جمعیت باکتری‌ها و قارچ‌های قابل کشت را تنها در مدت ۲ دقیقه به‌طور کامل حذف کند. این نتیجه، پتانسیل بالای سنیتایزون را به‌عنوان یک ضدعفونی‌کننده سریع‌الاثر در سیستم‌های آبی تصدیق می‌نماید. مکانیسم عمل احتمالی این ترکیب، آسیب اکسیداتیو غیرانتخابی به اجزای حیاتی سلول‌های میکروبی از طریق گونه‌های فعال اکسیژن است که منجر به اختلال در عملکرد غشا، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک می‌شود (Wang *et al*., 2007). مشاهدات ارزیابی ایمنی ماهیان نشان داد که در محدوده غلظت‌های موثر ضد میکروبی (۵۰–۱۵۰ ppm)، ماهیان هیچ نشانه‌ای از استرس حاد یا تلفات از خود بروز ندادند. این موضوع محدوده درمانی ایمن برای استفاده از محلول سنیتایزون را مشخص می‌کند. با این حال، مشاهده علائم هیپوکسی و خونریزی آبششی در غلظت آزمایشی ۲۰۰ ppm، بر اهمیت رعایت دقت در تعیین دوز و پایش شرایط محیطی تأکید دارد. این عوارض احتمالاً ناشی از اثرات اکسیداتیو بیش از حد یا تغییر در کیفیت فیزیکوشیمیایی آب در غلظت‌های بسیار بالا است (Lushchak, 2011). براساس نتایج شیمیایی آب (جدول ۱)، پس از تیمار با HOCl، کاهش در میزان آمونیوم و نیتریت نشان‌دهنده اثر مثبت این ترکیب در کاهش مواد سمی نیتروژنی است. در عین حال، افزایش جزئی نیترات احتمالاً حاکی از اکسیداسیون بخشی از نیتریت به فرم کمتر سمی نیترات تحت تأثیر خاصیت اکسیدکنندگی HOCL است (Mook, 2012). همزمان، افزایش قابل توجه کلر آزاد باقیمانده، اثربخشی تیمار در ضدعفونی را تأیید می‌کند، در حالی‌که ثبات نسبی pH نشان می‌دهد این تیمار پایداری اسید–بازی محیط آبی را برهم نزده است. در مجموع، این پروفایل نشان می‌دهد HOCL نه تنها یک ضدعفونی‌کننده مؤثر است، بلکه می‌تواند با کاهش غلظت ترکیبات نیتروژنی سمی، به بهبود کیفیت محیط پرورش کمک کند.

در مقایسه با ضدعفونی‌کننده‌های متداول مانند فرمالین

یا ترکیبات ید، که ممکن است با سمیت باقیمانده، مقاومت میکروبی یا خطر برای کاربر همراه باشند، محلول سنیتایزون مبتنی بر HOCL به‌دلیل ماهیت تجزیه‌پذیر و محصولات جانبی کمتر (عمدتاً آب و نمک)، گزینه‌ای سازگارتر با محیط‌زیست و ایمن‌تر به‌نظر می‌رسد. نتایج این تحقیق همسو با مطالعات قبلی است که کارایی HOCL را علیه طیف وسیعی از پاتوژن‌های آبزی تأیید کرده‌اند (Chung *et al*., 2024; Blasco *et al*., 2025). همان‌طور که قبلاً اشاره شد، مطالعات صورت گرفته در زمینه استفاده از ضدعفونی کننده‌های مبتنی بر HOCL در صنعت آبزی پروری، غالباً بر روی ماهیان دریایی بوده که نشان از کاهش قابل توجه جمعیت باکتریایی و کنترل رشد میکروبی داشته (Chung *et al*., 2024; Blasco *et al*., 2025) و با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد. همچنین استفاده از این دسته ضدعفونی کننده‌های مبتنی بر HOCL در صنایع غیر از آبزی‌پروری به‌ویژه در سازمان‌های بهداشتی و درمانی نشان از کاهش چشمگیر بار میکروبی دارد (Shin *et al*., 2013; Dhaliwal *et al*., 2018; Boecker *et al*., 2021). در مطالعه دیگری که از محلول ضدعفونی کننده سنیتایزون مبتنی بر HOCL تولیدی شرکت ایرانی گوهرشفا در بخش مراقبت‌های ویژه بیمارستان مورد استفاده قرار گرفت، محلول سنیتایزون موفق به کاهش و حذف بیشتر باکتری‌های گرم منفی و قارچ‌ها در مقایسه با دیگر ضدعفونی کننده‌ها شد (Sabzali *et al*., 2024) که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد. بنابراین، یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که محلول سنیتایزون در غلظت ۱۵۰ ppm می‌تواند به‌عنوان یک ضدعفونی‌کننده سریع، مؤثر و ایمن برای کنترل بار میکروبی در آب استخرهای پرورش ماهی قزل‌آلا به‌کار رود. تأثیر وابسته به غلظت و زمان آن، امکان تنظیم دستورالعمل‌های درمانی انعطاف‌پذیر را فراهم می‌آورد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از حمایت مالی شرکت تولیدی تجهیزات پزشکی و ملزومات دارویی گوهر شفا و دانشگاه لرستان، همچنین از همکاری و مساعدت جناب آقای علی حسنوند و کارگران محترم مزرعه پرورش ماهی ایشان، قدردانی به‌عمل می‌آید.

منابع

جوینده ف.، صادق پور ع.، خارا ح.، ذبیح اله پژند ذ. ۱۳۹۲. تعیین LC50 و ارزیابی اثرات ضد عفونی کنندگی پرمنگنات پتاسیم بر بار میکروبی پوست و بافت‌شناسی آبشش بچه ماهی کپورعلفخوار. *مجله پلاسما و نشانگرهای زیستی* ۷ (۱)، ۴۸-۴۱.

رادخواه ع.، ایگدری س. ۱۴۰۱. مروری بر امنیت زیستی در سیستم های آبزی پروری به عنوان یکی از الزامات توسعه پایدار. *مجله امنیت زیستی* ۱۵(۲)، ۱۱۸-۹۷.

عالی نژادیان ا.، محمدی ج.، کریمی ا.، نیکوخواه ف. ۱۳۹۲. تاثیر آبیاری با پساب شهری بر تجمع باکتریهای شاخص آلودگی و برخی فلزات سنگین در خاک و گیاه. *مجله پژوهشهای سلولی و مولکولی (مجله زیست‌شناسی ایران)* ۲۶(۴)، ۵۲۳-۵۰۸.

Ashley P.J. 2007. Fish welfare: Current issues in aquaculture. *Applied Animal Behaviour Science* 104(3-4), 199-235.

Block M.S., Rowan B.G. 2020. Hypochlorous Acid: A Review. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery: Official Journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons* 78(9), 1461-1466.

Boecker D., Breves R., Zhang Z., Bulitta C. 2021. Antimicrobial activity in the gasphase with hypochloric acid. *Current Directions in Biomedical Engineering* 7(2), 511-514.

Chung W.H., Chaklader M.R., Howieson J. 2024. Efficacy Evaluation of Chlorine Dioxide and Hypochlorous Acid as Sanitisers on Quality and Shelf Life of Atlantic salmon (*Salmo salar*) Fillets. *Foods* 13, 3156.

Duman M., Altun S., Satici̇oglu I.B., Romalde J.L. 2025. A review of bacterial disease outbreaks in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reported from 2010 to 2022. *Journal of Fish Diseases* 48(9), e13886.

Fair G.M., Morris J.C., Lu Chang S., Weil I., Burden R.P. 1948. The behavior of chlorine as a water disinfectant. *Journal of American Water Works Association* 40(10), 1051-1061.

FAO. 2022. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. Food

and Agriculture Organization of the United Nations.

Kettle A., Winterbourn C. 1997. Myeloperoxidase: a key regulator of neutrophil oxidant production. *Redox Report* 3(1), 3-15.

Kitancharoen N., Yamato A., Hatia K. 1998. Effect of sodium chloride hydrogen peroxide and malachite green on fungal infection in rain bow trout eggs. *Bio Control Science* 3(2), 113-115.

Lushchak V.I. 2011. Environmentally induced oxidative stress in aquatic animals. *Aquatic Toxicology* 101(1), 13-30.

Reverter M., Sarter S., Caruso D., Avarre J.C., Combe M., Pepey E., Pouyaud L., Vega-Heredía S., De Verdal H., Gozlan R.E., 2020. Aquaculture at the crossroads of global warming and antimicrobial resistance. *Nature Communications* 11(1), p.1870.

Sabzali S, Shahzamani K, Hasani H, Birjandi M. 2024. Assessing the reduction of microbial load in the intensive care unit of hospitals using Sanitizon solution. *Yafte* 26(2), 57-70.

Shin S.P., Kim M.S., Cho S.H., Kim J.H., Choresca J.r., Han J.E., Jun J.W., Se Chang P. 2013. Antimicrobial effect of hypochlorous acid on pathogenic microorganisms. *Journal of Preventive Veterinary Medicine* 37(1): 49-52.

Sudagar M., Zakariaee H., Amirbaik A. 2017. The role of disinfectants in ornamental fish culture. *Journal of Conservation and Utilization of Natural Resources* 6(1).

Taw N. 2017. Biosecurity in aquaculture systems with special emphasis on shrimp farming. *Journal of Fisheries and Livestock Production* 5(2), 25-37.

Dhaliwal V., Robins L., Contreras L., Terry D., Williams J. 2018. Antimicrobial efficacy of highly micronized aerosols of pure, stable HOCL for decontamination of environmental surfaces. *International Journal of Infectious Diseases* 73, 3-398.

Wang L., Bassiri M., Najafi R., Najafi K., Yang J., Khosrovi B., Hwong W., Barati E., Belisle B., Celeri C., Robson M. C. 2007. Hypochlorous acid as a potential wound care agent: part I. Stabilized hypochlorous acid: a component of the inorganic armamentarium of innate immunity. *Journal of Burns and Wounds* 6, e5.

Journal of Aquaculture Sciences Vol. 13, No 25, 100-109
Print ISSN: 2322-5351
www.aquaculturesciences.ir

The efficacy of HOCL-based solution (Sanitizon) against microbial load in Rainbow trout farms

Golnaz Sayyadzadeh*, Somaieh Sabzali

Department of Biology, Faculty of Sciences, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

*Corresponding author: sayadzadeh.g@lu.ac.ir
Received: 28.Jan.2026 **Accepted: 20.Mar.2026**

Abstract
Simultaneous control of pathogenic bacteria and fungi in aquaculture is a major challenge. This study investigated the antimicrobial effects of hypochlorous acid (HOCl) disinfectant on bacterial and fungal populations in water and evaluated its safety for fish. The experiment was conducted on a rainbow trout farm. The treatments were applied at three concentrations (50, 100, and 150 ppm) of HOCl solution. Water samples were collected before and 2, 5, and 10 min after treatment, and the total number of viable bacteria and fungi was calculated. Fish behavior and mortality were monitored for 24 hours. HOCl concentrations of 50 and 100 ppm led to a decrease in the number of bacteria and fungi over a period of 2, 5 and 10 minutes. At these two concentrations, a significant reduction in bacteria population was observed but complete removal was not performed. These reductions were significant at each studied time and dilution compared to the previous time and dilution. Concentration of 150 ppm at all times was a severe decrease and nearly zero of the number of fungal and bacterial colonies identified from the studied water. The results of this study indicate that a commercially available sanitizon solution can be a rapid and effective broad-spectrum disinfectant against bacteria and fungi in fish pond water. This substance has low toxicity to fish, making it a safe and practical option for use in aquaculture.

Keywords: Hypochlorous acid, Aquaculture, Fish health, Disinfection, Sanitizon