

بررسی اثر فرآیند کلرزنی بر پارامترهای فیزیکوشیمیایی و MPN باکتریایی پساب آبزی پروری

سارا کبیر^۱، کامران رضایی توابع*^۲، امیررضا عابد علم دوست^۲، رضا حاجی سید محمد شیرازی^۱، مریم یاور^۱

^۱ گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

^۲ گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.

*نویسنده مسئول: krtavabe@ut.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۱/۱۲

تاریخ دریافت: ۹۷/۷/۱۱

چکیده

با توجه به توسعه سیستم‌های متراکم آبزی پروری که با افزایش اثرات زیست محیطی همراه است و نیز استفاده از ترکیبات کلر به دلیل در دسترس بودن، راندمان و هزینه‌های نسبتاً پایین، تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر فرآیند کلرزنی بر میزان پارامترهای فیزیکوشیمیایی پساب آبزی پروری شامل نیترات، فسفات، TDS، TOC، ORP، BOD، COD، pH، EC و MPN باکتریایی انجام گرفت. برای انجام این تحقیق ۲۰۰ لیتر پساب ماهی قزل‌آلای رنگین کمان از پایین‌ترین بخش خروجی پساب از مرکز ماهی سرای کرج واقع در بخش بیلقان شهر کرج تهیه و به آزمایشگاه شیخ بهایی واقع در واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی منتقل گردید. پساب در یک گروه شاهد و ۴ تیمار با سطوح مختلف شامل ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میلی گرم بر لیتر کلر مایع (هیپوکلریت سدیم) با ۳ تکرار در ظروف ۵ لیتری به مدت ۲۴ ساعت به کمک لرزاننده طراحی گردید. بعد از طی این زمان از هر ظرف به میزان ۱۰۰ میلی لیتر نمونه برداشته شد و آنالیز شاخص‌های کیفی انجام گردید. براساس نتایج، با افزایش کلر پارامترهای BOD، COD، TDS، EC، نیترات و MPN باکتریایی کاهش یافتند که بیشترین تفاوت معنی‌داری ($P \leq 0.05$) با گروه شاهد را تیمار سوم در TDS و تیمار چهارم در سایر پارامترها نشان داد. همچنین میزان ORP با افزایش میزان کلر افزایش یافت، اما افزایش سطح کلر تأثیر معنی‌داری بر شاخص‌های pH و فسفات نشان نداد. نتایج نشان داد که با افزایش میزان کلر، شاخص‌های کیفی و زیستی آب و فاضلاب تا حد استانداردهای زیست محیطی بهبود می‌یابند. براساس نتایج، تیمار چهارم با غلظت ۴۰ میلی گرم بر لیتر بهترین عملکرد در بهبود شاخص‌های فیزیکوشیمیایی فاضلاب و شاخص‌های BOD، COD و TOC بیشترین واکنش را در این تحقیق را نشان دادند.

واژگان کلیدی: کلرزنی، پساب آبزی پروری، ماهیان سردابی، پارامترهای فیزیکوشیمیایی، MPN باکتریایی.

مقدمه

صنعت، پرورش آبزیان و غیره ضروری است. در سال‌های اخیر توسعه پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان از شتاب و روند رو به رشدی در کشور برخوردار بوده است و تقاضا برای احداث مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در نقاط مختلف کشور همچنان رو به افزایش است. از طرفی نیز منابع آب برای تولید ماهی قزل‌آلای رنگین کمان محدود بوده و با توجه به روند رو به رشد تقاضای پرورش، منابع آب موجود برای این امر کفایت نمی‌کند. استفاده مجدد از فاضلاب از جمله راه‌حلهایی برای حفظ تولید و توسعه پایدار می‌باشد که با شناسایی مواد و بار مواد آلاینده در فاضلاب می‌توان اقدام به حذف یا کاهش

کاهش سطح آب‌های زیرزمینی با توجه به کاهش بارندگی و افزایش روز افزون جمعیت و استفاده بیش از حد از این منابع، بشر را مجبور به استفاده از منابع دیگر نموده است. امروزه بسیاری از جوامع در جهان با محدودیت‌های تأمین نیازهای آبی مواجه هستند. از این رو بازچرخانی و استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده به‌عنوان یک گزینه مناسب در مدیریت صحیح منابع آبی مطرح است. در برنامه‌ریزی استفاده مجدد و بازچرخانی فاضلاب، دستیابی به استانداردهای کیفی آب جهت به‌کارگیری دوباره در هر یک از بخش‌های کشاورزی، تغذیه آب‌های زیرزمینی،

دیگر آبیان می‌باشد (Rosenthal, 1997; Esmaeili Sari, 2000). از جمله مهم‌ترین ترکیبات آلاینده پساب مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان که اثرات مخرب بر بوم‌سازگان رودخانه‌ها دارد، می‌توان به مواد مغذی، مواد جامد معلق، عوامل بیماریزا و متابولیت‌های شیمیایی اشاره نمود (Philips *et al.*, 1985).

ضدعفونی مهم‌ترین و معمول‌ترین فرآیند تصفیه آب است که با هدف حذف باکتری‌ها، ویروس‌ها و انگل‌ها انجام می‌شود. در ضدعفونی آب عوامل متعدد فیزیکی و یا شیمیایی می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند که هر یک دارای مزایا و معایب خاص خود هستند. در میان مواد ضدعفونی کننده شیمیایی، کلر و ترکیبات کلر سال‌هاست که به دلایل اقتصادی، سهولت کاربرد و قدرت تأثیر بالا به‌واسطه توانایی حذف کامل عوامل پاتوژن موجود در آب، به‌عنوان گزینه منتخب در بیشتر تصفیه‌خانه‌های آب جهان از جمله ایران، مورد استفاده قرار می‌گیرد (Fooladvand *et al.*, 2011; Perez pavon *et al.*, 2008). کلر به‌عنوان یک اکسیدکننده نسبت به سایر مواد ضدعفونی کننده کاربرد بیشتری دارد، زیرا از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است، دسترسی، ساخت و کاربرد آن آسان است، در آب از خود باقیمانده برجای می‌گذارد و میزان آن را به‌طور مداوم می‌توان کنترل کرد. کلر و ترکیبات آن در غلظت به کار رفته برای عوامل میکروبی بیماری‌زای آب، دارای سمیت زیادی است؛ ولی در این غلظت برای انسان سمی نیست. غلظت بالای کلر نیز مشکلات زیادی را برای مصرف کننده در پی دارد؛ بنابراین کلرزی صحیح آب از اهمیت به‌سزایی برخوردار است (Clark and Burton *et al.*, 2003). کلر را می‌توان به‌صورت گاز کلر (Cl_2) و یا به‌صورت ترکیب هیپوکلریت کلسیم $Ca(OCl)_2$ و یا هیپوکلریت سدیم NaOCl در ضدعفونی آب به کار برد (شریعت پناهی، ۱۳۷۸). مقدار حداکثر مجاز و مطلوب گندزدای کلر ۵ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد (موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، تجدید نظر پنجم). باتوجه به توسعه متراکم آبی‌پروری که با افزایش اثرات زیست محیطی همراه است و نیز استفاده از ترکیبات کلر به دلیل در دسترس بودن، راندمان و هزینه‌های نسبتاً

غلظت آن و سپس استفاده مجدد نمود (Babaei *et al.*, 2016).

در حال حاضر حدود نیمی از آبیان تولیدی در جهان حاصل فعالیت‌های آبی‌پروری هستند (FAO, 2012). آبی‌پروری صرفاً دارای مزایای تولید غذا برای انسان نبوده (Smith *et al.*, 2010) و آثار سو پیشرفت صنعت آبی‌پروری می‌تواند منجر به آلودگی و ساپروبی منابع آبی شود. امروزه آلودگی آب از تخلیه فاضلاب مزارع پرورش آبیان به منابع آبی در جهان به یک نگرانی جدی تبدیل شده است (Boyd, 2003). توجه به مزایای آبی‌پروری مانند تولیدات گسترده مواد غذایی و منافع اقتصادی باعث شده است تا جوامع علمی به دنبال استراتژی‌هایی متنوع جهت کاهش اثرات منفی آن نیز باشند (Porchas and Martinez-Cordavo, 2012). براساس پیش‌بینی‌های سازمان فائو آبی‌پروری در آینده نقش بیشتری در تأمین غذا، درآمد، اشتغال، ارزآوری و توسعه پایدار روستایی در بیشتر کشورها ایفا خواهد کرد (FAO, 2012). یکی از راه‌های انتخابی برای تأمین نیازهای غذایی و به‌ویژه پروتئینی، پرورش ماهی از جمله ماهیان سردابی نظیر قزل‌آلا با روش‌های مختلف است. در این روند توسعه، توجه به فاضلاب آبی‌پروری و فاکتورهای آن و چگونگی کاهش و حذف مواد خطرناک حائز اهمیت زیادی است (Allahyari *et al.*, 2014). از آنجایی که آبی‌پروری مستلزم استفاده از مواد ضدعفونی کننده، مصرف مواد خوراکی و دفع فضولات است، فاضلاب این مراکز سبب کاهش کیفیت آب‌ها می‌گردد. بنابراین، لازم است کیفیت آب رودخانه‌هایی که آب آن‌ها برای پرورش ماهی استفاده می‌شود، مورد پایش دائم قرار گیرد زیرا فاضلاب کارگاه‌های پرورش ماهی که بدون تصفیه وارد رودخانه‌ها می‌شوند، باعث افت شدید کیفیت آب و یوتروفی رودخانه‌ها می‌گردد (Babaei *et al.*, 2016). مقادیر زیادی از ضایعات آلوده‌کننده نظیر غذاهای خورده نشده و مدفوع در فرایند پرورش تولید می‌شود (Davidson, 2004; Lekang, 2008). فعالیت‌های آبی‌پروری با برخی اثرات زیست محیطی همراه است که برخی از آن‌ها شامل یوتروفی آب، آلودگی محیط به داروها و ضدعفونی کننده‌ها و آسیب به جمعیت ماهیان و

BOD توسط دستگاه BOD متر دیجیتال شرکت Hana کشور رومانی مدل HI98193 انجام شد. برای اندازه‌گیری فسفات و نیترات از دستگاه اسپکتروفتومتری مدل DR-5000 ساخت شرکت HACH آمریکا و کیت فسفات (Cat:21060-69) و کیت نیترات (Cat:21061-69) تولید شرکت HACH استفاده شد. اندازه‌گیری ORP نیز توسط دستگاه ORP متر HACH مدل HQ40 ساخت کشور آمریکا و اندازه‌گیری فاکتور TOC توسط دستگاه TOC متر مدل SGE ANATOC کشور ژاپن انجام شد و در آخر برای اندازه‌گیری MPN باکتریایی از انکوباتور و روش رنگ آمیزی گرم استفاده شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها: قبل از انجام آنالیز واریانس، نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون Shapiro-Wilk بررسی شد. برای آنالیز داده‌ها آنالیز تجزیه واریانس یک طرفه (One-Way ANOVA) مورد استفاده قرار گرفت. مقایسه میانگین تیمارهای مختلف (با سطح معنی‌داری $P < 0.05$) با آزمون دانکن و با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹ انجام شد.

نتایج

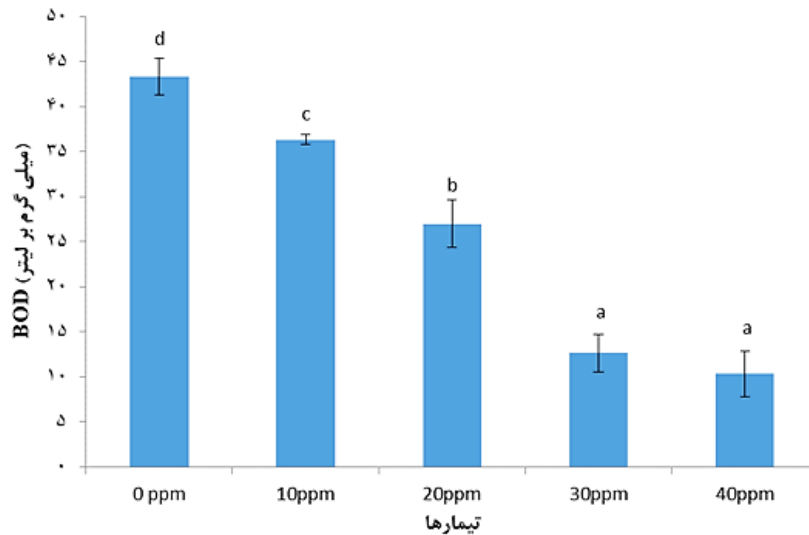
نتایج آنالیز پارامترهای فیزیکوشیمیایی پساب آبی-پروری شامل BOD، COD و TOC در شکل‌های ۱ تا ۳ آورده شده است. نتایج نشان داد که تیمار شاهد از نظر سطوح این سه پارامتر با تیمارهای دیگر اختلاف معنی‌داری داشتند. در مجموع در تیمارهای تحقیق با افزایش سطح کلرزی، مقادیر پارامترهای فوق به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، در حالی که در شکل‌های ۱ و ۳ بین تیمارهای سوم و چهارم و در شکل ۲ بین تیمارهای دوم و سوم اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید ($P > 0.05$). بیشترین مقادیر این پارامترها برای گروه شاهد و کمترین مقادیر آن برای شاخص‌های BOD و COD برای تیمار ۴ (۴۰ میلی-گرم بر لیتر هیپوکلریت سدیم) و برای پارامتر TOC تیمار ۳ (۳۰ میلی-گرم بر لیتر هیپوکلریت سدیم) بود.

پایین، تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر فرآیند کلرزی بر میزان پارامترهای فیزیکوشیمیایی پساب آبی‌پروری شامل پارامترهای نیترات، فسفات، EC، pH، COD، BOD، ORP، TOC، TDS و MPN باکتریایی انجام گرفت.

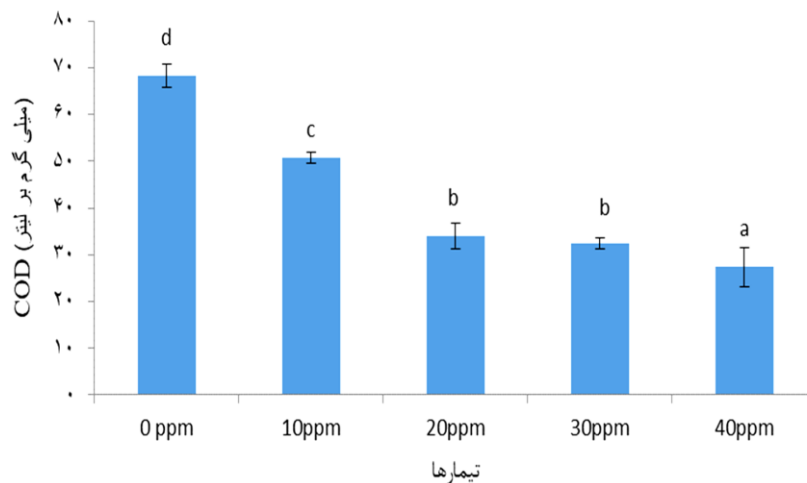
مواد و روش‌ها

تهیه پساب آبی‌پروری و طراحی آزمایش: در این مطالعه ۲۰۰ لیتر پساب مرکز پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان از پایین‌ترین بخش خروجی پساب از مرکز ماهی سرای کرج واقع در بخش بیلقان شهر کرج تهیه شد و به آزمایشگاه شیخ بهایی واقع در واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی منتقل گردید. سپس پساب خام آبی‌پروری به ۱۵ عدد مخزن ۵ لیتری انتقال یافت. یک گروه شاهد (بدون کلرزی) و ۴ تیمار با سطوح ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر کلر مایع (هیپو کلریت سدیم) به ترتیب تیمار اول تا چهارم هر کدام با ۳ تکرار به وسیله سمپلر در نظر گرفته شد. پساب در هر یک از مخازن به مدت ۲۴ ساعت با هیپوکلریت سدیم جهت کلرزی به‌وسیله لرزاننده مخلوط گردید و روی هر ظرف پوشیده شد. بلافاصله بعد از طی این زمان از هر ظرف به میزان ۱۰۰ میلی لیتر نمونه برداشت و آنالیز فیزیکوشیمیایی کیفی پساب انجام شد.

اندازه‌گیری فاکتورهای فیزیکوشیمیایی پساب: شاخص‌های فیزیکوشیمیایی پساب آبی‌پروری قبل از کلرزی اندازه‌گیری و سپس بعد از ۲۴ ساعت کلرزی در دمای ثابت نیز پارامترهای مذکور اندازه‌گیری شدند. در این مطالعه سنجش پارامترهای فیزیکوشیمیایی از قبیل نیترات، فسفات، TDS (کل مواد جامد محلول)، TOC (کل کربن آلی)، ORP (پتانسیل کاهش اکسیداسیون)، BOD (اکسیژن مورد نیاز زیستی)، COD (اکسیژن مورد نیاز شیمیایی)، pH، EC (هدایت الکتریکی) و MPN باکتریایی (باکتری‌های گروه کلی‌فرم) طبق دستورالعمل‌های استاندارد انجام گردید. برای اندازه‌گیری pH، EC و TDS از دستگاه کنداکتومتر Metrohm مدل ۷۴۴ استفاده شد. اندازه‌گیری



شکل ۱ - تغییرات (میانگین \pm sd) BOD (ppm) در فاضلاب آبی‌پروری در سطوح مختلف کلرزنی. (حروف لاتین غیر مشابه اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد را نشان می‌دهد)



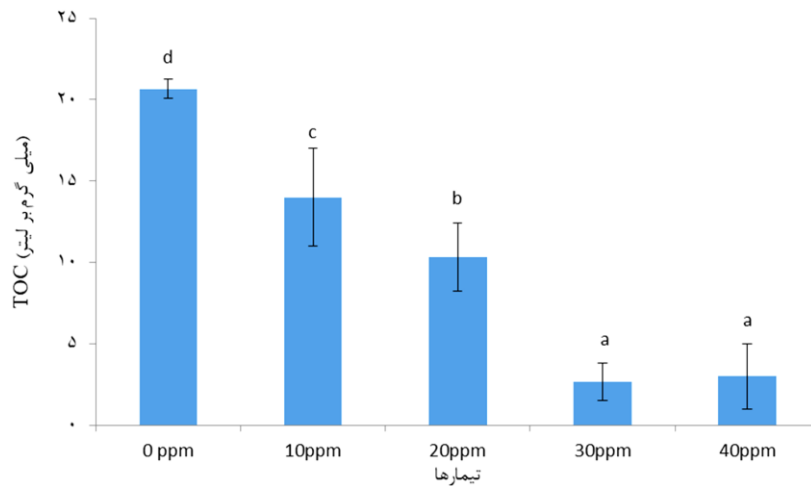
شکل ۲ - تغییرات (میانگین \pm sd) COD (ppm) در فاضلاب آبی‌پروری در سطوح مختلف کلرزنی. (حروف لاتین غیر مشابه اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد را نشان می‌دهد)

جدول ۱ - میانگین میزان رسانایی الکتریکی (EC)، کل جامدات محلول (TDS)، فسفات (PO_4)، نیترات (NO_3)، pH و MPN باکتریایی فاضلاب آبی‌پروری در سطوح مختلف کلرزنی.

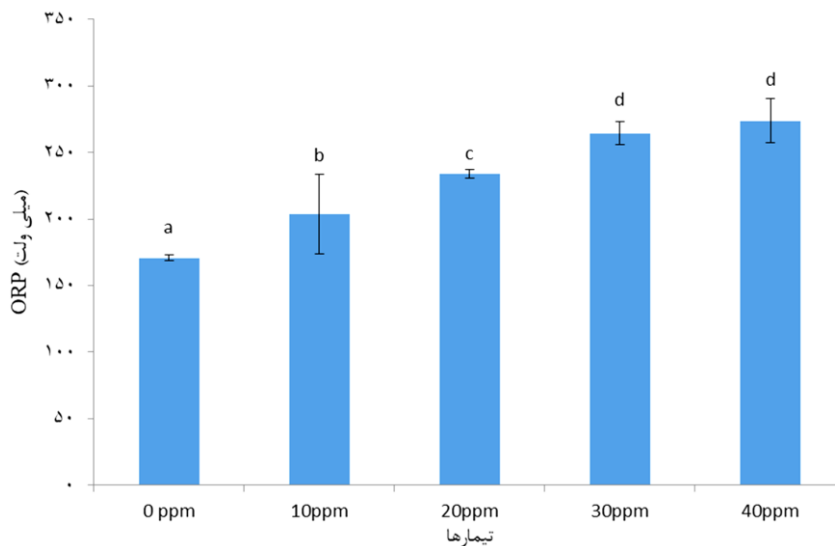
پارامترها	تیمار شاهد	تیمار ۱۰ppm	تیمار ۲۰ppm	تیمار ۳۰ppm	تیمار ۴۰ppm
EC	۵۳۷/۳۳±۱۸/۶۱ ^d	۴۷۱/۳۳±۱۲/۵۰ ^c	۳۸۶/۶۶±۲۴/۸۲ ^b	۳۴۸±۳۱ ^b	۲۷۰/۳۳±۲۴/۶۸ ^a
TDS	۲۶۰±۷ ^d	۲۶۶/۶۶±۶/۰۲ ^c	۱۸۶±۱۲/۱۲ ^b	۱۶۷/۳۳±۱۴/۷۴ ^b	۱۳۰±۱۱/۷۸ ^a
PO_4	۲/۴۶۶±۰/۷۲۳ ^{ab}	۲/۵۳۳±۰/۲۳۰ ^a	۲/۹۳۳±۰/۲۰۸ ^b	۲/۰۶۶±۰/۳۷۸ ^a	۲/۱۰۰±۰/۱۷۳ ^a
NO_3	۲۳±۲/۶۴ ^c	۱۸/۶۶±۴/۷۲ ^b	۱۸±۳/۶۰ ^b	۱۲/۳۳±۲/۵۱ ^a	۱۰/۳۳±۳/۲۱ ^a
PH	۷/۹۰۳±۰/۱۱۵ ^a	۸/۴۲۶±۰/۱۰۰ ^b	۸/۵۰۰±۰/۵۰ ^b	۸/۴۲۶±۰/۰۶۴ ^b	۸/۵۶۰±۰/۵۵۶ ^b
MPN باکتریایی	۲۵±۳ ^d	۱۵/۳۳±۱/۱۵ ^c	۶/۳۳±۰/۵۷ ^b	۱/۳۳±۱/۱۵ ^a	۰/۶۶۶±۰/۵۷۷ ^a

همچنین نتایج آنالیز رسانایی الکتریکی (EC)، کل جامدات محلول (TDS)، فسفات (PO_4)، نیترات (NO_3)، pH و MPN باکتریایی در جدول ۱ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش سطح

با توجه به نتایج، شکل ۴ در تیمارهای تحقیق با افزایش سطح کلرزنی، میزان شاخص ORP نیز به طور معنی‌داری افزایش یافت؛ اگرچه بین تیمارهای سوم و چهارم اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید.



شکل ۳ - تغییرات (میانگین)



شکل ۴ - تغییرات (میانگین)

بحث

یکی از مؤثرترین روش‌های مورد استفاده برای معدنی کردن مواد آلی آب و تصفیه فاضلاب استفاده از مواد شیمیایی با قدرت اکسیداسیونی بالا می‌باشد. در مورد استفاده از این مواد اکسیدکننده، سطح استفاده از آنها بایستی در حدی باشد که با تأثیرگذاری بر شرایط کیفی فاضلاب، خود ایجاد آلودگی نکرده و بر موجودات آبی اثرات استرسی و منفی نداشته باشند (Zhan, 2008). زیرا آلودگی منابع آبی از طریق تخلیه پساب مزارع پرورش ماهی مهمترین نگرانی در صنعت آبی‌پروری به‌شمار می‌رود (Boyd, 2003). فعالیت‌های آبی‌پروری با برخی تأثیرات زیست

کلرزی مقادیر پارامترهای pH و فسفات اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای تحقیق ندارند. اما در مورد سایر پارامترها نظیر EC، TDS، نیترات و MPN باکتریایی گروه شاهد اختلاف معنی‌داری با تیمار دیگر نشان داد. هرچند در پارامترهای EC و TDS تیمارهای ۲ و ۳، در پارامترهای نیترات و MPN باکتریایی تیمارهای ۳ و ۴ تفاوت معنی‌داری نشان ندادند. همانطور که در جدول ۱ نشان داده شده است، بیشترین مقادیر این فاکتورها برای گروه شاهد و کمترین مقادیر پارامترهای EC، TDS، NO₃ و MPN باکتریایی برای تیمار چهارم و پارامترهای pH و PO₄ برای تیمار سوم می‌باشد.

آبی، تخریب تجهیزات و ادوات در سیستم های مدار بسته و برخی بیماری‌های محیطی در آبزیان اشاره کرد (Chen *et al.*, 1993). طبق نتایج، با افزایش سطح کلرزی مقدار MPN باکتریایی همانند BOD و COD با اختلاف معنی‌داری کاهش یافت. در تحقیقات مشابهی نیز نتایج مشابه تحقیق حاضر به دست آمده است و استفاده از اکسیدکننده ازن برای فاضلاب بیمارستانی در pH=۱۱ بالاترین راندمان حذف BOD و COD و باکتری اشرشیاکلائی داشته و به دلیل اکسیداسیون هیدروکسیلی باعث تجزیه مواد آلی خطرناک و نابودی عوامل باکتریایی می‌شود (Alighadri and Hazrati, 2012).

در سیستم‌های آبی‌پروری روش جریان دائم (Flow-through)، فاضلاب به همراه غلظت‌های بالای مواد غذایی و مواد جامد وارد محیط زیست می‌شوند. برخی از فاضلاب‌ها به دلیل بالا بودن مقادیر آلاینده‌ها در صورتی که به طرز صحیحی تصفیه نشوند، می‌توانند موجب ایجاد تاثیرات مخرب جدی در محیط زیست گردند (Miller and Semmens, 2002; Schulz *et al.*, 2003). پارامتر پتانسیل اکسیداسیون احیایی (ORP) آب بیانگر سهم مواد اکسیدکننده نسبت به مواد احیاکننده در آب است. سطح این شاخص در آب‌های طبیعی تا حدود زیادی تحت تاثیر عواملی مانند دما، pH، شوری غلظت اکسیژن محلول و اکسیدکننده‌های حلال در آب قرار دارد (Tango and Gagnon, 2003; Liu *et al.*, 2009; Summerfelt *et al.*, 2009). در این تحقیق نیز با افزایش سطح کلر مقدار ORP با اختلاف معنی‌دار روند افزایشی داشت. بنابراین زمان که مواد اکسیدکننده در محیط بیشتر باشد این پارامتر مثبت و زمانی که مواد احیاکننده در محیط بیشتر باشد منفی است. در تحقیق فوق مقدار EC و TOC نیز به طور معنی‌داری کاهش یافت. پارامتر TOC مقدار کل کربن آلی بوده و شاخص بسیار مناسبی برای تخمین میزان بار مواد آلی می‌باشد. همچنین بررسی‌های انجام شده در آب‌های داخلی ایالات متحده نشان داده است که که آب‌هایی با قابلیت هدایت الکتریکی ۵۰۰-۱۰۰ میکروموس در سانتی‌متر دارای ارزش شیلاتی می‌باشند و خارج از این محدوده برای گروه‌های خاصی از ماهیان و بی‌مهرگان نامناسب می‌باشد

محیطی همراه است که برخی از آن‌ها شامل غنی شدن آب از مواد مغذی (به ازای تولید هر تن ماهی حدود نیم تن ماده جامد قابل رسوب تولید می‌شود)، آلوده شدن محیط به داروها و ضدعفونی‌کننده‌ها، آسیب به جمعیت ماهیان و دیگر جانوران آبی می‌باشد (Rosenthal, 1997; Esmaili Sari, 2000).

نتایج نشان داد که با افزایش سطح کلرزی مقادیر پارامترهای COD و BOD به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. برای اکسیداسیون هر ماده‌ای در آب و فاضلاب، به مقداری اکسیژن نیاز است و از این‌رو هرچه قدر مقدار مواد اکسیدشونده بیشتر باشد، مقدار اکسیژن بیشتری برای انجام اکسیداسیون لازم خواهد بود. BOD نیز مقدار اکسیژن لازم برای ثابت بیولوژیکی و COD مقدار اکسیژن لازم برای ثابت شیمیایی آب و فاضلاب است و BOD بالا نشان دهنده غلظت بالای مواد آلی و COD بالا بیانگر غلظت بالای مواد شیمیایی محلول در آب و فاضلاب است (Monzavi, 2008). در تحقیق حاضر با افزایش سطح کلر، نیتروژن به شدت اکسید شده و در چرخه نیتروژن به صورت نیتروژن گازی یا N_2O از سیستم خارج شده و میزان آن کاهش می‌یابد که به نظر می‌رسد بخشی از نیتروژن در چرخه بیوشیمیایی به صورت نیتروژن گازی از سیستم خارج می‌شود، در حالی که تغییرات سطوح کلر تأثیری بر پارامترهایی نظیر فسفات و pH نداشتند. عمده آنیون‌های مضر در سیستم‌های پرورش آبزیان را ترکیبات نیتروژن‌دار به خود اختصاص می‌دهند و محصول نهایی دفع در ماهیان آب‌شیرین، آمونیاک است که توسط باکتری‌های اکسیدکننده آمونیاک به نیتريت و سپس نیترات تبدیل می‌شود (Bunting, 2004). برخی از پارامترهای فیزیکی و شیمیایی در اجرای یک پروژه آبی‌پروری، محدودیت ایجاد می‌کند و مقدار این پارامترها قبل از ورود به استخرهای پرورشی به قدری بالاست که مشکلات جدی در رشد و یا بازماندگی آبزیان ایجاد می‌کند. از جمله این پارامترها قلیائیت و pH می‌باشد (Tango and Gagnon, 2013). یکی از فاکتورهای مهم در فرآیندهای اکسیداسیون مواد آلی می‌باشد (Hafezi *et al.*, 2016). از اثرات نامطلوب این ترکیبات بر آبزیان و محیط زیست آن‌ها می‌توان به کاهش میزان اکسیژن در دسترس برای

2003. Wastewater engineering, treatment and reuse. McGraw Hill.
- Chen S., Timmons M.B., Aneshansley D.J., Bisogni J.J. 1993. Suspended solids characteristics from recirculating aquaculture systems and design implications. *Aquaculture* 112, 143-155.
- Clark R.M., Clark D.A. 1995. Drinking water quality Management. 1st Edition. CRC Press.
- Davidson J. 2004. Solids removal from a coldwater recirculation system-comparison of a swirl separator and a radial-flow settler. *Aquaculture Engineering*, 33, 47-61.
- Lekang O. 2008. Aquaculture engineering. Blackwell publishing. Oxford. UK. 354 p.
- Esmaili Sari A. 2000. Principles of water quality management in aquaculture. Naghshe Mehr Press, Tehran. 221 p. (In Persian)
- FAO. 2012. The State of world fisheries and aquaculture. FAO, Rome. www.fao.org
- Fooladvand M., Pirsahab M., Poureshgh Y., Dagahi A. 2013. Removal of natural organic matter (NOMs) from water using air stripping system. *Journal of Health* 4(1), 77-83. (In Persian)
- Hafezi F., Karami M., Kamreie B., Jafari E., Ghaderpoor M., Bazdar M., Razipoor A. 2016. Effect of photochemical oxidation process of ultraviolet ray with peroxide disodium in removal of Alizarin Reds from aqueous solutions. *Journal of Health Research in Society* 2, 12-22. (In Persian)
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 5th revision. (In Persian)
- Kenney M.A., Sutton-Grier A.E., Smith R.F., Gresens S.E. 2009. Benthic macroinvertebrates as indicator of water quality: The intersection of science and policy. *Journal of Terrestrial Arthropod* 2, 99-128.
- Liu X.Q., Wang J., Zhang D., Li Y.T. 2009. Grey relational analysis on the relation between marine environmental factors and oxidation-reduction potential. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology* 27, 583-586.
- Miller D., Semmens K. 2002. Waste Management in Aquaculture. University Press, West Virginia University Extension Service Publication, USA. 235 p.
- Monzavi M. 2008, Wastewater Treatment, University of Tehran Press, Tehran. 390 p.
- (Kenney *et al.*, 2009). بر اساس نتایج این مطالعه می‌توان بیان کرد که افزایش سطح کلرزنی باعث کاهش پارامترهایی از جمله BOD، COD، TOC، EC، TDS، نیترات و MPN باکتریایی و افزایش ORP می‌شود اما در میزان pH و فسفات تاثیر معنی‌داری ندارد.
- بر اساس نتایج، تیمار چهارم با غلظت ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر بهترین عملکرد در بهبود شاخص‌های فیزیکی‌وشیمیایی فاضلاب و شاخص‌های BOD، COD و TOC بیشترین واکنش را در این تحقیق را نشان دادند. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از روش کلرزنی در خروجی سیستم‌های مراکز پرورشی می‌تواند تا حدی از اثرات نامطلوب وارد شده به محیط زیست جلوگیری کند و باعث بهبود کیفیت فاضلاب ورودی به منابع آبی شود. اما باید توجه داشت که این روش باعث ایجاد ترکیبات جانبی سمی همچون تری‌هالومتان‌ها می‌شود که میزان کارایی تصفیه این روش با میزان تولید تری‌هالومتان‌ها بایستی مدنظر قرار گیرد.

منابع

- Alighadri M., Hazrati M., 2012. Effect of pH changes on ozonation efficiency to reduce the burden of hospital wastewater pollution. *Guilan University of Medical Journal* 11, 44-51. (In Persian)
- Allahyari M.S., Khara H., Rezaee N., 2014. Analysis of the levels of application of modern aquaculture technologies among breeders of the Salmon fish in the Guilan province. *Aquaculture Development Journal* 8, 23-26. (In Persian)
- Babaei H., Khodaparast S., Mirzajani A., 2016. Determination of fisheries potential development of Golabar Lake by investigation on same physical and chemical parameter. *Journal of Aquatic Development* 10, 27-37. (In Persian)
- Boyd C.E. 2003. Guidelines for aquaculture effluent management at the farm-level, *Aquaculture* 226(1-4), 101-112.
- Bunting S.W. 2004. Wastewater aquaculture: perpetuating vulnerability or opportunity to enhance poor livelihoods. *Aquatic Resources Culture Development* 1, 51-75.
- Burton F.L., Stensel H.D, Tchobanoglous G.

- (In Persian)
- Perez Pavon J.L., Herrero Martin S., Garcia Pinto C., Moreno Cordero B. 2008. Determination of trihalomethanes in water samples: a review. *Anal Chim Acta* 629(1-2), 6-23.
- Philips M.G., Beveridge C.M., Ross L.G., 1985. The environmental impact of Salmonid cage culture on inland fisheries: present status and future trends. *Journal of Fish Biology* 27, 123-137.
- Porchas M.M., Martinez-Cordova L.R. 2012. World aquaculture: environmental impacts and troubleshooting alternatives. *The ScientificWorld Journal* 9 p.
- Rosenthal H., 1997. Environmental issues and the interaction of aquaculture with other competing resource users. *Aquaculture Association Journal* 2, 1-13.
- Schulz C., Gelbrecht J., Rennert B. 2003. Treatment of rainbow trout farm effluents in constructed wetland with emergent plants and subsurface horizontal water flow. *Aquaculture* 21, 207-217.
- Smith M.D., Roheim C.A., Crowder L.B. 2010. Sustainability and global seafood. *Science* 327(5967), 784-786.
- Shariat Panahi M. 1999. Principles and the quality of water and wastewater treatment. University of Tehran Press. (In Persian)
- Summerfelt S.T., Sharrer M.J., Tsukuda S.M., Gearheart M. 2009. Process requirements for achieving full-flow disinfection of recirculating water using ozonation and UV irradiation. *Aquaculture Engineering* 40, 17-27.
- Tango M.S., Gagnon G.A. 2003. Impact of ozonation on water quality in marine recirculation systems. *Aquaculture Engineering* 29, 125-137.
- Zhian H. 2008. Usage of ozonation on water treatment. *Human and Environment Journal* 7, 19-33.

The effects of chlorination process on physicochemical parameters and bacterial MPN of aquaculture effluent

Sara Kabir¹, Kamran Rezaei Tavabe^{*2}, Amirreza Abed Elmdoust², Reza Haji Seyyed Mohamamd Shirazi¹, Maryam Yavar¹

¹Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

²Department of Fisheries, Natural Resources Faculty, University of Tehran, Karaj, Iran.

*Corresponding author: krtavabe@ut.ac.ir

Received: 2019/10/3

Accepted: 2020/2/1

Abstract

Due to the development of intensive aquaculture systems that is associated with increased environmental impacts and the use of chlorine compounds due to their availability, efficiency and cost, the present study aimed to investigate the effect of chlorination on the physicochemical parameters of aquaculture effluent including nitrate, phosphate, TDS, TOC, ORP, BOD, COD, pH, EC and MPN. For this study, 200 liters of rainbow trout farms' effluent were collected from the lowest outlet of Karaj Mahi-sara farm in Bilqan, Karaj and transferred to Sheikh Bahai Laboratory, Islamic Azad University Science and Research Branch. The effluent was designed in a control group and four treatments of chlorine with different levels, including 30, 20, 10, 40 mg/L liquid hypochlorite (3 times in 5-liter containers for 24 hours with shaker). After this period, 100 ml samples were taken from each container and qualitative indices were analyzed. The results showed that with increasing chlorine, bacterial BOD, COD, TDS, TOC, EC, nitrate and MPN parameters decreased the highest difference ($P < 0.05$) third treatment with control one in TDS and with 4th treatments with other parameters indicated. ORP increased with increasing chlorine content, but increasing chlorine level did not have significant effect on pH and phosphate indices. The results showed that with increasing chlorine content, water and wastewater quality and biological indices improved to environmental standards. Based on the results, the fourth treatment with 40 mg / L had the best performance in improving the physicochemical parameters of the wastewater and the BOD, COD and TOC indices showed the highest response in this study.

Keywords: Chlorination, Aquaculture wastewater, Coldwater fish, Physicochemical parameters, Bacterial MPN.