Archive of SID

شیلات، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۷۳ شماره ۱، بهار ۱۳۹۹
صفحات ۶۴-۵۳

ضد عفونی پساب مزرعه پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) با هیپوکلریت سدیم و تأثیر آن بر تولید ترکیبات تری‌هالومتان‌ها (THMs)

مریم یاور[۱]، کامران رضایی توابع[۲*]، سارا کبیر[۱]، پوریا غلامزاده[۳]

۱- دانش‌آموخته گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکدهٔ منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.
۲-دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران
۳- دانش‌آموخته گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

تاریخ ارسال: ۱۳۹۹/۰۱/۰۹ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۲۷**

چکیده

فرایند کلرزنی یک روش رایج برای ضدعفونی کردن پساب‌ها و فاضلاب در سراسر جهان، به ویژه کشورهای در حال توسعه، محسوب می‌شود. این فرآیند می‌تواند باعث ایجاد ترکیبات جانبی مضر سرطان‌زا مانند گروه هایتری‌هالومتان‌ها (THMs) و ورود آنها به منابع آبهای طبیعی شود. این مطالعه با هدف بررسی اثر سطوح مختلف کلرزنی پساب تولیدی در یک مزرعه ماهیان سردآبی و تاثیر آن بر میزان تولید ترکیبات تری‌هالومتان کل، کلروفرم، کلرودی-بروموتان، دی‌کلروبروموتان و بروموفرم انجام گردید. در این تحقیق، ۴۰۰ لیتر پساب خروجی مزرعه تکثیر و پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان به آزمایشگاه منتقل و در واحدهای آزمایشی شامل ۱۵ ظرف ۲۰ لیتری وارد شد. سپس غلظت‌های مختلف کلر (هیپوکلریت سدیم) به عنوان تیمارهای آزمایش، شامل پنج تیمار (شاهد)، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر به ظروف اضافه شد. هر تیماردارای سه تکرار بود و ظروف روی یک صفحه لرزان برای تهویه قرار داده شدند. طول دوره آزمایش۲۴ ساعت بود. نتایج تحقیق نشان داد که با افزایش غلظت کلرزنی، تولید میزان ترکیبات جانبی تری‌هالومتان‌ها به شدت افزایش می‌یابد. به طوری که در تیمار ۴۰ میلی‌گرم در لیتر کلرزنی میزان تری‌هالومتان کل ۴±۸۲ میکروگرم در لیتر و در تیمار شاهد این شاخص ۲±۱۵ میکروگرم در لیتر بود. همچنین علیرغم اینکه میانگین ترکیب کلرودی‌بروموتان تولید شده در بین تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌دار نشان ندادند ($p>0.05$) اما تیمارهای آزمایشی با تیمار شاهد تفاوت معنی‌دار داشتند. همچنین با افزایش غلظت کلرزنی ترکیبات دی-کلروبروموتان و کلروفرم روند افزایشی داشت و تفاوت بین تیمارها معنی‌دار بود؛ در حالیکه سطوح مختلف کلرزنی تأثیری بر افزایش غلظت ترکیب بروموفرم نداشت و تفاوت بین تیمارها معنی‌دار نبود. میزان تولید ترکیبات تری‌هالومتان در فرایند تصفیه فاضلاب آبزی پروری بخاطر بالا بودن سطح مواد آلی در این فاضلاب‌ها، به غیر از تیمار ۱۰ میلی‌گرم در لیتر، بالاتر از استانداردهای بهداشتی جهانی است. لذا، بیشترین غلظت مجاز برای تصفیه فاضلاب آبزی‌پروری ماهیان سردآبی ۱۰ میلی‌گرم در لیتر کلر مایع توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: کلرزنی، تصفیه فاضلاب، فاضلاب آبزی پروری، تری‌هالومتان، ماهیان سردآبی.

* نویسنده مسئول: کامران رضایی توابع
Email: krtavabe@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Fisheries
Vol. 73, No. 1, Spring 2020
pp. 53-64

Chlorinating the Trout Farm Effluent and Production of Trihalomethanes (THMs) Compounds

Maryam Yavar[1], Kamran Rezaei Tavabe[2*], Sara Kabir[1], Poorya Gholamzadeh[3]

1- MSc Graduate, Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2- Associate Professor, Department of Fisheries, Natural Resources Faculty, University of Tehran. Iran.
3- MSc Graduate, Fisheries Department, Natural Resources Faculty, University of Tehran. Iran.

Received: 27-Mar-2020 **Accepted: 15-Apr-2020**

Abstract

Chlorination is a common method of water disinfection in the world, especially in developing countries. But this process can cause harmful compounds such as trihalomethanes. In this research, the effects of different levels of chlorination on trout effluent (cold fish), to produce trihalomethane compounds (THMs), were investigated. Four hundred liters of effluent from a rainbow trout farm sampled and transferred to Laboratory and divided into 15 containers with 20-liter capacity as the experimental unites. Then different concentrations of chlorine (sodium hypochlorite) were added to the containers, including five treatments (control), 10, 20, 30 and 40 mg / l, in triplicates and kept on the shaker for ventilation during a- 24hr period. The results showed that the amount of trihalomethane has increasing trend while chlorination increase. So that in the 40 mg / l chlorination treatment, the total trihalomethane concentration was significantly higher and reached to 4 ± 82 µg / l but in the control treatment, it was 15.2 µg / l. However, the mean of produced chloride-bromomethane did not show any significant differences among the chlorinate treatments ($p > 0.05$). Also, with increasing the chlorination concentration, the dichlorobromethane and chloroform showed significantly an increasing trend among treatments. Different levels of chlorination had not any significantly effect on bromoform formation. The production of trihalomethanes due to the high level of organic matter in trout farm effluents was higher compared to the global health standards, except in the 10 mg / l treatment. Therefore, the maximum concentration of chlorine for trout wastewater treatment (cold-water fish), was 10 mg per liter, and proposed as a standard level.

Keywords: Chlorination, Disinfection, Trihalomethane compounds, Rainbow trout.

Corresponding author: Kamran Rezaie Tavabe Email: krtavabe@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱. مقدمه

امروزه مسئله کمبود آب و تخریب محیط زیست به عنوان یکی از بزرگترین مشکلات جوامع بشری مطرح است. مهمترین دلایل کمبود آب افزایش جمعیت، ارتقاء سطح زندگی، تغییرات آب و هوا و عدم مدیریت صحیح منابع آب است (Mariolakos, 2007). در سال‌های اخیر توسعهٔ پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان از شتاب و روند رو به رشدی در کشور برخوردار بوده و تقاضا برای احداث مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در نقاط مختلف کشور همچنان رو به افزایش است. از طرفی نیز منابع آب برای تولید ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با محدودیت مواجه شده است و با روند روبه رشد تقاضای پرورش آبزیان، منابع آب موجود نمی تواند نیازهای متقضیان را برآورده نماید. لذا، ضد عفونی و تصفیه پساب و استفادهٔ مجدد از آنها از جمله راه حل‌هایی برای حفظ تولید و توسعهٔ پایدار این صنعت است، و نیاز است که در فرایند ضد عفونی و تصفیه یا پالایش، اطلاعات کافی از تغییرات شیمیایی ایجاد شده در پساب به دست آورد تا بتوان مجددا از پساب پالایش شده با توجه به نوع کاربری استفاده کرد. با شناسایی مواد و بار مواد آلاینده در فاضلاب می‌توان اقدام به حذف یا کاهش غلظت آنها و استفادهٔ مجدد از آب نمود (Babaei *et al*., 2016). در صورت عدم استاندارد سازی آب و نیز عدم رعایت اصول زیست محیطی در فعالیت‌های پالایش و نیز در حین آبزی‌پروری، صدمات جبران ناپذیری به موجودات آبزی وارد خواهد شد. و در مواردی باعث ایجاد آلودگی‌های مخرب‌تر زیست محیطی منابع آب‌های سطحی و گاهی زیرزمینی (Smith *et al*., 2010) خواهد شد و نیز یوتروفی منابع آب‌های سطحی را به دنبال خواهد داشت (Rezaei Tavabe *et al*., 2010; Rezaei Tavabe *et al*., 2017; Rezaei Tavabe *et al*., 2019). امروزه آلودگی منابع آبی توسط تخلیه فاضلاب‌های مزارع پرورش ماهی در جهان به یک نگرانی تبدیل شده است (Boyd, 2003). از طرفی با توجه به مزایای آبزی‌پروری و تولید متنوعی از مواد غذایی و منابع پروتئین و اثر آنها در توسعه جوامع انسانی و ایجاد منافع اقتصادی، جوامع علمی به دنبال ارایه راهکارهایی جهت کاهش اثرات منفی آبزی پروری هستند (Porchas and Martinez-Cordavo, 2012).

بر اساس پیش‌بینی‌های سازمان فائو، آبزی‌پروری در آینده در بیشتر کشورهای جهان نقش بسزائی در تأمین غذا، درآمد، اشتغال، ارزآوری و توسعهٔ پایدار روستایی خواهد داشت. یکی از آبزیانی که نقش مهمی در تأمین نیازهای غذایی و به ویژه پروتئین، در آبهای درون سرزمینی دارد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان از ماهیان سردابی است. در مناطق معتدله ایران، مزارع زیادی مشغول پرورش این ماهی در حاشیه رود خانه‌های دایمی هستند و بار زیادی از متابولیت‌های تولید این ماهی را ناشی از مصرف غذا به عنوان پساب وارد رود خانه‌ها می‌کنند. بنابراین، توجه به میزان تولید پساب آبزی‌پروری و پالایش آب و نیز کاهش بار میکروبی بر اساس استانداردها و شاخص‌های زیست محیطی دارای اهمیت زیادی است (Allahyari *et al*., 2014). فعالیت‌های آبزی‌پروری با برخی اثرات مخرب زیست محیطی همراه است که از جمله می‌توان یوتروفی آب‌های طبیعی، آلوده شدن محیط‌های طبیعی به داروها و ضدعفونی کننده‌ها و آسیب به جمعیت طبیعی ماهیان و دیگر آبزیان را نام برد (Rosenthal, 1997; Esmaeili Sari, 2000; Nezhadheydari *et al*., 2019). اگر پساب کارگاه‌های پرورش ماهی بدون تصفیه به داخل رودخانه‌ها رها شوند، باعث کاهش شدید کیفیت آب و یوتروفی رودخانه‌ها می‌گردند (Babaei *et al*., 2016). به ازای تولید یک تن ماهی سردابی، معمولا به طور متوسط بین ۳۰۰-۱۵۰ کیلوگرم مواد غذایی مصرف نشده و بین ۳۰۰-۲۵۰ کیلوگرم مواد جامد مدفوعی وارد محیط‌های آبی می‌شود (Boyd, 2003). ضدعفونی کردن پساب با مواد اکسیدکننده مهم‌ترین و متداول‌ترین فرآیند کاهش بار میکروبی و نیز فرایند معدنی کردن مواد آلی است، معمولا حذف میکروارگانیسم‌ها و انگل‌ها از این طریق انجام می‌پذیرد (Rezaei Tavabe *et al*., 2018). از بین مواد

www.SID.ir

Archive of SID

ضدعفونی‌کننده شیمیایی، کلر سال‌هاست که به دلایل صرفه اقتصادی، سهولت در کاربرد و قدرت تاثیر بالا در از بین بردن عوامل آلوده کننده آب، به عنوان بهترین گزینه در بیشتر تصفیه‌خانه‌های جهان از جمله ایران، مورد استفاده قرار می‌گیرد. کلر را می‌توان به صورت گاز کلر Cl_2 و یا به صورت ترکیب هیپوکلریت کلسیم $Ca(OCl)_2$ و یا هیپوکلریت سدیم NaOCl در ضدعفونی آب به کار برد (Shariat Panahi, 1999). کلر اثرات شدیدی بر آب-های پذیرنده و موجودات زنده آبزی دارد. باقیمانده کلر با میزان کم ۰/۰۰۲ mg/l و کلرآمین‌های حاصل از فرایند ضدعفونی برای اکثر آبزیان از جمله ماهی‌ها، صدف‌ها و سخت پوستان زیان‌بارند (Rezaei tavabe *et al*., 2018). و در سال‌های اخیر مصرف این مواد به علت امکان تولید محصولات جانبی به‌ویژه ترکیبات تری‌هالومتان از طریق واکنش کلر و مواد آلی طبیعی همچون اسیدهای ناشی از فساد گیاهان (اسید هیومیک و اسید فولیک)، مواد آلی مترشحه از جلبک‌ها و سایر موجودات آبزی و نیز مواد آلی حاصل از فعالیت‌های انسانی مانند فاضلاب‌های شهری و صنعتی، زه‌آب‌های کشاورزی و شیرابه ناشی از زباله‌ها مورد بازبینی قرار گرفته است. این مواد یعنی ترکیبات تری‌هالومتان به علت وزن مولکولی کم، در مقایسه با بسیاری از املاح و ترکیبات معدنی موجود در آب از طریق روش‌های متداول تصفیه آب آشامیدنی حذف نمی‌شوند، و همین امر و توجه به عواقب بهداشتی آن میزان مصرف کلر را در فرآیند ضدعفونی آب با شک و تردید همراه ساخته است (Fooladvand *et al*., 2011; Perez Pavon *et al*., 2008). میزان مصرف کلر تابع کیفیت و ویژگی پساب‌ها تغییر می‌کند و تاثیرگذاری آن به خصوصیات آب و درجه آلودگی آن بستگی دارد. وجود بیش از حد کلر در آب مشکلات زیادی را برای موجودات آبزی و محیط زیست در پی خواهد داشت. لذا، کلرزنی فاضلاب با غلظت مناسب از اهمیت بسزایی برخوردار است (Burton *et al*., 2003; Clark and Clark, 1995). عمده‌ترین مشکل فرآیند کلرزنی تشکیل فراورده‌های جانبی ضدعفونی از جمله تری‌هالومتان‌هاست (Sun *et al*., 2009). تری‌هالومتان‌ها به عنوان یک گروه بزرگ از ترکیبات جانبی ضدعفونی آب و تحت تاثیر غلظت اتم‌های هالوژن (کلر و برم)، مقادیر مواد آلی و به‌ویژه کربن آلی TOC موجود در آب، pH و دما تشکیل می‌شوند و شامل ۱۰ ترکیب مختلف اند. از مهمترین آن‌ها کلروفرم $CHCl_3$، برومودی‌کلرومتان $CHCl_2Br$، دی‌برموکلرومتان $CHClBr_2$ و بروموفرم $CHBr_3$ هستند (Samadi *et a*l., 2006; Noshadi *et al*., 2012). امروزه این ترکیبات به عنوان یکی از مهمترین آلاینده‌های آب که سبب ایجاد سرطان و همچنین آثار زیان‌بار بر سیستم عصبی هستند شناخته می‌شوند (Noshadi *et al*., 2012). با توجه به اهمیت ضد عفونی و پالایش آب و کاربرد بعدی آب‌های تصفیه شده، نیاز است که اثرات مخرب به کارگیری کلر به عنوان یک ماده ضد عفونی و نیز اکسیدکننده در تولید ترکیبات مضر ثانویه، مورد ارزیابی قرار گیرد. بنابراین، هدف از این پژوهش، بررسی اثر سطوح مختلف کلرزنی پساب یک مزرعه ماهی سردآبی در تولید ترکیبات تری‌هالومتان کل، کلروفرم، کلرودی‌برومومتان، دی‌کلروبرومومتان و بروموفرم بود.

۲. مواد و روش‌ها

۲.۱. تهیهٔ پساب آبزی‌پروری و طراحی آزمایش

در این مطالعه ۴۰۰ لیتر پساب تصفیه نشده خروجی مزرعه تکثیر و پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان از مرکز ماهی سرای کرج واقع در بیلقان شهرستان کرج جمع‌آوری شد و به آزمایشگاه شیخ بهایی واقع در واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی منتقل گردید. سپس پساب تهیه شده برای تیماربندی به ۱۵ عدد مخزن ۲۰ لیتری سرپوشیده لرزان انتقال داده شد. در این تحقیق ۵ تیمار با سطوح صفر (بدون کلرزنی) به عنوان تیمار شاهد، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر کلر مایع (هیپو کلریت سدیم) در ۳ تکرار طراحی گردید. در هر یک از مخازن به مدت ۲۴ ساعت با هیپوکلریت سدیم بوسیله لرزاننده مخلوط گردید و بعد از ۲۴ ساعت، از هر

www.SID.ir

Archive of SID

مخزن به میزان ۱۰۰ میلی‌لیترنمونه پساب برداشت شد و ترکیبات جانبی کلر شامل: تری‌هالومتان کل، کلروفرم، بروموفرم، دی‌کلروبرمومتان، کلرودی‌برومومتان اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری شاخص‌های کیفی آب

شاخص‌ها کیفی آب بر اساس دستور العمل‌ها و استانداردهای تعیین کیفیت آب، مورد اندازه‌گیری قرار گرفت (AHPH, 1980). شاخص‌های فیزیکو-شیمیایی پساب آبزی پروری مورد مطالعه در سه مقطع زمانی آغاز آزمایش، ۱۲ ساعت پس از آغاز آزمایش و پایان آزمایش اندازه‌گیری شد. میانگین بدست آمده از اندازه‌گیری فاکتورهای دما، اسیدیته، TDS، نیترات، فسفات، TOC، COD و BOD به ترتیب ۲۴±۲c°، ۷/۸±۰/۱، ۲۱۵±۱۸ mg/l، ۲۸±۲ mg/l، ۳/۸±۰/۳ mg/l، ۲۵±۳ mg/l، ۷۱±۴ mg/l و ۴۷±۴ mg/l بودند.

۲.۲. اندازه‌گیری تری‌هالومتان‌ها

برای تعیین مقدار تری‌هالومتان‌ها از دستگاه کروماتوگرافی گازی اسپکترومتر جرمی مدل lus2010QP ساخت کشور ژاپن در شرکت خصوصی پارسیان شیمی استفاده گردید. با توجه به استاندارد تری‌هالومتان‌ها سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا و موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران برای ترسیم منحنی استاندارد از غلظت‌های ساخته شده کلروفرم در محدوده ۳۰۰-۰ میکروگرم در لیتر استفاده گردید و سپس برای استخراج فضای فوقانی (Head space) استفاده شد که حجم معینی از نمونه (۵ میلی لیتر) در ظرف شیشه‌ای درپوش‌دار حرارت داده شد و پس از تعادل بین فازهای گاز و مایع حجم معینی از گاز برداشته شد و به دستگاه GC-MS تزریق شد. مواد آلی فرار در نمونه‌ها توسط دستگاه GC جداسازی شده و با شناساگر MS (Mass-Spectrometer) شناسایی و ترکیبات مختلف تری‌هالومتان بر اساس روش اندازه‌گیری استاندارد مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند (Rodriguez *et al*., 2007).

۲.۳. تجزیه و تحلیل داده‌ها

قبل از انجام تجزیه واریانس، نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون Shapiro-Wilk بررسی شد. برای مقایسه داده‌ها از تجزیه واریانس یک طرفه (One-Way ANOVA) استفاده شد. برای تعیین سطح معنی‌داری در بین میانگین تیمارهای مختلف (با سطح معنی‌داری P<۰/۰۵) از آزمون دانکن و با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹ ااستفاده شد.

۳. نتایج

۳.۱. ترکیبات تری‌هالومتان‌های کل

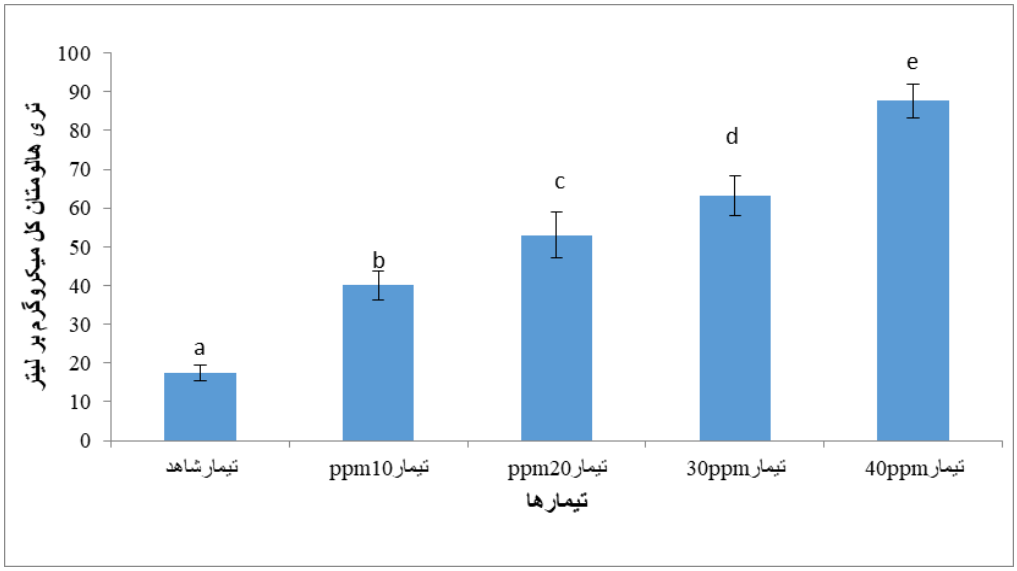
بر اساس داده‌های به دست آمده، با افزایش غلظت کلرزنی، میزان ترکیبات تری‌هالومتان‌ها به شدت افزایش یافت و تفاوت بین تیمارها با یکدیگر و با تیمار شاهد معنی‌دار بود ($p<0.05$). به طوری که در بیشترین میزان کلرزنی در تیمار ۴۰ میلی‌گرم در لیتر، میزان تری‌هالومتان کل ۴±۸۲ میکروگرم در لیتر و در تیمار شاهد این شاخص ۲±۱۵ میکروگرم در لیتر بود (نمودار ۱).

۳,۲. تری‌هالومتان کلروفرم

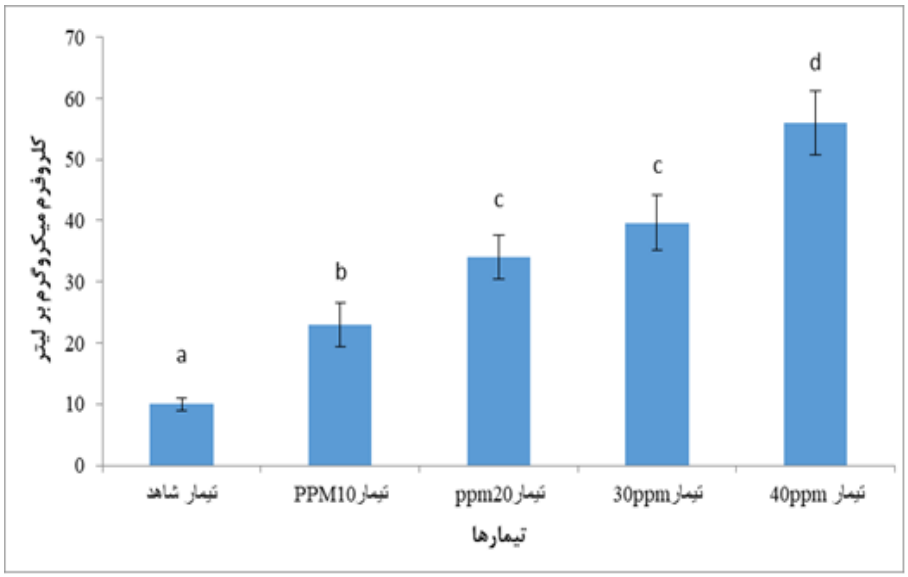
نمودار ۲ میزان تری‌هالومتان کلروفرم را در تیمارهای مختلف کلرزنی نشان می‌دهد. بر اساس داده‌های مربوط به تیمارهای آزمایشی، تفاوت معنی‌داری بین تیمارها در مقایسه با تیمار شاهد دیده شد($p<0.05$). در تیمار ۴۰ میلی‌گرم در لیتر کلرزنی مقدار کلروفرم تولید شده حدود ۷ برابر تیمار شاهد بود. این مقادیر در تیمار شاهد ۸ میکروگرم در لیتر و در تیمار حاوی ۴۰ میلی‌گرم در لیتر کلر به ۵۷ میکروگرم در لیتر رسید.

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار ۱- میانگین (میانگین± انحراف معیار) تغییرات غلظت تری‌هالومتان کل در سطوح مختلف کلرزنی در پساب آبزی‌پروری. حروف لاتین غیر مشابه به معنی وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد در بین تیمارهاست.



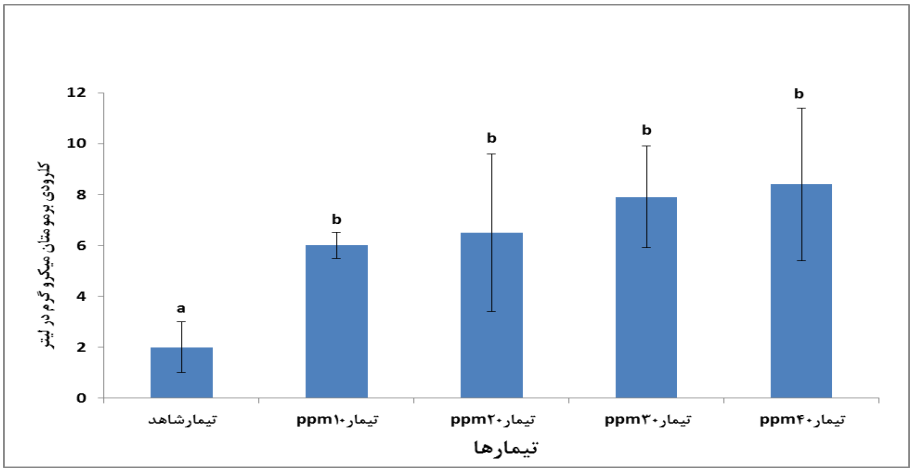
نمودار ۲- میانگین تغییرات (میانگین± انحراف معیار) غلظت کلروفرم(µg/l) در پساب آبزی‌پروری در سطوح مختلف کلرزنی. حروف لاتین غیر مشابه به معنی وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد در بین تیمارهاست.

۳،۳. ترکیب کلرودی‌بروموماتان

ترکیب کلرو-دی‌بروموماتان تولید شده در بین تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری نداشتند ($p>0.05$) اما تیمارهای آزمایشی با تیمار شاهد تفاوت معنی‌دار نشان دادند. دلیل اصلی معنی‌دار نشدن تیمارهای آزمایشی با یکدیگر بالا بودن انحراف معیار میانگین‌ها در قرائت ترکیب کلرودی‌بروموماتان توسط دستگاه کروماتوگرافی گازی بود (نمودار ۳).

www.SID.ir

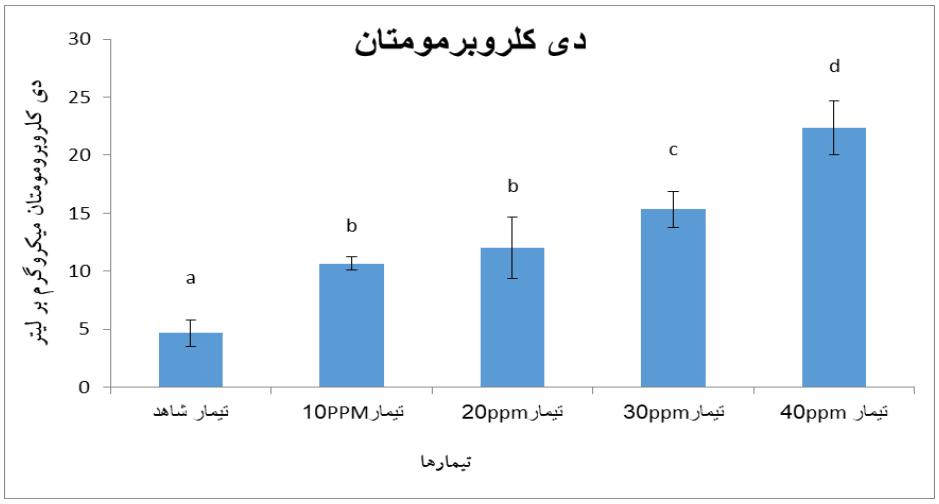
Archive of SID



نمودار۳- میانگین تغییرات (میانگین±انحراف معیار) غلظت کلرودی‌بروموماتان(µg/ml) در پساب آبزی‌پروری در سطوح مختلف کلرزنی.
حروف لاتین غیر مشابه به معنی وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد در بین تیمارهاست.

۳،۴. ترکیب دی‌کلروبروموماتان

بر اساس نتایج به دست آمده در مورد ترکیب دی‌کلروبروموماتان، با افزایش غلظت کلرزنی مقدار این ترکیب روند افزایشی داشت و تفاوت معنی‌داری را بین تیمارها نشان داد ($p<0.05$). به طوری که در بیشترین میزان کلرزنی در تیمار ۴۰ میلی‌گرم در لیتر، میزان این ترکیب ۴±۲۲ میکروگرم در لیتر و در تیمار شاهد ۲±۴ میکروگرم در لیتر بود (نمودار ۴).



نمودار۴ - میانگین تغییرات (میانگین±انحراف معیار) غلظت دی‌کلروبروموماتان (µg/ml) در پساب آبزی‌پروری در سطوح مختلف کلرزنی.
حروف لاتین غیر مشابه به معنی وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد در بین تیمارهاست.

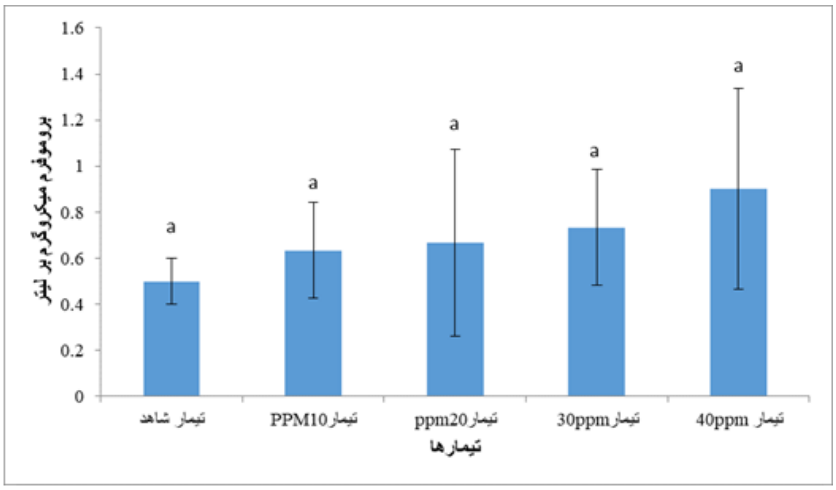
۳.۵. ترکیب بروموفرم

مطابق انتظار معمول، با افزایش غلظت کلرزنی ترکیب تری‌هالومتان بروموفرم تغییری نشان نداد و تفاوت میانگین بین تیمارها نیز معنی‌دار نبود ($p>0.05$). نسبت به سایر ترکیبات تری‌هالومتان سطح این ترکیب بسیار پایین و در تیمار ۴۰ میلی‌گرم در لیتر کلرزنی سطح بروموفرم تولید شده ۰/۸ میکروگرم در لیتر ثبت شد در حالی که این ترکیب در تیمار شاهد ۰/۵ میکروگرم در

www.SID.ir

Archive of SID

لیتر بود (نمودار ۵).



نمودار ۵ - میانگین تغییرات (میانگین± انحراف معیار) غلظت بروموفرم (µg/ml) در پساب آبزی‌پروری در سطوح مختلف کلرزنی. حروف لاتین غیر مشابه به معنی وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد در بین تیمارهاست.

۴. بحث و نتیجه گیری

یکی از مؤثرترین روش‌های مورد استفاده برای معدنی کردن مواد آلی آب و تصفیهٔ فاضلاب‌ها استفاده از مواد شیمیایی با قدرت اکسیداسیونی بالا است. در مورد استفاده از این مواد اکسیدکننده، سطح استفاده از آنها بایستی در حدی باشد که با تأثیرگذاری بر شرایط کیفی آب، در عین حال خود باعث ایجاد آلودگی نشوند و بر موجودات آبزی اثرات منفی نداشته باشند (Zhian, 2008). آلودگی منابع آبی از طریق تخلیه پساب مزارع پرورش آبزیان مهمترین نگرانی در صنعت آبزی‌پروری به شمار می‌رود (Boyd, 2003; Tavabe *et al.*, 2013; Rafiee *et al.*, 2015; Rezaei Tavabe et al., 2015). کلرزنی یکی از متداول‌ترین روش‌های ضدعفونی در جهان به شمار می‌آید. هدف اصلی کلرزنی و ضدعفونی آب و فاضلاب حفاظت در برابر آلودگی‌های میکروبی و کنترل رشد مجدد میکروارگانیسم‌ها و جلوگیری از یوتروفی منابع آبی است. اما مهمترین مشکل در استفاده از کلر تشکیل فراورده‌های جانبی گندزدا از جمله تری‌هالومتان‌ها شامل کلروفرم، بروموفرم، دی‌کلربروموفرم و دی‌بروموکلروفرم می‌باشد. این مواد می‌توانند باعث آلودگی منابع آبی، زمینه‌ساز بسیاری از ناهنجاری‌ها موجودات آبزی و همچنین انواع سرطان‌ها در انسان باشند.

نتایج تحقیقات پیشین و همچنین مطالعه حاضر مشخص کرده است که مقدار کل تری‌هالومتان و ترکیبات جانبی آنها رابطه مستقیمی با شرایط و میزان کلرزنی دارد. غلظت مواد آلی، دما، زمان، pH و غلظت کلر از دیگر عوامل موثر در تشکیل تری‌هالومتان‌ها در منابع آبی‌اند (Yazdanbakhsh *et al.*, 2015; Garcia-Villanova *et al.*, 1997; Rodregues and Serodes, 2001). کاربرد کلر به عنوان متداول‌ترین روش گندزدایی آب، احتمال تولید ترکیبات جانبی محصول گندزدایی را افزایش می‌دهد (Samadi *et al.*, 1385). در این پژوهش با افزایش میزان کلر، مقدار ترکیبات جانبی شامل کلروفرم، کلرودی‌بروموتان، دی‌کلروبروموتان و تری‌هالومتان کل افزایش یافتند. حداقل غلظت کلروفرم، کلرودی‌بروموتان، دی‌کلروبروموتان، بروموفرم و تری‌هالومتان کل به ترتیب (۱۰، ۲/۳۶، ۴/۶۶، ۱۷/۵۳ میکروگرم بر لیتر) برای تیمار شاهد و حداکثر غلظت این شاخص‌ها به ترتیب (۵۶،

www.SID.ir

Archive of SID

۸/۵۳، ۲۲/۳۳، ۸۷/۷۶ میکروگرم بر لیتر) برای تیمار چهارم با سطح کلرزنی ۴۰ppm میلی گرم در لیتر بودند. در نتیجه مطالعه حاضر تایید می‌کند که با افزایش سطح میزان کلرزنی در فرایند گندزدایی، تولید ترکیبات تری‌هالومتان در فاضلاب آبزی پروری افزایش می‌یابد، علت این موضوع را می‌توان به مقدار فراوان مواد آلی موجود در پساب نسبت داد (Rezaei Tavabe et *al*., 2017). در فرایند متانوژنزیز یا معدنی شدن مواد آلی متان تشکیل می‌شود و سپس با کلرزنی زمینه برای تشکیل ترکیبات تری‌هالومتان افزایش می‌یابد.

از دیگر عوامل تاثیرگذار بر تشکیل تری‌هالومتان‌ها غلظت مواد آلی در فاضلاب است. فاضلاب آبزی‌پروری شامل مقادیر زیادی از مواد دفعی آبزیان، غذای مصرف نشده و دیگر مواد آلی اند و همچنین نوع کربن آلی موجود در آب نیز می‌تواند از جمله عوامل تاثیرگذار بر انواع تری‌هالومتان تشکیل شده باشد (Javid *et al*., 2014). موادی همچون اسید هیومیک و فلویک نقش عمده‌ای در تعیین میزان و نوع تری‌هالومتان تشکیل شده دارند (Delarubia *et a*l., 2008; Jones *et al*., 2012). عوامل موثر در تولید تری‌هالومتان‌ها در آب شرب یزد بررسی شده است و افزایش تولید تری‌هالومتان‌ها به‌دلیل فرسودگی شبکه شهری آبرسانی در نتیجه ورود مواد آلی به آب و افزایش تولید تری‌هالومتان‌ها بعد از فرایندکلرزنی نشان داده شده است . این بررسی‌ها تایید کننده تاثیر مواد آلی در تولید تری‌هالومتان‌ها است (Andalib *et al*., 2011). وجود میزان زیادی از مواد آلی در پساب پرورش آبزیان نسبت به شبکه آبرسانی شهری و همچنین رودخانه‌ها منجر به افزایش بیشتر تری‌هالومتان‌ها و انواع آنها می‌شود. در این پژوهش این موضوع به اثبات رسید و میزان این مواد در مقایسه با بررسی اثرات پساب‌های شهری بیشتر بود. از طرفی وجود نوع مواد آلی و همچنین انواع یون‌ها از جمله یون بروماید موجود در آب می‌تواند در تولید انواع تری‌هالومتان‌ها تاثیر گذار باشد (Javid *et al*., 2014; Azad *et al*., 2009). عوامل متعدد دیگری نیز در تولید تری‌هالومتان‌ها در اثر کلر زنی در آب موثر هستند که از جمله آنها می‌توان به مدت زمان تماس فاضلاب با کلر اشاره نمود. طبق مطالعه جعفری و همکاران در سال ۱۳۸۷ کمترین و بیشترین مقدار تری‌هالومتان در شبکه توزیع شهر لاهیجان به ترتیب در خروجی تصفیه‌خانه (کمتر از ۱۰ میکروگرم بر لیتر) و انتهای شبکه توزیع (بالاتر از ۲۰۰ میکروگرم در لیتر) گزارش شد که بیانگر ارتباط بین زمان تماس و تشکیل ترکیبات ناشی از کلرزنی است (Samadi *et al*., 1385). به‌طوری‌که با افزایش مدت زمان تماس، فرصت بیشتری برای ترکیب مواد با کلر و در نتیجه افزایش تولید تری‌هالومتان‌ها و غلظت آنها فراهم می‌شود (Jafari *et al*., 2008). این نتایج نشان می‌دهند که کلر زنی پساب آبزی پروری بایستی با دید گاه از بین بردن میکرو ارگانیزم‌ها و آفات صورت پذیرد نه با دیدگاه تجزیه شیمیایی مواد آلی، زیرا در نتیجه کاربرد کلر موادی تولید می‌شود که عملکرد نامناسبی دارند. لذا، بلافاصله بعد از کلر زنی بایستی از ترکیباتی مانند تیوسولفات سدیم اقدام به حذف کلر نمود تا از تولید بیش از حد تری‌هالومتان‌ها جلوگیری به عمل آید. یکی دیگر از عوامل موثر در تولید تری‌هالومتان‌ها در اثر استفاده از کلر در آب‌ها، دما است. افزایش دما با تأثیر بر افزایش حرکت مولکولی در آب سرعت واکنش مواد موجود در آب و کلر را زیاد کرده و به همین سبب تولید بیشتر تری‌هالومتان‌ها می‌شود. در مطالعه‌ای تحت عنوان تغییرات فصلی غلظت تری‌هالومتان‌ها در فصول مختلف نشان داده شده است که تولید تری‌هالومتان‌ها در فصل تابستان ۱/۵ برابر میزان آنها در بهار است (Yavar *et al*., 2019). با تغییرات فصلی و افزایش دمای آب، سرعت واکنش‌ها افزایش می‌یابد. بنابراین، سرعت بالای واکنش‌ها باعث مصرف بیشتر کلر و کاهش کلر باقی‌مانده در شبکه توزیع می‌شود (Toroz and Uyak, 2005; Rodregues and Serodes, 2001).

استفاده از کلر به‌عنوان یک ضد عفونی کننده مؤثر برای از بین بردن باکتری‌های ناقل بیماری و نیز به‌عنوان یک اکسیدکننده قوی از سابقه طولانی در صنعت آب برخوردار است. کلرزنی آب، به دلیل سهولت کاربرد، پایین

www.SID.ir

Archive of SID

بودن نسبی هزینه آن در مقایسه با سایر مواد ضد عفونی‌کننده (جنبه اقتصادی) و تاثیر پذیری زیاد کلر در نابودی میکروارگانیزم‌های موجود در آب، یک روش موفق و رایج در سراسر جهان به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه محسوب می‌شود (Noshadi *et al*., 2012). به طور کلی نتایج مطالعه حاضر نشان داد که با افزایش مقدار کلرزنی، در پساب آبزی پروری، میزان ترکیبات تری‌هالومتان‌ها افزایش می‌یابد. زیرا، همانطور که اشاره شد مقادیر مواد آلی، در این پساب‌ها زیاد است. سایر عوامل مانند دما، زمان تماس، pH و غلظت کلر نیز از مهم‌ترین عوامل موثر در تشکیل تری‌هالومتان‌ها در منابع آب به شمار می‌آیند. در غلظت‌های بالاتر از ۱۰ میلی گرم در لیتر، میزان تولید ترکیبات تری‌هالومتان در فرایند تصفیه پساب آبزی پروری، بخاطر بالا بودن سطح مواد آلی افزایش یافت و به بالاتر از استانداردهای بهداشتی جهانی رسید. لذا، غلظت مجاز برای ضد عفونی و تصفیه پساب مزارع ماهیان سردآبی را می‌توان غلظتی تا حد ۱۰ میلی‌گرم در لیتر تعیین کرد.

۵. منابع

References

American Public Health Association (APHA), American Water Works Association and Water Pollution Control Federation. (1980) Standard methods for experimentation of water and wastewaters, 15th edition. American public Health Association, Washington.

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 Guillan province. *Aquaculture Development Journal* 8(2), 73-82.

Andalib, A.H., Ganjidoust, H, Ayati, B., Khodadadi, A. 2011. Investigation of Amount and Effective Factors on Trihalomethane Production in Potable Water of Yazd. *Journal of Health & Environment* 4(2), 137-148.

Azad, L.T., Sari, A.E., Tavabe, K.R., 2009. Determination of rest-oil pollution (polycyclic aromatic hydrocarbons) in surface water of three international wetlands of Iran. *Journal of Environmental Research and Development* 4(2), 310-320.

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(3), 27-37.

Boyd, C.E., 2003. Guidelines for aquaculture effluent management at the farm-level. *Aquaculture* 226(1-4), 101-112.

Burton, F.L., Stensel, H.D., Tchobanoglous, G., 2003. Wastewater engineering: treatment and reuse. Academic press. *McGraw Hill*. 403 p.

Clark, R.M., Clark, D.A., Drinking water quality Management. 1st Edition. CRC Press. 245 p.

www.SID.ir

Archive of SID

Delarubia, A., Rodriguez, M., Leon, V.M., Prats, D., 2008. Removal of natural organic matter and THM formation potential by ultra- and Nano filtration of surface water. *Journal of Water Resources* 42(3), 714-722.

Esmaili Sari, A. 2000. Principles of Water Quality Management in Aquaculture. Naghshe Mehr Press. Tehran. 221 p.

Fooladvand, M., Pirsaheb, 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.

Garcia-Villanova, R.J., Garcia, C., Gomez, J.A., Garcia, M.P., Ardanuy, R., 1997. Formation, evolution and modeling oh trihalomethanes in the drinking water of a town: At the municipal treatment utilities. *Water Resources* 31(6), 1299-308.

Jaafari, M., Taghavi, K., Hasani, A., 2008. Survey the THMs value in drinking water in lahijan and suggestion in order to product control after disinfection. *Journal of Guilan Medical Sciences University* 17(68), 1-6.

Javid, A.B., Roodbari, A.A., Nazemi, S., 2014. Modeling Trihalomethane (THM) Formation due to River Water Chlorination. *Water and Wastewater* 26(7), 80-72.

Jones, D.B., Song, H., Karanfil, T., 2012. The effects of selected pre-oxidation strategies on I-THM formation and speciation. *Journal of Water Resources* 46(17), 5491-5498.

Mariolakos, I. 2007., Water Resources Management in the Framework of Sustainable Development. *Desalination* 213(1-3), 147-151.

Nezhadheydari, H., Rezaei Tavabe, K., Mirvaghefi, A., Heydari, A., Frinsko, M., 2019. Effects of different concentrations of Fe3O4@ZnO and Fe3O4@CNT magnetic nanoparticles separately and in combination on aquaculture wastewater treatment. *Environmental Technology & Innovation* 15(1), 100-114.

Noshadi, M., Taleb Bidokhti, M., Nejati, E., 2012. Survey of the trihalomethanes formation in drinking water distribution networks of Shiraz. *Water Resource Engineering* 5(14), 29-39.

Perez Pavon, J.L., Herrero Martin, S., Garcia Pinto, C., Moreno Cordero, B., 2008. Determination of trihalomethanes in water samples: a review. *Analytica Chimica Acta* 629(1-2), 6-23.

Porchas, M.M., Martinez-Cordova, L.R., 2012. World Aquaculture: Environmental Impacts and Troubleshooting Alternatives. *The Scientific World Journal*. 89 p.

Rafiee, G., Tavabe, K.R., Frinsko, M., Daniels, H., 2015. Effects of various sodium adsorption ratio (SAR) mediums on larval performance of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). *Aquaculture Research* 46(3), 725-735.

Rezaei Tavabe, K., Fallahpour, A., Haji Seyed Mohammad Shirazi, R., Yavar, M., 2018. Investigating the Effects of Different Levels of Ozonation on Physicochemical

www.SID.ir

Archive of SID

Parameters of Produced Wastewater of the Rainbow Trout Fish Culture. *Journal of Fisheries (Iranian Journal of Natural Resources)* 71(2), 74-89.

Rezaei Tavabe, K., Malekian, A., Afzali, A., Taya, A., 2017. Biological index and pollution assessment of Damghanroud river in the Semnan province *Desert* 22(1), 69-75.

Rezaei Tavabe, K., Pouryounes Abkenar, B., Rafiee, G., Frinsko, M., 2019. Effects of chronic lead and cadmium exposure on the oriental river prawn (*Macrobrachium nipponense*) in laboratory conditions. Comparative Biochemistry and Physiology Part C: *Toxicology & Pharmacology* 221(3), 21-28.

Rezaei Tavabe, K., Rafiee, G., Frinsko, M., Daniels, H., 2015. Interactions of different sodium and potassium concentrations on Macrobrachium rosenbergii (de Man) offspring quality parameters. *Aquaculture Research* 46(11), 2615-2627.

Rezaei Tavabe, K., Rafiee, G., Elhaghi, K., Mirvaghefi, A., Javanshir, A., 2018. Investigation of different treated urban wastewater concentrations effects on blood factors, cortisol hormone, liver and gill tissues of Common carp (*Cyprinus carpio*). *Journal of Aquatic Ecology* 8(2), 1-13.

Rezaei Tavabe, K., Zare Chahouki, M.A., Yazdanpanah, A., Vazirzadeh, A., 2010. Limnological and pollution study of Shahdadroud River, Kerman province. *Desert* 14(1), 21-26.

Rodregues, M.J., Serodes, J.B., 2001. Spatial and temporal evolution of trihalomrthanes in three water distribution systems. Water Resources 35(6), 1572-86.

Rodriguez, M.J., Serodes, J.B., Levallois, P., Proulx, F., 2007. Chlorinated disinfection by-products in drinking water according to source, treatment, season, and distribution location. *Journal of Environment Engineering Society* 6(4), 355-365.

Rosenthal, H. 1997. Environmental issues and the interaction of aquaculture with other competing resource users. *Aquaculture Association Journal* 2(1), 1-13.

Samadi, M.T., Nasseri, S., Mesdaghinia, A., Alizadefard, M.R., 2006. A comparative study on THMS removal efficiencies from drinking water through nanofiltration and air stripping packed-column. *Journal of Water and Wastewater* 57, 14-21.

Shariat Panahi, M., 1999. Principles and the quality of water and wastewater treatment. University of Tehran Press. Tehran. 312 p.

Smith, M.D., Roheim, C.A., Crowder, L.B., 2010. Sustainability and global seafood. *Science* 327(5), 784-786.

Sun, Y.X., Wu, Q.Y., Hu, H.Y., Tian, J., 2009. Effects of operating conditions on THMs and HAAs formation during wastewater chlorination. *Journal of Hazard* 168(2-3), 1290-1295.

www.SID.ir

Archive of SID

Tavabe, K.R., Rafiee, G., Frinsko, M., Daniels, H., 2013. Effects of different calcium and magnesium concentrations separately and in combination on *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) larviculture. *Aquaculture* 412–413(1), 160-166.

Toroz, I., Uyak, V., 2005. Seasonal variations of trihalomethanes (THMs) in water distribution networks of Istanbul City. *Desalination* 176(1-3), 127-41.

Yavar, M., Rezaei Tavabe, K., Taghavi, L., Karami, J., 2019. Investigation of different levels of reducing oxidation potential (ORP) on quality indices of warm-water aquaculture wastewater. *Aquaculture Sciences* 7(1), 59-67.

Yazdanbakhsh, A., Leili, M., Rezazadeh Azari, M., Masoudinejad, M., Majlesi, M., 2015. Chloroform concentration in drinking water of Tehran. *Journal of Mazandaran University Medical Science* 24(3), 102-13.

Zhian, H., 2008. Usage of ozonation on water treatment. *Human and Environment Journal* 7(2), 19-33.

www.SID.ir