بررسی پارامترهای کیفی آب ورودی و خروجی مزرعه پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) بر پارامترهای کیفی آب رودخانه ماسوله رودخان، استان گیلان

رضا فرضی[1]*، نجمه طبسی‌نژاد[2]، آذین احمدی[2]، سیدحامد موسوی‌ثابت[3] و جاوید ایمان‌پورنمین[3]

۱) دانشجوی دکتری شیلات، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.

*رایانامه نویسنده مسئول مکاتبات: r.farzi1371@gmail.com

۲) دانشجوی دکتری شیلات، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.

۳) دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۱۱

چکیده

در چند دهه اخیر احداث مزارع پرورش ماهی در حاشیه رودخانه‌ها افزایش چشمگیری یافته است. مطالعه حاضر با هدف بررسی کیفیت آب ورودی و خروجی مزرعه پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان و همچنین بررسی تاثیرات پساب مجموعه بر پارامترهای کیفی آب رودخانه ماسوله رودخان واقع در استان گیلان بود. برای انجام این آزمایش هر پانزده روز یک‌بار به مدت ۳ ماه (آبان، آذر و دی ماه سال ۱۳۹۹) از سه ایستگاه به‌ترتیب ایستگاه شاهد در محل ورودی کارگاه، ایستگاه دوم خروجی پساب کارگاه و ایستگاه سوم در فاصله کمتر از ۱۰۰ متر بعد از خروجی مزرعه نمونه‌برداری صورت گرفت. نتایج مطالعه نشان داد آب خروجی مزرعه بر فاکتورهای کیفی آب از قبیل دما، اسیدیته (pH)، اکسیژن محلول (DO)، نیتریت (NO2-)، نیترات (NO3-) و آمونیاک تاثیر معنی‌داری داشته است. میزان اکسیژن محلول در آب خروجی در دو ماه اول نمونه‌برداری (۰/۱۸ ± ۵/۷۵ میلی‌گرم درلیتر) نسبت به آب ورودی کاهش معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵) و مقادیر اسیدیته، نیترات، نیتریت و سختی آب در آب خروجی (به‌ترتیب ۰/۰۹ ± ۸/۲۳، ۰/۱۵ ± ۴/۸۳، ۰/۰۷ ± ۰/۰۹، ۰/۱۸ ± ۷/۵۵) نسبت به آب ورودی افزایش معنی‌داری نشان داد (P<۰/۰۵). همچنین مقایسه بین ایستگاه‌ها نشان داد ایستگاه سوم از آلودگی بیشتری نسبت به ایستگاه‌های دیگر برخوردار بود و با افزایش مسافت از خروجی میزان درجه آلودگی آب کم شد. با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه می‌توان این گونه بیان کرد خروجی مزرعه پرورش ماهی به خاطر استفاده از خوراک تجاری بی‌کیفیت، افزایش تراکم، افزایش فعالیت پرورشی در مجموعه بیشترین میزان آلودگی را نسبت به سایر ایستگاه‌ها دارد و با افزایش فاصله از مزرعه، به دلیل روند خودپالایی رودخانه از میزان درجه آلودگی آب کاسته می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اسیدیته، پارامتر کیفی آب، پساب، تراکم، *Oncorhynchus mykiss*

مقدمه

امروزه رشدروز افزون جمعیت انسانی به‌یکی از دغدغه‌های اساسی انسان امروزی تبدیل شده است و نیاز روز افزون مردم به مواد غذایی و اشتیاق به مصرف ماهی و سایر آبزیان و همچنین محدودیت ذخایر طبیعی ماهی، کار تولید و پرورش ماهی بسیار مورد توجه قرار گرفته است. در ایران نیز طرح‌های بسیاری برای پرورش ماهیان سردآبی و گرم‌آبی در نقاط مختلف در حال اجرا یا بهره‌برداری می‌باشد. ولی باید توجه داشت احداث و ایجاد بی‌رویه و بدون مطالعه این کارگاه‌ها می‌تواند باعث تغییر کیفیت و همچنین اثرات مخرب زیست محیطی را به همراه داشته باشد. تخلیه پساب این مزارع بدون هیچ تصفیه‌ای به زیستگاه‌های طبیعی اثرات مخرب‌کننده به

همراه داشته و سبب بر هم خوردن تعادل طبیعی بوم‌سازگان آبی می‌گردد (Forenshell, 2001; Costa Pierce, 2002; FAO, 2018).

حفاظت و مدیریت کارآمد از رودخانه‌ها به‌دلیل افت کیفی رودخانه‌ها در طی دهه‌های اخیر به یکی از چالش‌های اساسی تبدیل شده است. در میان فعالیت‌های انسانی، صنعت آبزی‌پروری به خصوص پرورش ماهیان سردآبی که اکثرا در بالادست رودخانه‌ها هستند، یکی از عوامل انتشار آلودگی در رودخانه‌ها است. بررسی‌ها حاکی از آن است که خسارات وارد شده زیست محیطی ناشی از این صنعت نشان می‌دهد این فعالیت منجر به رهاسازی مواد زاید متابولیکی تولید نظیر مدفوع، فضولات و غذای دست نخورده به درون محیط آبی شده که عمده‌ترین اثر این منابع، تولید فسفر و نیتروژن، افزایش فاکتورهای ذرات معلق کل (TSS) و اکسیژن خواهی بیوشیمیایی (BOD) است که رهاسازی آنها به طور بالقوه موجب افزایش مواد مغذی، افزایش بار آلودگی پساب حاصل و احتمالا متعاقب آن ایجاد پدیده تغذیه‌گرایی در محیط آبی شده است. همچنین این فعالیت‌ها ممکن است با انتشار ترکیبات قارچ‌کش، آنتی‌بیوتیک و همچنین برخی سموم مانند مالاشیت گرین به منابع آب سطحی، سبب بروز تهدیدات بهداشتی در مناطق پایین دست شوند (Tekinay *et al*., 2009). با این وجود باید به روش‌های تولید و پرورش توجه اساسی گردد تا اثرات منفی تولید در این صنعت کاهش یابد (Read *et al*., 2001).

از آنجایی که دستیابی به حداکثر تولید در محیط‌های آبی نیازمند مصرف مواد غذایی در مراکز پرورش ماهی می‌باشد، مواد غذایی مصرف نشده توسط آبزی مورد نظر به همراه فضولات و مواد دفعی آبزیان، سموم و داروهای مورد استفاده شامل کود حیوانی، کود فسفات، آمونیوم، کود ازت، سبب کاهش شدید کیفیت آب می‌گردند (Bagherian Kalae *et al*., 2010). با مرور تاریخ این صنعت اثرات مخرب آن بر محیط زیست مانند تخریب منابع طبیعی (زمین و آب)، تخلیه پساب و سایر جنبه‌های دیگر را می‌توان مشاهده نمود (De Silva, 2012; Edwards, 2015; Ottinger *et al*., 2016). تاثیرات منفی پرورش آبزیان به‌طور معمول ناشی از مصرف خوراک‌های تجاری، استفاده بیش از اندازه از مواد شیمیایی، انباشت مدفوع ماهی، تجزیه ماهی مرده و رسوب آنها که موجب اختلاط در ستون آب می‌شود، است (Lin & Yi, 2003).

پساب‌های استخرهای پرورش ماهی معمولا موجب افزایش میزان آمونیوم، نیتریت، نیترات و اورتوفسفات در آب رودخانه ها می‌شوند (Camargo *et al*., 2011) و از سوی دیگر موجب تغییرات میزان اکسیژن محلول آب رودخانه می‌گردند (Dumas & Bregheim, 2000). با توجه به اینکه در طول مسیر حرکت رودخانه به دلیل شرایط فیزیکوشیمیایی و زیستی آب رودخانه، بخش قابل توجهی از بار آلودگی به تدریج کاسته می‌شود، بنابراین ظرفیت خودپالایی رودخانه از عوامل مهمی است که تراکم آبزی‌پروری را در بخش مختلف تعیین می‌نماید (Tayebi & Sobhanardakani, 2012). خروجی آب پرورش ماهی معمولا شامل غلظت بالای از نیتروژن و فسفر می‌باشد که می‌تواند بر آب‌های جاری در امتداد خروجی استخرها تاثیرات منفی داشته باشند (Morata *et al*., 2015). علاوه بر این، تجزیه مواد ارگانیک، خوراک مورد مصرف قرار نگرفته، مدفوع ماهی و لاشه ماهیان ممکن است موجب کاهش و کمبود جدی اکسیژن آب گردد که در نتیجه بقای آبزیان را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Chen *et al*., 2014; Farrelly *et al*., 2015). سیستم های مختلف آبزی‌پروری می‌تواند اثرات زیست محیطی مختلفی داشته باشد، زیرا در تراکم های مختلف ماهی، استراتژی تغذیه و شدت تغذیه مدیریت متفاوت است (Cao *et al*., 2007; Cai *et al*., 2013). مطالعات فراوانی در زمینه احداث استخرهای پرورش ماهی بر رودخانه‌ها و اثرات زیست محیطی آنها بر اکوسیستم آبی در جهان انجام شده است (Bergheim & Brinker, 2003). پی بردن به میزان فاکتورهای فیزیکوشیمیایی پساب‌های استخر پرورش ماهی که به منابع آبی رها می‌شوند و همچنین تعیین میزان تاثیر صنعت آبزی‌پروری بر روی این پارامترها، اطلاعات ارزنده‌ای جهت تنظیم مقررات حفاظت از محیط زیست در اختیار مدیران قرار می‌دهد. با توجه به اطلاعات استخراج شده از این مطالعات، پرورش‌دهندگان ملزم به توسعه سیستم‌های تصفیه آب خروجی استخرها و همچنین بهبود کیفی شرایط محیطی در منابع آبی خواهند شد (Pulatsu *et al*., 2004).

دغدغه‌های اصلی در رابطه با پساب استخرهای پرورش ماهی به دو فاکتور مهم و اساسی ارتباط دارد. یکی حداکثر

میزان غذای وارد شده به سیستم پرورشی و دیگری ورود این پساب به اکوسیستم‌های پذیرنده می‌باشد. ترکیب شیمیایی پساب‌های جامد (P, N, C) و خصوصیات فیزیکی آنها (اندازه، تراکم و غیره) به ترکیب غذای مورد استفاده و ماهی پرورشی (گونه و چرخه تولید) وابسته است. مدفوع ماهیان موجود در آب به همراه مواد جامد و مواد حل‌شده مانند فسفر، کلسیم و همچنین ترکیبات مختلفی از کلیه و آبشش ماهیان پرورشی دفع می‌گردد که با قابلیت حل شدن در آب ارتباط دارد (Kaushik, 1998). دو فاکتور فیزیکی و شیمیایی آب از پارامترهای مهم تشخیص کیفیت آب می‌باشند. افزایش و کاهش هر یک از پارامترهای کیفی آب از قبیل اکسیژن محلول، غلظت بالای ترکیبات نیتروژنی (آمونیوم، آمونیاک، نیترات و نیتریت) و سطح بالای هیدروژن سولفید، افزایش یا کاهش میزان اکسیژن محلول موجب مرگ و میر در استخرهای پرورش ماهی می‌گردد (Krom *et al*., 1985). از همین رو بررسی کیفیت آب رودخانه می‌تواند مهمترین گام در اعمال یک مدیریت صحیح کیفی به منظور رفع مشکل آلودگی باشد، زیرا دیدگاه یک فرد را نسبت به روند و چگونگی تغییرات آلودگی در هر زمان و مکان و شرایط خاص روشن می‌کند (عباسپور، ۱۳۷۷). اطلاع و آگاهی از وضعیت کیفی آب‌های سطحی این امکان را فراهم می‌آورد تا ضمن استفاده از آن در موارد مختلف، شیوه‌هایی اتخاذ شود تا کمترین میزان آسیب به این منابع وارد گردد. تکنیک‌های مختلفی برای سنجش کیفیت آب‌های سطحی در جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد (اسداله فردی، ۱۳۸۳) که بررسی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی آب‌ها از مهمترین این تکنیک‌ها به شمار می‌رود.

از مطالعات صورت گرفته در خصوص ارزیابی کیفی آب رودخانه‌ها با استفاده از پایش ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی در ایران می‌توان به مطالعه جانبازی و گرجیان‌عربی (۱۳۹۲) بر رودخانه کسلیان سوادکوه؛ عباس‌پور و همکاران (۱۳۹۲) تعیین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه خراسان؛ حسینی و همکاران (۱۳۹۲) تاثیر پساب مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب رودخانه ریجاب (استان کرمانشاه)؛ سبحان‌اردکانی و همکاران (۱۳۹۳) تاثیر پساب کارگاه تکثیر و پرورش ماهی بر کیفیت فیزیکوشیمیایی آب رودخانه کبکیان؛ و در مطالعه دیگری که طیبی و سبحان‌اردکانی (۱۳۹۱) به تاثیر کارگاه‌های تکثیر و پرورش ماهی قزل‌آلا بر کیفیت آب رودخانه گاماسیاب پرداختند و همچنین به مطالعه سرخوش و همکاران (۱۳۹٦) که با هدف اثر پساب مزرعه پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان قزل کاج بر کیفیت آب رودخانه هراز پرداختند را اشاره نمود. از سوی دیگر در خارج از کشور هم مطالعاتی در این زمینه صورت گرفته که از آن جمله می‌توان به مطالعه Mobin و همکاران (۲۰۱٤) در رودخانه توراگ بنگلادش و همچنین می‌توان به مطالعه Khalik و همکاران (۲۰۱۳) بر روی کیفیت آب از طریق ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی در رودخانه برتام مالزی اشاره کرد.

تا کنون مطالعه‌ای به‌منظور بررسی پارامترهای کیفی آب ورودی و خروجی مزرعه پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*) بر کیفیت آب رودخانه ماسوله رودخان انجام نشده است و همچنین با توجه به اینکه در پایین‌دست رودخانه بومی‌های منطقه حضور دارند و از آب این رودخانه به‌عنوان آب شرب، آبیاری گیاهان، آب‌دهی دام و طیور و غیره مورد مصرف قرار می‌دهند، بنابراین بررسی وضعیت کیفی این رودخانه که به وسیله پساب مزارع پرورش ماهی تغییر کرده می‌تواند کمک شایانی به پرورش‌دهندگان در جهت پیشبرد اهداف‌شان باشد. بدین منظور پژوهش حاضر بر آن شد تا تاثیر پساب استخر پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*) را بر کیفیت آب رودخانه ماسوله در مدت سه ماه مورد ارزیابی قرار دهد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه بر روی مزرعه پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان واقع در استان گیلان، شهرستان ماسوله در سال ۱۳۹۹ انجام گرفت. آب مزرعه این مجموعه از یک دهنه چشمه به حجم آبدهی ۸۰ لیتر در ثانیه تامین می‌گردد. آب خروجی به رودخانه‌ای که در مسیر مزرعه جریان دارد، وارد می‌شود. ظرفیت تولید این مزرعه پرورش ماهی ۳۰ تن ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، ۳۰۰ تا ۸۰۰ گرمی در سال می‌باشد. این مطالعه بر روی ٦ استخر بتنی حوضچه دراز مورد مطالعه قرار گرفت. این آزمایش هر پانزده روز یک‌بار به مدت ۳ ماه (آبان، آذر و دی ماه سال ۱۳۹۹) از سه ایستگاه به‌ترتیب ایستگاه شاهد در محل ورودی کارگاه، ایستگاه دوم خروجی پساب کارگاه و ایستگاه

سوم در فاصله کمتر از ۱۰۰ متر بعد از خروجی مزرعه نمونه برداری صورت گرفت. مقایسه معیارهای کیفی آب نظیر دما، میزان اکسیژن حل شده، کل جامدات معلق موجود در آب، میزان نیتریت، نیترات، آمونیاک و pH بین آب ورودی و آب خروجی استخرها در تیمارهای زمانی مختلف (٦ تیمار زمانی: هر ۱۵ روز یک‌بار از آبان ماه تا اواخر دی ماه) صورت گرفت.

بررسی معیارهای کیفی آب

به‌منظور بررسی معیارهای کیفی آب و تاثیرات عملیات پرورش ماهی بر تغییرات معیارهای کیفی آب و همچنین تعیین میزان تاثیر آلاینده‌ها ناشی از پسماندهای ماهیان پرورشی بر کیفیت آب مورد استفاده، این مطالعه در طول یک دوره ۹۰ روزه (۳ ماهه) از آبان ماه تا دی ماه ۱۳۹۹ صورت پذیرفت.

روش نمونه‌برداری

نمونه‌های آب با استفاده از ظروف پلاستیکی تمیز و شسته شده و در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد برای اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکوشیمیایی و میزان گازهای محلول موجود در آب به اتاقک مخصوص (آزمایشگاه خود مجموعه) انتقال داده شد. نمونه‌های آب در تمامی زمان‌های نمونه‌برداری تحت شرایط یکسان از نظر غذادهی، بعد از غذادهی اول (Stewart *et al*., 2006) و عموما در ساعات ۸ تا ۱۰ صبح جمع‌آوری شدند (Boaventura *et al*., 1997). دمای هوا و آب ورودی و خروجی به وسیله دماسنج در سر استخر اندازه‌گیری شد. اسیدیته با استفاده از pH متر مدل ۸۲۸ بلافاصله پس از کالیبره شدن اندازه‌گیری شد (Jha *et al*., 2008). میزان TSS با استفاده از فیلتر کردن حدودا ۵ لیتر از نمونه آب روی کاغذ صافی با چشمه ریز (۰/٤۵ میکرومتر) که از قبل با استفاده از ترازو با دقت ۰/۰۱ گرم وزن شده بودند، اندازه‌گیری شد. پس از اتمام عمل فیلتراسیون کاغذ صافی در آون با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲۰ دقیقه خشک شده و دوباره با استفاده از همان ترازو با دقت بیان شده وزن گردید و سپس اختلاف وزن ثانویه و اولیه نشانگر میزان کل جامدات معلق در آب ورودی و خروجی مزرعه می‌باشد (Nordvarg & Johansson, 2002). مقادیر غلظت‌های اکسیژن محلول با اکسیژن متر اکسی‌گارد، آمونیاک، نیترات و نیتریت نیز با استفاده از دستگاه فتومتر مدل HI83200 ساخت شرکت هانا اندازه‌گیری شد (Mmochi *et al*., 2002).

تجزیه و تحلیل آماری

از نرم‌افزار SPSS (Version 22, IBM, Armonk, NY, USA) برای آنالیز آماری استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از روش آنالیز واریانس یک‌طرفه (One - way ANOVA) انجام شد. ابتدا برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون Kolmogorov-Smirnov و همگنی داده‌ها با آزمون Levene مورد بررسی قرار گرفت، سپس وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین داده‌ها از آزمون چنددامنه‌ای Tukey در سطح ۵ درصد استفاده شد.

نتایج

نتایج این مطالعه نشان داد که معیارهای کیفی آب در زمان های مختلف نمونه‌برداری از سطوح متفاوتی برخوردار بودند و این تغییرات در برخی از پارامترها نیز از نظر آماری معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). تغییرات دمای آب در طول این سه ماه از ۷ تا ۱۸ درجه سانتی‌گراد متغیر بود. دمای آب ورودی، خروجی استخر و همچنین ایستگاه سوم در آخرین ماه نمونه‌برداری تفاوت بارزتری نسبت به ماه‌های دیگر نشان داد. جداول ۱ و ۲ نشان دادند در نمونه‌برداری‌های دو ماه اول میزان اکسیژن ورودی بیشتر از خروجی بود اما این در حالی بود که در ماه آخر (دی) میزان اکسیژن در خروجی دیگر افزایش داشت و میزان اسیدیته آب مزرعه پرورشی از آب ورودی به خروجی افزایش معنی‌داری نشان داد (P<۰/۰۵). همان‌گونه که در جدول (۱) مشاهده می‌شود اسیدیته آب ورودی در هیچ یک از زمان های نمونه‌برداری اختلاف معنی‌دار نشان نداد. اما همان‌طور که در جدول (۲) مشاهده می‌شود میزان اسیدیته آب خروجی افزایش نشان داد که این افزایش معنی‌دار بیشتر در نمونه‌برداری اول هر ماه مشاهده گردید. مقدار کل جامدات معلق موجود در آب مزرعه بین آب ورودی و خروجی اختلاف معنی‌داری نشان داد (P<۰/۰۵)، به‌طوری‌که بیشترین میزان آن در خروجی نشان داد. نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقادیر نیتریت و نیترات در آب خروجی مزرعه نسبت به آب ورودی اختلاف معنی‌داری نشان داد (P<۰/۰۵) (جدول ۲).

جدول ۱. تغییرات پارامتر کیفی آب ورودی (شاهد) استخرهای پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در زمان‌های مختف نمونه‌برداری (آبان- دی ۱۳۹۹)

پارامترها (mg/l)	نمونه‌برداری ۱	نمونه‌برداری ۲	نمونه‌برداری ۳	نمونه‌برداری ٤	نمونه‌برداری ٥	نمونه‌برداری ٦
DO	۸/۷۷ ± ۰/۱۲	۸/۷۰ ± ۰/۱۵	۸/٦۳ ± ۰/۱۵	۸/۵۰ ± ۰/۱۰	۸/۹۰ ± ۰/۲۱	۸/۷۳ ± ۰/۰۹
pH	۷/۸۰ ± ۰/۰٦	۷/٦۷ ± ۰/۰۹	۷/۷۳ ± ۰/۰۷	۷/۷۳ ± ۰/۱۲	۷/۵۷ ± ۰/۱۵	۷/۵۰ ± ۰/۲۱
TSS	۵/٤۷ ± ۰/۰۹^{ab}	۵/۳۷ ± ۰/۱۵^{ab}	۵/٤۷ ± ۰/۱۲^{ab}	٦/۲۳ ± ۰/۱۲^{a}	۳/۰۷ ± ۰/۰۹^{ab}	۲/۹۰ ± ۰/۰٦^{b}
NO2-	۰/۰۱ ± ۰/۰۰	۰/۰۱ ± ۰/۰۰	۰/۰ ± ۰/۰۰	۰/۰۲ ± ۰/۰۰	۰/۰۲ ± ۰/۰۱	۰/۰۱ ± ۰/۰۱
NO3-	۷/٤۳ ± ۰/۰۹^{a}	۷/۳۷ ± ۰/۰۹^{ab}	۳/۳۳ ± ۰/۰۷^{b}	۳/٤۳ ± ۰/۰۹^{ab}	۵/۵۰ ± ۰/۰٦^{ab}	۵/۲۰ ± ۰/۲۱^{ab}

حروف متفاوت در هر ردیف، نشانه وجود تفاوت آماری معنی‌دار میان تیمارها است (P<۰/۰۵).

جدول ۲. تغییرات پارامتر کیفی آب خروجی (ایستگاه دوم) استخرهای پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در زمان‌های مختف نمونه‌برداری (آبان- دی ۱۳۹۹)

پارامترها (mg/l)	نمونه‌برداری ۱	نمونه‌برداری ۲	نمونه‌برداری ۳	نمونه‌برداری ٤	نمونه‌برداری ٥	نمونه‌برداری ٦
DO	۵/۱۰ ± ۰/٤۵b	٦/۲۳ ± ۰/۰۹ab	۵/۸۰ ± ۰/۱۲ab	۵/۸۷ ± ۰/۱۵ab	٦/۸۳ ± ۰/۱۲a	٦/۰۷ ± ۰/۱۵ab
pH	۸/۲۷ ± ۰/۰۹ab	۷/۹۷ ± ۰/۱۲ab	۸/۲۳ ± ۰/۰۹ab	۷/۹۰ ± ۰/۰٦b	۸/۳۷ ± ۰/۰۹a	۷/۹۰ ± ۰/۰٦b
TSS	٦/۹۰ ± ۰/۱۲b	۷/٤۳ ± ۰/۰۹ab	۷/۳۳ ± ۰/۰۹ab	۸/٦۳ ± ۰/۱۵a	۷/۷۳ ± ۰/۰۹ab	۸/۰۷ ± ۰/۱۵ab
NO2-	۰/۰۷ ± ۰/۰۱	۰/۰٦ ± ۰/۰۳	۰/۰۹ ± ۰/۰۱	۰/۱۱ ± ۰/۰۲	۰/۰۹ ± ۰/۲٦	۰/۱۰ ± ۰/۰۲
NO3-	۸/۳۳ ± ۰/۲٦ab	۸/۸۷ ± ۰/۱۲ab	٤/۸۳ ± ۰/۱۵b	۵/۰۷ ± ۰/۰۹ab	۷/۰۷ ± ۰/۰۹ab	۸/۵۰ ± ۰/۱۲a

حروف متفاوت در هر ردیف، نشانه وجود تفاوت آماری معنی‌دار میان تیمارها است (P<۰/۰۵).

با توجه به جدول (۳) میزان اکسیژن در رودخانه بیشتر از خروجی مجموعه بود. میزان اسیدیته ایستگاه سوم نسبت به خروجی کاهش معنی‌داری نشان داد (P<۰/۰۵). همان‌گونه که در جدول (۳) مشاهده می‌شود اسیدیته آب رودخانه مورد مطالعه در هیچ یک از زمان‌های نمونه‌برداری اختلاف معنی‌داری نشان نداد. مقدار کل جامدات معلق در ایستگاه سوم نسبت به ایستگاه دوم کمتر ولی میزان مواد معلق در ایستگاه دوم نسبت به این ایستگاه بیشتر بود (P<۰/۰۵). نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقادیر نیتریت و نیترات در ایستگاه سوم نسبت به آب ورودی و همچنین خروجی اختلاف معنی‌داری نشان داد (P<۰/۰۵) (جدول ۳).

جدول ۳. تغییرات پارامتر کیفی (ایستگاه سوم) استخرهای پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در زمان‌های مختف نمونه‌برداری (آبان- دی ۱۳۹۹)

پارامترها (mg/l)	نمونه‌برداری ۱	نمونه‌برداری ۲	نمونه‌برداری ۳	نمونه‌برداری ٤	نمونه‌برداری ٥	نمونه‌برداری ٦
DO	۸/۷۲ ± ۰/۱۰	۸/۱۱ ± ۰/۱۱	۸/۰۱ ± ۰/۰۱	±۳۷/۸ ۰/۱۸	۸/۱۰ ± ۰/۱٤	۸/٤۲ ± ۰/۱٤
pH	۷/۱۰ ± ۰/۱٤	۷/۳۷ ± ۰/۲۹	۷/۳۳ ± ۰/۲۱	۷/۰۳ ± ۰/۲۷	۷/۱۳ ± ۰/٤۲	۷/۱۰ ± ۰/۱۲
TSS	٦/۱۷ ± ۰/۱۹ab	٦/۲۷ ± ۰/۱۱ab	٦/۱۰ ± ۰/۱۷b	۷/۱۳ ± ۰/۲۲ab	۸/۱۷ ± ۰/۲۱a	۷/۲۷ ± ۰/۱٤ab
NO2-	۰/۰۸ ± ۰/۰۳	۰/۰۷ ± ۰/۱۰	۰/۰۸ ± ۰/۲٤	۰/۰۸ ± ۰/۱۸	۰/۰۸ ± ۰/۱۲	۰/۰۸ ± ۰/۰۱
NO3-	۹/۰۳ ± ۰/۱٤ab	۹/٦۷ ± ۰/۱۰a	٦/۵۲ ± ۰/۱۵b	۷/۵۷ ± ۰/۳۲ab	۷/۷۲ ± ۰/۲۸ab	۸/۵٦ ± ۰/۱۲ab

حروف متفاوت در هر ردیف، نشانه وجود تفاوت آماری معنی‌دار میان تیمارها است (P<۰/۰۵).

بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج مطالعه حاضر میزان اکسیژن حل شده در آب در تمامی نمونه‌برداری‌ها تغییرات معنی‌داری را نشان داد. به‌طوری‌که در ایستگاه‌های مورد مطالعه از مقدار بالایی بین ۷ تا ۹ ثبت شد. دو ماه اول نمونه‌برداری در آب ورودی نسبت به خروجی استخرها اکسیژن محلول بیشتر بود. در صورتی که در ماه آخر نمونه‌برداری‌های صورت گرفته نسبت اکسیژن در آب خروجی نسبت به آب ورودی بیشتر مشاهده شد. در مطالعه‌ای

که Varedi و همکاران (۲۰۱۰) غلظت اکسیژن در پساب مزارع پرورش ماهی قزل‌آلا نسبت به آب ورودی مزارع پرورش ماهی کاهش یافته بود ولی این کاهش از لحاظ آماری دارای اختلاف معنی‌دار نبود که با نتایج مطالعه حاضر مغایرت داشت. این امر به دلیل آنکه در رودخانه هراز غلظت نسبتا بالای اکسیژن در همه نقاط و حتی در پایین‌دست مزارع پرورش ماهی احتمالا به خاطر اینکه رودخانه هراز دارای یک بستر سنگلاخی با شیب بالاست، فرآیند هواددهی به‌صورت مکانیکی انجام می‌گردد. در دیگر مطالعه‌ای که توسط سرخوش و همکاران (۱۳۹۶) انجام شد مقدار اکسیژن از میزان بالایی (بین ۷ تا ۹) مانند مطالعه حاضر برخوردار بود. دلیل این امر آن است که میزانی از اکسیژن را زاویه تابش خورشید و ایجاد سایه در بالادست رودخانه توسط کوه‌های اطراف در زمان نمونه‌برداری و اندازه‌گیری فاکتورها سبب شده است که مقدار عددی اکسیژن در خروجی در فصل پاییز بیشترین مقدار بود و با تکرار این عمل در زمان‌های دیگر مقدار اکسیژن در خروجی کاهش یافته است که در مطالعه کنونی نیز همین موارد مشاهده شد. دلیل دیگر افزایش اکسیژن در خروجی را می‌توان کاهش میزان تراکم ماهی در استخرها ذکر کرد.

این تغییرات در میزان اکسیژن محلول می‌تواند به تغییرات زاویه تابش نور خورشید (که با افزایش میزان دمای آب توانایی انحلال گازها نیز در آب کمتر می‌شود و برعکس) و همچنین میزان مواد محلول در آب و همچنین میزان مصرف‌کننده‌ها از اکسیژن وابسته دانست (ملک‌زاد و شهامت، ۱۳۷۶). همچنین پارامترهایی نظیر فعالیت باکتری‌های هوازی که در فصول سال تحت تاثیر دمای آب بود نیز قابل اشاره است (خطیب و همکاران، ۱۳۸۷). که با کاهش دما در فصول مختلف سال فعالیت آنها کاهش یافته در نتیجه میزان اکسیژن کمتری مورد مصرف قرار گرفته و موجب افزایش اکسیزن آب می‌گردد. افزایش بیوماس ماهی و بیشتر شدن فعالیت‌های مزرعه‌های پرورش وارده نشده ماهی و تولیدات محصولات جانبی از دیگر عوامل موثر به غیر از موارد فوق‌الذکر در کاهش غلظت اکسیژن هستند که این نتایج در تحقیقات محققین دیگر نیز گزارش شده است (Pulatsu *et al*., 2004; McDaniel *et al*., 2005). مطالعات نشان داد تخلیه اکسیژن آب با رسوب مواد ارگانیکی غنی همراه است (Srithongouthai & Tada, 2017). تجزیه مواد آلی و همچنین فعالیت‌های بیولوژیکی درون رسوبات می توانند مقادیر زیادی از اکسیژن محلول را مصرف کنند (Srithongouthai & Tada, 2017). مطالعات متعددی نشان داده است افزایش میزان تراکم ماهی می‌تواند بر روی میزان اکسیژن محلول آب اثر گذارد (Zhou, 2012; Morata *et al*., 2015). فعالیت‌های آبزی‌پروری موجب افزایش مواد آلی در ستون آب می‌شود که در نتیجه افزایش آن موجب بالا رفتن غلظت COD در آب می‌گردد (Wang *et al*., 2018). میزان اکسیژن موجود در آب با افزایش تعداد ماهی در اثر مصرف اکسیژن توسط ماهی و همچنین حضور و شرکت برخی واکنش‌های تجزیه‌ای در قسمت خروجی کاهش می‌یابد. تغذیه ماهیان و به دنبال آن فرآیند هضم موجب افزایش نرخ مصرف اکسیژن آب توسط ماهیان تا ۵۰ درصد و حتی بیشتر نیز می‌گردد (Wedemeyer, 1996).

از دیگر پارامترهای کیفی مهم در بحث آب می‌توان به pH اشاره نمود که تحت تاثیر مستقیم (به واسطه غلظت یون اسیدی یا بازی) و غیرمستقیم (انحلال مواد سمی در آب و یا تبدیل کیفی مواد نظیر تبدیل آمونیوم به آمونیاک) بر محیط آبی و موجودات آبزی دارد (نادری‌جلودار و همکاران، ۱۳۸۵). همان طور که در نتایج آمد میزان اسیدیته در آب خروجی نسبت به آب ورودی و همچنین ایستگاه سوم افزایش معنی‌داری داشت اما این اختلاف بین ایستگاه‌ها در حدود استاندارد پرورش ماهی (۶/۵ تا ۹/۵) قرار داشت (Boyd & Gautier, 2000). سرخوش و همکاران (۱۳۹۶) بیان نمودند میزان متوسط PH در پساب خروجی مزارع پرورش در مقایسه با آب ورودی به صورت معنی‌داری کاهش یافته که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد. بر خلاف نتایج مطالعه کنونی در پژوهش Varedi و همکاران (۲۰۱۰) از لحاظ PH اختلاف معنی‌دار آماری بین ایستگاه‌های مختلف در رودخانه هراز مشاهده نشد که این امر می‌تواند به علت تفاوت در خصوصیات اکولوژیک مناطق مختلف مطالعاتی باشد.

همان‌طور که در بخش نتایج به افزایش مواد جامد معلق اشاره شد که از سمت ورودی به سمت خروجی افزیش داشت، دلیل این امر را می‌توان این گونه بیان نمود که آب ورودی عاری از آلودگی و میزان کم مواد معلق جامد مورد مصرف ماهی قرار می‌گیرد ولی در نهایت میزان آلودگی و مواد معلق

در آب خروجی به دلایلی همانند مدفوع ماهی، غذاهای خورده نشده و دیگر ترکیبات، افزایش می‌یابد. افزایش مواد جامد معلق در آب خروجی همان‌طور که در نمونه‌برداری‌ها ملاحظه شد دوره‌ای است و در زمان‌های غذادهی، برداشت، شستشو استخر و دیگر فعالیت‌های مزرعه بیشتر می‌شود. در نتیجه می‌توان بیان کرد با افزایش مواد معلق در آب خروجی میزان غلظت‌های آمونیاک، نیترات و نیتریت افزایش معنی‌دار خواهد یافت و برعکس. تراکم ماهی یکی از مهمترین عوامل تعیین‌کننده در تمام منابع آبی پرورش آبزیان در بحث افزایش رسوبات می‌باشد که در نتیجه فعالیت ماهی به‌طور مستقیم از طریق رسوب‌گذاری باعث افزایش کدورت آب می‌شود (Braig & Johnson, 2003; Bajer & Sorensen, 2015).

در مطالعه حاضر میزان آمونیاک از آب ورودی به آب خروجی به‌طور معنی‌داری افزایش داشت که یکی از مهمترین دلایل اصلی افزایش این میزان در خروجی می‌تواند به‌خاطر افزایش فعالیت‌های پرورشی استخر و به دنبال آن زیاد شدن تراکم ماهی موجود، همچنین استفاده بیش از اندازه داروهای شیشمایی به همراه مواد غذایی باشد. در مطالعه اکثر محققین نیز به این موضوع اشاره شده است و با مطالعه حاضر نیز همخوانی دارد (Kirkajaic *et al*., 2009; Rahimibashar *et al*., 2012). همان‌گونه که در نتایج نیز به افزایش نیترات و نیتریت در خروجی آب اشاره شد، دلیل این افزایش را در مزرعه پرورشی می‌توان با شدت گرفتن فعالیت و رشد ماهی بیان نمود. این مقادیر در طول نمونه‌برداری همراه نوساناتی بود که دلیل آن شرایط متفاوت اکسیژن محلول در آب و عمل نیتریفیکاسیون می‌باشد. آمونیاک شکل سمی از نیتروژن است که در اثر شکسته شدن پروتئین‌ها در آبزیان و از طریق تجزیه باکتریایی مواد آلی ناشی از مواد غذایی یا زی‌توده گیاهان آبی وارد محیط آب می‌شود. آمونیاک در مقادیر کم باعث تغییرات فیزیولوژیکی و ریخت‌شناسی و در مقادیر بالا باعث تلفات آبزیان می‌شود (اسماعیلی‌ساری، ۱۳۷۹). نیتریت نیز در استخرهای پرورش ماهی بر اثر فرآیند نیتریفیکاسیون از آمونیاک تولید می‌شود (Campbell, 1999).

از طرف دیگر این دو ترکیب به خودی خود و همچنین در اثر تبدیل به آمونیوم و نیترات باعث پدیده نیتریفیکاسیون در محیط‌های آبی می‌شوند که بر آب آشامیدنی انسان تاثیر نامطلوب دارد (Zhang *et al*., 2008). پدیده نیتریفیکاسیون به میزان قابل توجهی در دیواره استخر پرورش ماهی یا سایر قسمت‌ها انجام می‌شود. با توجه به اینکه ماهیان تولید آمونیاک می‌کنند ولی بخش بسیار عمده‌ای از آن به نیترات که سمیت کمتری داشته، تبدیل شده و مصرف اکسیژن را نیز به دنبال خواهد داشت. نتایج مطالعه حاضر با مطالعه Selong و Helfrich (۲۰۰۲) که بر روی اثر پنج مزرعه پرورش ماهی قزل‌آلا بر کیفیت آب رودخانه هدواتر در ویرجینیا انجام شد، نتایج نشان داد غلظت یون‌های آمونیوم، نیتریت و نیترات به‌طور چشمگیری در پایین‌دست رودخانه افزایش یافته است و همچنین در مطالعه دیگری Loch و همکاران (۱۹۹۶) اعلام نمودند با افزایش غلظت یون‌های آمونیوم، نیتریت و نیترات در نتیجه افزایش فعالیت آبزی‌پروری مزرعه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان روی رودخانه‌های کارولینای شمالی مواجه شدند که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارند. در یک سیستم پرورشی متراکم، سمیت ترکیبات نیتروژنی دفع شده اغلب یک عامل محدودکننده به حساب می‌آید (Bradfield, 1985). از منابع اصلی تولید آمونیاک، نیترات، نیتریت، فسفات و دیگر مواد معدنی دفع ترکیبات نیتروژنی توسط ماهی پرورشی و تجزیه‌کننده‌های میکروبی مواد آلی از باقی مانده غذا است (Hall *et al*., 1992). فرآیند دفع ترکیبات نیتروژنی در ماهی نتیجه پاسخ سریع نسبت به هضم غذا است که از کل این ترکیبات حدود ۹۰-۷۰ درصد آن به صورت نیتروژن دفع می گردد. دفع آمونیاک و آمونیوم نتیجه متابولیسم پروتئین هضم شده موجود در غذا است که نرخ دفع با توجه به میزان نیتروژن هضم شده، دما و گونه ماهی تعیین می‌شود (Ramnarine *et al*., 1987).

در نهایت رودخانه‌ها به دلیل اینکه یکی از منابع اساسی برای تامین آب برای تمام امور بشری نظیر کشاورزی، شرب و همچنین مصارف صنعتی مطرح و مورد نیاز هستند، نتایج بررسی کیفیت آب رودخانه‌ها در ایران نشان داد وضعیت رودخانه‌های ایران در فصول و ماه‌های مختلف از نظر کیفیت متغیر است و در طبقه‌های خوب تا بد قرار گرفته است و بسته به مکان این نتایج کاملا با یکدیگر متفاوت است. محققین عواملی همچون فعالیت کشاورزی، تخلیه فاضلاب و استخرهای پرورش ماهی را مهمترین منابع آلودگی رودخانه‌های ایران

عنوان کرده‌اند (Sabahi *et al*., 2010؛ صمدی، ۱۳۹٤؛ مروج و همکاران، ۱۳۹٦؛ آقاجانلو و همکاران، ۱٤۰۱). با توجه به نتایج این مطالعه که نشان داد پساب خروجی پرورش ماهی همراه با تغییراتی بوده است که با ورود این آب به اکوسیستم طبیعی، بدون تصفیه سبب تغییر در پارامترهای کیفی آب رودخانه‌ها و در نهایت سبب یوتروفی شدن آب تالاب‌ها و همچنین سایر منابع آبی موجود در مسیر خواهد شد، به طور کلی می‌توان گفت در تمام مزرعه‌های تولید ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان باید سیستم تصیفه آب خروجی فعال باشد تا از خروج آب بی-کیفیت به رودخانه جلوگیری به عمل آید که این امر نیازمند اجرای قوانین و دستورالعمل‌های سخت‌گیرانه‌ای است تا از خسارات آن بر بوم‌سازگان رودخانه و همچنین تالاب‌های کشور جلوگیری شود.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله نویسندگان این مقاله از پرسنل محترم مجموعه پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان ماسوله و همچنین بومیان ساکن اطراف رودخانه ماسوله رودخان که در مراحل انجام پژوهش حاضر همکاری و مساعدت کردند، کمال تشکر را دارند.

منابع

اسداله‌فردی، غ.ر.، افشار، ع. و شیخستانی، ن. (۱۳۸۳) مروری بر شاخص‌های کیفی آب‌های سطحی و کاربرد آن در ارزیابی آسیب‌پذیری کیفی و پهنه‌بندی رودخانه‌ها. مهندسی عمران شریف، ۲۰(۲۷): ۷۷-۸۷.

اسماعیلی‌ساری، ع. (۱۳۷۹) مبانی مدیریت کیفی آب در آبزی پروری. تهران، انتشارات مؤسسه تحقیقات شیلات ایران، ۲٦۰ صفحه.

آقاجانلو، ک.، حاجی‌زاده، ا. و آریایی‌زاده، س. (۱٤۰۱) ارزیابی کیفیت آب رودخانه کارون بر پایه شاخص‌های WAWQI و IRWQI در دو ایستگاه ملاثانی و اهواز. تحقیقات آب و خاک ایران، ۵۳(۲): ۳٦۷-۳۸۰.

جانبازی، ا. و گرجیان‌عربی، م.ح. (۱۳۹۲) ارزیابی کیفیت آب رودخانه کسلیان سوادکوه بر اساس پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و هیدرولوژیک. فصلنامه علمی- پژوهشی اکوبیولوژی تالاب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، ۵(٦۳): ۱٦-۱.

حسینی، س.ح.، سجادی، م.م.، کامرانی، ا.، سوری‌نژاد، ا. و رنجبر، ح. (۱۳۹۲) تاثیر پساب مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر پارامترهای فیزیک و شیمیایی آب رودخانه ریجاب، استان کرمانشاه. مجله بوم‌شناسی آبزیان، ۲(٤): ۳۹-۲۹.

خطیب، س.، قانع، ا. و نهرور، م.ر. (۱۳۸۷) بررسی میزان آلودگی کلیفرمی رودخانه شفارود در غرب استان گیلان. نشریه فن‌آوری‌های نوین در توسعه آبزی‌پروری، ۲(۱): ۷۳-۸۳.

سبحان‌اردکانی، س.، محرابی، ز. و احتشامی، م. (۱۳۹۳) ارزیابی تاثیر پساب کارگاه‌های تکثیر و پرورش ماهی بر کیفیت فیزیک و شیمیایی آب رودخانه کبکیان در سال ۱۳۹۰. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ۲٤(۱۱۳): ۱٤۰-۱٤۹.

سرخوش، س.، پاتیمار، ر. و جعفریان، ح. (۱۳۹٦) اثرات کارگاه پرورش ماهی سردآبی قزل کاج بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آب رودخانه هراز. نشریه فناوری‌های نوین در توسعه آبزی‌پروری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد آزادشهر، ۱۱ (۱): ۵۱-٦۰.

صمدی، ج. (۱۳۹٤) بررسی تاثیر مکانی- زمانی کاربری اراضی بر کیفیت آب تالاب چغاخور با استفاده از شاخص IRWQI و روش‌های آماری. تحقیقات منابع آب ایران، ۱۱(۳): ۱۵۹-۱۷۱.

طیبی، ل. و سبحان‌اردکانی، س. (۱۳۹۱) سنجش پارامترهای کیفی آب رودخانه گاماسیاب و عوامل مؤثر بر آن. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱٤(۲): ۳۷-٤۹.

عباسپور، م. (۱۳۷۷) مهندسی محیط زیست. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی، ۵۳۰ صفحه.

عباس‌پور، م.، جاوید، ا.ح. و حبیبی، ا. (۱۳۹۲) تعیین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه خراسان و بررسی روند تغییرات سالیانه آن. مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۵(٤): ۱۱-۱.

مروج، م.، کریمی‌راد، ا. و ابراهیمی، ک. (۱۳۹٦) ارزیابی وضعیت کیفی رودخانه کارون بر اساس شاخص کیفیت آب و استفاده از GIS. اکوهیدرولوژی، ٤(۱): ۲۲۵-۲۳۵. doi: 10.22059/ije.2017.60905.

ملک‌زاده، ف. و شهامت، م. (۱۳۷٦) میکروبیولوژی عمومی. انتشارات عقیق، ٤٨٣ صفحه.

نادری‌جلودار، م.، اسماعیلی‌ساری، ع.، احمدی، م.ر.، سیف آبادی، س.ج. و عبدلی، ا. (۱۳۸۵) بررسی آلودگی ناشی از کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر روی پارامترهای کیفی آب رودخانه هراز. مجله علوم محیطی، ٤(۲): ۳٦-۲۱.

Bagherian Kalat, A., Angoshtari, H., Ghafurian, R. and Nekoei. A.A. (2010) Survey of the effect of fish farms effluent on microbial status of Sarrud Kalat River. Proceedings of the 4th National Conference and Exhibition on Environmental Engineering, pp. 11.

Bajer, P.G. and Sorensen, P.W. (2015) Effects of common carp on phosphorus concentrations, water clarity and vegetation density: A whole system experiment in a thermally stratified lake. Hydrobiologia, 746(1): 303-311.

Bergheim, A. and Brinker, A. (2003) Effluent treatment for flow through systems and European environmental regulations. Aquacultural Engineering, 7(1): 61-77.

Boaventura, R., Pedro, A.M., Coimbra J. and Lencastre, E. (1997) Trout farm effluents: Characterization and impact on the receiving streams. Environmental Pollution, 95(3): 379–387.

Boyd, C.E. and Gautier, D. (2000) Effluent composition and water quality standards. Advocate, 3: 61-66.

Bradfield, A.E. (1985) Laboratory studies of energy budgets. In: P. Tytler and P. Calow (Eds.). Fish Energetic: New Perspective, John Hopkins Univesity Press, pp: 257-281.

Braig, E.C. and Johnson, D.L. (2003) Impact of black bullhead (*ameiurus melas*) on turbidity in a diked wetland. Hydrobiologia, 490(1-3): 11–21.

Cai, C., Gu, X., Ye, Y., Yang, C., Dai, X., Chen, D. and Yang, C. (2013) Assessment of pollutant loads discharged from aquaculture ponds around Taihu Lake, China. Aquaculture Research, 44(5): 795–806.

Camargo, J.A., Gonzalo, C. and Alonso, A. (2011) Assessing trout farm pollution by biological metrics and indices based on aquatic macrophytes and benthic macroinvertebrates: A case study. Ecology Indicators, 11(3): 911–917.

Campbell, W.H. (1999) Nitrate Reductase Structure, Function and Regulation: Bridging the Gap Between Biochemistry and Physiology. Annual Review of Plant Physiology: Plant Molecular Biology, 50(1): 277–303.

Cao, L., Wang, W. Yang, Y. Yang, C. Yuan, Z. Xiong, S. and Diana. J. (2007) Environmental impact of aquaculture and countermeasures to aquaculture pollution in China. Environmental Science and Pollution Research, 14(7): 452–462.

Chen, Y., Trushenski, J.T. and Murphy, M.H. (2014) Aquaculture and water quality management in the United States. Fisheries, 39(11): 558–561.

Costa Pierce, B.A. (2002) Ecological aquaculture: The evolution of the blue revolution. Department of Fisheries, Animal and Veterinary Science. Uneversity of Rholde Island, 501p.

De Silva, S.S. (2012) Aquaculture: a newly emergent food production sector—and perspectives of its impacts on biodiversity and conservation. Biodiversity and Conservation, 21(12): 3187–3220.

Dumas, A. and Bregheim, A. (2000) Effluent treatment facilities and methods in fish farming, a review. Bulletin of the Aquaculture Association of Canada, 1: 33–38.

Edwards, P. (2015) Aquaculture environment interactions: past, present and likely future trends. Aquaculture, 447: 2–14. doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.02.001

FAO. (2018) FAO Statistical pocketbook. World food and agriculture, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Farrelly, J.C., Chen, Y. and Shrestha, S. (2015) Occurrences of growth related target dissolved oxygen and ammonia in different catfish pond production systems in southeast Arkansas. Aquacultural Engineering, 64(1): 68–77.

Forenshell, G. (2001) Setting basin design. Western Regional Aquaculture Center, WRAC-106, USA: 6p.

Hall, P.O.J., Holby, O., Kollberg, S. and Samuelsson, M.O. (1992) Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm. 4. Nitrogen. Marine Ecology Progress Series, 89(1): 81–91.

Jha, P., Barat, S. and Nayak C.R. (2008) Fish production, water quality and bacteriological parameters of koi carp ponds under live-food and manure based management regims. Zoological Research, 29(2): 165–173.

Kaushik, S.J. (1998) Nutritional bioenergetics and estimation of waste production in non salmonids. Aquatic Living Resource, 11(4): 211–217.

Khalik, W.M.A.W.M., Abdullah, M.P., Amerudin, N.A. and Padli, N. (2013) Physicochemical analysis on water quality status of Bertam River in Cameron Highlands, Malaysia. Journal of Materials and Environmental Science, 4(4): 488-495.

Kirkajaic, M.U., Pulatsu, S. and Topcu, A. (2009) Trout farm effluent effects on water sediment quality and benthos. Clean Soil Air Water, 37(4-5): 356–391.

Krom, M.D., Porter, C. and Gordin, H. (1985) Nutrient budget of a marine fish pond in Eilat, Israel. Aquaculture, 51(1): 65–80.

Lin, C.K. and Yi, Y. (2003) Minimizing environmental impacts of freshwater aquaculture and reuse of pond effluents and mud. Aquaculture, 226(1-4): 57–68.

Loch, D.D., West, J.L. and Perlmutter, D.G. (1996) The effect of trout farm effluent on the taxa richness of benthic macroinvertebrates, Aquaculture, 147(1-2): 37–55.

McDaniel, N.K., Sugiura, S.H., Kehler, T., Fletcher, J.W., Coloso, R.M., Weis, P., Ronaldo, P. and Ferraris, R.P. (2005) Dissolved oxygen and dietary phosphorus modulate utilization and effluent partitioning of phosphorus in rainbow trout

water quality of Sikan. Environmental Sciences, 7(4): 23-30.

Selong, J.H. and Helfrich, L.A. (2002) Impact of trout culture effluent on water quality and biotic communities in Virginia Headwater streams. The Progressive Fish Culturist, 60(4): 247–262.

Srithongouthai, S. and Tada, K. (2017) Impacts of organic waste from a yellowtail cage farm on surface sediment and bottom water in Shido Bay (The Seto Inland Sea, Japan). Aquaculture, 471(1): 140-145. doi: 10.1016/j.aquaculture.2017.01.021

Stewart, N.T., Boardman, G.D. and Helfrich, L.A. (2006) Treatment of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) raceway effluent using baffled sedimentation and artificial substrates. Aquacultural Engineering, 35(2): 166–178.

Tayebi, L. and Sobhanardakani, S. (2012) Monitoring of water quality parameters of Gamasiab River and affecting factors on these parameters. Journal of Environmental Science and Technology, 53(2): 37–48.

Tekinay, A.A., Guroy, D. and Cevik, N. (2009) The environmental effect of a land- based trout farm on Yuvarlakcay, Turkey. Ekologi, 19(73): 65-70.

Varedi, S.E., Nasrollahzadeh, H.S., Farabi, S.M.V., Vahedi, F., Gholamipour, S. and Varedi, S.R. (2010) Wisconsin - Milwaukee, 42p.

Wang, R., Zhang, Y., Xia, W., Qu, X., Xin, W., Guo, C. and Chen, Y. (2018) Effects of aquaculture on lakes in the central Yangtze River basin, China, I. Water quality. North American Journal of Aquaculture, 80(3): 322–333.

Wedemeyer, G.A. (1996) Physiology of Fish in Intensive Culture System. International Thompson Publishing, New York, 260p.

Zhang, E., Wang, B., Wang, Q., Zhang, S. and Zhao, B. (2008) Ammonia-nitrogen and orthophosphate removal by immobilized *Scenedesmus* sp. isolated from municipal wastewater for potential use in tertiary treatment. Bioresource Technology, 99(9): 3787–3793.

Zhou, J. (2012) Impacts of mariculture practices on the temporal distribution of macrobenthos in Sandu Bay, South China. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 30(3): 388–396.

(*Oncorhynchus mykiss*) aquaculture. Environmental Pollution, 138 (2): 350–357.

Mmochi, A.J., Dubi, A.M., Mamboya, F.A. and Mwandya, A.W. (2002) Effects of fish culture on water quality of an integrated mariculture Pond system. Western Indian Ocean Journal of Marine Science,1(1): 53–63.

Mobin, M.N., Islam, M.S., Mia, M.Y. and Bakali, B. (2014) Analysis of physicochemical properties of the Turag River water, Tongi, Gazipur in Bangladesh. Journal of Environmental Science and Natural Resources, 7(1): 27-33.

Morata, T., Falco, S., Gadea, I., Sospedra, J. and Rodilla, M. (2015) Environmental effects of a marine fish farm of gilthead seabream (*Sparus aurata*) in the NW Mediterranean Sea on water column and sediment. Aquaculture Research, 46(1): 59–74.

Nordvarg, L. and Johansson, T. (2002) The effects of fish farm effluents on the water quality in the land archipelago, Baltic Sea. Aquacultural Engineering, 25(4): 253–279.

Ottinger, M., Clauss, K. and Kuenzer, C. (2016) Aquaculture: Relevance, distribution, impacts and spatial assessments–A review. Ocean and Coastal Management, 119(1): 244–266. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.10.015.

Pulatsu, S., Rad, F., Köksal, G., Aydýn, F., Karasu Benli, A.Ç. and Topçu, A. (2004) The impact of rainbow trout farm effluents on water quality of Karasu stream, Turkey. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 4(1): 9–15.

Rahimibashar, M.R., Alipoor, V. and Issazade, K. (2012) Environment effects of fish culture pond on chemical factors and water quality in the Shenrod River (North of Iran). Iranian Journal of Fisheries, 2(8): 358–363.

Ramnarine, I.W., Pirie, J.M., Johnstone, A.D.F. and Smith, G.W. (1987) The influence of ration size and feeding frequency on ammonia excretion by juvenile Atlantic cod, Gadus morhua L. Journal of Fish Biology, 31(4): 545–559.

Read, P.A., Fernandes, T.F. and Miller, K.L. (2001) The derivation of scientific guidelines for best environmental practice for the monitoring and regulation of marine aquaculture in Europe. Journal of Applied Ichthyology, 17(4): 146–152.

Sabahi, H., Faizi, M., Veisi, H. and Asilan, K. (2010) Study on the influence of agricultural activities on

Study of the water quality parameters of the inlet and outlet water of a rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) farm on the water quality parameters in Masouleh River, Guilan province

Reza Farzi[1*], Najme Tabasinezhad[2], Azin Ahmadi[2] , Hamed Mosavi-Sabet[3] and Javid Imanpour Namin[3]

1) Ph.D. Student, Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Guilan, Iran.
[*]Corresponding Author Email Address: r.farzi1371@gmail.com
2) Ph.D. Student, Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Guilan, Iran.
3) Associate Professor, Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Guilan, Iran.

Date of Submission: 2022/04/09 Date of Acceptance: 2022/07/02

Abstract

In the last few decades, the construction of fish farms on the banks of rivers has increased significantly. The purpose of this study was to investigate the quality of the inlet and outlet water of the rainbow trout farm and also to investigate the effects of the effluent on the water quality parameters of the Masouleh River located in Guilan Province. To perform this study, three stations including the control station at the entrance of the farm, the second station at the outlet of the farm effluent and the third station at a distance of less than 100 m after the outlet of the farm were sampled once every fifteen days for three months (November, December, and January 2019). The results of the study showed that the farm output water had a significant effect on water quality indices such as temperature, acidity (pH), dissolved oxygen (DO), nitrite (NO2-), nitrate (NO3-) and ammonia. The level of dissolved oxygen in the outlet water in the first two months of the sampling (5.75 ± 0.18 mg/L) had a significant decrease ($P<0.05$) compared to the inlet water and the acidity, nitrate, nitrite and water hardness values in the outlet water (8.23 ± 0.09, 4.83 ± 0.15, 0.09 ± 0.07, 7.55 ± 0.18, respectively) showed a significant increase compared to the input water ($P<0.05$). Also, the comparison between the stations showed that the third station was more polluted than the other stations and the degree of water pollution decreased as the distance from the outlet increased. According to the results of this study, it can be concluded that the output of the fish farming farm has the highest level of pollution compared to other stations due to the use of low-quality commercial feed, high density, and high rearing activity in the farm and as the distance from the farm increases, the level of water pollution decreases due to the process of self-purification of the river.

Keywords*:* Acidity, Density, Effluents, *Oncorhynchus mykiss*, Water quality parameters.