سال تولید؛ دانش‌بنیان، اشتغال‌آفرین

دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار

سومین همایش ملی علوم زیستی دریای مکران

کد مقاله: 31318

عنوان مقاله:

مقایسه سه پروتکل برگشت آب بر بازماندگی و فاکتورهای بیوشیمیایی بچه ماهی قزل آلا در استخرهای مستطیلی

نویسندگان مقاله :

سعید زاهدی

بدین وسیله گواهی می شود مقاله با مشخصات فوق در سومین همایش ملی علوم زیستی دریای مکران که در تاریخ ۳۰ لغایت ۳۱ خرداد ماه ۱۴۰۱ توسط دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار برگزار شد ارائه گردید.

دکتر منصور کیانی مقدم
رئیس دانشگاه و رئیس همایش

دکتر علی طاهری
دبیر علمی همایش

3rd National Conference on Biological Sciences of Makoran Sea

توسعه پایدار توسعه جامع دریا محور

مقایسه سه پروتکل برگشت آب بر بازماندگی و فاکتورهای بیوشیمیایی بچه ماهی قزل‌آلا در استخرهای مستطیلی

سعید زاهدی *

استادیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد

Email: saeedzahedi@um.ac.ir

چکیده

همواره پیرامون استفاده از آب برگشتی در مزارع برای پرورش بچه ماهی بویژه بچه ماهی قزل‌آلای رنگین کمان، نگرانیهایی وجود داشته است. هدف از این مطالعه، مقایسه زنده‌مانی و فاکتورهای بیوشیمیایی خون بچه ماهی انگشت قد قزل‌آلا در سه پروتکل مختلف برگشت آب (سه سیستم بازگردشی نسبی با کاهش ٪۵۰ و ٪۶۶ و ٪۷۵ آب تازه ورودی و جایگزینی آن با آب برگشتی) و سیستم باز می‌باشد. به این منظور، بچه ماهی قزل‌آلا (با میانگین وزنی ۰٫۵ ± ۱۰ گرم) با تراکم نگهداری ۵ Kg/m^3 و تراکم بارگذاری ۱ L/min/Kgfish مورد مطالعه قرار گرفت. طی دوره یکماهه، اختلاف معنی‌داری در مرگ و میر بین تیمارهای آزمایشی مشاهده شد و بیشترین میزان بازماندگی در سیستم باز و ٪۵۰ بازگردش بود. برگشت آب تغییرات معنی‌داری را در گلوکز بچه ماهیان موجب نشد. اما، مقادیر کورتیزول در تیمار ٪۷۵ بازگردش، افزایش معنی‌داری را نسبت به سایر تیمارها نشان داد. بعلاوه، نتایج حاصله، بیانگر عدم مشاهده اختلاف معنی‌دار در پروتئین کل، تریگلیسرید و کلسترول پلاسمای بچه ماهیان با توجه به پروتکل برگشت آب بود. نظر به حساسیت بالای بچه ماهیان قزل آلا، استفاده از پروتکل برگشت آب ٪۷۵ با توجه به نوع سیستم تصفیه طراحی شده در این مطالعه، مطلوب به نظر نمی‌رسد.

کلمات کلیدی: *O. mykiss*، سیستم باز، سیستم بازگردشی، زنده‌مانی، فاکتورهای بیوشیمیایی

۱. مقدمه

متاسفانه طی سالهای اخیر، شاهد افزایش محدودیت منابع آبی در کشور بوده‌ایم که به‌طور عمده ناشی از خشکسالیهای پی در پی است. همین موضوع، نگرانیهای عمده‌ای را برای توسعه کشور در بخشهای مختلف بویژه بخش کشاورزی بوجود آورده است. در مقوله آبزی‌پروری، اهمیت کمیت و کیفیت آب در میزان و کیفیت تولید امر کاملا پذیرفته شده‌ای است. بویژه در کشور ما، که عمده سیستمهای پرورشی متراکم، از نوع باز می‌باشد. در سیستم باز، آب از یک طرف به استخرهای موجود در سیستم وارد و از سمت دیگر خارج می‌شود و برگشت آبی وجود ندارد (Summerfelt *et al.*, 2001). لازم به ذکر است که از دید تخصصی، استفاده مجدد از آب در استخرهای متوالی آبراهه‌ای قزل‌آلای رنگین کمان برگشت آب محسوب نمی‌شود چراکه هر مولکول آب، محیط یک استخر خاص را فقط برای یک مرتبه تجربه می‌کند (Summerfelt *et al.*, 2001). هرچند، چنین استفاده مجددی از آب، قطعا کاهش کیفیت آن را به دنبال خواهد داشت. اما در سیستمهای بازگردشی، با انجام بازگردش، امکان استفاده مجدد از آب خارج شده از استخرها در همان استخرها فراهم می‌شود که با توجه به میزان بازگردش، دو نوع سیستم بازگردشی نسبی (ناقص) و کامل (مداربسته) وجود دارد که سطح عملیات تصفیه‌ای آب برگشتی در این دو نیز با یکدیگر متفاوت است (Timmons and Lossordo, 1994).

امروزه با توجه به نیاز کشور به افزایش بهره‌وری از آب و فضای محیطهای پرورشی، سیستمهای تولید متراکم ماهی در کشور (که عمده به تولید قزل آلا اختصاص دارد)، که بیشتر از نوع باز و با تراکم پایین بود، به سمت سیستمهای دارای آب برگشتی و با تجربه تراکمهای نگهداری بالاتر سوق داده شده است. سیستم‌های بازگردشی، نیاز به مصرف آب خیلی اندکی دارند. کنترل کیفیت آب درون واحدهای پرورشی در آنها بدلیل وابستگی کمتر به شرایط محیطی، بیشتر بوده که درنتیجه، این سیستمها از پایداری و امنیت زیستی بالاتری برخوردارند (Summerfelt *et al.*, 2004). امروزه در دنیا، با توجه به حساسیت بالای خانواده آزادماهیان (همچون گونه های قزل آلا و سالمون)، استفاده از سیستمهای بازگردشی (بویژه بازگردشی کامل) برای کنترل بهتر شرایط استخرهای نوزادگاهی و پرورش بچه ماهی اهمیت خاصی پیدا نموده است. پرورش بچه ماهیان با استفاده از آب برگشتی، علاوه بر اینکه، امکان غلبه بر مشکل دبی پایین را میسر می سازد، ظرفیت تولیدی هچری را افزوده و امنیت زیستی را ارتقاء می‌دهد (Timmons and Lossordo, 1994). نکته‌ای که باید به آن توجه ویژه داشت این است که بازگردش آب درون سیستم بازگردشی، باعث کاهش کیفیت آب همچون کاهش اکسیژن، افزایش ذرات معلق (مدفوع، خرده خوراک و ریزجلبکها)، مواد کلوئیدی و محلول، دی‌اکسید کربن، آمونیاک کل(تان) ، نیتریت، نیترات و بار باکتریایی آب می‌شود. کاهش کیفیت آب باعث ایجاد استرس، اثر نامطلوب بر مصرف غذا، رشد و نیز، کاهش سطح سلامت ماهی می‌شود (Summerfelt *et al.*, 2004).

در ایران، استفاده از آب برگشتی در استخرهای نوزادگاهی و پرورش بچه‌ماهی قزل آلای رنگین کمان عمومیت ندارد. شاید یک دلیل عمده آن، دیدگاه منفی جامعه پرورش دهنده بچه ماهی و تا حدی خریداران، به استفاده از برگشت آب به دلیل کاهش کیفیت آب و در نتیجه، کاهش کیفیت بچه ماهی تولیدی و نقصان سلامت آن باشد. از طرفی، با توجه به کاهش کمیت آب (بطور دائمی یا فصلی) در برخی از مراکز تکثیر و حدواسط کشور و همچنین نبود خریداران مناسب در برخی از فصول بویژه فصل گرما، و مهمتر، نیاز به تولید بیشتر برای جبران هزینه‌های بالای تولید و رسیدن به سودآوری، استفاده از برگشت آب در چنین مراکزی، امری اجتناب ناپذیر شده است. به‌همین جهت، در این مطالعه به بررسی اثر استفاده از درجات مختلف آب برگشتی بر بازماندگی و فاکتورهای بیوشیمیایی خون مرتبط با استرس در بچه

ماهی قزل آلا پرداخته شد. به همین منظور، سه پروتکل برگشت آب تعریف شد که شامل کاهش ۵۰٪، ۶۶٪ و ۷۵٪ آب تازه ورودی و جایگزینی آن با آب برگشتی همان استخرها در تراکم نگهداری و تراکم بارگذاری یکسان بود.

۱. مواد و روش ها

بچه ماهیان مورد استفاده در این مطالعه، بچه ماهیان تولید شده در مرکز حدواسط و پرورش ماهی قزل آلای رنگین کمان صدف (روستای حصار، بخش بایگ، شهرستان تربت حیدریه، خراسان رضوی) بودند که از تفریخ تخم وارداتی قزل آلا (شرکت آکوالند فرانسه) به‌دست آمده بودند. آزمایش بررسی پروتکلهای آب برگشتی در همان نوع استخرهایی (استخرهای بچه‌ماهی مستطیلی) انجام شد که بچه‌ماهیان در آن نگهداری می‌شدند. بعبارتی، آزمایش در داخل استخرهای بچه ماهی سوله که فاقد بچه ماهی و در مجاورت استخرهای محل نگهداری آنها بود، انجام پذیرفت. استخرهای نگهداری بچه ماهی مورد استفاده، دارای سطح سرامیکی بوده که به میزان یک متر مکعب آبگیری شدند. در روز شروع آزمایش، بچه ماهیان با میانگین وزنی ۰٫۵± ۱۰گرم، از استخرهای مجاور به این استخرهای خالی منتقل و به میزان ۵ کیلو در هر استخر مستطیلی (تراکم نگهداری ۵ کیلوگرم بر مترمکعب) نگهداری شدند (۵۰۰ قطعه در هر استخر). غذادهی با استفاده از خوراک استارتر شماره ۳ شرکت بتا (کرج، ایران) و به میزان ۲٫۲٪ و چهار مرتبه در روز (ساعت ۸ صبح، ۱۲ ظهر، ۴ عصر و ۸ شب) انجام می شد. طی دوره آزمایش میزان غذادهی، هر دو هفته یکبار، با انجام زیست‌سنجی اصلاح می‌شد. آب ورودی استخرهای بچه ماهی، از آب چشمه (با درجه حرارت ۱۳٫۵ درجه سانتی گراد، پی اچ ۷٫۲، هدایت الکتریکی ۷۰۰ میکروموس بر سانتیمتر و اکسیژن ۷٫۱ میلیگرم بر لیتر) کارگاه تأمین می‌شد که قبل ورود به سوله، در استخر واقع شده در پشت سوله، ذخیره سازی و با استفاده از پمپ ونچوری و هواده عمودی (موسوم به اسپلش) مورد هوادهی و تهویه قرار می‌گرفت.

در این مطالعه، با توجه به تراکم نگهداری مورد استفاده (۵ کیلوگرم بر متر مکعب) و تراکم بارگذاری بهینه ۱ لیتر بر دقیقه به ازای هرکیلوگرم ماهی، آب ورودی هر استخر به میزان ۵ لیتر بر دقیقه لحاظ شد. در تیمار باز، کل این آب ورودی از آب ورودی تازه تامین می‌شد. اما در پروتکلهای برگشت آب طراحی شده در این مطالعه، کاهش ۵۰٪، ۶۶٪ و ۷۵٪ آب تازه ورودی و جایگزینی آن با آب برگشتی همان استخرها انجام شد. آب خروجی از یک استخر قبل از ورود مجدد به همان استخر، تصفیه می‌شد. سیستم تصفیه آب طراحی شده و مورد استفاده در این مطالعه، ساده و متشکل از عبور آب از حوضچه ترسیب برای ترسیب دادن ذرات درشت، عبور از لایه های ابر برای حذف ذرات معلق جامد و هوادهی برای حذف دی اکسید کربن و افزایش اکسیژن محلول بود. هوادهی با استفاده از کمپرسور هوا در در داخل استخرها نیز انجام می‌شد. لازم به ذکر است که طی دوره آزمایش، برای پیشگیری از شدت یافتن انگلهای جلدی، هفته‌ای یک مرتبه ضدعفونی با فرمالین ۳۷٪ (شرکت سینا توزین، ایران) انجام می‌شد.

طی مدت یکماهه آزمایش، مرگ و میر بچه ماهیان بطور روزانه ثبت می‌گردید. از صبح روز ۳۱ ام، بچه ماهیان قطع غذا شده و نمونه‌برداری در صبح روز بعد و در ساعت ۹ صبح با برداشت تصادفی ۶ عدد ماهی از هر تکرار (۱۸ قطعه ماهی به ازای هر تیمار) توسط تور دستی انجام شد. برای کاهش خطای نمونه‌برداری، کل نمونه‌برداری توسط یک فرد انجام شد. پس از بیهوش نمودن ماهیان توسط محلول ۲۰۰ میلیگرم بر لیتر پودر گل میخک، خونگیری از رگ ساقه دمی انجام گرفت که فوراً نمونه خون داخل لوله محتوی ماده ضدانعقاد ریخته شده و داخل یونولیت محتوی پودر یخ نگهداری گردید تا نهایتا جهت انجام سانتریفیوژ به آزمایشگاه خصوصی دامپزشکی در تربت حیدریه منتقل شد.

سانتریفیوژ کردن نمونه‌های خون در ۱۵۰۰ دور بر دقیقه و به مدت ۱۰ دقیقه با دستگاه سانتریفیوژ (شرکت پارس آزما، ایران) انجام شد و پلاسمای حاصله برای سنجش فاکتورهای بیوشیمیایی پلاسما مورد استفاده قرار گرفت. مقادیر گلوکز، پروتئین کل، تریگلیسرید و کلسترول پلاسما با استفاده از دستگاه اتوآنالایزر (BT 3000plus, Biotecnica instrument, Italy) سنجش شد. مقادیر هورمون کورتیزول خون ماهیان با استفاده از کیت الایزا (Diagnostics Biochem Canada Inc, Ontario, Canada) و با کمک دستگاه الایزا ریدر (ELx 800, BioTek, USA) مورد سنجش قرار گرفت.

۲. یافته ها

نتایج حاصل از مقایسه اثر سه نوع پروتکل برگشت آب بر بازماندگی و فاکتورهای بیوشیمیایی خون بچه ماهی قزل آلای رنگین کمان در جدول ۱ بیان شده است. مقایسه زنده‌مانی سه نوع پروتکل برگشت آب مورد آزمون و تیمار باز، تفاوت معنی داری را در زنده‌مانی بچه ماهیان طی دوره یکماهه نشان داد به نحویکه میزان بازماندگی در پروتکلهای ۶۶٪ و ۷۵٪ بازگردش، بطور معنی‌داری پایین تر از تیمار باز و تیمار ۵۰٪ بازگردش بود ($p < 0.05$). اگرچه میزان زنده‌مانی در پروتکل ۵۰٪ پایینتر از تیمار باز (شاهد) بود ولی این اختلاف از نظر آماری معنی‌داری نبود. همچنین، هیچ گونه تفاوت معنی‌داری در مقادیر گلوکز خون بچه ماهیان بین تیمار باز و با اعمال پروتکلهای مختلف برگشت آب مشاهده نشد. افزایش میزان استفاده از آب برگشتی بجای آب تازه، باعث افزایش معنی‌دار مقادیر هورمون کورتیزول پلاسما تنها در تیمار ۷۵٪ نسبت به سایر تیمارها شد ($p < 0.05$). همچنین، نتایج حاصله هیچگونه اختلاف معنی‌داری را در مقادیر پروتئین کل، تریگلیسرید و کلسترول خون بچه ماهیان تیمارهای آزمایشی نشان نداد.

جدول ۱- نرخ بقا (٪)، گلوکز، کورتیزول، پروتئین کل، تری گلیسرید و کلسترول پلاسمای خون بچه‌ماهی قزل آلای رنگین کمان پرورش یافته در سیستم باز و سه پروتکل آب برگشتی (خطای استاندارد ± میانگین)

نوع استخر	نرخ بقا (٪)	گلوکز (mg/dL)	کورتیزول (ng/mL)	پروتئین کل (g/dL)	تری گلیسرید (mg/dL)	کلسترول (mg/dL)
سیستم باز	^{a}۹۵	۶۷ ± ۶,۸	^{b} ۵۵±۵,۴	۴,۹ ± ۰,۱	۴۲۰ ± ۱۳	۳۳۰ ± ۲۰
سیستم ۵۰٪ بازگردش	^{a}۹۳	۶۰ ± ۶,۹	^{b}۵۲ ±۴,۳	۴,۱ ±۰,۴	۴۰۰ ± ۲۶	۳۱۸ ± ۱۸,۵
سیستم ۶۶٪ بازگردش	^{b}۸۶	۶۹ ± ۴,۴	^{b}۴۷ ±۵,۴	۴,۳ ± ۰,۲	۴۱۰ ± ۳۰	۳۱۲ ± ۱۹,۸
سیستم ۷۵٪ بازگردش	^{b}۸۳	۶۳ ± ۵,۴	^{a}۶۹ ±۱,۴	۵,۱ ± ۱,۴	۳۸۸ ± ۵۵	۳۲۶ ± ۱۷,۹

۳. بحث

استفاده از پروتکلهای برگشت آب با میزان بازگردش بالاتر، اثر منفی بر بازماندگی بچه ماهی قزل آلای رنگین کمان گذاشت. طی این مطالعه، تراکم نگهداری در حد مطلوبی پایین نگه داشته شد تا اثر آن بر بچه ماهی به حداقل رسانده

شود. همچنین، استفاده از تراکم بارگذاری بهینه، فرصت تعویض آب کافی را مهیا ساخت. نتایج حاصله در این مطالعه، بر خلاف نتایج پیشین ما در همین آزمایشگاه روی ماهیان قزل آلای جوان بود جاییکه با اعمال بازگردش ۶۶٪، میزان تلفات به نسبت تیمار باز افزایش داشت ولی افزایش مشاهده شده از نظر آماری معنی‌دار نبود (زاهدی، منتشر نشده). دلیل این امر می‌تواند به حساسیت بالاتر بچه ماهیان این مطالعه (با میانگین وزنی ۰٫۵ ± ۱۰گرم) در مقایسه با ماهیان جوان مورد استفاده در آن مطالعه (با میانگین وزنی ۱۰ ± ۴۰۴٫۵ گرم) نسبت داده شود. لازم به ذکر است که در هر دوی این مطالعات، سیستم تصفیه آب ناقص بود و حذف آمونیاک و ... انجام نمی‌شد. با توجه به اهمیت نرخ بازماندگی در مراکز تولید بچه ماهی، استفاده از برگشت آب با پروتکل تصفیه‌ای مشابه این مطالعه و با بازگردش بالاتر از ۶۶٪ و ۷۵٪ توصیه نمی‌شود.

طی این مطالعه، استفاده از آب برگشتی برای بچه ماهی قزل آلای رنگین کمان، تغییرات معنی‌داری را در مقادیر گلوکز، پروتئین کل، تریگلیسرید و کلسترول پلاسما موجب نگردید. همچنین، در پروتکل ۷۵٪ بازگردش مورد آزمون، کورتیزول پلاسما، تغییرات معنی‌داری را نشان داد. افزایش کورتیزول شاخص پاسخ به استرس وارده به ماهیان است (Wendelaar Bonga, 1997 ؛Wu *et al.*, 2007). در بیشتر مطالعات، مقادیر کورتیزول خون پس از گذشت چند ساعت یا نهایتا چند روز از تجربه استرس جدید، به سطوح پایه خود بر می‌گردد (Zahedi *et al.*, 2013). اما وجود تغییرات معنی‌دار کورتیزول پلاسما در بچه ماهیان، نشاندهنده حفظ پاسخ استرسی حتی پس از گذشت یکماه از تجربه شرایط جدید است. شاید دلیل این موضوع، تجربه استرس جدید ناشی از پروتکل مورد استفاده باشد جاییکه خیلی از پارامترهای کیفی آب می‌تواند تغییرات نامطلوبی را با گذشت زمان داشته باشد که استرس اضافی را بر ماهی تحمیل نموده است. جالب آنکه این افزایش، همزمان با افزایش گلوکز نبود. این مطالعه، همچون خیلی از مطالعات دیگر، تغییرات همزمان گلوکز و کورتیزول را نشان نداد که می‌تواند دلیلی بر نامناسب بودن استفاده از این فاکتور بعنوان نشانگر در مطالعات مرتبط با استرس در ماهیان باشد. لازم به ذکر است که تغییرات فاکتورهای کیفی آب در اینجا مورد بررسی قرار نگرفت. اما، تغییر بسیاری از فاکتورهای کیفی آب و همچنین متابولیتهای تولیدی بچه ماهیان طی بازگردش آب، بسیار محتمل است که می‌تواند دلیلی بر نتایج مشاهده شده و تشدید پاسخ استرسی با گذر زمان باشد. با این وجود، افزایش دراز مدت کورتیزول را می‌توان مرتبط با مکانیزم سرکوب ایمنی در ماهیان دانست (Conte *et al.*, 2004).

۴. نتیجه گیری

با توجه به نتایج حاصله از این مطالعه می‌توان این طور استنباط نمود که پروتکلهای بازگشت آب با میزان بازگردش بالا و با روش تصفیه‌ای ناقص مشابه آنچه در این مطالعه انجام شد، برای گونه های حساسی همچون قزل آلای رنگین کمان استرس‌زا بوده و شاید دلیل افزایش مرگ و میر مشاهده شده در بچه ماهیان باشد. انجام مطالعات مشابه با پروتکلهای بازگردشی متفاوت و دارای واحدهای تصفیه‌ای بهتر به جهت بهبود کیفیت آب توصیه می‌شود.

منابع

Conte, F.S. (2004). Stress and the welfare of cultured fish. *Applied Animal Behavior Science*, 86, 205- 223

Summerfelt, S.T., Bebak-Williams, J., & Tsukuda, S.C.O.T.T. (2001). Controlled systems: water reuse and recirculation. In G, Wedermeyer (Ed.). Fish Hatchery Management (2nd ed., pp. 285-395). Bethesda, MD: American Fisheries Society.

Summerfelt, S.T., Davidson, J.W., Waldrop, T.B., Tsukuda, S.M. & Bebak-Williams, J. (2004). A partial-reuse system for coldwater aquaculture. *Aquacultural Engineering*, 31, 157–181

Timmons, M.B., Losordo, T.M. (1994). *Aquaculture Water Reuse Systems: Engineering, Design and Management*. Amsterdam, The Netherland: Elsevier

Wendelaar Bonga, S. E. (1997). The stress response in fish. *Physiological Reviews*, 77: 591- 625.

Wu, S.M., Shih M.J. & Ho Y.C. (2007). Toxicological stress response and cadmium distribution in hybrid tilapia (Oreochromis sp.) upon cadmium exposure. *Comparative Biochemical Physiology Part C: Toxicology and Pharmacology*. 145, 218-226

Zahedi, S., Mirvaghefi, A., Rafati, M. & Mehrpoosh, M. (2013). Cadmium accumulation and biochemical parameters in juvenile Persian sturgeon, Acipenser persicus, upon sublethal cadmium exposure. *Comparitive Clinical Pathology*. 22 (5), 805–813

The effect of three water reuse protocols on survival and biochemical parameters of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in nursery tanks

Saeed Zahedi*

Assistant Prof. of Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad
Email : saeedzahedi@um.ac.ir

ABSTRACT

There have always been concerns about utilization of reused water on fish farms to raise juveniles, especially rainbow trout ones. The aim of the present study was to compare the survival and blood biochemical factors of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in an open system and three water reuse protocols (three designed partial water reuse systems with 50%, 66% and 75% reduction of make-up water and its replacement with reused water). For this purpose, juvenile rainbow trout (10 ± 0.5 gr) were stocked in the same stocking density of 5 Kg/m^3 and loading density of 1 L/min/Kg of fish. During the 30-day study, significant differences were observed in the juvenile survival among treatments, and the highest survival rate was in the open system and 50% reuse protocol. The water reuse protocol did not cause significant changes in the juvenile blood glucose levels. But, cortisol concentrations increased significantly in 75% reuse treatments compared to the others. In addition, no significant changes were observed in plasma total protein, triglyceride and cholesterol among treatments. In this study, due to the high sensitivity of trout juveniles, the use of 75% water reuse protocol seems inappropriate considering the type of treatment system used.

KEYWORDS: *O. mykiss*, Open system, Water reuse system, Survival, Biochemical factors