مجله علوم و فنون شیلات
دوره ۱۱ شماره ۳، تابستان ۱۴۰۱، صفحات ۲۸۹ تا ۳۰۰

بررسی مقایسه‌ای مواد معدنی و بار باکتریایی آب و شاخص‌های کیفی تخم قزل‌آلای رنگین‌کمان در سیستم‌های چرخشی و باز

عبدالجبار ایرانی*[۱]، ناصر آق[۱]

۱. پژوهشکده آرتمیا و آبزی‌پروری، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

چکـــیده

سیستم‌های تفریخ چرخشی و باز از نظر ماکروالمنت‌های مهم (کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم)، برخی میکروالمنت‌ها (آهن و سرب)، بار باکتریایی و برخی شاخص‌های کیفی تخم‌ها و لاروهای قزل‌آلای رنگین‌کمان به‌طور مقایسه‌ای بررسی گردید. یک سیستم چرخشی و یک سیستم باز برای انکوباسیون تخم‌ها و نگهداری لاروهای دارای کیسه زرده قزل‌آلای رنگین‌کمان طراحی شد و تخم‌های لقاح‌یافته با تراکم ۵۰۰۰ تخم در هر سبد با چهار تکرار تحت شرایط استاندارد تا زمان جذب کیسه زرده نگه‌داری شدند. طی این مدت، بار باکتریایی و مواد معدنی با تناوب یک هفته اندازه‌گیری شد. همچنین درصد چشم‌زدن، درصد تفریخ، شاخص‌های رشد و بازماندگی لاروها بررسی شد. در سیستم‌های باز و چرخشی، نرخ چشم‌زدگی به‌ترتیب ۷۹/۷۵٪ و ۷۹/۰۱٪ و نرخ تفریخ به‌ترتیب ۷۰/۳۱٪ و ۶۳/۶۵٪ بود. مقادیر یون‌های کلسیم، منیزیم و سدیم در هردو سیستم طی دوره انکوباسیون و لاروی تغییرات معنی‌داری نداشت. مقادیر پتاسیم طی دوره انکوباسیون تخم در سیستم چرخشی به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سیستم باز بود. مقادیر آهن در سیستم چرخشی بیش‌تر از سیستم باز بود و در هردو سیستم طی دوره آزمایش روند افزایشی داشت. بار باکتریایی در سیستم چرخشی در تمامی روزهای بررسی‌شده به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سیستم باز بود. باوجود برخی اختلاف‌ها بین دو سیستم، سیستم تفریخ چرخشی طراحی‌شده، به‌دلیل سادگی، مصرف اندک آب و کارایی قابل قبول آن، برای اکوباسیون تخم‌ها و پرورش لاروهای دارای کیسه زرده در تفریخگاه‌های قزل‌آلای رنگین‌کمان قابل استفاده است.

کـــلید واژه‌ها: قزل‌آلای رنگین‌کمان، تخم و لارو، سیستم چرخشی

نوع مقـاله

مقاله پژوهشی اصیل

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۱۵

تاریخ چاپ الکترونیکی: ۱۴۰۱/۰۶/۳۰

*نویسنده مسئول:
a.irani@urmia.ac.ir

مقدمه

بدن ماهیان همانند سایر موجودات زنده از ترکیبات آلی و غیر آلی تشکیل شده است که این دو گروه برای رشد و نمو بسیار ضروری هستند. کمیت و کیفیت نسبی این ترکیبات با توجه به گونه ماهی، خصوصیات زیستی و شرایط محیطی متفاوت تغییر می‌کند. بر اساس کمیت، مواد معدنی معمولاً به دو گروه اصلی ماکروالمنت (بیش‌تر از ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن بدن) و میکروالمنت (کمتر از ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن بدن) تقسیم می‌شوند[1]. مقادیر و تغییرات مواد معدنی در جیره غذایی و آب پیرامونی باعث ایجاد تغییرات در فرایندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیک در ماهی می‌گردد[2]. بنابراین ماهی می‌تواند مواد معدنی مورد نیاز خود را از غذا یا از آب پیرامونی دریافت نماید. فرایندهای جذب این مواد به عوامل مختلفی به ویژه غلظت‌های آنها در آب بستگی دارد. ماهیان آب شور به‌دلیل این‌که در محیط هایپرتونیک زندگی می‌کنند بیش‌تر مواد معدنی مورد نیاز خود را از طریق جذب توسط آبشش‌ها، پوست بدن و باله‌ها و یا از آب بلعیده‌شده تامین می‌نمایند[3]. به‌همین دلیل نیاز ماهیان آب شور به وجود مواد معدنی در جیره غذایی خیلی کمتر از ماهیان آب شیرین است[4]. به‌هرحال کمبود یا بیشبود مواد معدنی می‌تواند منجر به بروز مشکلات جدی از قبیل کاهش بازده غذایی، کاهش رشد و مشکلات سلامتی در ماهی شود[5].

در سال‌های اخیر، سیستم‌های چرخشی تکثیر و پرورش آبزیان در شکل‌ها و طرح‌های گوناگون در مناطق مختلف دنیا روزبه‌روز در حال گسترش بوده است[6] و در ایران نیز به‌دلیل خشکسالی‌های اخیر استفاده از آنها گریزناپذیر خواهد بود. یکی از مهم‌ترین گونه‌هایی که در سیستم‌های

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-08]

چرخشی پرورش داده می‌شود قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) است[7,8]. علاوه‌بر سیستم‌های پرورش، امروزه بسیاری از مراکز تکثیر نیز به استفاده از این سیستم روی آورده‌اند. البته به‌دلیل بالا بودن سرمایه‌گذاری اولیه و هزینه جاری در این سیستم‌ها، محققان سعی کرده‌اند سیستم‌های ساده‌تر و با کارایی مناسب را جایگزین نمایند. به‌عنوان مثال، اخیرا سیستم تفریخ ساده‌ای برای انکوباسیون تخم‌های قزل‌آلای رنگین‌کمان طراحی شده است که بدون به‌کارگیری تجهیزات پیشرفته و گران‌قیمتی مثل دستگاه اشعه ماوراء بنفش، تولیدکننده ازن، فیلتراسیون و تزریق اکسیژن، نتایج موفقیت آمیزی داشته است[9]. یکی از فناوری‌هایی که در سال‌های اخیر به‌منظور کاهش هزینه‌های سیستم‌های چرخشی وارد این سیستم‌ها شده است، پمپ ایرلیفت است. پمپ‌های ایرلیفت برای چرخش آب و نیز از بین بردن لایه‌بندی در استخرهای آبزی‌پروی می توانند بسیار مطمئن و کارامد عمل کنند و در عین حال هزینه پائینی دارند[10]. ویژگی‌های منحصربه‌فرد پمپ‌های ایرلیفت از جمله سادگی و عدم وجود اجزای متحرک باعث شده که در بخش‌های مختلف و برای اهداف گوناگون (چرخش آب، تامین اکسیژن، از بین بردن لایه‌بندی و ...) به‌کار روند [10].

باوجود مزایای زیادی که سیستم‌های چرخشی دارند، انباشته شدن مواد در این سیستم‌ها یکی از مهم‌ترین مشکلات به‌حساب می‌آید. در این سیستم‌ها، مواد معلق و تهشین‌شونده به‌وسیله فیلترهای مکانیکی (حوضچه‌های رسوبگیر، درام فیلتر و ...) حذف می‌شوند[6]. اما مواد معدنی محلول و متابولیت‌های حاصل از ترشحات آبزیان پرورشی و غذادهی به‌تدریج در آب انباشته می‌شوند. هرچه میزان تعویض آب در این سیستم‌ها کمتر باشد، میزان انباشته‌شدن مواد معدنی بیشتر می‌شود[11]. انباشته‌شدن مواد معدنی مثل فسفر، کلسیم، منیزیم، پتاسیم، سدیم، آهن، سرب، روی، منگنز و کبالت در سیستم‌های چرخشی توسط سایر محققان نیز گزارش شده است[12, 13]. افزایش غلظت مواد معدنی در آب پیرامونی با تغییر تعادل یونی بدن، می‌تواند تغییرات فیزیولوژی وسیعی در آبزی پرورش ایجاد کند و سلامتی آنرا به خطر بیاندازد[13]. علاوه‌بر مواد معدنی، بار باکتریایی آب، یکی دیگر از مهمترین مسائل سیستم‌های چرخشی است. در این سیستم‌ها عوامل مختلفی از قبیل غذادهی، عملکرد تجهیزات تصفیه آب و میزان تعویض آب، بار باکتریایی را تحت تاثیر قرار دهد[14, 15].

در تحقیق حاضر با رویکرد ساده‌سازی سیستم‌های چرخشی در عین حفظ کارایی مناسب آن، با استفاده از فناوری ایرلیف سیستم چرخشی کم هزینه‌ای برای انکوباسیون تخم و نگهداری لاروهای قزل‌آلای رنگین‌کمان طراحی شد و به‌دلیل نقش مهمی که مواد معدنی و باریاکتری می‌توانند در این سیستم‌ها ایفا کنند، تغییرات مواد معدنی مهم (کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، آهن و مس) و کل بار باکتریایی آب طی دوره انکوباسیون و دوره لاروی و همچنین شاخص‌های کیفی تخم‌ها و لاروهای قزل‌آلای رنگین‌کمان به‌طور مقایسه‌ای مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

سیستم و شرایط پژوهش: برای اجرای این تحقیق دو نوع سیستم چرخشی و سیستم باز سنتی در قالب دو تیمار (چهار تکرار برای هر تیمار) برای انکوباسیون تخم‌ها و نگهداری لاروهای دارای کیسه زرده قزل‌آلای رنگین‌کمان مورد استفاده قرار گرفت. در سیستم سنتی باز از تراف چهار جعبه‌ای کالیفرنیایی که در بیش‌تر تفریخ‌گاه‌های داخل کشور به‌کار می‌رود به‌عنوان شاهد استفاده شد. آب در سیستم چرخشی به‌وسیله فناوری ایرلیفت به چرخش در آمد. این پمپ علاوه بر گردش آب، اکسیژن مورد نیاز را نیز فراهم می‌آورد[9]. در پمپ ایرلیفت تزریق هوا به داخل لوله باعث کاهش وزن مخصوص مایع و حرکت آن به‌سمت بالا می‌شود؛ بنابراین عملکرد این پمپ در نتیجه اختلاف وزن مخصوص بین مایع بیرون لوله و مخلوط هوا–مایع داخل لوله است. در تحقیق حاضر پمپ ایرلیفت با استفاده از لوله پی‌وی‌سی یک اینچ به ارتفاع کل ۳۳ سانتی‌متر، عمق غوطه‌وری ۲۵ سانتی‌متر و ارتفاع لیفت حدود ۸ سانتی‌متر ساخته شد. در این پمپ قطر شلنگ تزریق هوا (۸ میلی‌متر) به‌گونه‌ای انتخاب و خروجی هوا طوری تنظیم شد که دبی خروجی آب حدود ۷–۶ لیتر در دقیقه فراهم شود. در سیستم باز سنتی نیز دبی آب ۷–۶ لیتر در دقیقه برقرار گردید. در سیستم‌های باز و چرخشی طی دوره تحقیق مقادیر درجه حرارت به‌ترتیب ۱۳/۵۱–۱۱/۳۵ و ۱۲/۵۸–۱۰/۸۲ درجه سانتی‌گراد، مقادیر pH به‌ترتیب ۸/۰۷–۷/۸۴ و ۸/۵۹–۸/۲۴ و مقادیر اکسیژن محلول به‌ترتیب ۸/۹۳–۷/۷۶ و ۹/۱۰–۷/۹۲ میلی‌گرم در لیتر بود.

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-08]

تخم‌های لقاح‌یافته قزل‌آلای رنگین‌کمان از شرکت ماهی سرای رشکند ارومیه تهیه و حدود دو ساعت بعد از لقاح زمانی که کاملا در اثر جذب آب سفت شدند با تراکم ۵۰۰۰ تخم در هر سبد به‌صورت تصادفی توزیع شدند. در سیستم چرخشی، تعویض آب طی چهار هفته نخست (دوره انکوباسیون) هر سه روز یک‌بار، طی هفته پنجم هر دو روز یک‌بار و در هفته ششم هر روز انجام شد. به‌طورکلی، میزان کل آب مصرفی در سیستم جاری ۳۹۳ مترمکعب و در سیستم چرخشی ۳/۶ مترمکعب بوده است.

نمونه‌گیری و اندازه‌گیری‌ها: تخم‌های لقاح یافته قزل‌آلای رنگین‌کمان در این سیستم‌ها تحت شرایط استاندارد تا زمان تفریخ و پس از آن تا زمان جذب کیسه زرده نگه‌داری شدند. طی این مدت، بار باکتریایی و همچنین مواد معدنی (Ca, Mg, Na, k, Fe, Cu) در هر دو سیستم با تناوب یک هفته اندازه‌گیری شد. بار باکتریایی به‌وسیله کشت باکتریایی در محیط کشت آگار و مواد معدنی به‌وسیله گاز کروماتوگرافی (Agilent 7890A) مورد سنجش قرار گرفت.

برای مقایسه کیفیت تخم‌ها و لاروهای حاصل، شاخص‌هایی از جمله: درصد چشم‌زدن (نسبت تخم‌های چشم‌زده به کل تخم‌ها)، درصد تفریخ (نسبت تخم‌های تفریخ‌شده به کل تخم‌ها)، درصد ناهنجاری‌ها (نسبت لاروهای بدشکل به کل لاروهای تفریخ‌شده)، طول کل لارو (با خط‌کش زیست‌سنجی)، وزن کل (با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم)، وزن خشک (توزین نمونه‌ها پس از ۲۴ ساعت ماندن در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد آون) و بازماندگی لاروها تا آغاز تغذیه فعال در هر دو سیستم چرخشی و جریان باز بررسی شد.

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها: برای سازماندهی داده‌ها از برنامه Excel 2016 و برای تجزیه و تحلیل‌های آماری از برنامه SPSS 22 استفاده شد. برای مقایسه میانگین‌ها آزمون تی برای دو گروه مجزا و برای مقایسه تغییرات عوامل طی دوره انکوباسیون و دوره لاروی آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه در سطح اطمینان ۹۵٪ به‌کار رفت. داده‌ها به‌صورت میانگین±خطای استاندارد گزارش شدند.

نتایج

شاخص‌های کیفی تخم و لارو

تخم‌ها در هر دو سیستم باز و چرخشی روز ۱۴ بعد از لقاح چشم‌زده شدند. درصد چشم‌زدگی در سیستم باز ۷۹/۷۵٪ و در سیستم چرخشی ۷۹/۰۱٪ بود و اختلاف معنی‌داری بین آنها وجود نداشت ($p>0/05$). در سیستم باز، آغاز تخم‌گشایی در روز ۲۵ بعد از لقاح اتفاق افتاد، در روز ۲۶ بیش‌تر از نصف تخم‌ها تفریخ شدند، در روز ۲۷ اکثریت لاروها از تخم بیرون آمدند و در روز ۲۸ همه تخم‌های دارای جنین تفریخ شدند. اما در سیستم چرخشی موارد فوق تقریباً با یک روز تاخیر اتفاق افتاد. آغاز تخم‌گشایی در روز ۲۶ بعد از لقاح بود، در روز ۲۷ کم‌تر از ثلث تخم‌ها تفریخ شدند و در روز ۲۹ همه تخم‌های دارای جنین تفریخ شدند. نرخ تفریخ در سیستم باز ۷۰/۳۱٪ و در سیستم چرخشی ۶۳/۶۵٪ بود و اختلاف آماری بین آنها مشاهده نشد (جدول ۱). در هردو سیستم تلفات ناشی از خروج زودهنگام سر از پوسته تخم در روزهای ۲۷-۲۲ بعد از لقاح مشاهده گردید و تعداد آنها در سیستم چرخشی به طور قابل‌توجهی بیش‌تر از سیستم باز بود.

در روز ۳۹ تعدادی از لاروهای سیستم باز شروع به شنای فعال کردند و در روز ۴۱ بیشتر ماهیان از حالت خوابیده خارج شدند. در سیستم چرخشی آغاز شنای فعال در روز ۴۱ اتفاق افتاد و در روز ۴۳ بیش‌تر ماهیان قادر به شنای فعال بودند. در سیستم‌های باز و چرخشی، درصد بقا لاروها به ترتیب ۶۸/۲۶٪ و ۶۱/۰۷٪ و درصد ناهنجاری‌ها به‌ترتیب ۰/۸۱٪ و ۰/۸۰٪ بود که اختلاف آماری بین آنها وجود نداشت. از نظر شاخص‌های طول کل، وزن تر و وزن خشک در زمان تفریخ نیز ماهیان دو سیستم اختلاف معنی‌دار نشان ندادند. اما شاخص‌های اشاره‌شده در پایان دوره آزمایش یعنی هنگام جذب کیسه زرده در سیستم باز (به‌ترتیب ۲۵/۵۳ میلی‌متر، ۱۶۱/۱۹ میلی‌گرم و ۳۰/۷۸ میلی‌گرم) به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سیستم چرخشی (به‌ترتیب ۲۵/۰۹ میلی‌متر، ۱۴۹/۹۹ میلی‌گرم و ۲۹/۳۷ میلی‌گرم) بود (جدول ۱).

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-08]

جدول ۱- شاخص‌های کیفی تخم و لارو قزل‌آلای رنگین‌کمان در دو سیستم باز و چرخشی

شاخص	سیستم باز	سیستم چرخشی
درصد چشم‌زدگی	۷۹/۷۵ ± ۵/۵۹[a]	۷۹/۰۱ ± ۲/۰۵[a]
درصد تفریخ	۷۰/۳۱ ± ۵/۰۸[a]	۶۳/۶۵ ± ۳/۵۹[a]
درصد بقا لاروها	۶۸/۲۶ ± ۵/۱۳[a]	۶۱/۰۷ ± ۳/۹۸[a]
درصد ناهنجاری‌ها	۰/۸۱ ± ۰/۱[a]	۰/۸۰ ± ۰/۰۵[a]
طول در زمان تفریخ (میلی‌متر)	۱۶/۹۶ ± ۰/۱۹[a]	۱۶/۳۵ ± ۰/۲[a]
وزن تر در زمان تفریخ (میلی‌گرم)	۸۵/۰۹ ± ۲/۸۷[a]	۸۴/۶۴ ± ۴/۰۴[a]
وزن خشک در زمان تفریخ (میلی‌گرم)	۳۰/۷۵ ± ۰/۹۱[a]	۲۹/۳۹ ± ۰/۷۵[a]
طول در روز ۱۴ بعد از تفریخ (میلی‌متر)	۲۵/۵۳ ± ۰/۱۶[b]	۲۵/۰۹ ± ۰/۲۳[a]
وزن تر در روز ۱۴ بعد از تفریخ (میلی‌گرم)	۱۶۱/۱۹ ± ۳/۵۴[b]	۱۴۹/۹۹ ± ۱/۶۲[a]
وزن خشک در روز ۱۴ بعد از تفریخ (میلی‌گرم)	۳۰/۷۸ ± ۰/۵۵[b]	۲۹/۳۷ ± ۰/۷۸[a]

• داده‌ها به‌صورت میانگین±خطای استاندارد هستند، حروف متفاوت نشانه وجود اختلاف معنی‌دار بین دو سیستم ($p<0/05$) است.

مواد معدنی

مقادیر کلسیم در سیستم‌های باز و چرخشی به‌ترتیب بین ۱۰۵/۰۸–۸۸/۱۶ میلی‌گرم در لیتر و ۱۰۴/۶۰–۸۹/۴۵ میلی‌گرم در لیتر متغیر بود و غلظت‌های آن در هردو سیستم طی دوره انکوباسیون و لاروی تغییر معنی‌داری نداشت. مقادیر منیزیم در سیستم‌های باز و چرخشی به‌ترتیب بین ۵۱/۴۴–۴۸/۶۴ میلی‌گرم در لیتر و ۵۱/۷۳–۴۸/۲۷ میلی‌گرم در لیتر متغیر بود. مقادیر سدیم در سیستم‌های باز و چرخشی به‌ترتیب بین ۸۵/۶۳–۷۶/۰۶ میلی‌گرم در لیتر و ۸۴/۸۲–۷۱/۱۴ میلی‌گرم در لیتر متغیر بود. مقادیر منیزیم و سدیم نیز در هردو سیستم طی دوره انکوباسیون و لاروی تغییرات معنی‌داری نداشت (جدول ۲). سیستم‌های باز و چرخشی ازنظر عناصر اشاره‌شده اختلاف معنی‌داری نشان ندادند ($p>0/05$).

جدول ۲- مقادیر کلسیم، منیزیم و سدیم آب (میلی‌گرم در لیتر) در دو سیستم باز و چرخشی طی دوره جنینی و لاروی قزل‌آلای رنگین‌کمان

روز بعد از لقاح	کلسیم		منیزیم		سدیم	
	باز	چرخشی	باز	چرخشی	باز	چرخشی
۱	۱۰۵/۰۸±۳/۰۷[a]	۱۰۴/۶۰±۵/۵۸[a]	۵۰/۲۶±۰/۳۹[a]	۵۱/۷۳±۱/۴۸[a]	۸۲/۳۱±۱/۲۰[a]	۸۴/۸۲±۶/۴۸[a]
۷	۹۳/۰۱±۱/۲۸[a]	۱۰۱/۵۷±۵/۱۰[a]	۴۸/۶۴±۰/۹۵[a]	۵۱/۳۰±۰/۲۴[a]	۸۱/۴۹±۱/۶۱[a]	۷۴/۹۶±۳/۸۰[a]
۱۴	۸۸/۱۶±۳/۱۷[a]	۸۹/۴۵±۴/۸۲[a]	۵۱/۴۴±۰/۵۴[a]	۵۱/۳۴±۱/۱۲[a]	۸۵/۶۳±۰/۸۵[a]	۷۶/۹۴±۳/۹۸[a]
۲۱	۹۶/۵۶±۵/۲۸[a]	۹۰/۸۴±۰/۶۵[a]	۵۰/۱۵±۰/۳۶[a]	۵۰/۵۷±۰/۵۶[a]	۸۵/۴۶±۲/۹۱[a]	۷۵/۰۳±۳/۳۹[a]
۲۸	۱۰۲/۰۵±۱/۴۲[a]	۱۰۵/۱۵±۱/۹۳[a]	۴۹/۸۲±۰/۰۲[a]	۵۰/۵۳±۰/۸۴[a]	۸۰/۲۹±۱/۷۲[a]	۷۱/۱۴±۳/۸۳[a]
۳۵	۱۰۳/۲۸±۴/۶۰[a]	۱۰۱/۲۹±۵/۶۱[a]	۴۸/۷۹±۰/۴۷[a]	۴۸/۲۷±۰/۹۶[a]	۷۸/۴۷±۳/۵۰[a]	۷۵/۷۶±۸/۳۴[a]
۴۲	۹۲/۳۲±۳/۶۱[a]	۹۸/۴۰±۳/۱۸[a]	۵۰/۳۹±۰/۸۲[a]	۵۱/۰۸±۰/۸۱[a]	۷۶/۰۶±۰/۷۸[a]	۷۳/۳۵±۲/۷۳[a]

• داده‌ها به‌صورت میانگین±خطای استاندارد هستند.

مقادیر پتاسیم در سیستم باز (۳/۲۱–۲/۹۶ میلی‌گرم در لیتر) تغییر محسوسی طی دوره آزمایش نداشت، اما در سیستم چرخشی مقدار آن در انتهای دوره تحقیق (۳/۰۸ میلی‌گرم در لیتر) به‌طور معنی‌داری کم‌تر از روزهای ۱ تا ۲۱ بعد از لقاح بود. همچنین مقادیر پتاسیم طی دوره انکوباسیون تخم در سیستم چرخشی به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سیستم باز بود ($p<0/05$). مقادیر آهن در هردو سیستم از ابتدا تا انتهای دوره آزمایش روند

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-08]

افزایشی داشت (جدول ۳). مقادیر آن در سیستم چرخشی (۰/۲۵۰–۰/۲۳۳ میلی‌گرم در لیتر) در تمام روزهای بررسی‌شده به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سیستم باز (۰/۲۲۹–۰/۱۹۴ میلی‌گرم در لیتر) بود. مقادیر مس در سیستم‌های باز و چرخشی به‌ترتیب بین ۰/۱۵۶–۰/۱۵۲ میلی‌گرم در لیتر و ۰/۱۵۸–۰/۱۵۳ میلی‌گرم در لیتر متغیر بود. در روزهای مختلف دوره آزمایش و بین تیمارها از این نظر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳).

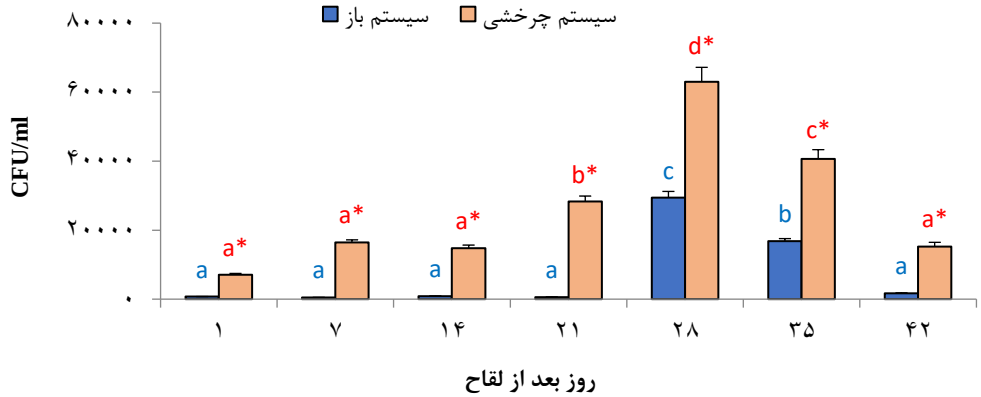
جدول ۳- مقادیر پتاسیم، آهن و مس آب (میلی‌گرم در لیتر) در دو سیستم باز و چرخشی طی دوره جنینی و لاروی قزل‌آلای رنگین‌کمان

روز بعد از لقاح	پتاسیم		آهن		مس	
	باز	چرخشی	باز	چرخشی	باز	چرخشی
۱	۳/۰۹±۰/۰۳۹^{a}	۳/۶۵±۰/۰۳۷^{b*}	۰/۱۹۴±۰/۰۰۱^{a}	۰/۲۳۳±۰/۰۰۱^{a*}	۰/۱۵۵±۰/۰۰۳^{a}	۰/۱۵۳±۰/۰۰۱^{a}
۷	۳/۲۱±۰/۰۰۶^{a}	۳/۴۹±۰/۰۲۰^{b*}	۰/۲۰۲±۰/۰۰۱^{b}	۰/۲۳۹±۰/۰۰۲^{ab*}	۰/۱۵۵±۰/۰۰۳^{a}	۰/۱۵۵±۰/۰۰۱^{a}
۱۴	۳/۰۵±۰/۰۰۶^{a}	۳/۶۸±۰/۰۸۰^{b*}	۰/۲۰۷±۰/۰۰۱^{c}	۰/۲۴۴±۰/۰۰۲^{bc*}	۰/۱۵۶±۰/۰۰۲^{a}	۰/۱۵۳±۰/۰۰۱^{a}
۲۱	۳/۰۹±۰/۰۲۱^{a}	۳/۵۸±۰/۰۰۵^{b*}	۰/۲۱۵±۰/۰۰۱^{de}	۰/۲۴۴±۰/۰۰۲^{bc*}	۰/۱۵۴±۰/۰۰۱^{a}	۰/۱۵۳±۰/۰۰۱^{a}
۲۸	۳/۱۶±۰/۰۵۹^{a}	۳/۳۱±۰/۰۰۵^{ab}	۰/۲۱۷±۰/۰۰۲^{ef}	۰/۲۴۸±۰/۰۰۱^{c*}	۰/۱۵۳±۰/۰۰۱^{a}	۰/۱۵۸±۰/۰۰۳^{a}
۳۵	۳/۱۱±۰/۰۰۴^{a}	۳/۳۱±۰/۱۷۶^{ab}	۰/۲۲۱±۰/۰۰۱^{f}	۰/۲۴۹±۰/۰۰۱^{c*}	۰/۱۵۲±۰/۰۰۱^{a}	۰/۱۵۷±۰/۰۰۱^{a}
۴۲	۲/۹۶±۰/۱۳۶^{a}	۳/۰۸±۰/۰۸۰^{a}	۰/۲۲۹±۰/۰۰۱^{g}	۰/۲۵۰±۰/۰۰۱^{c*}	۰/۱۵۲±۰/۰۰۱^{a}	۰/۱۵۷±۰/۰۰۱^{a}

• داده‌ها به‌صورت میانگین±خطای استاندارد هستند. حروف متفاوت نشانه وجود اختلاف معنی‌دار بین روزهای مختلف در هر سیستم و علامت * نشانه وجود اختلاف معنی‌دار بین دو سیستم در زمان مورد نظر است ($p<0/05$).

بار باکتریایی

بار باکتریایی در سیستم چرخشی در تمامی روزهای بررسی‌شده به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سیستم باز بود ($p<0/05$). در هر دو سیستم باز و چرخشی بیش‌ترین مقدار آن در روز ۲۸ (به‌ترتیب ۲۹۴۱۳/۳۳ و ۶۲۹۵۳/۳۳ واحد کلونی در میلی‌لیتر) اتفاق افتاد (نمودار ۱). در سیستم باز، بار باکتریایی در روزهای ۲۸ و ۳۵ بعد از لقاح نسبت به سایر روزهای دوره آزمایش اختلاف معنی‌داری نشان داد. در سیستم چرخشی علاوه‌بر روزهای ۲۸ و ۳۵ بار باکتریایی در روز ۲۱ نیز به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سایر روزهای دوره آزمایش بود ($p<0/05$).



نمودار ۱- تغییرات بار باکتریایی آب سیستم باز و سیستم چرخشی طی دوره انکوباسیون تخم و دوره لاروی قزل‌آلای رنگین‌کمان. میله‌های روی ستون‌ها نشان‌دهنده خطای استاندارد، حروف متفاوت نشانه وجود اختلاف معنی‌دار ($p<0/05$) بین زمان‌های مختلف در هر تیمار و علامت * نشانه وجود اختلاف معنی‌دار بین دو سیستم در زمان مورد نظر است ($p<0/05$).

بحث

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-08]

در مطالعه حاضر، نرخ‌های چشم‌زدن، تفریخ و شاخص‌های کیفی لاروهای تولیدشده (لاروهای تازه تفریخ‌شده) در سیستم چرخشی اختلاف معنی‌داری با سیستم باز سنتی نداشت که نشان‌دهنده عملکرد مناسب سیستم ایرلیف (با درصد غوطه‌وری حدود ۷۶ درصد) طی مدت انکوباسیون تخم‌ها بود. به‌طوری‌که این سیستم به‌خوبی توانسته گردش آب و اکسیژن موردنیاز برای رشدونمو جنین را فراهم نماید. اما شاخص‌های زیست‌سنجی لاروهای سیستم چرخشی در انتهای دوره آزمایش نسبت به سیستم باز نسبتا ضعیف‌تر بود که نشان‌دهنده لزوم انتقال لاروها به سیستم‌های باز یا سیستم‌های چرخشی مجهز به هوادهی و بیوفیلتر در اواخر دوره لاروی است. به‌هر حال، فراهم آوردن شرایط فیزیکوشیمیایی کاملا یکسان در سیستم چرخشی و باز امکان‌پذیر بوده است، چراکه آب سیستم باز از یک چاه واقع در بیرون از سالن تامین می‌شد، در صورتی‌که در سیستم‌های چرخشی، آب چندین‌بار تحت شرایط داخل سالن گردش می‌کرد. به‌همین دلیل مقادیر درجه حرارت در سیستم‌های چرخشی ۱/۲- ۰/۲ درجه سانتی‌گراد پائین‌تر از سیستم‌های باز بود. همچنین در اواخر دوره لاروی، مقادیر اکسیژن در آب خروجی تراف به‌طور معنی‌داری کمتر از سیستم جاری بود. مجموع این عوامل باعث شده است که شاخص‌های رشدی لاروها در انتهای دوره پرورش افت داشته باشد.

مقادیر کلسیم در هر دو سیستم چرخشی و باز نسبتا بالا بود و بین سیستم‌های باز و چرخشی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. کلسیم یکی از بیش‌ترین یون‌های موجود در بدن ماهی است که ۹۹ درصد آن در استخوان‌ها ذخیره می‌شود. شاید بتوان گفت که مهم‌ترین وظیفه این یون، رشدونمو و نگه‌داری اسکلت بدن است. علاوه‌بر آن، کلسیم در بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیک از قبیل حفظ تعادل اسید-باز، تنظیم فشار اسمزی، انقباض ماهیچه، لخته شدن خون، انتقال پیام‌های عصبی، استحکام غشای سلولی و فعال‌سازی بسیاری از آنزیم‌های نقش بسیار مهمی ایفا می‌کند. زمانی‌که مقدار کلسیم آب از ۵ میلی‌گرم در لیتر کم‌تر باشد، ممکن است در ماهی علائم کمبود کلسیم رخ بدهد[16]. از طرف دیگر، مقادیر بالای کلسیم (۵۲۰ میلی‌گرم در لیتر و بالاتر) فقط در مرحله جذب آب تخم تازه لقاح‌یافته قزل‌آلای رنگین‌کمان بر بازماندگی آنها تاثیر منفی دارد و اگر تخم‌ها بعد از این مرحله در معرض کلسیم بالا قرار گیرند، تاثیری در نرخ بقا ندارد[17]. بر اساس یافته‌های محققان دیگر[18]، مقادیر بسیار بالای کلسیم می‌تواند سمیت خیلی کمی در ماهیان ایجاد کند. در مطالعه حاضر، مقادیر کلسیم در سیستم‌های باز و چرخشی به‌ترتیب در دامنه ۱۰۵/۰۸-۸۸/۱۶ میلی‌گرم در لیتر و ۱۰۴/۶۰-۸۹/۴۵ میلی‌گرم در لیتر متغیر بود. هرچند این مقادیر نسبت به مقادیر گزارش‌شده در مناطق دیگر ایران (حداکثر ۵۵/۶۲ میلی‌گرم در لیتر)[19] به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای بیشتر بود، اما باتوجه به یافته‌های محققان اشاره‌شده، کلسیم در سیستم چرخشی طراحی شده، عامل محدودکننده نبوده و تائیدکننده این مسئله است که آب منطقه آذربایجان غربی جزء آب‌های سخت تا خیلی سخت به حساب می‌آید[20].

تحقیقات نشان داده است که غلظت ۴۶ میلی‌گرم در لیتر منیزیم به‌دلیل نقش مهمی که در حفظ هموستازی داخل و خارج سلولی ایفا می‌کند، برای تامین نیازهای قزل‌آلای رنگین‌کمان کافی است[16]. کمبود منیزیم باعث بی‌اشتهایی، کاهش رشد، بی‌حالی، شلی ماهیچه، حرکات تشنجی، خمیدگی ستون فقرات و افزایش مرگ‌ومیر می‌شود[3]. در تحقیق حاضر مقادیر منیزیم در هر دو سیستم باز و چرخشی حدود ۵۰ میلی‌گرم در لیتر بود و بین آنها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در یک پژوهش، مقادیر منیزیم آب طی دوره انکوباسیون تخم قزل‌آلای رنگین‌کمان در دامنه ۹/۲۳-۹/۱۱ میلی‌گرم در لیتر گزارش شده[19] که نسبت به نتایج مطالعه حاضر اختلاف قابل‌توجهی داشته است. به‌هرحال عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین سیستم‌های چرخشی و باز و حفظ مقادیر منیزیم در دامنه مناسب، نشان‌دهنده وضعیت رضایت‌بخش سیستم چرخشی طراحی‌شده بوده است.

در تحقیق حاضر، مقادیر سدیم در سیستم‌های باز و چرخشی به‌ترتیب بین ۸۵/۶۳-۷۶/۰۶ میلی‌گرم در لیتر و ۸۴/۸۲-۷۱/۱۴ میلی‌گرم در لیتر متغیر بود که نسبت به مقدار ۱۴ میلی‌گرم در لیتر گزارش‌شده توسط برخی محققان[19] بالاتر بود، اما خود این محققان پیشنهاد کردند که برای جلوگیری از اثرات سمی فلزاتی مثل مس، مقادیر سدیم بهتر است بین ۱۰۰-۵۰ میلی‌گرم در لیتر باشد. از طرف دیگر، مطالعات نشان داده است که کاهش غلظت‌های سدیم در مایعات بدن ماهی به‌دنبال کاهش غلظت این یون باعث کاهش فشار اسمزی می‌شود[21]. بنابراین مقادیر نسبتا

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-08]

بالای سدیم در سیستم‌های چرخشی و باز طی دوره آزمایش مربوط به آب ورودی بوده و در محدوده مناسب برای ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بوده است. درضمن اختلاف معنی‌داری بین سیستم‌های باز و چرخشی وجود نداشت.

پتاسیم نیز همانند سدیم به دلیل نقشی که در فعالیت پمپ سدیم–پتاسیم دارد، در حفظ تعادل اسمزی ماهیان بسیار تاثیرگذار است. مقادیر پتاسیم طی دوره انکوباسیون تخم در سیستم چرخشی (۳/۶۵ میلی‌گرم در لیتر) به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سیستم باز (۳/۰۹ میلی‌گرم در لیتر) بود. مقادیر آن در در سیستم باز تغییر محسوسی طی دوره مطالعه نداشت، اما در سیستم چرخشی مقدار آن در انتهای دوره تحقیق به‌طور معنی‌داری کم‌تر از سه هفته نخست بعد از لقاح بود. احتمالا کم بودن نرخ تعویض آب طی این مدت باعث انباشته‌شدن پتاسیم در آب سیستم شده است. با این وجود، براساس تحقیقات گذشته، تغییرات مقدار پتاسیم آب در دامنه ۳/۹۵–۰/۸۲ میلی‌گرم در لیتر بر غلظت آن در پلاسمای خون قزل‌آلای جویباری (*Salvelinus fontinalis*) پرورش داده‌شده در سیستم چرخشی تاثیری نداشته است[22].

آهن اهمیت زیادی برای آبزیان پرورشی دارد. این یون در انتقال اکسیژن به‌وسیله هموگلوبین، واکنش‌های زنجیره تنفسی، ساخت DNA و عملکرد سیستم ایمنی نقش کلیدی ایفا می‌کند[23]. با این وجود، مقادیر بالای آهن می‌تواند باعث بروز علائمی از قبیل کاهش رشد، افزایش مرگ‌ومیر، مشکلات گوارشی و کبدی شود[16]. در مطالعه حاضر، مقادیر آهن در سیستم چرخشی (۰/۲۵۰–۰/۲۳۳ میلی‌گرم در لیتر) به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سیستم باز (۰/۲۲۹–۰/۱۹۴ میلی‌گرم در لیتر) بود و در هر دو سیستم مقادیر آن طی دوره مطالعه روند افزایش داشت که نشان‌دهنده انباشته‌شدن آهن در این سیستم‌ها بود. در واقع گردش آب و ماند طولانی آن در سیستم چرخشی باعث انباشته‌شدن بیشتر آهن در این سیستم شده است. مقادیر آن در هر دو سیستم چرخشی و باز تحقیق حاضر بیش‌تر از مقادیر گزارش‌شده توسط محققان پیشین[19, 22] بود. اما غلظت‌های بالای کلسیم می‌تواند به‌مقدار قابل‌توجهی اثرات سمی فلزات سنگینی مثل آهن را کاهش دهد. به‌همین‌دلیل، حد مجاز آهن برای قزل‌آلای رنگین‌کمان در آب‌های سخت برابر ۱ میلی‌گرم در لیتر گزارش شده است[24]. بنابراین مقادیر آهن در تحقیق حاضر با وجود بالا بودن نسبت به گزارش برخی محققان بسیار پائین‌تر از حد مجاز بوده است.

در تحقیق حاضر، مقادیر مس در هر دو سیستم باز و چرخشی حدود ۰/۱۵ میلی‌گرم در لیتر بود و در هر دو سیستم طی دوره پژوهش تغییر چندانی نداشت. بین این سیستم‌ها از نظر مس اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. بر اساس گزارش برخی محققان مقدار سمی مس برای قزل‌آلا در آب‌های سبک برابر ۰/۰۲ میلی‌گرم در لیتر و در آب‌های سخت برابر ۰/۲۵ میلی‌گرم در لیتر است[25]. بنابراین اثرات سمی مس نیز همانند آهن به سختی آب و به تبع آن به کلسیم (تعیین‌کننده اصلی سختی آب) وابسته است[26-28]. با توجه به سختی بالای آب در مطالعه حاضر، مقادیر مس در هردو سیستم در حد مجار قرار داشت.

در مطالعه حاضر، بار باکتریایی در سیستم چرخشی به طور معنی‌داری بیش‌تر از سیستم باز بود. این امر احتمالا به انباشته‌شدن متابولیت‌های زیستی در سیستم چرخشی مربوط بوده است. چراکه سیستم‌های آبزی‌پروری از ظرفیت حمل باکتریایی مشخصی برخوردارند که تحت‌تاثیر عوامل محدودکننده رشد باکتری‌ها قرار دارند، به‌همین دلیل، با تغییر این عوامل ممکن است این ظرفیت دچار تغییر شود[29]. از آنجاکه بیشتر جوامع این باکتری‌ها را در سیستم‌های چرخشی پرورش آبزیان گروه‌های هتروتروف تشکیل می‌دهند[30] که انرژی موردنیاز خود را از تجزیه مواد آلی محلول و معلق ریز به دست می‌آورند[31]، افزایش متابولیت‌های ترشح‌شده از جنین‌های درحال رشدونو منجر به افزایش بار باکتریایی آب شده است. همچنین در هر دو سیستم مقادیر بار باکتریایی بلافاصله بعد از تفریخ به اوج رسید که تائیدکننده نقش متابولیت‌ها در افزایش تراکم باکتریایی است. یافته‌های مطالعات گذشته نیز موید آن است که منابع کربن آلی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد باکتری‌ها در سیستم‌های چرخشی می‌باشد و افزایش آن باعث افزایش بار باکتریایی سیستم می‌گردد[32]. در هر دو سیستم باز و چرخشی مطالعه حاضر بیش‌ترین مقدار بار باکتریایی به‌ترتیب $۲/۹۴\times۱۰^{۴}$ و $۶/۲۹\times۱۰^{۴}$ واحد در میلی‌لیتر بود. این مقادیر نسبت به مقادیر گزارش‌شده توسط برخی محققان[33] برای سیستم چرخشی پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان ($۳/۶۱\times۱۰^{۶}$–$۹/۲۳\times۱۰^{۶}$ سلول در میلی‌لیتر) بسیار کمتر بود که احتمالا به عدم غذادهی در سیستم‌های تحقیق حاضر مربوط بوده است.

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-08]

نتیجه‌گیری

مواد معدنی و بار باکتریایی نقش مهمی در رشدونمو و سلامت آبزیان پرورشی به‌ویژه در سیستم‌های چرخشی ایفا می‌کنند، به‌همین دلیل، در مطالعه حاضر روند تغییرات آن‌ها در سیستم‌های چرخشی و باز به‌صورت مقایسه‌ای موردبررسی قرار گرفت. به‌طورکلی با توجه به این‌که غلظت مواد معدنی و بار باکتریایی طی دوره مطالعه برای تخم‌ها و لاروها مشکل‌ساز نبوده و میزان آب مصرفی سیستم چرخشی کمتر ۱٪ سیستم باز بوده است، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که سیستم تفریخ چرخشی طراحی‌شده، برای نگه‌داری تخم‌ها و لاروهای دارای کیسه زرده قزل‌آلای رنگین‌کمان در تفریخگاه‌ها و همچنین برای انجام کارهای تحقیقاتی در مراکز تحقیقاتی قابل استفاده است.

تشکر و قدردانی: از همکاری پرسنل پژوهشکده آرتمیا و آبزی‌پروری دانشگاه ارومیه به‌ویژه آقای سعید حاجی‌نژاد سپاس‌گزاری می‌گردد.

تاییدیه اخلاقی: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

تعارض منافع: هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان این تحقیق وجود ندارد.

سهم نویسندگان: عبدالجبار ایرانی (نویسنده اول)، پژوهشگر اصلی (۹۰٪)، ناصر آق (نویسنده دوم)، پژوهشگر اصلی (۱۰٪).

منابع مالی: این تحقیق با حمایت مالی دانشگاه ارومیه اجرا شده است.

منابع

1- Poczyczyński P, Woźniak M. Artificial feeds in fish nutrition: V. Micronutrients–vitamins and minerals. Kom. Ryb. 2014;1: 33-34.
2- Bury N, Grosell M. Iron acquisition by teleost fish. Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology. 2003;135(2): 97-105.
3- Davis DA, Gatlin DM. Dietary mineral requirements of fish and marine crustacean. Reviews in Fisheries Science. 1996;4(I): 75-99.
4- Cowey CB, Knox D, Adron JW, George S, Pirie B. The production of renal calcinosis by magnesium deficiency in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). British Journal of Nutrition. 1977;38: 127-135.
5- Brucka-Jastrzębska E, Kawc zuga D, Rajkowska M, Protasowicki M. Levels of microelements (cu, Zn, Fe) and macroelements (Mg, Ca) in freshwater fish. Journal of Elementology. 2009;14(3): 437-447.
6- Irani A, Agh N. Design and Management Principles of Recirculating Aquaculture Systems. Urmia University, Urmia. 2019; 230 p.
7- Jokumsen A, Pedersen PB, Dalsgaard AJT, Lund I, et al. New methods in trout farming to reduce the farm effluents – Case study in Denmark. Handbook for Sustainable Aquaculture, Project N°: COLL-CT-2006-030384. 2009. www.sustainaqua.org.
8- Roque d'Orbcastel E, Blancheton JP Aubin J. Towards environmentally sustainable aquaculture: comparison between two trout farming systems using life cycle assessment. Aquacultural Engineering. 2009;40: 113-119.
9- Buric M, Blahovec J, Kouril J. A simple and effective recirculating hatchery for salmonids. Journal of Aquaculture Research and Development. 2014;5(6): 1-5.
10- Gephardt ZO, Daloia J, Ndonga G, Lillis K. Airlift technology models for aquaculture applications with a focus on Latin America: Predictive tools for system performance and optimization. Seventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for engineering and technology, energy and technology for the Americas: Education, Innovation, Technology and Practice, June 2-5, 2009, San Cristóbal, Venezuela.

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-08]

11- Martins CIM, Pistrin MG, Ende SSW, Eding EH, Verreth JAJ. The accumulation of substances in Recirculating Aquaculture Systems (RAS) affects embryonic and larval development in common carp *Cyprinus carpio*. Aquaculture. 2009;291(1-2): 65-73.
12- Davidson J, Good C, Welsh C, Summerfelt S. The effects of ozone and water exchange rates on water quality and rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* performance in replicated water recirculating systems. Aquacultural Engineering. 2011;44(3): 80-96.
13- Davidson J, Good C, Welsh C, Brazil B, Summerfelt S. Heavy metal and waste metabolite accumulation and their potential effect on rainbow trout performance in a replicated water reuse system operated at low or high system flushing rates. Aquacultural Engineering. 2009;41(2): 136-145.
14- Attramadal KJK, Minniti G, Øie G, Kjørsvik E, Østensen MA, Bakke I, Vadstein O. Microbial maturation of intake water at different carrying capacities affects microbial control in rearing tanks for marine fish larvae. Aquaculture. 2016;457: 68-72.
15- Wold P, Holan A, Øie G, Attramadal K, Bakke I, Vadstein O, Leiknes T. Effects of membrane filtration on bacterial number and microbial diversity in marine recirculating aquaculture system (RAS) for Atlantic cod (*Gadus morhua L.*) production. Aquaculture. 2014;422 – 423: 69 – 77.
16- Terech-Majewska E, Pajdak J, Siwicki AK. Water as a source of macronutrients and micronutrients for fish, with special emphasis on the nutritional requirements of two fish species: the common carp (*Cyprinus carpio*) and the rainbow trout *(Oncorhynchus mykiss)*. Journal of Elementology. 2015;21(3): 947-961.
17- Ketola HG, Longacre D, Greulich A, Phetterplace L, Lashomb R. High calcium concentration in water increases mortality of salmon and trout eggs. The Progressive Fish-Culturist. 1988;50(3): 129-135.
18- Michibata H, Sahara S, Kojima MK. Effects of calcium and magnesium ions on the toxicity of cadmium to the Egg of the teleost, (*Oryzias latipes*). Environmental Research. 1986;40: 110-114.
19- Sarkheil M, Rafiee G, Mojazi Amiri, B, Farhangi M. Determination the Effects of Different Concentrations of Waterborne Sodium on Ions Content of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Egg. Journal of Oceanography. 2014a;5(18): 61-69.
20- Irani A, Agh N. Rainbow trout larvae production in an airlift-based recirculating system. Aquaculture. 2020;518: 734831.
21- Ikuta K, Kitamura S. Effects of low ph exposure of adult salmonids on gametogenesis and embryo development. Water, Air, and Soil Pollution. 1995;85: 327-332.
22- Kopp R, Lang Š, Brabec T, Mares J. Influence of physicochemical parameters of water on plasma indices in brook trout (*Salvelinus fontinalis* Mitchill) reared under conditions of intensive aquaculture. Acta Veterinaria Brno. 2013;82(40): 367-373.
23- Shi JS, Camus AC. Hepcidins in amphibians and fishes: antimicrobial peptides or iron-regulatory hormones. Developmental and Comparative Immunology. 2006;30(9): 746-755.
24- FAO. Cultured Aquatic Species Information Programme. *Oncorhynchus mykiss*. Cultured Aquatic Species Information Programme. Text by Cowx, I.G. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. 2005-2019: http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oncorhynchus_mykiss/en.
25- Hellawell JM. Toxic substances in rivers and streams. Environmental Pollution. 1988;50: 61-85.

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-08]

26- Miller TG, Mackay WC. The effects of hardness, alkalinity, and pH of test water on the toxicity of copper to rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Water Research. 1980;14: 129- 133.
27- Wurts WA, Perschbacher PW. Effects of bicarbonate alkalinity and calcium on the acute toxicity of copper to juvenile channel catfish *Ictalurus punctatus*. Aquaculture. 1994;125: 73-79.
28- Matsuo H, Chevallier J, Mayran N, Le Blanc I, Ferguson C, Fauré J, Blanc NS, et al. Role of LBPA and Alix in multivesicular liposome formation and endosome organization. Science. 2004;303: 531-534.
29- Vadstein O, Øie G, Olsen Y, Salvesen I, Skjermo J, Skjåk-Bræk G. A strategy to obtain microbial control during larval development of marine fish. In: Reinertsen H, Dahle LA, Jørgensen L, Tvinnereim K. (eds). Fish Farming Technology – Proceedings of the First International Conference on Fish Farming Technology Balkema: Rotterdam, 1993, pp. 69–75.
30- Rud I, Kolarevic J, Holan A, Berget I, Calabrese S, Terjesen B. Deep-sequencing of the bacterial microbiota in commercial-scale recirculating and semi-closed aquaculture systems for Atlantic salmon post-smolt production. Aquacultural Engineering. 2017;78: 50-62.
31- Bitton G. Wastewater Microbiology. Fourth edition. Wiley-Blackwell, New Jersey, 2011, pp. 762.
32- Leonard N, Guiraud JP, Gasset E, Cailleres JP, Blancheton JP. Bacteria and nutrients – nitrogen and carbon – in a recirculating system for sea bass production. Aquacultural Engineering. 2002;26: 111 – 127.
33- Rojas-Tirado P, Pedersen PB, Vadstein O, Pedersen LF. Microbial dynamics in RAS water: Effects of adding acetate as a biodegradable carbon-source. Aquacultural Engineering. 2019;84: 106-116.

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-08]

Journal of Fisheries Science and Technology
Volume11, Issue 3, Summer 2022
Pages: 289 - 300

Comparative study on the major elements, total bacteria, and rainbow trout egg quality parameters in recirculating and flow-through systems

Irani A[*1], Agh N[1]

1- Artemia and Aquaculture Research Institute, Urmia University, Urmia, Iran

A B S T R A C T

A recirculating hatchery system (RHS) and a flow-through system (FTS) in terms of major macro elements (Ca, Mg, Na and k), some microelements (Fe and Cu), total bacteria and quality characteristics of Rainbow trout eggs and larvae were comparatively studied. A recirculating system (RHS) and a flow-through system (FTS) were designed for incubating the eggs and rearing the yolk-sac larvae. Fertilized eggs were distributed (5000 eggs in each tray) in four replicates and incubated under the standard conditions until yolk sac absorption. Total bacteria and macro/micro elements were measured at one-week interval. Eyed egg percentage, hatching rate, growth, and survival rate of larvae were measured. In the FTS and RHS, percentages of the eyed eggs were 79.75% and 79.01% respectively, and hatching rates were 70.31% and 63.65%, respectively. There were no significant differences amongst the values of Ca, Mg, and Na during the experimental period and between two systems. K Values in the RHS were significantly higher than in the FTS during the egg incubation period. Fe Values in the RHS were more than in the FTS, and increased during the study period in both systems. The values of total bacteria in the RHS were significantly higher than in the FTS. Despite the differences observed between the experimental systems, the designed RHS can be used for incubating the eggs and rearing the yolk-sac larvae in rainbow trout hatcheries, because of its simplicity, low water consumption, and acceptable efficiency.

KEYWORDS: Eggs and larvae, Rainbow trout, Recirculating system

ARTICLE TYPE

Original Research

ARTICLE HISTORY

Received: 21 March 2022

Accepted: 23 August 2022

ePublished: 21 September 2022

* Corresponding Author:
Email address: a.irani@urmia.ac.ir
Tel: 09117313142
© Published by Tarbiat Modares University

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-08]