



تأثیر سطوح مختلف قلیائیت آب بر شاخص‌های رشد، آنالیز لاشه و پارامترهای خونی ماهی سفید انگشت قد (*Rutilus frisii*,) (Kamensky, 1901)

میناجباری^۱، محمد کاظم خالصی^۲، سارا حق پرست^{۳*}، سهراب اسکندری کوهستان^۴

^۱ دانش آموخته کارشناسی ارشد بوم‌شناسی آبزیان، گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

^۲ دانشیار، گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

^۳ استادیار، گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

^۴ مربی، گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی اثر سطوح مختلف قلیائیت بر شاخص‌های رشد، آنالیز لاشه و پارامترهای خونی ماهی سفید انگشت قد بود. ماهیان مورد آزمایش در پنج سطح مختلف قلیائیت شامل آب سالن با قلیائیت ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر، ۵۰ درصد آب مقطر + ۵۰ درصد آب سالن با قلیائیت ۱۱۰ میلی‌گرم در لیتر، آب سالن + ۱۰ گرم بیکربنات سدیم با قلیائیت ۳۵۰ میلی‌گرم در لیتر، آب سالن + ۲۰ گرم بیکربنات سدیم با قلیائیت ۴۵۰ میلی‌گرم در لیتر، و آب سالن + ۳۰ گرم بیکربنات سدیم با قلیائیت ۵۵۰ میلی‌گرم در لیتر به مدت ۸ هفته و در سه تکرار پرورش داده شدند. نتایج مطالعه حاضر نشان داد با افزایش غلظت جوش شیرین، مقادیر pH، شوری، EC و TDS در آب افزایش یافت. با افزایش غلظت جوش شیرین، مقادیر آمونیاک و نیترات آب بالا رفت و کمترین میزان آمونیاک و نیترات به ترتیب در تیمار حاوی (۱۱۰ mg/l CaCO₃) و تیمارهای فاقد جوش شیرین ثبت گردید. همزمان با افزایش قلیائیت ناشی از جوش شیرین، مقادیر گلوکز خون و کورتیزول سرم به طور معنی‌داری افزایش یافتند. تغییر در میزان قلیائیت آب سبب تغییرات معنی‌داری در شاخص‌های رشد و تغذیه بچه‌ماهیان نشد. با افزایش غلظت جوش شیرین، مقادیر هموگلوبین، هماتوکریت، گلبول قرمز و گلبول سفید خون افزایش معنی‌داری یافت. نتایج حاصل از آنالیز ترکیب لاشه حاکی از اختلاف معنی‌دار در بین تیمارهای مختلف بود. با توجه به افزایش سطح آمونیاک و پارامترهای خونی در ماهیان پرورش یافته در سطوح بالاتر قلیائیت، به نظر می‌رسد که پرورش ماهی سفید در آب‌هایی با قلیائیت پایین‌تر اولویت دارد. عدم معنی‌دار بودن اختلافات در بین تیمارهای مورد بررسی از لحاظ شاخص‌های رشد، می‌توان دریافت که این گونه باارزش در آب‌هایی با شرایط قلیائیت مشابه با پژوهش حاضر قابلیت پرورش دارد.

واژه‌های کلیدی:

قلیائیت، بهبود رشد، آنالیز لاشه، فراسنجه‌های خونی، ماهی سفید

نوع مقاله:

پژوهشی اصیل

تاریخچه مقاله:

دریافت: ۰۰/۰۲/۲۷

پذیرش: ۰۰/۰۶/۰۸

DOI: 10.22034/jair.9.3.1

نویسنده مسئول مکاتبه:

سارا حق پرست، استادیار، گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

ایمیل: s.haghparast@sanru.ac.ir

۱ | مقدمه

دست نمی‌آید و این مهم تا حد بسیار زیادی به شرایط پرورش ماهی مانند تراکم پرورش، سختی، قلیائیت و میزان آب قابل‌استفاده برای ماهی نیز بستگی دارد که تمامی این موارد به‌طور مستقیم و غیر-مستقیم کیفیت آب را تحت تأثیر قرار می‌دهند و در طول دوره پرورش باید مدیریت شوند. کاهش کیفیت آب باعث افزایش استرس، رشد ضعیف، شیوع بیشتر بیماری‌ها، افزایش تلفات و کاهش تولید در آبزی-پروری می‌گردد. استرس با توجه به برنامه‌های تولیدی و مدیریتی رایج در پرورش آبزیان همواره به‌عنوان یکی از چالش‌های اجتناب‌پذیر در صنعت آبزی‌پروری محسوب می‌شود (Wendelaar Bonga, 1997;)

امروزه کنترل مناسب فاکتورهای کیفی آب (کیفیت آب) با هدف نگهداری غلظت فاکتورهای مختلف زیست‌محیطی آب در دامنه بهینه سبب افزایش سرعت رشد ماهیان، کارایی غذا و کاهش بروز بیماری در مقیاس وسیع می‌گردد (Sim, 2008; Stigebrandt, 2004). با توجه به اهمیت کیفیت آب، عدم جمع‌آوری اطلاعات و آگاهی از وضعیت فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب و فاکتورهای بوم‌شناختی، سبب می‌گردد تا مدیریت و کنترل مناسب اکوسیستم‌های پرورش آبزیان در زمان و مکان مورد نیاز، تقریباً غیرممکن شود (Li and Liu, 2013). بنابراین موفقیت در آبزی‌پروری تنها با انتخاب گونه و تغذیه صحیح به

(Tucker, 1998). باید توجه داشت که باروری آب‌های غیرآلوده طبیعی نسبت به آب‌های سیستم‌های پرورش آبزیان به مراتب کمتر است. تولیدات فیتوپلانکتونی در آب‌هایی با میزان قلیائیت بالای ۲۰۰-۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر کاهش می‌یابد؛ چراکه با افزایش قلیائیت میزان سختی نیز افزایش پیدا می‌کند. به هر حال به نظر می‌رسد بهینه تولیدات فیتوپلانکتونی در آب‌هایی با میزان قلیائیت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر به دست می‌آید (Boyd and Tucker, 1998). زیستگاه اصلی ماهی سفید (*Rutilus kutum*) در سواحل جنوبی دریای خزر از رودخانه کورا (Kura) تا منطقه گمیشان است و در مجموع ۹۰ درصد ذخایر آن بومی آب‌های ایران است (Gholi'of, 1997). این ماهی از زمان قدیم به دلیل گوشت لذیذ و ارزش اقتصادی بالا، جایگاه خاصی در میان مناطق شمالی کشور داشته و از نظر رژیم غذایی در گروه ماهیان همه‌چیزخوار قرار دارد. ماهیان کوچک‌تر سفید از دیاتومه‌ها و سخت‌پوستان و ماهیان بزرگ‌تر از لارو و شفیره حشرات و بی‌مهرگان تغذیه می‌کنند (Safari *et al.*, 2009). اهمیت صید این ماهی در میان صیادان بسیار زیاد بوده به طوری که نزدیک به ۶۰ درصد درآمد صیادان پره را تأمین می‌نماید (Razavi Sayad, 1999). متأسفانه در سال‌های اخیر ذخایر این ماهی به دلیل صید بی‌رویه مولدین، تغییر بستر رودخانه‌ها، کاهش جریان آب رودخانه‌ها، افزایش آلودگی و برداشت شن و ماسه کاهش یافته است (Fallahi Kapoorchali *et al.*, 2009). به همین دلیل سازمان شیلات ایران اقدام به بازسازی ذخایر آن از سال ۱۳۶۴ نمود و هر ساله برای حفظ ذخایر این گونه با ارزش، ۲۰۰ میلیون بچه‌ماهی انگشت قد تولید کرده و در رودخانه‌های اطراف دریای خزر رها می‌کند (Paykan Heyrati *et al.*, 2007). لذا در تولید و پرورش مصنوعی این گونه، بهینه‌سازی شرایط پرورش ماهی سفید به‌ویژه از لحاظ عوامل فیزیکی‌وشیمیایی آب، با اثری که در افزایش رشد ماهی و کاهش هزینه‌های تولید دارد، لازم و ضروری به نظر می‌رسد. تاکنون اثر قلیائیت در سطوح مختلف بر روی نرخ رشد بچه‌ماهی سفید در کشور مطالعه نشده است، از این رو پژوهش حاضر باهدف تعیین سطح مطلوب قلیائیت آب از میان سطوح مورد مطالعه، ضمن بررسی اثر آن بر رشد، برخی از فاکتورهای خونی بدن بچه‌ماهی سفید و عوامل فیزیکی‌وشیمیایی محیط پرورش طراحی و اجرا شد.

۲ | مواد و روش‌ها

تعداد ۳۰۰ قطعه بچه ماهی سفید انگشت قد با وزن 2 ± 0.41 گرم از مرکز تکثیر و بازسازی آبزیان شهید رجایی ساری تهیه شد و طی ۲ هفته جهت سازگاری در محیط با غذای دستی تغذیه شدند. آب مورد استفاده برای پرورش بچه ماهی‌ها از آب شهری تأمین شده، به طوری که ابتدا در یک مخزن ۵۰۰ لیتری برای مدت ۲۴ ساعت جهت کلرزدایی و هوادهی نگهداری و سپس مورد استفاده قرار می‌گرفت. آزمایش در یک سالن سرپوشیده در ۱۵ عدد آکواریوم و با حجم آب ۶۰ لیتر و به ابعاد $30 \times 40 \times 70$ سانتی‌متر به‌عنوان واحدهای آزمایش انجام گرفت. چینه آکواریوم‌ها به‌صورت تصادفی انتخاب شده بود تا تیمارها و تکرارهای مختلف در شرایط یکسان محیط آزمایشگاهی قرار گیرند برای

(Ashley, 2007). در سیستم‌های پرورشی ماهی ممکن است شرایط استرس‌زا تداوم داشته باشد که تهدیدی برای سلامت ماهیان و همچنین میزان تولید خواهد بود (Barcellos *et al.*, 2011). ماهیان سازگاری‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی تکامل یافته‌ای تحت‌عنوان پاسخ استرس برای مقابله با این چنین محدودیت‌هایی دارند که مانع اثرات زیان آور استرس می‌شود و یا آن‌ها را به حداقل می‌رساند (Koeyputsa and Jongjareanjai, 2011). آن‌ها طی فرآیندی تحت عنوان پاسخ به استرس، تطابق‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی را در مواجهه با استرس از خود نشان می‌دهند که منجر به کاهش یا حذف اثر عامل استرس‌زا می‌شود (Koeyputsa and Jongjareanjai, 2011). پاسخ به استرس در مراحل مختلفی انجام می‌گیرد که شامل آزاد کردن هورمون‌های استرس و به دنبال آن پاسخ‌های فیزیولوژیکی متناسب با این هورمون‌ها است و در مراحل بعدی در رشد و نمو خود جاندار و همچنین در سطح جمعیت نمود پیدا می‌کند (Ham *et al.*, 2003; Davis, 2004). یکی از شاخص‌های خونی مناسب در تشخیص تنش‌های محیطی در ماهیان، بررسی خصوصیات سلول‌های خونی (تعداد، شکل و ترکیب) آن‌ها است (Liorente *et al.*, 2002). به‌طور کلی تغییر در سطح هماتوکریت یا تعداد گلبول‌های قرمز یک روش رویارویی ماهیان با شرایط تنش‌زا است (Ziegeweid and Black, 2010). علاوه بر این، سطح کورتیزول پلازما و تغییرات در متابولیسم کربو-هیدرات، مانند غلظت گلوکز و لاکتات پلازما به‌عنوان شاخص‌های اصلی استرس در ماهیان در نظر گرفته می‌شوند (Santos and Pacheco, 1996). اثر تغییرات فاکتورهای محیطی بر شاخص‌های خونی ممکن است در یک محدوده به‌صورت افزایشی و در محدوده دیگر به‌صورت کاهشی باشد که این وضعیت به محدوده‌های بهینه هر ماهی و ویژگی‌های تطابقی آن بستگی دارد (Morgan and Iwama, 1991). از این رو، آگاهی از ویژگی‌های زیست‌شناختی ماهیان به‌عنوان اطلاعات پایه در تمامی فعالیت‌های تحقیقاتی اجرایی و مدیریتی شیلات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. عوامل شیمیایی بر توانایی حلالیت آب تأثیرگذار بوده و می‌تواند برخی از ترکیبات را به‌صورت محلول در بیاورد، املاح موجود در آب بخشی از این ترکیبات را تشکیل می‌دهند (Wachinski, 2003). یکی از عوامل مربوط به کنترل کیفیت شیمیایی آب، میزان قلیائیت آن است (Selong and Helfrich, 1998). میزان اسیدی که باید به یک نمونه آب اضافه گردد تا pH آن به ۴/۵ کاهش یابد، به‌عنوان یک روش کاربردی در تعیین قلیائیت به کار می‌رود. محققان اظهار نمودند که آب با قلیائیت ۱۵۰-۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر حاوی مقادیر کافی دی‌اکسید کربن بوده که تولید پلانکتون را برای پرورش ماهی فراهم می‌نماید (Boyd and Lichtkoppler, 1979). طبق برخی از مطالعات، مقدار مجاز قلیائیت در پرورش ماهیان گرمابی ۴۰۰-۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر است (Esmaeili Sari, 2004). میزان قلیائیت آب به‌طور روشنی بر روی میزان تولیدات فیتوپلانکتونی در آب‌های طبیعی و کنترل‌شده از طریق تغییر پارامترهای کیفی آب اثر دارد. در آب‌های شیرین غیرآلوده تولیدات فیتوپلانکتونی در قلیائیت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر به حداکثر میزان خود می‌رسد (Boyd and

در حاشیه آکواریوم پخش شد تا شرایط درشت سالاری در بین ماهیان پیش نیاید و هدر رفت غذایی به حداقل ممکن خود برسد. اقلام غذایی و درصد استفاده هریک در جیره غذایی مورد استفاده در جدول ۱ ارائه شده است. از نرم‌افزار UFFDA جهت تنظیم و بالانس انرژی در جیره غذایی ساخته شده استفاده شد. برای آگاهی از عملکرد جیره‌های غذایی و چگونگی رشد بچه‌ماهیان، در ابتدا و انتهای دوره تحقیق ماهیان با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند. جهت انجام زیست‌سنجی در هر ۱۵ روز یکبار، ۲۴ ساعت قبل از اندازه‌گیری و ۲۴ ساعت بعد از توزین جهت کاهش استرس و تلفات ماهیان، غذادهی قطع گردید.

جلوگیری از آلودگی محیط، ضایعات غذایی و مدفوع به کمک سیفون خارج گردید. در طول اجرای آزمایش بچه ماهیان از نظر ظاهری بررسی گردیدند. تلفات معمول برای کلیه تیمارها به طور متوسط ۱۰ درصد در کل دوره در نظر گرفته شد و در محاسبات مربوط به تعداد بچه‌ماهی موردنیاز لحاظ گردید.

غذادهی به مدت ۸ هفته و به صورت دستی و براساس مشاهدات و مدت زمان مصرف غذا توسط بچه‌ماهیان تا حد سیری به میزان ۸ درصد وزن بدن آن‌ها و با در نظر گرفتن سطح دمای آب صورت گرفت. ماهیان روزانه در ۳ وعده (صبح زود، ظهر و عصر) غذادهی شدند و غذا حداکثر ظرف مدت ۲۵ دقیقه مورد مصرف ماهیان قرار می‌گرفت. غذا به خوبی

جدول ۱- اجزای غذایی و درصد هریک در ترکیب جیره غذایی بچه ماهیان سفید

ترکیبات جیره (درصد)	پودر ماهی	آرد سویا	آرد گندم	آرد ذرت	ژلاتین	روغن آفتابگردان	مکمل ویتامینه
۲۷	۱۸	۱۶	۱۷	۲/۰۴	۵	۲	
ترکیبات جیره (درصد)	مکمل معدنی	ویتامین C	دی کلسیم فسفات	فیبر (ماسه)	چربی	پروتئین	
۲	۰/۲	۰/۵	۱۰/۲۶	۱۴	۳۵		

$G.R=(Bwf-Bwi)/T$ (رشد روزانه)

$FCR=F/(Wt-W_0)$ (ضریب تبدیل غذایی)

که در آن BWi =متوسط وزن اولیه، BWf =متوسط وزن نهایی، W_0 = میانگین بیوماس اولیه (گرم)، Wt = میانگین بیوماس نهایی (گرم)، T =تعداد روزهای پرورش، F =مقدار غذای مصرف شده توسط ماهی می-باشد.

تعداد ۳ عدد ماهی از هر تکرار برای آنالیز لاشه در پایان دوره پرورش به طور تصادفی انتخاب شدند. جهت تعیین درصد ترکیبات شیمیایی لاشه ماهیان، نمونه‌ها به میزان تقریبی ۲۰ گرم چرخ و سپس هم‌وزن شدند. درصد رطوبت و خاکستر نمونه‌هاه گیری گردید. میزان پروتئین نمونه‌ها با روش کجلدال و درصد چربی کل با کمک دستگاه سوکسله سنجش شد (AOAC, 1990).

جهت اندازه‌گیری پارامترهای خون در پایان دوره، ابتدا تمام ماهیان هر تکرار توسط محلول گل‌میخک (۱۰۰ میلی‌گرم در هر لیتر) بیهوش شدند و از با قطع ساقه‌دمی خون‌گیری به عمل آمد (Groff and Zinkl, 1999). بدین ترتیب از هر تکرار یک نمونه خون تهیه شد بخشی از نمونه خون به دست آمده از هر تکرار به داخل لوله‌های پلاستیکی (ویال‌ها حاوی EDTA ماده ضد انعقاد) ریخته شده و لوله را به آرامی تکان داده تا خون و ماده ضد انعقاد کاملاً مخلوط شوند و بخش دیگر را درون لوله‌های پلاستیکی (ویال‌های فاقد ماده ضد انعقاد) ریخته و سپس نمونه خونی به همراه کل من حاوی یخ به آزمایشگاه منتقل شد (Ameri Mahabadi, 1999). شمارش گلبول‌های قرمز و سفید خون در هر یک از نمونه‌ها صورت گرفت (Stolen et al., 1994). همچنین اندازه‌گیری هموگلوبین خون به روش سیانومت هموگلوبین (Crestani et al., 2006) و سنجش کورتیزول به روش Chemi Luminescence توسط دستگاه خودکار Siemens Advia centaur C.P انجام شد.

این پژوهش در قالب یک طرح آماری کاملاً تصادفی با ۵ تیمار و ۳ تکرار طی ۸ هفته با دوره نوری ۱۲ ساعت تاریکی و ۱۲ ساعت روشنایی با لامپ در سالن پرورش دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی سازی انجام پذیرفت و برای هر تکرار ۲۰ عدد بچه‌ماهی انگشت قد در نظر گرفته شد. تیمارهای مختلف آزمایشی شامل تیمار اول: آب سالن پرورش (حاوی ۲۵۰ میلی‌گرم برلیتر کربنات کلسیم)، تیمار دوم: آب سالن پرورش+ آب مقطر (حاوی ۱۱۰ میلی‌گرم برلیتر کربنات کلسیم)، تیمار سوم: آب سالن پرورش+ ۱۰ گرم جوش شیرین (حاوی ۳۵۰ میلی‌گرم برلیتر کربنات کلسیم)، تیمار چهارم: آب سالن پرورش+ ۲۰ گرم جوش شیرین (حاوی ۴۵۰ میلی‌گرم برلیتر کربنات کلسیم) و تیمار پنجم: آب سالن پرورش+ ۳۰ گرم جوش شیرین (حاوی ۵۵۰ میلی‌گرم برلیتر کربنات کلسیم) بودند.

تعیین سطح قلیائیت با اندازه‌گیری قلیائیت آب سالن پرورش آغاز شد که برابر ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم بود. چهار تیمار دیگر بر اساس سطح قلیائیت مذکور با استفاده از بی‌کربنات سدیم (جوش شیرین) با درجه خلوص ۹۸/۹ درصد تهیه شدند. علت انتخاب این ماده سهولت در تغییر سطح قلیائیت آب متناسب با تیمارهای مورد نظر بود (Yim and Kim, 2006). با محاسبه دقیق مقدار موردنیاز نمک بی-کربنات سدیم برحسب حجم آکواریوم، آکواریوم‌ها با غلظت‌های مذکور آماده شدند. قلیائیت کل با استفاده از معرف متیل اورانژ اندازه‌گیری شد (AOAA, 1990).

درصد افزایش وزن بدن، رشد روزانه (گرم/روز) (Hung et al., 1989) نرخ رشدیژه (درصد در روز) و ضریب تبدیل غذایی (Ronyai et al., 1990) مطابق فرمول‌های زیر محاسبه شدند:

$$BWI=(Bwf-Bwi)/BWi \times 100 \text{ (درصد افزایش وزن بدن)}$$

$$SGR(\% / \text{day}) = (\ln W_t - \ln W_0) / t \times 100 \text{ (نرخ رشد یژه)}$$

سنجش گلوکز خون براساس روش (Trinder, 1969) صورت گرفت. سنجش کلسیم و سدیم در پوست و فیله توسط دستگاه فلیم اتمی و به روش جذب فتومترى صورت گرفت (AOAC, 1995).

اندازه‌گیری روزانه دما با دماسنج، و کل جامدات محلول (TDS)، ضریب هدایت الکتریکی (EC)، pH و اکسیژن محلول (DO) هر سه روز یکبار با استفاده از دستگاه پرتابل HACH آمریکایی (مدل HQ40D) انجام شد. هر هفته، سنجش نیترات و آمونیاک به روش کالریمتری و با طیف‌نورسنجی به وسیله دستگاه اسپکتروفوتومتر به ترتیب در طول موج‌های ۴۱۰ و ۶۴۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. کلسیم، منیزیم و سدیم آب با دستگاه flame photometer (مدل PFP7 ساخت JENWAY انگلستان)، و سختی به روش تیتراسیون با محلول EDTA، کدورت توسط دستگاه فتومتر (مدل AL400 از شرکت Aqualytic ساخت آلمان)، به‌طور هفتگی اندازه‌گیری شد. ابتدا نرمال بودن داده‌های مربوط به هر تیمار (با سه تکرار) با استفاده از آزمون شاپیروویک انجام و همگنی واریانس‌ها با آزمون لون بررسی شد.

با استفاده از تجزیه واریانس یک‌طرفه (One-Way ANOVA) در سطح اطمینان ($p < 0.05$) اختلاف کلی بین تیمارهای مختلف سطوح قلیائیت مشخص و سپس با آزمون دانکن گروه‌های معنی‌دار از یکدیگر تفکیک شدند (Zar, 2009). داده‌ها به‌صورت میانگین (\pm انحراف معیار) آورده شده‌اند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS-18 و رسم نمودارها با برنامه Excel-2012 صورت گرفت.

۳ | نتایج

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها و آزمون دانکن جهت مقایسه پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب در سطوح متفاوت قلیائیت در جدول ۲ ارائه شده است. براساس این جدول، بیشترین سطح اکسیژن محلول مربوط به تیمار قلیائیت ۲۵۰ میلی‌گرم درلیتر (۶/۸۵ میلی‌گرم برلیتر) و کمترین آن در تیمار قلیائیت ۵۵۰ میلی‌گرم بر لیتر (۶/۲۳ میلی‌گرم بر لیتر) مشاهده شد ($p < 0.05$). همچنین بیشترین میزان pH (۸/۸۶) و

ضریب هدایت الکتریکی ($898/1 \mu\text{s/cm}$) در تیمار قلیائیت ۵۵۰ میلی‌گرم برلیتر و کمترین آن‌ها در تیمارهایی با قلیائیت ۱۱۰ میلی‌گرم برلیتر و قلیائیت ۲۵۰ میلی‌گرم درلیتر (به ترتیب ۸/۷ و ۸/۷۲ برای pH و $628/6 \mu\text{s/cm}$ و $662/5$ برای EC) ثبت شد که باهم اختلاف آماری معنی‌داری داشتند ($p < 0.05$). با افزایش سطح قلیائیت در آکواریوم‌های پرورشی، افزایش معنی‌داری نیز در میزان شوری و TDS تیمارهای آزمایشی مشاهده گردید ($p < 0.05$).

بیشترین میزان کل مواد جامد محلول ($441/3 \text{ ppm}$) و شوری (۰/۵ درصد) مربوط به تیمار قلیائیت ۵۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و کمترین آن‌ها به ترتیب با مقادیر $281/6 \text{ ppm}$ و ۰/۳ درصد در تیمار قلیائیت ۱۱۰ میلی‌گرم برلیتر مشاهده شد. همچنین تیمارهای آزمایشی با قلیائیت ۱۱۰ و ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر با یکدیگر اختلاف آماری معنی‌داری از لحاظ شوری نداشتند ($p > 0.05$) ولیکن با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان دادند ($p < 0.05$) (جدول ۲).

بیشترین میزان کلسیم و سدیم آب به ترتیب در تیمار قلیائیت ۳۵۰ میلی‌گرم برلیتر ($156/85 \text{ mg/l}$) و تیمار قلیائیت ۵۵۰ میلی‌گرم برلیتر ($95/17 \text{ mg/l}$) اندازه‌گیری شد، درحالی که کمترین مقادیر آن‌ها به ترتیب در تیمار قلیائیت ۱۱۰ میلی‌گرم برلیتر (به ترتیب $119/5 \text{ mg/l}$ و $45/76 \text{ mg/l}$) مشاهده شد. علاوه بر این، تیمارهای حاوی سطح قلیائیت بالاتر از ۲۰۰ میلی‌گرم برلیتر با یکدیگر اختلاف معنی‌داری از لحاظ میزان منیزیم نداشتند ($p > 0.05$)، ولیکن با تیمار حاوی کمترین سطح قلیائیت (۱۱۰ میلی‌گرم برلیتر) تفاوت معنی‌داری نشان دادند ($p < 0.05$) (جدول ۲).

همان‌گونه که در جدول ۳ ارائه شده است، نتایج تجزیه واریانس داده‌ها و آزمون دانکن جهت مقایسه میانگین حاکی از عدم وجود اختلاف معنی‌داری میان وزن نهایی، افزایش وزن، نرخ رشد ویژه، رشد روزانه و ضریب تبدیل غذایی ماهیان تحت تأثیر تیمارهای مختلف قلیائیت بود ($p > 0.05$).

جدول ۲- تأثیر سطوح مختلف قلیائیت بر برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب پس از پایان دوره پرورش

سطوح قلیائیت (mg/l) DO	۱۱۰ میلی‌گرم بر لیتر	۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر	۳۵۰ میلی‌گرم بر لیتر	۴۵۰ میلی‌گرم بر لیتر	۵۵۰ میلی‌گرم بر لیتر
Ph	8.70 ± 0.01^a	8.72 ± 0.01^a	8.75 ± 0.01^b	8.82 ± 0.02^c	8.86 ± 0.01^d
EC ($\mu\text{s/cm}$)	628.6 ± 3.5^a	662.5 ± 3.5^a	718.6 ± 19.2^b	793.3 ± 32.6^c	898.1 ± 45.6^d
TDS (ppm)	281.6 ± 6.0^a	327.2 ± 8.2^b	357.3 ± 3.6^c	403.3 ± 5.1^d	441.3 ± 15.2^e
شوری (%)	0.3 ± 0.01^a	0.3 ± 0.01^a	0.4 ± 0.01^b	0.4 ± 0.01^b	0.5 ± 0.01^c
کدورت (NTU)	4.1 ± 1.7^b	4.1 ± 4.2^b	3.6 ± 1.1^a	4.3 ± 0.5^b	4.3 ± 0.5^b
کلسیم (mg/l)	119.5 ± 3^a	151.67 ± 2.3^ab	156.85 ± 2^b	156.12 ± 2^b	125.82 ± 2^ab
سدیم (mg/l)	45.76 ± 4^a	54.26 ± 5^b	68.91 ± 6^c	81.88 ± 5^d	95.17 ± 6^e
منیزیم (mg/l)	37.04 ± 1.1^a	47.83 ± 1.0^b	45.91 ± 1.3^b	46.48 ± 0.9^b	52.6 ± 0.3^b
سختی کل (mg/l CaCO ₃)	47.6 ± 3.2^a	64.9 ± 1.4^c	62.1 ± 2.3^d	57.8 ± 2.8^c	53.6 ± 0.5^b
نسبت سختی کل به قلیائیت کل (TH/TA)	۴/۳۲	۲/۶	۱/۷۷	۱/۳۰	۰/۹۷
آمونیاک (ppm)	0.033 ± 0.0004^a	0.065 ± 0.0005^c	0.046 ± 0.0004^b	0.067 ± 0.0004^d	0.070 ± 0.0005^e
نیترات (ppm)	0.0004 ± 0.0001^a	0.0004 ± 0.0001^a	0.0005 ± 0.0001^b	0.0007 ± 0.0001^c	0.0008 ± 0.0001^d

- میانگین \pm انحراف معیار (Mean \pm SD) با حروف متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشند ($p < 0.05$).

جدول ۳- تأثیر سطوح مختلف قلیائیت بر وضعیت شاخص‌های رشد و کارایی تغذیه بچه‌ماهی انگشت قد سفید

سطوح قلیائیت	وزن نهایی (گرم)	افزایش وزن (گرم)	نرخ رشد ویژه (SGR)	رشد روزانه (گرم در روز)	ضریب تبدیل غذایی (FCR)
۱۱۰ میلی‌گرم بر لیتر	۳/۸۹±۰/۳۸ ^a	۱/۶۶±۰/۳۴ ^a	۰/۹۹±۰/۱۴ ^a	۰/۰۲±۰/۰۱ ^a	۱/۷۱±۰/۱۷ ^a
۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر	۳/۹۵±۰/۰۵ ^a	۱/۸۰±۰/۰۳ ^a	۱/۰۹±۰/۰۱ ^a	۰/۰۳±۰/۰۱ ^a	۱/۷۲±۰/۲۴ ^a
۳۵۰ میلی‌گرم بر لیتر	۳/۹۶±۰/۲۳ ^a	۱/۷۲±۰/۱۷ ^a	۱/۰۲±۰/۰۶ ^a	۰/۰۳±۰/۰۱ ^a	۱/۶۸±۰/۱۴ ^a
۴۵۰ میلی‌گرم بر لیتر	۳/۹۵±۰/۱۷ ^a	۱/۷۴±۰/۰۹ ^a	۱/۰۳±۰/۰۴ ^a	۰/۰۳±۰/۰۱ ^a	۱/۷۱±۰/۱۵ ^a
۵۵۰ میلی‌گرم بر لیتر	۳/۸۹±۰/۱۳ ^a	۱/۵۶±۰/۱۵ ^a	۰/۹۲±۰/۰۸ ^a	۰/۰۲±۰/۰۱ ^a	۱/۷۰±۰/۱۹ ^a

- میانگین ± انحراف معیار (Mean ± SD) با حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار آماری می‌باشند (p<0.05).

تیمار قلیائیت ۳۵۰ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد (۳۹۰ عدد در میلی- مترمکعب) که با تیمارهای قلیائیت ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و قلیائیت ۴۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اختلاف آماری معنی‌داری نداشت (p>0.05). بیشترین تعداد گلبول‌های قرمز در بچه ماهیان پرورش یافته در تیمار قلیائیت ۵۵۰ میلی‌گرم بر لیتر (به ترتیب ۶۹۰۰۰۰ عدد در میلی‌متر مکعب) مشاهده شد که با سایر تیمارها اختلاف آماری معنی‌داری داشت (p<0.05). همچنین بین تمامی تیمارها از لحاظ تعداد گلبول- های سفید تفاوت آماری معنی‌داری وجود داشت (p<0.05) به جز تیمارهای قلیائیت ۱۱۰ میلی‌گرم بر لیتر و قلیائیت ۳۵۰ میلی‌گرم بر لیتر که اختلاف آماری معنی‌داری نداشتند (p>0.05). کمترین و بیشترین تعداد گلبول‌های سفید به ترتیب در تیمارهایی با قلیائیت ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر (۴۱۲۵ عدد در میلی‌مترمکعب) و قلیائیت ۵۵۰ میلی‌گرم بر لیتر (۵۰۵۰ عدد در میلی‌مترمکعب) بدست آمد که با سایر تیمارها اختلاف آماری معنی‌داری نداشتند (p<0.05) (جدول ۴).

نتایج حاصل از مقایسه اثر سطوح مختلف قلیایی بر فراسنجه‌های خونی بچه ماهیان انگشت قد سفید در جدول ۴ ارائه شده است. بیشترین میزان هموگلوبین در تیمار قلیائیت ۵۵۰ میلی‌گرم بر لیتر برابر ۹/۲۵ گرم بر دسی‌لیتر به دست آمد که با سایر تیمارها تفاوت آماری معنی‌دار داشت (p<0.05)، در حالی که کمترین سطح هموگلوبین در تیمار قلیائیت ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر برابر ۳/۹۰ گرم بر دسی‌لیتر بود که با تیمارهای قلیائیت ۱۱۰ میلی‌گرم بر لیتر و تیمار قلیائیت ۳۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اختلاف آماری معنی‌داری نشان نداد (p>0.05). کمترین درصد هماتوکریت (۵۱/۵۷٪) در تیمار قلیائیت ۳۵۰ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد که با سطح هماتوکریت در تیمار قلیائیت ۴۵۰ میلی‌گرم بر لیتر تفاوت آماری معنی‌داری نداشت (p>0.05). در مقابل، بیشترین درصد هماتوکریت (۷۰/۹۸٪) در تیمار قلیائیت ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد که با تیمارهای قلیائیت ۱۱۰ میلی‌گرم بر لیتر و قلیائیت ۵۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اختلاف معنی‌داری نداشت (p>0.05). کمترین تعداد گلبول قرمز شمارش شده در بچه‌ماهیان پرورش یافته در

جدول ۴- تأثیر سطوح مختلف قلیائیت بر فراسنجه‌های خونی و سرمی بچه‌ماهیان سفید انگشت قد (میانگین ± انحراف معیار)

سطوح قلیائیت	هموگلوبین (g/dL)	هماتوکریت (%)	گلبول قرمز (cell/mm ³)	گلبول سفید (cell/mm ³)	کورتیزول (ng/ml)	گلوکز (mg/dL)
۱۱۰ میلی‌گرم بر لیتر	۴/۱۲±۰/۱۰ ^a	۴۵/۲۱±۷/۱۲ ^{bc}	۶۱۵۰۰±۷۰۷۱ ^{bc}	۴۳۷۵±۳۶۳۵ ^b	۹/۱±۱/۷ ^a	۶۸±۹/۸۹ ^b
۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر	۳/۹۰±۰/۱۰ ^a	۵۳/۳۳±۲/۸۷ ^c	۵۲۰۰۰±۷۰۷۱ ^{ab}	۴۱۲۵±۳۶۳۵ ^a	۱۰/۸±۲/۳ ^a	۵۱/۵±۳/۵۳ ^a
۳۵۰ میلی‌گرم بر لیتر	۵/۰۴±۰/۴۱ ^{ab}	۳۱/۲۱±۶/۱۰ ^a	۳۹۵۰۰±۷۰۷۱ ^a	۴۵۰۰±۰/۰ ^b	۱۲/۹۴±۳/۱ ^b	۶۷/۵±۳/۵۳ ^b
۴۵۰ میلی‌گرم بر لیتر	۶/۴۲±۰/۹۶ ^b	۴۱/۶۴±۳/۱۳ ^{ab}	۵۲۵۰۰±۶۳۶۳ ^{ab}	۴۶۵۰±۷۰/۷۱ ^c	۱۳/۶±۳/۸ ^b	۷۲/۵±۲/۱۲ ^b
۵۵۰ میلی‌گرم بر لیتر	۹/۲۵±۱/۴۸ ^c	۴۵/۱۷±۴/۲۳ ^{bc}	۶۹۰۰۰±۵۶۵۶ ^c	۵۰۵۰±۷۰/۷۱ ^d	۱۴/۲۹±۴/۵ ^b	۸۸±۵/۶۵ ^c

- میانگین ± انحراف معیار (Mean ± SD) با حروف متفاوت در ستون‌های یکسان نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار آماری است (p<0.05).

همچنین میان تیمارهایی با قلیائیت ۱۱۰ میلی‌گرم بر لیتر، قلیائیت ۳۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و قلیائیت ۴۵۰ میلی‌گرم بر لیتر تفاوت معنی‌داری از لحاظ مقدار گلوکز مشاهده نشد (p>0.05) ولی با سایر تیمارهای آزمایشی اختلاف آماری معنی‌داری داشتند (p<0.05) (جدول ۴). نتایج تجزیه واریانس داده‌ها و آزمون دانکن جهت مقایسه میانگین درصد وزنی خشک لاشه بچه‌ماهیان انگشت قد سفید نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار میان تیمارها هستند (p<0.05) (جدول ۵). بیشترین درصد وزن خشک لاشه در تیمار قلیائیت ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر (۳۴/۵۶) و کمترین آن در تیمار قلیائیت ۱۱۰ میلی‌گرم بر لیتر برابر ۳۲/۲۵ به دست آمد (p<0.05). همچنین بالاترین درصد وزنی رطوبت مربوط به تیمار قلیائیت ۱۱۰ میلی‌گرم بر لیتر (۶۷/۷۴) و کمترین آن مربوط به تیمار قلیائیت ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر (۶۵/۴۳) بود که اختلاف آماری معنی‌داری

بیشترین میزان کورتیزول در تیمار قلیائیت ۵۵۰ میلی‌گرم بر لیتر به میزان ۱۴/۲۹ نانوگرم در میلی‌لیتر دیده شد که اختلاف آماری معنی‌داری با تیمارهایی با قلیائیت قلیائیت ۳۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و قلیائیت ۴۵۰ میلی‌گرم بر لیتر نداشت (p>0.05) (جدول ۴). کمترین میزان کورتیزول در تیمار قلیائیت ۱۱۰ میلی‌گرم بر لیتر به میزان ۹/۱ نانوگرم در میلی‌لیتر بود که با تیمار قلیائیت ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اختلاف آماری معنی‌داری نداشت (p>0.05). به‌طور کلی نتایج بررسی میزان کورتیزول حاکی از افزایش سطح قلیائیت در تیمارهای آزمایشی بوده است. بیشترین میزان گلوکز در تیمار قلیائیت ۵۵۰ میلی‌گرم بر لیتر به میزان ۸۸ میلی‌گرم در دسی‌لیتر و کمترین میزان در تیمار قلیائیت ۲۵۰ میلی‌گرم در دسی‌لیتر به میزان ۵۱/۵ میلی‌گرم در دسی‌لیتر بود (p<0.05).

گرم برلیتر اندازه‌گیری شد که با یکدیگر تفاوت آماری معنی‌داری داشتند ($p < 0.05$). میان تیمارهایی با سطح قلیائیت ۲۵۰، ۴۵۰ و ۵۵۰ میلی‌گرم برلیتر اختلاف آماری معنی‌داری از لحاظ درصد چربی لاشه وجود نداشت ($p > 0.05$). همچنین تیمارهای قلیائیت ۲۵۰، ۳۵۰ و ۵۵۰ میلی‌گرم برلیتر نیز تفاوت آماری معنی‌داری از این لحاظ با یکدیگر نداشتند ($p > 0.05$). باتوجه به جدول ۵، تیمار قلیائیت ۵۵۰ میلی‌گرم برلیتر اختلاف آماری معنی‌داری با تیمار قلیائیت ۴۵۰ میلی‌گرم برلیتر از نظر درصد وزنی خاکستر لاشه نشان داد ($p < 0.05$). بیشترین درصد وزنی خاکستر لاشه (۹/۴۴٪) از بچه‌ماهیان پرورش یافته در تیمار قلیائیت ۱۱۰ میلی‌گرم برلیتر و کمترین درصد آن (۷/۴۷٪) در بچه‌ماهیان پرورش یافته در تیمار قلیائیت ۵۵۰ میلی‌گرم برلیتر بوده که با یکدیگر تفاوت داشتند ($p < 0.05$).

جدول ۵- تأثیر سطوح مختلف قلیائیت بر آنالیز لاشه بچه‌ماهی انگشت قد سفید

سطوح قلیائیت	وزن خشک (درصد)	رطوبت (درصد)	پروتئین خام (% در ماده خشک)	چربی خام (% در ماده خشک)	خاکستر (% در ماده خشک)
۱۱۰ میلی‌گرم برلیتر	۳۲/۲۵±۰/۵۹ ^a	۶۷/۷۴±۰/۵۹ ^b	۴۵/۸۵±۰/۴۹ ^d	۴۳/۹۵±۰/۵۴ ^a	۹/۴۴±۰/۰۹ ^b
۲۵۰ میلی‌گرم برلیتر	۳۴/۵۶±۰/۲۶ ^b	۶۵/۴۳±۰/۲۶ ^a	۴۳/۵۷±۰/۲۴ ^c	۴۷/۶۹±۱/۱۴ ^{b,c}	۸/۷۲±۰/۰۶ ^{ab}
۳۵۰ میلی‌گرم برلیتر	۳۳/۱۸±۰/۳۴ ^{ab}	۶۶/۸۱±۰/۳۴ ^{ab}	۴۴/۸۰±۰/۴۹ ^{cd}	۴۶/۴۵±۰/۵۴ ^b	۸/۲۱±۰/۱۴ ^{ab}
۴۵۰ میلی‌گرم برلیتر	۳۴/۲۲±۱/۰۲ ^b	۶۵/۷۷±۱/۰۲ ^a	۴۱/۸۲±۰/۷۴ ^b	۴۸/۹۱±۰/۶۸ ^c	۹/۳۹±۰/۵۷ ^b
۵۵۰ میلی‌گرم برلیتر	۳۴/۰۹±۰/۶۹ ^b	۶۵/۹۱±۰/۶۹ ^a	۳۸/۸۵±۰/۴۹ ^a	۴۷/۴۷±۰/۵۹ ^{b,c}	۷/۴۷±۱/۱۷ ^a

- میانگین ± انحراف معیار (Mean ± SD) با حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار آماری است ($p < 0.05$).

داری با یکدیگر نداشتند ($p > 0.05$) ولیکن با سایر تیمارها اختلاف آماری معنی‌داری داشتند ($p < 0.05$). در این آزمایش در طی دوره ۸ هفته، هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری در تیمارهای قلیائیت آب ماهیان از لحاظ درصد کلسیم فیله، سدیم پوست و سدیم فیله مشاهده نشد ($p > 0.05$) (جدول ۶).

با یکدیگر داشتند ($p < 0.05$). میان تیمار قلیائیت ۱۱۰ میلی‌گرم برلیتر و تیمار قلیائیت ۳۵۰ میلی‌گرم برلیتر تفاوت آماری معنی‌داری در درصد وزنی رطوبت لاشه وجود نداشت ($p > 0.05$). بیشترین درصد وزنی پروتئین لاشه در بچه‌ماهیان پرورش یافته در تیمار قلیائیت ۱۱۰ میلی‌گرم برلیتر (۴۵/۸۵) و کمترین آن در بچه‌ماهیان پرورش یافته در تیمار قلیائیت ۵۵۰ میلی‌گرم برلیتر (۳۸/۸۵) مشاهده شده و با سایر تیمارها اختلاف آماری معنی‌داری داشتند ($p < 0.05$). نتایج نشان داد که با کاهش مقدار قلیائیت در تیمارهای مورد بررسی (از ۵۵۰ میلی‌گرم برلیتر تا ۱۱۰ میلی‌گرم برلیتر کربنات کلسیم)، درصد وزنی پروتئین لاشه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($p < 0.05$) (جدول ۵). بالاترین درصد وزنی چربی لاشه (۴۸/۹۱٪) در تیمار قلیائیت ۴۵۰ میلی‌گرم برلیتر و کمترین آن (۳۳/۹۵٪) در تیمار قلیائیت ۱۱۰ میلی‌گرم برلیتر و آریانس داده‌ها و آزمون دانکن جهت مقایسه میانگین درصد کلسیم و سدیم در پوست و فیله بچه‌ماهیان انگشت قد سفید در جدول ۶ ارائه شده است. بیشترین میزان کلسیم در پوست در تیمارهایی با قلیائیت ۱۱۰ میلی‌گرم برلیتر و قلیائیت ۲۵۰ میلی‌گرم برلیتر به ترتیب به میزان ۳۶/۱۳ و ۳۳/۹۵ مشاهده شد که اختلاف آماری معنی‌

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها و آزمون دانکن جهت مقایسه میانگین درصد کلسیم و سدیم در پوست و فیله بچه‌ماهیان انگشت قد سفید در جدول ۶ ارائه شده است. بیشترین میزان کلسیم در پوست در تیمارهایی با قلیائیت ۱۱۰ میلی‌گرم برلیتر و قلیائیت ۲۵۰ میلی‌گرم برلیتر به ترتیب به میزان ۳۶/۱۳ و ۳۳/۹۵ مشاهده شد که اختلاف آماری معنی‌

جدول ۶- تأثیر سطوح مختلف قلیائیت بر درصد سدیم و کلسیم در پوست و فیله بچه‌ماهیان سفید انگشت قد

سطوح قلیائیت	کلسیم پوست (درصد)	کلسیم فیله (درصد)	سدیم پوست (درصد)	سدیم فیله (درصد)
۱۱۰ میلی‌گرم برلیتر	۳۶/۱۳±۳/۲۹ ^b	۲۶/۰۹±۳/۹۳ ^a	۶/۵۴±۱/۰۳ ^a	۲/۴۰±۳/۸۷ ^a
۲۵۰ میلی‌گرم برلیتر	۳۳/۹۵±۲/۶۲ ^b	۲۴/۷۸±۰/۰۰ ^a	۷/۲۶±۰/۶۷ ^a	۴/۴۵±۱/۲۵ ^a
۳۵۰ میلی‌گرم برلیتر	۲۳/۰۳±۰/۷۵ ^a	۲۳/۴۷±۱/۳۱ ^a	۶/۴۰±۰/۸۷ ^a	۴/۰۹±۰/۹۷ ^a
۴۵۰ میلی‌گرم برلیتر	۲۱/۲۸±۰/۷۵ ^a	۲۲/۵۹±۲/۷۲ ^a	۵/۸۴±۱/۳۳ ^a	۴/۶۶±۰/۹۳ ^a
۵۵۰ میلی‌گرم برلیتر	۲۶/۰۹±۴/۷۲ ^a	۲۳/۴۷±۲/۶۲ ^a	۷/۳۴±۰/۴۰ ^a	۶/۱۲±۱/۱۴ ^a

۴ | بحث و نتیجه‌گیری

کیفیت آب و کنترل آن از مهم‌ترین فاکتورها در پرورش ماهی است و پرورش موفق ماهی، از تعادل شیمیایی آب متأثر می‌شود. در عرصه پرورش ماهی قلیائیت آب بسیار حائز اهمیت است و دی‌اکسیدکربن یکی از عوامل مهم نگهداری قلیائیت آب می‌باشد (Ghovati et al., 2011). قلیائیت باید از طریق افزودن مواد شیمیایی حاوی یون‌های هیدروکسید، کربنات یا بی‌کربنات در ۵۰ تا ۱۰۰ میلی‌گرم درلیتر CaCO_3 حفظ شود و برای این کار معمولاً بی‌کربنات سدیم (جوش شیرین) استفاده می‌شود؛ زیرا نسبتاً ایمن است، به‌راحتی به‌دست می‌آید و به‌سرعت و به‌طور کامل در آب حل می‌شود (Loyless and

Malone, 1997). در مورد تأثیر غلظت‌های مختلف جوش‌شیرین جهت تغییر سطوح قلیائیت تاکنون مطالعه‌ای روی ماهی سفید صورت نگرفته است.

ماهیان نیتروژن دفعی را به شکل‌های مختلف از جمله آمونیاک، اوره، آمین‌ها و آمینواسیدها دفع می‌کنند که سهم زیادی از این نیتروژن دفعی را آمونیاک تشکیل می‌دهد (Wood, 1958). اندازه‌گیری آمونیاک ترشحی به‌عنوان شاخصی برای سنجش میزان اثر عوامل مختلف محیطی و تغذیه‌ای در متابولیسم پروتئین به‌کار گرفته می‌شود (Beamish and Thomas, 1984). در این پژوهش، بیشترین مقادیر

آمونیاک و نیترات آب در تیمار قلیائیت ۵۵۰ میلی‌گرم برلیتر (به ترتیب ۰/۰۷ و ۰/۰۸ میلی‌گرم برلیتر) و کمترین آن‌ها به ترتیب در تیمار قلیائیت ۱۱۰ میلی‌گرم برلیتر (۰/۰۳۳ میلی‌گرم برلیتر) و تیمار قلیائیت ۲۵۰ میلی‌گرم برلیتر (۰/۰۰۴ میلی‌گرم برلیتر) ثبت شدند. از سوی دیگر، تیمار قلیائیت ۵۵۰ میلی‌گرم برلیتر با بالاترین مقدار آمونیاک دارای کمترین مقدار پروتئین خام لاشه در مقایسه با سایر تیمارها بود. از آنجا که آمونیاک محصول نهایی اصلی کاتابولیسم اسیدهای آمینه در ماهیان است (Bajgai and Hoque, 2014)، یافته مذکور ممکن است نشانگر تأثیر بالاترین قلیائیت آب بر افزایش نرخ کاتابولیسم و در نتیجه کاهش معنی‌دار پروتئین خام لاشه باشد. در این راستا، بیف و پایان (Boeuf and Payan, 2001) نشان دادند که در قلیائیت بالا، ماهیان انرژی بیشتری برای تنظیم اسمزی مصرف می‌کنند. همچنین ورتس و استیکنی (Wurts and Stickney, 1989) نشان دادند که پروتئین‌های فعال شده توسط کلسیم آن دسته از فرآیندهای غیرفعال و وابسته به انرژی را در آبش‌های ماهی کنترل می‌کنند که در متابولیسم یونی (تنظیم اسمزی) نقش دارند. افزون بر این، وقتی کورتیزول بالا می‌رود (تیمارهایی با قلیائیت ۳۵۰، ۴۵۰ و ۵۵۰ میلی‌گرم برلیتر)، غلظت‌های گلوکز، آمینواسیدها و آمونیاک در پلاسما و دفع آمونیاک از آبش‌ها افزایش می‌یابد (Chan and Woo, 1978)؛ در نتیجه، مقادیر آمونیاک در هر سه تیمار مذکور با افزایش قلیائیت به طور معنی‌داری بالا رفت. برای پرورش ماهی قزل‌آلا مقدار آمونیاک در آب نباید از ۰/۰۲ تا ۰/۰۳ میلی‌گرم برلیتر بالاتر رود و ماهیان به ندرت می‌توانند تا غلظت ۰/۰۵ میلی‌گرم برلیتر را تحمل نمایند (Verhuest, 1997). تحت استرس ازت آمونیاکی، عمل خوردن و هضم غذا در ماهی‌ها به خوبی صورت نمی‌گیرد (Skov et al., 2011). در نتیجه، خوراک بیشتری به صورت جیره تغذیه نشده و مدفوع ماهی در مخزن یا محیط به هدر می‌رود و افزایش مقدار مواد آلی در حال پوسیدگی در آب باعث افزایش غلظت ازت آمونیاکی می‌شود. به علاوه، تنظیم نسبت سختی/قلیائیت آب برابر با ۱، ابزاری مهم برای مدیریت کیفیت آب به منظور کنترل غیرمستقیم سطح آمونیاک در آب است (Cavalcante et al., 2014). اورام (Oram, 2000) و روی و همکاران (Roy et al., 2007) گزارش کردند که مدیریت قلیائیت و سختی آب تغییرات pH را پایدار می‌سازد. کاهش پایدار قلیائیت (کمتر از ۱۰۰ میلی‌گرم برلیتر CaCO_3) سبب افزایش ازت آمونیاکی می‌شود و با افزایش قلیائیت به بیش از ۱۵۰ میلی‌گرم برلیتر، روند نیترات‌سازی بهبود می‌یابد. لذا تیمار قلیائیت ۵۵۰ میلی‌گرم برلیتر حاوی بالاترین (۰/۰۰۸ میلی‌گرم برلیتر) مقدار نیترات بود که کمتر از دامنه مطلوب (۴-۱۱ میلی‌گرم برلیتر) برای آب پرورش ماهی قرار دارد (Santhosh and Singh, 2007). مانسیس و همکاران (Monsees et al., 2017) گزارش دادند که مقادیر نیترات زیر ۵۰۰ میلی‌گرم برلیتر رشد و سلامت مطلوب تیلپایا نیل را تضمین می‌کند. چن و همکاران (Chen et al., 2006) قلیائیت ۲۰۰ میلی‌گرم برلیتر CaCO_3 را برای پشتیبانی از نیتروفیکاسیون زمانی که نرخ تبادل آب حداقل است پیشنهاد کردند. برخلاف مشاهدات ما، در مطالعه ساهو و همکاران

(Sahoo et al., 2020) روی ماهیان انگشت‌قد *Catla catla* مقدار NO_3 در کنترل و تیمارهای مختلف قلیائیت تفاوت معنی‌داری نداشت که می‌تواند ناشی از اختلاف مقادیر قلیائیت در مطالعه آن‌ها (۸۰، ۱۵۰، و ۲۰۰ میلی‌گرم برلیتر CaCO_3) با تیمارهای مطالعه جاری باشد. بالاترین ضریب هدایت الکتریکی یا EC ($898/1 \mu\text{S}/\text{cm}$) در تیمار قلیائیت ۵۵۰ میلی‌گرم برلیتر اندازه‌گیری شد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت. از EC آب می‌توان به عنوان شاخص یوتروفیکاسیون استفاده کرد؛ چراکه آب‌های غنی از مواد مغذی دارای غلظت‌های بیشتری از کاتیون‌ها و آنیون‌ها مانند Ca^{2+} ، Mg^{2+} ، K^+ ، SO_4^{2-} و NO_3 هستند (Akkoyunlu and Akiner, 2012). فرض بر این است که آب استخرهایی با EC تا $1000 \mu\text{S}/\text{cm}^1$ برای پرورش ماهی مناسب است (Boyd and Tucker, 1998). بنابراین، مقدار EC در تیمار مذکور (حدود $900 \mu\text{S}/\text{cm}$) در محدوده مجاز پرورش قرار دارد، ضمن این که EC مطلوب برای تولید ماهی از یک گونه به گونه دیگر متفاوت است (Verhuest, 1997). به علاوه، مقدار کدورت (به استثنای تیمار ۱۰ گرم جوش شیرین) در تمام تیمارها مشابه بود و بسیار کمتر از دامنه ۳۰-۲۰ NTU مناسب برای پرورش ماهی است (Zweigh, 1989). اختلافات معنی‌داری بین مقادیر اکسیژن محلول (DO) در تیمارهای مطالعه حاضر ثبت گردید و در تیمار قلیائیت ۵۵۰ میلی‌گرم برلیتر با بالاترین سطح قلیائیت به کمترین مقدار (۶/۲۳ میلی‌گرم بر لیتر) رسید. این مقادیر اکسیژن بالاتر از حداقل مقدار بهینه (< 4 میلی‌گرم برلیتر) برای استخرهای ماهی مناسب هستند (Nduka, 2008).

ایمان‌پوز و همکاران (Imanpoor et al., 2014) اثر مقادیر مختلف آهک‌پاشی صبحگاهی را بر کیفیت آب استخرهای کپورماهیان پرورشی بررسی کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که آهک‌پاشی صبحگاهی تأثیر مثبتی بر پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب داشت و موجب افزایش بهبود شرایط پرورش کپور ماهیان شد. آهک‌پاشی باعث افزایش یون‌های کلسیم و منیزیم آب می‌شود که در عملکرد آبزیان مهم هستند. در تحقیق حاضر، سطوح کلسیم و منیزیم در تیمارهای حاوی بیشترین و کمترین سطوح قلیائیت تقریباً برابر بودند و اختلاف معنی‌داری میان وزن نهایی، افزایش وزن، نرخ رشد ویژه، رشد روزانه و ضریب تبدیل غذایی ماهیان مشاهده نشد. مشابه با نتایج ما، قوتی و همکاران (Ghovati et al., 2011) نیز افزایش معنی‌دار سطوح گلوکز و پروتئین را در تیمار قلیائیت در ماهی کپور معمولی مشاهده کردند. در مطالعه مارتینز و همکاران (Martins et al., 2017) بر روی تیلپایا نیل، مقدار قلیائیت کل و pH در تیمار استفاده شده از جوش شیرین (NaHCO_3) بیشتر از مقادیر آن‌ها در سایر تیمارها بود. در تیمار جوش شیرین، مقدار سدیم بالاتر و کلسیم سختی کل کمتر از سایر تیمارها گزارش شد که با نتایج حاضر مطابقت دارد. مقادیر گلوکز و هماتوکریت ماهیان در تیمار جوش شیرین اختلاف معناداری با سایر تیمارها نداشتند که با یافته‌های ما همخوانی ندارد. مشابه با یافته‌های ما، آن‌ها نیز اختلاف معناداری از نظر رشد نهایی، بازماندگی، و ضریب تبدیل غذایی ماهیان بین تیمار جوش شیرین و دیگر

در آب پرورش می‌تواند اثرات منفی شدیدی بر رشد ماهی و بازده خوراک ایجاد کند (Cavalcante *et al.*, 2014). در گزارش سادبرگ و همکاران (Soderberg *et al.*, 2000) نیز تأثیر افزایش مقادیر قلیائیت بر رشد، بازماندگی، یا تولید ماهی (*Sander vitreus*) walleye مشاهده نشد. در میگوی وانامی، مقادیر بالای قلیائیت آب (< ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر CaCO_3) منجر به افزایش معنی‌دار افزایش وزن، نرخ رشد ویژه، و ضریب تبدیل غذایی شد (Maicá *et al.*, 2018). آندراده و همکاران (Andrade *et al.*, 2007) اختلاف آشکاری را در عملکرد رشد جوونایلهای گربه‌ماهی نقره‌ای (*Rhamdia quelen*) پرورش یافته در ۳۰، ۸۰ یا ۱۳۰ میلی‌گرم بر لیتر CaCO_3 مشاهده نکردند. در مقابل، لاروهای *Prochilodus lineatus* و تیلایپای نیل در معرض ۳۲ میلی‌گرم بر لیتر CaCO_3 در مقایسه با ۱۵ یا ۵۵ میلی‌گرم بر لیتر CaCO_3 رشد بیشتری داشتند (Rojas *et al.*, 2001; Rojas and Rocha, 2004). علت تفاوت بین این تحقیقات به سن ماهی (پرورش ماهیان نوجوان و یا لارو ماهیان) ارتباط داده شده است و به نظر می‌رسد که ماهیان فقط در مرحله لارو به قلیائیت آب حساس هستند. پس از آن، سختی آب احتمالاً مهم‌تر از قلیائیت آب در ایجاد اثرات قابل توجه بر رشد ماهی است (Cavalcante *et al.*, 2014).

در میان سطوح مختلف قلیائیت، فراسنجه‌های خونی و سرمی (به جز هماتوکریت) بچه‌ماهیان سفید در تیمار قلیائیت ۵۵۰ میلی‌گرم بر لیتر با نسبت TH/TA برابر با ۰/۹۷ بیشتر از سایر تیمارها بودند و مقادیر هموگلوبین، گلبول‌های سفید، و گلوکز در این تیمار (همراه با کورتیزول در همه تیمارهای جوش شیرین) به‌طور معنی‌داری افزایش یافتند. افزایش سطح گلوکز پلاسما اغلب یک پاسخ استرس ثانویه ناشی از افزایش سطح کورتیزول پلاسما است و نقش تأمین انرژی به بافت‌ها را دارد (Wiseman *et al.*, 2007). باتوجه به کمتر بودن سختی آب نسبت به قلیائیت آن در تیمار مذکور، این یافته بیانگر آن است که مقادیر سختی آب بالاتر از قلیائیت آن برای رشد ماهی بی‌ضرر است (Boyd, 1979) و مطابق با یافته کوالکانته و همکاران (Cavalcante *et al.*, 2014) است که آب با قلیائیت کل بالاتر از سختی آن (و $\text{pH} > 9$) می‌تواند برای پرورش ماهی استرس‌آور باشد، همان‌طور که سبب افزایش معنی‌دار برخی از فراسنجه‌های خونی در پژوهش جاری گردید. کوپاتی و همکاران (Copatti *et al.*, 2019) تغییرات اندکی را در متغیرهای بیوشیمیایی و خون‌شناسی ماهی (*Piaractus mesopotamicus*) pacu نسبت به آنهایی که تحت pH حدود خنثی قرار داشتند، مشاهده کردند و نتیجه گرفتند که آب دارای سختی بالا (۱۲۰ میلی‌گرم بر لیتر CaCO_3)، نزدیک به تیمار با قلیائیت ۱۱۰ میلی‌گرم بر لیتر در مطالعه حاضر) دارای اثر محافظتی بر ماهی در برابر آب‌های اسیدی بود.

نتایج پژوهش حاضر بیانگر عدم حساسیت معنی‌دار عملکرد رشد، فراسنجه‌های خونی و سایر ویژگی‌های مورد آزمایش بچه‌ماهی سفید به مقادیر قلیائیت بالای آب است، برخلاف نتایجی که توسط بسیاری از نویسندگان در سایر گونه‌ها گزارش شده است (Rojas *et al.*, 2001; Rojas and Rocha, 2004; Andrade *et al.*, 2007; Cavalcante

و دیگر تیمارها مشاهده نکردند. کوالکانته و همکاران (Cavalcante *et al.*, 2009) مشاهده کردند که $\text{TA} \geq 50 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$ (قلیائیت کل) و $\text{TH} \geq 140 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$ (سختی کل) منجر به بهترین عملکرد رشد در ماهیان تیلایپای نیل انگشت‌قد شد. در مطالعه دیگری در مورد تأثیر قلیائیت کل و سختی کل بر روی بچه‌ماهیان تیلایپای نیل، مشاهده شد که با افزایش TA و کاهش نسبت TH/TA از ۶/۳۸ به ۱/۶۱، وزن نهایی بدن، نرخ رشد ویژه، و ضریب تبدیل غذایی ماهیان به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد (Cavalcante *et al.*, 2012). از سوی دیگر، در تیمار دیگر با نسبت TH/TA ۰/۶۱، تغییر معنی‌داری در این متغیرها مشاهده نشد. در واقع، pH آب در نسبت‌های TH/TA کمتر از ۱ نسبتاً بالا می‌رود که می‌تواند بدون تأثیر یا با تأثیر منفی بر فراسنجه‌های رشد ماهی باشد. آنها نتیجه گرفتند که فراتر از مقادیر حداقل TA و TH (هر کدام ≤ 20 میلی‌گرم بر لیتر CaCO_3)، وجود نسبت TH/TA برابر با ۱ یا بالاتر از آن در آب‌های پرورش ماهی جهت دستیابی به نتایج مناسب برای عملکرد رشد ماهیان حائز اهمیت است. در واقع، لازم است که pH ، قلیائیت، سختی، و نسبت TH/TA جهت ارزیابی آب پرورش ماهی باهم در نظر گرفته شوند. در تحقیق جاری، مقادیر pH همراه با افزایش قلیائیت آب و کاهش نسبت TH/TA روند افزایشی داشت و بالاترین مقدار pH در تیمار قلیائیت ۵۵۰ میلی‌گرم بر لیتر با نسبت TH/TA برابر با ۰/۹۷ ثبت شد (جدول ۲). همچنین کمترین افزایش وزن و نرخ رشد ویژه نیز در همین تیمار (با بالاترین قلیائیت) به‌دست آمد؛ هر چند که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نداشت. پس می‌توان نتیجه گرفت که بالاترین قلیائیت (۵۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) در آزمایش حاضر فاقد تأثیر مهمی بر عملکرد رشد بچه‌ماهیان سفید بود، هر چند که فراتر از دامنه قلیائیت مناسب (۱۵۰-۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر CaCO_3) برای آبی‌پروری (Boyd and Tucker, 1998) و نیز مقدار مجاز قلیائیت (۴۰۰-۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) در پرورش ماهیان گرمابی است (Esmaili Sari, 2004). مطابق با سانتوش و سینگ (Santhosh and Singh, 2007)، قلیائیت ۳۰۰-۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر دامنه بهینه برای پرورش ماهی است و قلیائیت آب $< 300 \text{ ppm}$ به دلیل عدم دسترسی به CO_2 نامطلوب است (Bhatnagar *et al.*, 2004). به‌طور کلی، قلیائیت در محدوده ۳۰ تا ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر برای تولید ماهی و میگو قابل قبول است. با این حال، آب‌هایی که قلیائیت بالایی دارند به دلیل سختی بیش از حد یا غلظت زیاد نمک‌های سدیم در آنها مطلوب نیستند (McNeely, 1979).

عدم مشاهده تغییرات معنی‌دار در عملکرد رشد ماهیان سفید در این تحقیق با مقادیر متفاوت قلیائیت آب مشابه با یافته‌های کوالکانته و همکاران (Cavalcante *et al.*, 2012) است که اثرات معنی‌داری را بر عملکرد رشد تیلایپا همراه با افزایش قلیائیت آب مشاهده نکردند. از سوی دیگر، مقادیر بالای سختی بدون افزایش قلیائیت کل منجر به بهبود معنی‌دار شاخص‌های عملکرد رشد تیلایپا در مطالعه آن‌ها گردید که با نتایج ما مطابقت ندارد. بنابراین، عدم تعادل ناچیز نسبت TH/TA در آب به‌سمت بالا یا پایین ممکن است به‌طور قابل توجهی بر عملکرد رشد ماهی تأثیر نگذارد. از طرف دیگر، عدم تعادل عمده نسبت TH/TA

- metabolism of silver catfish *Rhamdia quelen*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 65:48-55.
- Esmaili Sari A. 2004. *Hydrochemistry*, Foundation of Aquaculture, Aslani Publication, 1st edition, Tehran, 249 p (In Persian).
- Fallahi Kapoorchali M., Fatemi S.M.R., Vosoghy G., Matinfar M., Sharifian M. 2009. Increasing in Growth of *rutilus frisii kutum* larvae with using slurry (Fermented Organic Manure) in Yosefpoor Propagation and Rearing Center (Iran). *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 4(1): 22-31.
- Gholi'of Z.M. 1997. Cyprinids and Perch of southern and central parts of the Caspian Sea (population structure, ecology, distribution and strategies for stock recruitment. Translated by: Unes Adeli, 1998, Fisheries Research Center of Guilan, Anzali Port, 44p (In Persian).
- Ghovati N., Mohammadi S., Mohammadi V. 2011. Comparison and study of hardness and alkalinity changes with zinc poisoning on common carp (*Cyprinus carpio*). *Wetland Journal*, Islamic Azad University, Ahvaz Branch, 2(8): 21-28 (In Persian).
- Groff J.M., Zinkl J.G. 1999. Hematology and clinical chemistry of Cyprinid fish. Common carp and Goldfish. *Veterinary clinics of North America Exotic Animal Practice*, 2(3):741-776.
- Ham E.H.V., Anholt R.D.V., Kruitwagen G., Imsland A.K., Foss A., Sveinsbo B.O., FitzGerald R., Parpoura A.C., Stefansson S.O., Bonga S.E.W. 2003. Environment affects stress in exercised turbot. *Comparative Biochemistry and Physiology*, Part A. 136: 525-538.
- Hung S.S.O., lutes P.B., Storebakken T. 1989. Growth and feed efficiency of whitesturgeon (*Acipenser transmontanus*) sub yearling at different feeding rates. *Aquaculture*, 80:147-153.
- Imanpoor M.R., Mahdi Nejad N., Ahmadi A.R. 2014. Effects of different levels of limning at morning on water quality of cultured carp ponds, Utilization and Cultivation of Aquatics, 3(3): 111-119. (In Persian).
- Koeypudsa W., Jongjareanjai M. 2011. Impact of water temperature and sodium chloride (NaCl) on stress indicators of hybrid catfish (*Clarias gariepinus*, Burchell x *C. macrocephalus*, Gunther). *Songklanakarinn Journal of Science and Technology*, 33(4): 369-374.
- Li D., Liu S. 2013. Remote monitoring of water quality for intensive fish culture. (Book title: In smart sensors for real-time water quality monitoring). Springer Berlin, Heidelberg, Germany. 4: 217-238.
- Liorente M.T., Martos A., Castano A. 2002. Detection of cytogenetic alterations and blood cell changes in natural populations of carp. *Ecotoxicology*, 11: 27-34.
- Loyless J.C., Malone R.F. 1997. A sodium bicarbonate dosing methodology for pH management in freshwater-recirculating aquaculture systems. *Progressive Fish-Culturist*, 59: 198-205.
- Maicá R.F., Urtado P.S., da Silva Martins A.C., Filho K.C.M., Wasielesky Junior W. 2018. Effect of alkalinity on food consumption of juvenile pacific white shrimp reared in clear water and biofloc system. *Boletim do Instituto De Pesca*, 44(2): 443-448.
- et al., 2014). بنابراین، گونه مذکور می‌تواند در دامنه معمول قلیائیت در آبی‌پروری و با در نظر گرفتن نسبت مناسب قلیائیت/اسختی بدون افزایش زیاد قلیائیت آب پرورش داده شود.
- پست الکترونیک نویسندگان**
- مینا جباری: mani.jabbari.mp@gmail.com
- محمد کاظم خالصی: m.khalesi@sanru.ac.ir
- سارا حق پرست: s.haghparsat@sanru.ac.ir
- سهراب اسکندری کوهستان: s.kohestan@sanru.ac.ir

REFERENCES

- Ameri Mahabadi M. 1999. Laboratory methods of veterinary hematology. University of Tehran Press.
- Bhatnagar A., Jana S.N., Garg S.K., Patra B.C., Singh G., Barman U.K. 2004. Water quality management in aquaculture, In: Course Manual of summerschool on development of sustainable aquaculture technology in fresh and saline waters, CCS Haryana Agricultural, Hisar (India): pp:203-210.
- Boeuf P., Payan P. 2001. How should salinity influence fish growth? *Comparative Biochemistry and Physiology*, Part C, 130: 411-423.
- Boyd C.E., Lichtkoppler F. 1979. Water quality management in pond fish culture Agricultural Experiment Station, Auburn University, Research and Development Series, No. 22. Auburn, Alabama. 30p.
- Boyd C.E., Tucker C.S. 1998. Pond aquaculture water quality management. Kluwer Academic Publishers, London, UK. 700p.
- Cavalcante D.H., Poliato A.S., Ribeiro D.C., Magalhães F.B., Sá M.V.C. 2009. Effects of CaCO₃ liming on water quality and growth performance of fingerlings of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 31(3): 327-333.
- Cavalcante D.H., da Silva S.R., Pinheiro P.D., Akao M. M.F., Sá M.V.C. 2012. Single or paired increase of total alkalinity and hardness of water for cultivation of Nile tilapia juveniles, *Oreochromis niloticus*. *Acta Scientiarum. Technology*, 32 (2): 177-183.
- Cavalcante D.H., Caldini N.N., da Silva J.L.S., Santos Lima F.R., Carmo e Sá M.V. 2014. Imbalances in the hardness/alkalinity ratio of water and Nile tilapia's growth performance. *Acta Scientiarum. Technology*, Maringá, 36(1): 49-54.
- Chan D.K.O., Woo N.Y.S. 1978. Effect of cortisol on the metabolism of the eel, *Anguilla japonica*. *General and Comparative Endocrinology*, 35: 205-215.
- Chen S., Ling J., Blancheton J.P. 2006. Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors *Aquacultural Engineering*, 34: 179-197.
- Copatti C.E., Baldisserotto B., Souza C., de F., Monserrat J. M., Garcia L. Water pH and hardness alter ATPases and oxidative stress in the gills and kidney of pacu (*Piaractus mesopotamicus*), *Neotropical Ichthyology*, 17(4): 1-11.
- Crestani M.C., Menezes L., Gluszcak D., Miron R., Lazzari M., Duarte V., Morsch A., Pippi V. 2006. Effects of Clomazone Herbicide on hematological and some parameters of protein and carbohydrate

- Martins G.B., Tarouco F., Eduardo Rosa C., Berteaux Robaldo R. 2017. The utilization of sodium bicarbonate, calcium carbonate or hydroxide in biofloc system: water quality, growth performance and oxidative stress of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 468:10-17.
- McNeely R.N., Neimanis V.P., Dweyer L. 1979. Water quality source book: A guide to water quality parameters. Inland waters Directorate, Water quality branch Ottawa, Canada. 88p.
- Monsees H., Klatt L., Kloas W., Wuertz S. 2017. Chronic exposure to nitrate significantly reduces growth and affects the health status of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) in recirculating aquaculture systems. *Aquaculture Research*, 48: 3482-3492.
- Morgan D., Iwama G.K. 1991. Effects of salinity on growth, metabolism, and ion regulation in juvenile rainbow and steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*) and fall Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 48: 2083-2094.
- Nduka J.K., Orisakwe O.E., Ezenweke L.O. 2008. Some Physicochemical Parameter of Potable Water Supply in Warri, Niger Delta Area of Nigeria. *Scientific Research and Essay*, 3(11):547-551.
- Oram B. 2000. Partial listing of general surface water physical and chemical standards. Wilkes University, Center for Environmental Quality. 6p.
- Paykan Heyrati F., Mostafavi H., Toloei H., Dorafshan S. 2007. Induced spawning of kutum, (*Rutilus frisii kutum*) (Kamenskii, 1901) using GnRH α (D-Ala 6 , Pro 9 -NEt) combined with domperidone. *Aquaculture*, 265: 288-293.
- Razavi Sayad B. 1999. An introduction to the ecology of the Caspian Sea, Iran Fisheries Research Institute. 90p. (In Persian).
- Rojas N.E.T., Rocha O. 2004. Influência da alcalinidade da água sobre o crescimento de larvas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758 Perciformes, Cichlidae). *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 26(2): 163-167.
- Rojas N.E.T., Rocha O., Amaral J.A.B. 2001. O efeito da alcalinidade da água sobre a sobrevivência e o crescimento das larvas do curimatá, *Prochilodus lineatus* (Characiformes, Prochilodontidae), mantidas em laboratório. *Boletim do Instituto de Pesca*, 27(2): 155-162.
- Ronyai A., Peteri A., Radics F. 1990. Cross breeding of starlet and Lena river sturgeon. *Aquaculture. Hungrica. szarwas*, 6:13-18.
- Roy L.A., Davis D.A., Saoud I.P., and Henry R.P. 2007. Effects of varying levels of aqueous potassium and magnesium on survival, growth, and respiration of the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*), reared in low salinity waters. *Journal of Aquaculture*, 262: 461-469
- Safari R., Imanpuor M.R., Shabanpoor B. 2009. The effect of maturity stages of chemical composition of muscles *Rutilus frisii kutum* Kamenskii 1901 in Gorgan bay. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 16(1): 28-34.
- Sahoo P.R., Das P.C., Nanda S., Mohanta K.N., Sahu B., Kund G.C., Tanuja S. 2020. Influence of Water Alkalinity in Production of Stunted Fingerlings of *Catla catla* (Hamilton). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(04): 1784-1791.
- Santhosh B., Singh N.P. 2007. Guidelines for water quality management for fish culture in Tripura, ICAR Research Complex for NEH Region, Tripura Center, Publication. 29p.
- Santos M.A., Pacheco M. 1996. *Anguilla anguilla* L. Stress biomarkers recovery in clean water and secondary treated pulp mill effluent. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 35: 96-100.
- Sim F.S. 2008. Water quality index as a simple indicator of aquaculture effects on aquatic bodies. *Ecological Indicators*, 8(5): 476-484.
- Skov P.V., Larsen B.K., Frisk M., Jokumsen A. 2011. Effects of rearing density and water current on the respiratory physiology and haematology in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, at high temperature. *Aquaculture*, 319(3-4): 446-452.
- Soderberg R.W., Kirby J.M., Marcinko M.T. 2000. Lack of response of juvenile walleyes to increased levels of fertilization or liming in soft-water ponds. *North American Journal of Aquaculture*, 62: 26-32.
- Stigebrandt A. 2004. Regulating the local environmental impact of intensive marine fish farming: III. A model for estimation of the holding capacity in the modelling-on growing fish farm-monitoring system. *Aquaculture*, 234 (1): 239-261.
- Stolen J.S., Fletcher T.C., Rowley A.F., Zelikoff J.T., Kattari S.L., Smith S.A. 1994. Techniques in fish Immunology-3.S.O.S publication, USA. pp: 121-130.
- Trinder P. 1969. Determination of glucose concentration in the blood. *Annals of Clinical Biochemistry*, pp:6-24.
- Verhuest L. 1997. Obtaining Basic Information for the Enhancement of small Water Body Fisheries. A Regional Project Viewpoint. Aquatic Resources Management Programme for Local Communities. ALCOM/FAO. Harare, Zimbabwe 22p.
- Wendelaar-Bonga S.A. 1997. The stress response in fish. *Physiological Reviews*, 77: 591-625.
- Wiseman S., Osachoff H., Bassett E., Malhotra J., Bruno J., Van A.G., Mommsen T.P., Vijayan M.M. 2007. Gene expression pattern in the liver during recovery from an acute stressor in rainbow trout. *Comparative Biochemistry and Physiology Part D Genomics Proteomics*, 2: 234-244.
- Wurts W.A., Stickney R.R. 1989. Responses of red drum (*Sciaenops ocellatus*) to calcium and magnesium concentrations in fresh and salt water. *Aquaculture* 76(1-2): 21-35.
- Yim J.H., Kim S.D. 2006. Effects of hardness on acute toxicity of metal mixtures using *Daphnia magna*. *Hazar.Materi*, 138:16-21.
- Zar J.H. 2009. Biostatistical analysis. 5th Edition, Pearson Publishing Ltd, UK. 960p.
- Ziegeweid J.R., Black M.C. 2010. Hematocrit and plasma osmolality values of young-of-year shortnose sturgeon following acute exposures to combinations of salinity and

- and temperature. *Fish Physiology and Biochemistry*, 36: 963-968.
- Zweigh R.D. 1989. Evolving water quality in a common carp and blue tilapia high production pond. *Hydrobiologia*, 171:11-21.

نحوه استناد به این مقاله:

جباری م، خالصی م.ک، حق‌پرست س، اسکندری کوهستانی س. تأثیر سطوح مختلف قلیائیت آب بر شاخص‌های رشد، آنالیز لاشه و پارامترهای خونی ماهی سفید انگشت قد (*Rutilus frisii*, Kamensky, 1901). نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی دانشگاه گنبدکاووس. ۱۴۰۰، ۱-۱۱ (۳): ۹.

Jabbari M., Khalesi M.K., Haghparast S., Eskandari Kohestan S. Effects of different water alkalinity levels on growth indices, carcass analysis and hematological parameters of the Caspian Kutum fingerlings (*Rutilus frisii*, Kamensky, 1901). *Journal of Applied Ichthyological Research*, University of Gonbad Kavous. 2021, 9(3): 1-11.

Effects of different water alkalinity levels on growth indices, carcass analysis and hematological parameters of the Caspian Kutum fingerlings (*Rutilus frisii*, Kamensky, 1901)

Jabbari M¹., Khalesi M.K²., Haghparast S^{3*}., Eskandari Kohestan S⁴.

¹Ms.C graduated of Aquatics Ecology, Fisheries Dept, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

² Associated Prof., Fisheries Dept, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

³ Associated Prof., Fisheries Dept, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

⁴ Coach, Fisheries Dept, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

Type:

Original Research Paper

Paper History:

Received: 17-05-2021

Accepted: 30-08- 2021

Corresponding author:

Haghparast S. Associated Prof., Fisheries Dept, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

Email: s.haghparast@sanru.ac.ir

Abstract

This study aimed to investigate the effects of different alkalinity levels on growth performance, carcass analysis and blood parameters of kutum fingerlings. The examined fish samples were reared in five levels of alkalinity including a Hall water with an alkalinity of 250 mg/l, 50% distilled water+50% Hall water (110 mg/l alkalinity), Hall water + 10 g sodium bicarbonate (soda, 350 mg/l alkalinity), Hall water + 20 g sodium bicarbonate (450 mg alkalinity), and Hall water + 30 g sodium bicarbonate (550 mg alkalinity) with three replications for 8 weeks. Results of the present study showed that with increased concentration of backing soda, levels of water pH, salinity, EC and TDS increased. Concentrations of ammonia and nitrate in water increased followed by increased concentration of backing soda and the lowest ammonia and nitrate levels were recorded in the treatment containing 110 mg/l CaCO₃ and treatments with no backing soda addition, respectively (P<0.05). Simultaneously, contents of blood glucose and serum cortisol increased significantly with increasing soda-induced alkalinity. Changes in alkalinity level led to no significant changes in growth and feeding indices of the fingerlings. The contents of hemoglobin, hematocrit, red and white blood cells significantly increased with increased level of backing soda. Results of carcass analysis detected significant differences among various treatments. Considering the lack of significant differences in growth indices among various treatments, so it can be concluded that this valuable species is capable of farming in waters with alkalinity conditions similar to the present study.

Keywords: Alkalinity, Growth performance, Carcass analysis, blood Parameters, *Rutilus frisii*