

پارامترهای بیوشیمیایی و فاکتورهای خونی ماهی قزل آلائی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در مواجهه با شوری‌های مختلف آب

محمود قانع تهرانى^{۱*}، عباس متین فر^۲، سید محمد وحید فارابی^۱، محمود حافظیه^۲، منصور شریفیان^۲

محمد بینایی^۱

۱- پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری،

فرح آباد

۲- موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۲/۲۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۲۵

چکیده

هدف از این تحقیق بررسی قابلیت سازگاری بچه ماهی قزل آلائی رنگین کمان از طریق پارامترهای بیوشیمیایی و خونی در آب‌هایی با دامنه شوری ۲۰-۰ در هزار به منظور فراهم آوردن امکان معرفی و پرورش این گونه در محیط‌های آبی با درجات شوری مختلف بوده است. بچه ماهیان از یک کارگاه ماهیان سرد آبی در استان مازندران تهیه و جهت انجام آزمایش‌ها به پژوهشکده اکولوژی دریای خزر منتقل شدند. بچه ماهیان با متوسط وزن $31/56 \pm 0/70$ گرم و متوسط طول چنگالی $13/80 \pm 0/15$ سانتی‌متر، در ۳ تیمار آزمایشی در آب با شوری‌های (شیرین ۱۳، و ۲۰ گرم در لیتر) با تراکم ۱۵ عدد به تانک پلی اتیلنی ۳۰۰ لیتری حاوی ۲۵۰ لیتر از آب مورد آزمایش معرفی گردیدند. آب شیرین از رودخانه تجن و آب ۱۳ گرم در لیتر از دریای خزر و آب ۲۰ گرم در لیتر از اختلاط آب دریای خزر و نمک دریائی تهیه شد. روزانه به میزان ۵۰ درصد از آب وان‌ها تعویض شد. طول دوره آزمایش ۷ شبانه روز بود. سنجش پارامترهای اندازه‌گیری شده آب در طول مدت آزمایش شامل: اکسیژن محلول ۶ میلی گرم در لیتر، pH برابر ۸/۲، نیتريت کمتر از ۰/۱، نترات کمتر از ۱۶ میلی گرم بر لیتر، آمونیوم $17/52$ میلی گرم بر لیتر و دما $15/5$ درجه سانتی‌گراد بود. در دوره آزمایش تلفاتی در گروه‌های آزمایشی مشاهده نشد. نتایج نشان داد که بطور نسبی میانگین پارامترهای اسمولاریته، سدیم، کلراید، منیزیم، کورتیزول، کلسیم، هماتوکریت، هموگلوبین، تعداد گلبول قرمز و سفید در محیط آب شور نسبت به محیط آب شیرین بالاتر بود ($P < 0/05$). نتایج بررسی پارامترهای بیوشیمیایی و فاکتورهای خونی بچه ماهیان قزل آلائی رنگین کمان بیانگر سازگاری فیزیولوژیک بچه ماهیان همسو با تغییرات شوری، جهت فراهم آوردن امکان سازگاری و پرورش این ماهیان در آب لب شور و شور است.

کلمات کلیدی: قزل آلائی رنگین کمان، شاخص‌های بیوشیمیایی و خونی، پرورش، شوری، دریای خزر.

مقدمه

در دنیا گرایش به ماهیانی که مناسب پرورش در آب‌های لب‌شور و شور باشند از مدت‌ها قبل مورد توجه بوده است. حدود نیمی از تولیدات آبی‌پروری جهان به محیط‌های آبی لب‌شور و شور اختصاص دارد (FAO, 2012)، به‌طوری‌که سهم کل آن از ۱ میلیون تن تولید سالانه در اوایل دهه ۱۹۵۰ به ۷۴ میلیون تن در سال ۲۰۱۴ افزایش یافته است (FAO, 2016). تعیین تأثیر میزان شوری محیط، بر زندگی ماهیان آب شیرین، برای پرورش این آبزیان در سیستم‌های پرورشی بسیار مهم است و زمانیکه شوری آب در دسترس، با ماهیان موردنظر سازگار باشد، می‌توان استفاده از آب لب‌شور را به عنوان یک مزیت در توسعه آبی‌پروری یاد کرد. ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان یکی از مهمترین گونه‌های آزادماهیان، با ارزش اقتصادی بالا برای پرورش جهانی بوده و بخش بزرگی از میزان تولید آبزیان را به خود اختصاص می‌دهد (Azewedo et al., 2004). از تولید جهانی قزل‌آلای رنگین‌کمان به میزان ۷۳۰۹۵۴ هزار تن، حدود ۵۰ درصد در آب لب‌شور و آب شور دریایی به ترتیب به میزان ۳۰۱۲۹۵ و ۱۰۶۱۶ تن تولید شده و سهم تولید در آب شیرین ۴۲۰۵۲۱ شیرین بوده است (FAO, 2012).

کشور ایران در سال ۱۳۹۵ با تولید حدود ۱۶۰۰۰ تن قزل‌آلای رنگین‌کمان، رتبه نخست تولید را در جهان به‌خود اختصاص داده است (سالنامه آماری سازمان شیلات ایران، ۹۵-۱۳۹۲ و FAO, 2014). ولی باید توجه داشت که در این صنعت میزان قابل توجهی از آب شیرین با کیفیت بالا (برای تولید هر تن ماهی ۱۰

لیتر در ثانیه) از منابع آب کشور مورد مصرف قرار می‌گیرد.

از یک سو محدودیت منابع آب شیرین در کشور و از سوی دیگر روند رو به رشد آبی‌پروری کشور، این ضرورت را ایجاد نموده‌است که اساس توسعه آبی‌پروری به‌جای اتکا بر منابع آب شیرین و رودخانه‌ها بر استفاده از منابع آب غیر شیرین متمرکز شود. دریای خزر بواسطه دارا بودن شوری حدود یک سوم دریا‌های آزاد (شوری ۱۳-۱۲ گرم در لیتر) می‌تواند منبع آبی مطمئن برای توسعه آبی‌پروری در مناطق ساحلی و در محدوده آبی ایران باشد.

قزل‌آلای رنگین‌کمان دارای دو نوع ماهی ساکن آب‌شیرین و ماهی دریارو^۱ است که بترتیب رنگین‌کمان (Rainbow) و سر فولادی (Steelhead) نامیده می‌شوند. نوع ماهی آب شیرین معمولاً از اندازه کوچکتی نسبت به نوع آب شور آن برخوردار است (Burgner et al., 1992). با توجه به بررسی‌های Sedgwick (۱۹۷۰) و Johnston و Cheverie (۱۹۸۵)، ماهی قزل‌آلای ساکن آب شیرین در محیط مصبی و سواحل دریا از رشد بهتری نسبت به محیط آب شیرین برخوردار است. بنابراین ماهی قزل‌آلای ساکن آب شیرین (غیر مهاجر) می‌تواند برای پرورش در آب دریا به شوری محیط آداپته گردد و این آداپتاسیون وابسته به مکانیسم تنظیم یونی-اسمزی ماهی است.

شوری عمده ترین عامل محیطی است، که می‌تواند روی روند تنظیم اسمزی در ماهیان اثر بگذارد (1996, Likongwe et al). آداپتاسیون ماهی قزل‌آلای غیر مهاجر به آب دریا و محیط هیپراسموتیک به اندازه ماهی و شرایط انتقال (به‌عنوان مثال شوری محیط)

^۱ Sea-run

بستگی دارد (Fuentes et al., 1996). بنابراین در ماهی غیر مهاجر قزل آلائی رنگین کمان گروه‌ای از مکانیسم‌های تنظیمی برای سازگاری با آب دریا و ژن‌های درگیر در فیزیولوژی تنظیم اسمزی وجود دارد (Le Bras et al., 2011). مطالعه تنظیم اسمزی راهکاری است که توان سازگاری ماهی با محیط آب لب شور را مشخص می‌کند (Jurd, 2000).

یکی دیگر از روش‌های بررسی سازگاری و تطابق پذیری فیزیولوژیک ماهیان در سازگاری با محیط‌های آبی مختلف، بررسی تغییرات در فاکتورهای خونی است (رحیمی بشر و همکاران، ۱۳۸۶). تغییرات فاکتورهای خونی همراه با تغییر در فاکتورهای محیطی، امری غیر قابل انکار است و این امر در ماهیان به دلیل خونسرد بودن آن‌ها مشخص تر می‌باشد (جمال زاده و همکاران، ۱۳۸۱). تغییر در پارامترهای بیوشیمیایی نیز از جمله واکنش‌هایی است که ماهی در پاسخ به تنش شوری از خود نشان می‌دهد. به طور کلی بخشی از پاسخ‌های مختلف به تغییرات شوری، وابسته به تفاوت‌های خاص مربوط به هر گونه و ویژگی‌های گلبول‌های قرمز خون است مانند تغییر در اندازه سلول و میزان ذخیره هموگلوبین و بخشی دیگر نیز به غلظت پلاسما بستگی دارد (حسینی و همکاران، ۱۳۹۱) که می‌تواند اثر خود را به صورت تغییر در تعداد گلبول‌ها در واحد حجم و همچنین تغییر میزان هماتوکریت نشان دهد (روضاتی و همکاران، ۱۳۹۲). تأثیر تغییرات فاکتورهای محیطی بر شاخص‌های خونی به ویژگی‌های تطابق هر ماهی بستگی دارد (Morgan and Iwama, 1991). تغییرات محیطی مانند شوری هم بر غلظت یون‌ها و هم بر تعداد سلول‌های خون موثر است (Chen et al., 2004).

تحقیقات مختلفی روی ماهیان رود کوچ (تاسماهیان و ماهیان استخوانی) برای سازگاری با آب شور در کشور ایران صورت گرفت (فارابی، ۱۳۸۵؛ محمدی و همکاران، ۱۳۹۱؛ صیاد بورانی و همکاران، ۱۳۹۳؛ اشرف و همکاران؛ ۱۳۹۵) اما این گونه تحقیقات روی قزل آلائی رنگین کمان بسیار محدود بود (حسینی و همکاران، ۱۳۹۱؛ نفیسی بهابادی و همکاران، ۱۳۹۳). تحقیق حاضر با توجه به جایگاه غالب این ماهی در صنعت پرورش ماهیان سرد آبی کشور و همچنین بررسی اثرات شوری بر بعضی فاکتورهای بیوشیمیایی پلاسما و خونی ماهیان در فرآیند سازگاری فیزیولوژیک، در آب‌های غیر شیرین انجام گردید تا با تکیه بر دستاورد حاصل ضمن حفظ منابع با ارزش آب شیرین کشور، با بهره‌گیری از منابع آب لب شور زمینه معرفی این گونه پرورشی به محیط‌های آبی با شوری‌های مختلف به‌ویژه با آب دریای خزر در جهت توسعه صنعت آبزی پروری کشور فراهم گردد.

مواد و روش‌ها

تهیه بچه ماهی و شرایط آزمایش

بچه ماهی قزل آلائی رنگین کمان از کارگاه منطقه سوادکوه استان مازندران تهیه شد و جهت انجام آزمایش به پژوهشکده اکولوژی دریای خزر منتقل گردید. بچه ماهیان پس از نگهداری در مخازن ۴ تنی فایبرگلاس به مدت ۴۸ ساعت و سازگاری با آب محیط جدید پس از بیهوشی (با اسانس گل میخک با غلظت ۱۰۰ ppm) در دمای ۱۵ درجه سانتی گراد و pH برابر ۸/۲، زیست‌سنجی شدند و به تانک‌های آزمایشی ۳۰۰ لیتری با حجم آبی ۲۵۰ لیتر معرفی گردید. بچه ماهیان با متوسط وزنی 31.56 ± 0.70 (SE) گرم و متوسط طول

چنگالی (SE) $15 \pm 0.13/80$ سانتی متر، در ۳ تیمار آزمایشی با تراکم ۱۵ عدد در هر تانک به آب با شوری‌های مختلف (شیرین، ۱۳ و ۲۰ گرم در لیتر) معرفی شدند. آب شیرین از رودخانه تجن و آب لب شور ۱۳ گرم در لیتر از آب دریای خزر و آب لب شور ۲۰ گرم در لیتر از اختلاط آب دریای خزر و نمک دریائی تهیه شد. طول آزمایش به مدت ۷ شبانه روز بود (McKenzi et al., 1999). جهت ایجاد محیط مناسب به لحاظ فاکتورهای کیفی آب، روزانه به میزان حداقل ۵۰ درصد از آب وان‌ها با سیفون کردن از کف تعویض گردید. تهویه هوای آب تانک‌ها با استفاده از پمپ هواساز مرکزی انجام شد. فاکتورهای آب با استفاده از دستگاه دیجیتالی (Palintest مدل ۷۵۰۰ ساخت کشور انگلستان و مولتی پارامتر PCD650 ساخت سنگاپور) اندازه گیری شد.

اندازه گیری شاخص‌های بیوشیمیایی و خونی

در پایان دوره آزمایش به منظور ارزیابی تأثیر شوری بر برخی شاخص‌های خونی، بیوشیمیایی بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان، ابتدا ماهیان با استفاده از اسانس گل میخک (غلظت ۱۰۰ میلی گرم در لیتر) بیهوش شده و سپس از محل ساقه دمی با استفاده از سرنگ استریل خونگیری انجام شد. خون گرفته شده با سرنگ ۲ سی‌سی در ظروف ۱/۵ سانتی متر مکعبی^۱ حاوی ماده ضد انعقاد هپارین با غلظت ۱۵ میکروگرم در هر میلی‌لیتر ریخته شد (گرانسر، ۱۳۷۹؛ Klontz, 1994) و سریعاً به آزمایشگاه منتقل گردید.

شاخص‌های خونی، درصد هماتوکریت، تعداد گلبول قرمز و سفید، غلظت هموگلوبین در آزمایشگاه

بلافاصله بر اساس روش Feldman و همکاران (۲۰۰۰) تعیین گردید. سپس توسط سانتریفوژ Hettich D_7200 Tuttlingen (ساخت آلمان، ۱۹۹۰) پلاسما از خون هپارینه جدا و در ظروف ۱/۵ سانتی متر مکعبی درب دار انتقال داده شد. ظروف حاوی پلاسما کاملاً با پارافیلیم مسدود شده و در فریزر (-20°C) برای سنجش یونی، هورمونی و اسمولاریته نگهداری شد (Altinok et al., 1998; Feldman et al., 2000). رسوبگذاری سلول‌های خونی در حجم کل خون موجود در لوله‌های موئینه هپارینی (هماتوکریت) با استفاده از سانتریفوژ Hettich D_7200 (ساخت آلمان) انجام شد و درصد حجم گلبول قرمز خون با استفاده از خط کش مخصوص قرائت گردید. شمارش گلبولی با استفاده از لام ثوبار آینه‌ای و میکروسکوپ نوری انجام شد. در این آزمایش از پیت ملانژور قرمز و محلول رقیق کننده ریس-اگر استفاده گردید (Blaxhall and Daisley, 1973). هموگلوبین به روش سیان مت‌هموگلوبین توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (CECIL_ CE1020) ساخت آلمان تعیین گردید (عامری مهابادی، ۱۳۷۸). متوسط حجم گلبولی (MCV) بر حسب میکرومتر مکعب یا فمتولیت (fl)، متوسط هموگلوبین گلبولی (MCH) بر حسب پیکوگرم (pg) و غلظت متوسط هموگلوبین گلبولی (MCHC) بر حسب درصد، محاسبه گردید (عامری مهابادی، ۱۳۷۸، Blaxhall and Daisley, 1973; Klontz, 1994). غلظت یون‌های تک ظرفیتی (سدیم و پتاسیم) پلاسماهای هپارینه با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر (Corning 405C:IRI) تعیین گردید. اندازه‌گیری غلظت یون‌های دو ظرفیتی (کلسیم و منیزیم) و یون کلر با دستگاه اتوآنالایزر (ساخت اتریش:

^۱ Microtube

نتایج

نتایج آزمون F در بررسی پارامترهای خونی اندازه گیری شده در تیمارهای مختلف نشان داد که اختلاف معنی دار بین آن ها وجود دارد ($P < 0/05$). مقایسه میانگین پارامترهای خونی در تیمارهای مختلف تحت آزمون دانکن در سطح پنج درصد به شرح جدول ۱ آمده است. در این بررسی با افزایش شوری آب، تعداد گلبول قرمز، هماتوکریت، هموگلوبین و غلظت متوسط هموگلوبین گلبولی افزایش یافته است ($p < 0/05$). همچنین حجم گلبولی در شوری ۲۰ گرم در لیتر کاهش یافته است. تعداد گلبول سفید و متوسط هموگلوبین گلبولی ۲۰ گرم در لیتر در بالاترین مقدار نسبت به شاهد و شوری دیگر برخوردار بود ($P < 0/05$).

نتایج آزمون F در بررسی میزان پارامترهای یونی و هورمونی پلاسمای خون در تیمارهای مختلف نشان داد که اختلاف معنی دار بین آن ها وجود دارد ($P < 0/05$). مقایسه میانگین این پارامترها در تیمارهای مختلف تحت آزمون دانکن در سطح پنج درصد به شرح جدول ۲ و ۳ آمده است. در این بررسی با افزایش شوری آب، غلظت یون های کلسیم، منیزیم، کلر و سدیم و همچنین اسمولاریته و هورمون کورتیزول پلاسمای خون افزایش داشته است ($P < 0/05$).

همچنین غلظت کورتیزول پلاسمای خون و دیگر فاکتورهای مورد سنجش در شوری ۲۰ گرم در لیتر از بالاترین مقدار نسبت به شاهد و شوری ۱۳ گرم در لیتر برخوردار بوده است ($P < 0/05$). مقدار یون پتاسیم، در شوری های مختلف دارای اختلاف معنی دار نبوده است ($P > 0/05$).

مدل (Belgium, Eurolyser) و با کیت پارس آزمون انجام شد (گرانسر، ۱۳۷۹). برای اندازه گیری کورتیزول از کیت کمپانی رادیم استفاده شد. قرائت غلظت نمونه ها پس از آماده سازی نمونه ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر بیکروماتیک (Stat fax – Avernest, 330plus: USA) انجام شد. سپس منحنی استاندارد ترسیم و مقدار غلظت کورتیزول برحسب نانوگرم بر میلی لیتر محاسبه گردید (ملک نیا، ۱۳۸۰). اسمولاریته بر حسب میلی اسمول بر کیلوگرم به روش انجماد سنجی و با استفاده از دستگاه اسمومتر (Osmomat 030-gonotec company : Germany) از روی ۱۰۰ میکرولیتر پلاسمایی اندازه گیری شد (Altinok et al., 1998).

تجزیه و تحلیل آماری

برای ثبت اطلاعات و تعیین آمار توصیفی داده ها از نرم افزار Excel (۲۰۱۰) و جهت تجزیه و تحلیل آماری داده ها از طرح کاملاً تصادفی (CRD) و برنامه آماری Spss (Version.18) استفاده شد. جدول آنالیز واریانس داده های پارامترهای خونی و پلازما در سطح پنج درصد تحت آزمون F تعیین گردید. مقایسه میانگین پارامترهای اندازه گیری شده در تیمارهای آزمایشی پس از معنی دار بودن، به روش آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح پنج درصد ($p < 0/05$) انجام شد.

جدول ۱: فاکتورهای خون ماهی قزل آلا در شوری های مختلف (میانگین $\pm$ خطای استاندارد)

فاکتور خونی تیمار	HCT (%)	Hb (g/dl)	RBC ($\times 10^6$ /ml)	WBC ($\times 10^3$ /ml)	MCV (ft)	MCH (pg)	MCHC (%)
شاهد (آب شیرین)	۳۲/۲ $\pm$ ۰/۳ ^c (۳۱/۰-۳۳/۰)	۶/۲ $\pm$ ۰/۲ ^c (۵/۷-۶/۸)	۱/۲ $\pm$ ۰/۱ ^c (۱/۲-۱/۳)	۱۵/۶ $\pm$ ۰/۶ ^c (۱۴/۰-۱۷/۰)	۲۶۱/۲ $\pm$ ۲/۵ ^a (۲۵۶-۲۶۸)	۵۰/۳ $\pm$ ۱/۵ ^{ab} (۴۶/۷-۵۴/۴)	۱۹/۲ $\pm$ ۰/۷ ^b (۱۷/۴-۲۱/۳)
شوری ۱۳ گرم در لیتر	۳۷/۵ $\pm$ ۰/۴ ^b (۳۷/۰-۳۹/۰)	۷/۷ $\pm$ ۰/۳ ^b (۷/۱-۸/۲)	۱/۵ $\pm$ ۰/۳ ^b (۱/۴-۱/۶)	۱۷/۸ $\pm$ ۰/۳ ^{ab} (۱۷/۲-۱۸/۴)	۲۶۰/۳ $\pm$ ۵/۸ ^a (۲۴۲-۲۷۲)	۵۲/۹ $\pm$ ۲/۸ ^a (۴۵/۶-۵۸/۲)	۲۰/۳ $\pm$ ۰/۶ ^{ab} (۱۸/۱-۲۱/۵)
شوری ۲۰ گرم در لیتر	۳۸/۸ $\pm$ ۰/۷ ^a (۳۷/۰-۴۱/۰)	۸/۶ $\pm$ ۰/۱ ^a (۸/۳-۸/۹)	۱/۷ $\pm$ ۰/۱ ^a (۱/۷-۱/۸)	۱۸/۴ $\pm$ ۰/۷ ^a (۱۷/۷-۱۸/۹)	۲۲۳/۳ $\pm$ ۳/۷ ^b (۲۱۰-۲۳۳)	۴۹/۴ $\pm$ ۰/۶ ^b (۴۷/۲-۵۰/۶)	۲۲/۲ $\pm$ ۰/۳ ^a (۲۰/۲-۲۴/۱)

* حروف لاتین بالا نویس در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار بین شوری های مختلف تحت آزمون دانکن در سطح ۵ درصد است.

جدول ۲: فاکتورهای یونی و هورمونی پلاسمای خون ماهی قزل آلا در شوری های مختلف (میانگین $\pm$ خطای استاندارد)

فاکتور تیمار	Na-mmol/l	Cl-mmol/l	K-mmol/l	Mg-mmol/l	Ca-mg/dl
شاهد (آب شیرین)	۱۵۰/۸ $\pm$ ۰/۴ ^c (۱۴۸/۰-۱۵۳/۰)	۱۲۱/۴ $\pm$ ۲/۰ ^c (۱۱۷/۰-۱۲۷/۰)	۱/۶ $\pm$ ۰/۱ (۱/۵-۲/۰)	۰/۷ $\pm$ ۰/۶ ^c (۰/۵-۰/۸)	۱۳/۲ $\pm$ ۰/۴ ^c (۱۲/۱-۱۴/۲)
شوری ۱۳ گرم در لیتر	۱۷۴/۸ $\pm$ ۱/۹ ^b (۱۷۰/۰-۱۸۰/۰)	۱۴۱/۰ $\pm$ ۱/۸ ^b (۱۳۵/۱-۱۴۶/۲)	۱/۸ $\pm$ ۰/۲ (۱/۴-۲/۱)	۲/۱ $\pm$ ۰/۱ ^b (۲/۰-۲/۳)	۱۸/۷ $\pm$ ۰/۳ ^b (۱۷/۷-۱۹/۴)
شوری ۲۰ گرم در لیتر	۲۱۱/۴ $\pm$ ۱/۴ ^a (۲۰۷/۰-۲۱۵/۰)	۱۶۵/۰ $\pm$ ۳/۵ ^a (۱۵۵/۰-۱۷۵/۰)	۱/۸ $\pm$ ۰/۱ (۱/۶-۲/۱)	۳/۳ $\pm$ ۰/۲ ^a (۳/۰-۴/۰)	۲۱/۸ $\pm$ ۰/۶ ^a (۱۹/۷-۲۳/۱)

* حروف لاتین بالا نویس در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار بین شوری های مختلف تحت آزمون دانکن در سطح ۵ درصد است.

جدول ۳: اسمولاریته و هورمون کورتیزول پلاسمای خون ماهی قزل آلا در شوری های مختلف (میانگین $\pm$ خطای استاندارد)

فاکتور تیمار	Cortisol (mmol/l)	Osmolarity (mosmol/kg)
شاهد (آب شیرین)	۵۲/۶ $\pm$ ۲/۳ ^b (۴۸/۰-۶۰/۰)	۲۸۱/۴ $\pm$ ۲/۷ ^c (۲۷۵/۰-۲۹۱/۰)
شوری ۱۳ گرم در لیتر	۵۹/۲ $\pm$ ۲/۵ ^b (۵۵/۰-۷۲/۰)	۳۵۹/۸ $\pm$ ۱/۷ ^b (۳۵۵/۰-۳۶۵/۰)
شوری ۲۰ گرم در لیتر	۸۷/۲ $\pm$ ۲/۹ ^a (۷۷/۰-۹۵/۰)	۴۴۹/۸ $\pm$ ۴/۲ ^a (۴۳۶/۰-۴۶۱/۰)

* حروف لاتین بالا نویس در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار بین شوری های مختلف تحت آزمون دانکن در سطح ۵ درصد است.

است تحقیقات در این زمینه ادامه یافته و راهکارهای مختلف متناسب با شرایط آبی هر منطقه مورد بررسی قرار گیرند. بر اساس مطالعات انجام شده تنظیم غلظت یون‌ها در شرایطی که ماهی در محیط‌هایی با شوری مختلف قرار می‌گیرد برای هر گونه متفاوت و اختصاصی است (Wedemeyer et al., 1996).

برخی از ماهی‌ها که دامنه تحمل شوری آن‌ها گسترده است مانند خامه ماهی می‌تواند اسمولاریته خون خود را در دامنه وسیعی از شوری‌های محیط ثابت نگه دارد (Denson et al., 2003) و این موضوع در تحقیقات دیگری روی سایر گونه‌های مقاوم به شوری نیز به اثبات رسیده است. موحدی نیا و همکاران (۱۳۹۱)، طی انجام مطالعه‌ای روی ماهیان یک ساله شانک زرد باله (*Acanthopagrus latus*) که از انواع ماهیان مقاوم به شوری است، نشان دادند که این ماهی می‌تواند شوری‌های از ۵ تا ۶۰ گرم در لیتر را بدون تغییر عمده در الکترولیت‌های خون تحمل نماید.

در تحقیق حاضر مجموعه‌ای از فعالیت باهدف بررسی شاخص‌های فیزیولوژیک ماهی قزل آلائی رنگین کمان در آب تا شوری ۲۰ در هزار مورد بررسی قرار گرفت. یکی از سنجش‌های اصلی در سازش‌پذیری بچه ماهیان به محیط جدید، درصد بازماندگی قابل قبول است. که در طول هفت روز آزمایش بچه ماهیان در همه تیمارها بازماندگی ۱۰۰ درصد بدست آمد. هر چند بقاء در یک آزمون بعنوان شاخص اصلی سازگاری مطرح است. توانائی رسیدن به تعادل فیزیولوژی با محیط جدید در ماهیان مستقیماً به قابلیت‌های انفرادی آن‌ها وابسته است. این قابلیت‌های هر گونه، به سن و اندازه هر ماهی بستگی دارد. توانائی انفرادی ماهیان در برابر شرایط محیطی با افزایش اندازه بیشتر می‌گردد

نتایج سنجش پارامترهای اندازه‌گیری شده آب در طول مدت آزمایش شامل: اکسیژن محلول ۶ میلی گرم در لیتر، pH برابر ۸/۲، نیتريت کمتر از ۰/۱، نترات کمتر از ۱۶ میلی گرم بر لیتر، آمونیوم ۱۷/۵۲ میلی گرم بر لیتر و دما ۱۵/۵ درجه سانتی‌گراد بود که بیانگر تحمل و سازگاری بچه ماهیان مورد آزمایش در مقادیر بدست آمده است.

بحث و نتیجه گیری

یکی از اهداف پرورش دهندگان ماهی برای تولید بیشتر، فراهم آوردن امکان قدرت سازگاری ماهیان با شرایط حاکم بر محیط پرورش و کاهش استرس حاصل از تغییر است. از آنجائیکه خون مستقیماً در بسیاری از فرآیندهای سوخت و سازی نقش داشته و منعکس کننده تغییرات بدن جانور است، ارزیابی‌های خونی و هورمونی در امر تشخیص وضعیت فیزیولوژیک ماهیان از اهمیت بالایی برخوردار است (McCormick et al., 1998). مهاجرت ماهیان بین دو محیط متفاوت از نظر شوری نیازمند مکانیسم تنظیم اسمزی فعال می‌باشد، هنگام انتقال ماهیان از آب شیرین به آب شور به دلیل بالا رفتن سطوح یونی پلاسمای خون در ماهیان و تغییرات هورمونی ناشی از استرس مانند کورتیزول، دیگر فاکتورهای خونی نیز دستخوش تغییر می‌گردند (Morgan et al., 1997).

قزل آلائی رنگین کمان یکی از گونه‌های مقاوم به شوری است و عملکرد رشد مناسبی در آب‌های لب شور و حتی شور دارد (FAO, 2012). مطالعاتی طی دهه اخیر بر روی قزل آلائی رنگین کمان در شرایط آب با شوری‌های مختلف بانجام رسیده است، ولی با توجه به تنوع بالای کیفیت منابع آب‌های شور داخلی لازم

(Sanchez et al., 1998; Farabi et al., 2009). نتایج تحقیق Altinok و Grizzle (۲۰۰۴) از پرورش قزل آلاهی رنگین کمان در شوری‌های مختلف نشان داد که قزل آلاهای ۱۴ و ۲۰ گرمی تحمل تنش شوری ۱۸ گرم در لیتر را ندارند، ولی میزان بازماندگی در بچه ماهیان ۳۰ گرمی به طور قابل توجه به میزان ۸۸ درصد بیشتر بود. مطالعات Altinok و Grizzle (۲۰۰۱) نشان داد در بین ماهیان پرورشی مختلف، ماهی قزل آلاهی رنگین کمان توانایی تحمل شوری‌های بالا داشته و نسبت به آب شیرین از عملکرد رشد و تغذیه‌ای بالاتری برخوردار بوده است. در این بررسی از ماهیان ۳۰ گرمی برای سازش‌پذیری با شوری‌های مختلف استفاده گردید. زیرا این وزن از تحمل تنش شوری بالاتری نسبت به اوزان پایین‌تر آن برخوردار است. در ادامه بررسی تنش شوری روی بچه ماهیان آزمایشات خونی و سرمی انجام می‌گیرد تا تمایز فاکتورها در شوری‌های مختلف و احتمال سازش‌پذیری آن با محیط جدید بدست آید. در این بررسی فاکتورهای خونی و سرمی (یونی، هورمونی) در تیمارهای مختلف دارای تغییراتی نسبت به گروه شاهد (آب شیرین) بود (جدول ۱، ۲ و ۳). عوامل خونی تعیین شده در تیمار شاهد (آب شیرین) با نتایج بررسی‌های صورت گرفته در منابع مختلف مشابه بود (Zorriehzakra et al., 2010)؛ احمدی و همکاران، ۱۳۹۰؛ احمدی فر و همکاران، ۱۳۸۹) اما کاملاً منطبق نمی‌باشد، زیرا در شرایط مختلف آزمایشی (تغذیه، فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی، تراکم و غیره)، نحوه خون‌گیری و حتی نژادها و سنین مختلف می‌تواند سبب تغییر در مقادیر اندازه‌گیری پارامترهای خونی شود (Wells and Weber, 1991).

Rehulka و همکاران (۲۰۰۸ و ۲۰۰۴) در بررسی شاخص‌های خونی (گلبول سفید و قرمز، هماتوکریت، هموگلوبین و ...) ماهی قزل آلاهی رنگین کمان دریافتند که عوامل تغذیه‌ای، محیطی و شوری آب بر شاخص‌های خونی (Hb, RBC, Hct) و شاخص‌های بیوشیمیایی پلاسمای خون تأثیر گذار می‌باشند. لذا در این بررسی تیمارهای تحت تنش با شوری‌های مختلف با گروه شاهد مورد مقایسه قرار گرفت و تنها روند تغییرات آن با منابع مقایسه گردید.

نتایج حاصل از تعیین فاکتورهای خونی در تیمارهای مختلف نشان داد که اختلاف بین آن‌ها معنی‌دار است. به طوری که میزان هماتوکریت، هموگلوبین، گلبول قرمز، گلبول سفید و متوسط غلظت هموگلوبین گلبولی با افزایش شوری از روند افزایشی برخوردار بود ($P < 0.05$). این تغییر با توجه به کاهش نسبی آب بدن به دلیل قرار گرفتن ماهیان در آب با شوری بیشتر که منجر به از دست دادن آب بیشتری از بدن شده، پذیرفته می‌باشد. اما در شوری ۲۰ در هزار که کاهش حجم گلبول قرمز مشاهده شده است، روند تغییرات تا حدودی متفاوت است. تغییرات گلبول‌های خونی بدلیل ایجاد شرایط مختلف (تغییرات شوری) با نوساناتی همراه بود. در تحقیقات Martinez و همکاران (۲۰۰۲) روی *Acipenser naccarii* و plaut (۱۹۹۸) در ماهیان استخوانی در بررسی سیستم تنظیم اسمزی نیز نشان داده شد که با افزایش شوری محیط، تغییراتی در روند کاهش حجم آب بدن و به تبعه آن در حجم پلاسمای خون رخ داد. در این بررسی نیز تغییرات هموگلوبین در ماهی قزل آلاهی رنگین کمان نسبتاً جزئی و در سه تیمار مشابه بود (جدول ۱). این میزان ثبات هموگلوبین در افزایش ویسکوزیته خون، جهت تأمین

قرمز رخ نداد (Sanchez *et al.*, 1998; Altinok *et al.*, 1998).

در این بررسی همچنین غلظت های یونی پلاسمای خون اندازه گیری شد که بجز یون پتاسیم با افزایش شوری دارای روند افزایشی بودند که با مطالعات Al-Jandal و Wilson (۲۰۱۱) مطابقت داشت. طبیعی است که با افزایش مقادیر یونی پلاسمای خون (جدول. ۲) اسمولاریته پلاسما نیز افزایش یابد (جدول. ۳). Al-Jandal و Wilson (۲۰۱۱) با تحقیق و بررسی سیستم تنظیم اسمزی و فاکتورهای یونی پلاسمای خون قزل آلائی رنگین کمان، در انتقال مستقیم از آب شیرین به آب شور (۳۵-۲۵ گرم در لیتر) به این نتیجه رسیدند که میزان سدیم، کلر، کلسیم، منیزیم و اسمولاریته پلاسمای خون در این انتقال افزایش می یابد، ولی تغییری در میزان پتاسیم حاصل نمی شود. پتاسیم یکی از کاتیون های داخل سلولی می باشد، عدم اختلاف معنی دار و تغییرات آن در بررسی حاضر با نتایج تحقیق James و Peter (۲۰۰۳) بر روی تاسماهی *Acipenser brevirostrum* نشان داد که میزان سدیم و کلراید با افزایش شوری افزایش یافت، اما میزان پتاسیم تحت تأثیر افزایش شوری قرار نگرفت. روند افزایشی غلظت یون های پلاسمای خون و اسمولاریته در این بررسی با نتایج مطالعات صورت گرفته بر روی گونه های مختلف با اندازه و سنین متفاوت که توسط محققین ایرانی و خارجی بانجام رسید، مطابقت دارد. این محققین بیان داشته اند که با افزایش شوری روند افزایش غلظت یون های پلاسمای خون نیز روند افزایشی داشته ولی در مرحله ای به ثبات رسیده و با غلظت مشخصی از اسمولاریته پلاسمای خون با محیط آب به تعادل می رسد (کاظمی و همکاران، ۱۳۸۱؛ ایمانپور، ۱۳۸۴؛

اکسیژن مورد نیاز ماهی با افزایش تعداد گلبول قرمز و همچنین درصد هماتوکریت قابل توجهی است که با نتایج Wells و Weber (۱۹۹۱) بر روی ماهی قزل آلائی رنگین کمان مطابقت دارد.

در مراحل اولیه انتقال ماهی به آب لب شور، غلظت هماتوکریت، هموگلوبین و تعداد گلبول قرمز افزایش می یابد و هنگامی که بتدریج ماهی با محیط جدید سازگار شد، این مقادیر نسبت به میزان اولیه کاهش می یابد، اما به سطح اولیه بر نمی گردند (Plaut, 1998; Martinez *et al.*, 2002). در این مطالعه تنها شاخص هماتوکریت در مواجهه با شوری روند افزایشی داشته است (جدول ۱). همچنین نتیجه این تحقیق با مطالعات حافظ امینی (۱۳۸۲) بر روی ماهی کپور معمولی و ایمانپور (۱۳۸۴) بر روی بچه ماهیان سفید و فارابی (۱۳۸۵) بر روی چهارگونه بچه ماهیان خاویاری که به نوعی شوری محیط را تحمل نمودند، مطابقت نداشت. بنظر می رسد که با روند افزایش شوری محیط، این اندازه (وزن) از ماهی نتواند کاملاً خود را با شرایط جدید سازگار نموده و احتمال عدم تحمل و رشد مناسب در این اندازه از ماهیان در شوری بالا، ممکن است حادث گردد. Altinok و Grizzle (۲۰۰۴)، در نتایج تحقیقات خود نشان دادند که قزل آلائی رنگین کمان ۱۴ و ۲۰ گرمی تحمل تنش شوری ۱۸ گرم در لیتر را ندارد. اما ماهی ۳۰ گرمی دارای تحمل بهتری نسبت به شوری مذکور است. بنابراین می توان عنوان نمود که با افزایش وزن در ماهی قزل آلائی رنگین کمان، سیر تحمل در برابر شوری محیط در این ماهی افزایش یابد. زیرا در انتقال ماهیان از آب شیرین به آب شور و در زمان آداپته شدن در محیط جدید غلظت هموگلوبین و هماتوکریت کاهش یافته و تغییر معنی داری در تعداد گلبول های

فارابی، ۱۳۸۵؛ Kazemi ; Jabbarzadeh *et al.*, 2000 ; Martinez *et al.*, ; Plaut., 1998; *et al.*, 2003 (2002).

نفیسی و همکاران (۱۳۹۳)، در بررسی ماهیان جوان قزل آلا (*Oncorhynchus mykiss*) که در معرض شوری‌های مختلف (۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰ گرم در لیتر) قرار داشتند، نشان دادند که یون‌های کلراید و اسمولاریته خون افزایش یافت که در راستای تطابق آن‌ها با شرایط جدید است. بررسی‌های James و Peter (۲۰۰۳) روی تاسماهی *Acipenser brevirostrum* در شوری‌های مختلف (۵، ۱۰، ۲۰ گرم در لیتر) نشان داد که پارامترهای بیوشیمیایی خون و اسمولاریته پلاسما در ماهیانی که طی ۸ هفته در معرض این شوری‌ها قرار گرفتند، با افزایش شوری افزایش یافته، اما اختلاف معنی‌داری را نشان نداد که این مسئله ناشی از تطابق و سازگاری مناسب ماهی‌ها با تغییرات شوری بود. مطالعه حاضر نشان داد که این ماهی احتمالاً توانایی تحمل شوری‌های بیشتر از ۲۰ گرم در لیتر را ندارد (Altinok and Grizzle, 2004). در این بررسی نیز غلظت یون‌های پلاسما، خون ماهی در شوری ۲۰ گرم در لیتر با شوری‌های پائین‌تر دارای اختلاف معنی‌دار بوده است.

سازش‌پذیری ماهیان نسبت به آب شور با دخالت و تحت کنترل دستگاه عصبی هیپوتالاموس، هیپوفیز صورت می‌گیرد که به‌طور یک‌جانبه هرگونه تغییر شوری را تنظیم می‌کند. تبدلات یونی در سلول‌های آبششی، تحت کنترل عوامل متفاوتی از غدد مترشحه درون ریز است (Olson, 1998). بالا رفتن سطوح یونی پلاسما، خون در ماهیان طی ایجاد استرس در آن‌ها (سطوح هورمون کورتیزول سرم خون که اولین شاخص

پاسخ به استرس بوده و محصول نهایی محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-بین‌کلیوی است) ایجاد می‌گردد (Wang *et al.*, 2003). کاهش اولیه هورمون کورتیزول در خلال مراحل اولیه انتقال ماهی از آب شیرین به آب لب‌شور جهت تطبیق فیزیولوژی بدن ماهی با شرایط جدید است که پس از سازگاری جهت افزایش تراکم آنزیم سدیم-پتاسیم آدنوزین تری فسفات و تحریک فعالیت پمپ سدیم-پتاسیم در سطح بالاتری نسبت به سطح اولیه قرار می‌گیرد (Krayushkina, 2005). با افزایش شوری محیط میزان هورمون کورتیزول (Wang *et al.*, 2003) و مقادیر یونی و اسمولاریته افزایش می‌یابد (Sanchez *et al.*, 1998) ولی به سطح اولیه پارامترهای اندازه‌گیری شده ماهی در محیط آب شیرین بر نمی‌گردد (Krayushkina and Semenova, 2004). در این تحقیق با افزایش شوری محیط تا ۱۳ گرم در لیتر مقادیر هورمون کورتیزول افزایشی بود، اما با شاهد دارای اختلاف معنی‌دار نبود ($P > 0.05$)، اما در شوری ۲۰ گرم در لیتر مقادیر آن بیشتر افزایش یافت، بطوری که با دو تیمار دیگر دارای اختلاف معنی‌دار آماری بود ($P < 0.05$). نفیسی (۱۳۹۳) در تحقیقی روی تغییرات هورمونی پلاسما، خون بچه ماهی انگشت قد قزل‌آلا، رنگین‌کمان در فرآیند تطابق‌پذیری در آب با شوری‌های مختلف بیان داشت که همسو با افزایش شوری آب، میزان سطح کورتیزول در پلاسما، خون ماهی افزایش یافت. در این بررسی تنها در شوری ۲۰ گرم در لیتر میزان غلظت هورمون کورتیزول نسبت به تیمارهای دیگر بیشتر و دارای اختلاف معنی‌دار بود ($p < 0.05$) و بچه ماهیان ۳۰ گرمی در شوری ۱۳ گرم در لیتر سطوح هورمونی خود را برای سازگاری و

(*Oncorhynchus mykiss*). مجله شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد آزادشهر سال چهارم، شماره چهارم.

۳. اشرف، ص.، پذیرا، ع.ر.، نفیسی بهابادی، م.، ۱۳۹۵. اثرات شوری بر بعضی از فاکتورهای بیوشیمیایی پلاسما و بافت روده ماهی سی باس آسیایی (*Lates calcarifer*). نشریه توسعه آبرزی پروری، دوره ۱، شماره ۴. صفحه ۲۶-۱۵.

۴. ایمانپور، م.ر.، ۱۳۸۴. اثرات طیف نور، دوره های نوری و غنی سازی روی پرورش لاروی و تنظیم اسمری بچه ماهیان سفید (*Rutilus frisii kutum*). رساله دوره دکتری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۱۰۸ صفحه.

۵. سالنامه آماری سازمان شیلات ایران، ۱۳۹۵-۱۳۹۲. سازمان شیلات ایران، معاونت برنامه ریزی و توسعه مدیریت. ۶۰ صفحه.

۶. صیادبورانی، م.، احمدنژاد، م.، مقصودیه کهن، ح.، دژندیان، س.، شریفیان، م.، ۱۳۹۳. بررسی فراوانی و پراکنش سلولهای کلراید آبشش بچه ماهیان سفید در مواجهه با شوری آب دریای خزر. نشریه توسعه آبرزی پروری. دوره ۸، شماره ۲. صفحات ۳۵-۴۴.

۷. رحیمی بشر، م.، تهرانفرد، ا.، قاسمی نژاد، ا.، علیپور، و.، فلاح چای، م.، ۱۳۸۶. تعیین برخی از فاکتورهای خونی ماهی سفید دریای خزر (*Rutilus frisii kutum*) در مراحل مختلف رشد گنادی. مجله علوم زیستی، ۱ (۳) ۵۶-۴۵.

۸. روضاتی، ع.، حقی، ن.، آورجه، س.، ۱۳۹۲. اثرات استرس شوری و دما بر فاکتورهای خونی بچه ماهی کپور (*Cyprinus carpio*). مجله

راندمان بقاء بهتر، نسبت به شوری ۲۰ گرم در لیتر تنظیم نمودند. با توجه به بررسی های انجام شده و خاصه نتایج حاصله از تحقیق حاضر ماهی قزل آلائی رنگین کمان در وزن ۳۰ گرم قابلیت سازگاری مناسبی برای امکان پرورش در آب با شوری دریای خزر (۱۳ گرم در لیتر) را دارا می باشند.

سپاسگزاری

با احترام، مطلب حاضر بخشی از پروژه مصوب در موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور می باشد. لذا بر خود لازم میدانم از مساعدت مسئولین محترم موسسه علوم شیلاتی کشور، ریاست محترم پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، معاونت محترم تحقیقاتی و همکاران محترم در بخش های تخصصی که انجام تحقیق و فرآیند آزمایشات را محقق نموده اند، کمال تشکر و قدردانی را نمایم.

منابع

۱. احمدی، ک.، میرواقفی، ع.، بنایی، م.، موسوی. م.، ۱۳۹۰. مطالعه فاکتورهای خونی و آسیب شناسی بافتی ناشی از آئروموناس هیدروفیلا (*Aeromonas hydrophila*) در قزل آلائی رنگین-کمان (*Oncorhynchus mykiss*) نشریه شیلات، مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۶۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۰، از صفحه ۲۱۷ تا ۲۲۷.
۲. احمدی فر. ا.، اکرمی. ر.، پورعلی مطلق، س.، قلیچی، ا.، وری. س.، ۱۳۸۹. استفاده از افزودنی NEXT Enhance150 (تیمول و کارواکرول) به منظور کارآیی رشد، ترکیبات مغذی بدن، و شاخص های خونی ماهی قزل آلائی رنگین کمان

سرم خون بچه تاس ماهی انگشت قد ایرانی (*Acipenser persicus*). نشریه توسعه آبی پروری.

دوره ۶، شماره ۲، صفحات ۷۹-۶۷.

۱۶. موحدی نیا، ع.، سواری، ا.، سلاطی، ا.، ۱۳۹۱.

سازگاری‌های فراساختاری آبشش ماهی شانک زرد باله تحت شرایط اسمزی مختلف

(*Acanthopagrus latus*). مجله تحقیقات

دامپزشکی. ۶۲ (۲)، ۱۶۵-۱۷۴.

۱۷. ملک نیا، ن.، ۱۳۸۰. کتاب جامع الایزا، معاونت فنی

شرکت تولیدی تحقیق گستر. نشر کتاب میر. چاپ

سیاوش. صفحه ۱۵۴-۱۴۳.

۱۸. نفیسی بهابادی، م.، سلطانی، م.، فلاحتی مروست،

ع.، ۱۳۹۳. تغییر شاخص‌های رشد و پاسخ‌های

هورمونی ماهی قزل آلائی رنگین کمان

(*Oncorhynchus mykiss*) در مرحله انگشت قدی

در سازش با شوری‌های مختلف محیط پرورشی.

مجله پژوهش‌های جانوری، جلد ۲۷، شماره ۳،

صفحات ۴۲۹-۴۱۷.

19. Altinok, I., Galli. S.M., Chapman, F.A., 1998. Ionic and osmotic regeulation capabilities of juvenil Gulf of Mexico sturgeon, *Acipenser oxyrinchus de sotoi*. Comparative Biochemistry and physiology part A ,120(1998)609_616.

20. Altinok, I., Grizzle, M., 2001. Effects of brakish water on growth, feed conversion and energy absorption efficiency by juvenile euryhaline and fresh water stenohaline fish Fish Biology, 59: 1142-1152.

21. Altinok, I., Grizzle, J.M., 2004. Excretion of ammonia and urea by phylogenetically diverse fish species in low salinities. Aquaculture, v. 238, n. 1-4, p. 499-507

22. Al-Jandal, N.J., Wilson. R.W., 2011. A comparison of osmoregulatory responses in

فیزیولوژی و بیوتکنولوژی آبزیان، ۱ (۲)، ۹۵-۱۱۳.

۹. جمال زاده، ح.، کیوان، ا.، جمیلی، ش.،، عریان،

ش.، ۱۳۸۱. بررسی فاکتورهای خونی آزاد ماهی

دریای خزر (*Salmo trutta caspius*). مجله

علمی شیلات ایران، ۱۱(۱)، ۲۵-۳۴.

۱۰. حافظ امینی، پ.، عریان، ش.، پریور، ک.، ۱۳۸۲.

بررسی اثرات ناشی از استرس کلرور سدیم روی

قند خون و هورمون کورتیزول در ماهی کپور

معمولی (*Cyprinus carpio*). مجله علمی پژوهشی

شیلات، دوره دوازدهم، شماره ۳، صفحه ۳۵.

۱۱. حسینی، پ.، وهابزاده رودسری، ح.، صیاد بورانی،

م.، کاظمی، ر.، زمینی، ع.، ۱۳۹۱. بررسی اثرات

ناشی از افزایش شوری آب بر برخی از

فاکتورهای خونی بچه ماهیان قزل آلائی رنگین

کمان (*Oncorhynchus mykiss*) مجله زیست

شناسی دریا، ۴ (۱۴)، ۴۱۷-۴۲۹.

۱۲. عامری مهابادی، م.، ۱۳۷۸. روشهای آزمایشگاهی

هماتولوژی دامپزشکی، انتشارات دانشگاه تهران،

۱۲۶ص.

۱۳. فارابی، س.م.و. ۱۳۸۵. تغییرات فیزیولوژیک ناشی

از شوری محیط در چهار گونه از بچه ماهیان

خاویاری خزر جنوبی: اثر سن و اندازه. رساله دکترا

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی

گرگان، ۱۱۴ صفحه.

۱۴. گرانسر، ع.، ۱۳۷۹. بیوشیمی بالینی و

آزمایشگاهی. انتشارات چهر. ۳۰۸ صفحه.

۱۵. محمدی، م.، تجری، م.، شانسی، ن.، کلنگی

میاندره، ح.، عظیمی، ع.، هاشمی رستمی، ا.، ۱۳۹۱.

نوسانات شوری بر برخی فاکتورهای بیوشیمیایی

- mykiss. http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oncorhynchus_mykiss/en.
31. Farabi. S.M.V., Najafpour Sh., Najafpour, G. D., 2009. Aspect of Osmotic-ions Regulation in Juvenile Ship, *Acipenser nudiiventris* (Lovetsky, 1828) in the Southeast of Caspian Sea. *World applied sciences Journal*. 7(9). 1090-1096.
 32. Feldman, B.F., Zinkl, J.G., Jian, N.C., 2000. Schalm's veterinary hematology, 3rd edn. Lippincott Williams and Wilkins publication, Philadelphia, USA. pp. 32-36.
 33. Fuentes, J., Soengas, J.L., Buceta, M., Otero, J., Rey, P., Rebolledo, E., 1996. Kidney ATPase response in seawater-transferred rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Effect of salinity and fish size. *Rev Esp Fisiol* 1996, 52:231-238.
 34. Jurd, R.D., 2000. Instant Notes in Animal Biology. Bios Sci Pub. pp.
 35. Jabbarzadeh Shiadeh, S.M., Mojazi Amiri, B., Abtahi, B., Nazari, R.M., 2000. Study on the changes of some physiological factors during osmoregulation of juvenile Persian sturgeons (*Acipenser persicus*). *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 2(1):61_74,112.
 36. Johnston, C.E., Cheverie, J.C., 1985. Comparative analysis of ionoregulation in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) of different sizes following rapid and slow salinity adaptation. *Can J Fish Aquat Sci*, 42:1994-2003.
 37. Kazemi, R., Bahmani, M., Krayushkina, L. S., Pourkazemi, M., Ogorzalek, A., 2003. Changes in blood serum osmolarity and ultrastructure of gill chloride cells in young Persian sturgeon *Acipenser (Borodin)* of different sizes during adaptation to sea water. *Zoological poloniae* 48/1_4:5_30.
 38. Krayushkina, L.S., 2005. Level of serum cortisol and Na⁺/K⁺-ATPase activity of gills and kidney in different species of acipenserids. 5th International Symposium on Sturgeon. General biology life history. GB14.328p.179_182.
 39. Krayushkina, L.S., Semenova, O.G., 2004. Feature of osmotic regulation in Caspian *Acipenserids*. proceeding of the fourth plasma and tissues of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) following acute salinity challenges. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol*. Jun;159(2): 175-81
 23. Azewedo, P.A., Leeson, S., Cho, C.Y., Bureau, D.P., 2004. Growth and feed utilization of large size rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*) reared in fresh water: diet and species effects, and responses over time. *Aquaculture Nutrition*, 10, 401-411.
 24. Blaxhall, P.C., Daisley, K.W., 1973. Routine haematological methods for use with fish blood, *J. Fish Biol.*, 5: 771.
 25. Burgner, R.L., Light, J.T., Margolis, L., Okazaki, T., Tautz, A. and Ito, S., 1992. Distribution and origins of steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*) in offshore waters of the North Pacific Ocean. *International North Pacific Fisheries Commission, Bulletin* 51: 73.
 26. Chen, C., Wooster, G.A., Bowser, P.R., 2004. Comparative blood chemistry and histopathology of tilapia infected with *Vibrio vulnificus* or *Streptococcus iniae* or exposed to carbon tetrachloride, gentamicin or copper sulfate. *Aquaculture*, 239, 421-443.
 27. Denson, M.R., Stuart, K.R., Smith, T.I.J., Weirich, C.R., Segars, A., 2003. Effects of Salinity on Growth, Survival, and Selected Hematological Parameters of Juvenile Cobia *Rachycentron canadum*. *Journal of the world Aquaculture Society*, 34(4), 496-504.
 28. FAO (Food and Agriculture Organization), 2012. Fisheries and Aquaculture Department. Cultured Aquatic Species Information Programme. http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oncorhynchus_mykiss.
 29. FAO (Food and Agriculture Organization), 2016. Fisheries and Aquaculture Information and Statistics Service. Review fisheries and aquaculture world. <http://www.fao.org>
 30. FAO (Food and Agriculture Organization), 2014. Cultured Aquatic Species Information Programme *Oncorhynchus*

- Fisheries and Aquatic Sciences, 48, 2083-2094.
47. Morgan, J.D., Iwama, G.K., 1997. Measurements of stressed states in the field. In: Iwama, G.K., Pickering, A.D., Sumpter, J.P., Schreck, C.B. (Eds.). Fish stress and health in aquaculture. Cambridge University Press, Cambridge, pp 247-268.
 48. Olson, K. R., 1998. The cardiovascular system. In: Evans.D.H, editor. The physiology of fishes. Boca Raton: CRC Press.Vol. p129_154.
 49. Plaut, I., 1998. Comparison of salinity tolerance and osmoregulation in two closely related species of blennies from different habitats. Fish Physiol. Biochem. 19,181_188.
 50. Peter, L.J., James, S.B., 2003. Metabolic responses to salinity acclimation in juvenile shortness sturgeon (*Acipenser brevirostrum*). Aquaculture, 219(1-4), 891-909.
 51. Rehulka, j., Bohumil, M., Rehulkova, E., 2004. Red blood cell indices of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) in aquaculture. Aquaculture Research. Volume 35, Issue 6, pages 529-546.
 52. Rehulka, j., Bohumil, M., 2008. Total calcium and inorganic phosphate in the blood plasma of farmed rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture Research, Volume 39, pages 1161-1168.
 53. Sanchez de Lamadrid, A., Garcia_Gallego, M., Sanz.A., Munos, J.L., Domezain, J., Soriguer, M.C., Domezain, A., Hernando. J.A., 1998. Acclimation of the sturgeon, *Acipenser naccarii* Bonaparte 1836 to saltwater: Effect of age and weight.6p.
 54. Sedgwick, SD., 1970. Rainbow trout farming in Scotland. Farming trout in salt water. Scott Agric, 49:180-185.
 55. Wang, Y.S., Gonzalez, R.J., Patrick, M. L., Grosell, M., Zhang, C., Feng, Q., Du, J., Walsh, P. J., Wood, C.M., 2003. Unusual physiology of scale_less carp *Gymnocypis przewalskii* in Lake Qinghai: A high altitude alkaline saline lake. Comparative Biochemistry and Physiology Part A 134,409_421.
 56. Wells, R.M.G., Weber, R.E., 1991. Is there an optimal haematocrit for rainbow trout, international Iran and Russia Conference, In the shahrecord.:1501_1505.
 40. Klontz, G.W., 1994. Fish hematology. In: Techniques in fish immunology. Stolen, J.S., Fletcher, T.C., Rowley, A.F., Kelikoff, T.C., Kaatari, S.L. and Smith, S.A. (eds). Vol. 3. SOS Publications, Fair Haven, New Jersey, USA. pp.121-132.
 41. Likongwe, J.S., Stecko, T.D., Stauffer, J.R., Carline, R.F., 1996. Combined effects of water temperature and salinity on growth and feed utilization of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture, 146, 37- 46
 42. Le Bras, Y., Dechamp, N., Krieg, F., Filangi, O., Guyomard, R., Boussaha, M., Bovenhuis, H., Pottinger, T.G, Prunet, P., Le Roy, P., Quillet, E., 2011. Detection of QTL with effects on osmoregulation capacities in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). BMC Genetics. 12:46.
 43. Martinez_Álvarez1, R. M., Hidalgo, M. C., Domezain, A., Morales, A. E., García_Gallego, M., Sanz, A., 2002. Physiological changes of sturgeon *Acipenser naccarii* caused by increasing environmental salinity. Journal of Experimental Biology 205, 3699-3706.
 44. McKenzi, D.J., Cataldi, E., Di Marco, P., Mandlich, A., Romano, P., Ansferri, S., Bronzi, P., Cataudella, S., 1999. Some aspects of osmotic and ionic regulation in Adriatic sturgeon *Acipenser naccarii*. II: Morpho_physiological adjustments to hyperosmotic environment. J. Appl. Ichthyol. 15, 61_66.
 45. McCormick, S.D., Shrimpton, J.M., Carey, J.B., Odea, M.F., Sloan, K.E. Moriyama, S., Bjornsson, B.T.H., 1998. Repeated acute stress reduces growth rate of Atlantic salmon parr and alters plasma levels of growth hormone, insulin-like growth factor I and cortisol. Aquaculture 168: 2, 221-235.
 46. Morgan, I.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

some hematological and biochemical parameters of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry in western part of Mazandaran province, Iran. Iranian Journal of Fisheries Sciences. 9(1) 185-198.

Oncorhynchus mykiss (Walbaum)? An interpretation of recent data based on blood viscosity measurements Journal Of Fish Biology 38, 53-65.

57. Wedemeyer, G.A., 1996. Physiology of fish in intensive culture system. In: (Eds.), Chapman and Hall publication, 60-98 pp.
58. Zorriehzakra, M.J, Hassan, M.D., Gholizadeh. M., Saidi, A.A., 2010. Study of