

تنظیم اسمزی ماهی سی بس آسیایی (*Lates calcarifer*) طی دوره سازگاری در آب شیرین

سعید حاجی رضائی^{*}، محمد حسین خانجانی^۱

۱- گروه علوم و مهندسی شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۴/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۹/۲۶

چکیده

در تحقیق حاضر، روند سازگاری بچه ماهیان سی بس آسیایی (*Lates calcarifer*) در آب شیرین با استفاده از شاخص های فیزیولوژیک تنظیم اسمزی شامل: سطوح هورمون های تیروئیدی و کورتیزول خون، فعالیت آنزیم $\text{Na}^+/\text{K}^+ \text{-ATPase}$ آبشش و غلظت یون های سدیم و کلر پلاسما ی خون مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور، تعداد ۶۰ عدد بچه ماهی سی بس آسیایی در سه مخزن ۳۰۰ لیتری با تراکم ۲۰ عدد ماهی در هر مخزن توزیع شدند. خونگیری از ماهیان در دو مرحله انجام شد: مرحله ۱) قبل از سازگاری در آب شیرین (مرحله آب دریا) و مرحله ۲) بعد از ۲۴ ساعت سازگاری در آب شیرین. طبق نتایج، فعالیت آنزیم $\text{Na}^+/\text{K}^+ \text{-ATPase}$ آبشش به طور معنی داری طی دوره سازگاری با آب شیرین افزایش نشان داد ($P < 0.05$). هورمون های تیروئیدی افزایش معنی داری را طی ۲۴ ساعت سازگاری در آب شیرین نشان دادند ($P < 0.05$). همچنین سطوح هورمون کورتیزول تغییر معنی داری طی دوره سازگاری نداشتند ($P > 0.05$). غلظت یون های سدیم و کلر پلاسما به طور معنی داری طی دوره سازگاری در آب شیرین کاهش یافتند ($P < 0.05$). علاوه بر این، میزان ۱۰٪ تلفات طی دوره سازگاری مشاهده شد. نتایج این تحقیق نشان دادند که بچه ماهیان سی بس توانایی سازگاری با شوک آب شیرین را دارند زیرا فعالیت آنزیم $\text{Na}^+/\text{K}^+ \text{-ATPase}$ و سطوح هورمون های تیروئیدی افزایش معنی داری را نشان دادند. با این وجود، تعادل یون ها طی ۲۴ ساعت رخ نداد که این موضوع نشان می دهد که احتمالاً افزایش مدت زمان سازگاری به بالاتر از ۲۴ ساعت می تواند به برقراری مطلوب تعادل یونی کمک کند.

کلمات کلیدی: شوری، تنظیم اسمزی، سی بس آسیایی.

مقدمه

ماهی سی بس آسیایی در سرتاسر بخش های شمال و جنوب آسیا تا استرالیا و شرق آفریقا پراکنش دارد. این گونه در آب های ساحلی، مصب ها و لاگون ها زیست می کند و معمولاً در اعماق ۱۰ تا ۵۰ متر یافت می شود (Kandan, 2009). ماهی سی بس آسیایی گونه ای یوری هالین و کاتادروموس (دریا کوچ) می باشد و جمعیت های آن در آب های شیرین، لب شور و دریایی شامل رودخانه ها، دریاچه ها، لاگون ها، مصب ها و آب های ساحلی یافت می شوند (Matthew, 2009). ماهی سی بس عمده رشد خود را تا ۲-۳ سالگی در منابع آب شیرین مانند رودخانه ها و دریاچه ها که به دریا ارتباط دارند سپری می کند. این ماهی نرخ رشد بالایی داشته و اغلب در مدت ۲-۳ سال تا وزن ۳-۵ کیلو گرم می رسد. ماهیان بالغ (۳-۴ ساله) برای گذراندن دوره بلوغ گنادها و متعاقباً تخمیزی به سمت دریا مهاجرت می کنند (Mathew, 2009; Jerry, 2013). لاروهای سی بس همراه با مد آب و سایر جریان های دریایی وارد مصب ها می شوند. تکامل لاروی در مصب شروع و تا رسیدن به به بالادست رودخانه ادامه می یابد. ماهی سی بس یک شکارچی فرصت طلب بوده و ماهی و سخت پوستان سهم عمده غذای ماهیان بالغ را تشکیل می دهد (Mathew, 2009; Jerry, 2013).

در حال حاضر، ماهی سی بس به صورت گسترده در آسیای جنوب شرقی و عمدتاً در قفس و به صورت کشت توام با گونه هایی شامل هامورماهیان و سرخوماهیان پرورش داده می شود. طبق آمار سازمان فاو، تولید جهانی ماهی سی بس آسیایی از حدود ۱۲۰۰۰ تن در سال ۱۹۹۰ به حدود ۵۷۰۰۰ تن در سال ۲۰۱۶ رشد داشته است (Grey, 1987). در حال حاضر،

اهمیت تجاری ماهی سی بس آسیایی موجب آن شده است که این گونه جهت پرورش به سایر کشورهای آسیایی بخصوص ایران معرفی شود.

همانطور که قبلاً بیان شد، سی بس آسیایی به عنوان یک گونه یوری هالین قادر به تحمل طیف گسترده ای از تغییرات شوری از ۰ تا شوری دریا (بالای ۳۰ گرم بر لیتر) می باشد. با این وجود اطلاعات محدودی در مورد فیزیولوژی تنظیم اسمزی این گونه بخصوص در آب شیرین وجود دارد. با توجه به اینکه اغلب منابع آب های داخلی مناسب برای پرورش در ایران مربوط به بخش آب شیرین می باشد، لازم است که توانایی سازگاری این گونه در محیط آب شیرین به لحاظ تنظیم اسمزی بررسی شود.

در ماهیان مهاجر، تنظیم اسمزی در محیط آب شیرین و دریا مکانیسم متفاوتی را تجربه می کند. در محیط آب شیرین به دلیل بالاتر بودن غلظت املاح در مایعات بدن نسبت به محیط تمایل به دفع یونها و جذب آب وجود دارد. ولی در محیط آب شور به دلیل بالاتر بودن غلظت املاح محیط مایعات بدن تمایل به جذب یونها و دفع آب وجود دارد. به طور کلی تنظیم اسمزی در محیط آب شور و شیرین تحت تاثیر عوامل مختلف فیزیولوژیک نظیر هورمون ها و آنزیم ها قرار دارد که محل فعالیت آن ها سلول های کلرآید و کانال های تبادل در سطح بافت آبشش می باشد. هورمون هایی مانند کورتیزول، پرولاکتین و هورمون های شبه انسولین. همچنین آنزیم $\text{Na}^+/\text{K}^+-\text{ATPase}$ مهمترین آنزیم دخیل در تبادل یونها در سطح سلول های کلرآید می باشد (McCormick, 2001; Manzon, 2002).

مواد و روش ها

طراحی آزمایش

تحقیق حاضر در کارگاه تکثیر مرکز تحقیقات شیلاتی آب های دور-چابهار انجام شد. بچه ماهیان سی بس آسیایی با میانگین وزنی 0.4 ± 2.2 گرم از بخش خصوصی (مجمع تکثیر ماهیان دریایی- بوشهر) در خرداد ماه سال ۱۳۹۱ خریداری و پس از کسب گواهی سلامت از اداره دامپزشکی استان و شهرستان چابهار به کارگاه تکثیر مرکز تحقیقات منتقل شدند. در کارگاه ماهیان به مدت ۳ روز در مخازن ۲۰۰۰ لیتری محتوی آب دریای ضد عفونی شده با کلر با شرایط کارگاه سازگاری یافتند. بعد از پایان دوره سازگاری، ماهیان به مدت ۱ ماه (فاز نرسری) تا وزن ۱۰-۱۲ گرم پرورش داده شدند. در طول یک ماه دوره نرسری بچه ماهیان تا حد اشتها و در ۴ نوبت در شبانه روز با غذای آغازین تجاری فزل آلا SFT₁ تغذیه شدند. ترکیب غذایی جیره SFT₁ در جدول ۱ ارائه شده است. عملیات تعویض آب و رقم بندی بچه ماهیان به ترتیب هر دو روز و هر هفته یکبار انجام شد.

جدول ۱: ترکیب و خصوصیات فیزیکی جیره تجاری استفاده شده در تحقیق

نوع جیره	ترکیب غذایی و بافت جیره						
SFT ₁	پروتئین	چربی	خاکستر	فیبر	فسفر	رطوبت	شکل
خام	%	%	%	%	%	%	فیزیکی
۴۸	۱۲	۱۴	۲/۵	۱/۵	۱۱	۱۱	گرانول
							اندازه (میلیمتر)
							۱/۶-۱/۲

مانده ماهیان هر مخزن به طور جداگانه به ۳ مخزن ۳۰۰ لیتری محتوی آب شیرین ضد عفونی شده منتقل و به مدت ۲۴ ساعت نگهداری شدند. بعد از ۲۴ ساعت نگهداری در آب شیرین، از باقی مانده ماهیان خونگیری با روش قطع ساقه دمی انجام گرفت. در هر مرحله خونگیری، نمونه های خون بلافاصله توسط سانتریفیوژ یخچالدار ($13000 \times g$ به مدت ۵ دقیقه)

در سی بس اروپایی (*Dicentrarchus labrax*)، انتقال ماهیان از آب شیرین به شور موجب کاهش یون های سدیم و کلر و افزایش فعالیت آنزیم Na^+/K^+ -ATPase شد (Jensen et al., 1998). همچنین انتقال ماهیان از شوری ۱۵ گرم/لیتر به آب شیرین موجب افزایش فعالیت آنزیم Na^+/K^+ -ATPase تا دو برابر شد (Jensen et al., 1998).

همچنین تعداد سلول های کلرآید در ماهی سی بس اروپایی طی سازگاری با آب شیرین افزایش معنی داری را نشان داد (Varsamos et al., 2002).

هدف از تحقیق حاضر بررسی روند سازگاری بچه ماهیان سی بس آسیایی در آب شیرین با استفاده از برخی شاخص های فیزیولوژیک تنظیم اسمزی شامل: سطوح هورمون ها در خون، فعالیت آنزیم Na^+/K^+ -ATPase آبشش و غلظت یون های سدیم و کلر پلاسمای خون می باشد. نتایج این تحقیق می تواند اطلاعاتی اولیه در مورد روند فیزیولوژیک تنظیم اسمزی ماهی سی بس آسیایی در آب شیرین ارائه دهد.

با اتمام فاز نرسری، تعداد ۶۰ عدد ماهی با میانگین وزنی 11.4 ± 1.1 گرم به ۳ مخزن ۳۰۰ لیتری محتوی آب دریا (شوری ۳۴ گرم/لیتر) با تراکم ۲۰ عدد در هر مخزن منتقل شدند. بعد از ۳ روز سازگاری در آب شور، از هر مخزن تعداد ۱۰ عدد ماهی جهت خونگیری و برداشت نمونه آبشش نمونه برداری شدند. سپس باقی

در دمای ۴ درجه سانتیفریز شده و سپس نمونه‌های پلاسمای خون بلافاصله در فریزر -80°C تا انجام آزمایش‌های بیوشیمیایی نگهداری شدند.

در طول دوره آزمایش مخازن به صورت پیوسته با استفاده از دو عدد سنگ هوا جهت حفظ سطح مطلوب اکسیژن هوادهی شدند. همچنین در طول ۲۴ ساعت آزمایش مواجهه با آب شیرین غذادهی ماهیان متوقف شد.

آنالیز فاکتورهای بیوشیمیایی

سنجش هورمون

هورمون‌های تیروئیدی (T_3 و T_4) و کورتیزول با استفاده از روش رادیو-ایمنو-اسی (Radioimmunoassay) که بر اساس رقابت بین آنتی ژن نمونه (هورمون) و آنتی ژن رادیواکتیو (هورمون نشانه دار) در اتصال به آنتی بادی هورمون می باشد اندازه گیری شدند. برای سنجش کورتیزول، ۵۰۰ میکرولیتر آنتی بادی یا آنتی سرم به تویوپ‌های جداگانه (میکرو تویوپ‌های استاندارد، نمونه و کنترل) اضافه شد. سپس ۵۰۰ میکرولیتر آنتی ژن رادیواکتیو (^{125}I -Cortisol) به تویوپ‌های حاوی آنتی بادی اضافه شد. بعد از آن، ۱۰۰ میکرولیتر از هر استاندارد (۶ استاندارد شامل ۰، ۱۰۰، ۲۵۰، ۶۵۰، ۱۶۰۰ نانوگرم/لیتر کورتیزول)، کنترل و نمونه پلاسمای خون به تویوپ‌های مربوط به خود اضافه و مجموعه به مدت دو ساعت در دمای اتاق انکوبه شدند. بعد از دو ساعت انکوباسیون، رک حاوی تویوپ‌ها وارونه شد تا مایع رویی آن خارج شود و سپس تویوپ‌ها در همان حالت وارونه روی یک کاغذ جاذب به مدت دو دقیقه قرار داده شدند. بعد از دو دقیقه قرار دادن روی کاغذ

جاذب، تویوپ‌ها جهت خواندن غلظت آنتی ژن‌های رادیواکتیو که هنوز به آنتی بادی‌ها متصل می‌باشند به دستگاه گاما کانتر منتقل شدند. در نهایت میزان هورمون در هر نمونه خون از کسر کردن غلظت کل آنتی ژن رادیواکتیو مورد استفاده از غلظت آنتی ژن رادیواکتیو که هنوز در اتصال به آنتی بادی می‌باشد محاسبه شد. مراحل سنجش هورمون‌های تیروئیدی کاملاً مشابه هورمون کورتیزول بود و تفاوت‌ها تنها در نوع (^{125}I - T_4 ، T_3) و غلظت آنتی ژن نشانه دار (۱۰۰ میکرولیتر)، میزان مصرف استاندارد (۱۰۰ میکرولیتر) و غلظت‌های استاندارد بود.

سنجش فعالیت آنزیم $\text{Na}^+/\text{K}^+-\text{ATPase}$

فعالیت آنزیم $\text{Na}^+/\text{K}^+-\text{ATPase}$ آتش بر اساس هیدرولیز آدنوزین تری فسفات (ATP) و تولید فسفات غیر آلی (Pi) مطابق روش Zaugg (۱۹۸۲) و McCormick (۱۹۹۳) انجام شد. در این روش میزان فعالیت آنزیم $\text{Na}^+/\text{K}^+-\text{ATPase}$ از تفریق میزان تولید فسفر آلی (محصول هیدرولیز محتوای آدنوزین تری فسفات) در حضور و عدم حضور Ouabain محاسبه و به صورت میکرومول بر میلی گرم پروتئین در ساعت ($\mu\text{molPi.mg protein}^{-1}.\text{h}^{-1}$) بیان شد.

سنجش یون‌های سدیم و کلر

یون سدیم پلاسمای خون با استفاده از روش اسپکتروسکوپی نشری شعله‌ای (FlamePhotometry) و بوسیله دستگاه فلیم فوومتر (FlamePhotometer) (مدل php7 ساخت شرکت Jenway، انگلستان) طبق روش Handy و Depledge (۱۹۹۹) انجام شد. برای این منظور ابتدا نمونه‌های پلازما (هر نمونه ۱۰۰

تجزیه و تحلیل آماری

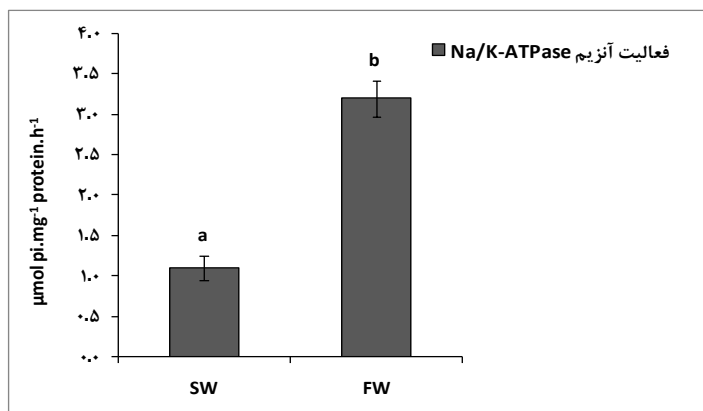
کلیه اطلاعات جمع آوری شده جهت تجزیه و تحلیل وارد برنامه EXCEL گردید. برای تعیین نرمال بودن داده‌ها و سپس بررسی اختلافات آماری بین میانگین‌ها به ترتیب از تحلیل Kolmogorov-Smirnov و آزمون t مستقل در نرم افزار SPSS استفاده شد.

نتایج

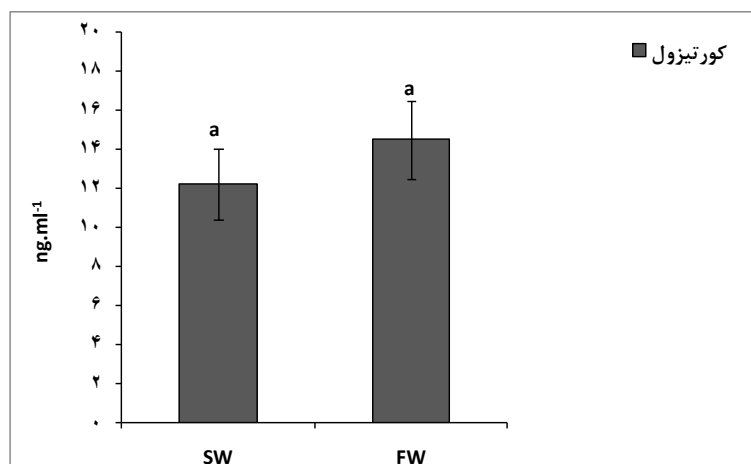
فعالیت آنزیم $\text{Na}^+/\text{K}^+-\text{ATPase}$ آبشش به طور معنی داری طی دوره سازگاری با آب شیرین افزایش نشان داد ($P<0.05$) (شکل ۱، $P<0.05$). سطوح هورمون کورتیزول تغییر معنی داری طی دوره سازگاری با آب شیرین نشان ندادند (شکل ۲، $P>0.05$). هورمون‌های تیروئیدی افزایش معنی داری را طی ۲۴ سازگاری در آب شیرین نشان دادند (شکل ۳، $P<0.05$). غلظت یون‌های سدیم و کلر پلاسما به طور معنی داری طی دوره سازگاری با آب شیرین کاهش یافتند (شکل ۴، $P<0.05$). علاوه بر این، میزان ۱۰٪ تلفات طی دوره سازگاری با آب شیرین ثبت شد.

میکرولیتر) با استفاده از آب مقطر به میزان ۳۰۰ بار رقیق شدند. سپس محلول‌های استاندارد سدیم (۰/۵ و ۱ میلی مول بر لیتر کلرید سدیم در ۰/۲ درصد کلرید پتاسیم) آماده و بعد از اسیدی ساختن آن‌ها با استفاده از یک قطره اسید نیتریک غلیظ، در بطری‌های پلی تن و تیره رنگ نگهداری شدند. در نهایت با استفاده از محلول شاهد سدیم، نمونه‌ها به دستگاه فلیم فتومتر معرفی و غلظت یون سدیم در طول موج ۵۸۹ نانومتر بر حسب میلی مول بر لیتر قرائت شد.

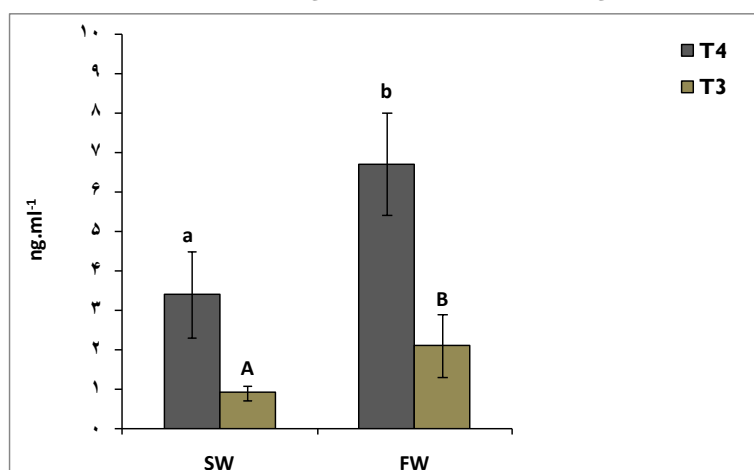
یون کلر با روش کالری متری مورد سنجش قرار گرفت (Handy and Depledge, 1999). اساس این روش تیتراسیون نمونه‌های پلاسمای خون به وسیله نیترات نقره و رسوب یون کلر می‌باشد. در این روش میزان کلر نمونه بر اساس مقدار نیترات نقره مصرف شده محاسبه می‌شود. روش کار به صورت مختصر به این صورت می‌باشد که ۰/۰۱ میلی لیتر محلول کرومات پتاسیم (۵٪) به ۰/۱ میلی لیتر از نمونه مورد آزمایش اضافه و سپس توسط محلول استاندارد نیترات نقره (۰/۰۱۲۱ نرمال) تا تشکیل رسوب قرمز آجری تیترو می‌شود. همچنین بعنوان شاهد از ۰/۱ میلی لیتر آب مقطر حاوی کربنات کلسیم استفاده شد.



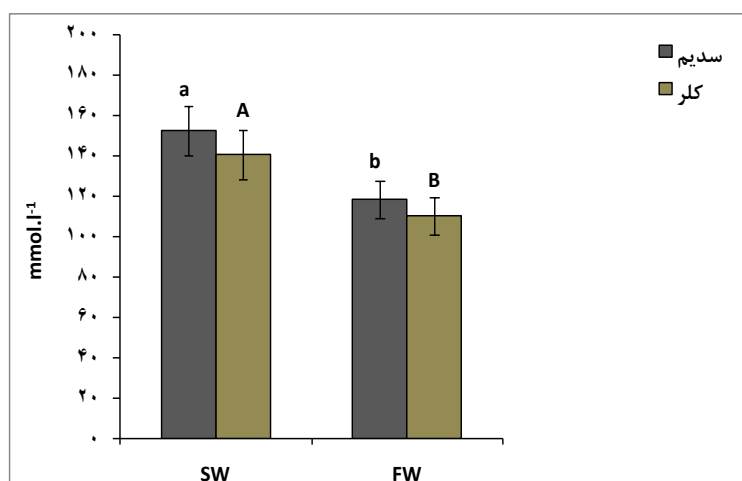
شکل ۱: تغییرات فعالیت آنزیم $\text{Na}^+/\text{K}^+-\text{ATPase}$ آبشش طی ۲۴ ساعت سازگاری ماهی سی بس آسیایی (*Lates calcarifer*) در آب شیرین. حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P<0.05$) بین میانگین‌ها می‌باشد. SW: آب دریا و FW: آب شیرین.



شکل ۲. تغییرات هورمون کورتیزول خون طی ۲۴ ساعت سازگاری ماهی سی بس آسیایی (*Lates calcarifer*) در آب شیرین. حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P < 0.05$) بین میانگین‌ها می‌باشد. SW: آب دریا و FW: آب شیرین.



شکل ۳. تغییرات هورمون‌های تیروئیدی خون طی ۲۴ ساعت سازگاری ماهی سی بس آسیایی (*Lates calcarifer*) در آب شیرین. حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P < 0.05$) بین میانگین‌ها می‌باشد. SW: آب دریا و FW: آب شیرین.



شکل ۴. تغییرات یون‌های سدیم و کلر خون طی ۲۴ ساعت سازگاری ماهی سی بس آسیایی (*Lates calcarifer*) در آب شیرین. حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P < 0.05$) بین میانگین‌ها می‌باشد. SW: آب دریا و FW: آب شیرین.

بحث

طی چند سال اخیر، تمایل جهت پرورش ماهی سی بس آسیایی در منابع آب شیرین در ایران افزایش یافته است. با این وجود تاکنون اطلاعات کافی در مورد نحوه سازگاری این گونه در آب شیرین ارائه نشده است. ماهی سی بس آسیایی به عنوان یک گونه یوری هالین قادر به تحمل شوری از ۰ گرم/لیتر تا بالای ۳۰ گرم/لیتر (آب دریا) می باشد. در این تحقیق، قابلیت سازگاری ماهی سی بس آسیایی در آب شیرین با اندازه گیری شاخص های فیزیولوژیک تنظیم اسمزی مورد بررسی قرار گرفت.

طبق نتایج، سطوح هورمون کورتیزول تغییر معنی داری طی ۲۴ ساعت سازگاری با آب شیرین نشان ندادند. هورمون کورتیزول در ماهیان معمولاً در پاسخ به استرس و در اثر تحریک محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-کلیه ترشح می شود (Wendelaar Bonga, 1997). علاوه بر این، مطالعات متعددی این هورمون را به عنوان هورمون تنظیم اسمزی در آب شور معرفی کرده اند (McCormick, 2001). طی سازگاری در آب شور، هورمون کورتیزول با تاثیر بر آبشش موجب افزایش تعداد سلول های کلرآید و نیز افزایش فعالیت آنزیم $\text{Na}^+/\text{K}^+-\text{ATPase}$ و نهایتاً دفع یون های سدیم و کلر اضافی از بدن ماهی می شود (Foskett et al., 2001; McCormick, 1983). در این تحقیق، عدم تغییر در سطوح هورمون کورتیزول می تواند ناشی از نقش پایین این هورمون در سازگاری ماهی با آب شیرین باشد. در آب شیرین معمولاً هورمون پرولاکتین به عنوان هورمون تنظیم کننده تعادل اسمزی شناخته می شود (Manzon, 2002; Sakamoto and McCormick, 2006). علاوه بر این ممکن است که

سطوح هورمون کورتیزول طی ۲۴ ساعت سازگاری با آب شیرین به سطوح اولیه خود باز گشته باشد.

در این مطالعه، سطوح هورمون های تیروئیدی افزایش معنی داری را طی دوره سازگاری در آب شیرین نشان دادند که این موضوع حاکی از نقش کلیدی هورمون های تیروئیدی در سازگاری ماهی سی بس در محیط هایپوتونیک (آب شیرین) می باشد. در ماهیان استخوانی، هورمون های تیروئیدی در طیف وسیعی از فرآیند های فیزیولوژیک شامل رشد، دگردیسی، تولید مثل و تنظیم اسمزی نقش دارند (Yamano, 2005). نقش هورمون های تیروئید به خوبی در سازگاری ماهیان در آب شیرین و شور تایید شده است (Peter et al., 2000; McCormick, 2001). علاوه بر این، هورمون های تیروئیدی به عنوان هورمون های متابولیک نیز شناخته می شوند که از این لحاظ در مسیرهای تامین انرژی نقش کلیدی دارند (Yamano, 2005). فرآیند تنظیم اسمزی و سازگاری از یک محیط هایپرتونیک (آب شور) به یک محیط هایپوتونیک (آب شیرین) تبدیل کننده نوعی استرس و نیاز انرژی می باشد که مشخص شده هورمون های تیروئیدی در تامین این نیاز انرژی نقش اساسی دارند (Peter et al., 2000; McCormick, 2001).

در ماهیان استخوانی، افزایش فعالیت آنزیم $\text{Na}^+/\text{K}^+-\text{ATPase}$ آبشش به عنوان یک سازگاری جهت تنظیم اسمزی در محیط هایپرتونیک به طور گسترده گزارش شده است (Evans et al., 1999). در سطح سلول های کلرآید ماهی، این آنزیم در کنار کانال $\text{Na}/\text{K}/\text{Cl}$ دفع فعال یون های سدیم و کلر را در آب شور برعهده دارد (Evans et al., 1999). در تحقیق حاضر، فعالیت آنزیم $\text{Na}^+/\text{K}^+-\text{ATPase}$ آبشش به طور

منابع

1. Evans, D.H., Claiborne, J.B., 2009. Osmotic and ionic regulation in fishes. *Osmotic and ionic regulation: cells and animals*, 1: 295-366.
2. Evans, D.H., Piermarini, P.M., Potts, W.T. W., 1999. Ionic transport in the fish gill epithelium. *Journal of Experimental Zoology*, 283(7): 641-652.
3. Foskett, J.K., Bern, H.A., Machen, T.E., Conner, M., 1983. Chloride cells and the hormonal control of teleost fish osmoregulation. *Journal of experimental Biology*, 106(1): 255-281.
4. Grey, D.L., 1987. An overview of Lates calcarifer in Australia and Asia. *Management of wild and cultured sea bass/barramundi*, 15-21.
5. Handy, R.D., Depledge, M.H., 1999. Physiological responses: their measurement and use as environmental biomarkers in ecotoxicology. *Ecotoxicology* 8, 329-349.
6. Jerry, D. R., 2013. *Biology and culture of Asian seabass Lates calcarifer*. Boca Raton, United states: CRC Press. 15-21
7. Jensen, M.K., Madsen, S.S., Kristiansen, K., 1998. Osmoregulation and salinity effects on the expression and activity of Na⁺, K⁺- ATPase in the gills of European sea bass, *Dicentrarchus labrax* (L.). *Journal of Experimental Zoology*, 282(3): 290-300.
8. Kandan, S., 2009. Commercialization of Asian seabass, *Lates calcarifer* as a candidate species for cage culture in India.
9. Manzon, L.A., 2002. The role of prolactin in fish osmoregulation: a review. *General and comparative endocrinology*, 125 (2): 291-310.
10. Mathew, G., 2009. Taxonomy, identification and biology of seabass (*Lates calcarifer*). In: *Course manual: National training on cage culture of seabass*. Kochi, India: CMFRI & NFDB. 38-43.
11. McCormick, S. D., 2001. Endocrine control of osmoregulation in teleost fish. *American zoologist*, 41(4): 781-794.

معنی داری طی ۲۴ ساعت سازگاری در آب شیرین افزایش یافت که این افزایش فعالیت می تواند جهت سازگاری اسمزی در آب شیرین باشد. در آب شیرین افزایش تعداد سلول های کلر آید نوع آلفا و متعاقبا بازجذب سدیم و کلر به عنوان یک استراتژی جهت جلوگیری از تراوش یون ها به محیط هایپوتونیک شناخته شده است (Perry, 1997).

یون های سدیم و کلر به عنوان مهمترین یون های تنظیم کننده اسمولالیت مایعات بدن ماهیان استخوانی شناخته می شوند (Evans and Claiborne, 2009). در مطالعه حاضر، غلظت یون های سدیم و کلر کاهش معنی داری را طی ۲۴ ساعت سازگاری در آب شیرین نشان دادند. کاهش این یون ها می تواند ناشی از خروج آن ها در نتیجه شیب غلظت بالا از محیط هایپرتونیک مایعات بدن ماهی به محیط هایپوتونیک آب شیرین باشد. طبق نتایج این تحقیق، بازگشت یون ها به سطوح اولیه (در آب شور) طی ۲۴ ساعت مواجه با آب شیرین رخ نداد که این موضوع نشان می دهد که احتمالا مدت زمان سازگاری بیشتری لازم می باشد تا تعادل یونی به طور مطلوب برقرار گردد.

در مجموع، نتایج این تحقیق نشان دادند که که بچه ماهیان سی بس آسیایی توانایی سازگاری با شوک آب شیرین را دارند. با این وجود مدت زمان بیشتری لازم می باشد تا تعادل یونی در خون به طور مطلوب برقرار گردد.

سپاسگزاری

در اینجا بر خود لازم می دانیم از زحمات کلیه کسانی که ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند سپاسگزاری نماییم.

2002. Branchial chloride cells in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) adapted to fresh water, seawater, and doubly concentrated seawater. *Journal of Experimental Zoology*, 293(1): 12-26.
17. Wendelaar Bonga, S.E., 1997. The stress response in fish. *Physiological reviews*, 77(3): 591-625.
18. Yamano, K., 2005. The role of thyroid hormone in fish development with reference to aquaculture. *Japan Agricultural Research Quarterly: JARQ*, 39(3): 161-168.
19. Zaugg, W.S., 1982. A simplified preparation for adenosine triphosphate determination in gill tissue. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 39: 215-217.
12. McCormick, S.D., 1993. Methods for nonlethal gill biopsy and measurement of Na⁺, K⁺-ATPase activity. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 50(3): 656-658.
13. Perry, S.F., 1997. The chloride cell: structure and function in the gills of freshwater fishes. *Annual Review of Physiology*, 59(1): 325-347.
14. Peter, M.S., Lock, R.A., Bonga, S.E.W., 2000. Evidence for an osmoregulatory role of thyroid hormones in the freshwater Mozambique tilapia *Oreochromis mossambicus*. *General and Comparative Endocrinology*, 120(2): 157-167.
15. Sakamoto, T., McCormick, S.D., 2006. Prolactin and growth hormone in fish osmoregulation. *General and comparative endocrinology*, 147(1): 24-30.
16. Varsamos, S., Diaz, J. P., Charmantier, G.U.Y., Flik, G., Blasco, C., Connes, R.,