

## تغییر شاخص های رشد و پاسخ های هورمونی ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در مرحله انگشت قدی در سازش با شوری های مختلف

### محیط پرورشی

محمود نفیسی بهابادی

بوشهر، دانشگاه خلیج فارس، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، گروه شیلات

تاریخ پذیرش: ۹۳/۸/۶

تاریخ دریافت: ۹۰/۷/۱۳

### چکیده

در این تحقیق تغییر شاخص های رشد و همچنین سطح پلاسمایی هورمون های کورتیزول،  $T_3$  و  $T_4$  در فرآیند تطابق ماهی قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در مرحله انگشت قدی، با وزن اولیه  $12/13 \pm 0/11$  گرم در دامنه آب شیرین تا شوری ۴۰ گرم در لیتر بررسی شد. طول دوره آزمایش ۶۰ روز بود و بچه ماهیان به مدت ۱۰ روز و بتدریج با شوری آب سازگار شدند. شاخص های رشد و میزان هورمون ها، قبل از شروع عادت پذیری به آب شور و در روزهای ۱، ۱۰، ۳۵ و ۶۰ مورد بررسی قرار گرفتند. این آزمایش در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با ۵ تیمار شوری و هر تیمار با ۳ تکرار انجام شد. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق حداکثر وزن نهایی به  $34/92 \pm 0/31$  گرم رسید و با افزایش شوری کاهش یافت. همچنین با افزایش میزان شوری آب تا ۲۰ گرم در لیتر سایر شاخص های رشد کاهش یافت و در شوری های بیش از ۲۰ گرم در لیتر تلفات دسته جمعی مشاهده گردید ( $p < 0/05$ ). با افزایش میزان شوری، سطوح پلاسمایی هورمونها افزایش یافت، بطوریکه میزان کورتیزول به حد نهایی  $13/92 \pm 0/12$  (mg/100ml)، هورمون  $T_3$  به حداکثر  $3/22 \pm 0/05$  (ng/mg)، هورمون  $T_4$  نیز به حداکثر  $13/24 \pm 0/26$  (ng/mg) در شوری ۲۰ گرم در لیتر رسید ( $p < 0/05$ ). نتایج این تحقیق نشان می دهد که می توان بچه ماهیان انگشت قد قزل آلای رنگین کمان را در آب هایی تا شوری ۲۰ گرم در لیتر پرورش داد، اگرچه میزان رشد در آب شور کمتر از آب شیرین است.

واژه های کلیدی: ماهی قزل آلای رنگین کمان، شوری آب، شاخص های رشد، هورمون

نویسنده مسئول، تلفن: ۴۲۲۱۴۲۵-۰۷۷۳، پست الکترونیکی: nafisi@pgu.ac.ir

### مقدمه

۲۴). ماهیانی که در معرض تغییر شوری محیطی قرار دارند، باید تعادل یونی بدنشان را بوسیله تغییر رفتارهایی مانند میزان نوشیدن آب، سطح هورمون های مختلف و عملکرد سطوح تنظیم اسمزی حفظ کنند (۲۰ و ۲۷). چندین هورمون هیپوفیزی و غیر هیپوفیزی فعالیت های چنین اندامهایی را در حفظ موازنه آب و مواد معدنی در شوریهایی مختلف محیط کنترل می کنند (۲۹).

موجودات آبی باید فشار اسمزی سلول هایشان را بوسیله تنظیم جریان یون ها و آب از غشاء سلولی که اغلب با صرف انرژی همراه است کنترل کنند. تنظیم اسمزی (Osmoregulation) مکانیسم حفظ همئوستازی مایعات درونی بدن است که مسئول کنترل اسمولاریته یا فشار اسمزی پلاسمای می باشد. ظرفیت تنظیم اسمزی عموماً با استفاده از سنجهش فاکتورهایی مانند کمیت هورمون ها و الکترولیت ها در ماهیان مورد بررسی قرار می گیرد (۱۷ و

کشورهای نیمه خشک دنیا محسوب می‌شود از اهمیت زیادی برخوردار است ولی باید خاطر نشان کرد که اگر چه پرورش این گونه در شوریه‌های مختلف انجام شده ولی بررسی میزان رشد و تغییرات سیستم فیزیولوژیک این ماهی در جهت سازگاری با آب شور از اهمیت زیادی برخوردار است. این مطالعه در راستای دستیابی به این هدف و در جهت بررسی تغییرات شاخص‌های رشد و همچنین تغییر مهم‌ترین هورمون‌های مرتبط با سازگاری این گونه به شوری انجام شده است.

### مواد و روشها

**ماهی:** ماهیان قزل‌آلای مورد نیاز با وزن متوسط  $11 \pm 0$  گرم از استان کهگیلویه و بویراحمد تهیه و پس از حمل و عادت‌پذیری به تعداد ۱۰۰ قطعه به هر یک از تانکها معرفی شدند. محل اجرای این تحقیق سالن آکواریوم دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه خلیج فارس بود. محل نگهداری ماهیها ۱۵ تانک پلی اتیلن به قطر ۶۰ سانتی متر، ارتفاع ۸۰ سانتی متر و حجم آبگیری ۲۲۶ لیتر بود. تانکها در ۵ ردیف ۳ تایی مستقر و به منظور جلوگیری از تبادلات حرارتی، محیط استقرار تانکها بر اساس یافته های Nafisi و Soltani در سال ۲۰۰۸ با پلاستیک پوشانده و حالت گلخانه‌ای ایجاد شد (۳۶). ماهیهای مربوط به هر یک از تیمارهای شوری و تکرارهای مربوط به هر تیمار با توزیع کاملاً تصادفی در تانکها قرار گرفتند.

**تامین آب مورد نیاز:** آب مورد نیاز از طریق یک حلقه چاه آب شیرین موجود در محل تأمین و سطح شوری انتخاب شده برای هر یک از تیمارها (آب شیرین)، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ گرم در لیتر بود. تنظیم شوری با استفاده از نمک دریا در تانکهای پلی اتیلنی به حجم ۱۰۰۰ لیتر انجام و پس از تنظیم شوری به تانکهای پرورشی پمپاژ شد. آب در گردش مورد نیاز هر یک از تانکها بر اساس یافته های

در تنظیم اسمزی هورمون های مختلفی دخالت دارند که کنترل و موازنه آب و مواد معدنی در شوری های مختلف را انجام می دهند (۳۰). مطالعات مختلف نشان داده است که کورتیزول هورمون غالب در سازش ماهی به شوری آب است (۱۹). کورتیزول یک هورمون کورتیکو استروئیدی است و ساختار آن شباهت زیادی را در مهره داران مختلف نشان می دهد (۱۴ و ۲۵). این هورمون علاوه بر نقشی که در رشد، استرس و پاسخ های ایمنی در ماهی ها دارد، نقش مهمی نیز در تنظیم اسمزی ماهی دارد (۲۰ و ۳۱).

هورمون های تری یدوتیرونین ( $T_3$ ) (Tri-Iodo-thyronin) و تیروکسین ( $T_4$ ) (Tetra-iodo-thyronin) هورمون هایی هستند که در ماهی ها مانند سایر مهره داران از غده تیروئید ترشح می شوند. این هورمون ها نیز مانند کورتیزول نقش مهمی در میزان رشد، تکامل، متابولیسم و تنظیم اسمزی ماهی ها بر عهده دارند که اغلب در ارتباط با هورمون رشد و کورتیزول این فعالیت ها را انجام می دهند (۲۱).

ماهی قزل آلای رنگین کمان مهم ترین گونه آزاد ماهیان پرورشی در آب شیرین است. میزان تولید این گونه در کشور از ۱۵۰۰ تن در سال ۱۳۷۴ به بیش از ۷۳ هزارتن در سال ۱۳۸۸ رسیده (۸) و در حال حاضر کشور ایران با تولیدی بالغ بر ۱۰۶ هزار تن به عنوان بزرگترین تولیدکننده ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در آب شیرین به شمار می رود (۳). این ماهی مقاومت نسبتاً خوبی در مقابله با شوری آب دارد و پرورش این گونه از آب شیرین تا آب لب شور (۹) و حتی شوری آب دریا نیز در شرایط و اوزان مختلف گزارش شده است (۱۰). بر اساس آخرین آمار منتشر شده از سوی سازمان کشاورزی و خواربار جهانی میزان تولید ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در آبهای شور دریایی در سال ۲۰۱۲ به ۲۸۹۶۸۴ تن بالغ شده است (۲۱).

پرورش قزل‌آلا در آبهای شور و لب شور در کشور ما که با توجه به متوسط بارندگی ۲۴۵ میلی متر در سال جزء

راندمان تبدیل غذا (FCE) (غذای خورده شده / افزایش وزن) = ۱۰۰ = راندمان تبدیل غذا) و درصد بقاء (( تعداد ماهیهای برداشت شده - تعداد ماهیهای ذخیره سازی شده) / ۱۰۰ = درصد بقاء) با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه گردید.

**اندازه گیری سطح هورمون های پلازما:** طول دوره آزمایش ۶۰ روز بود و بچه ماهیان به مدت ۱۰ روز و بتدریج با شوری آب سازگار شدند. شاخص های رشد و میزان هورمون های کورتیزول، ( $T_3$ ) و ( $T_4$ )، قبل از شروع عادت پذیری به آب شور و در روزهای ۱، ۱۰، ۳۵ و ۶۰ مورد بررسی قرار گرفتند، به این منظور تعداد ۱۰ قطعه از ماهیان هر یک از تانکها (تکرارها) به صورت تصادفی انتخاب و با قطع ساقه دمی آنها خونگیری انجام شد (۲۶ و ۲۲). نمونه های خون پس از سانتریفیوژ کردن به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه و جدا شدن سرم آنها در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد (۲۶) تا زمان سنجش فاکتورهای خونی نگهداری شدند. کورتیزول، تری یدوتیرونین ( $T_3$ ) و تیروکسین ( $T_4$ ) به روش رادیو ایمنوناسی (RIA) مورد سنجش قرار گرفت.

**غذا دهی:** غذادهی به ماهیها با استفاده از غذای پلت تجارتي ساخت کارخانه چینه انجام شد. میزان غذای مصرفی با استفاده از جداول ارائه شده توسط کارخانه سازنده، حدود ۳٪ وزن توده زنده بود که ۳ مرتبه در روز به مصرف ماهیها می رسید. جهت جلوگیری از سقوط پلت های غذایی به کف تانک ها، غذادهی تا زمانی که ماهی ها حرکات فعال تغذیه ای را نشان می دادند، ادامه می یافت. به منظور مشخص شدن غذای خورده نشده احتمالی قبل و بعد از هر غذادهی کف تانکها سیفون و پلت های غذایی خورده نشده شمارش و وزن آنها محاسبه می شد. رژیم نوری در نظر گرفته شده در طول دوره پرورش ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی (۱۲D : ۱۲L) بود و غذادهی ماهی ها در طول دوره روشنایی روزانه انجام می

Klontz در سال ۱۹۹۱ (۲۸) محاسبه گردید. جهت کاهش آب در گردش از یک سیستم مرکزی هوادهی از نوع هواده حلزونی با قدرت ۰/۴ کیلووات، دبی هوای خروجی ۱/۳ متر مکعب در دقیقه و فشار خروجی ۱۱۰ میلی بار استفاده شد (۳۶). این هواده میزان اکسیژن تانکها را در طول دوره آزمایش در حد اشباع نگه داشت.

**فاکتورهای کیفی آب:** عوامل فیزیکی و شیمیایی آب شامل درجه حرارت، اکسیژن محلول، pH و شوری همه روزه به وسیله دستگاههای دیجیتال قابل حمل مارک WTW با دقت ۰/۰۱ اندازه گیری شد. اکسیژن محلول به وسیله دستگاه اکسیژن متر مدل Oxi 330/SET اندازه گیری و دامنه آن بین ۹-۷ میلی گرم در لیتر ثبت شد. pH آب به وسیله دستگاه pH متر مدل pH 330/SET-1 اندازه گیری و دامنه تغییرات آن بین ۸/۱۵ - ۷/۲۵ ثبت گردید. شوری آب بوسیله دستگاه شوری سنج مدل Cond 330i / SET اندازه گیری شد. دامنه تغییرات درجه حرارت آب نیز بین ۱۷-۱۳ درجه سانتی‌گراد ثبت گردید.

**اندازه گیری شاخص های رشد:** به منظور آگاهی از عملکرد رشد بچه ماهیان در هر یک از تیمارهای شوری در هر بار خونگیری، زیست سنجی ماهیها نیز انجام شد. بدین منظور بچه ماهیها با استفاده از عصاره پودر گل میخک با غلظت ۱۵۰ میلی گرم در لیتر و بر اساس یافته های مهرابی در سال ۱۳۸۱ (۷) بی‌هوش و اندازه‌گیری طول و وزن انفرادی آنها جهت تعیین شاخص‌های رشد انجام شد. طول انفرادی ماهیها با استفاده از تخته زیست سنجی و وزن انفرادی آنها با استفاده از یک ترازوی دیجیتال مارک AND ساخت کشور ژاپن مدل C0006 با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه گیری شد.

میزان رشد روزانه (DGR) (تعداد روزهای پرورش / وزن اولیه - وزن نهایی) = رشد روزانه)، ضریب رشد ویژه (SGR) (تعداد روزهای پرورش / لگاریتم طبیعی وزن اولیه - لگاریتم طبیعی وزن نهایی) = ۱۰۰ = ضریب رشد ویژه)،

شد. نتایج تجزیه تقریبی جیره غذایی مورد استفاده در طول دوره پرورش در جدول ۱ نشان داده شده است. تانکها از محیط پرروشی خارج و حجم کل آب تانکها تعویض می‌شد.

همچنین به منظور استمرار سلامتی ماهیها در طول دوره پرورش فضولات ماهیها همه روزه به وسیله سیفون کردن

جدول ۱- نتایج تجزیه تقریبی جیره غذایی مورد استفاده برای ماهیان انگشت قد قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورشی درشوری های مختلف آب (میانگین  $\pm$  انحراف معیار)

| رطوبت (%) | فسفر (%) | فیبر (%) | خاکستر (%) | چربی خام (%) | پروتئین خام (%) | آنالیز تقریبی<br>نوع خوراک |
|-----------|----------|----------|------------|--------------|-----------------|----------------------------|
| ۱۱±۱/۲۰   | ۱/۵±۰/۵۰ | ۲/۵±۰/۶۰ | ۱۳±۱/۱     | ۱۳±۰/۹۰      | ۴۶±۲/۳          | GFT <sub>1</sub>           |

جدول ۲: نتایج حاصل از اندازه‌گیری شاخص‌های رشد بچه ماهیان انگشت قد قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورشی در شوریه‌های مختلف آب (میانگین  $\pm$  انحراف معیار)

| شوری ۴۰ گرم در لیتر           | شوری ۳۰ گرم در لیتر           | شوری ۲۰ گرم در لیتر           | شوری ۱۰ گرم در لیتر           | آب شیرین                        | تیمارهای شوری<br>شاخص‌های رشد |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| ۱۲/۲۵ $\pm$ ۰/۰۶ <sup>a</sup> | ۱۲/۲۳ $\pm$ ۰/۰۶ <sup>a</sup> | ۱۱/۱۲ $\pm$ ۰/۰۱ <sup>a</sup> | ۱۱/۱۲ $\pm$ ۰/۱۰ <sup>a</sup> | ۱۲/۲۵ $\pm$ ۰/۰۷ <sup>a</sup> * | وزن اولیه                     |
| **                            | **                            | ۳۰/۹۸ $\pm$ ۰/۰۷ <sup>c</sup> | ۳۴/۹۲ $\pm$ ۰/۳۱ <sup>b</sup> | ۳۷/۳۲ $\pm$ ۰/۲۹ <sup>a</sup>   | وزن نهایی                     |
| **                            | **                            | ۰/۳۷ $\pm$ ۰/۰۱ <sup>c</sup>  | ۰/۴۲ $\pm$ ۰/۰۱ <sup>b</sup>  | ۰/۵۱ $\pm$ ۰/۰۱ <sup>a</sup>    | میزان رشد روزانه              |
| **                            | **                            | ۱/۸۵ $\pm$ ۰/۰۱ <sup>c</sup>  | ۲/۰۹۵ $\pm$ ۰/۰۱ <sup>b</sup> | ۲/۲۳ $\pm$ ۰/۰۳ <sup>a</sup>    | ضریب رشد ویژه                 |
| **                            | **                            | ۶۷/۶۷ $\pm$ ۰/۱۷ <sup>c</sup> | ۷۳/۵۵ $\pm$ ۰/۱۹ <sup>b</sup> | ۷۵/۹۷ $\pm$ ۰/۰۸ <sup>a</sup>   | راندمان تبدیل غذا             |
| **                            | **                            | ۹۵/۳۳ $\pm$ ۲/۲۷ <sup>c</sup> | ۹۶/۶۷ $\pm$ ۳/۳۳ <sup>b</sup> | ۹۷/۶۷ $\pm$ ۳/۳۳ <sup>a</sup>   | درصد بقاء                     |

\* حروف مشترک در جدول مقاسه میانگین‌ها در هر ردیف نشانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار ( $P > 0.05$ ) و حروف غیر مشترک نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌داده‌ها (تیمارها) در سطح ۹۵ درصد می‌باشد ( $P < 0.05$ ).  
\*\* در شوریه‌های ۳۰ و ۴۰ گرم در لیتر پس از پایان دوره عادت‌پذیری تلفات دسته‌جمعی مشاهده شد.

۰/۰۱ ± ۰/۳۷ گرم مربوط به تیمار شوری ۲۰ گرم در لیتر است. حداکثر ضریب رشد ویژه ۰/۰۳ ± ۲/۲۳ درصد مربوط به ماهیان پرورشی در آب شیرین و حداقل آن ۰/۰۱ ± ۱/۸۵ درصد مربوط به ماهیان پرورشی در آبی با شوری ۲۰ گرم در لیتر است. حداکثر راندمان تبدیل غذا ۰/۰۸ ± ۷۵/۹۷ درصد مربوط به ماهیان پرورشی در آب شیرین و حداقل ۰/۱۷ ± ۶۷/۶۷ درصد مربوط به ماهیان پرورشی در آبی با شوری ۲۰ گرم در لیتر است. حداکثر ماندگاری و بقاء ۳/۳۳ ± ۹۷/۶۷ درصد مربوط به آب شیرین و حداقل آن ۲/۲۷ ± ۹۵/۳۳ درصد مربوط به شوری ۲۰ گرم در لیتر است. همچنین ماهیان پرورشی در شوریه‌های ۳۰ و ۴۰ گرم در لیتر پس از طی دوره ۱۰ روزه عادت‌پذیری به آب شور و رسیدن شوری به ۳۰ و ۴۰ گرم در لیتر به تدریج تلف شدند.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری هورمون‌ها در پلاسمای خون ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان قبل از شروع دوره عادت‌پذیری به آب شور در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳: نتایج حاصل از اندازه‌گیری هورمون‌ها در پلاسمای خون بچه ماهیان انگشت‌قد قزل‌آلای رنگین‌کمان قبل از شروع دوره عادت‌پذیری به آب شور (میانگین ± انحراف معیار)

| هورمون‌های پلاسمایی | کورتیزول<br>(mg /100 ml) | T <sub>3</sub><br>(ng /mg) | T <sub>4</sub><br>(ng /mg) |
|---------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|
| مقدار               | ۵/۹۷ ± ۰/۷۸              | ۲/۳۵ ± ۰/۲۸                | ۶/۶۱ ± ۰/۴۴                |

۰/۲۰ ± ۱۴/۹۰ (mg/100ml) در تیمار شوری ۲۰ گرم در لیتر رسیده و پس از دوره عادت‌پذیری به آب شور به آرامی در طول دوره پرورش کاهش داشته است. میزان این تغییرات در طول دوره عادت‌پذیری به آب شور زیاد و پس از آن کمتر است.

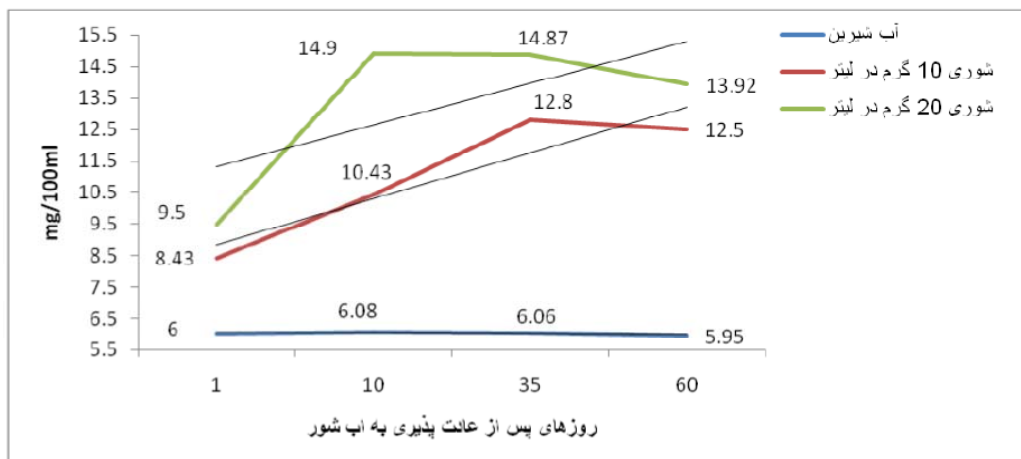
روش آماری مورد استفاده: اختلاف موجود بین تیمارها در قالب یک طرح کاملاً تصادفی در پنج تیمار شوری و سه تکرار تعیین و نتایج حاصله با استفاده از نرم‌افزار SAS روش One Way ANOVA (۳۹) مورد تجزیه واریانس قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها نیز به وسیله آزمون چند دامنه دانکن (۱۸) در سطح ۹۵ درصد ( $P < 0/05$ ) و نرم افزار Mstat-C (۳۵) انجام شد.

## نتایج

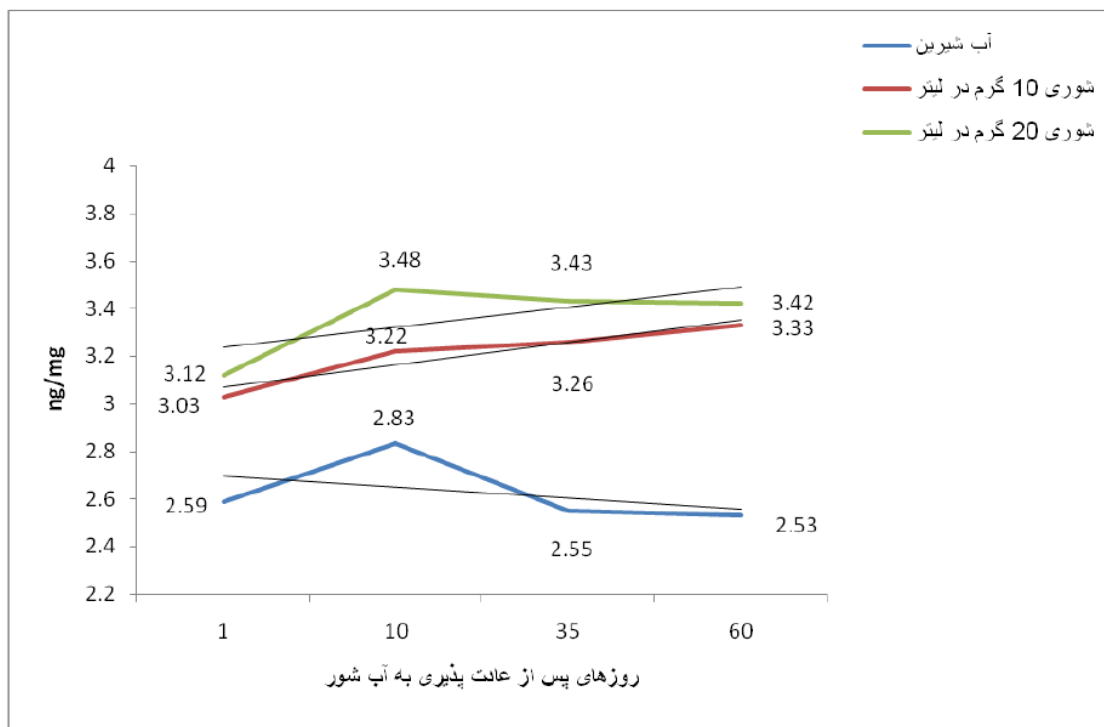
بر اساس داده‌های جدول ۲ با افزایش میزان شوری آب وزن نهایی، میزان رشد روزانه، ضریب رشد ویژه، راندمان تبدیل غذا و درصد بقاء در ماهیان انگشت‌قد قزل‌آلای رنگین‌کمان کاهش می‌یابد. اختلاف بین تیمارها در سطح ۹۵ درصد ( $P < 0/05$ ) معنی‌دار است. بر اساس نتایج منعکس شده در جدول ۲، حداکثر وزن نهایی معادل ۰/۲۹ ± ۳۷/۳۲ گرم مربوط به تیمار آب شیرین و حداقل آن معادل ۰/۰۷ ± ۳۰/۹۸ گرم مربوط به تیمار شوری ۲۰ گرم در لیتر است. حداکثر میزان رشد روزانه ۰/۰۱ ± ۰/۵۱ گرم مربوط به تیمار آب شیرین و حداقل آن

تغییر میزان کورتیزول پلاسمای در طول دوره ۶۰ روزه آزمایش، در مدت عادت‌پذیری و پس از عادت‌پذیری به آب شور در نمودار ۱ نشان داده شده است.

بر اساس داده‌های جدول ۳ و نمودار ۱، میزان کورتیزول خون در پایان دوره ۱۰ روزه عادت‌پذیری به آب شور بالا رفته و از ۵/۹۷ ± ۰/۷۸ به ۶/۰۸ ± ۰/۱۵ در تیمار آب شیرین، ۱۰/۴۳ ± ۰/۲۱ در تیمار شوری ۱۰ گرم در لیتر و



نمودار ۱: تغییر میزان کورتیزول پلاسمای خون بچه ماهیان انگشت قد قزل آلائی رنگین کمان در روزهای پس از شروع عادت پذیری به آب شور (میانگین  $\pm$  انحراف معیار)



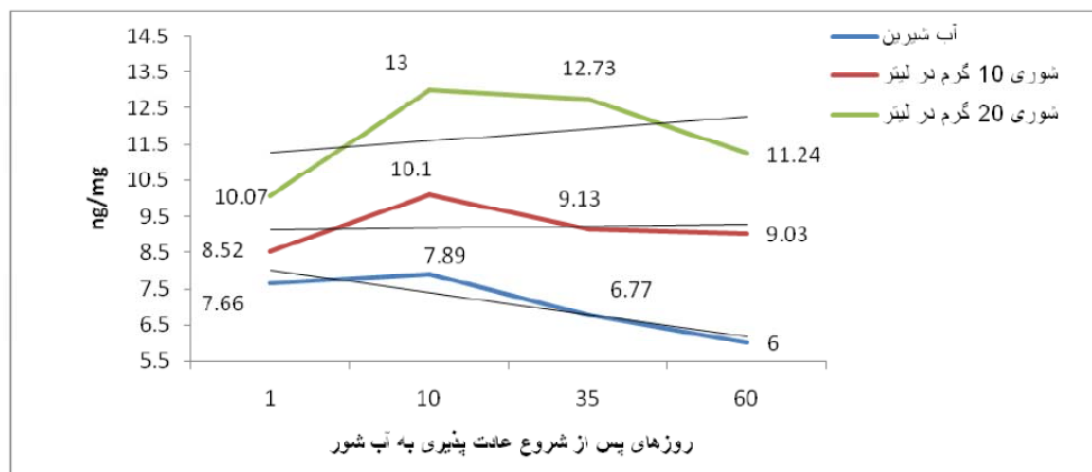
نمودار ۲: تغییر میزان تری یدوتیرونین (T3) پلاسمای خون بچه ماهیان انگشت قد قزل آلائی رنگین کمان در روزهای پس از شروع عادت پذیری به آب شور (میانگین  $\pm$  انحراف معیار)

مقایسه داده های جدول ۳ و نمودار ۲ بیانگر این مطلب است که میزان T<sub>3</sub> پلاسمای در پایان دوره عادت پذیری به آب شور افزایش یافته و از ۲/۳۵ $\pm$ ۰/۲۸ به ۲/۸۳ $\pm$ ۰/۰۲ در

تغییر میزان تری یدوتیرونین (T<sub>3</sub>) پلاسمای را در طول دوره ۶۰ روزه آزمایش، در زمان عادت پذیری و پس از عادت پذیری به آب شور در نمودار ۲ نشان داده شده است.

گرم در لیتر به  $3/33 \pm 0/06$  و در تیمار شوری ۲۰ گرم در لیتر به  $3/42 \pm 0/05$  (ng/mg) رسیده است. تغییر میزان هورمون تیروکسین ( $T_4$ ) پلاسما در طول دوره ۶۰ روزه آزمایش، در زمان عادت پذیری و پس از عادت پذیری به آب شور در نمودار ۳ نشان داده شده است.

تیمار آب شیرین،  $3/22 \pm 0/11$  در تیمار شوری ۱۰ گرم در لیتر و  $3/48 \pm 0/19$  در تیمار شوری ۲۰ گرم در لیتر رسیده است و تا پایان دوره ۶۰ روزه همچنان بالاتر از شروع دوره عادت پذیری باقی مانده است، بطوریکه مقدار  $T_3$  در تیمار آب شیرین به  $2/53 \pm 0/14$  و در تیمار شوری ۱۰



نمودار ۳: تغییر میزان تیروکسین ( $T_4$ ) پلاسمای خون بچه ماهیان انگشت قد قزل آلابی رنگین کمان در روزهای پس از شروع عادت پذیری به آب شور (میانگین  $\pm$  انحراف معیار)

مقایسه داده های نمودار ۳ و جدول ۳ نشان می دهد که میزان  $T_4$  پلاسما در پایان دوره عادت پذیری به آب شور افزایش یافته و از  $6/61 \pm 0/44$  به  $7/89 \pm 0/39$  در تیمار آب شیرین،  $10/10 \pm 0/55$  و  $13 \pm 0/58$  به ترتیب در تیمارهای شوری ۱۰ و ۲۰ گرم در لیتر رسیده است. میزان  $T_4$  پلاسمای خون در طول دوره آزمایش همچنان بالاتر از شروع دوره عادت پذیری باقی مانده، بطوریکه در پایان دوره ۶۰ روزه آزمایش به  $6 \pm 0/21$  در تیمار آب شیرین،  $9/03 \pm 0/18$  در تیمار شوری ۱۰ گرم در لیتر و  $11/24 \pm 0/26$  (ng/mg) در تیمار شوری ۲۰ گرم در لیتر رسیده است. اختلاف بین تیمارها با اطمینان ۹۵٪ معنی دار است ( $p < 0/05$ ).

محیطهای هایپراسموتیک میباشد (۱). نتایج حاصل از این تحقیق نشان می دهد که با افزایش میزان شوری آب به ۱۰ و ۲۰ گرم در لیتر وزن نهایی ماهیان به ترتیب به میزان  $6/43\%$  و  $16/98\%$  نسبت به تیمار آب شیرین کاهش یافت. چنین کاهشی موجب کاهش رشد روزانه به میزان  $9/96\%$  و  $25/49\%$  و ضریب رشد ویژه به میزان  $6/14\%$  و  $17/07\%$  نسبت به تیمار آب شیرین گردید. همچنین راندمان تبدیل غذا در شوریهای ۱۰ و ۲۰ گرم در لیتر به ترتیب به میزان  $3/18\%$  و  $10/92\%$  نسبت به تیمار آب شیرین کاهش یافت، که اختلاف معنی داری را نشان می دهد ( $P < 0/05$ ). به نظر می رسد که یکی از دلایل کاهش شاخصهای رشد ماهیان در شوریهای (۱۰ و ۲۰ گرم در لیتر) نسبت به ماهیان آب شیرین و همچنین کاهش راندمان تبدیل غذا در آنها به واسطه افزایش میزان مصرف انرژی برای تنظیم اسمزی ماهیان بوده است.

مقایسه داده های نمودار ۳ و جدول ۳ نشان می دهد که میزان  $T_4$  پلاسما در پایان دوره عادت پذیری به آب شور افزایش یافته و از  $6/61 \pm 0/44$  به  $7/89 \pm 0/39$  در تیمار آب شیرین،  $10/10 \pm 0/55$  و  $13 \pm 0/58$  به ترتیب در تیمارهای شوری ۱۰ و ۲۰ گرم در لیتر رسیده است. میزان  $T_4$  پلاسمای خون در طول دوره آزمایش همچنان بالاتر از شروع دوره عادت پذیری باقی مانده، بطوریکه در پایان دوره ۶۰ روزه آزمایش به  $6 \pm 0/21$  در تیمار آب شیرین،  $9/03 \pm 0/18$  در تیمار شوری ۱۰ گرم در لیتر و  $11/24 \pm 0/26$  (ng/mg) در تیمار شوری ۲۰ گرم در لیتر رسیده است. اختلاف بین تیمارها با اطمینان ۹۵٪ معنی دار است ( $p < 0/05$ ).

## بحث

قابلیت تحمل شوریهای مختلف در ماهیها احتمالاً از طریق توانایی تنظیم اسمزی و حفظ تعادل الکترولیتها در

بدن در محیط‌های هایپر اسموتیک است. این محقق اعلام میدارد امکان پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با وزن تقریبی ۳۰ گرم تا شوری ۲۰ گرم در لیتر امکان‌پذیر است، اما در مقایسه با آب شیرین رشد کاهش یافته و ضریب تبدیل غذایی افزایش می‌یابد (۲). همچنین تحقیق انجام شده توسط عنایت غلامپور و همکاران نیز با نتایج این تحقیق مطابقت دارد، آنها بچه ماهیان سفید دریای خزر با میانگین وزنی  $22 \pm 0.7$  گرم را در شرایط شوری صفر تا ۱۰ گرم در لیتر به مدت ۶۰ روز قرار دادند و دریافتند که وزن اکتسابی و نرخ رشد روزانه به صورت معنی‌داری با افزایش شوری آب کاهش می‌یابد (۵).

چنانچه نتایج این تحقیق نشان می‌دهد پرورش ماهیان انگشت‌قدی قزل‌آلای رنگین‌کمان با وزن حدود ۱۲ گرم از آب شیرین تا شوری ۲۰ گرم در لیتر امکان‌پذیر است، اگرچه با افزایش میزان شوری، میزان رشد و راندمان تولید به صورت معناداری کاهش می‌یابد. بدیهی است که ممکن است انتقال بچه ماهیان انگشت‌قد با چنین وزن اولیه‌ای به آب‌هایی با شوری بیش از ۲۰ گرم در لیتر با افزایش طول دوره عادت‌پذیری میسر باشد، در چنین شرایطی میزان رشد و راندمان تبدیل‌غذای مصرفی و همچنین صرفه اقتصادی باید در تحقیقات تکمیلی مورد بررسی قرار گیرد.

در تحقیق حاضر میزان کورتیزول خون در طول دوره عادت‌پذیری به آب شور و همچنین پس از آن افزایش یافته، مطالعات انجام شده توسط سایر محققین نیز موید نتایج این تحقیق است. این مطالعات نشان می‌دهد که کورتیزول یک هورمون تطابق‌دهنده ماهی با آب شور و کاهنده استرس ناشی از این تطابق در ماهیان استخوانی می‌باشد و یک نقش هایپواسمورگولاتوری را بر عهده دارد. کورتیزول سطح یونی و اسمولاریتی پلاسما را در ماهیان استخوانی سازگار شده با آب شور کاهش و مقاومت ماهی را در مقابل افزایش شوری محیط، افزایش می‌دهد (۲۹).

خون ماهی آب‌شیرین دارای فشار اسمزی معادل با محلول کلرید سدیم با غلظت ۷ گرم بر لیتر است. بنابراین بسیاری از ماهیان آب‌شیرین می‌توانند در آب‌های تا شوری نزدیک به ۷ گرم در لیتر زنده بمانند، اگرچه رشد آنها کمتر خواهد شد (۴۲). وقتی که ماهی در محیط هایپراسموتیک قرار گیرد، از طریق مصرف انرژی و پدیده انتقال فعال سعی دارد یونهای اضافی موجود در محیط را که به همراه آب ورودی به خون راه یافته‌اند مبادله و تغییرات فشار اسمزی را تعدیل نماید. انتقال فعال این یونها می‌تواند درصد قابل‌توجهی از انرژی بدست‌آمده از غذا را به مصرف رساند و از یک سو باعث کاهش راندمان تبدیل غذا و از سوی دیگر باعث کاهش میزان رشد ماهی شود. بدیهی است انرژی که در این رابطه مصرف می‌شود بستگی کامل به شیب غلظتی یونها، بین خون ماهی و آب دارد (۴۳). مطالب منتشر شده توسط Tseng و Hwang در سال ۲۰۰۸ نشان می‌دهد که افزایش مصرف اکسیژنی ماهی در تنظیم اسمزی بیانگر افزایش مصرف انرژی است که عمدتاً از طریق کربوهیدراتها تامین می‌شود. میزان مصرف انرژی بستگی کامل به محیط زیست ماهی، میزان تغییر فشار اسمزی محیط و گونه ماهی دارد (۴۱). نتایج رشد به دست‌آمده در تحقیق حاضر با یافته‌های McKay و Gjerd در سال ۱۹۸۵ نیز مطابقت دارد. در تحقیقی که توسط این محققین صورت گرفت آنها ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان ۱۸-۱۰ ماهه با وزن متوسط ۱۵۳-۵۱ گرم را به مدت ۱۲ هفته در شوریهایی ۵ تا ۳۲ گرم در لیتر پرورش دادند. نتایج حاصل از تحقیق آنها نشان داد که با افزایش شوری رشد ماهیها و درصد بقاء کاهش و میزان تلفات افزایش می‌یابد. آنها خاطر نشان کردند افزایش شوری بیش از ۲۰ گرم در لیتر تاثیر زیان‌باری بر رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان دارد (۳۳). تحقیق انجام شده توسط پورمظفر نیز موید نتایج این تحقیق است، نتایج اعلام شده توسط این محقق نشان داد قزل‌آلای رنگین‌کمان قادر به تحمل دامنه وسیعی از شوری و حفظ حالت هموستازی



گرم در لیتر) قرار دادند و بیان داشتند که افزایش سطح هورمونهای مذکور باعث افزایش قدرت سازگاری این ماهیها به آب شور شده و این قدرت سازگاری در سویه مهاجر آب شور این گونه مشهود تر است. آنها همچنین اظهار میدارند که کاهش قدرت سازگاری سویه های مهاجر آب شیرین این گونه می تواند به دلیل کمتر بودن سطح ترشح این هورمونها در سویه های آب شیرین باشد (۳۷).

در تحقیقی که توسط McCormic و همکاران در سال ۲۰۰۸ صورت گرفت نشان داده شد که تیمار ماهی آزاد اقیانوس اطلس به مدت ۱۴-۶ روز با کورتیزول باعث افزایش فیزیولوژیکی غلظت این هورمون در خون شده و به دنبال آن کارآیی پمپ سدیم - پتاسیم آبششی (NKA) ( $\text{Na}^+, \text{K}^+ \text{-ATPase}$ ) افزایش یافته و توانایی این ماهی در جلوگیری از تغییرات شدید کلرینیتهی خون افزایش و بدین ترتیب قدرت مقابله این گونه با تغییرات شوری آب بیشتری شود (۳۲).

هورمون های تیروئیدی در کنترل رشد، متابولیسم و تنظیم اسمزی ماهیان اهمیت خاصی دارند و اغلب در ارتباط با سایر هورمون ها مانند کورتیزول این فعالیت را انجام می دهند (۲۳). شناخته شده ترین اثر هورمون های تیروئیدی، تحریک نرخ متابولیسم پایه است که این موضوع از نقش آنها در فرآیند تنظیم اسمزی قابل استنباط است. افزایش سطح هورمون های تیروئیدی ( $\text{T}_3$ ) و ( $\text{T}_4$ ) در ماهیان مورد مطالعه در این تحقیق نیز با این مطالعات مطابقت دارد. شاید بتوان کاهش رشد در شوری های بالاتر را نیز به افزایش نرخ متابولیسم پایه در اثر ترشح بیشتر هورمون های تیروئیدی نسبت داد. مدارک بیشتر برای اثبات دخالت هورمون های تیروئیدی در تنظیم اسمزی از مطالعاتی که در آن ماهیها به شوریهای مختلف منتقل و تغییرات مرفولوژیکی غده تیروئید و سطوح پلاسمایی ( $\text{T}_3$ ) و ( $\text{T}_4$ ) اندازه گیری شده (۱۲) به دست آمده است.

باید خاطر نشان کرد که کورتیزول نقش فیزیولوژیکی مهمی در شرایط استرس از جمله تنظیم کلوگز خون دارد. بطوریکه در شرایط استرس محیطی از قبیل افزایش شوری آب، میزان کورتیزول خون افزایش می یابد که متعاقب آن افزایش غلظت گلوکز خون ماهی و افزایش متوسط فشار خون را برای مقابله با استرس تحمیل شده به دنبال دارد (۱۳).

همچنین کورتیزول به عنوان یک هورمون تطابق دهنده سیستم فیزیولوژیکی ماهی با آب شور می باشد، نشان داده شده است که مقاومت ماهی نسبت به آب شور در اثر تیمار با کورتیزول افزایش می یابد (۴۳). در تحقیقی که در مورد آزاد ماهیان انجام شده نشان می دهد میزان کورتیزول پلاسمای خون در زمان رهسپاری به دریا یعنی تبدیل از مرحله پار به اسمولیت (بچه ماهی رهسپار شونده به دریا) افزایش می یابد که خود بیانگر استرس دوران سازگاری است، به هر حال مطالعات بیشتری مورد نیاز است تا سن و وزن ماهی قزل آلا و دوره زمان سازگاری آن را در شوریهای مختلف تعیین گردد. بر اساس مطالعات Mommsen و همکاران در سال ۱۹۹۹ نیز میزان کورتیزول پلاسمای با شروع فرآیند تطابق با غلظت های بالای شوری محیط افزایش می یابد (۳۴). یافته های این محققین نیز با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. بر اساس مطالعات انجام شده توسط Barton و همکاران در سال ۱۹۸۷ استرس یک فرآیند مخرب در مورد انرژی است و نرخ متابولیسم و انتقال اکسیژن را افزایش می دهد (۱۵). تحقیقات انجام شده توسط Ojima و همکاران در سال ۲۰۰۹ نیز موید نتایج تحقیق حاضر است. آنها تاثیر تیمار کردن ماهی قزل آلا قطبی (*Salvelinus alpinus*) با هورمون های رشد و کورتیزول در دو سویه مهاجر آب شیرین و مهاجر آب شور را بر قدرت سازگاری آنها به شوری آب مورد بررسی قرار دادند. این محققین ۱۴ و ۲۸ روز پس از تیمار کردن ماهیها با هورمون رشد و کورتیزول آنها را به مدت ۲۴ ساعت در معرض استرس شوری (آب دریا با شوری ۳۵

نشان می‌دهد که ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان یک ماهی کاملاً مقاوم نسبت به شوری آب نمی‌باشد و با افزایش شوری نرخ متابولیسم پایه این ماهی افزایش می‌یابد و کاهش می‌دهد در میزان رشد آن مشاهده می‌شود، بنابراین می‌توان این گونه را در گروه ماهیان نیمه مقاوم (Semieuryhaline) نسبت به تغییر شوری به شمار آورد. از طرفی باید خاطر نشان کرد که اگر چه امکان پرورش بچه ماهیان انگشت قد قزل‌آلای رنگین‌کمان با وزن حدود ۱۲ گرم در شوریهایی تا ۲۰ گرم در لیتر امکان پذیر می‌باشد اما در مقایسه با شرایط آب شیرین، رشد و راندمان تولید به صورت معنی داری کاهش می‌یابد.

### تشکر و قدردانی

این تحقیق با پشتیبانی مالی معاونت پژوهشی دانشگاه خلیج فارس و با همکاری گروه شیلات دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی این دانشگاه اجراء شده است. از کارشناسان آزمایشگاه گروه شیلات آقایان مهندس جواد پاپری مقدم و مهندس مصطفی رمضان پور و همچنین دانشجوی رشته شیلات این دانشکده سرکار خانم آسیه تقیپور دهاقانی و آقای مسعود نسیمی تشکر و قدردانی می‌شود.

در آزاد ماهیان ثابت شده که به هنگام مهاجرت به آب شور میزان تیروکسین آنها افزایش می‌یابد (۳۸ و ۴۰)، گلوکز تحت تأثیر این هورمون‌ها سریعتر اکسیده شده و این عمل منجر به افزایش میزان متابولیسم پایه خواهد شد (۴). روند و شدت چنین تغییراتی می‌تواند متاثر از اندازه و دوره زمانی سازگاری آزاد ماهیان باشد. افزایش قابل توجه هورمون‌های تیروئیدی شامل تری‌یدوتیرونین (T<sub>۳</sub>) و تیروکسین (T<sub>۴</sub>) در شوری‌های مختلف مطالعه شده در این تحقیق نیز احتمالاً بیانگر این واقعیت است که دوره زمانی سازگاری به شوری و یا احتمالاً وزن ماهیها برای انتقال به شوریهایی بالاتر از ۲۰ گرم در لیتر مناسب نبوده است. تلفات دسته جمعی ماهیها در شوریهایی بیش از ۲۰ گرم در لیتر پس از پایان دوره عادت پذیری نیز مؤید این مطلب است.

### نتیجه‌گیری نهایی

نتایج تحقیقات نشان می‌دهد ماهیانی که در زمان قرار گرفتن در معرض شوری‌های مختلف آب دچار استرس چندانی نشده و فاکتورهای خونی و ایمنی مرتبط با استرس در آنها تغییر چندانی ندارد در گروه ماهیان مقاوم به شوری (Euryhaline) قرار می‌گیرند (۶ و ۱۱). نتایج این تحقیق

### منابع

- ۱- بهمنی، م.، یوسفی جوهردهی، الف. ۱۳۹۰. قابلیت سازگاری لاروهای ۲۰ روزه تاسماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) در شوریهایی مختلف. مجله زیست‌شناسی ایران، جلد ۲۴، شماره ۵، صفحات ۶۷۸-۶۶۹.
- ۲- پورمظفر، س. ۱۳۹۱. بررسی اثر شوری بر برخی از فاکتورهای رشد، خون و سلول‌های کلرایدی در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) تغذیه شده با محرک ایمنی بتاگلوکان. پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه خلیج فارس، ۷۲ صفحه.
- ۳- سالنامه آماری سازمان شیلات ایران (۱۳۸۷-۱۳۷۹). انتشارات سازمان شیلات ایران، دفتر برنامه و بودجه، گروه آمار و مطالعات توسعه شیلاتی. ۵۶ صفحه.
- ۴- شکوری، م. ۱۳۷۱. مهاجرت در ماهیان. سمینار کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران. ۷۴ صفحه.
- ۵- عنایت غلامپور، ط.، ایمانپور، م. ر.، حسینی، س. ع.، شعبانپور، ب. ۱۳۹۰. تأثیر سطوح مختلف شوری بر شاخص‌های رشد، میزان بازماندگی، غذاگیری و پارامترهای خونی در بچه ماهیان سفید (*Rutilus frisii kutum*). مجله زیست‌شناسی ایران، دوره ۲۴، شماره ۴، صفحات ۵۴۹-۵۳۹.
- ۶- موحدی نیا، ع.، سواری، الف.، مروتی، ح.، کوچکنین، پ.، هدایتی، ع. ۱۳۸۸. پاسخ‌های هورمونی ماهی شانک زرد باله (*Acanthopagrus Latus*) در سازش با شوری‌های مختلف محیطی. مجله علوم و فنون دریایی، دوره ۸، شماره ۳ و ۴. صفحات ۱-۱۴.

- ۷- مهرابی، ی. ۱۳۸۱. بیهوشی و روش عمل تکثیر دوبار در سال ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان. انتشارات اصلانی. ۱۰۰ صفحه.
- ۸- نفیسی بهابادی، م. ۱۳۸۹. راهنمای عملی پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (ویرایش دوم). انتشارات دانشگاه هرمزگان. ۳۶۵ صفحه.
- ۹- نفیسی بهابادی، م.، شریفیان، م.، دهموید، د. ۱۳۸۱. پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در regulation and excretion of nitrogenous waste. *Physiol. Rev.* 85:97-177.
- ۱۱- Arnason, T., Magnadotir, B., Bjornson, A., Bjornson, B.T. 2013. Effects of salinity and temperature on growth, plasma ions, cortisol and immune parameters of juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*), *Aquaculture* Volume 380 – 383:70- 79.
- ۱۲- Baldissotto, B., Mancera, J.M., Kapoor, B.G. 2007. *Fish Osmoregulation*. Science Publishers, Enfield, USA. 527 pp.
- ۱۳- Bamberger, C.M., Schulte, H.M., Chrousos, G.P. 1996. Molecular determination of glucocorticoid receptor function and tissue sensitivity to glucocorticoids. *Endocrine. Rev* 17:245-261.
- ۱۴- Barton, B.A. 2002. Stress in Fishes: A diversity of Responses with Particular Reference to Changes in Circulating Corticosteroids. *Integ. Comp. Biol.* 42:517-525.
- ۱۵- Barton, B.A., Schreck, C., Barton, L. D. 1987. Effect of chronic cortisol administration and daily acute stress on growth physiological condition and stress response in juvenile rainbow trout. *Dis Aquat. Org.* 2:173-185.
- ۱۶- Bell, J.G., McEvoy, J., Tocher, D.R., McGhee, F., Campbell, P.J., and Sargent, J.R. 2001. Replacement of fish oil by rapeseed oil in diets of Atlantic salmon (*Salmo salar*): affect tissue lipid composition and hepatocyte fatty acid metabolism. *Journal of Nutrition* 131:1535-1543.
- ۱۷- Boutet, I., Long Ky, C.L., Bonhomme, F. 2006. A transcriptomic approach of salinity response in the euryhaline teleost, *Dicentrarchus labrax*. *Gene*, 379:40–50.
- ۱۸- Duncan, D.B. 1955. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics*, pp. 1-24.
- ۱۹- Eckert, S.M., Yada, T., Shepherd, B.S., Stetson, M.H., Hirano, T. and Grau, E.G. 2001. Hormonal control of osmoregulation in the channel catfish *Ictalurus punctatus*. *Gen. Comp. Endocrinol.* 122:270-286.
- ۲۰- Evans, D.H., Piermarini, P.M., Choe, K.P. 2005. The multifunctional fish gill: dominant site of gas exchange, osmoregulation, acid-base
- ۲۱- FAO. 2014. The State of World Fisheries and Aquaculture 2012, Fisheries and Aquaculture Department, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 230 pp.
- ۲۲- Fielder, D.S., Allan, G.L., Pepperall, D., Pankhurst, P.M. 2007. The effects of changes in salinity on osmoregulation and chloride cell morphology of juvenile Australian snapper, *Pagrus auratus*. *Aquaculture*, 272:656–666.
- ۲۳- Hazen, N., Balment, R.G. 1997. The physiology of fishes. 2<sup>nd</sup> ed. (ed. D.H. Evans). CRC Press, BocaRaton, Florida, pp. 441-463.
- ۲۴- Hirose, S., Kaneko, T., Naito, N., Takei, Y. 2003. Molecular biology of major components of chloride cells, *Comp. Biochem. Physiol* (part B: Biochem.), 136:593–620.
- ۲۵- Hosoya, S., Johnson, S.C., Iwama, G.K., Gamperl, A.K., Afonso, L.O.B. 2007. Changes in free and total plasma cortisol levels in juvenile haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) exposed to long-term handling stress. *Comp. Biochem. Physiol.* 146:78-86.
- ۲۶- Kaushik, S.J., Cravedi, J.P., Sumpter, J., Fauconneau, B., Laroche, M. 1995. Partial or total replacement of fish meal by soybean protein on growth, protein utilization, potential estrogenic or antigenic effects, cholesterolemia and flesh quality in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) *Aquaculture* 133:257-274.
- ۲۷- Kelly, S.P., Chow, I.N.K., Woo, N.Y.S. 1999. Haloplasticity of Black Seabream (*Mylio macrocephalus*): Hypersaline to Freshwater Acclimation. *J. Exp. Zoo.* 283:226–241.
- ۲۸- Klontz, G.W. 1991. Manual for rainbow trout production on the family -owned Farm , department of fish and wild life resources, university of Idaho, Moscow, Idaho, 70 pp.
- ۲۹- Laiz-Carrión, R., Sangiao-Alvarellos, S., Guzman, J.M., Martín del Río, M.P., Míguez, J.M., Soengas, J.M., Mancera, J.M., 2003.

- Energy metabolism in fish tissues related to osmoregulation and cortisol action. *Fish Physiol. Biochem.* 27:179-188.
- 30- Lee, K.M., Kaneko, T., Katoh, F., Aida, K. 2006. Prolactin gene expression and gill chloride cell activity in fugu *Takifugu rubripes* exposed to a hypoosmotic environment. *Gen. Comp. Endocrinol.* 149:285-293.
- 31- McCormick, S.D. 1995. Hormonal control of gill Na K ATPase and chloride cell function. In: Wood C.M. and Shuttleworth T.J. (eds) *Cellular and Molecular Approaches to Fish Ionic Regulation. Fish Physiology XIV.* Academic Press, San Diego, CA. pp. 285-315.
- 32- McCormick, S.D., Regish, M.F.D., Shrimpton, J.M. 2008. Are we missing a mineralocorticoid in teleost fish? Effect of cortisol, deoxy corticosterone and aldosterone on osmoregulation, gill Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>-ATPase activity and isoform mRNA levels in Atlantic salmon. *Gen. Comp. Endocrinol.* 157:35-40.
- 33- McKay, L. R., Gjerde, B. 1985. The effect of salinity on growth of rainbow trout. *Aquaculture* 46 : 325-331.
- 34- Mommsen, T.P., Vijayan, M.M., Moon, T.W. 1999. Cortisol in teleost: dynamics, mechanism of action and metabolic regulation, *Rev. Fish Biol.* 82:369-376.
- 35- MSTAT – C Russe 11 D. freed. MSTATC Director, Scott P, Eisensmith, Deputy, Director crop and soil Science Department, Michigan State University.
- 36- NafisiBahabadi, M., Soltani, M. 2008. Effect dietary energy levels and feeding rates on growth and body composition of fingerling rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 7:171-186.
- 37- Ojima, D., pettersen, R.J., Wolkers, j., Johnsen, H.K., Jorgensen, E.H. 2009. Growth hormone and cortisol treatment stimulate seawater tolerance in both anadromous and land locked Arctic charr *Salvelinus alpinus*, *Comp. Biochem. Physiol. Part A* 153:378-385.
- 38- Prunet, P., Boeuf, G., Bolton, J.P., Young, G. 1989. Smoltification and seawater adaptation in Atlantic salmon, plasma prolactin growth hormone and thyroid hormones, *Gen. Com. Endocrinol.* 74:355-364.
- 39- SAS Institute. 1986. *SAS User Guide: Statistics* ed. SAS Inst., Cary, NC.
- 40- Specker, J.L. 1988. Preadaptive role of thyroid hormones in larval and juvenile salmon: Growth, the gut and evolutionary considerations. *American Zoologist* 23:337-349.
- 41- Tseng, Y.C., Hwang, P.P. 2008. Some insights into energy metabolism for osmoregulation in fish, *Comp. Biochem. Physiol.* 148:419-429.
- 42- Wedemeyer, G.A. 1996. *Physiology of Fish In Intensive Culture System*, Chapman and Hall Publication, Chapter 3: pp. 60-98.
- 43- Young, G., Bjornsson, B.T., Prunet, P., Lin, R.J., Bern, H.A. 1998. Smoltification and seawater adaptation in coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*), plasma, prolactin, growth hormone, thyroid hormones and cortisol, *Gen. Comp. Endocrinol.* 74:335-345.

## Growth performance and endocrine response of fingerling rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in adaptation to different environmental salinities.

NafisiBahabadi M.

Fisheries Dept., Faculty of Agriculture and Natural Resources, Persian Gulf University, Bushehr, I.R. of Iran

### Abstract

To determine the changes of plasma levels of cortisol, T<sub>3</sub> (triiodothyronine) and T<sub>4</sub> (Thyroxine) and growth factors of rainbow trout in response to a wide range of salinities, The fingerlings of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) initial weight of (12.22±0.11 g) were introduced to different environmental salinities. A completely randomized design with 5 Treatment and each treatment contained 3 replicate was achieved. One hundreds of fingerlings were gradually acclimatized to freshwater (control), 10, 20, 30 and 40 ppt for 10 days. The experiment was then run for 50 days using a commercial trout feed. The obtained results showed that final weight was different from 37.32±0.29(g) in freshwater (control), and other water salinities include 34.92±0.31g in 10 ppt and 30.98±0.07g in 20 ppt. with increasing in water salinity other growth factors of rainbow trout including (daily growth rate, specific growth rate and feed conversion efficiency) decreased (P<0.05). At salinity above 20 ppt significant mortality occurred compared to control group (P<0.05). Also plasma level of cortisol was increased from 5.97±0.78 to 5.95±0.14 in freshwater (control), 12.50±0.25 in 10 ppt and 13.92±0.12 (mOsmol/kg) in 20 ppt at the end of culture period. with increasing in salinity, the Hormones including, tri- iodo thyronin (T<sub>3</sub>), and thyroxine [Tetra – iodo – thyronin (T<sub>4</sub>)] increased (P<0.05). Based on the results obtained rainbow trout is a semi euryhaline species and it is possible to grow the rainbow trout fingerlings of about 12 g at the salinity up to 20 ppt, although the growth rate of the fish is less than that in the freshwater.

**Key words:** Rainbow trout- Water salinity-Growth factors- Biochemical factors of blood