تغییرات هورمون تیروکسین، تری آیدوترونین و کورتیزول و یون‌های سدیم، کلر و پتاسیم طی مرحله اسمولت بچه آزاد ماهی دریای خزر (*Salmo trutta caspius* Kessler 1877)

داود محمد رضایی[۱]*؛ باقر مجازی امیری[۲] و مهرداد فرهنگی[۳]

mrezaei@iauh.ac.ir

۱-گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ملایر

۲ و۳-گروه شیلات و محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج صندوق پستی: ٤٣١٤-٣١٥٨٥

تاریخ دریافت: آذر ۱۳۹۰ تاریخ پذیرش: مهر ۱۳۹۱

چکیده

آزاد ماهی دریای خزر (*Salmo trutta caspius*) یکی از ماهیانی است که تغییرات فیزیولوژیک و شکلی متعددی طی مرحله اسمولت خود دارد. بدین منظور تغییرات هورمونی (T_3، T_4 و کورتیزول) و یونی (Na^+، Cl^- و K^+) در بچه ماهیان ساکن آب شیرین برای بررسی فرآیند اسمولت شدن مورد مطالعه قرار گرفت. از بچه ماهیان در گروههای وزنی ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ گرمی و در فصل‌های تابستان، پاییز، زمستان و بهار خونگیری گردید. نتایج نشان داد که T_4 طی اسمولت شدن در فصول و وزنهای مختلف دچار تغییرات معنی‌دار می‌گردد. هورمونهای T_3 و T_4 در بهار بویژه در وزن ۲۰ گرم افزایش یافتند. هورمون کورتیزول نیز با فصل و وزن تغییرات نشان داد و میزان آن در بهار و تابستان پایین بود. یونها نیز در فصول مختلف تغییرات مشخصی را نشان دادند، ولی در وزن‌های مختلف این تغییرات نامحسوس بود. در نهایت با توجه به نتایج بدست آمده به نظر می‌رسد که در بچه آزاد ماهی دریای خزر ۲۰ گرمی در فصل بهار فرآیند اسمولت شدن بارزتر بوده و این بچه ماهیان از لحاظ فیزیولوژیک آمادگی مهاجرت به سمت پایین دست رودخانه و دریا را دارا می‌باشند.

لغات کلیدی: آزاد ماهیان، فیزیولوژی ماهی، الکترولیتهای خون

*نویسنده مسئول

مقدمه

آزاد ماهی دریای خزر با نام علمی *Salmo trutta caspius* در واقع نوعی ماهی قزل‌آلای قهوه‌ای است که مختص دریای خزر بوده و از جمله ماهیان رود کوچ (آنادروموس) می‌باشد که از ارزش اقتصادی و مقبولیت ویژه برخوردار است (کازانچف، ۱۳۸۳).

به دلیل کاهش نسل این ماهی در اثر صید بی‌رویه و غیر مجاز در زمان مهاجرت، ایجاد تغییرات در مسیر و بستر رودخانه‌ها، آلودگی‌های صنعتی و خانگی رودخانه‌ها و غیره، شرکت سهامی شیلات ایران از دهه ۱۳۶۰ با رهاسازی بچه ماهیان یک و دو تابستانه در رودخانه‌های جنوبی دریای خزر یا در مصب آنها در حدود ۴۳۰ هزار عدد در سال (سالنامه آماری شیلات ایران، ۱۳۸۸)، اقدام به بازسازی ذخایر این ماهی در دریای خزر نموده است. از مجموع بچه ماهیان رهاسازی شده حدود ۲۰ درصد بالای ۱۵ گرم، ۳۰ درصد بین ۱۰ تا ۱۵ گرم، ۴۰ درصد بین ۵ تا ۱۰ گرم و ۱۰ درصد نیز در حدود ۳ گرم بودند (بهرامیان، ۱۳۸۰).

از زمان رهاسازی بچه آزاد ماهی دریای خزر محققین در پی‌یافتن اندازه و وزن مناسب برای بهبود بازگشت شیلاتی بودند. محققین روسی اندازه ۲۰ گرمی را بهترین اندازه ولی بهرامیان (۱۳۸۰) و عطایی‌مهر (۱۳۸۵) وزن ۱۰ گرم را مناسبترین اندازه دانسته‌اند. همچنین صیاد بورانی (۱۳۸۴) اندازه‌های ۱۰، ۱۵و ۲۰ گرمی را دارای قابلیت تنظیم اسمزی دانسته است. نتایج حاصله نشان دادند که برای بازسازی ذخایر موفقیت‌آمیز نیاز به شناخت نکات مبهم در تکثیر و رهاسازی بچه ماهی مزبور است. نکته مبهم در اینجا مشخص نبودن زمان دقیق اسمولت شدن ماهی در آب شیرین و متعاقباً زمان رهاسازی بچه ماهیان می‌باشد، که آیا آنها در زمان مذکور به لحاظ فیزیولوژیک شرایط پذیرفتن محیط جدید را دارند یا خیر؟

تغییر شکل بچه ماهی ساکن در آب شیرین به بچه ماهی رهسپار شونده به دریا یک توالی تکاملی است که بطور تدریجی و از مدت زمان طولانی قبل از کامل شدن مهاجرت به محیط دریا صورت می‌گیرد (Audet & Claireaux, 1992). تحقیقات نشان دادند که در این دوره از لحاظ فیزیولوژیک تغییرات شگرفی در غدد مختلف (تیروئید، بافت غده فوق کلیه) و هورمون‌های مترشحه از آنها (T_3, T_4 و کورتیزول) و ترکیبات بیوشیمیایی و متابولیک بدن بوجود می‌آید (Hoar, 1988; McCormick, 2001). لذا می‌توان با مطالعه تغییرات هورمونی و یونی به شاخص‌هایی دست یافت که بیان نماید ماهی از لحاظ فیزیولوژی اسمولت در چه مرحله‌ای از زندگی خود قرار دارد.

از آنجا که در کارگاه شهید باهنر کلاردشت رهاسازی براساس سن ماهی صورت می‌گیرد، اطلاعاتی از آماده بودن شرایط فیزیولوژیک بچه ماهی آماده موجود در آب شیرین جهت تحمل محیط آب دریا در دسترس نیست و بیشتر مطالعات انجام شده در ارتباط با تحمل شوری و تعیین زمان رهاسازی براساس تست شوری (Sea water challenger) است و تاکنون شرایط فیزیولوژیک بچه ماهیان ساکن در آب شیرین قبل از رهاسازی بررسی نشده است. لذا این پژوهش با هدف دستیابی به شاخص‌های فیزیولوژیک فرآیند تبدیل بچه آزاد ماهی رودزی به بچه آزاد ماهی دریازی با مطالعه تغییرات هورمونی و یونی برای رهاسازی در آب دریا انجام پذیرفته است.

مواد و روش کار

بچه ماهیان مورد نیاز از بین بچه ماهیان یک و دو تابستانه موجود در کارگاه شهید باهنر کلاردشت که در شرایط پرورشی و جیره‌های غذایی یکسان و طی فصول مختلف (اوایل تابستان، پاییز، زمستان و بهار) بطور تصادفی براساس توده زنده ۳۰۰ گرم در هر استخر ۲۰۰ مترمکعبی انتخاب گردیدند. قبل از شروع نمونه‌برداری، بچه ماهیان با ترازو دیجیتالی وزن و به تفکیک رقم‌بندی شدند. بچه ماهیان ۲۴ ساعت قبل از خونگیری، به استخرهای جداگانه براساس وزنهای مشخص شده (۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ گرمی) منتقل شدند. قبل از شروع خونگیری بچه ماهیان با گل میخک به میزان ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر بیهوش شدند. از بچه ماهیان ۵ گرمی (تعداد متوسط بچه ماهی ۲۸ عدد) ۲ میلی‌لیترخون جمع‌آوری شد. خونگیری در این گروه وزنی با قطع ساقه دمی و بوسیله لوله موئینه (هماتوکریت) صورت پذیرفت. در سایر گروه‌های وزنی نیز بعلت عدم حصول خون کافی به میزان ۲ میلی‌لیتر، از چندین بچه ماهی میانگین (± انحراف معیار) ۱±۱۰، ۱±۷ و ۱±۵ عدد بترتیب برای گروه‌های وزنی ۱۰، ۱۵ و ۲۰ گرمی) خونگیری توسط سرنگ ۱میلی‌لیتر انجام شد. پس از خونگیری، سرم خون نمونه‌ها با سانتریفیوژ (مدل Sepand.T.A، ساخت آلمان) (۳۷۰۰ دور در دقیقه به

مدت ۱۰ دقیقه) برای اندازه‌گیری پارامترهای مورد نظر جدا گردید.

هورمون T_3 و کورتیزول با روش الیزا (کیت T_3 پیشتاز طب ساخت ایران، کورتیزول کیت کمپانی رادیم ساخت ایتالیا)، هورمون T_4 با روش آی.آر.ای (کیت پیشتاز طب ساخت ایران) (Dickhof *et al.*,1982; Lin *et al.*, 1988; McCormick & Björnsson, 1994; Shrimpton *et al.*, 1994)، یونهای سدیم و پتاسیم با دستگاه فلیم فتومتر (مدل SEGAM.d.FP ساخت کشور ایتالیا) و کلر با روش کالریمتر (کیت زیست شیمی ساخت ایران) اندازه‌گیری شدند (Audet & Claireaux, ;Folmar & Dickhof, 1980 1992).

این تحقیق در قالب طرح فاکتوریل انجام گرفت و در پایان داده‌ها به روش لگاریتمی توسط نرم‌افزار آماری Minitab, 13 (Johnson-Transformation) نرمال‌سازی شده و در نهایت میانگین‌ها با ۸/۲ SAS, در سطح اعتماد ۹۵ درصد مورد آنالیز واریانس و تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

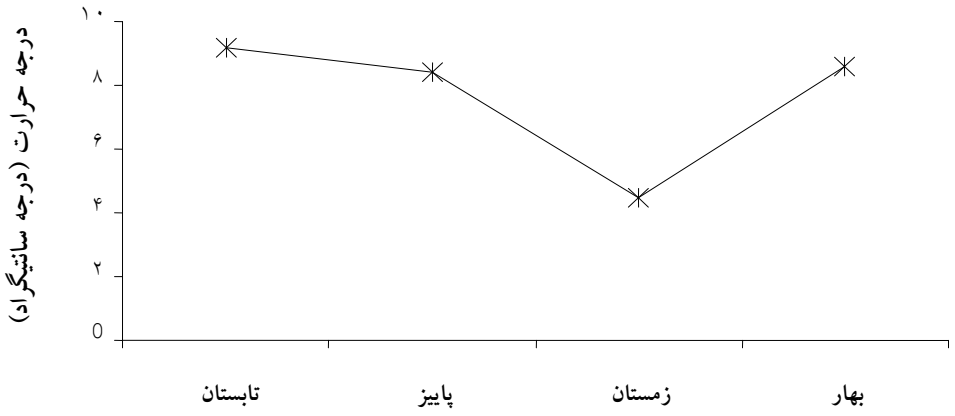
نتایج

بدلیل ثبات نسبی دبی آب، pH و دوره نوری در کارگاه شهید باهنر ماهیان در شرایط پرورشی یکسانی قرار داشتند. ولی دمای آب دارای نوساناتی در طول فصول مختلف بود که تغییرات آن در نمودار ۱ آورده شده است.

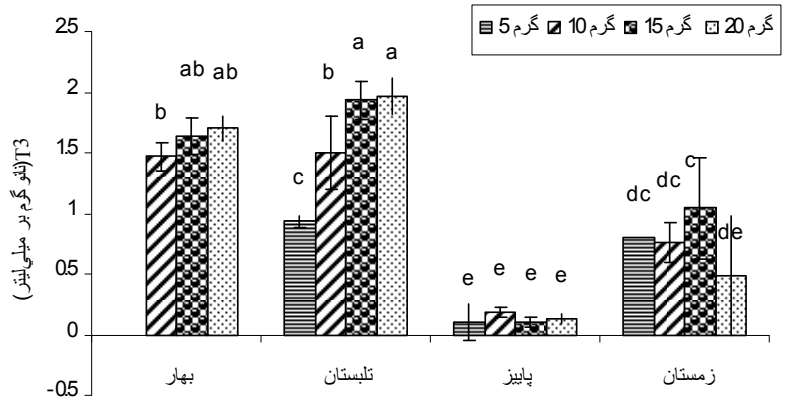
نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مقادیر اندازه‌گیری شده هورمون T_3 در طول چهار فصل و در وزن‌های مختلف دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P<0/05$ نمودار ۲). بیشترین میزان هورمون T_3 در فصل تابستان و بهار و در وزن‌های ۱۵ و ۲۰ گرمی بود. میزان هورمون تیروکسین (T_4) در فصل بهار و در وزن ۲۰ گرمی افزایش یافت و با سایر وزن‌ها دارای اختلاف معنی‌داری بود ($P<0/05$). همچنین میزان هورمون در فصل‌های پاییز و زمستان در کلیه وزن‌ها تفاوت معنی‌داری را نشان نداد ($P>0/05$ نمودار ۳).

هورمون کورتیزول نیز از نظر آماری طی فصل‌های مختلف دارای اختلاف معنی‌دار بود ($P<0/05$). میزان این هورمون در فصل بهار در کلیه وزن‌ها کمترین میزان را دارا بود و تفاوت معنی‌داری در وزن‌های مختلف مشاهده نگردید ($P>0/05$). چگونگی این تغییرات در نمودار ۴ مشاهده می‌شود. میزان سدیم سرم خون در فصلهای مختلف اختلاف معنی‌داری را در سطح ۹۵ درصد نشان داد. این میزان در وزن‌های مختلف بجز وزن ۵ و ۱۰ گرم در فصل تابستان تفاوت معنی‌داری را نشان نداد ($P>0/05$ نمودار ۵).

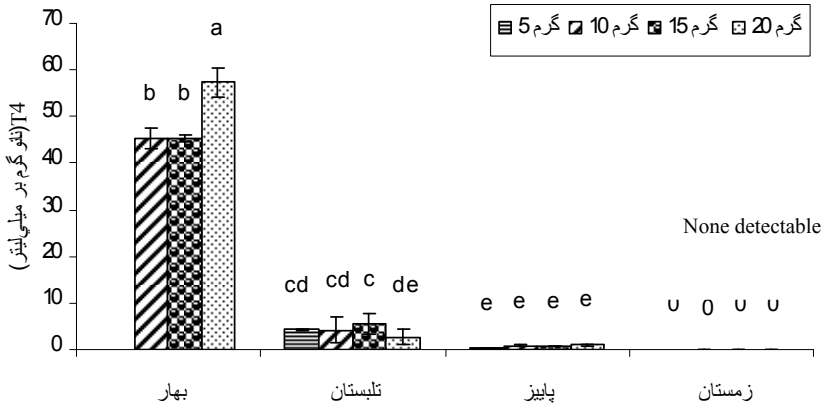
همانطورکه نمودار ۶ نشان می‌دهد، میزان یون پتاسیم با تغییرات فصلی اختلاف معنی‌داری دارد ($P<0/05$) در حالیکه در وزن‌های مختلف اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید ($P>0/05$). یون کلر اندازه‌گیری شده تغییرات مشابه‌ای را در فصل‌ها و وزن‌های مختلف نشان داد که این تغییرات اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند ($P>0/05$ نمودار ۶).



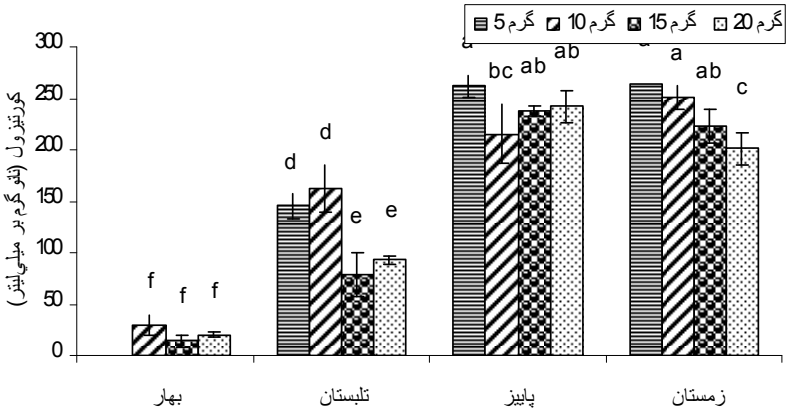
نمودار ۱: تغییرات دمایی طی دوره نمونه‌گیری



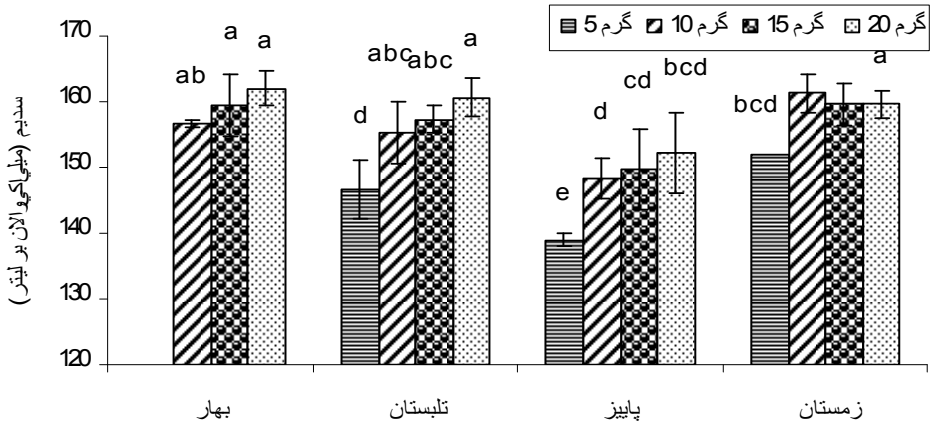
نمودار ۲: تغییرات هورمون T_3 در فصول و اوزان مختلف. حروف کوچک لاتین بیانگر معنی دار بودن اختلاف می‌باشند.



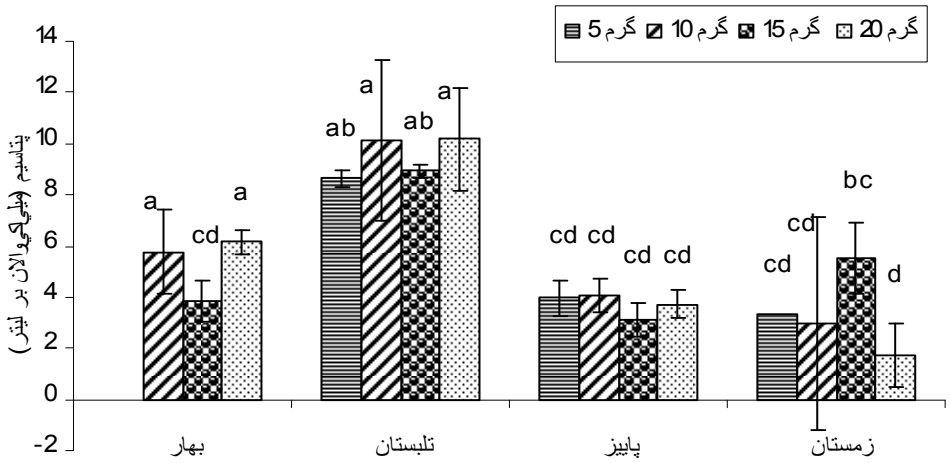
نمودار ۳: تغییرات هورمون T_4 در فصول و اوزان مختلف. حروف کوچک لاتین بیانگر معنی‌دار بودن اختلاف می‌باشند.



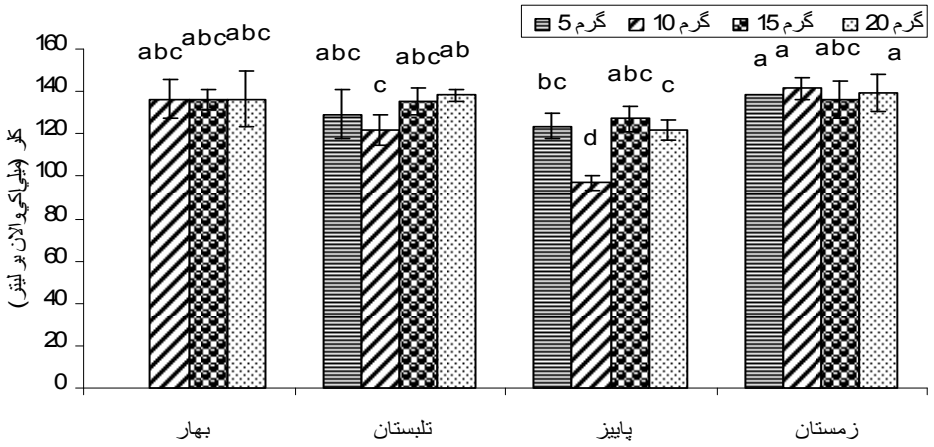
نمودار ٤: تغییرات هورمون کورتیزول در فصول و اوزان مختلف. حروف کوچک لاتین بیانگر معنی‌دار بودن اختلاف می‌باشند.



نمودار ۵: تغییرات یون سدیم در فصول و اوزان مختلف. حروف کوچک لاتین بیانگر معنی‌دار بودن اختلاف می‌باشند.



نمودار ٦: تغییرات یون پتاسیم در فصول و اوزان مختلف. حروف کوچک لاتین بیانگر معنی‌دار بودن اختلاف می‌باشند.



نمودار ۷: تغییرات یون کلر در فصول و اوزان مختلف ($P<۰/۰۵$). حروف کوچک لاتین بیانگر معنی‌دار بودن اختلاف می‌باشند.

بحث

بچه ماهیان ساکن در آب شیرین برای زندگی در آب شور و لب شور نیاز به سازگاری فیزیولوژیکی دارند که این سازگاری را از طریق تغییرات در برخی هورمونها و یونها بدست می‌آورند. در این تحقیق میزان هورمون T_3 در بچه آزاد ماهیان پرورشی افزایش یافت. محققینی از جمله: Folmar و Dickhof (۱۹۸۰)؛ Hoar (۱۹۸۸)؛ Audet و Claireaux (۱۹۹۲)؛ Boeuf (۱۹۹۳) و McCormick و همکاران (۲۰۰۳) افزایش هورمون T_3 در بهار زمانی که مهاجرت بچه ماهیان به سمت دریا آغاز می‌گردد را، بیان کرده‌اند. تغییر فصلی در میزان این هورمون در آزاد ماهیان آب شیرین مانند ماهی قزل‌آلای قهوه‌ای مشخص شده است، بطوریکه حداکثر آن در بهار و حداقل آن در پاییز می‌باشد (Folmar & Dickhof, 1980; Audet & Claireaux, 1992). روند مشابه‌ای از تغییرات فصلی T_3 در این بررسی بدست آمد (نمودار ۲). اختلاف مشاهده شده در میزان T_3 در یک فصل را می‌توان به عامل وزن ارتباط داد، چرا که میزان این هورمون در آزاد ماهی کوهو یکساله و زیر یکساله افزایش می‌یابد، که افزایش T_3 در ماهیان یکساله شدیدتر می‌باشد (Dickhof *et al.*, 1982). هورمون تری یدوتیرونین از هورمونهای متابولیکی است که در پلاسما از تبدیل تیروکسین بدست می‌آید. غلظت T_3 در پلاسما به میزان تبدیل تیروکسین به تری‌آیدوتیرونین و همچنین شرایط محیطی بویژه دما بستگی دارد. مشخص گردیده که با افزایش دما نسبت T_3/T_4 در خون افزایش می‌یابد که این افزایش در اوایل تابستان در چند گونه ماهی مهاجر دیگر مثل بریم و سوف معمولی گزارش شده است (Bau & Parent, 2000). لذا می‌توان افزایش دما در تابستان را دلیل بالا بودن هورمون مذکور در این فصل دانست.

در این تحقیق بیشترین میزان تیروکسین در فصل بهار و در وزن ۲۰ گرم مشاهده گردید که این افزایش منطبق با افزایش T_4 در زمان اسمولت شدن می‌باشد. در بسیاری از ماهیان افزایش تیروکسین با انتقال پار به اسمولت منطبق می‌باشد (Lin *et al.*, 1988). پیک مشخص و متفاوتی از تیروکسین در مطالعه اسمولت شدن آزاد ماهیان گزارش شده است (Grau *et al.*, 1982). افزایش غلظت تیروکسین در آزاد ماهی اقیانوس اطلس در اواسط بهار نیز بیان شده است و مشخص گردیده که غلظت تیروکسین پار کمتر از اسمولت‌ها می‌باشد (McCormick *et al.*, 2003). افزایش تیروکسین در بهار را به افزایش طول روز و بالا رفتن دمای آب نسبت می‌دهند (Lin *et al.*, 1988). کاهش میزان تیروکسین در این تحقیق در فصل زمستان را می‌توان به دمای آب نسبت داد بطوریکه برخی محققین نقش تغییرات فصلی هورمون تیروئید را مهم ندانستند و بیان داشتند که درجه حرارت تاثیر مهمی بر متابولیسم هورمونهای تیروئیدی می‌گذارد (Lin *et al.*, 1988). افزایش غلظت تیروکسین در آب شیرین در زمان اسولتی‌فیکیشن آزاد ماهی کوهو مشخص شده‌است (Iwata *et al.*, 2003). اوج تیروکسین مشاهده شده در وزن ۲۰ گرم در این تحقیق، با سایر تحقیقاتی که در آن ارتباط معنی‌داری بین وزن بدن و غلظت تیروکسین برای ماهی قزل‌آلا وجود داشته است، هم‌خوانی داشت (Folmar & Dickhof, 1980). اوج تیروکسین در ماهیان بزرگتر (یکساله) نسبت به ماهیان کوچکتر، بالاتر بوده و شوری را بهتر تحمل می‌کنند (McCormick, 2001). در آزاد ماهیان تحمل و ترجیح شوری با افزایش سن و اندازه افزایش می‌یابد (Loretz *et al.*, 1982).

در این مطالعه کمترین میزان کورتیزول در فصل بهار و تابستان مشاهده گردید. میزان هورمون کورتیزول در فصول پاییز و زمستان در زمان اسمولتی‌فیکیشن افزایش و در بهار و تابستان کاهش می‌یابد که این افزایش کورتیزول را به دمای پایین نسبت می‌دهند (Audet & Claireaux, 1992). این تغییرات شاید به دلیل ماهیت خود هورمون کورتیزول باشد. غلظت کورتیزول پلاسما در آزاد ماهی کوهو پرورش یافته در کارگاه در بهار و تابستان پایین است. تفاوت در افزایش یا کاهش غلظت کورتیزول می‌توان ناشی از تفاوتهای ژنتیکی در آزاد ماهیان و محیط پرورشی دانست (Reding *et al.*, 1984). افزایش غلظت کورتیزول بعد از افزایش تیروکسین و زمانیکه ماهی با آب دریا مواجه می‌شود، مشاهده شده است (Hoar, 1988) که فاصله بین مقادیر اوج کورتیزول و تیروکسین به مسافت مهاجرت بستگی دارد. در ماهیان ساحلی این زمان کمتر ولی در ماهیانی که مهاجرت طولانی‌تری را انجام می‌دهند این فاصله زمانی بیشتر می‌باشد (Hoar, 1988). علت افزایش کورتیزول در محیط دریا به دلیل تاثیر هیپوفیز و هورمون‌های مترشحه آن بر ترشح کورتیزول در بافت میان کلیوی است (Mommsen *et al.*, 1999).

میزان یونهای خون چندین ساعت بعد از ورود ماهی به آب شور تغییر می‌کند (Reding *et al.*, 1984; McCormick &

Björnsson, 1994). هرچند برخی محققین کاهش توانایی اسمزی را با کاهش میزان یون پلاسمای اسمولت‌های آب شیرین بیان کردند (Folmar & Dickhof, 1980; Stefansson *et al*., 1998). غلظت یون سدیم اندازه‌گیری شده در این تحقیق در دامنه‌ای بین ۱۶۲-۱۳۹ میلی‌اکی والان بر لیتر بود. برخی از محققین غلظت این یون در آزاد ماهیان را در زمان تبدیل پار به اسمولت ۱۵۵- ۱۳۳ میلی‌اکی والان بر لیتر ذکر کرده‌اند (Folmar & Dickhof, 1980; Hoar, 1988). غلظت یون سدیم در ماهیان مهاجر و غیرمهاجر آزاد ماهی اقیانوس اطلس تفاوتی با یکدیگر ندارد (McCormick & Björnsson, 1994)، همچنین میزان آن در آزاد ماهی اقیانوس اطلس و آزاد ماهی کوهو پیش از ورود به آب دریا تغییری نمی‌کند (Folmar & Dickhof, 1980; Marini & Kersterrer, 1982). در این تحقیق نیز اختلاف معنی‌داری در وزن‌ها و فصول مختلف مشاهده نگردید و میزان یون سدیم اندازه‌گیری شده در فصل بهار در دامنه ذکر شده تبدیل پار به اسمولت قرار داشت.

کلر از یونهای مهم در تنظیم اسمزی ماهیان بشمار می‌رود. غلظت این یون در خون به میزان فعالیت آنزیم Na/K ATPase بستگی دارد. با افزایش میزان فعالیت این آنزیم بچه آزاد ماهیان ساکن در آب شیرین توانایی سازگاری با محیط آب شور را بدست می‌آورند. لذا در بچه ماهیانی که اسمولت نشده‌اند غلظت یون کلر نسبتاً ثابت است ولی در اسمولت برخی از آزاد ماهیان مانند آزاد ماهی اقیانوس اطلس کاهش غلظت کلر پیش از مهاجرت به آب دریا گزارش شده است هر چند این مورد در آزاد ماهی کوهو تائید نشده است (Folmar & Dickhof, 1980). غلظت یون کلر در آزاد ماهیان در زمان تبدیل پار به اسمولت ۱۳۵-۱۱۱ میلی‌اکی والان بر لیتر بیان شده است (Folmar & Dickhof, 1980; Hoar, 1988). غلظت یون کلر اندازه‌گیری شده در این تحقیق در دامنه‌ای بین ۱۴۱-۹۷ میلی‌اکی والان بر لیتر بدست آمد که منطبق بر غلظت بیان شده در این گونه ماهیان است.

غلظت یون پتاسیم اندازه‌گیری شده در این مطالعه در دامنه‌ای بین ۱۰-۱ میلی‌اکی والان بر لیتر بدست آمد که غلظت آن در آزاد ماهیان در زمان تبدیل پار به اسمولت ۶-۳ میلی‌اکی والان بر لیتر می‌باشد (Folmar & Dickhof, 1980; Hoar, 1988). غلظت یون پتاسیم در ماهیان مهاجر و غیرمهاجر آزاد ماهی اقیانوس اطلس تفاوتی با یکدیگر ندارند (Marini & Kersterrer, 1982). غلظت پتاسیم در مرحله اسمولتی‌فیکیشن و پیش از مهاجرت ثابت می‌باشد (Folmar & Dickhof, 1980). غلظت یون سدیم در اسمولت آب شیرین و آب شور در آزاد ماهی کوهو تغییری نمی‌کند (Marini & Kersterrer, 1982). طی دوره سکونت در آب شیرین، آزاد ماهی جوان اسمولالیتی مایعات درونی بدن را ثابت نگه می‌دارد. هرچند تغییر مشخصی طی ۱۰۰-۳۶ ساعت اولیه سکونت در آب دریا روی می‌دهد. این دوره فاز تطبیقی (سازگاری) نامیده می‌شود و در میان گونه‌های آزاد ماهیان متفاوت است. در فاز تطبیقی، تغییر سریعی در میزان Cl^- و Na^+ بوجود می‌آید. اگر چه این یونها با یکدیگر حرکت می‌کنند برخی تحقیقات کاهش نسبت Na^+/Cl^- را در این دوره گزارش کرده‌اند. با وجود ترکیب و اسمولالیتی محیط خارجی K^+ پلاسما نسبتاً ثابت باقی می‌ماند. افزایش در اسمولالیته پلاسما ظاهراً انعکاسی از مقادیر بالای الکترولیت‌ها می‌باشد که عموماً در آزاد ماهیان بعد از سازگاری به آب دریا یافت می‌شود (Folmar & Dickhof, 1980).

بطور کلی بیان شده است که بازگشت شیلاتی ماهیان رهاسازی شده از کارگاههای تکثیر مصنوعی بسیار پایین‌تر از ماهیان تکثیر شده وحشی است. چرا که شرایط طبیعی حاکم در طبیعت بطور کامل در کارگاهها و مراکز تکثیر رعایت نمی‌گردد و ماهیان نمی‌توانند زمان صحیح مهاجرت را از طریق نشانه‌های طبیعی دریافت نمایند و در نتیجه شرایط فرآیند اسمولت شدن در این ماهیان کاهش می‌یابد. ولی با توجه به شاخص‌های هورمونی و یونی بدست آمده از بچه ماهیان ساکن در آب شیرین کارگاه شهید باهنر به نظر می‌رسد فرآیند اسمولت شدن در بچه آزاد ماهیان دریای خزر براساس شرایط این مجتمع در فصل بهار و در وزن ۲۰ گرمی بارزتر بوده و این دسته از بچه ماهیان از لحاظ فیزیولوژیکی آمادگی مهاجرت به سمت پایین دست رودخانه و دریا را دارا می‌باشند.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از مساعدت‌ها و تلاش پرسنل کارگاه شهید باهنر کلاردشت و کارشناسان آزمایشگاه شیلات دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران برای انجام هر چه بهتر این تحقیق تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

بهرامیان، ب.، ۱۳۸۰. بررسی و تعیین طول و وزن مناسب بچه ماهی آزاد جهت رهاسازی در رودخانه‌های حوزه جنوبی دریای خزر. همایش ماهیان استخوانی دریایی خزر، موسسه تحقیقات شیلات ایران، بندر انزلی، ایران. صفحه ۴۸.

سالنامه آماری شیلات ایران، ۱۳۸۲. انتشارات مدیریت روابط عمومی و بین‌الملل شیلات ایران، تهران. ۴۲ صفحه.

صیاد بورانی، م.؛ ابطحی، ب.؛ بهمنی، م.؛ کاظمی، ر.ا.؛ دژندیان، س. و دقیق، ج.، ۱۳۸۴. تعیین اندازه مناسب رهاسازی بچه ماهی آزاد دریای خزر از طریق ارزیابی قابلیت‌های تنظیم اسمزی، یونی و ویژگی‌های برخی از دستگاههای غدد درون ریز. مجله علمی شیلات ایران، سال چهاردهم، شماره ۴ ، زمستان ۱۳۸۴، صفحات ۸۱ تا ۹۶.

عطایی‌مهر، ب.؛ مجازی امیری، ب.؛ عبدالحی، ح. و میرواقفی، ع.، ۱۳۸۵. بررسی تغییرات تعداد و اندازه سلولهای کلراید آبششی و میزان تلفات بچه آزاد ماهیان دریای خزر (*Sahbo trutta caspius* Kessler , 1877) با اوزان گوناگون در شوری‌های مختلف آب. مجله علمی شیلات ایران، سال پانزدهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۸۵، صفحات ۱۱۹ تا ۱۲۸.

کازانچف، ا.ان.، ۱۳۸۳. ماهیان دریای خزر و حوزه آبریز آن. ترجمه: ابوالقاسم شریعتی. انتشارات نقش مهر، ۲۲۴ صفحه.

Audet C. and Claireaux G., 1992. Dial and seasonal changes in resting levels of various blood parameters in brook trout, *Salvelinus fontinalis*. Canadian Journal of Fish Aquatic Science, 49:870-877.

Bau F. and Parent J.P., 2000. Seasonal variation of thyroid hormone levels in wild fish. Sciences de la vie / Life Sciences, 323:365-372.

Boeuf G., 1993. Salmonid smoltiong: A pre-adaptation to the oceanic environment. *In*: (J.C. Rankin & F.B. Jensen eds.), Fish ecophysiology. Chapman and Hall, London. UK. Chapter 4, 405P.

Dickhof W.W and Sullivan C.V., 1987. The thyroid gland in smoltification. American Fisheries Society Symposium, 1:197-210.

Dickhof W.W., Folmar L.C., Mighell J.L and Mahnken C.V.W., 1982. Plasma thyroid hormones during smoltification of yearling and under yearling Coho salmon and yearling Chinook salmon and steelhead trout. Aquaculture, 28:39-48.

Folmar L.C. and Dickhof W.W., 1980. The parr-smolt transformation (smoltification) and seawater adaptation in salmonids. A review. Aquaculture, 21:1-37.

Grau E.G., Specker J.L., Nishioka R.S and Bern H.R., 1982. Factors determining the occurrence of the surge in thyroid activity in salmon during smoltification. Aquaculture, 28:49-57.

Hoar W.S., 1988. The physiology of smolting salmonids. *In*: (W.S. Hoar and D.J. Randall eds.). Fish Physiology; The physiology of developing fish. Academic Press Inc. Vol. xI. Part B.

Iwata M., Tsuboi H., Yamashita T., Amemiya A., Yamada H and Chiba H., 2003. Function and trigger of thyroxin surge in migrating chum salmon *Oncorhynchus keta* fry. Aquaculture, 222:315-329.

Lin R.J., Cross T.F., Mills C.P.R., Nishioka R.S., Grau E.G and Bern H.R., 1988. Change in plasma thyroxin levels during smoltification in hatchery-reared one-year and tow-year Atlantic salmon, *salmo salar*. Aquaculture, 74:369-378.

Loretz C.A., Collie N.L., Richman N.H. and Bern H.A., 1982. Osmoregulatory changes accompanying smoltification in coho salmon. Aquaculture, 28:67-74.

Marini G. and Kersterrer T.H., 1982. Intracellular electrolyte regulation in freshwater and seawater-adapted coho salmon. Aquaculture, 28:75-80.

McCormick S.D. and Björnsson B.T., 1994. Physiological and hormonal differences among Atlantic salmon parr and smolts reared in the wild, and hatchery smolts. Aquaculture, 121:235-244.

McCormick S.D., O Dea M.F., Moeckel A.M and Bjornsson B.T., 2003. Endocrine and physiological change in Atlantic salmon smolts following hatchery release. Aquaculture, 22:45-57.

McCormick S.D., 2001. Endocrine control of osmoregulation in Teleost fish. American Zoology, 41:781-794.

Mommsen T.P., Vijayan M.M. and Moon T.W., 1999. Cortisol in teleosts: Dynamics, mechanisms of action and metabolic regulation. Review in Fish Biology and Fisheries, 9:211-268.

Reding J.M., Schreck C.B., Birrks E.J.W. and Ewing R.D., 1984. Cortisol and its effects on plasma thyroid hormone and electrolyte concentration in freshwater and during seawater acclimation in yearling coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. General Comparative Endocrinology, 56:146-155.

Shrimpton J.M., Bernier N.J. and Randall D.J., 1994. Change in cortisol dynamics in wild and hatchery-reared juvenile coho salmon, *oncorhynchus kisutch*, during smoltification. Canadian Journal Fish Aquatic Science, 51:2179-2187.

Stefansson S.O., Berge A.I. and Gunnarsson G.S., 1998. Changes in seawater tolerance and gill Na^+, K^+-ATPase activity during desmoltification in Atlantic salmon kept in the freshwater at different temperatures. Aquaculture, 168:271-277.

Changes of hormons (T_3, T_4 and cortisol) and ions (Na^+, Cl^-, K^+) during smoltification in *Salmo trutta caspius* Kessler 1877

Mohammadrezaei D.[(1)]*; Majazi Amiri B.[(2)] and Farhangi M.[(3)]

d.merzaei@malayeru.ac.ir

1- Environmental Department, Faculty of Natural Resources, University of Malayer, Malayer, Iran

2, 3 -Fisheries and Environmental Department, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, P.O.Box: 31585-4314 Karj, Iran

Received: December 2011 Accepted: October 2012

Keywords: Salmonidae, Fish physiology, Blood electrolytes, Caspian Sea, Iran

Abstract

Salmo trutta caspius is an important and economic fish in the Caspian Sea has several morphological and physiological changes during smoltification. In this study, Hormonal (T_3, T_4 & Cortisol) and ionic (Na^+, Cl^- & K^+) changes in the serum were determined during the period of smoltification in 5, 10, 15 & 20g of hatchery reared *salmo trutta caspius* in different seasons (spring, summer, autumn & winter). Hormones were measured by Eliza and Radio Immuno Assay, Na^+ and K^+ using flame photometer, Cl^- by colorimeter. T_3 and T_4 were quite high in spring, especially in the juvenile of 20g. Cortisol was quite low in spring and summer in all of weight groups. Ionic changes showed no significant differences with weight, but it was significantly different among seasons. This result suggests that analyzing the plasma thyroid hormones and ionic provide useful information about the optimal time of transferring Caspian Sea trout from fresh water to sea water. It is concluded that the juvenile fish of 20g shows a better smoltification process in the spring.

*Corresponding author