اثرات دوره‌هاي گرسنگي و تغذیه مجدد بر تنظیم یوني-اسمزي ماهیان آزاد دو تابستانه دریاي خزر

جمشید امیري مقدم*[۱]، فاطمه منیعي[۲]، صابر خدابنده[۳] و جاوید ایمانپور نمین[۲]
[۱] گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران
[۲] گروه شیلات و آبزیان، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران
[۳] گروه بیولوژي دریا، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۳/۳ ، تاریخ تصویب: ۱۳۹۱/۳/۳۰)

چکیده
اثرات شرایط مختلف تغذیه‌اي بر تنظیم یوني- اسمزي بچه ماهیان آزاد دریاي خزر (*Salmo trutta caspius*) رودخانه‌زي بررسي گردید. ۷۵۰ بچه ماهي (g ۱± ۱۲/۵) پس از سازگاري به محیط جدید، تحت تیمارهاي شش هفته غذادهي کامل (FFF)، سه هفته غذادهي- سه هفته گرسنگي(FS)، شش هفته گرسنگي (SSS)، دو هفته غذادهي - دو هفته گرسنگي- دو هفته تغذیه مجدد (FSF) و سه هفته گرسنگي- سه هفته تغذیه مجدد (SF) نگهداري شدند؛ غذادهي با جیره تجاري ماهي قزل‌آلا روزانه سه بار در حد اشباع انجام گرفت. در نتایج بین میزان الکترولیت‌هاي سدیم، کلر، پتاسیم و منیزیم سرم خون تیمارها اختلاف معني‌داري دیده نشد، اما میزان اسمولالیته با افزایش دوره گرسنگي از میزان ۲۹۹ میلي اسمول بر کیلوگرم در تیمار FFF به ترتیب به ۲۸۶ و ۲۷۱ میلي اسمول بر کیلوگرم در تیمارهاي FS و SSS کاهش یافت ($P<0.05$) و تغذیه مجدد پس از دوره‌هاي گرسنگي باعث جبران کاهش میزان اسمولالیته به مقادیر مشابه در تیمار FFF شد. پنج روز پس از انتقال ماهیان به آب دریاي خزر (۱۳ گرم در لیتر)، میزان منیزیم در تیمارهاي سه و شش هفته گرسنگي نسبت به گروه شاهد (۲.۳۶ میلي اکي والان بر لیتر) به ترتیب به ۳.۵۵ و ۳.۴۰ میلي اکي والان بر لیتر رسید ($P<0.05$). میزان پتاسیم سرم خون نیز بین تیمارها اختلاف معني‌دار نامنظمي داشت اما در مقادیر سدیم و کلر اختلاف معني داري مشاهده نشد. میزان اسمولالیته سرم خون نسبت به گروه FFF (۳۶۶ mOsmol/kg) در تیمار FS به حداکثر ۴۱۵ mOsmol/kg افزایش و در تیمار SSS به حداقل ۳۰۶ mOsmol/kg کاهش یافت ($P<0.05$). نتایج نشان مي دهد که گرسنگي مي تواند روي ظرفیت تنظیم یوني بچه ماهیان آزاد خزر اثر منفي داشته و با تغذیه مجدد اگرچه در مواردي این ظرفیت قابل برگشت است ولي گرسنگي طولاني مدت اثرات جبران ناپذیري مي تواند داشته باشد.

واژه هاي کلیدي: *Salmo trutta caspius*، گرسنگي، تغذیه مجدد، تنظیم اسمزي

* نویسنده مسئول: تلفن: ۰۱۲۲۶۲۵۳۱۰۱ فاکس: ۰۱۲۲۶۲۵۳۴۹۹ E-mail: jamirimoghadam@gmail.com

مقدمه

در محيط طبيعي بسياري از ارگانيزم‌ها نظير ماهيان به صورت موقتي يا فصلي دچار محدوديت كامل يا جزيي در دسترسي به غذا مي‌شوند (Furne Gurney *et al*., 2003 ; *et al*., 2008). پس از دوره‌ي محدوديت غذايي راندمان جذب غذا افزايش مي‌يابد، اما به دليل تفاوت در شرايط محيطي يا فيزيولوژيک ماهي لزوما در تمام ماهي‌ها پديده‌ي پرخوري رخ نمي دهد. معمولا افرادي كه در شرايط فقيرتري از لحاظ تغذيه‌اي هستند در زمان وفور غذا پاسخ قوي‌تري به آن مي‌دهند (Milaja, 2006). در مورد ماهيان سازگار شده با آب شيرين كه تنظيم اسمزي از نوع Hyperosmoregulation انجام مي‌دهند (Evans *et al*., 2005) و اسمولاريته پلاسماي آن ها در سطوح بالاتري نسبت به محيط قرار دارد، موجود با مشكل هجوم آب در اثر اسمز و خروج يون در اثر انتشار مواجه است. مشكل آب ورودي بايستي با خروج بيشتر از طريق كليه ها جبران گردد و همچنين كمبود يون‌هاي از دست رفته بايستي از طريق جذب و بازجذب يون‌ها از طريق آبشش و كليه (و در بعضي گونه‌ها از طريق پوست) و همچنين از طريق جيره‌غذايي در دستگاه گوارش جبران گردد (Baldisserotto *et al*, 2005). از سوي ديگر، ماهيان دريازي كه در محيطي هايپراسمتيک زندگي مي‌كنند تنظيم اسمزي از نوع Hypoosmoregulation دارند، در اين ماهيان اسمولاليته مايعات بدن همواره كمتر از ميزان آن در آب دريا است و در نتيجه با هجوم يون‌ها به خون و از دست دادن آب بدن در اثر پديده‌ي اسمزي مواجه هستند (Evans *et al*., 2005). از شاخص هاي مهم براي مشخص كردن توان تنظيم اسمزي يک ماهي در آب شيرين يا شور، سنجش تغيرات يوني و به دنبال آن سنجش ميزان اسمولاريته پلاسما مي‌باشد (Vijayan *et al*., 1996).

يک فاز بحراني در سيكل زندگي آزاد ماهيان دوره‌ي انتقال به آب شور است و تنظيم فشار اسمزي در مرحله تبديل رودخانه‌زي به اسمولت مي باشد، دوره‌اي كه اغلب با كاهش اشتها و رشد همراه است. تغييرات غذا و رژيم غذايي مي تواند اشتها و رشد را در اين مرحله تحت تاثير قراردهد و عملكرد ماهيان تازه رهاسازي شده را افزايش دهد (Toften *et al*., 2003). حدودا پنج تا هفت هفته بعد از انتقال به آب شور اشتها و رشد ماهيان كاهش مي‌يابد، كه بيشتر از زمان سازگار شدن و تنظيم اسمزي است كه تقريبا ۱۰ روز طول مي‌كشد (Stradmeyer, 1994; Usher *et al*., 1991). در ماهي آزاد اقيانوس اطلس (*Salmo salar*) كاهش اشتها پس از انتقال به آب دريا مشاهده مي‌شود و مدت زمان آن بسيار متنوع مي‌باشد؛ برخي محققين دريافتند كه كاهش اشتها مي‌تواند پنج تا هفت هفته به طول انجامد (Stradmeyer, 1994; McCarthy *et al*., 1996). Toften و همكاران (2003) نيز اظهار داشتند عليرغم اينكه ماهي اسمولت آزاد اقيانوس اطلس ۱۰ روز بعد از انتقال به آب شور سازگاري يافته است، اشتهاي آنها به مدت ۳۰ تا ٤۰ روز بعد از انتقال كاهش مي‌يابد. Usher در سال ۱۹۹۱ و Jørgensen و Jobling در سال ۱۹۹٤ پيشنهاد كردند كه تفاوت در زمان برگشت اشتها مي‌تواند به تفاوت در سازگاري به آب دريا مربوط باشد. بطوريكه ماهيان اسمولت آزاد اطلس كه در دوره‌هاي مختلف مرحله انتقال از رودخانه‌زي به اسمولت، به آب شور منتقل شده‌اند، تفاوت‌هايي را در عملكرد تغذيه و رشد نشان مي‌دهند. ماهي آزاد درياي خزر (*Salmo trutta caspius*) همانند ساير آزادماهيان در طي مهاجرت خود از آب شيرين به آب دريا و تبديل از مرحله رودخانه‌زي به اسمولت، با دوره‌هاي گرسنگي ناشي از استرس شوري مواجه مي‌شود. همچنين كسب توان مقابله با شوري ۱۳ گرم در هزار آب درياي خزر از مهمترين مراحل زندگي آن مي‌باشد (Oulad *et al*., 2010). اين دوره‌هاي گرسنگي و محدوديت غذايي ممكن است باعث اختلال در روند تنظيم اسمزي و يوني ماهيان پس از رهاسازي گردد. به همين خاطر امروزه اكثر تحقيقات روي بهبود عوامل مؤثر بر فرآيند اسمزي و ظرفيت انتقال يون، نظير تغيير شرايط پرورشي، تغييرات ژنتيكي و تغذيه مناسب متمركز شده است. تا كنون مطالعات بسياري در مورد روند تنظيم

اسمزي و نيز تغذيه ماهي آزاد درياي خزر صورت گرفته است اما به بررسي اثرات شرايط تغذيه‌اي ماهي آزاد درياي خزر قبل از رهاسازي بر روند تنظيم اسمزي و سازگاري به آب درياي خزر توجهي نشده است. لذا در اين مطالعه سعي شد اثرات دوره‌هاي مختلف گرسنگي و تغذيه مجدد بر فاكتورهاي متغير در روند تنظيم اسمزي نظير ميزان الكتروليت‌هاي سديم، كلر، منيزيم و پتاسيم و همچنين ميزان اسمولايته سرم خون ماهي آزاد درياي خزر در آب شيرين و پس از انتقال به آب درياي خزر در اين گونه ارزشمند مورد بررسي قرار گيرد.

مواد و روش ها

شرايط آزمايش

پژوهش حاضر در ماه‌هاي مهر و آبان سال ۱۳۸۷ در مركز تكثير و پرورش ماهيان سردابي شهيد باهنر كلاردشت انجام شد. تعداد ۷۵۰ قطعه بچه‌ماهي آزاد درياي خزر رودخانه‌زي، حاصل از يک دوره تكثير، با ميانگين وزني ۱۲/۵±۱ گرم به صورت تصادفي (۵۰ عدد در هر حوضچه) به ۱۵ حوضچه‌ي بتوني حاوي ۱/۵ متر مكعب آب معرفي شدند. تعويض آب حوضچه‌ها بطور دائم با آب شيرين (Fresh Water: FW) رودخانه با دبي ۱۵ ليتر در دقيقه صورت گرفت. آزمايش تحت رژيم نوري طبيعي انجام شد و دماي آب در ابتداي دوره ۱±۱۱ درجه سانتي‌گراد و به تدريج در انتهاي دوره به۱±۷ درجه سانتي‌گراد رسيد. ميزان اكسيژن آب ۰/۵±۸ ميلي‌گرم بر ليتر و pH ۰/۲ ± ۷ بود. ماهيان به مدت دو هفته جهت سازگاري به شرايط آزمايش روزانه دو بار در حد اشباع با جيره تجاري قزل‌آلا حاوي به ترتيب ۵۰/۸۲ درصد پروتئين، ۱۷/۱ درصد چربي، ۹/۴۸ درصد كربوهيدرات و ۳۹۴۸ كيلو كالري بر كيلوگرم انرژي قابل هضم در حد اشباع تغذيه شدند. سپس در مدت شش هفته در محيط آب شيرين، شرايط مختلف تغذيه‌اي از جمله غذادهي(F^1)، گرسنگي (S^2) و تغذيه مجدد در پنج تيمار مختلف شامل: FFF، FS، SSS، FSF و SF (به ترتيب شش هفته غذادهي كامل، سه هفته غذادهي و سه هفته گرسنگي، شش هفته گرسنگي، دو هفته غذادهي - دو هفته گرسنگي- دو هفته تغذيه مجدد و سه هفته گرسنگي- سه هفته تغذيه مجدد) بر ماهيان اعمال گرديد (Falahatkar *et al*., 2007). غذادهي به ماهيان با جيره تجاري قزل‌آلا با تركيب مذكور، به صورت دستي، روزانه سه بار در حد اشباع به شرح تيمار هاي فوق الذكر، در ساعات ۰۹:۰۰ ، ۱۳:۰۰ و ۱۶:۰۰ انجام گرفت.

نمونه برداري و نحوه انتقال ماهيان به آب درياي خزر

پس از پايان دوره‌ي اعمال شرايط مختلف تغذيه‌اي، ماهي‌ها توسط پودر گل ميخک با غلظت $350\ mg\ l^{-1}$ بيهوش گرديدند (Sudagar *et al*., 2009) و به خاطر كم بودن خون يک ماهي جهت آناليزها به روش Pooling از ۱۵ ماهي در هر تكرار با قطع ساقه دمي به كمک لوله مويين غير هپارينه خون‌گيري به عمل آمد. جهت انعقاد خون و به دست آوردن سرم، لوله‌هاي آزمايش به مدت ۴ ساعت در يخچال با درجه حرارت ۴+ درجه سانتي‌گراد نگهداري شدند (Kiron *et al*., 2004)، سپس به مدت ۵ دقيقه با سرعت g×۱۰۰۰ سانتريفيوژ شدند و سرم‌هاي بدست آمده جهت جلوگيري از تغيير در فاكتورهاي مورد نظر جهت سنجش، تا زمان انجام آزمايش‌ها در تانک حاوي ازت مايع با درجه حرارت ۱۹۶- درجه سانتي‌گراد نگهداري شدند. در مرحله بعد جهت بررسي توان سازگاري ماهيان به آب درياي خزر پس از اعمال شرايط مختلف تغذيه‌اي، تعداد ۱۵ عدد از ماهيان باقيمانده در هر حوضچه به مدت پنج روز (Uchida *et al*., 1996) در وان‌هاي ۷۰ ليتري حاوي آب درياي خزر (۱۳ گرم در ليتر) مربوط به منطقه ساحلي چالوس قرار گرفتند، پس از پنج روز نگهداري ماهيان در شرايط مذكور بدون اينكه تغذيه شوند، مجددا از ماهيان خون‌گيري به عمل آمد و سرم خون جهت انجام آزمايش‌ها توسط تانک ازت مايع به آزمايشگاه منتقل شد.

[1] Feeding
[2] Starvation

اندازه گيري الكتروليت‌ها و اسمولاليته

غلظت يون‌هاي سديم و پتاسيم با روش فليم فتومتر (شعله و نور سنجي) توسط دستگاه فليم فتومتر (Jenway pfp 7, England) اندازه گيري شد، درحاليكه غلظت يون‌هاي كلر و منيزيم بر اساس روش رنگ سنجي با استفاده از دستگاه اسپكتروفتومتر RA-1000 (USA TECNICON) بر حسب ميلي‌اكي‌والان گرم در ميلي‌ليتر سنجش شدند (Krayushkina, 2006). اسمولاليته سرم خون نيز توسط دستگاه اسمومتر نقطه انجماد (OsmoTech, England) بر حسب ميلي اسمول بر كيلوگرم اندازه‌گيري شد (Krayushkina, 2006).

آزمون هاي آماري

اين تحقيق در قالب طرح كاملا تصادفي متعادل[3] اجرا شد. از آزمون Leven جهت بررسي همگني واريانس‌ها استفاده شد. تجزيه و تحليل داده‌ها از طريق آزمون تجزيه واريانس يک طرفه[4] در سطح ۵ درصد انجام شد و جهت مقايسه بين تيمارها براي واريانس‌هاي همگن از آزمون دانكن و ناهمگن از آزمون دانت تي ۳ استفاده گرديد (Jackson *et al*., 2005). جهت تجزيه و تحليل آماري داده‌ها از نرم‌افزار SPSS ويرايش ۱۷ و رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel ويرايش ۲۰۰۷ استفاده گرديد.

نتايج

مقادير الكتروليت‌هاي سرم خون بچه ماهيان آزاد درياي خزر شامل سديم، كلر، منيزيم و پتاسيم پس از اعمال رژيم‌هاي مختلف تغذيه‌اي در جدول ۱ نشان داده شده است.

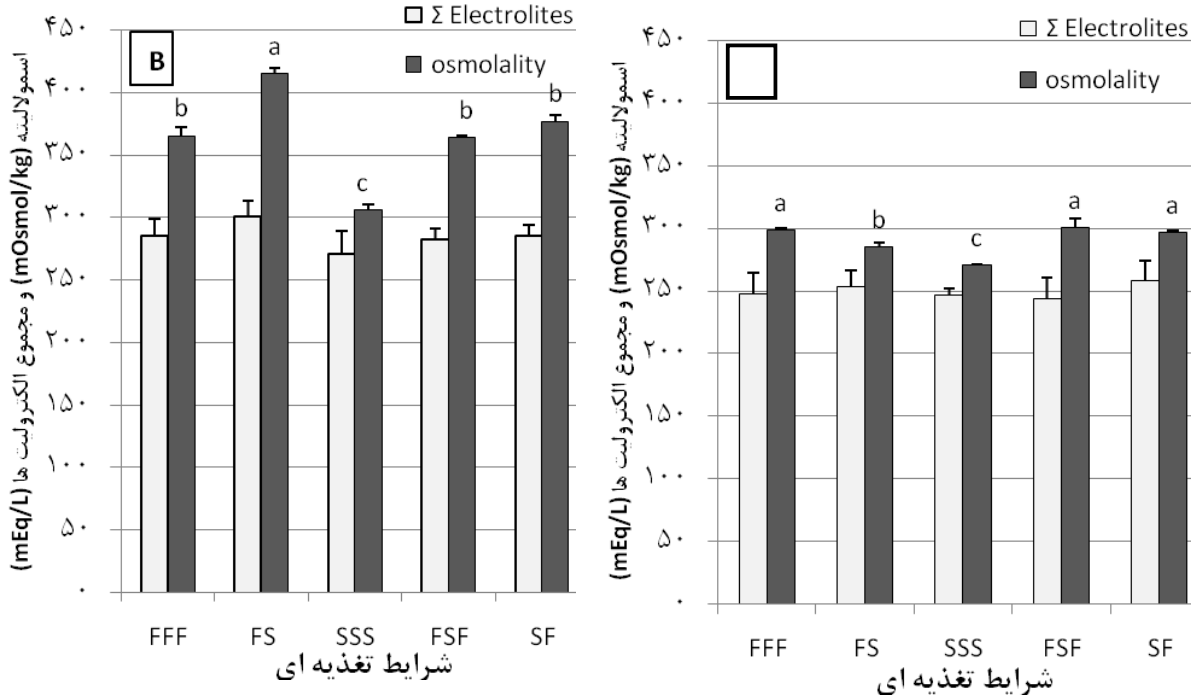
نتايج نشان داد كه دوره‌هاي مختلف گرسنگي و تغذيه مجدد پس از آن در مقادير الكتروليت‌هاي سديم، كلر، منيزيم و پتاسيم سرم خون اختلاف معني‌داري ايجاد نكرده است. همچنين پنج روز پس از انتقال ماهيان به آب لب شور درياي خزر با وجود افزايش كلي در ميزان الكتروليت‌هاي سرم خون، تفاوت معني‌داري در مقادير الكتروليت‌هاي سديم و كلر بين تيمارها مشاهده نشد و تنها در ميزان منيزيم و پتاسيم سرم خون بين تيمارها اختلاف معنی‌داری وجود داشت. پس از انتقال ماهي‌ها به آب درياي خزر مقدار منيزيم در تمام تيمارها نسبت به گروه تغذيه كامل يا FFF (۲/۳۶ mEq/L) تفاوت داشت، بطوريكه بيشترين مقادير آن در تيمارهاي FS و SSS به ترتيب به ۳/۵۵ و ۳/۴۰ ميلي اكي والان بر ليتر رسيد درحاليكه در تيمارهاي FSF و SF به ترتيب به ۲/۶۲ و ۲/۷۸ ميلي اكي والان بر ليتر رسيد ($P<0.05$). در مورد الكتروليت پتاسيم نيز تغييرات نامنظمي رخ داد (جدول ۱). همانطور كه در نمودار ۱A آمده است، علي رغم عدم وجود اختلاف معني‌دار در مقادير تجمعي الكتروليت‌هاي سديم، كلر، منيزيم و پتاسيم، ميزان اسمولاليته سرم خون ماهيان با افزايش دوره گرسنگي به شكل معني‌داري كاهش يافت و از ۲۹۹ ميلي اسمول بر كيلوگرم در تيمار شاهد به ترتيب به ۲۸۶ و ۲۷۱ ميلي اسمول بر كيلوگرم در تيمارهاي FS و SSS رسيد. درحاليكه تغذيه مجدد پس از دوره‌هاي دو و سه هفته گرسنگي باعث جبران اين كاهش شد و به ترتيب در تيمارهاي FSF و SF به ۳۰۱ و ۲۹۷ ميلي اسمول بر كيلوگرم رسيد (نمودار ۱A). مجموع مقادير الكتروليت‌هاي سرم خون شامل سديم، كلر، منيزيم و پتاسيم پنج روز پس از انتقال بچه ماهيان به آب درياي خزر اختلاف معني‌داري بين تيمارها نداشت (نمودار ۱B)، ولي در ماهياني كه تحت شرايط گرسنگي بودند (FS و SSS)، ميزان اسمولاليته سرم خون نسبت به گروه FFF (۳۶۶ mOsmol/kg) و تغذيه مجدد (FSF و SF) به صورت نامنظمي اختلاف داشتند و در تيمار FS به شدت افزايش يافت و به ۴۱۵ ميلي اسمول بر كيلوگرم رسيد، درحاليكه در تيمار SSS شديدا كاهش يافت و به ۳۰۶ ميلي اسمول بر كيلوگرم رسيد (نمودار ۱B).

[3] Completely Randomized Design
[4] One Way ANOVA

جدول ۱- تغييرات غلظت الكتروليت‌هاي سديم، كلرايد، منيزيم و پتاسيم سرم خون (بر حسب ميلي اكي والان گرم بر ليتر) در ماهي آزاد درياي-خزر رودخانه‌زي در اثر اعمال شرايط مختلف غذايي (**FFF** ، **FS**، **SSS**، **FSF** و **SF** به ترتيب شش هفته غذادهي كامل، سه هفته غذادهي و سه هفته گرسنگي، شش هفته گرسنگي، دو هفته غذادهي - دو هفته گرسنگي- دو هفته تغذيه مجدد و سه هفته گرسنگي- سه هفته تغذيه مجدد)، در آب شيرين (**FW**) و پنج روز بعد از انتقال ماهيان به آب درياي خزر (**SW**). داده‌ها بر اساس ميانگين ±انحراف معيار. گزارش شده‌اند. (۳ =**n** و براي هر تكرار از ۱۵ ماهي خونگيري به عمل آمد). حروف متفاوت بيانگر تفاوت معني‌دار بين تيمارها تحت آزمون دانكن مي‌باشد **(P<0.05)**.

شاخص	شرايط محيطي	شرايط تغذيه‌اي				
		FFF	FS	SSS	SF	FSF
سديم	FW	۱۳۰±۷	۱۳٤±٦/۱	۱۳۲±۲/٦۵	۱۳٦±۱۲/۳	۱۲۸±۱۳
	CSW	۱٤۸±۸	۱۵۸±۵/۵۷	۱٤۲±۱۳/۲۳	۱۵۰±۷	۱٤۸±۹/۱۷
کلر	FW	۱۱٤/٤±۱۳/۲۵	۱۱۵/۳±۹/۲۹	۱۱۱/۵±۵/۳۸	۱۱۸/۸±۷/٦	۱۱۲/۹±٦/٤٤
	CSW	۱۳۳/٦±۷/۷۹	۱۳۷/٤±٤/۳۹	۱۲٤/۸±۲/٦۵	۱۳۰/۷±۳/۵۲	۱۳۰/۸±۱۲/۳۷
منیزیم	FW	۲/٦۱±۰/۱۳	۲/۷۷±۰/۲۱	۲/۲٤±۰/۱	۲/۲۳±۰/۰۵	۲/۲۱±۰/۱
	CSW	۲/۳٦±۰/۰۹ ^{c}	۳/۵۵±۰/۰۸ ^{a}	۳/٤۰±۰/۱۲ ^{a}	۲/۷۸±۰/۱۳ ^{b}	۲/٦۲±۰/۱۲ ^{b}
پتاسیم	FW	۰/۹۰±۰/۱	۱/۲۰±۰/۲	۱/۱۰±۰/۲٦	۱/۱۰±۰/۲٦	۱/۰۰±۰/۲
	CSW	۱/٦۰±۰/۲٦ ^{a}	۱/۷۰±۰/۳۵ ^{a}	۰/۹۰±۰/۲ ^{b}	۱/٤۰±۰/۳ ^{ab}	۱/۰۰±۰/۲ ^{b}

حروف متفاوت در رديف‌های يكسان بيانگر تفاوت معني‌دار بين تيمارها تحت آزمون دانكن مي‌باشد (P<0.05).



نمودار ۱- تغييرات مقدار اسمولاليته و مقادير تجمعي الكتروليت‌هاي سديم، كلر، منيزيم و پتاسيم سرم خون در ماهي آزاد درياي خزر رودخانه-زي پس از اعمال شرايط مختلف تغذيه‌اي (**FFF** ، **FS**، **SSS**، **FSF** و **SF** به ترتيب شش هفته غذادهي كامل، سه هفته غذادهي و سه هفته گرسنگي، شش هفته گرسنگي، دو هفته غذادهي - دو هفته گرسنگي- دو هفته تغذيه مجدد و سه هفته گرسنگي- سه هفته تغذيه مجدد) ، **A**: در آب شيرين (**FW**)؛ **B**: پنج روز بعد از انتقال ماهيان به آب درياي خزر (**SW**). داده‌ها بر اساس ميانگين ± انحراف معيار گزارش شده‌اند. (۳ =**n** و براي هر تكرار از ۱۵ ماهي خونگيري به عمل آمد). حروف متفاوت بيانگر تفاوت معني‌دار بين تيمارها تحت آزمون دانكن مي‌باشد **(P<0.05)**.

بحث

بر طبق نتايج بدست آمده، اگرچه مقادير الكتروليت‌هاي سرم خون در آب شيرين در شرايط مختلف تغذيه‌اي تفاوتي نداشتند و فقط اسمولاليته سرم خون ماهيان تحت شرايط گرسنگي اندكي كاهش يافت، اما گرسنگي ماهيان پس از انتقال به آب درياي خزر باعث ايجاد تغييرات نامنظم در ميزان پتاسيم و نيز افزايش در ميزان الكتروليت منيزيم سرم خون شد؛ بعلاوه در ميزان اسمولاليته سرم خون ماهيان تحت شرايط گرسنگي اختلالاتي بروز نمود.

مطالعات بر روي قزل‌آلاي رنگين‌كمان (Jürss *et al*., 1987) و تيلاپيا (Kültz and Jürss, 1991) كاهش در فعاليت آنزيم Na^+K^+-ATPase آبشش را پس از چند هفته گرسنگي هم در آب شيرين و هم آب شور نشان دادند. همچنين Kultz و Jurss (1991) اذعان كردند كه ماهيان تيلاپياي گرسنه، ۵۲ ساعت پس از انتقال به آب دريا، اسمولاليته‌ي بالاتري نسبت به ماهيان تغذيه شده دارند. نتايج مشابهي توسط Vijayan و همكارانش (1996) در ماهي تيلاپيا گزارش شد و ماهياني كه دو هفته گرسنه مانده بودند، سه روز پس از انتقال به آب دريا، سطوح كلرايد پلاسما بالاتر از ماهيان تغذيه شده بود. لذا با وجود كاهش اسمولاليته در اين تحقيق، به نظر مي‌رسد كه مكانيزم‌هاي دخيل در تنظيم يون در آب شيرين در دوران گرسنگي توانسته‌اند تعادل يوني را حفظ و همچنين از بروز تفاوت شديد در ميزان الكتروليت‌ها در اثر گرسنگي جلوگيري نمايند. Ferreire و همكاران (2005) نيز اعلام كردند قزل‌آلاي رنگين كمان مي تواند براي دوره هاي طولاني مدت گرسنگي بدون كاهش غلظت سديم زنده بماند و همان ميزان سديمي كه از آب وارد مي شود براي حفظ تعادل يوني در زمان نبود غذا (مثلا در زمستان) كافي است.

Dabrowski و همكارانش (1986) دريافتند كه اگرچه جذب نمک به همراه نوشيدن در ماهيان دريايي نسبت به جذب جيره‌اي مهم تر است، اما تغذيه در آب شيرين و آب شور شديدا تعادل يوني را در روده ي ماهيان يوري هالين تغيير مي دهد (Taylor and Grosell, 2006). بنابراين ماهيان در تيمارهاي تحت شرايط سه و شش هفته گرسنگي، دچار افزايش و كاهش غيرطبيعي اسمولاليته سرم خون پس از انتقال به آب درياي خزر شدند و تغذيه‌ي مجدد پس از شرايط گرسنگي توانست از بروز اختلال در اسمولاليته سرم خون ماهيان پس از انتقال جلوگيري كند. كاهش اسمولاليته ماهيان تحت شش هفته گرسنگي پس از انتقال به آب لب شور خزر (۱۳ppt) مي‌تواند با دفع بيش از حد يون‌ها در محيط آب لب‌شور درياي خزر مرتبط باشد. در ماهي سالمون آتلانتيک مواجه با شرايط گرسنگي نيز ميزان بالاي يون كلرايد پلاسما با افزايش معني دار در فعاليت آنزيم Na^+K^+-ATPase آبشش در آب دريا كاهش يافت و بالعكس به هنگام كاهش سطوح يون كلرايد، كاهش ميزان فعاليت اين آنزيم كليدي باعث بالا رفتن ميزان يون كلرايد در پلاسما شد و اختلال در تنظيم اسمزي اين ماهيان پس از دوره‌ي تغذيه‌ي مجدد از بين رفت (Stefansson *et al*., 2009). همچنين عنوان شده است كه تحرک متابوليت‌هاي پروتئيني در تنظيم اسمزي اهميت زيادي دارد. در ماهيان دريايي اسيدهاي آمينه مانند تورين و گلاسين به عنوان ماده موثر در تنظيم اسمزي عمل مي كنند و مي توانند به عنوان يک اسمولايت[5] در طول سازگاري به شوري ايفاي نقش كنند (Tseng and Hwang, 2008). بنابراين كاهش اسمولاليته بدون كاهش در ميزان الكتروليت‌ها پس از دوره گرسنگي (نمودار ۱A و ۱B) نيز موید اين مطلب است كه كاهش اسمولاليته در اثر گرسنگي طولاني مدت مي تواند با كاهش ميزان پروتئين پلاسما در ارتباط باشد.

ماهيان مورد مطالعه، ماهيان رودخانه‌زي در مرحله‌ي انتقال به اسمولت، با متوسط وزن پايين‌تر نسبت به ماهيان هم سن خود بوده‌اند، بنابراين آنها در مرحله‌اي از كمبود انرژي تكاملي به سر مي برند (Stubhaug *et al*., 2006; Lim and Webster, 2001) كه آنها را نسبت به محدوديت‌هاي غذايي در دوران اوليه پس از اسمولت

[5] Osmolyte

آسيب پذير خواهد ساخت. رهاسازي اين ماهيان به محيط طبيعي علاوه بر تغييرات در فاكتورهاي محيطي نظير دما، شوري و اكسيژن، همراه با استرس‌هاي دستكاري و جابه‌جايي مي‌باشد. اين فاكتورها باعث ايجاد پاسخ استرس در ماهيان مي‌شوند كه خود سبب كاهش جذب غذا پس از انتقال به آب دريا مي‌شود (Liebert and Schreck, 2006; Stefansson *et al*., 2009). همچنين مهاجرت در محيط طبيعي مي‌تواند همراه با تجربه‌ي دوره‌هايي از محدوديت دسترسي به غذا باشد. تعداد زيادي از ماهيان وحشي پس از دوران اسمولت شدن با معده‌هاي خالي مشاهده شده‌اند كه اين خود تاييد كننده‌ي دوره‌هاي محدوديت در دسترسي به غذا مي‌باشد (Levings *et al*., 1994; Andreassen *et al*., 2001). علاوه بر دلايل مذكور، آزادماهيان دماهاي پايين آب را در طول زمستان تجربه مي‌كنند كه اغلب علاوه بر دسترسي محدود به غذا، سبب عدم تغذيه مي‌شود. در مطالعه‌اي در مورد اثرات گرسنگي و تغذيه مجدد بر ساختار ساك‌هاي پيلوريک و كبد بچه ماهي آزاد دو تابستانه درياي خزر انجام شد (Emadi, 2010; Fallah, 2009) نتايج نشان داده كه در اين ماهي، گرسنگي طولاني مدت مي تواند باعث كاهش اندازه و سطح پرزهاي ساك‌هاي پيلوريک گردد كه اين خود مي‌تواند نقش تنظيم يوني اين قسمت از دستگاه گوارش را تحت تاثير قرار دهد. اين كاهش مشاهده شده در بيشتر موارد بعد از تغذيه مجدد جبران شده بود ولي به نظر مي رسد اگر اين كاهش همراه با آسيب ديدگي انتروسيت ها باشد حتي با تغذيه مجدد هم جبران نشده و وظايف مختلف اين ساک ها از جمله تنظيم يوني را تحت الشعاع قرار خواهد داد. در مجموع نتايج مطالعه‌ي حاضر نشان داد كه محدوديت غذايي و يا گرسنگي در ماهيان آزاد درياي خزر رودخانه‌زي كه ممكن است پس از رهاسازي به محيط طبيعي و يا به هنگام مهاجرت طبيعي آن ها به سمت دريا رخ مي‌دهد مي تواند ماهيان را با كاهش توان تنظيم اسمزي در مواجه با آب شور دريا درگير نمايد و در پايان مي‌توان پيشنهاد نمود كه تغذيه مجدد ماهيان پس از شرايط گرسنگي كوتاه مدت مي‌تواند از بروز اختلال در اسمولاليته سرم خون ماهيان به هنگام ورود به درياي خزر جلوگيري كند.

نتيجه‌گيري

به طور خلاصه نتايج اين مطالعه نشان داد اگرچه گرسنگي توانايي تعادل يوني ماهي آزاد را در آب شيرين مختل نمي‌كند، اما باعث اختلال معني‌دار در ميزان اسمولاليته سرم خون در ماهيان قبل و پس از انتقال به آب درياي خزر مي‌شود كه حداقل دو يا سه هفته تغذيه مجدد (SF وFSF) مي‌تواند مانع از بروز چنين اختلالاتي در روند سازگاري به آب دريا شود. بنابراين اطمينان از شرايط مطلوب غذايي در محيط قبل از رهاسازي ماهيان آزاد درياي خزر به محيط‌هاي طبيعي به منظور جلوگيري از ايجاد شرايط گرسنگي و اختلال در تعادل اسمزي ماهيان و ايجاد استرس پس از ورود به دريا ضروري به نظر مي‌رسد.

References

- Andreassen, P.M.R., Martinussen, M.B., Hvidsten, N.A., Stefansson, S.O., 2001. Feeding and prey-selection of wild Atlantic salmon post-smolts. Journal of Fish Biology 58, 1667–1679.
- Baldisserotto, B., Mancera, J.M., Kapoor, B.G., 2005. Fish Osmoregulation. Science Publishers, Enfield, NH, USA, 527 pp.
- Dabrowski, K., Leray, C., Nonnotte, G., Colin, D. A., 1986. Protein digestion and ion concentrations in Rainbow trout (*Salmo Gairdnerii* Richardson) digestive tract in sea- and fresh water. Comparative Biochemistry and Physiology 83A, 27-39.

- Emadi S. M., 2010. Effects of starvation and refeeding on pyloric caeca and liver of +2 Caspian trout (*Salmo trutta caspius*, Kessler 1877) fry. Master thesis. Natural Resources and Marine Sciences Department, Tarbiat Modares University, 121 pp.
- Evans, D.H., Piermarini, P.M., Choe, K.P., 2005. The multifunctional fish gill: dominant site of gas exchange, osmoregulation, acid-base regulation and excretion of nitrogenous waste. Physiological Review 85, 97-177.
- Falahatkar, B., Foadian, A., Abbasalizadeh, A. Tolouei Gilani., M.H., 2007. Effect of starvation and feeding strategiels on growth performance in sub-yearliny great sturgeon (*Huso huso*). Aquaculture Europe Conference 2007.
- Fallah, S., 2009. Effects of salinity stress on mortality rate and some osmoregulatory factors in intestine of +2 Caspian trout in different weights. Master thesis. Master thesis. Natural Resources and Marine Sciences Department, Tarbiat Modares University, 107 pp.
- Furne, M., García-Gallego, M., Hidalgo, M.C., Morales, A.E., Domezain, A., Domezain, J., Anz, A., 2008. Effect of starvation and refeeding on digestive enzyme activities in sturgeon (*Acipenser naccarii*) and trout (*Oncorhynchus mykiss*). Comparative Biochemistry and Physiology (A) 149, 420–425.
- Gurney, W., Jones, W., Veitch, R., Nisbet, R., 2003. Resource allocation, hyperphagia and compensatory growth in juveniles. Ecology 84(10), 2777–2787.
- Jackson, L.F., McCormick, S.D., Madsen, S.S., Swanson, P., Sullivan, C.V., 2005. Osmoregulatory effects of hypophysectomy and homologous prolactin replacement in hybrid striped bass. Comparative Biochemistry and Physiology 140(B), 211 –218.
- Jørgensen, E.H., Jobling, M., 1994. Feeding and growth of exercised and unexercised juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) in fresh water, and performance after transfer to sea water. Aquaculture 2, 154–164.
- Jürss, K., Bittorf, T., Völker, T., Wacke, R., 1987. Effects of temperature, food deprivation and salinity on growth, RNA/DNA ratio and certain enzyme activities in rainbow trout (*Salmo Gairdneri* Richardson). Comparative Biochemistry and Physiology 87(B), 241–253.
- Kiron, V., Puangkaew, J., Ishizaka, K., Satoh, S., Watanabe, T., 2004. Antioxidant status and nonspecific immune responses in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed two levels of vitamin E along with three lipid sources. Aquaculture 234, 361-379.
- Krayushkina, L.S., 2006. Considerations on evolutionary mechanisms of osmotic and ionic regulation in Acipenseridae. Journal of Applied Ichthyology 22, 70-76.
- Kültz, D., Jürss, K., 1991. Acclimation of chloride cells and Na/K-ATPase to energy deficiency in tilapia (*Oreochromis mossambicus*). Zoology Journal of Physiology 95, 39–50.
- Levings, C.D., Hvidsten, N.A., Johnsen, B.Ø., 1994. Feeding of Atlantic salmon (*Salmo salar*) postsmolts in a fjord in central Norway. Canadian Journal of Zoology 72, 834–839.
- Liebert, A.M., Schreck, C.B., 2006. Effects of acute stress on osmoregulation, feed intake, IGF-1, and cortisol in yearling steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*) during seawater adaptation. General and Comparative Endocrinology 148, 195–202.
- Lim, C., Webster, C. D., 2001. Nurition and fish health, Food Products Press, New York, London, Oxford, pp 365.
- McCarthy, I.D., Carter, C.G., Houlihan, D.F., Johnstone, R., Mitchell, A.I., 1996. The performance of all-female diploid and triploid Atlantic salmon smolts on transfer together to sea water. Journal of Fish Biology 48, 545– 548.
- Milaja, N., 2006. Effects of temperature and feeding regime on compensatory growth of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. PhD Thesis, University of Jyväskylä, Department of Biological and Environmental Science Hydrobiology and Limnology.1-33.
- Oulad, S., Khodabandeh, S., Abedian Kenari, A., 2010. Effect of different levels of dietary nucleotides on osmoregulation of pyloric caecain caspian seasalmon (*Salmo trutta caspius*). Journal of Veterinary Research 65(4), 273-280.
- Stefansson, S.O., Imsland, A.K., Handeland, S.O., 2009. Food-deprivation, compensatory growth and hydro-mineral balance in Atlantic salmon (*Salmo salar*) post-smolts in sea water. Aquaculture 290, 243–249.
- Stradmeyer, L., 1994. Survival, growth and feeding of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., smolts after transfer to sea water in relation to the failed smolt syndrome. Aquaculture 25, 103– 112.

- Stubhaug, I., Lie, Ø., Torstensen, B. E., 2006. β_oxidation Capacity in Liver Increases During Parr–Smolt Transformation of Atlantic Salmon Fed Vegetable Oil and Fish Oil. Journal of Fish Biology 69, 504–517.
- Sudagar, M., Mohammdizarenajad, A., Mazandarani, R., Pooralimotlagh, S., 2009. The Efficacy of Clove Powder as an Anestethic and its Effects on hematological Parameters on Roach (*Rutilus rutilus*). Journal of Aquaculture Feed Science and Nutrition 1, 1-5.
- Taylor, J.R., Grosell, M., 2006. Evolutionary aspects of intestinal bicarbonate secretion in fish. Comparative Biochemistry and Physiolgy 143(A), 523-529.
- Toften, H., Arnesen, A.M., Jobling, M., 2003. Feed intake, growth and ionoregulation in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts in relation to dietary addition of a feeding stimulant and time of seawater transfer. Aquaculture 217, 647–662.
- Tseng, Y.C., Hwang, P.P., 2008. Some insights into energy metabolism for Osmoregulation in fish. Comparative Biochemistry and Physiology(C) 148, 419-429.
- Uchida, K., Kaneko, T., Yamauchi, K., Hirano, T., 1996. Morphometrical analysis of chloride cell activity in the gill filaments and lamellae and changes in Na^+,K^+-ATPase activity during seawater adaptation in Chum Salmon Fry. Journal of Experimental Zoology 276, 193-200.
- Usher, M.L., Talbot, C., Eddy, F.B., 1991. Effects of transfer to SW on growth and feeding in Atlantic salmon smolts (*Salmo salar* L.), Aquaculture 94, 309–326.
- Vijayan, M.M., Morgan, J.D., Sakamoto, T., Grau, E.G., Iwama, G.K., 1996. Food-deprivation affects seawater acclimation in tilapia: hormonal and metabolic changes. Journal of Experimental Biology 199, 2467–2475.

The Effect of Starvation and Refeeding Periods on Iono-osmoregulation of 2+ Caspian Trout

J. Amiri Moghaddam[1*], F. Maniei[2], S. Khodabandeh[3] and J. Imanpoor Namin[2]
[1]Fisheries Group, Natural Resources and Marine Sciences Department, Tarbiat Modares University, Noor, I.R. Iran
[2] Fisheries Group, Natural Resources Department, Guilan University, Some`e Sara, I.R. Iran
[3] Marine Biology Group, Natural Resources and Marine Sciences Department, Tarbiat Modares University, Noor, I.R. Iran
(Received: 23/05/2011, Accepted: 17/06/2012)

Abstract
Effects of different nutritional conditions on iono-osmoregulation in juvenile of Caspian trout (*Salmo trutta caspius)* parrs were studied. Following adaption to the new environment, 750 Caspian trout parrs (12.5±1 g) were kept under the treatments of six weeks of full feedings (FFF), three weeks of feeding-three weeks of starvation (FS), six weeks of starvation (SSS), two weeks of feeding-two weeks of starvation-two weeks of re-feeding (FSF) and three weeks of starvation-three weeks of re-feeding (SF). Fish were fed with rainbow trout commercial feed three times a day up to satiation. There was no significant difference in serum sodium, chloride, potassium and magnesium between treatments, but serum osmolality decreased from 299 $mOsmolkg^{-1}$ in FFF to 286 and 271 $mOsmolkg^{-1}$ in FS and SSS ($P < 0.05$), and re-feeding, after starvation periods, compensated the osmolality reduction to the similar levels in FFF. Five days after transferring the parrs to Caspian Sea (salinity: 13 gL^{-1}), serum magnesium reached to 3.55 and 3.40 $mEqL^{-1}$ in FS and SSS respectively ($P < 0.05$), in comparison to FFF group (2.36 $mEqL^{-1}$). Serum potassium showed also irregular significant difference between treatments ($P < 0.05$), while chloride and sodium presented no significant difference. Serum osmolality levels increased to a maximum of 415 $mOsmolkg^{-1}$ in FS and were decreased to a minimum of 306 $mOsmolkg^{-1}$ in SSS ($P<0.05$), compare to FFF (366 $mOsmolkg^{-1}$). We concluded that starvation has negative effects on ion regulatory capacity of Caspian trout parrs and although re-feeding can increase this capacity but effects of long period starvation cannot be compensated.

Keywords: *Salmo trutta caspius*, Starvation, Refeeding, Osmoregulation.

*Corresponding author: Tel: +981226253101 Fax: +981226253499 E-mail: jamirimoghadam@gmail.com