



University of Guilan

University of Guilan with collaboration of Iranian
Aquaculture Society

Aquatic Animals Nutrition

Vol. 9, No. 2, 2023, pages: 39-54
DOI: 10.22124/janb.2023.24733.1206



Effect of food deprivation on some physiological responses of Caspian Roach *Rutilus caspicus* (Yakovlev, 1870) juveniles during acclimation with the Caspian Sea water

Sadigheh Nimroodi¹, Hadiseh Kashiri¹, Seyedeh Ainaz Shirangi^{2*}, Hossein Adineh³

1- Department of Fisheries Engineering, Faculty of Fisheries and Pasture Environment and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Golestan, Iran

2- Department of Biology, Faculty of Basic Sciences and Engineering, Gonbad Kavos University, Gonbad Kavos, Golestan, Iran

3- Department of Fisheries Engineering, Faculty of Fisheries, Gonbad Kavos University, Gonbad Kavos, Golestan, Iran

Received 02 May 2023

Revised 16 June 2023

Accepted 21 June 2023

KEYWORDS ABSTRACT

Caspian roach

(*Rutilus*

caspicus)

Food deprivation

Salinity

acclimation

Ion regulation

Hepatic enzymes

This study was conducted to investigate the physiological performance of Caspian roach, *Rutilus caspicus* juveniles when directly released into the Caspian Sea, taking into account the possibility of their limited access to food for a period of two weeks. A total of 540 fish were randomly placed in tanks in the form of 6 experimental treatments (each with 3 repetitions) including: Group 1: Abrupt salinity increase and feeding throughout the experimental period (Ab.F); Group 2: Abrupt salinity increase and starvation (Ab.S); Group 3: Gradual salinity increase and feeding (Gr.F); Group 4: Gradual salinity increase and starvation (Gr.S); Group 5: Maintained in freshwater (control treatment) and feeding (C.F); and Group 6: Maintained in freshwater (control treatment) and starvation (C.S). The mortality rate of the juveniles and physicochemical parameters of the water were recorded daily throughout the entire experimental period. Osmolality, sodium, potassium, chloride, total protein, cholesterol, triglycerides, glucose, and liver enzymes (ALP, ALT, and AST) were measured in the fish after 14 days. Based on the obtained results, the levels of protein, cholesterol, and triglycerides in the fed fish did not exhibit significant alterations during the transfer to brackish water. However, two-week food deprivation led to a decrease in their levels. On the other hand, the increase in osmolality and sodium, chloride, and potassium in Caspian roach juveniles were only affected by the salinity increase and had no effect on their levels due to food deprivation. Therefore, the Caspian Sea bream (1-2 g) have the ability to adapt to the brackish water of the Caspian Sea and are easily resistant to the conditions of lack of access to suitable food in the new aquatic environment for two weeks.

*Corresponding author: ainazshirangi@gmail.com





"مقاله پژوهشی"

تأثیر محرومیت غذایی بر برخی از پاسخ‌های فیزیولوژیک بچه ماهی کلمه خزری (*Rutilus caspicus*)

هنکام سازگاری با آب دریای خزر (Yakovlev, 1870)

صدیقه نمرودی^۱؛ حدیثه کشیری^۱؛ سیده آیناز شیرنگی^{۲*}؛ حسین آدینه^۳

۱- گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، گلستان

۲- گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه و فنی مهندسی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، گلستان

۳- گروه شیلات، دانشکده شیلات، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، گلستان

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۳۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۳/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۱۲

کلمات کلیدی

کلمه خزری
(*Rutilus*)
caspicus)
محرومیت غذایی
سازگاری شوری
تنظیم یونی
آنزیم‌های کبدی

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی عملکرد فیزیولوژیک بچه ماهیان کلمه در صورت رهاسازی مستقیم به آب دریای خزر به مدت دو هفته انجام شد. بدین منظور، ۵۴۰ عدد بچه ماهی در قالب ۶ تیمار آزمایشی (هر یک با ۳ تکرار) به طور تصادفی در مخازن پرورش قرار گرفتند: (۱) افزایش ناگهانی شوری و غذایی در تمام دوره آزمایش (Ab.F)؛ (۲) افزایش ناگهانی شوری و عدم غذایی (Ab.S)؛ (۳) افزایش تدریجی شوری و غذایی (Gr.F)؛ (۴) افزایش تدریجی شوری و عدم غذایی (Gr.S)؛ (۵) نگهداری در آب شیرین (تیمار شاهد) و غذایی (C.F)؛ و (۶) نگهداری در آب شیرین (تیمار شاهد) و عدم غذایی (C.S). میزان مرگ و میر بچه ماهیان و فراسنجه‌های فیزیوشیمیایی آب در تمام دوره آزمایش به صورت روزانه ثبت شد. اسمولالیت، یون‌های سدیم، پتاسیم، کلر، پروتئین کل، کلسترول، تری‌گلیسرید، گلوکز و آنزیم‌های کبدی ALP، ALT و AST، پس از ۱۴ روز سنجش شد. نتایج نشان داد، میزان پروتئین، کلسترول و تری‌گلیسرید در ماهیان تغذیه شده طی انتقال به شوری دچار تغییر چندانی نشد، اما محرومیت غذایی دو هفته‌ای باعث کاهش میزان آنها شد. از طرف دیگر، افزایش میزان اسمولالیت و یون‌های سدیم، کلر و پتاسیم در بچه ماهیان کلمه خزری تنها تحت تأثیر افزایش شوری قرار گرفت و محرومیت غذایی تأثیری در سطح آنها نداشت. گلوکز طی گرسنگی در ماهیان تیمارهای مختلف کاهش یافت، اما میزان آن در ماهیان تیمارهای افزایش مستقیم و تدریجی شوری نسبت به گروه شاهد افزایش یافت. آنزیم‌های کبدی نیز با افزایش میزان خود به سازگاری بچه ماهیان با افزایش شوری و محرومیت غذایی کمک کردند. بنابراین، بچه ماهیان کلمه خزری در وزن رهاسازی ۱-۲ گرم قابلیت سازگاری با آب لب شور دریای خزر را دارند و به راحتی نسبت به شرایط عدم دسترسی به غذای مناسب در محیط آبی جدید تا دو هفته مقاوم هستند.

مقدمه

ماهی کلمه دریای خزر (*Rutilus caspicus*) یکی از گونه‌های با ارزش و بومی دریای خزر است. این ماهی عمدتاً در آب‌های شیرین و لب شور با دمای ۱۷-۱ درجه سانتی‌گراد (بیشینه تا ۳۱ درجه سانتی‌گراد)، در اعماق ۱۵۰-۲۰ متر زندگی می‌کند. ماهی کلمه یک گونه رودکوچ است که طی ماه‌های اسفند و فروردین وارد رودخانه‌های منتهی به دریای خزر شده و بر روی گیاهان آبی، بسترهای شنی و سنگریزه‌ای تخم‌ریزی می‌کند (ندافی و همکاران، ۱۳۸۱؛ پقه و همکاران، ۱۳۸۳؛ عبدلی و نادری، ۱۳۸۷؛ رهنما و همکاران، ۱۳۹۷؛ Kottelat and Freyhof, 2007). متأسفانه طی دهه‌های اخیر، ذخایر این گونه ارزشمند بنا به دلایل مختلف از جمله آلودگی آب‌های ناشی از ورود فاضلاب‌های صنعتی، شهری و کشاورزی، دگرگونی مناطق تخم‌ریزی در رودخانه‌ها و تالاب‌ها، ایجاد سد بر مسیر مهاجرت و همچنین صید بی‌رویه دچار کاهش چشم‌گیری شده است، به نحوی که جزو گونه‌های در معرض تهدید منطقه قرار گرفته است (Kiabi et al. 1999). برای بازسازی ذخایر ماهی کلمه خزری، سازمان شیلات ایران از سال ۱۳۶۳ به تولید این گونه ارزشمند در مراکز تکثیر و پرورش اقدام کرده است (Salehi, 2008) که پس از رسیدن بچه ماهیان تولید شده به وزن تقریبی ۲-۱ گرم در رودخانه‌های اطراف دریای خزر رهاسازی می‌شوند. (Akbari Nargesi et al. 2022). اما مشاهدات و گزارش‌های متعدد نشان داده است که این عمل کمک مؤثری به بازسازی ذخایر این گونه نکرده است و بخش قابل توجهی از بچه ماهیان رهاسازی شده به داخل رودخانه‌ها قبل از ورود به دریا تلف می‌شوند (تاتار و همکاران، ۱۳۹۷؛ Jafari et al. 2009؛ که این امر را می‌توان به مشکلات زیست‌محیطی از جمله آلودگی آب‌ها، عدم توان کافی در سازگاری با شرایط محیطی و محرومیت غذایی در این گونه هنگام رهاسازی مربوط باشد.

به‌طور کلی، تغییرات فیزیولوژیک که در بدن بچه ماهیان طی مهاجرت ایجاد می‌شود، آنها را برای وارد شدن و سازگاری با شوری محیط جدید آماده می‌کند. از طرف دیگر، هر عامل تغییر دهنده محیط طبیعی را می‌توان به‌عنوان منبعی از استرس در نظر گرفت که باعث تغییرات فیزیولوژیک و بروز

واکنش سریع در جانوران می‌شود (Adams, 1990; Evans et al. 2008). مواجهه با تغییرات شوری و فرایند تنظیم اسمزی در ماهیان فرایندی استرس‌زا و انرژی‌خواه است. در هنگام مهاجرت بچه‌ماهیان از آب شیرین به آب دریا، با ورود به آب شور (محیط یونی بالا) نمک جذب می‌کنند و آب بدن را از دست می‌دهند. ماهیان برای مقابله با این استرس و حفظ آب بدن باید با استفاده از مکانیسم‌های فیزیولوژیک مقدار یون‌ها را ثابت نگه دارند (Chourasia, et al. 2018; Mo et al. 2020). بنابراین، برقراری تعادل یونی بعد از ورود به محیط جدید ضروری است و در صورت مواجهه ماهیان با تغییرات شوری و موفق نبودن قابلیت سازگاری با شرایط جدید، ممکن است قابلیت زنده‌مانی آنها را تغییر داده و حتی مرگ موجود را به دنبال داشته باشد (Martinez Alvarez, 2002).

از سوی دیگر، محرومیت غذایی یک پدیده طبیعی به خصوص در هنگام تولیدمثل و مهاجرت ماهیان است، به طوری که گرسنگی حتی به طور کوتاه مدت منجر به افزایش پاسخ‌های ایمنی در ماهیان می‌شود (Eslamloo et al. 2017; Sakyi et al. 2020). برای بالابردن درصد موفقیت رهاسازی بچه ماهیان، مطالعات متعددی در باره رهاسازی بچه‌ماهیان کلمه خزری، ماهی سفید دریای خزر و حتی بچه-تاس ماهیان ایرانی به طور مستقیم و یا تدریجی به شوری دریای خزر انجام شده است (امین و همکاران، Malakpour et al. 2012; Shirangi et al. ۱۴۰۰; 2023; Mohiseni et al. 2016). همچنین، تأثیر محرومیت غذایی بر پاسخ فیزیولوژیک بدن گونه‌های مختلف ماهیان نیز مطالعه شده است (ناعمی و همکاران، Eslamloo et al. 2017; Xie et al. 2023; ۱۴۰۰; Mohiseni et al. 2023).

افزایش تدریجی شوری ماهیان طی چند مرحله، راه حلی برای افزایش سازگاری ماهیان به شوری محیط پیشنهاد شده که در مقایسه با افزایش ناگهانی شوری درصد بقای بالاتری هم گزارش شده است (Khatooni et al. 2012). امین و همکاران (۱۴۰۰) اثبات کردند، بچه ماهیان کلمه خزری (۲-۱ گرم) قابلیت انتقال چه به طور مستقیم و چه به طور تدریجی به داخل دریای خزر را دارند. حتی برخی از مطالعات

گیری ماهیان در برابر شوری ناگهانی (آب لب شور دریای خزر) و غذادهی در تمام دوره آزمایش (Ab.F)؛ گروه ۲: قرارگیری ماهیان در برابر شوری ناگهانی (آب لب شور دریای خزر) و عدم غذادهی در طول دوره آزمایش (Ab. S)؛ گروه ۳: قرارگیری ماهیان در برابر شوری تدریجی دریای خزر (شوری مخازن ماهی هر ۲۴ ساعت به میزان ۳ گرم در لیتر افزایش یافت: به ترتیب ۳، ۶، ۹ و ۱۲ گرم در لیتر) و غذادهی در تمام دوره آزمایش (Gr. F)؛ گروه ۴: قرارگیری ماهیان در برابر شوری تدریجی دریای خزر و عدم غذادهی در طول دوره آزمایش (Gr. S)؛ گروه ۵: قرارگیری ماهی کلمه در داخل آب شیرین (تیمار شاهد) و غذادهی در تمام دوره آزمایش (C.F)؛ گروه ۶: قرارگیری ماهی کلمه در داخل آب شیرین (تیمار شاهد) و عدم غذادهی در طی دوره آزمایش (C.S). در دوره سازگاری ماهیان با شرایط آزمایشگاهی و تیمارهای ماهیانی که در تمام دوره آزمایش (۱۴ روز) تغذیه شدند، غذادهی به میزان ۳٪ وزن بدن در سه نوبت طی شبانه‌روز انجام شد. آب مورد نیاز برای شوری ناگهانی از آب لب شور دریای خزر تأمین شد و برای آماده سازی سطوح مختلف شوری در شوری تدریجی از ترکیب آب شور دریای خزر با آب شیرین (آب کلرزدایی شده شهری) استفاده شد (امین و همکاران، Abolfathi et al. 2012; Amiri ۱۴۰۰; Moghaddam et al. 2013; Shirangi et al. 2016). میزان مرگ و میر بچه ماهیان و فراسنجه‌های فیزیولوژیکی (دستگاه قابل حمل کیفیت سنج آب ساخت شرکت آمریکایی هک مدل D40) در تمام دوره آزمایش به صورت روزانه سنجش شد (جدول ۱). تعداد ۵ عدد ماهی از هر تکرار تیمارهای مختلف در انتهای دوره آزمایش (روز چهاردهم) نمونه برداری شد. به دلیل کوچک بودن اندازه بچه‌ماهیان و عدم امکان خون‌گیری از آنها، پس از صید با استفاده از عصاره گل میخک بیهوش و سپس کشته شدند. برای سنجش یون-های سدیم، پتاسیم، کلر و اسمولالیت، آنزیم‌های کبدی ALP، ALT و AST، پروتئین کل، کلسترول، تری‌گلیسرید و گلوکز لاشه ماهیان پس از جدا شدن سر و دم و تخلیه محتویات شکم له شد و تا زمان سنجش فراسنجه‌های مختلف در فریزر 8°C نگهداری شد. سنجش یون‌ها با استفاده از کیت‌های اختصاصی شرکت زیست شیمی با روش

پیشنهاد می‌کنند که گرسنگی با فعال کردن مکانیسم‌های دفاعی، راه حلی برای افزایش مقاومت جانوران در مواجهه با شرایط استرس باشد. به طوری که در مطالعه ناعمی و همکاران (۱۴۰۰) نیز مشاهده شد، این بچه ماهیان در وزن رهاسازی طی دوره‌های گرسنگی کوتاه مدت و تغذیه مجدد، تحت تأثیر استرس فیزیولوژیک ناشی از گرسنگی و افزایش شوری قرار نمی‌گیرند و عملکرد رشد آنها نیز به واسطه زندگی در محیط ایزواسموتیک دریای خزر بهبود می‌یابد. همچنین، با توجه به اینکه از جمله شاخص‌هایی که برای بررسی سازگاری جانوران در شرایط استرس‌های محیطی نظیر شوری و گرسنگی مورد استفاده قرار می‌گیرد، سنجش فشار اسمزی و یون‌های پلاسمای خون، سوخت و ساز و تغییر ترکیبات بیوشیمیایی بدن مانند پروتئین و اسیدهای آمینه، میزان چربی و قند پلاسمای خون است و از طرف دیگر، آنزیم‌های کبدی از جمله آنزیم آسپارات آمینوترانسفراز (AST)، آنزیم آلکالین فسفاتاز (ALP) و آنزیم آلانین آمینوترانسفراز (ALT) نقش مهمی نیز در سوخت و ساز اسیدهای آمینه دارند و سطوح غیر طبیعی آنها ناشی از آسیب یاخته‌ای است (Muneeza and Esani, 2014). بنابراین، در تحقیق حاضر به تأثیر توأم دو عامل افزایش شوری و محرومیت غذایی بر عملکرد فیزیولوژیک بچه‌ماهیان کلمه بر اساس سنجش فراسنجه‌های مذکور در صورت رهاسازی آنها به دریای خزر به روش مستقیم و تدریجی و عدم دسترسی آنها به غذای مناسب پرداخته، و میزان مقاومت بچه‌ماهیان نسبت به گرسنگی و افزایش شوری مطالعه شده است.

مواد و روش‌ها

بچه ماهیان کلمه دریای خزر با میانگین وزنی $(0.23 \pm)$ ۱/۶۴ گرم) از مرکز تکثیر و پرورش ماهیان استخوانی سیجوال بندر ترکمن - استان گلستان تهیه و به آزمایشگاه منتقل شدند. بعد از دو هفته سازگاری با شرایط آزمایشگاه، برای سنجش تأثیر انتقال شوری (شوری ناگهانی و شوری تدریجی) و محرومیت غذایی کوتاه مدت (۱۴ روز) بر میزان سازگاری بچه‌ماهیان کلمه خزری، تعداد ۵۴۰ قطعه بچه ماهی در قالب ۶ تیمار آزمایشی (هر یک با ۳ تکرار) به طور تصادفی در مخازن پرورش با حجم ۳۰ لیتر قرار گرفتند. گروه ۱: قرار

تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزار SPSS (16.0) انجام شد. در ابتدا نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون Shapiro-Wilk بررسی شد. مقایسه میانگین داده‌های بین تیمارهای آزمایشی (میانگین \pm انحراف معیار) با استفاده از آزمون واریانس یکطرفه (One-Way ANOVA) و توسط آزمون چند دامنه دانکن انجام شد. از آزمون واریانس دوطرفه (Two-Way ANOVA) نیز برای بررسی اثر متقابل شوری (شوری ناگهانی و شوری تدریجی) و شرایط تغذیه (تغذیه و عدم تغذیه) استفاده شد (Adineh et al. 2023). سطح معنی‌داری قابل قبول در آزمون‌های آماری به صورت $(p < 0.05)$ در نظر گرفته شد.

Thiocyanate بر اساس دستورالعمل ارسالی در طول موج ۵۰۵ نانومتر انجام شد. سنجش آنزیم‌های ALT، AST و ALP با استفاده از کیت‌های اختصاصی شرکت پارس آزمون با تغییرات جذب نوری ۰/۱۶ در دقیقه (۳۰۰ u/L) انجام شد. میزان گلوکز و پروتئین کل با استفاده از کیت اختصاصی شرکت Bionik در طول موج ۵۴۰-۴۸۰ نانومتر به دست آمد. میزان تری‌گلیسرید با استفاده از کیت تری‌گلیسرید شرکت زیست شیمی با روش GPO- POP/ Endpoint در طول موج ۵۱۰-۴۹۰ نانومتر سنجش انجام شد و میزان کلسترول با استفاده از کیت کلسترول شرکت هن با روش GPO-POP/ Endpoint در طول موج ۵۰۰ نانومتر سنجیده شد.

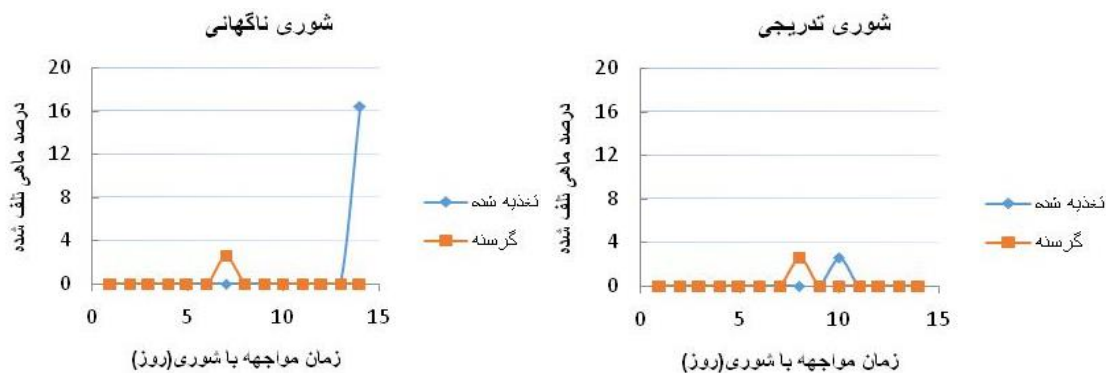
جدول ۱ سنجش فراسنجه‌های فیزیوشیمیایی آب مورد استفاده در این مطالعه

منبع آب	شوری (ppt)	هدایت الکتریکی (ms/cm)	اکسیژن (mg/L)	دما (°C)	کدورت (g/L)	pH
دریای خزر	۱۲/۳۵	۲۰/۶۶	۵/۷۱	۲۸/۵	۱۱/۹۴	۸/۲
شهری کلرزدایی شده	۰/۱۶	۳/۱۵	۵/۹	۲۷/۵	۱/۶۱	۷/۸

نتایج

غذایی قرار گرفته بودند، نسبت به تیمار ماهیان تغذیه شده ثبت نشد. با وجود این، برای تیمار شوری ناگهانی بیشترین میزان مرگ و میر (۱۶/۴۱٪) ثبت شد (شکل ۱).

بر اساس داده‌های حاصل از ثبت میزان مرگ و میر روزانه، تلفات قابل ملاحظه‌ای برای تیمارهایی که تحت محرومیت

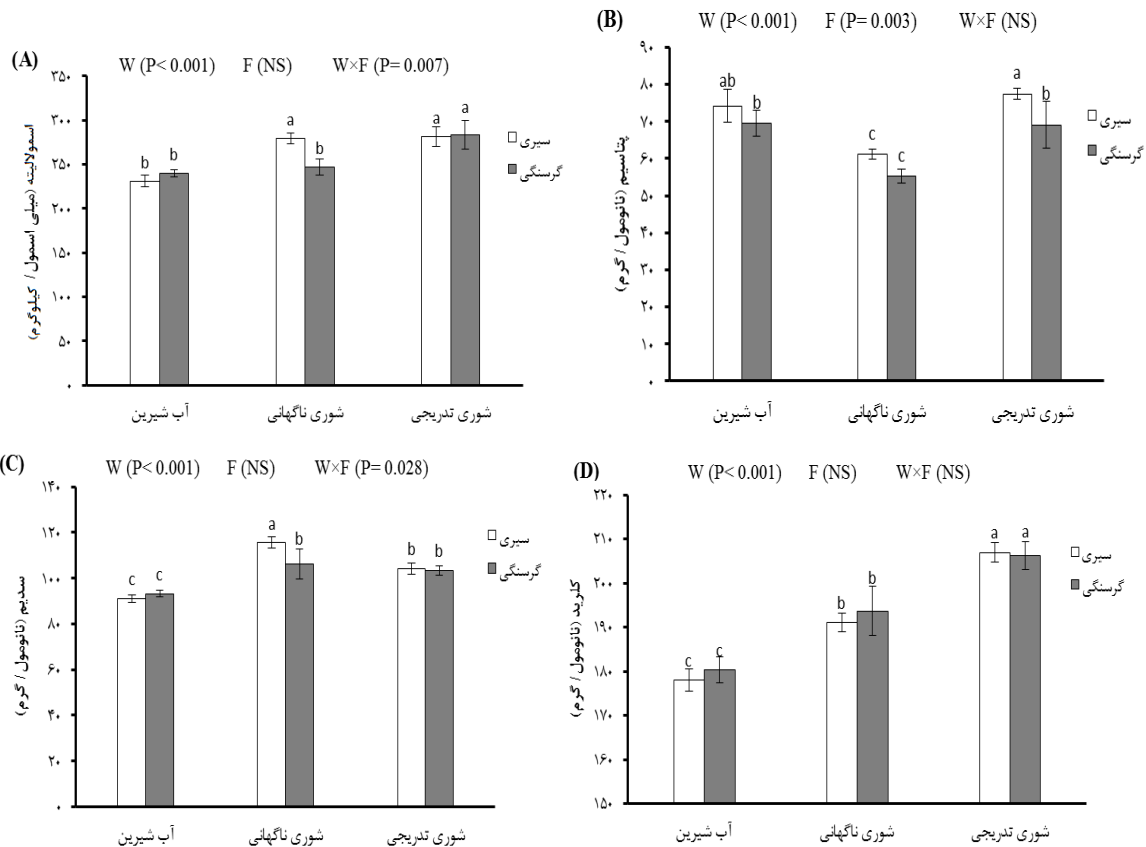


شکل ۱ درصد تلفات روزانه بچه ماهی کلمه خزری (*R. caspicus*) طی ۱۴ روز قرار گرفتن در معرض شوری تدریجی، ناگهانی و شرایط تغذیه شده و محرومیت غذایی

شوری معنی‌دار نبود ($p > 0.05$ ، شکل ۲، B). پایین‌ترین میزان یون سدیم در گروه شاهد مشاهده شد، اما با انتقال شوری (به صورت مستقیم و تدریجی) چه در ماهیان تغذیه شده و تغذیه نشده به طور معنی‌دار افزایش یافت ($p < 0.05$) و بیشترین میزان این یون در تیمار AF به میزان $3/44 \pm$ و نتایج حاصل از سنجش یون سدیم، پایین‌ترین میزان یون کلر نیز در گروه شاهد مشاهده شد، اما با افزایش شوری، میزان آن افزایش یافت ($p < 0.05$) و بالاترین میزان کلر در تیمار ماهیانی که در مواجهه با انتقال تدریجی شوری قرار گرفته بودند (تیمارهای GF و GS)، مشاهده شد (شکل ۲، D).

تغییرات اسمولالیتیه یکی از شاخص‌های سازگاری با شوری است. در این مطالعه، تفاوت معنی‌داری در میزان اسمولالیتیه بین دو تیمار آزمایشی ماهیان تغذیه شده و تغذیه نشده طی دوره آزمایش مشاهده نشد ($p > 0.05$)، اما میزان اسمولالیتیه طی انتقال بچه ماهیان به شوری دریای خزر چه به صورت مستقیم چه به صورت تدریجی، نسبت به گروه شاهد افزایش یافت ($p < 0.05$). با وجود این، اسمولالیتیه در تیمار ماهیانی که به مدت دو هفته غذادهی نشده بودند و به طور مستقیم به آب لب شور دریای خزر منتقل شده بودند (AS)، در سطح گروه شاهد باقی ماند (شکل ۲، A).

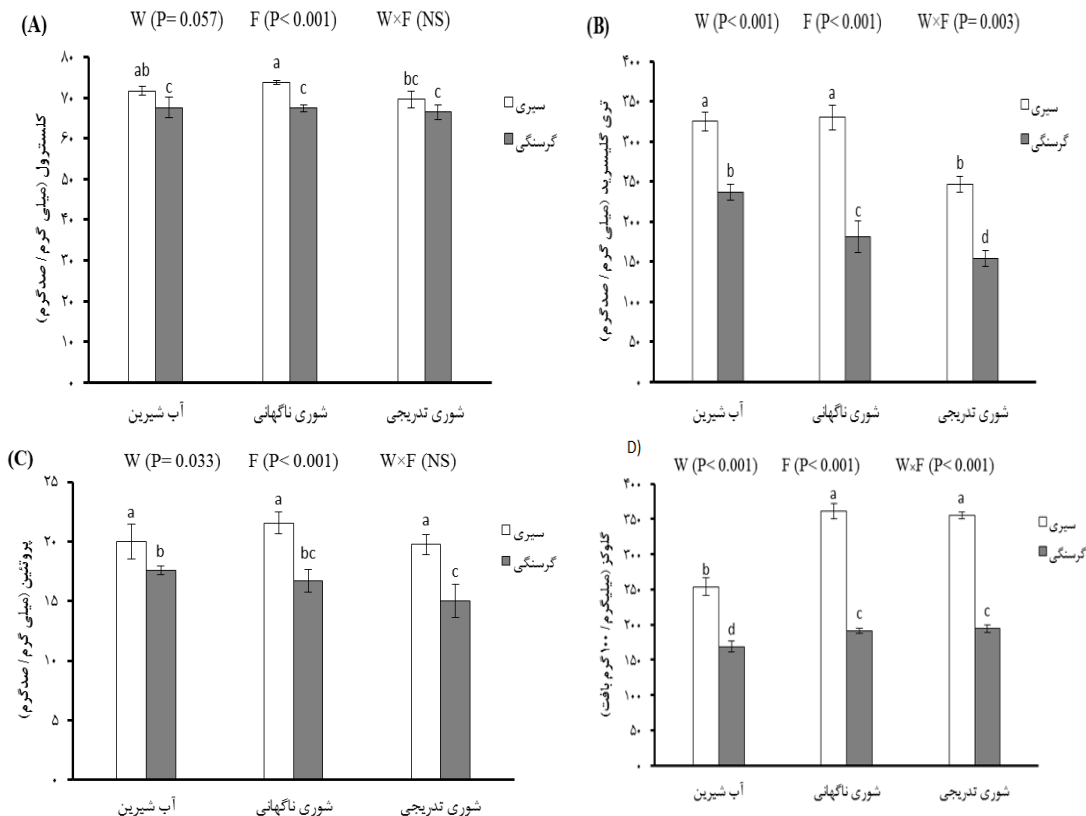
پایین‌ترین میزان یون پتاسیم در ماهیان طی انتقال ناگهانی شوری ($1/78 \pm 55/25$ نانومول بر گرم) مشاهده شد، در حالی که میزان این یون بین گروه‌های شاهد و انتقال تدریجی



شکل ۲ میزان اسمولالیت (میلی اسمول بر لیتر) (A)، پتاسیم (B)، سدیم (C) و کلر (D) (نانو مول در گرم) در لاشه بچه ماهی کلمه (*R. caspicus*) پس از ۱۴ روز قرار گرفتن در معرض شوری تدریجی، ناگهانی و شرایط تغذیه شده و محرومیت غذایی (میانگین \pm انحراف معیار). W = نوع شوری (آب شیرین، شوری ناگهانی و شوری تدریجی)، F = شرایط تغذیه (تغذیه و عدم تغذیه).

آزمایش شد. البته، در ماهیان تیمار GS پایین‌ترین سطح پروتئین ($1/39 \pm 15/02$ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم بافت) مشاهده شد که نشان دهنده تأثیر توأم شوری و گرسنگی بر کاهش میزان پروتئین است. مطابق با نتایج حاصل از سنجش کلسترول، تری‌گلیسرید و پروتئین، میزان گلوکز در تیمارهایی که طی دوره آزمایش تغذیه نشده بودند، نسبت به گروه‌های تغذیه شده پایین‌تر بود ($p < 0/05$)، به طوری که پایین‌ترین میزان آن در تیمار CS ($168/98 \pm 7/82$ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم بافت) مشاهده شد (شکل ۳، D). سطح گلوکز با افزایش شوری چه به طور مستقیم و چه به صورت تدریجی که تغذیه شده بودند، نسبت به گروه شاهد افزایش یافت ($p < 0/05$).

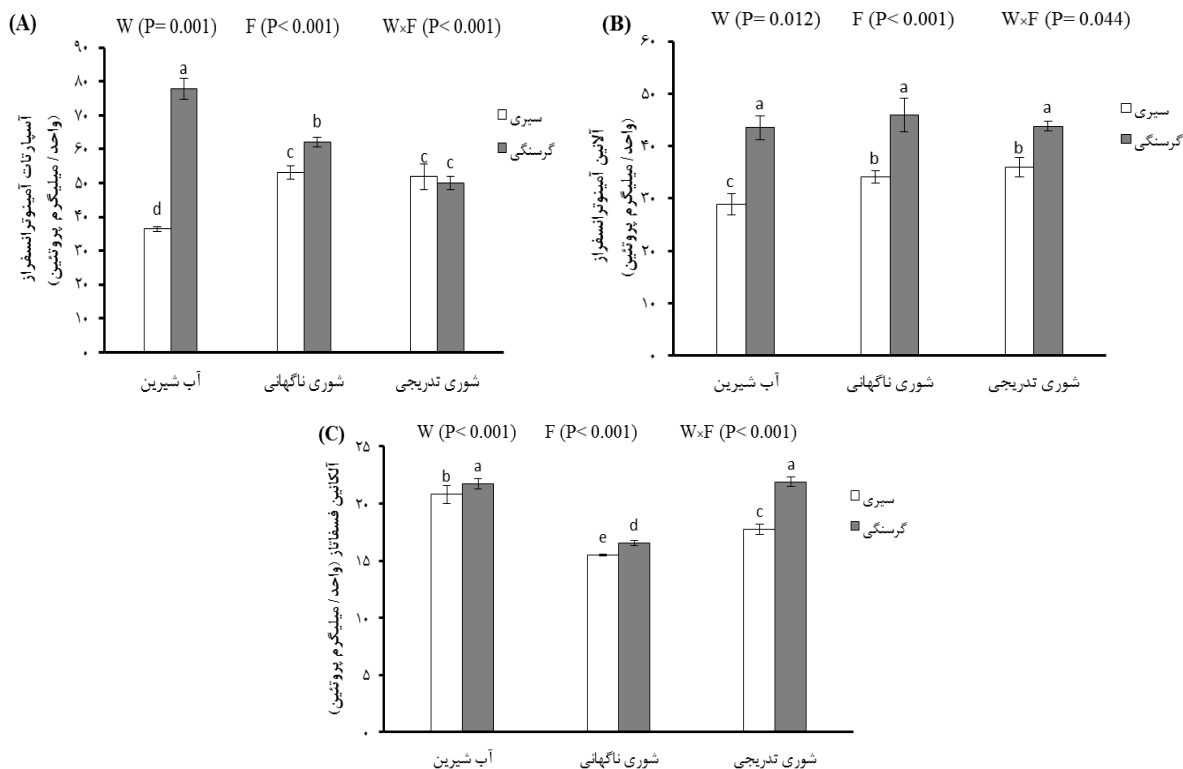
میزان کلسترول و تری‌گلیسرید در تمام بچه ماهیانی که طی ۱۴ روز دوره آزمایش تغذیه نشده بودند، به طور معنی‌دار پایین‌تر از دیگر تیمارهای مورد آزمایش بود ($p < 0/05$)، در حالی که با انتقال شوری تغییر چندانی در میزان این دو فراسنجه مشاهده نشد (شکل ۳، A و B). میزان تری‌گلیسرید تنها در ماهیان تیمار GF که به طور تدریجی در مواجهه با افزایش شوری قرار گرفته بودند، نسبت به ماهیانی که در تمام طی آزمایش در آب شیرین نگه داشته شدند و یا اینکه به طور ناگهانی به شوری آب دریای خزر منتقل شدند، کاهش معنی‌داری نشان داد ($p < 0/05$). میزان پروتئین در تیمارهای مختلف طی انتقال شوری تغییر چندانی نشان نداد ($p > 0/05$)، شکل ۳، C) و تنها گرسنگی باعث کاهش معنی‌دار سطح پروتئین در تیمارهای مورد



شکل ۳. میزان کلسترول (A)، تری گلیسرید (B)، پروتئین (C) و گلوکز (D) (میلی گرم در ۱۰۰ گرم بافت) در لاشه بچه ماهی کلمه (*R. caspicus*) پس از ۱۴ روز قرار گرفتن در معرض شوری تدریجی، ناگهانی و شرایط تغذیه شده و محرومیت غذایی (میانگین \pm انحراف معیار). W = نوع شوری (آب شیرین، شوری ناگهانی و شوری تدریجی)، F = شرایط تغذیه (تغذیه و عدم تغذیه).

محرومیت غذایی و انتقال شوری نسبت به دیگر گروه‌ها بالاتر بود ($p < 0.05$) و پایین‌ترین میزان این آنزیم در تیمار ماهیان گروه CF ($1/97 \pm 28/86$ واحد بر میلی گرم پروتئین) مشاهده شد (شکل ۴، B). میزان آنزیم ALP تنها در تیمار ماهیان CS و GS نسبت به گروه شاهد افزایش معنی‌دار نشان داد ($p < 0.05$)، در حالی که سطح این آنزیم در ماهیانی که به طور مستقیم به شوری دریای خزر منتقل شدند، نسبت به گروه شاهد کاهش یافت (شکل ۴، C).

میزان آنزیم AST با افزایش شوری به طور معنی‌داری افزایش یافت ($p < 0.05$). همچنین، میزان این آنزیم در ماهیانی که طی دوره آزمایش غذایی نشده بودند، نسبت به ماهیان گروه شاهد افزایش یافت، به طوری که پایین‌ترین و بالاترین سطح AST به ترتیب در تیمارهای CF ($3/15 \pm 36/39$ واحد بر میلی گرم پروتئین) و CS ($0/66 \pm 36/39$ واحد بر میلی گرم پروتئین) مشاهده شد (شکل ۴، A). همانند آنزیم AST، آنزیم ALT نیز در تیمار ماهیان طی



شکل ۴ میزان آسیارات آمینوترانسفراز بر حسب واحد در میلی گرم پروتئین (A)، آلانین آمینوترانسفراز بر حسب واحد در میلی گرم پروتئین (B) و آلکالین فسفاتاز بر حسب واحد در میلی گرم پروتئین (C) در لاشه بچه ماهی کلمه (*R. caspicus*) پس از ۱۴ روز قرار گرفتن در معرض شوری تدریجی، ناگهانی و شرایط گرسنگی، سیری (میانگین \pm انحراف معیار). W = نوع شوری (آب شیرین، شوری ناگهانی و شوری تدریجی)، F = شرایط تغذیه (تغذیه و عدم تغذیه).

بالاتر بود (ناعمی و همکاران، ۱۴۰۰)؛ برخلاف مطالعه حاضر که اسمولالیت به‌رغم افزایش شوری، تیمار ماهیانی که در محرومیت غذایی قرار گرفته بودند، تغییر چندانی پیدا نکرد. در مطالعه ناعمی و همکاران (۱۴۰۰)، اسمولالیت در ماهیانی که در طی دوره آزمایش تغذیه نشده بودند، نسبت به دیگر گروه‌ها پایین‌تر بود. همچنین، طی بررسی اثرات شرایط مختلف تغذیه‌ای بر میزان اسمولالیت و یون‌ها در ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*)، نتایج نشان داد که گرسنگی باعث کاهش اسمولالیت شد (Amiri Moghadam et al. 2013). در مطالعه امین و همکاران (۱۴۰۰) نیز با افزایش فشار اسمزی در ساعات اولیه پس از انتقال بچه‌ماهیان کلمه از آب شیرین به آب لب شور دریای خزر، میزان آن در پایان دوره آزمایش (پس از سه هفته) به سطح اسمولالیت ماهیان گروه شاهد که در آب شیرین نگهداری می‌شدند، کاهش یافت.

بحث

از آنجا که میزان اسمولالیت آب دریای خزر حدود ۲۸۰ mosmol/kg است و از طرفی میزان اسمولالیت ماهیان طی انتقال به شوری به روش‌های مختلف در سطحی معادل اسمولالیت آب دریای خزر به دست آمد، نتیجه می‌شود که بچه ماهیان نسبت به محیط با شوری جدید سازگاری پیدا کرده‌اند و فشار اسمزی بدن آنها نسبت به محیط لب شور دریای خزر ایزواسمتیک است. در مطالعه ای که تأثیر دوره‌های کوتاه مدت محرومیت غذایی و تغذیه مجدد بر قابلیت تنظیم اسمزی بچه ماهیان کلمه در مواجهه با شوری آب دریای خزر بررسی شد، میزان اسمولالیت در تیمار ماهیانی که در تمام دوره آزمایش تغذیه شده بودند و یا اینکه به مدت زمان کوتاه‌تری تحت محرومیت غذایی قرار گرفته بودند، نسبت به ماهیانی که طی دوره آزمایش تغذیه نشده بودند،

مطالعات متعدد بر تأثیر منفی محرومیت غذایی نسبت به سازگاری با آب دریا در گونه‌های مختلف تأکید کرده‌اند (Hansen et al. 2003; Taylor and Grosell, 2006; Stefansson et al. 2009; Costas et al. 2011; Mohiseni, 2023). یکی از روش‌های ارزیابی تأثیرات عوامل محیطی بر ماهیان، بررسی تغییرات بافتی بدن شامل تغییرات سطوح پروتئین، کلاسترول، تری‌گلیسرید و گلوکز در لاشه ماهی است (Ali et al. 2005). پروتئین‌ها از مهمترین ترکیباتی هستند که برای دستگاه ایمنی ضروری هستند (Kumar et al. 2005; Eslamloo et al. 2017). در این مطالعه میزان پروتئین بدن طی انتقال شوری تقریباً ثابت بود، اما ماهیانی که در محرومیت غذایی قرار گرفتند، میزان پروتئین آنها به طور معنی‌دار کاهش یافت. در مطالعه Mohseni (۲۰۲۳) نیز میزان پروتئین بدن در نوزادان ماهی سفید دریای خزر (*Rutilus frisii*) تغذیه شده به مدت یک هفته تقریباً ثابت بود، اما نوزادانی که تغذیه نشده بودند، نتوانستند نسبت به افزایش شوری مقاومت نشان دهند. در چاقو ماهی آسیایی (*Notopterus notopterus*) کاهش قابل ملاحظه میزان پروتئین و تری‌گلیسرید پس از دو هفته قرار گرفتن در معرض محرومیت غذایی مشاهده شد (Kulkarni et al. 2015; Xie et al. 2023). به عکس، در برخی از مطالعات میزان پروتئین طی محرومیت غذایی نسبت به گروه‌های شاهد افزایش یافت (Furné et al. 2012; Ashouri et al. 2013; Eslamloo et al. 2017).

برخی مطالعات در گونه‌های مختلف از جمله بچه‌ماهیان قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)، بچه‌ماهی ماهیان کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)، بچه‌ماهی سفیدک سیستان (*Schizothorax zarudnyi*)، گربه ماهی راه رونده (*Clarias batrachus*) و ماهی شانک زردباله (*Acanthopa gruslatus*) نشان دادند که محرومیت غذایی طی ۷ تا ۱۴ روز باعث کاهش میزان پروتئین، کلاسترول و تری‌گلیسرید می‌شود (اکبری و شهرکی، ۱۳۹۵؛ خندان بارانی و همکاران، ۱۳۹۵؛ Khandan Barani et al. 2019; Kumar and Prakash., 2021; Zengin, 2021). همچنین، در مطالعات دیگر، اثبات شد که محرومیت غذایی به‌خصوص در

به طور کلی، ماهی در مواجهه با افزایش شوری مورد هجوم یون‌ها قرار می‌گیرد و سطح یون‌های Na^+ و Cl^- افزایش می‌یابد، اما سطح یون K^+ تغییرات نامنظمی دارد (Jarvis et al. 2003). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که میزان یون‌های سدیم و کلر طی هر دو روش انتقال شوری، با افزایش شوری افزایش یافت و پایین‌ترین میزان این یون‌ها در گروه شاهد مشاهده شد. موافق با نتایج به دست آمده در این مطالعه، اشرف و همکاران (۱۳۹۵) سطح یون‌های پلاسمای ماهی سی باس آسیایی (*Lates calcarifer*) را در شوری‌های مختلف (۱۵، ۳۵ و ۵۰ گرم بر لیتر) طی ۳۰ روز بررسی کردند و افزایش یون‌های کلر و سدیم و پتاسیم با افزایش شوری گزارش شد. یون K^+ در تنظیم اسمزی و فعالیت آنزیم $\text{Na}^+-\text{K}^+-\text{ATPase}$ نقش مهمی دارد و میزان این یون در یاخته بر قدرت تنظیم اسمزی ماهیان مؤثر است (Pequeux, 1995). در پژوهش حاضر سطح یون K^+ در تیمارهای شوری ناگهانی کاهش یافت که نشان‌دهنده نیاز به پتاسیم برای سازگاری با شوری است. در پژوهش حاضر سطح یون K^+ در تیمار ماهیانی که در طی آزمایش غذایی نشده بودند، نسبت به ماهیان تغذیه‌شده پایین‌تر بود. نتایج مطالعه‌ای که توسط Amiri Moghaddam و همکاران (۲۰۱۳) انجام شد و اثرات شرایط مختلف تغذیه را بر میزان اسمولالیت و یون‌ها در ماهی آزاد دریای خزر ارزیابی کرد، نشان داد که گرسنگی بر سطح یون‌های کلر و سدیم تأثیری ندارد، در حالی که سطح پتاسیم در زمان گرسنگی و تغذیه مجدد تغییرات نامنظمی داشت. نتایج آزمون واریانس دوطرفه اسمولالیت و یون سدیم نشان داد که این دو عامل تحت تأثیر همزمان دو عامل زیستی شرایط آب (شیرین، شوری ناگهانی و تدریجی) و تغذیه (سیری و گرسنگی) قرار گرفتند، در حالی که یون‌های پتاسیم و کلر نیز چنین شرایطی را نداشتند. همچنین نتایج مطالعه اثرات وضعیت تغذیه‌ای بر ماهی باس دریایی اروپایی در مواجهه با استرس شوری و آمونیاک نشان داد که ماهیان تغذیه شده در حفظ هموستاز اسمزی-یونی موفق‌تر هستند. بنابراین، همزمان با افزایش شوری سطح یون‌ها در ماهیان افزایش می‌یابد، اما بعد از دو تا سه هفته یون‌های اضافی دفع می‌شود و سطح یون‌ها متعادل می‌شود.

(Larsson and Lewander 1973; Eslamloo et al. 2017).

در تحقیق حاضر، تنها گلوکز تحت تأثیر توأم تغییر شوری و غذایی در ماهیان تیمارهای مختلف دچار تغییر شد. در مطالعه امین و همکاران (۱۴۰۰) میزان گلوکز در بچه‌ماهیان کلمه طی افزایش شوری به طور ناگهانی و تدریجی پس از افزایش در ساعات اولیه انتقال شوری، پس از گذشت سه هفته در ماهیان هر دو گروه کاهش یافت. بر عکس، طی بررسی تأثیر دوره‌های کوتاه مدت محرومیت غذایی و تغذیه مجدد بر مقاومت بچه‌ماهی کلمه دریای خزر نسبت به شوری آب دریای خزر سطح گلوکز نیز با افزایش مدت گرسنگی افزایش یافت (ناعمی و همکاران، ۱۴۰۰). در مطالعه‌ای که تأثیر محرومیت غذایی بر نوزادان ماهی سفید دریای خزر طی سازگاری به شوری دریای خزر به مدت یک هفته بررسی شد، میزان گلوکز در ماهیانی که تغذیه نشده بودند، در روز هفتم پس از انتقال شوری روند کاهشی نشان داد (Mohseni, 2023).

در تحقیق حاضر، میزان آنزیم‌های AST و ALT طی انتقال شوری و محرومیت غذایی به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت، به طوری که دو عامل شرایط زیستی آب و غذا به‌طور همزمان بر مقادیر غلظت آنزیم‌های کبدی اثر معنی‌داری داشت. افزایش سطح آنزیم ALP نیز در ماهیان در شرایط محرومیت غذایی نسبت به دیگر گروه‌ها مشاهده شد و انتقال شوری تأثیر چندانی بر میزان این آنزیم نشان نداد. موافق با نتایج تحقیق حاضر، افزایش فعالیت آنزیم‌های ALP و AST به دنبال افزایش شوری تدریجی ماهی قرمز (*Carassius auratus*) مشاهده شد (Al-Khashal et al. 2013). در مطالعه‌ای دیگر، فعالیت آنزیم‌های کبدی در پاسخ به گرسنگی ماهی قزل آلائی رنگین کمان افزایش یافت (Soltanian and Gholamhosseini, 2019). همچنین، میزان آنزیم‌های کبدی ALP، ALT و AST در تاسماهی ایرانی طی یک هفته محرومیت غذایی افزایش یافت. در هفته دوم روند افزایشی در AST و ALT ادامه داشت، اما سطح فعالیت ALP کاهش یافت (Yarmohammadi et al. 2015). بر عکس، سطح آنزیم‌های AST و ALT در ماهی کپور معمولی طی هفته اول محرومیت غذایی کاهش

مدت دو هفته باعث کاهش تری گلیسرید و کلسترول می‌شود (Navarro and Gutiérrez 1995; Pérez-Jimenez et al. 2007; Costas et al. 2011; Eslamloo et al. 2017). میزان کلسترول و تری گلیسرید در ماهی *Epichthys bambusa* طی ۸ روز اول محرومیت غذایی تغییری نشان نداد، اما با گذشت زمان و تا انتهای دوره آزمایش (روز ۲۸) کاهش معنی‌دار مشاهده شد (Xie et al. 2023). موافق با نتایج مطالعات پیشین، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که گرسنگی منجر به کاهش سطح گلوکز، سطوح پروتئین، کلسترول و تری گلیسرید می‌شود و ماهی در زمان گرسنگی و کمبود غذا برای تأمین انرژی مورد نیاز مجبور به استفاده از ذخایر و ترکیبات شیمیایی بدن خود است. نتایج آزمون واریانس دوطرفه نشان داد که دو عامل زیستی شرایط آب (شیرین، شوری ناگهانی و تدریجی) و تغذیه (سیری و گرسنگی) به طور همزمان نتوانست بر میزان غلظت کلسترول اثر معنی‌دار داشته باشد، درحالی که بر میزان غلظت تری-گلیسرید تأثیر معنی‌دار آماری داشت. همچنین، اثبات شده است که میزان گلوکز در ماهیان بارب حلب (*Barbonymus schwanenfeldii*) طی دو هفته محرومیت غذایی نسبت ماهیانی که طی دوره آزمایش غذایی شدند و یا تنها یک هفته تغذیه نشدند، پایین‌تر بود (Eslamloo et al. 2017). در مطالعه‌ای دیگر، عدم تغذیه ماهی کاراس (*Carassius gibelio*) به مدت یک هفته باعث کاهش سطح گلوکز پلاسما می‌شود (Dai et al. 2006; Xie et al. 2023). در تیلاپیلای نیل (*Oreochromis niloticus*) پس از ۲۱ روز گرسنگی گلوکز خون کاهش یافت (Sakyi et al. 2020). بر عکس، قرار گرفتن در معرض محرومیت غذایی در چاقو ماهی آسیایی (*N. notopterus*) به مدت ۱۴ روز باعث افزایش میزان گلوکز در این ماهی شد (Kulkarni et al. 2015; Xie et al. 2023). طی محرومیت غذایی ذخایر گلیکوژن کاهش می‌یابد که به دنبال آن، کاهش سطح گلوکز اتفاق می‌افتد. در نتیجه، هورمون‌های گلوکاگون و اپی نفرین در پاسخ به کاهش سطح گلوکز ترشح می‌شوند و فرایند گلوکونئوز و لیپولیز فعال می‌شوند تا ذخایر چربی در دسترس مانند تری گلیسرید و کلسترول مصرف شوند

شوری نسبت به گروه شاهد افزایش یافت. در نتیجه، آنزیم‌های کبدی با افزایش میزان خود به سازگاری بچه ماهیان با افزایش شوری و محرومیت غذایی کمک می‌کنند. در نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت بچه ماهیان کلمه خزری در وزن رهاسازی (۱-۲ گرم) قابلیت سازگاری با آب لب شور دریای خزر را دارند و نسبت به شرایط عدم دسترسی به غذای مناسب در محیط آبی جدید تا دو هفته مقاوم هستند.

تشکر و قدردانی

به این وسیله از دانشگاه گنبد کاووس به خاطر حمایت مالی برای انجام این پژوهش قدردانی می‌شود. از اداره کل شیلات استان گلستان نیز به دلیل صدور مجوز استفاده از این گونه سپاسگزاری می‌شود. همچنین، نویسندگان از جناب آقای دکتر یحیایی، معاونت محترم صید و بازسازی ذخایر آبزیان شیلات گلستان و جناب آقای مهندس شکیبا، ریاست محترم مرکز تکثیر و پرورش ماهیان استخوانی سیجوال، بندر ترکمن که بدون حمایت ایشان انجام این پژوهش میسر نبود، کمال تشکر را دارند. از سرکار خانم زینب صداقت دانش آموخته کارشناسی ارشد رشته تکثیر و پرورش آبزیان که در تمام مراحل انجام این پژوهش همراه بودند، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

اشرف، ص.، پذیرا، ع.ا.، نفیسی بهابادی، م. ۱۳۹۵. اثرات شوری بر بعضی از فاکتورهای بیوشیمیایی پلاسما و بافت روده ماهی سی باس آسیایی (*Lates calcarifer*). توسعه آبی‌پروری ۱۰: ۲۶-۱۵.

اکبری، پ.، شهرکی، ن. ۱۳۹۵. اثر مجزا و توأم گرسنگی دوره‌ای و مکمل-کارنیتین بر شاخصه‌های بیوشیمیایی و ایمنی غیر اختصاصی شانک زرد باله (*Acanthopagrus latus*, Houttyn, 1782). پژوهش‌های جانوری ۲۹: ۲۴۸-۲۳۹.

امین، ن.، شیرنگی، س.ا.، کشیری، ح.، جعفریان، ح.ا.، آدینه، ح. ۱۴۰۰. اثرات روش‌های انتقال ناگهانی و تدریجی شوری آب دریای خزر بر تنظیم یونی، برخی از پاسخ‌های ایمنی و شاخص‌های استرس در بچه ماهی کلمه دریای

یافت و در هفته دوم نیز این روند کاهشی برای آنزیم AST ادامه داشت (خندان بارانی و همکاران، ۱۳۹۵). به علاوه، در مطالعه‌ای دیگر طی بررسی اثر گرسنگی کوتاه مدت بر ماهی سفیدک سیستان، کاهش آنزیم AST پس از دو هفته گرسنگی مشاهده شد، در حالی که، مقدار ALP تحت تأثیر گرسنگی قرار نگرفت (Khandan Barani et al. 2019). سطح آنزیم‌های AST، ALT و ALP در گونه‌ای از کپور (*E. bambusa*) طی ۸ روز محرومیت غذایی تفاوتی نشان نداد، اما سطح این آنزیم‌ها از روز ۸ تا روز ۲۸ آزمایش روند کاهشی داشت (Xie et al. 2023). بنابراین، بر اساس گونه مورد مطالعه و مدت زمانی که ماهی در معرض گرسنگی قرار می‌گیرد، پاسخ‌های فیزیولوژیک متفاوت خواهد بود.

نتیجه‌گیری

از آنجا که تنظیم اسمزی طی انتقال شوری در جانوران آبی یکی از فرایندهای انرژی‌خواه است، بافت‌های مختلف بدن از منابع انرژی مختلف استفاده می‌کنند، تا بر تغییر شرایط شده به واسطه انتقال شوری غلبه کنند. به این منظور، انرژی به طور عمده از کربوهیدرات‌ها و در وهله بعد از طریق چربیها و پروتئین‌ها تأمین می‌شود. در این پژوهش، میزان پروتئین، کلسترول و تری‌گلیسرید در ماهیان تغذیه شده طی انتقال شوری دچار تغییر چندانی نشد، اما محرومیت غذایی دو هفته‌ای باعث کاهش میزان آنها شد. از طرف دیگر، افزایش میزان اسمولالیته و یون‌های سدیم، کلر و پتاسیم در بچه- ماهیان کلمه خزری تنها تحت تأثیر افزایش شوری قرار گرفت و محرومیت غذایی تأثیری در سطح آنها نداشت. سوخت و ساز کبد نیز می‌تواند طی سازگاری با آب لب شور دریای خزر به واسطه شرکت در تبدیل گلیکوژن به گلوکز برای تأمین انرژی مورد نیاز تنظیم اسمزی افزایش یابد. از طرف دیگر، محرومیت غذایی نیز می‌تواند باعث افزایش ظرفیت کبد برای تبدیل گلیکوژن به گلوکز (بالا رفتن نرخ گلیکوژنز و گلوکونئوز) و کاهش سطح گلوکز شود و به دنبال آن، فرایند لیپولیز فعال می‌شوند تا ذخایر چربی در دسترس، مانند تری- گلیسرید و کلسترول مصرف شوند. در این مطالعه، گلوکز طی گرسنگی در ماهیان تیمارهای مختلف کاهش یافت، اما میزان آن در ماهیان تیمارهای افزایش مستقیم و تدریجی

رهنما، ب.، کامرانی، ا.، عبدلی، ا.، ناجی، ا. و ریسی، ه. ۱۳۹۷. بررسی شاخص‌های رشد و مرگ و میر ماهی کلمه (*Rutilus rutilus*) در آب‌های جنوب دریای خزر (استان گلستان). محیط زیست جانوری ۱۱: ۱۹۰-۱۸۱.

عبدلی، ا.، نادری، م. ۱۳۸۷. تنوع زیستی ماهیان حوضه جنوبی دریای خزر. انتشارات علمی آذربایجان ۱۴۶ ص.

ناعمی، ر.، شیرنگی، س.ا.، کشیری، ح. آدینه، ح. ۱۴۰۰. تاثیر دوره‌های کوتاه مدت محرومیت غذایی و تغذیه مجدد بر مقاومت بچه ماهی کلمه دریای خزر (*Rutilus caspicus*) نسبت به شوری آب دریای خزر: عملکرد رشد، شاخص استرس و پاسخ ایمنی. تغذیه آذربایجان ۷: ۲۵-۱۱.

ندافی، ر.، امیری مجازی، ب.، کرمی، ب.، کیابی، ب.، عبدلی، ا. ۱۳۸۱. بررسی برخی ویژگی‌های ماهی کلمه ترکمنی در تالاب گمیشان. مجله علمی شیلات ۱۱: ۱۲۶-۱۰۳.

خزر (*Rutilus caspicus*). علوم و فنون شیلات ۱۱: ۴۲-۵۴.

پقه، ا.، مقصدلو، ت.، عبدلی، ا. ۱۳۸۳. بررسی سن و رشد ماهی کلمه (*Rutilus caspicus*) در تالاب گمیشان (جنوب شرق دریای خزر). علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۱۱: ۳-۱.

تاتار، ر.د.، قربانی، ر.، گرگین، س.، بندانی، غ.، یحیایی، م. ۱۳۹۷. تعیین الگوی بهره‌برداری ماهی کلمه خزر (*Rutilus caspicus*, Yakovlev, 1870) در بخش جنوب شرقی دریای خزر (محدوده سواحل استان گلستان). بهره‌برداری و پرورش آذربایجان ۷: ۱۹-۹.

خندان بارانی، ه.، حیدری، م.ر.، میری، م. ۱۳۹۵. تأثیر وضعیت تغذیه‌ای بر پروفایل شیمیایی خون و انتخاب شاخص‌های مناسب در ماهی (*Cyprinus carpio*) کپور معمولی. پژوهش‌های جانوری (زیست‌شناسی ایران) ۲۹: ۱۷۷-۱۶۶.

Abolfathi, M., Hajimoradloo, A., Ghorbani, R., Zamani, A. 2012. Effect of starvation and refeeding on digestive enzyme activities in juvenile roach, *Rutilus rutilus caspicus*. Comparative Biochemistry and Physiology 161A: 166-173.

Adams, S.M. 1990. Status and use of biochemical indicators for evaluating the effect of stress on fish. American Fish Society Symposium 8: 1-8.

Adineh, H., Naderi, M., Harsij, M., Shirangi, S.A., Yousefi, M., Hoseinifar, S.H. 2023. Interactive effects of culture systems (biofloc and clear water) and dietary protein levels on growth, digestive activity, mucosal immune responses, antioxidant status, and resistance against salinity stress in the Caspian roach (*Rutilus caspicus*) fry. Aquaculture 570: 739418.

Akbari Nargesi, E., Falahatkar, B., Żarski, D. 2022. Artificial reproduction of Caspian roach, *Rutilus caspicus* following stimulating ovulation with Ovaprim, Ovopel, and their combinations under

controlled conditions. Animal Reproduction Science 238, 106932.

Ali, M., Iqbal, F., Salam, A., Iram, S., Athar, M. 2005. Comparative study of body composition of different fish species from brackish water pond. International Journal of Environmental Science Technology 2: 229-232.

Al-Khashali, M., Sh., Al-Shawi, S.A.S. 2013. Effect of Salt Stress on ALT and AST Enzymes Activity and Cortisol Level in Adults of *Carassius auratus*. Pakistan Journal of Nutrition 12: 97-100.

Amiri Moghaddam, J., Maniei, F., Imanpour Namin, J. 2013. The effect of starvation and refeeding periods on ionoosmoregulation of 2⁺ Caspian trout. Journal of Fisheries, Iranian Journal of Natural Resources 65: 109-118.

Ashouri, G.H., Yavari, V., Bahmani, M., Yazdani, M.A., Kazemi, R., Morshedi, V., Fatollahi, M. 2013. The effect of short-term starvation on some physiological and morphological parameters in juvenile Siberian sturgeon, *Acipenser baerii*

- (Actinopterygii: Acipenseriformes: Acipenseridae). *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 43: 145-150.
- Chourasiaa, T.K., D'Cottab, H., Baroillerb, J.F., Cnaani, A. 2018. Effects of the acclimation to high salinity on intestinal ion and peptide transporters in two tilapia species that differ in their salinity tolerance. *Comparative Biochemistry and Physiology* 218A: 16-23.
- Costas, B., Aragao, C., Ruiz-Jarabo, I., Vargas-Chacoff, L., Arjona, F.J., Dinis, M.T., Mancera, J.M., Conceicao, L.E. 2011. Feed deprivation in Senegalese sole (*Solea senegalensis* Kaup, 1858) juveniles: effects on blood plasma metabolites and free amino acid levels. *Fish Physiology and Biochemistry* 37: 495-504.
- Dai, Q., Dai, J., Li, C., Liu, Z., Wang, Y. 2006. Discussion on relative fatness. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology* 12: 715-718.
- Eslamloo, K., Morshedi, V., Azodi, M.R., Akhavan, S. 2017. Effect of starvation on some immunological and biochemical parameters in tinfoil barb (*Barbonymus schwanenfeldii*). *Journal of Applied Animal Research* 45: 173-178.
- Evans, D.H., Claiborne, J.B. 2008. Fish Osmotic and Ionic Regulation In: Cells and Animals. Boca Raton, CRC Press, 606p.
- Furné, M., Morales, A.E, Trenzado, C.E, García-Gallego, M., Hidalgo, M.C., Domezain, A., Rus, A.S. 2012. The metabolic effects of prolonged starvation and refeeding in sturgeon and rainbow trout. *Journal of Comparative Physiology* 182B: 63-76.
- Hansen, Ø., Johnsen, H.K., Vijayan, M.M., Jørgensen, E.H. 2003. Development of seawater tolerance and concurrent hormonal changes in fed and fasted Arctic charr at two temperature regimes. *Aquaculture* 222: 135-148.
- Jafari, M., Kamarudin, M.S., Saad, C., Arshad, A., Oryan, S., Bahmani, M. 2009. Development of morphology in hatchery-reared *Rutilus frisii kutum* larvae. *European Journal of Scientific Research* 38: 296-305.
- Jarvis, P.L., Ballantyne, J.S. 2003. Metabolic responses to salinity acclimation in juvenile shortnose sturgeon *Acipenser brevirostrum*. *Aquaculture* 219: 891-909.
- Khandan Barani, H., Gharaei, A., Sanchooli, N., Miri, M. 2019. Blood biochemistry fluctuations as influenced by feed provision in juvenile snow trout (*Schizothorax zarudnyi*). *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 18: 735-744
- Khatooni, M., Mojazi Amiri, B., Mirvaghefi, A., Jafari, V., Hoseinifar, S.H. 2012. The effects of salinity on the fertilization rate and rearing of the Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) larvae. *Aquaculture International* 20: 1097-1105.
- Kiabi, B.H., Abdoli, A. Naderi, M. 1999. Status of the fish fauna in the South Caspian Basin of Iran. *Zoology in the Middle East* 18: 57-65
- Kottelat, M., J. Freyhof. 2007. Handbook of European freshwater fishes. Berlin, Germany, 646 p.
- Kulkarni, R.S., Barad, V.S. 2015. Effect of starvation on haematological and serum biochemical changes in the fresh water fish, *Notopterus notopterus* (Pallas). *International Journal of Innovative Studies in Aquatic Biology and Fisheries* 1: 24-29.
- Kumar, A., Prakash, S. 2021. Alteration in hematological and biometric parameters of *Clarias batrachus* (Linn, 1758) following short-term starvation. *International Journal of Biological Innovations* 3: 186-193.
- Kumar, S., Sahu, N.P., Pal, A.K., Choudhury, D., Yengkokpam, S., Mukherjee, S.C. 2005. Effect of dietary carbohydrate on haematology, respiratory burst activity

- and histological changes in *L. rohita* juveniles. *Fish and Shellfish Immunology* 19: 331-344.
- Larsson, A., Lewander, K. 1973. Metabolic effects of starvation in the eel, *Anguilla anguilla* L. *Comparative Biochemistry and Physiology* 44: 367-374.
- Malakpour Kolbadinezhad, S., Hajimoradloo, A., Ghorbani, R., Joshaghani, H., Wilson, J.M. 2012. Effects of gradual salinity increase on osmoregulation in Caspian roach *Rutilus caspicus*. *Journal of Fish Biology* 81: 125-134.
- Martínez-Álvarez, R.M., Hidalgo, M.C., Domezain, A., Morales, A.E., García-Gallego, M., Sanz, A. 2002. Physiological changes of sturgeon *Acipenser naccarii* caused by increasing environmental salinity, *Journal of Experimental Biology* 205: 3699-3706.
- Mo, Z., Li, L., Ying, L., Xiaolong, G. 2020. Effects of Sudden Drop in Salinity on Osmotic Pressure Regulation and Antioxidant Defense Mechanism of *Scapharcasu bcrenata*. *Frontiers in Physiology* 11: 884.
- Mohiseni, M. 2023. Hormonal failure and osmoregulatory disruption in laboratory food-deprived Caspian Kutum, *Rutilus frisii* larvae during brackish water challenge. *Iranian Journal of Ichthyology* 11: 41-49.
- Muneeza, A., Esani, M.H.A. 2014. The physiological sources of clinical significance and laboratory-testing methods for determining enzyme levels. *Laboratory Medicine* 45: 16-18.
- Navarro, I., Gutiérrez, J. 1995. Fasting and starvation. In: Hochachka, P.W., Mommsen, T.P. (Eds.). *Biochemistry and Molecular Biology of Fishes* 4: 393-433.
- Pequeux, A. 1995. Osmotic regulation in rustaceans. *Journal of Crustacean Biology* 15: 1-60.
- Pérez-Jiménez A, Guedes MJ, Morales AE, Oliva-Teles A. 2007. Metabolic responses to short starvation and refeeding in *Dicentrarchus labrax*. Effect of dietary composition. *Aquaculture* 265: 325-335.
- Sakyi, M., Cai, J., Tang, J., Xia, L., Lif, P., Delwin Abarike, E., Agbeko Kuebutornye, F.K., Jian, J. 2020. Short term starvation and re-feeding in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus 1758): Growth measurements, and immune responses. *Aquaculture Reports* 16: 100261.
- Salehi, H. 2008. Benefit-cost analysis for fingerling production of Kutum *Rutilus frisii kutum* (Kamensky, 1901) in 2005 in Iran. *Aquaculture Asia Magazine* 9: 35-39.
- Shirangi, S.A., Kalbassi, M.R., Khodabandeh, S., Lignot, J.H. 2016. Effects of cortisol treatment on the salinity tolerance of Persian sturgeon, *Acipenser persicus* juveniles. *Caspian Journal of Environmental Sciences* 17: 131-142.
- Soltanian, S., Gholamhosseini, A. 2019. The effects of starvation on some epidermal mucus immune parameters in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *International Journal of Aquatic Biology* 7: 291-300.
- 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.
- Taylor, J.R., Grosell, M. 2006. Feeding and osmoregulation: dual function of the marine teleost intestine. *Journal of Experimental Biology* 209: 2939-2951.
- Xie, M., Li, S., Feng, Z., Xiang, J., Deng, Q., Wang, P., Wu, H., Gao, J., Zeng, G., Xiang, G. 2023. Effects of starvation on the physiology and liver transcriptome of yellow cheek (*Elopichthys bambusa*). *Fishes* 8: 1-17.
- Yarmohammadi, M., Pourkazemi, M., Kazemi, R., Pourdeghani, M., Hassanzadeh Saber, M., Azizzadeh, L. 2015. Effects of starvation and re-feeding

on some hematological and plasma biochemical parameters of juvenile Persian sturgeon, *Acipenser persicus* Borodin, 1897. Caspian Journal of Environmental Sciences 13: 129-140.

Zengin, H. 2021. The effects of feeding and starvation on antioxidant defense, fatty acid composition and lipid peroxidation in reared *Oncorhynchus mykiss* fry. Scientific Reports 11: 1-13.