Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics

Print ISSN: 2345-427X
Online ISSN: 2345-4288

The effect of different levels of water turbidity on growth performance and immune response, oxidative stress and salinity stress resistance in the Caspian roach (*Rutilus caspius*)

Hossein Adineh[*1], Seyedeh Ainaz Shirangi[2], Zeynab Sedaghat[3], Seyed Amir Mahdi Hashemianfar[4]

1. Corresponding Author, Assistant Prof., Dept. of Fisheries, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavos University, Gonbad Kavos, Iran. E-mail: adineh.h@gmail.com
2. Assistant Prof., Dept. of Biology, Faculty of Basic and Engineering, Gonbad Kavos University, Gonbad Kavos, Iran. E-mail: ainazshirangi@gmail.com
3. M.Sc., of Fisheries, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavos University, Gonbad Kavos, Iran. E-mail: zeynab.sedaghat.1@gmail.com
4. M.Sc., of Fisheries, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavos University, Gonbad Kavos, Iran. E-mail: samhashemianfar98@gmail.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 08.02.2023
Revised: 08.27.2023
Accepted: 09.28.2023

Keywords:
Physiological reaction,
Rutilus caspius,
Salinity,
Total suspended solids

ABSTRACT

Turbidity is significant contributors to declines in populations of aquatic organisms. The aim of the present study was to investigate the effects of different levels of water turbidity on the growth performance, immune and antioxidant response of *Rutilus caspius*. A total number of 360 Caspian roach (with average weight 0.75±0.052 g) randomly in 4 treatments and 3 repetitions in 12 tanks with concentrations of 0, 250, 500, 1000 mg L^{-1} (C0, C1, C2 and C3 respectively) was distributed for 40 days. Then the fish were subjected to salinity stress (13 g L^{-1}) for 48 hours. The results showed that water turbidity significantly decreased growth performance and feed efficiency ($P<0.05$). Total immunoglobulin and lysozyme activity in the control had a significant increase compared to other treatments ($P<0.05$). Cortisol concentration in turbidity of 500 and 1000 mg SS L^{-1} (C2 and C3) had a significant increase compared to other experimental treatments ($P<0.05$). Water turbidity significantly decreased tissue superoxide dismutase and glutathione peroxidase, but increased tissue malondialdehyde concentration ($P<0.05$). Based on the obtained results, water turbidity with concentrations of 500, 1000 mg L^{-1} can reduce the physiological response and resistance of *Rutilus caspius* against salinity stress.

Cite this article: Adineh, Hossein, Shirangi, Seyedeh Ainaz, Sedaghat, Zeynab, Hashemianfar, Seyed Amir Mahdi. 2024. The effect of different levels of water turbidity on growth performance and immune response, oxidative stress and salinity stress resistance in the Caspian roach (*Rutilus caspius*). *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 13 (1), 31-44.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/japu.2023.21634.1808
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان

شاپا چاپی: ۲۳٤٥-٤۲۷X
شاپا آنلاین: ۲۳٤٥-٤۲۸۸

تأثیر سطوح مختلف کدورت آب بر عملکرد رشد و پاسخ ایمنی، استرس اکسیداتیو و مقاومت در برابر استرس شوری در ماهی کلمه خزری (*Rutilus caspius*)

حسین آدینه*[۱]، سیده آیناز شیرنگی[۲]، زینب صداقت[۳]، سید امیرمهدی هاشمیان‌فر[٤]

۱. نویسنده مسئول، استادیار گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران. رایانامه: adineh.h@gmail.com

۲. استادیار گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه و فنی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران. رایانامه: ainazshirangi@gmail.com

۳. کارشناسی‌ارشد شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران. رایانامه: zeynab.sedaghat.1@gmail.com

٤. کارشناسی‌ارشد شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران. رایانامه: samhashemianfar98@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۲/۰٥/۱۱
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۲/۰٦/۰٥
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۲/۰۷/۰٦

واژه‌های کلیدی:
شوری،
ماهی کلمه،
مواد جامد معلق کل،
واکنش فیزیولوژیکی

چکیده

هدف از مطالعه حاضر بررسی اثرات سطوح مختلف کدورت آب بر عملکرد رشد، پاسخ ایمنی و آنتی‌اکسیدانی ماهی کلمه خزری بود. تعداد کل ۳٦۰ قطعه ماهی کلمه خزری (با میانگین وزن ۰/۷٥ ±۰/۰٥۲ گرم) به‌طور تصادفی در ٤ تیمار و ۳ تکرار در ۱۲ مخزن با غلظت‌های ۰، ۲٥۰، ٥۰۰، ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر (به ترتیب C0، C1، C2 و C3) به‌مدت ٤۰ روز توزیع شد. سپس ماهی‌ها در معرض استرس شوری (۱۳ گرم در لیتر) به مدت ٤۸ ساعت قرار گرفت. نتایج نشان داد که کدورت آب عملکرد رشد و کارایی تغذیه را به‌طور معنی‌داری کاهش داد (P<۰/۰٥). ایمنوگلوبین کل و فعالیت لیزوزیم در تیمار شاهد در مقایسه با دیگر تیمارها افزایش معنی‌دار داشت (P<۰/۰٥). غلظت کورتیزول در کدورت ٥۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر (C2 و C3) نسبت به سایر تیمارهای آزمایشی قبل و یا بعد از تنش شوری بسته به غلظت کدورت به طور معنی‌داری افزایش یافت (P<۰/۰٥). کدورت آب به‌طور معنی‌داری آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز بافت را کاهش، اما غلظت آنزیم مالون دی‌آلدئید بافت را افزایش داد (P<۰/۰٥). بر اساس نتایج به‌دست‌آمده کدورت آب با غلظت‌های ٥۰۰، ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر می‌تواند باعث کاهش واکنش فیزیولوژیکی و مقاومت ماهی کلمه خزری در برابر تنش شوری شود.

استناد: آدینه، حسین، شیرنگی، سیده آیناز، صداقت، زینب، هاشمیان‌فر، سید امیرمهدی (۱۴۰۳). تأثیر سطوح مختلف کدورت آب بر عملکرد رشد و پاسخ ایمنی، استرس اکسیداتیو و مقاومت در برابر استرس شوری در ماهی کلمه خزری (*Rutilus caspius*). *نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان*، ۱۳ (۱)، ۴۴-۳۱.

DOI: 10.22069/japu.2023.21634.1808

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

رسوبات در اکوسیستم‌های آبی به‌طور طبیعی وجود دارد اما افزایش آن که در نتیجه تخلیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی به منابع آبی، روان‌آب‌های سطحی ناشی از بارش‌های جوی همراه با مواد فرسایش یافته از سطح زمین و هم‌چنین جلبک‌ها می‌باشد از مهم‌ترین عوامل ایجاد کدورت آب محسوب می‌شوند (۱). در اکوسیستم‌های آبی چهار نوع اصلی از مواد وجود دارد که شامل؛ جلبک، مواد آلی و غیر آلی (رسوبات معلق) و مواد محلول که همگی بر شفافیت آب تأثیر می‌گذارند (۲). بخش اعظم کدورت آب ناشی از فرسایش خاک است و بخشی دیگر ناشی از شکوفایی جلبکی محسوب می‌شود که به دلیل اختلاط توسط باد منجر به افزایش کدورت و کاهش دید می‌شود (۳). افزایش کدورت باعث کاهش دید ماهی در گرفتن طعمه به ویژه زئوپلانکتون‌ها که به‌عنوان منبع غذایی مناسب و هم‌چنین تأثیر منفی تغذیه‌ای بر موجودات آبزی می‌گردد (٤، ٥ و ٦)، از این‌رو با کاهش دسترسی ماهی به طعمه غذایی منجر به اختلال در سیستم گوارش و درنتیجه ضعف سیستم ایمنی و آنتی‌اکسیدانی می‌شود. گزارش شده است که آب کدر باعث فرار، گرفتگی در سطح آبشش (قوس و لاملای آبشش)، اثرات سوء فیزیولوژیکی و حتی مرگ موجودات آبزی می شود (۷ و ۸).

شوری یکی از پارامترهای استرس‌زای زیست‌محیطی است که بر فیزیولوژی ماهی تأثیر می‌گذارد (۹). سازگاری با آب شور و حفظ تعادل یونی بدن، مرحله‌ای حساس در حیات ماهیان است (۱۰) که در نتیجه آن ترکیبات یونی، هورمونی و ترکیبات بیوشیمیایی بدن دچار تغییر می‌شود (۱۱). ماهیان در واکنش‌های فیزیولوژیکی خود با تغییر در ترشح آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی که به‌عنوان نشانگرهای زیستی در برابر استرس اکسیداتیو مطرح هستند می‌توانند نسبت به شرایط زیستی سازگار و یا دچار مرگ و میر شوند (۱۲ و ۱۳). در بدن یک سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی وجود دارد که آسیب ناشی از رادیکال‌های آزاد را کاهش می‌دهد. کاهش کارکرد سیستم آنتی‌اکسیدانی و عدم تعادل در میزان تولید رادیکال‌های آزاد و سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی بدن شرایط را برای بروز استرس اکسیداتیو فراهم می‌کنند (١٤). رادیکال‌های آزاد مولکول‌های فعال شده‌ای هستند که عمدتاً از اکسیژن به دست می‌آیند. اکسیژن درحالی‌که برای حیات ضروری است، می‌تواند باعث اکسید کردن مواد درون سلول شود و نقش تخریب‌کننده داشته باشد. اکسیژن می‌تواند به اشکال بسیار فعال مثل رادیکال‌های سوپراکسید (O^{-}_{2})، رادیکال‌های هیدروکسیل (OH) و پراکسیدهیدروژن (H_2O_2) تبدیل شود و به DNA آسیب برساند. هم‌چنین می‌تواند برخی از آنزیم‌های ضروری و پروتئین‌های ساختاری را تخریب و واکنش‌های از کنترل شده‌ای چون اتواکسیداسیون و پراکسیداسیون را برانگیزد (۱۵).

ماهی کلمه یا تلاجی با نام علمی (*Rutilus caspius*) یکی از گونه‌های با ارزش اقتصادی در دریای خزر است. بازسازی این گونه با تکثیر مصنوعی و رهاسازی بچه‌ماهیان در دریای خزر صورت می‌گیرد اما آن‌چه که مورد توجه پژوهش‌گران قرار گرفته بررسی میزان توان فیزیولوژیکی در جهت افزایش راندمان بازماندگی در برابر تنش شوری است.

اگرچه پژوهش‌های مختلفی در خصوص مقاوم‌سازی ماهی کلمه در برابر استرس شوری خزر انجام شده است اما تاکنون اثرات کدورت آب بر استرس اکسیداتیو و پاسخ ماهی کلمه در برابر استرس شوری پژوهشی صورت نگرفته است. با توجه به رهاسازی ماهی کلمه در مصب رودخانه، بنابراین

پژوهش در خصوص وجود استرس‌های زیست محیطی مانند کدورت آب و شوری از اهمیت خاصی برخوردار است، از این‌رو هدف از این مطالعه بررسی اثرات سطوح مختلف کدورت آب بر عملکرد رشد و استرس اکسیداتیو ماهی کلمه خزری و مقاومت در برابر استرس شوری بود.

مواد و روش‌ها

تهیه ماهی کلمه خزری و شرایط آزمایشگاهی: ماهی کلمه (*R. caspius*) با میانگین وزنی ۰/۷۵±۰/۰۵۲ گرم از کارگاه سیجوال (بندر ترکمن، استان گلستان، ایران) تهیه و به آزمایشگاه شیلات دانشگاه گنبد کاووس انتقال یافت. تعداد ۳۶۰ قطعه بچه‌ماهی کلمه پس از طی ۲ هفته دوره سازگاری با محیط در ۱۲ مخزن به‌طور تصادفی در ٤ تیمار و هر یک با ۳ تکرار به‌طور تصادفی توزیع شد (۳۰ قطعه ماهی در داخل هر مخزن).

کدورت آب: ماهی کلمه خزری پس سازگاری با شرایط آزمایشگاهی در برابر سطوح مختلف کدورت آب حاصل از کل مواد جامد معلق (TSS) در چهار تیمار ۰، ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر (به ترتیب C0، C1، C2 و C3) و هر یک با ۳ تکرار قرار گرفتند (۱٦). بدین‌منظور ماهیان در مخازن ۲۵ لیتری حاوی آب شهری کلرزدایی شده نیز جایابی شدند و از خاک باغچه عبور داده شده از الک شماره ۲۰۰ (ذرات کوچک‌تر از ۰/۰۷۵ میلی‌متر) برای ایجاد کدورت استفاده شد (۱۷). در طول دوره نگهداری ماهی برای کنترل کدورت، رسوب مخزن (مواد جامد معلق) از یک الک ۷۵ میکرومتر عبور داده شد و در دمای ٦۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد تا مقدار کدورت از دامنه مورد نظر خارج نشود.

استرس شوری: پایان دوره ٤۰ روز نگهداری ماهی کلمه خزری تحت سطوح مختلف کدورت آب، همه تیمارها تحت استرس شوری با غلظت ۱۳ گرم در لیتر قرار گرفتند. پس از ٤۸ ساعت نمونه‌برداری از بافت ماهی کلمه برای سنجش شاخص‌های استرس (کورتیزول و گلوکز) انجام شد (۱۸).

عملکرد رشد و تغذیه: پایان دوره آزمایش (سطوح مختلف کدورت آب) شاخص‌های رشد و تغذیه بچه‌ماهیان در هر مخزن با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ و طول آن‌ها با استفاده از کولیس اندازه‌گیری تا پارامترهایی چون وزن و طول نهایی تعیین گردیده و بر اساس معادلات ریاضی و روابط محاسباتی وزن نهایی، نرخ رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی تعیین گردید (۱۸).

افزایش وزن (WG, g)= میانگین وزن نهایی (گرم)- میانگین وزن اولیه (گرم)

ضریب رشد ویژه (SGR, $\%day^{-1}$)= ((ln وزن نهایی (گرم)- ln وزن اولیه (گرم)) / مدت‌زمان پرورش (روز))× ۱۰۰

ضریب تبدیل غذایی (FCR)= [مقدار غذای مصرف‌شده (گرم) / (وزن نهایی (گرم)- وزن اولیه (گرم))]

کارایی تبدیل غذا (FCE, %)= (وزن به دست آمده / مقدار غذای مصرف شده (گرم))× ۱۰۰

نمونه‌برداری: پایان دوره استرس کدورت (روز ٤۰ نگهداری) و پایان دوره استرس شوری (٤۸ ساعت) از هر تیمار ۱۵ قطعه (۵ قطعه از هر تکرار) به طور تصادفی صید و به دلیل اندازه بسیار کوچک ماهیان و عدم امکان خونگیری از آن‌ها لاشه ماهیان پس از جداسازی سر و دم، داخل هاون چینی له شد (۱۹) و

تا زمان انجام آزمایش‌ها در فریزر ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

پاسخ ایمنی ماهی کلمه تحت غلظت‌های کدورت: ایمنوگلوبولین کل توسط کیت مخصوص به روش کدورت‌سنجی و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر انجام شد. برای تعیین میزان فعالیت لیزوزیم از روش ارائه‌شده توسط (۲۰) استفاده شد. مقدار ۲۵ میکرولیتر به پلیت‌های ۹٦ خانه‌ای شکل الایزا افزوده شد. سپس مقدار ۱۷۵ میکرولیتر از سوسپانسیون باکتریایی میکروکوکوس لیزودیکتیکوس (*Micrococcus Lysodeikticus*) در غلظت ۰/۲ میلی‌گرم در میلی‌لیتر در ۰/۰۵ مولار بافر فسفات با پی‌اچ ٦/۲ مخلوط شد. جذب نوری در دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد در زمان‌های ۱ و ۵ دقیقه در طول موج ۵۳۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. میزان فعالیت لیزوزیم با توجه به منحنی استاندارد میزان فعالیت لیزوزیم سفیده تخم‌مرغ تعیین شد (۲۱). فعالیت مکمل alternative (ACH_{50}) به روش Sunyer و Tort (۲۲) تعیین شد، بدین منظور فعالیت مکمل بر اساس همولیز گلبول‌های قرمز خرگوش اندازه‌گیری گردید. گلبول‌های قرمز خرگوش سه مرتبه با بافر اتیلن گلیکول تترا استیک اسید- منیزیوم- ژلاتین ورنال شسته شده و تعداد سلول‌های آن به کمک لام نئوبار در هر میلی‌لیتر بافر ۲×۱۰^{۸} سلول در میلی‌لیتر تنظیم شد. ابتدا جذب نوری لیز ۱۰۰ درصد گلبول‌های قرمز خرگوش با افزودن ۱۰۰ میکرولیتر از سوسپانسیون فوق به ۳/٤ میلی‌لیتر آب مقطر تعیین و سپس نمونه‌ها ۱۰۰ برابر با بافر فوق، رقیق شده و حجم‌های متفاوتی از آن در لوله آزمایش استریل تهیه و حجم همه لوله‌ها به کمک بافر به ۲۵۰ میکرولیتر رسانده شد. سرانجام به همه لوله‌ها ۱۰۰ میکرولیتر گلبول قرمز خرگوش اضافه و مخلوط فوق در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۹۰ دقیقه قرار داده شده و در پایان به هر کدام از لوله‌ها ۳/۱۵ میلی‌لیتر محلول ۰/۸۵ درصد کلرید سدیم افزوده می‌شود. سپس لوله‌ها در ۱٦۰۰ دور به مدت ۱۰ دقیقه و در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شده و جذب نوری محلول رویی در طول موج ٤۱٤ نانومتر قرائت گردید. فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز (ALP)، آمینوترانسفراز (AST)، آلانین آمینوترانسفراز (ALT) با استفاده از کیت‌های تجاری پارس آزمون (کرج، ایران) و با دستگاه آنالیزور بیوشیمیایی خودکار تعیین شدند.

آنالیز شاخص‌های استرس ماهی کلمه تحت استرس کدورت و شوری: پایان دوره نگهداری ماهی کلمه در سطوح مختلف کدورت و پس از قرارگیری ماهی‌ها در برابر استرس شوری مقادیر غلظت گلوکز و کورتیزول بافت بدن ماهی به روش ذیل آنالیز شد. غلظت گلوکز با استفاده از کیت تشخیصی شرکت پارس آزمون بر اساس دستورالعمل شرکت سازنده و با استفاده از دستگاه آنالیزور بیوشیمیایی خودکار اندازه‌گیری شد (۲۳). غلظت کورتیزول با استفاده از کیت آزمایشگاهی به روش ELISA تعیین شد.

سنجش ظرفیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی: برای آنزیم سوپر اکساید دیسموتاز (SOD)، ابتدا در حضور هیدروژن پراکساید (H_2O_2) فرآیند اتواکسیداسیون پیروگالول بررسی شد. در طی این فرآیند از سطح آنزیم سوپر اکساید دیسموتاز موجود کاسته شد، سپس سنجش با دستگاه اسپکتوفتومتر در طول موج ٤۲۰ نانومتر انجام شد (۲٤). برای سنجش آنزیم کاتالاز (CAT)، نمونه‌ها با محلول پراکسیدهیدروژن (H_2O_2) به‌مدت ۱۰ دقیقه در دمای اتاق در مجاورت هم قرار گرفتند. سپس از محلول آمونیوم مولیبدات جهت توقف فرآیند اکسیداسیون جهت تعیین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز استفاده شد. سنجش با دستگاه

اسپکتوفتومتر در طول موج ٤١٠ نانومتر انجام شد (۲۵). فعالیت مالانون دی آلدئید (MDA) بر اساس روش استاندارد در طول موج ۵۳۵ نانومتر (۲٦) و گلوتاتیون پراکسیداز (GPX) بر اساس پروتوکل ارائه شده در طول موج ٤١٢ نانومتر سنجش شد (۲۷).

آنالیز آماری: ابتدا نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون شاپیرو–ولیک (Shapiro- Wilk Test) مورد بررسی قرار گرفت. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از آنالیز واریانس یکطرفه (One way ANOVA) و برای بررسی اختلاف میانگین‌ها به‌وسیله آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد (P<۰/۰۵) استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌های پایان دوره استرس کدورت (روز ٤٠ نگهداری) و پایان دوره استرس شوری (٤٨ ساعت) از آنالیز واریانس دوطرفه (Two way ANOVA) استفاده گردید. رسم نمودارها در محیط Excel و تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزار SPSS 16 انجام شد.

نتایج

نتایج آنالیز فاکتورهای رشد و تغذیه ماهی کلمه خزری که در معرض غلظت‌های ۰، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌مدت ٤٠ روز قرار گرفته بودند، در جدول ۱ آورده شده است. وزن اولیه بین تیمارهای مختلف آزمایشی اختلاف آماری نداشت (P>۰/۰۵). وزن نهایی، وزن به دست آمده، درصد افزایش وزن و نرخ رشد ویژه در تیمار شاهد با آب تمیز در مقایسه با دیگر تیمارهای دارای سطوح مختلف کدورت آب افزایش معنی‌دار آماری داشت (P<۰/۰۵). ضریب تبدیل غذایی در تیمار C3 و C0 به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار خود رسید (P<۰/۰۵) به‌طوری‌که با افزایش غلظت کدورت آب مقدار عددی ضریب تبدیل غذایی افزایش یافت. درصد بقاء بین تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌دار آماری داشت (P<۰/۰۵) بدین‌ترتیب بیش‌ترین درصد بقاء در تیمار C0 (۹۷/٦۰ درصد) و کم‌ترین آن در تیمار C3 (۷۹/۷۰ درصد) بود.

جدول ۱- شاخص‌های رشد و تغذیه ماهی کلمه خزری تحت قرارگیری در برابر غلظت‌های مختلف کدورت آب به‌مدت ٤٠ روز.

	C0	C1	C2	C3	*P-value*
وزن اولیه (گرم)	۰/۷۳ ±۰/۰٤۸	۰/۷۸ ±۰/۰٦۸	۰/۷۲ ±۰/۰٤۰	۰/۷۷ ±۰/۰۵٤	۰/۲٦۸
وزن نهایی (گرم)	۱/۳۹ ±۰/۱٤ [a]	۱/۲۵ ±۰/۱۰ [b]	۱/۰۷ ±۰/۰۵ [c]	۱/۰۵ ±۰/۰۵ [c]	۰/۰۰۰
وزن بدست آمده (گرم)	۰/٦۵ ±۰/۱۵ [a]	۰/٤۷ ±۰/۱۳ [b]	۰/۳۵ ±۰/۰۸ [bc]	۰/۲۸ ±۰/۰۵ [c]	۰/۰۰۱
افزایش وزن (درصد)	۹۰/۲٦ ±۲۲/۳٤ [a]	٦۱/٦۷ ±۲۱/۳٦ [b]	٤۹/۱٤ ±۱۳/۹۰ [b]	۳۷/۳۹ ±۸/٦۹ [b]	۰/۰۰۱
نرخ رشد ویژه (روز درصد)	۱/۵۹ ±۰/۳۰ [a]	۱/۱۸ ±۰/۳۳ [b]	۰/۹۹ ±۰/۲۳ [bc]	۰/۷۹ ±۰/۱۵ [c]	۰/۰۰۱
ضریب تبدیل غذایی	۲/۷۰ ±۰/٦۹ [b]	۳/۱۸ ±۰/۹٤ [ab]	۳/۳۰ ±۰/۸٦ [ab]	٤/۳۱ ±۰/۸۰ [a]	۰/۰٤۷
درصد بقاء	۹۷/٦۰ ±۱/۷۸ [a]	۹۳/۷۰ ±۱/٦٤ [b]	۹۰/۲۰ ±۲/۳۸ [c]	۷۹/۷۰ ±۲/۹۰ [d]	۰/۰۰۰

حروف لاتین غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنادار آماری می‌باشد (P<۰/۰۵)

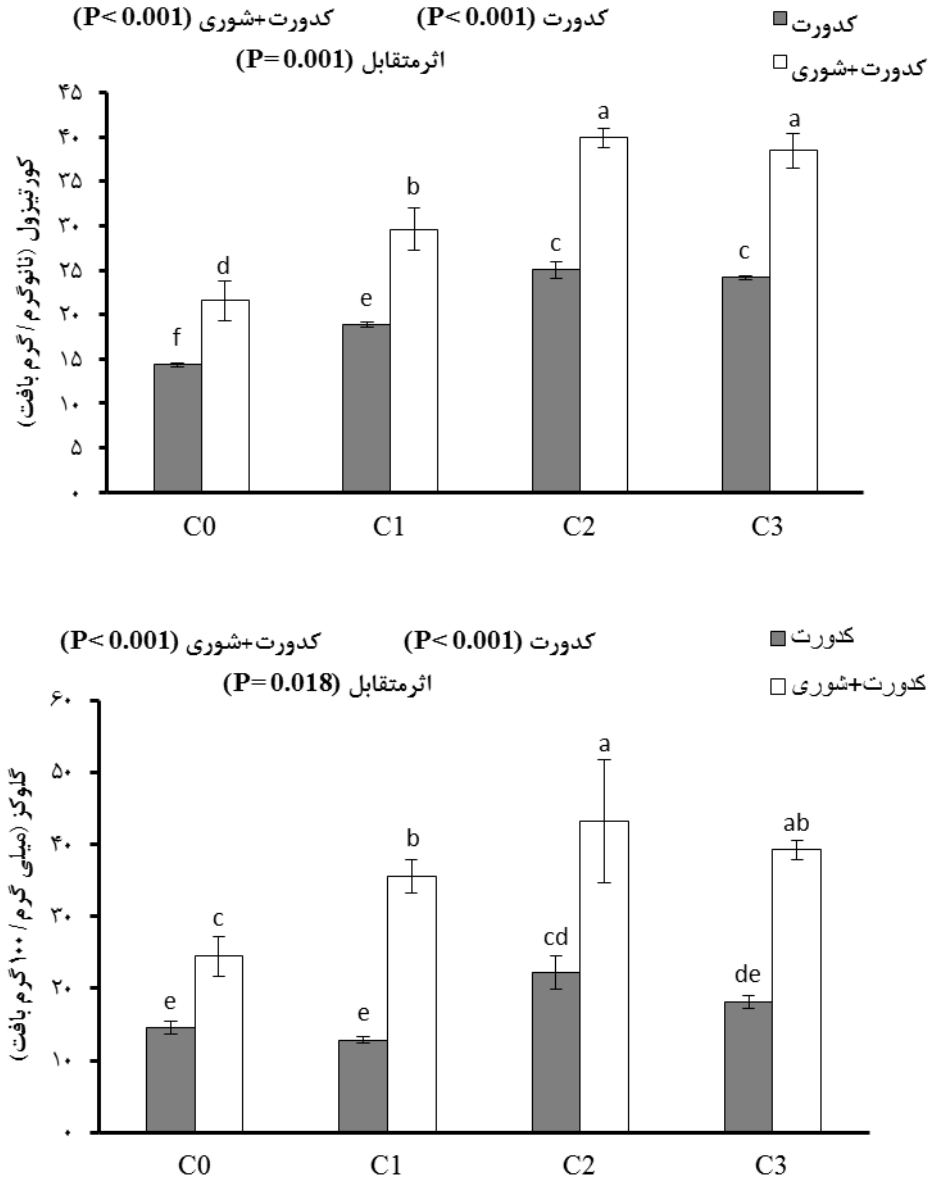
آنالیز فاکتورهای ایمنی ماهی کلمه نگهداری شده در سطوح مختلف کدورت آب در جدول ۲ آورده شده است. غلظت ایمنوگلوبین کل و فعالیت لیزوزیم در تیمار شاهد C در مقایسه با دیگر تیمارهای آزمایشی کدورت افزایش معنی‌دار آماری داشت (P<۰/۰۵). کم‌ترین مقدار فعالیت آنزیم‌های کبدی آسپارتات آمینو ترانسفراز، آلکالین فسفاتاز و آلانین آمینوترانسفراز در تیمار شاهد C به دست آمد (P<۰/۰۵).

مقادیر غلظت‌های کورتیزول و گلوکز در شکل ۱ نشان داده شده است. غلظت کورتیزول در تیمارها با کدورت ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم مواد جامد محلول در لیتر (C2 و C3) در مقایسه با دیگر تیمارهای آزمایشی افزایش معنی‌دار داشت (P<۰/۰۵). هم‌چنین غلظت کورتیزول پس از قرارگیری ماهی کلمه در برابر استرس شوری در تیمارهای C2 و C3 نیز افزایش معنی‌دار داشت (P<۰/۰۵). آنالیز واریانس دوطرفه غلظت کورتیزول بافت نشان داد که دو عامل کدورت و کدورت + شوری منجر به افزایش معنی‌دار در مقدار این فاکتور شد (P<۰/۰۵). غلظت گلوکز تحت‌تأثیر مقادیر مختلف کدورت قرار گرفت که در تیمارهای C0 و C1 کاهش معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵). استرس شوری در تیمار C2 در مقایسه با دیگر تیمارهای آزمایشی باعث افزایش معنی‌داری غلظت گلوکز شد (P<۰/۰۵).

جدول ۲- پاسخ فاکتورهای ایمنی و آنزیم‌های کبدی بافت ماهی کلمه خزری تحت قرارگیری در برابر غلظت‌های مختلف کدورت آب به‌مدت ٤٠ روز.

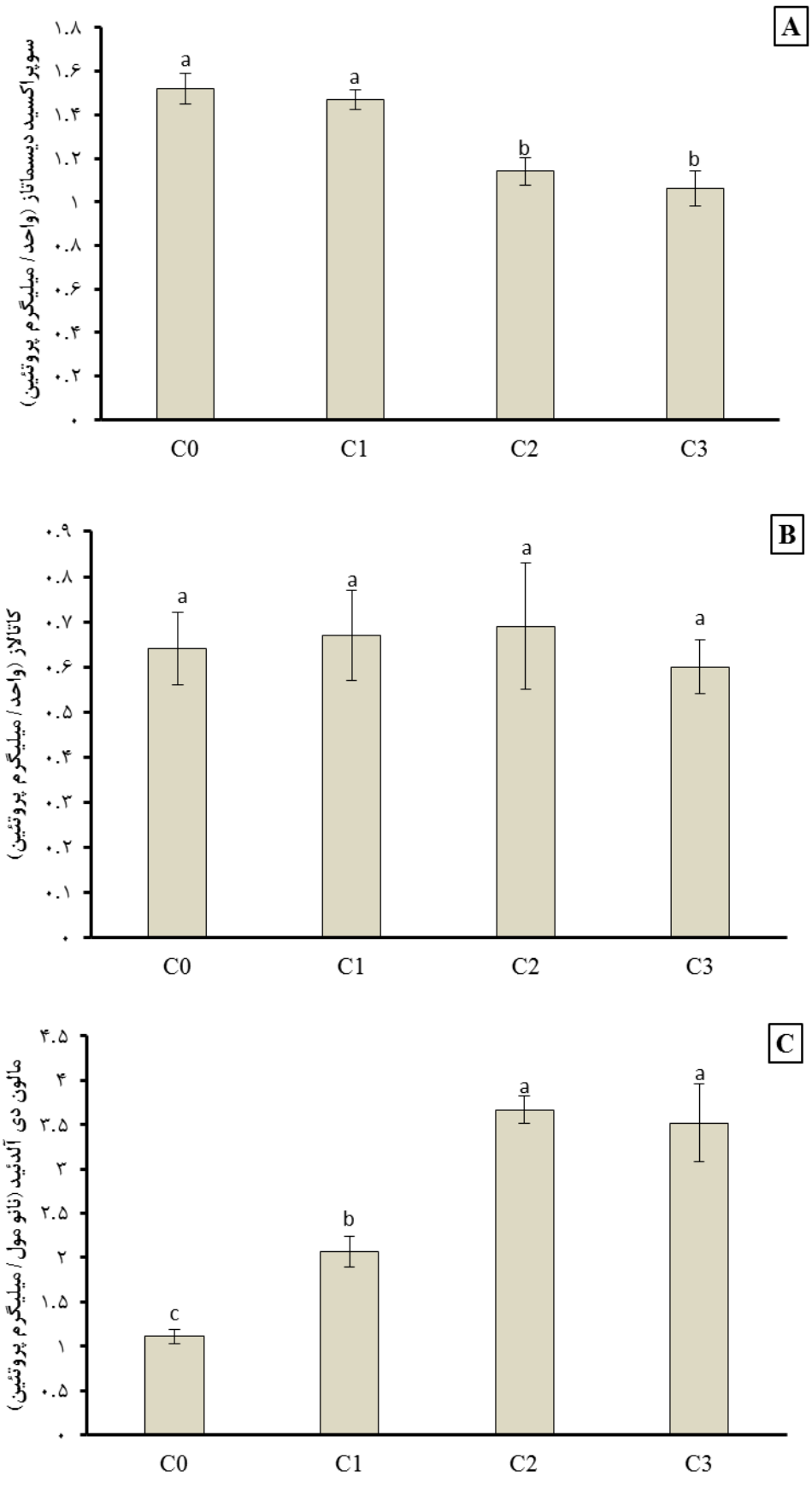
	C0	C1	C2	C3
ایمنوگلوبین کل (میلی‌گرم/ گرم بافت)	۵۰/۰۸ ±۱/٤۸ [a]	۳۷/۵٤ ±۱/٤٦ [c]	٤۲/۵۵ ±۲/٤۱ [b]	٤۳/۷٤ ±۱/۰٤ [b]
فعالیت لیزوزیم (واحد/ گرم/ دقیقه بافت)	٦۱/۱۱ ±۲/۰۷ [a]	۵۳/۵٦ ±۱/٤۳ [b]	۳۲/۵۰ ±۲/۷۱ [d]	۳٦/۷۳ ±۱/٦٦ [c]
کمپلمان ۵۰ (واحد/ درصد)	۷٤/٤۰ ±۱/٤۰ [a]	٦۱/۸۱ ±۱/۳۷ [b]	٤۳/۵۰ ±۱/۲۲ [c]	٤٤/۰۵ ±۰/۲۲ [c]
آسپارتات آمینو ترانسفراز (واحد/ میلی‌لیتر پروتئین)	۷۵/۰۲ ±٤/۹۵ [c]	۱۳٤/۵۲ ±۳/۵۱ [b]	۱۳٦/۳۰ ±۲/۲۰ [b]	۱٤٦/۹۵ ±۲/٦۰ [a]
آلکالین فسفاتاز (واحد/ میلی‌لیتر پروتئین)	۱۰/۲۵ ±۰/٤۵ [d]	۱٤/۰۰ ±۰/۹۰ [c]	۱۵/۵۵ ±۰/۲۰ [b]	۱۸/۸۷ ±۰/۳۵ [a]
آلانین آمینوترانسفراز (واحد/ میلی‌لیتر پروتئین)	۸/۸۵ ±۰/٤۵ [d]	۱۰/۹۰ ±۰/٤۳ [c]	۱٤/۹۲ ±۰/۸۷ [b]	۱۹/۷۰ ±۰/۵۰ [a]

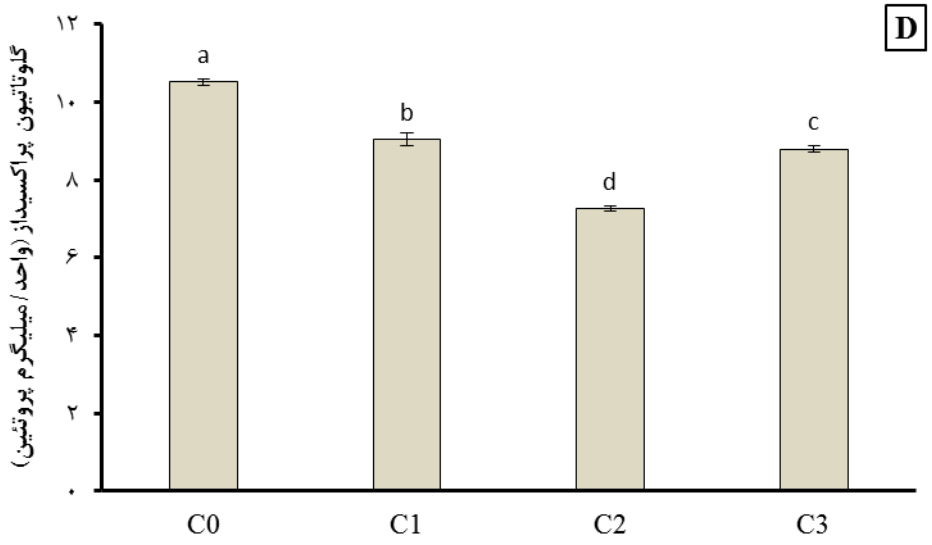
حروف لاتین غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنادار آماری می‌باشد (P<۰/۰۵)



شکل ۱- تغییرات شاخص‌های استرس (کورتیزول و گلوکز) بافت ماهی کلمه خزری تحت قرارگیری در برابر غلظت‌های مختلف کدورت آب به‌مدت ٤٠ روز و مواجهه با استرس شوری به‌مدت ٤٨ ساعت.

حروف لاتین غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنادار آماری می‌باشد (P<۰/۰۵).


A
سوپراکسید دیسماتاز (واحد / میلیگرم پروتئین)
۱.۸
۱.۶
۱.۴
۱.۲
۱
۰.۸
۰.۶
۰.۴
۰.۲
۰
a
a
b
b
C0
C1
C2
C3
B
کاتالاز (واحد / میلیگرم پروتئین)
۰.۹
۰.۸
۰.۷
۰.۶
۰.۵
۰.۴
۰.۳
۰.۲
۰.۱
۰
a
a
a
a
C0
C1
C2
C3
C
مالون دی آلدئید (نانو مول / میلیگرم پروتئین)
۴.۵
۴
۳.۵
۳
۲.۵
۲
۱.۵
۱
۰.۵
۰
c
b
a
a
C0
C1
C2
C3



شکل ۲- تغییرات غلظت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی بافت (A: سوپراکسیددیسماتاز، B: کاتالاز، C: مالون دی‌آلدئید، D: گلوتاتیون پراکسیداز) ماهی کلمه خزری تحت قرارگیری در برابر غلظت‌های مختلف کدورت آب به‌مدت ۴۰ روز. حروف لاتین غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنادار آماری می‌باشد (P<۰/۰۵).

مقادیر غلظت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی ماهی کلمه تحت‌تأثیر سطوح مختلف کدورت قرار گرفت (شکل ۲) به‌طوری‌که آنزیم سوپراکسیددیسماتاز در تیمارهای C0 و C1 افزایش معنی‌دار آماری داشت (P<۰/۰۵). آنزیم کاتالاز بین تیماهای مختلف کدورت تفاوت معنی‌دار آماری نداشت (P>۰/۰۵). با افزایش مقدار کدورت آب مقادیر آنزیم مالون دی‌آلدئید بافت ماهی کلمه در تیمارهای C2 و C3 افزایش معنی‌دار داشت (P<۰/۰۵). غلظت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز بین تیمارهای مختلف آزمایشی اختلاف آماری داشت به‌طوری‌که در تیمار شاهد C بیش‌ترین مقدار و در تیمار C2 به کم‌ترین مقدار خود رسید (P<۰/۰۵).

بحث و نتیجه‌گیری

کدورت به‌عنوان عامل محدودکننده شرایط زیستی می‌تواند از طریق کاهش سرعت رشد، جلوگیری از رشد تخم و لارو ماهیان، تغییر در روش شکار طعمه توسط ماهی و کاهش میزان غذای در دسترس اثرات مضری بر ماهیان داشته باشد (۱، ۲۸ و ۲۹). نتایج به‌دست آمده از عملکرد رشد و تغذیه ماهی کلمه خزری تحت سطوح مختلف کدورت نشان از کاهش پارامترهای رشد و تغذیه این گونه در غلظت‌های ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر در تیمارهای C2 و C3 بود از این‌رو این‌طور به‌نظر می‌رسد که کدورت در گرفتن زئوپلانکتون‌های مناسب اختلال ایجاد می‌کند بنابراین بچه‌ماهیان کلمه خزری رهاسازی شده در مصب رودخانه در زمان تغذیه از محیط آب مجبور می‌شوند از طعمه‌های کم‌تری از نظر کمی و کیفی استفاده نمایند (۲ و ۳۰). در سال‌های اخیر یکی از عوامل تأثیرگذار بر تغییر و کاهش جمعیت ماهی‌ها وجود رسوبات و افزایش کدورت آب بوده است. کاهش غذا به دلیل وجود کدورت در اکوسیستم آبی می‌تواند منجر به ایجاد محرومیت غذایی برای آبزیان شود که در این ارتباط گزارش شده ماهی کلمه خزری با ۵ و ۷ روز محرومیت غذایی دچار تضعیف عملکرد رشد و تغذیه شد به‌طوری‌که درصد افزایش وزن از ۹۷/۵۶

درصد در تیمار بدون محرومیت غذایی به ٦٥/٤٥ درصد در تیمار با ۷ روز محرومیت غذایی کاهش یافت، از این‌رو می‌توان بیان نمود که کاهش تولید اولیه در نتیجه افزایش رسوب و کدورت می‌تواند اثرات منفی را از طریق کمبود مواد غذایی برای موجودات آبزی هم‌چون زئوپلانکتون‌ها، حشرات، نرم‌تنان آب شیرین و ماهی ایجاد نماید (۱).

شاخص‌های خونی و بیوشیمیایی در بدن آبزیان تحت‌تأثیر عوامل مختلف زیست‌محیطی تغییر می‌یابد (۳۱)، بنابراین سنجش پارامترهای خونی یکی از ابزارهای مناسب برای بررسی شرایط فیزیولوژیکی و سلامت در ماهیان است. در مطالعه حاضر بیش‌ترین مقدار غلظت فاکتورهای ایمنی و کم‌ترین مقدار آنزیم‌های کبدی در تیمار شاهد بدون کدورت به‌دست آمد درحالی‌که با افزایش غلظت کدورت آب از ۲۵۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر مقادیر غلظت ایمنوگلوبولین کل، فعالیت لیزوزیم و کمپلمان ۵۰ کاهش معنی‌داری داشت. بیش‌تر پژوهش‌ها بر اثرات کدورت آب بر تغییر رنگدانه‌های بدن جهت استتار، طعمه‌گیری، رفتار و توزیع جمعیت در اکوسیستم تمرکز دارد در حالی‌که پژوهش حاضر در راستای بررسی اثرات کدورت آب بر تغییرات فیزیولوژیکی به‌خصوص پاسخ ایمنی و وضعیت آنتی‌اکسیدانی بدن ماهی کلمه بوده است.

عوامل متعددی بر پاسخ ایمنی ماهی کلمه خزری در شرایط زیستی تأثیرگذار می‌باشد که در این خصوص گزارش شده که فعالیت لیزوزیم در بدن ماهی کلمه خزری نگهداری شده در محیط بیوفلاک حاوی کدورت در محدوده ۵۰ تا ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر در مقایسه با تیمار شاهد آب تمیز کاهش داشت درحالی‌که از نظر آماری اختلافی مشاهده نشد (۱۸)، که با پژوهش ما همسو بود. لیزوزیم یکی از مهم‌ترین آنزیم‌های ضدباکتریایی در ایمنی ذاتی علیه عوامل عفونی است (۳۲)، که در طیف وسیعی از مهره‌داران از جمله ماهیان و سخت‌پوستان وجود دارد. هم‌چنین ایمنوگلوبولین‌ها نقش مهمی را در ایمنی هومورال ایفا می‌کنند که به‌عنوان ایمنی اکتسابی ماهیان توسط لنفوسیت‌های B ترشح می‌شوند. در مطالعه‌ای مشخص شد که قرارگیری ماهی کلمه خزری در برابر شرایط زیستی با محرومیت غذایی می‌تواند منجر به کاهش غلظت ایمونوگلوبین کل گردد (۲۱). محرومیت غذایی که الگویی از کمبود غذا و یا عدم دسترسی به غذای کافی در زمان رهاسازی بچه‌ماهی کلمه در رودخانه اتفاق می‌افتد می‌تواند در نتیجه افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی هم‌چون سموم کشاورزی، فلزات سنگین و افزایش فرسایش خاک و در نتیجه بالا رفتن کدورت آب به‌وجود آید.

در محیط زندگی آبزیان تغییر هر یک از عامل تغییردهنده محیط طبیعی را می‌توان منبعی از استرس بیان نمود از این‌رو شوری یکی از آن دسته استرس‌هایی است که به میزان زیادی فیزیولوژی موجودات آبزی را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (۳۳). کورتیزول از مهم‌ترین عوامل هورمونی مؤثر در ارزیابی پاسخ فیزیولوژیکی استرس در ماهیان محسوب می‌شود و افزایش آن در راستای ایجاد سازگاری با شرایط تنش‌زا در ماهیان به اثبات رسیده است. نتایج مطالعه حاضر نشان داد در زمان قرارگیری ماهی کلمه در معرض ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم مواد جامد محلول در لیتر (C2 و C3) و هم‌چنین بعد از استرس شوری غلظت کورتیزول افزایش معنی‌دار آماری داشت. در پژوهشی غلظت کورتیزول در زمان قرارگیری ماهی کلمه در برابر شوری ناگهانی به‌مدت ٢٤ ساعت در مقایسه با شوری تدریجی افزایش معنی‌دار آماری نشان داد (۱۹).

استرس در محیط زیست منجر به کاهش عملکرد رشد و پاسخ ایمنی در آبزیان می‌شود (٣٤)، به‌طوری‌که با نقص در واکنش فیزیولوژیکی باعث

تضعیف سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی بدن و آسیب ناشی از رادیکال‌های آزاد می‌گردد. کاهش کارکرد سیستم آنتی‌اکسیدانی و عدم تعادل در میزان تولید رادیکال‌های آزاد و سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی بدن شرایط را برای بروز استرس اکسیداتیو فراهم می‌کنند (۱٤). رسوبات و کدورت آب باعث ایجاد استرس در بسیاری از موجودات آبزی می‌شود در این ارتباط در پژوهشی اثرات کدورت آب (۰، ۵۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم مواد معلق در لیتر) و دمای ۱۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد بر استرس اکسیداتیو در لارو *Stenopsyche marmorata* مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج نشان داد که دمای بالا به همراه وجود کدورت آب باعث استرس اکسیداتیو در حشرات آبزی می‌شود (۱٦). اثرات کدورت آب بر میزان شکار لارو *Ambystoma mexicanum* توسط ماهی تیلاپیا مورد بررسی قرار گرفت و نتایج به‌دست آمده نشان داد که کدورت آب منجر به کاهش توان شکار و تغذیه ماهی می‌گردد (۲). به‌طورکلی نتایج مطالعه حاضر نشان داد که قرارگیری ماهی کلمه خزری تحت مقادیر ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌گرم مواد جامد معلق در لیتر (کدورت) به ترتیب در تیمارهای C2 و C3 منجر به کاهش عملکرد رشد و تضعیف سیستم ایمنی و آنتی‌اکسیدانی و هم‌چنین کاهش مقاومت در برابر استرس شوری می‌گردد.

تقدیر و تشکر

این مقاله مستخرج از طرح تحقیقاتی به شماره ٦/۰۰/۱۳۰ مصوب شورای پژوهشی دانشگاه گنبد کاووس می‌باشد. از زحمات همکاران واحد پژوهشی دانشگاه گنبد کاووس و هم‌چنین همکاران مرکز تکثیر و پرورش ماهیان استخوانی سیجوال- بندرترکمن استان گلستان کمال تشکر و قدردانی را دارم.

منابع

1.Henley, W. F., Patterson, M. A., Neves, R. J., & Lemly, A. D. (2000). Effects of sedimentation and turbidity on lotic food webs: a concise review for natural resource managers. *Reviews in Fisheries Science*, 8(2), 125-139.

2.Chaparro-Herrera, D. J., Nandini, S., & Sarma, S. S. S. (2020). Turbidity effects on feeding by larvae of the endemic Ambystoma mexicanum and the introduced *Oreochromis niloticus* in Lake Xochimilco, Mexico. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 20 (1), 91-101.

3.De Robertis, A., Ryer, C. H., Veloza, A., & Brodeur, R. D. (2003). Differential effects of turbidity on prey consumption of piscivorous and planktivorous fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 60 (12), 1517-1526.

4.Kemp, P., Sear, D., Collins, A., Naden, P., & Jones, I. (2011). The impacts of fine sediment on riverine fish. *Hydrological processes*, 25 (11), 1800-1821.

5.AC, U. P. (2002). Visual feeding of fish in a turbid environment: physical and behavioural aspects. *Mar. Fresh. Behav. Physiol*. 35, 111-128.

6.Gliwicz, Z. M. (2003). Between hazards of starvation and risk of predation. *The Ecology of Offshore Animals. Ecology Institute, Oldendorf/Luhe.*

7.Bilotta, G. S., & Brazier, R. E. (2008). Understanding the influence of suspended solids on water quality and aquatic biota. *Water research*, 42 (12), 2849-2861.

8.Hasenbein, M., Fangue, N. A., Geist, J., Komoroske, L. M., Truong, J., McPherson, R., & Connon, R. E. (2016). Assessments at multiple levels of biological organization allow for an integrative determination of physiological tolerances to turbidity in an endangered fish species. *Conservation Physiology*, 4 (1), cow004.

9.Rubio, V. C., Sánchez-Vázquez, F. J., & Madrid, J. A. (2005). Effects of salinity on food intake and macronutrient selection in European sea bass. *Physiology & behavior*, 85 (3), 333-339.
10.Cataldi, E., Di Marco, P., Mandich, A., & Cataudella, S. (1998). Serum parameters of Adriatic sturgeon *Acipenser naccarii* (Pisces: Acipenseriformes): effects of temperature and stress. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 121 (4), 351-354.
11.Mohiseni, M., Banaee, M., & Farabi, S. M. V. (2016). Effects of feed deprivation on chloride cell development in kuttum fish (*Rutilus frisii kuttum*) during sea water challenge. *Journal of Aquatic Ecology*, 5 (4), 88-97. [Translated in Persian]
12.Almeida, Â., Calisto, V., Esteves, V. I., Schneider, R. J., Soares, A. M., Figueira, E., & Freitas, R. (2017). Ecotoxicity of the antihistaminic drug cetirizine to *Ruditapes philippinarum* clams. *Science of the Total Environment*, 601, 793-801.
13.Cortes-Diaz, M. J. A., Rodríguez-Flores, J., Castañeda-Peñalvo, G., Galar-Martínez, M., Islas-Flores, H., Dublán-García, O., & Gómez-Oliván, L. M. (2017). Sublethal effects induced by captopril on *Cyprinus carpio* as determined by oxidative stress biomarkers. *Science of the Total Environment*, 605, 811-823.
14.Maritim, A. C., Sanders, A., & Watkins Iii, J. B. (2003). Diabetes, oxidative stress, and antioxidants: a review. *Journal of biochemical and molecular toxicology*, 17 (1), 24-38.
15.Rice-Evans, C. A., & Burdon, R. H. (Eds.). (1994). Free Radical Damage and Its Control. *Elsevier*. 113, 46-49.
16.Suzuki, J., Imamura, M., Nakano, D., Yamamoto, R., & Fujita, M. (2018). Effects of water turbidity and different temperatures on oxidative stress in caddisfly (*Stenopsyche marmorata*) larvae. *Science of the total environment*, 630, 1078-1085.
17.Rezania, N., Hasani Zonoozi, M., & Saadatpour, M. (2021). Turbidity removal from water using Graphene Oxide as coagulant and modeling with artificial neural network. *Journal of Environmental Science and Technology*, 23 (8), 1-17.
18.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.
19.Amin, N., Shirangi, S. A., Kashiri, H., Jafaryan, H., & Adineh, H. (2022). Effects of abrupt and gradual transfer methods to the salinity of the Caspian Sea onion regulation, some of immunity responses and stress indices in Caspian Roach (*Rutilus caspicus*, Yakovlev 1870). *Fisheries Science and Technology*, 11 (1), 42-54. [Translated in Persian]
20.Ellis, A. E. (1990). Lysozyme Assays: In: Stolen, J. S., Fletcher, T. C., Anderson, D. P., Roberson, B. S., Van Muiswinkel, W. B., editors. Techniques in: Fish Immunology. Fair Haven. *NJ: SOS Publications*, 101, 103.
21.Naemi, R., Shirangi, S. A., Adineh, H., & Kashiri, H. (2021). The effect of short-term food deprivation and re-feeding on the resistance of juvenile Caspian roach, *Rutilus caspicus* to the salinity of the Caspian Sea: growth performance, stress indices and immune response. *Aquatic Animals Nutrition*, 7 (2), 11-25. [Translated in Persian]
22.Sunyer, J. O., & Tort, L. (1995). Natural hemolytic and bactericidal activities of sea bream *Sparus aurata* serum are effected by the alternative complement pathway. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 45 (3-4), 333-345.
23.Borges, A., Scotti, L. V., Siqueira, D. R., Jurinitz, D. F., & Wassermann, G. F. (2004). Hematologic and serum biochemical values for jundiá (*Rhamdia quelen*). *Fish physiology and biochemistry*, 30, 21-25.

24. Marklund, S., & Marklund, G. (1974). Involvement of the superoxide anion radical in the autoxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *European journal of biochemistry*, 47 (3), 469-474.
25. Goth, L. (1991). A simple method for determination of serum catalase activity and revision of reference range. *Clinica chimica acta*, 196 (2-3), 143-151.
26. Baluchnejadmojarad, T., Roghani, M., & Mafakheri, M. (2010). Neuroprotective effect of silymarin in 6-hydroxydopamine hemi-parkinsonian rat: involvement of estrogen receptors and oxidative stress. *Neuroscience letters*, 480 (3), 206-210.
27. Ellman, G. L. (1959). Tissue sulfhydryl groups. *Archives of biochemistry and biophysics*, 82 (1), 70-77.
28. Affandi, F. A., & Ishak, M. Y. (2019). Impacts of suspended sediment and metal pollution from mining activities on riverine fish population-a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 16939-16951.
29. Rodrigues, J. N., Ortega, J. C., Petsch, D. K., Padial, A. A., Moi, D. A., & Figueiredo, B. R. (2023). A meta-analytical review of turbidity effects on fish mobility. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 1-15.
30. Meager, J. J., Domenici, P., Shingles, A., & Utne-Palm, A. C. (2006). Escape responses in juvenile Atlantic cod Gadus morhua L.: the effects of turbidity and predator speed. *Journal of Experimental Biology*, 209 (20), 4174-4184.
31. Fanouraki, E., Divanach, P., & Pavlidis, M. (2007). Baseline values for acute and chronic stress indicators in sexually immature red porgy (*Pagrus pagrus*). *Aquaculture*, 265 (1-4), 294-304.
32. Saurabh, S., & Sahoo, P. K. (2008). Lysozyme: an important defence molecule of fish innate immune system. *Aquaculture research*, 39 (3), 223-239.
33. Urbina, M. A., & Glover, C. N. (2015). Effect of salinity on osmoregulation, metabolism and nitrogen excretion in the amphidromous fish, inanga (*Galaxias maculatus*). *Journal of experimental marine biology and ecology*, 473, 7-15.
34. Aksakal, E., Ekinci, D., Erdoğan, O., Beydemir, Ş., Alım, Z., & Ceyhun, S. B. (2011). Increasing stocking density causes inhibition of metabolic–antioxidant enzymes and elevates mRNA levels of heat shock protein 70 in rainbow trout. *Livestock Science*, 141 (1), 69-75.