Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics
Print ISSN: 2345-427X
Online ISSN: 2345-4288

انجمن علمی ماهیان زینتی ایران
Iranian Ornamental Fish Society (IOFS)

(OPEN ACCESS)

Evaluation of liver enzymes activities (ALT-AST) as acclimation indice with salinity changes in Caspian Roach (*Rutilus caspicus*, Yakovlev, 1870) juveniles

Fatemeh Hosseinpour Delavar[1], Abdolmajid Hajimoradloo[*2], Hamed Paknejad[3], Seyyed Hossein Hosseinifar[4], Rasoul Ghorbani[5]

1. Ph.D. Graduate in Aquaculture, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: fhosseinpour18@gmail.com
2. Corresponding Author, Professor, Dept. of Aquaculture, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: ahajimoradloo@yahoo.com
3. Associate Prof., Dept. of Aquaculture, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: hkolangi@gmail.com
4. Professor, Dept. of Aquaculture, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: hosseinhoseinifar@gmail.com
5. Professor, Dept. of Aquatics Production and Exploitation, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: rasulghorbani@gmail.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 01.17.2024
Revised: 01.31.2024
Accepted: 02.05.2024

Keywords:
Acclimation,
Rutilus caspicus,
Salinity,
Transaminases enzymes

ABSTRACT

This evaluation was done with the aim of determining the level of activity of liver enzymes ALT and AST in the whole-body extract of the juvenile Caspian Roach (*Rutilus caspicus*) at the time of release during acclimation at different salinity levels, so as to be able to better evaluate their fate. In this study, juvenile fish were placed in two experimental groups including sudden and gradual changes in exposure to salinity. In the gradual transfer, first, the juvenile fish were acclimated and sampled from fresh water to water with a salinity of 8.5 grams per liter within 1, 24, 48, 72, 96 and 168 hours. Then the juvenile fish were transferred to 17 grams per liter water (Caspian sea salinity) and kept and sampled within 24, 48, 72, 96 and 168 hours. In sudden transfer, juvenile fish were directly transferred from fresh water to Caspian sea water and were kept and sampled within 24, 48, 72, 96 and 168 hours. The results showed that with the increase of acclimation time, the amount of changes of transaminases decreases after release in sea water, but it was not significant. The significant increase in ALT and AST of juvenile fish in sudden transfer within the first 24 hours of acclimation compared to gradual transfer shows the better ability of them to adapt to changes in salinity at the time of release.

Cite this article: Hosseinpour Delavar, Fatemeh, Hajimoradloo, Abdolmajid, Paknejad, Hamed, Hosseinifar, Seyyed Hossein, Ghorbani, Rasoul. 2026. Evaluation of liver enzymes activities (ALT-AST) as acclimation indice with salinity changes in Caspian Roach (*Rutilus caspicus*, Yakovlev, 1870) juveniles. *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 14 (4), 153-167.

© The Author(s).
Doi: 10.22069/japu.2024.22103.1846
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان
شاپا چاپی: ۲۳٤٥-٤۲۷X
شاپا آنلاین: ۲۳٤٥-٤۲۸۸

بررسی فعالیت آنزیم‌های کبدی (ALT و AST) به‌عنوان شاخص سازگاری با تغییرات شوری در بچه‌ماهیان کلمه خزری (*Rutilus caspicus* Yakovlev, 1870)

فاطمه حسین‌پور دلاور[۱]، عبدالمجید حاجی‌مرادلو*[۲]، حامد پاک‌نژاد[۳]، سیدحسین حسینی‌فر[٤]، رسول قربانی[٥]

۱. دانش‌آموخته دکتری تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: fhosseinpour18@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، استاد گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: ahajimoradloo@yahoo.com

۳. دانشیار گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: hkolangi@gmail.com

٤. استاد گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: hosseinhoseinifar@gmail.com

۵. استاد گروه تولید و بهره‌برداری آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: rasulghorbani@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۲/۱۰/۲۷
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۲/۱۱/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۲/۱۱/۱٦

واژه‌های کلیدی:
آنزیم‌های ترانس‌آمیناز،
سازش‌پذیری،
شوری،
ماهی کلمه خزری

چکیده

این ارزیابی با هدف تعیین میزان فعالیت آنزیم‌های کبدی ALT و AST عصاره بدن بچه‌ماهیان کلمه خزری در زمان رهاسازی طی سازش‌پذیری در سطوح مختلف شوری انجام شد تا بتوان به ارزیابی بهتری از سرنوشت آن‌ها پرداخت. در این مطالعه بچه‌ماهیان در دو گروه آزمایشی شامل تغییرات ناگهانی و تدریجی در مواجهه با شوری قرار گرفتند. در انتقال تدریجی ابتدا بچه‌ماهیان از آب شیرین به آبی با شوری ۸/۵ گرم در لیتر در زمان‌های ۱، ۲٤، ٤۸، ۷۲، ۹٦ و ۱٦۸ ساعت سازگاری و نمونه‌برداری شدند. سپس بچه‌ماهیان به آب ۱۷ گرم در لیتر (شوری دریای خزر) منتقل و در زمان‌های ۲٤، ٤۸، ۷۲، ۹٦ و ۱٦۸ ساعت نگهداری و نمونه‌برداری شدند. در انتقال ناگهانی، بچه‌ماهیان از آب شیرین به‌طور مستقیم به آب دریای خزر منتقل و در زمان‌های ۲٤، ٤۸، ۷۲، ۹٦ و ۱٦۸ ساعت نگهداری و نمونه‌برداری شدند. نتایج نشان داد که با افزایش زمان سازش‌پذیری میزان تغییرات ترانس‌آمینازها پس از رهاسازی در آب دریا کاهش می‌یابد ولی معنی‌دار نبود. افزایش قابل‌توجه ALT و AST بچه‌ماهیان در انتقال ناگهانی در ۲٤ ساعت اول سازش‌پذیری در مقایسه با انتقال تدریجی

نشان‌دهنده توانایی بهتر این بچه‌ماهیان در سازگاری با تغییرات شوری در زمان رهاسازی بچه‌ماهیان است.

استناد: حسین‌پور دلاور، فاطمه، حاجی‌مرادلو، عبدالمجید، پاک‌نژاد، حامد، حسینی‌فر، سیدحسین، قربانی، رسول (۱۴۰۴). بررسی فعالیت آنزیم‌های کبدی (ALT و AST) به‌عنوان شاخص سازگاری با تغییرات شوری در بچه‌ماهیان کلمه خزری (*Rutilus caspicus* Yakovlev, 1870). *نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان*، ۱۴ (۴)، ۱۶۷-۱۵۳.
Doi: 10.22069/japu.2024.22103.1846

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

ماهی کلمه خزری (*R. caspicus*) یکی از گونه‌های بومی دریای خزر با ارزش تجاری بالا می‌باشد. این گونه هم‌چنین به عنوان منبع غنی از پروتئین، در رژیم غذایی انسانی و فیل‌ماهی دریای خزر استفاده می‌شود (١). متأسفانه در سال‌های اخیر، ذخایر این گونه بنا به دلایل مختلف از جمله آلودگی آب‌ها، تخریب رودخانه‌ها، ایجاد موانع طبیعی و مصنوعی در مسیر مهاجرت و هم‌چنین بهره‌برداری بی‌رویه دچار تغییرات چشمگیری شده و در معرض خطر قطعی انقراض قرار گرفته است (٢، ٣). به همین دلیل سالیانه میلیون‌ها بچه‌ماهی به منظور بازسازی ذخایر این ماهیان با ارزش توسط سازمان شیلات ایران در مراکز تکثیر و پرورش تولید و به رودخانه‌های اطراف دریای خزر رهاسازی می‌گردد (٤). اما ظاهراً این استراتژی سازمان شیلات ایران روند کاهشی میزان ذخایر این گونه را جبران نکرده است و بخش قابل‌توجهی از بچه‌ماهیان رهاسازی شده به داخل رودخانه‌ها به دلایل مختلفی (مانند مدیریت نادرست رهاسازی، مشکلات زیست‌محیطی و مشکلات تنظیم یونی بچه ماهیان در زمان رهاسازی) قبل از ورود به دریا تلف می‌شوند (٥).

از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر پایداری و بقا بچه‌ماهیان در زمان رهاسازی می‌توان به شوری، دما، اکسیژن، اسیدیته، دسترسی به غذا و شکارچیان اشاره نمود. شوری یکی از فاکتورهای کلیدی مؤثر بر زندگی، پراکنش، رشد و روند تکامل لاروی ماهیان رود کوچ می‌باشد (٦). در هنگام رهاسازی بچه‌ماهیان از آب شیرین به آب شور، تغییر در شوری سبب ایجاد استرس اسمزی در ماهی می‌گردد. استرس اثرات اساسی بر بازدهی در این ماهیان داشته و با کاهش رشد، رفتار غیرعادی و سرکوب سیستم ایمنی و حتی مرگ آن‌ها در ارتباط مستقیم است (٧). بنابراین کم کردن اثرات مضر استرس از اهداف مهم پژوهش‌های آبزی‌پروری می‌باشد.

پارامترهای کمی مستقیم و غیرمستقیم زیادی وجود دارد که در ماهی به عنوان شاخص استرس به‌کار می‌رود، که شامل تغییرات سطح کورتیزول، گلوکز، پروتئین‌ها (آلبومین، گلوبولین، پروتئین شوک حرارتی، هورمون‌ها و آنزیم‌ها) و تغییر در پارامترهای ایمنولوژیک می‌باشند (٨). آمینوترانسفرازهای ALT (آلانین آمینوترانسفراز) و AST (آسپارتات آمینوترانسفراز) آنزیم‌های داخل سلولی هستند که در اثر آسیب یا مرگ سلولی آزاد می‌شوند. از این آنزیم‌ها به عنوان شاخص‌های خاص سمیت کبدی و تغییرات هیستوپاتولوژیک استفاده می‌شود و در عین‌حال به‌عنوان شاخص‌های مهم برای سنجش اختلال عملکرد و آسیب کبدی نیز در نظر گرفته می‌شوند (٩، ١٠). مطالعات نشان می‌دهد که آسیب‌های بافتی کبد، کلیه و آبشش ماهی با سطوح بالای فعالیت‌های آنزیم‌های AST و ALT مرتبط است (١١). افزایش سطح ALT و AST در هنگام شوک عصبی، هیپوکسی و استرس رخ می‌دهد که میزان استاندارد پلاسمایی آن‌ها تحت‌تأثیر عوامل مختلفی مانند آلودگی، سمیت آمونیاک و نیتریت و شوری قرار می‌گیرد (١٢).

مطالعات زیادی در رابطه با تأثیر استرس ناشی از شوری بر میزان آنزیم‌های مرتبط با استرس مانند ALT و AST در آبزیان انجام شده است که نتایج متفاوتی را بیان کرده‌اند. آلکاترانی و همکاران (٢٠١٨) توانایی بهتر بچه‌ماهیان *Oreochromis aureus* در انطباق با تغییرات شوری در انتقال تدریجی را نشان دادند (١٣). هم‌چنین پژوهش‌گران، افزایش معنی‌داری در میزان آنزیم‌های کبدی ALT و AST با افزایش تدریجی سطوح شوری در ماهیان بالغ گلدفیش *Carassius auratus* (١٤) و کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) (١١) را نشان دادند.

در ارتباط با شرایط و جنبه‌های مختلف اثرگذار بر پرورش بچه‌ماهیان در استخرهای خاکی تا زمان رسیدن به وزن مطلوب جهت رهاسازی به رودخانه‌ها مطالعات گوناگونی انجام شده است اما متأسفانه از وضعیت بچه‌ماهیان پس از رهاسازی در رودخانه‌ها اطلاع دقیق و مدونی در دست نیست. با توجه به عدم وجود اطلاعات کافی در خصوص سرنوشت بچه‌ماهیان رهاسازی شده به مصب رودخانه‌ها و چگونگی سازش آنان با آب لب‌شور، بررسی مولفه‌های گوناگون اثرگذار در این مورد نیازمند مطالعات دقیق‌تری می‌باشد. بنابراین با توجه به اهمیت اقتصادی و بوم‌شناختی ماهی کلمه خزری و هم‌چنین کاهش ذخایر این ماهیان علی‌رغم انجام تکثیر مصنوعی و رهاسازی سالانه ماهی به رودخانه‌های شمال کشور، پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر انتقال ناگهانی و تدریجی در سطوح مختلف شوری دریا بر موفقیت بچه‌ماهیان کلمه خزری در سازش با آب شور و کاهش اثرات مضر استرس انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش حدود ۲۰۰۰۰ قطعه بچه‌ماهی کلمه خزری با وزن متوسط ۰/۳ ± ۱/۵۳ گرم (وزن معمول رهاسازی بچه‌ماهیان) از مرکز تکثیر و بازسازی ذخایر آبزیان سیجوال واقع در شهرستان بندرترکمن در استان گلستان تهیه و به سالن آبزی‌پروری شهید فضلی‌برآبادی (ونیرو) دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انتقال یافت.آب دریای خزر با شوری ۱۷ ppt (به‌دست آمده از ساحل دریای خزر در بندرترکمن) و آب شیرین (آب شهری کلرزدایی شده) برای رقیق کردن شوری آب دریای خزر و تنظیم شوری استفاده شد. خصوصیات آب دریا خزر و آب شیرین مورد استفاده برای سازش‌پذیری ماهی در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- خصوصیات منابع آب مورد استفاده در این پژوهش.

Table 1. Characteristics of water resources used in this study.

منبع آب Water source	شوری (ppt) Salinity	هدایت الکتریکی (dSm^{-1}) Electrical conductivity	دما (^oC) Temperature	pH
دریای خزر Caspian Sea	17	25.4	27.5	8.3 ± 0.1
آب شیرین Fresh water	0.15	0.5	28.6	7.3 ± 0.5
آب دریای خزر + شیرین (۱:۱) Caspian Sea water + fresh water (1:1)	8.5	12.5	27	7.6 ± 0.1

طراحی آزمایش: پس از گذشت دو هفته سازگاری بچه‌ماهیان با شرایط فیزیکوشیمیایی آب در آزمایشگاه، بچه‌ماهیان در ٤٢ تیمار آزمایشی (جدول ۲) در سه تکرار (۱۵۰ عدد ماهی در هر تکرار) به طور تصادفی توزیع شدند. ٢٤ ساعت قبل از شروع آزمایش، تغذیه ماهیان متوقف شد. بچه‌ماهیان در دو آزمایش جداگانه به‌صورت ناگهانی و تدریجی در مواجهه با سطوح مختلف شوری قرار گرفتند. در انتقال تدریجی ابتدا بچه‌ماهیان از آب شیرین به آبی حاصل از ترکیب آب شیرین و آب دریای خزر (با نسبت مساوی) رهاسازی و در سطوح زمانی ۱، ٢٤، ٤٨، ٧٢، ٩٦ و ١٦٨ ساعت نگهداری و نمونه‌برداری شدند. سپس بچه‌ماهیان به آب شور دریای خزر منتقل و در سطوح زمانی ٢٤، ٤٨، ٧٢، ٩٦ و ١٦٨ ساعت نگهداری و نمونه‌برداری شدند. در انتقال ناگهانی بچه‌ماهیان از آب شیرین به‌طور مستقیم به آب شور دریای خزر

منتقل و در سطوح زمانی ٢٤، ٤٨، ٧٢، ٩٦ و ١٦٨ ساعت نگهداری و نمونه‌برداری شدند. هم‌چنین از بچه‌ماهیان نگهداری شده در آب شیرین به‌عنوان شاهد نمونه‌برداری گردید (١٥).

جدول ٢- لیست تیمارهای آزمایشی.

Table 2. List of Experimental Treatments.

کد Code	تیمار Treatment
T1	نمونه شاهد Control
T2	سازش‌پذیری ماهیان در مخلوط آب شیرین+دریا به مدت ١ ساعت Acclimatization of fish in a freshwater+seawater mixture for 1 hour
T3	سازش‌پذیری ماهیان در مخلوط آب شیرین+دریا به مدت ٢٤ ساعت Acclimatization of fish in a freshwater+seawater mixture for 24 hours
T4	سازش‌پذیری ماهیان در مخلوط آب شیرین+دریا به مدت ٤٨ ساعت Acclimatization of fish in a freshwater+seawater mixture for 48 hours
T5	سازش پذیری ماهیان در مخلوط آب شیرین+دریا به مدت ٧٢ ساعت Acclimatization of fish in a freshwater+seawater mixture for 72 hours
T6	سازش‌پذیری ماهیان در مخلوط آب شیرین+دریا به مدت ٩٦ ساعت Acclimatization of fish in a freshwater+seawater mixture for 96 hours
T7	سازش‌پذیری ماهیان در مخلوط آب شیرین+دریا به مدت ١٦٨ ساعت Acclimatization of fish in a freshwater+seawater mixture for 168 hours
T8	رهاسازی ماهیان سازش‌یافته در مخلوط آب شیرین+دریا (١ ساعت) به آب دریا به مدت ٢٤ ساعت Release of fish acclimatized in a freshwater+seawater mixture (1h) into seawater for 24 hours
T9	رهاسازی ماهیان سازش‌یافته در مخلوط آب شیرین+دریا (١ ساعت) به آب دریا به مدت ٤٨ ساعت Release of fish acclimatized in a freshwater+seawater mixture (1h) into seawater for 48 hours
T10	رهاسازی ماهیان سازش‌یافته در مخلوط آب شیرین+دریا (١ ساعت) به آب دریا به مدت ٧٢ ساعت Release of fish acclimatized in a freshwater+seawater mixture (1h) into seawater for 72 hours
T11	رهاسازی ماهیان سازش‌یافته در مخلوط آب شیرین+دریا (١ ساعت) به آب دریا به مدت ٩٦ ساعت Release of fish acclimatized in a freshwater+seawater mixture (1h) into seawater for 96 hours
T12	رهاسازی ماهیان سازش‌یافته در مخلوط آب شیرین+دریا (١ ساعت) به آب دریا به مدت ١٦٨ ساعت Release of fish acclimatized in a freshwater+seawater mixture (1h) into seawater for 168 hours
T13	رهاسازی ماهیان سازش‌یافته در مخلوط آب شیرین+دریا (٢٤ ساعت) به آب دریا به مدت ٢٤ ساعت Release of fish acclimatized in a freshwater+seawater mixture (24h) into seawater for 24 hours
T14	رهاسازی ماهیان سازش‌یافته در مخلوط آب شیرین+دریا (٢٤ ساعت) به آب دریا به مدت ٤٨ ساعت Release of fish acclimatized in a freshwater+seawater mixture (24h) into seawater for 48 hours
T15	رهاسازی ماهیان سازش‌یافته در مخلوط آب شیرین+دریا (٢٤ ساعت) به آب دریا به مدت ٧٢ ساعت Release of fish acclimatized in a freshwater+seawater mixture (24h) into seawater for 72 hours
T16	رهاسازی ماهیان سازش‌یافته در مخلوط آب شیرین+دریا (٢٤ ساعت) به آب دریا به مدت ٩٦ ساعت Release of fish acclimatized in a freshwater+seawater mixture (24h) into seawater for 96 hours
T17	رهاسازی ماهیان سازش‌یافته در مخلوط آب شیرین+دریا (٢٤ ساعت) به آب دریا به مدت ١٦٨ ساعت Release of fish acclimatized in a freshwater+seawater mixture (24h) into seawater for 168 hours
T18	رهاسازی ماهیان سازش‌یافته در مخلوط آب شیرین+دریا (٤٨ ساعت) به آب دریا به مدت ٢٤ ساعت Release of fish acclimatized in a freshwater+seawater mixture (48h) into seawater for 24 hours
T19	رهاسازی ماهیان سازش‌یافته در مخلوط آب شیرین+دریا (٤٨ ساعت) به آب دریا به مدت ٤٨ ساعت Release of fish acclimatized in a freshwater+seawater mixture (48h) into seawater for 48 hours
T20	رهاسازی ماهیان سازش‌یافته در مخلوط آب شیرین+دریا (٤٨ ساعت) به آب دریا به مدت ٧٢ ساعت Release of fish acclimatized in a freshwater+seawater mixture (48h) into seawater for 72 hours
T21	رهاسازی ماهیان سازش‌یافته در مخلوط آب شیرین+دریا (٤٨ ساعت) به آب دریا به مدت ٩٦ ساعت Release of fish acclimatized in a freshwater+seawater mixture (48h) into seawater for 96 hours
T22	رهاسازی ماهیان سازش‌یافته در مخلوط آب شیرین+دریا (٤٨ ساعت) به آب دریا به مدت ١٦٨ ساعت Release of fish acclimatized in a freshwater+seawater mixture (48h) into seawater for 168 hours
T23	رهاسازی ماهیان سازش‌یافته در مخلوط آب شیرین+دریا (٧٢ ساعت) به آب دریا به مدت ٢٤ ساعت Release of fish acclimatized in a freshwater+seawater mixture (72h) into seawater for 24 hours

ادامه جدول ۲-

Continue Table 2.

کد Code	تیمار Treatment
T24	رهاسازی ماهیان سازش‌یافته در مخلوط آب شیرین+دریا (۷۲ ساعت) به آب دریا به مدت ٤٨ ساعت Release of fish acclimatized in a freshwater+seawater mixture (72h) into seawater for 48 hours
T25	رهاسازی ماهیان سازش‌یافته در مخلوط آب شیرین+دریا (۷۲ ساعت) به آب دریا به مدت ۷۲ ساعت Release of fish acclimatized in a freshwater+seawater mixture (72h) into seawater for 72 hours
T26	رهاسازی ماهیان سازش‌یافته در مخلوط آب شیرین+دریا (۷۲ ساعت) به آب دریا به مدت ۹٦ ساعت Release of fish acclimatized in a freshwater+seawater mixture (72h) into seawater for 96 hours
T27	رهاسازی ماهیان سازش‌یافته در مخلوط آب شیرین+دریا (۷۲ ساعت) به آب دریا به مدت ١٦٨ ساعت Release of fish acclimatized in a freshwater+seawater mixture (72h) into seawater for 168 hours
T28	رهاسازی ماهیان سازش‌یافته در مخلوط آب شیرین+دریا (۹٦ ساعت) به آب دریا به مدت ٢٤ ساعت Release of fish acclimatized in a freshwater+seawater mixture (96h) into seawater for 24 hours
T29	رهاسازی ماهیان سازش‌یافته در مخلوط آب شیرین+دریا (۹٦ ساعت) به آب دریا به مدت ٤٨ ساعت Release of fish acclimatized in a freshwater+seawater mixture (96h) into seawater for 48 hours
T30	رهاسازی ماهیان سازش‌یافته در مخلوط آب شیرین+دریا (۹٦ ساعت) به آب دریا به مدت ۷۲ ساعت Release of fish acclimatized in a freshwater+seawater mixture (96h) into seawater for 72 hours
T31	رهاسازی ماهیان سازش‌یافته در مخلوط آب شیرین+دریا (۹٦ ساعت) به آب دریا به مدت ۹٦ ساعت Release of fish acclimatized in a freshwater+seawater mixture (96h) into seawater for 96 hours
T32	رهاسازی ماهیان سازش‌یافته در مخلوط آب شیرین+دریا (۹٦ ساعت) به آب دریا به مدت ١٦٨ ساعت Release of fish acclimatized in a freshwater+seawater mixture (96h) into seawater for 168 hours
T33	رهاسازی ماهیان سازش‌یافته در مخلوط آب شیرین+دریا (١٦٨ ساعت) به آب دریا به مدت ٢٤ ساعت Release of fish acclimatized in a freshwater+seawater mixture (168h) into seawater for 24 hours
T34	رهاسازی ماهیان سازش‌یافته در مخلوط آب شیرین+دریا (١٦٨ ساعت) به آب دریا به مدت ٤٨ ساعت Release of fish acclimatized in a freshwater+seawater mixture (168h) into seawater for 48 hours
T35	رهاسازی ماهیان سازش‌یافته در مخلوط آب شیرین+دریا (١٦٨ ساعت) به آب دریا به مدت ۷۲ ساعت Release of fish acclimatized in a freshwater+seawater mixture (168h) into seawater for 72 hours
T36	رهاسازی ماهیان سازش‌یافته در مخلوط آب شیرین+دریا (١٦٨ ساعت) به آب دریا به مدت ۹٦ ساعت Release of fish acclimatized in a freshwater+seawater mixture (168h) into seawater for 96 hours
T37	رهاسازی ماهیان سازش‌یافته در مخلوط آب شیرین+دریا (١٦٨ ساعت) به آب دریا به مدت ١٦٨ ساعت Release of fish acclimatized in a freshwater+seawater mixture (168h) into seawater for 168 hours
T38	رهاسازی ماهیان از آب شیرین به آب دریا به مدت ٢٤ ساعت Release of fish from freshwater into seawater for 24 hours
T39	رهاسازی ماهیان از آب شیرین به آب دریا به مدت ٤٨ ساعت Release of fish from freshwater into seawater for 48 hours
T40	رهاسازی ماهیان از آب شیرین به آب دریا به مدت ۷۲ ساعت Release of fish from freshwater into seawater for 72 hours
T41	رهاسازی ماهیان از آب شیرین به آب دریا به مدت ۹٦ ساعت Release of fish from freshwater into seawater for 96 hours
T42	رهاسازی ماهیان از آب شیرین به آب دریا به مدت ١٦٨ ساعت Release of fish from freshwater into seawater for 168 hours

تهیه عصاره بدن بچه‌ماهیان به‌منظور سنجش آنزیم‌ها: تهیه عصاره کل بدن بچه‌ماهیان با استفاده از روش پیمنتل و همکاران با اندکی تغییرات انجام شد (١٦). بدین‌منظور نمونه‌های برداشته شده به صورت ماهی کامل نگهداری شده در ازت مایع آسیاب شدند. سپس نمونه‌ها در بافر فسفات سدیم سرد (pH: ۷/٤) با نسبت حجمی ۱:۱ همگن شدند. پس از هموژنه کردن بافت، محلول حاصل جهت استحصال عصاره بافت در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۱۰۰۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. سپس مایع سطحی جمع‌آوری و جهت بررسی‌های بیوشیمیایی در دمای منهای ۸۰ درجه

سانتی‌گراد نگهداری شد. سپس میزان فعالیت آنزیم‌های کبدی (ALT وAST) به روش فتومتریک توسط کیت‌های شرکت پادکو مطابق با دستورالعمل شرکت اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل آماری: این مطالعه در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با استفاده از آزمون اندازه‌گیری‌های مکرر با یک فاکتور زمان در معرض‌بودن در شوری ٨/٥ گرم در لیتر به عنوان عامل اصلی در ٦ سطح ١، ٢٤، ٤٨، ٧٢، ٩٦ و ١٦٨ ساعت و فاکتور مدت زمان در معرض بودن در شوری ١٧ گرم در لیتر به‌عنوان عامل فرعی در ٥ سطح ٢٤، ٤٨، ٧٢، ٩٦ و ١٦٨ ساعت با سه تکرار انجام شد. پس از اندازه‌گیری فاکتورهای مطرح شده و ثبت آن‌ها، ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون Shapiro-Wilk برابری (همگنی) واریانس‌های متغیرها از طریق آزمون Levene و پیش‌فرض کرویت (عادی بودن چندمتغیری داده‌ها) از طریق آزمون Macheli بررسی گردید. آنالیز داده‌ها با استفاده از آنالیز واریانس یک‌طرفه و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون Duncan در سطح اطمینان ٥ درصد با استفاده از نرم افزار SPSS 20 در محیط ویندوز انجام گردید.

نتایج

برای استفاده از مدل آماری اندازه‌گیری‌های مکرر در فاکتورهای ترانس‌آمینازها ابتدا توزیع نرمال داده‌ها بررسی و نرمالیته داده‌ها تأیید شد. هم‌چنین فرض برابری واریانس متغیرها و نیز همگنی ماتریس واریانس- کوواریانس یا کرویت ماچلی نیز برقرار بود. بنابراین نتایج مربوط به تست Sphericity در مدل اندازه‌گیری‌های مکرر استفاده گردید. بر اساس نتایج تحلیل واریانس، اثر زمان رهاسازی (در آب دریای خزر) و هم‌چنین اثر متقابل آن با زمان سازش‌پذیری بر میزان فاکتورهای AST و ALT عصاره بدن معنی‌دار است (P<٠/٠١) (جدول ٣).

جدول ٣- نتایج آزمون تحلیل واریانس فاکتورهای AST و ALT.

Table 3. Results of the ANOVA test for the AST & ALT factors.

فاکتور Factor	منبع تغییرات Source of variation	مجموع مربعات Sum of squares	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات Mean squares	F	P
AST	زمان رهاسازی Release time	10772.540	5	2154.508	97.782	0.00**
	زمان رهاسازی × مدت سازش‌پذیری Release time × Acclimatization duration	13188.727	30	439.624	19.544	0.00**
	خطا Error	1574.568	70	22.492	-	-
ALT	زمان رهاسازی Release time	3497.574	5	699.515	29.517	0.00**
	زمان رهاسازی × مدت سازش‌پذیری Release time × Acclimatization duration	4187.435	30	139.581	5.890	0.00**
	خطا Error	1658.833	70	23.698	-	-

تغییرات میزان فاکتور ALT وAST عصاره بدن بچه‌ماهیان کلمه خزری در هنگام سازش‌پذیری (در مخلوط آب شیرین و دریا) و رهاسازی (در آب دریا) طی سطوح زمانی مختلف در جدول‌های ٤ و ٥ نشان داده شده است. بر اساس یافته‌های به دست آمده در جدول‌های ٤ و ٥ در مقایسه افقی (حروف لاتین بزرگ)، تغییرات میزان فاکتور ALT و AST در زمان انتقال بچه‌ماهیان از مرحله سازش‌پذیری طی ٣ سطح

زمانی مختلف (۰، ۱ و۲٤ ساعت) به مرحله رهاسازی با گسترش زمان ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت، به‌طوری‌که در این روند میزان ALT و AST هنگام رهاسازی مستقیم بچه‌ماهیان از آب شیرین به آب دریای خزر پس از ۲٤ ساعت به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (P<۰/۰۱) و پس از ٤۸ ساعت به سطح اولیه خود رسید. هم‌چنین در هنگام رهاسازی بچه‌ماهیان از زمان یک ساعت سازش‌پذیری (مخلوط آب شیرین و آب دریا) به آب دریای خزر روند تغییرات سطح AST مشابه انتقال مستقیم بود اما در رابطه با ALT ۲٤ ساعت پس از رهاسازی به سطح اولیه خود رسید. در تیمار ماهیانی که ۲٤ ساعت در مرحله سازش‌پذیری بودند میزان ALT و AST به‌طور معنی‌داری پس از ۲٤ ساعت رهاسازی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (P<۰/۰۱) و سپس به سطح پایه خود بازگشت. با توجه به نتایج حاصله در این پژوهش مشخص شد هیچ گونه اختلاف معنی‌داری در میزان ALT و AST در تیمار بچه‌ماهیانی که ٤۸، ۷۲، ۹٦ و ۱٦۸ ساعت در مرحله سازش‌پذیری بودند پس از رهاسازی به آب دریای خزر وجود نداشت (P>۰/۰۵). باتوجه به جدول‌های ٤ و ۵ در مقایسه عمودی (حروف لاتین کوچک) در مرحله سازش‌پذیری پس از رهاسازی بچه‌ماهیان از آب شیرین به مخلوط آب شیرین و دریا میزان ALT و AST پس از یک ساعت افزایش یافت اما معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵). این افزایش تا پایان ۲٤ ساعت مواجهه ادامه داشت (P<۰/۰۱) سپس به سطح اولیه خود بازگشت. هم‌چنین نتایج نشان داد میزان تغییرات ALT و AST در مرحله رهاسازی مربوط به زمان‌های صفر (انتقال مسقیم) و یک ساعت سازش‌پذیری در تمامی تیمارهای رهاسازی تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. علاوه بر این میزان ALT و AST در تیمار ۲٤ ساعت رهاسازی تا پایان ۲٤ ساعت (P<۰/۰۱) و تیمار ٤۸ ساعت رهاسازی تا پایان یک ساعت (P<۰/۰۵) سازش‌پذیری در مقایسه با گروه شاهد کاهش معنی‌داری داشت. براساس نتایج به‌دست آمده مشخص شد در تیمارهای ۷۲، ۹٦ و ۱٦۸ ساعت رهاسازی، هیچ تفاوت معنی‌داری در میزان ALT وAST تا پایان زمان سازش‌پذیری وجود ندارد (P>۰/۰۵).

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر زمان سازش‌پذیری و رهاسازی بچه‌ماهیان کلمه خزری در دریای خزر بر میزان AST.

Table 4. Comparison of the average effect of acclimation time and release of the juvenile Caspian Roach in the Caspian Sea on AST levels.

سازش‌پذیری/ رهاسازی Acclimatization/ Release	0 (شاهد) Control	24	48	72	96	168	P
0 (شاهد) Control	41.7 ± 6.3^{bC}	105.8 ± 5.6^{aA}	57.5 ± 7.3^{aB}	43.9 ± 7.0^{aC}	42.7 ± 5.3^{aC}	41.6 ± 5.6^{aC}	0.000^{**}
1	50.9 ± 6.7^{bBC}	105 ± 6.3^{aA}	58.1 ± 5.3^{aB}	43.8 ± 6.7^{aC}	42.0 ± 4.4^{aC}	41.2 ± 6.3^{aC}	0.000^{**}
24	70.6 ± 6.2^{aB}	84.4 ± 5.2^{bA}	44.8 ± 5.7^{bC}	43.4 ± 5.9^{aC}	42.2 ± 7.0^{aC}	41.5 ± 5.7^{aC}	0.000^{**}
48	47.0 ± 7.4^{bA}	51.8 ± 5.8^{cA}	43.1 ± 6.5^{bA}	42.5 ± 6.3^{aA}	41.0 ± 5.6^{aA}	41.4 ± 4.8^{aA}	0.323^{ns}
72	43.8 ± 5.1^{bA}	43.9 ± 6.5^{cA}	42.6 ± 6.1^{bA}	42.2 ± 5.0^{aA}	42.2 ± 4.3^{aA}	41.6 ± 5.3^{aA}	0.993^{ns}
96	42.0 ± 7.3^{bA}	43.7 ± 5.7^{cA}	42.5 ± 5.3^{bA}	42.1 ± 4.2^{aA}	42.2 ± 4.7^{aA}	41.5 ± 5.7^{aA}	0.998^{ns}
168	41.5 ± 6.3^{bA}	43.4 ± 5.2^{cA}	42.6 ± 6.9^{bA}	42.2 ± 6.4^{aA}	42.2 ± 5.7^{aA}	41.6 ± 5.2^{aA}	0.999^{ns}
sig	0.001^{**}	0.000^{**}	0.015^{*}	0.999^{ns}	1.000^{ns}	1.000^{ns}	-

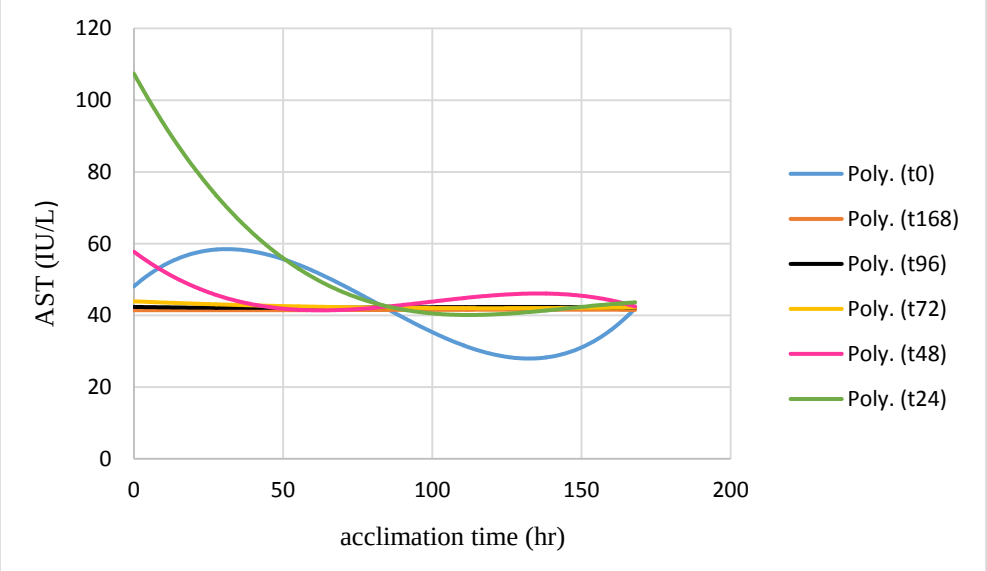
- ارقام دارای حروف مشترک در هر ردیف با هم اختلاف معناداری ندارند. - حروف بزرگ مقایسه به‌صورت افقی و حروف کوچک مقایسه به‌صورت عمودی بین تیمارهاست. - اعداد داخل جدول به‌صورت مقایسه میانگین ± انحراف معیار است

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر زمان سازش‌پذیری و رهاسازی بچه‌ماهیان کلمه خزری در دریای خزر بر میزان ALT.

Table 5. Comparison of the average effect of acclimation time and release of the juvenile Caspian Roach in the Caspian Sea on ALT levels.

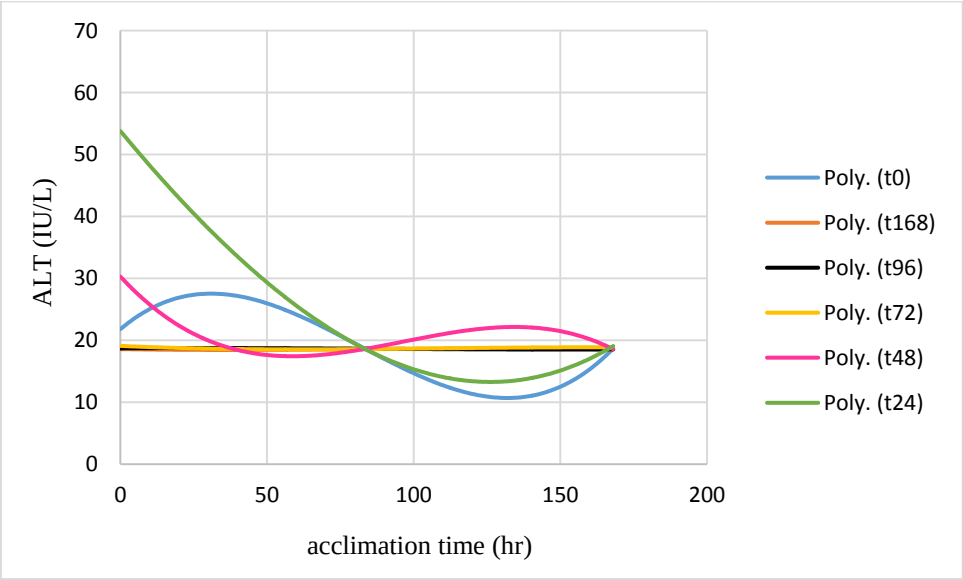
P	168	96	72	48	24	0 (شاهد) Control	سازش‌پذیری/ رهاسازی Acclimatization/ Release
0.000**	18.6 ± 6.5 ^{aC}	18.5 ± 7.1 ^{aC}	19.0 ± 7.2 ^{aC}	31.5 ± 5.2 ^{aB}	54.8 ± 5.5 ^{aA}	18.5 ± 5.2 ^{bC}	0 (شاهد) Control
0.000**	18.5 ± 6.2 ^{aB}	18.8 ± 5.2 ^{aB}	19.2 ± 5.9 ^{aB}	29.2 ± 6.4 ^{abB}	50.3 ± 6.2 ^{aA}	23.2 ± 5.7 ^{bB}	1
0.001**	18.5 ± 8.0 ^{aC}	18.8 ± 7.2 ^{aC}	18.7 ± 5.0 ^{aC}	19.5 ± 4.7 ^{bC}	46.0 ± 5.7 ^{aA}	33.9 ± 6.0 ^{aB}	24
0.48 ^{ns}	18.4 ± 7.5 ^{aA}	18.7 ± 6.0 ^{aA}	18.5 ± 6.2 ^{aA}	18.9 ± 8.1 ^{bA}	27.6 ± 5.0 ^{bA}	21.9 ± 5.3 ^{bA}	48
1.000 ^{ns}	18.5 ± 7.3 ^{aA}	18.5 ± 8.4 ^{aA}	18.6 ± 7.3 ^{aA}	18.7 ± 5.1 ^{bA}	18.7 ± 8.2 ^{bA}	18.7 ± 5.2 ^{bA}	72
1.000 ^{ns}	18.6 ± 8.7 ^{aA}	18.7 ± 7.7 ^{aA}	18.6 ± 5.7 ^{aA}	18.9 ± 6.3 ^{bA}	18.7 ± 8.1 ^{bA}	18.6 ± 6.3 ^{bA}	96
1.000 ^{ns}	18.5 ± 7.2 ^{aA}	18.5 ± 8.1 ^{aA}	18.9 ± 6.9 ^{aA}	18.6 ± 5.8 ^{bA}	18.9 ±7.3 ^{bA}	18.4 ± 5.3 ^{bA}	168
-	1.000 ^{ns}	1.000 ^{ns}	1.000 ^{ns}	0.065 ^{ns}	0.000**	0.039*	sig

- ارقام دارای حروف مشترک در هر ردیف با هم اختلاف معناداری ندارند. - حروف بزرگ مقایسه به‌صورت افقی و حروف کوچک مقایسه به‌صورت عمودی بین تیمارهاست. - اعداد داخل جدول به‌صورت مقایسه میانگین ± انحراف معیار است



شکل ۱- نمودار روند تغییرات AST پس از رهاسازی بچه‌ماهیان کلمه خزری به آب دریای خزر طی سطوح زمانی مختلف.

Figure 1. Trend of AST changes after releasing the juvenile Caspian Roach into the Caspian Sea water at different time points.



شکل ۲- نمودار روند تغییرات ALT پس از رهاسازی بچه‌ماهیان کلمه خزری به آب دریای خزر طی سطوح زمانی مختلف.

Figure 2. Trend of ALT changes after releasing the juvenile Caspian Roach into the Caspian Sea water at different time points.

همچنین در هر سطح از رهاسازی، پراکنش میزان ALT و AST در سطوح مختلف سازش‌پذیری در مدل رگرسیون درجه سوم در شکل‌های ۱ و ۲ مورد بررسی قرار گرفت. در زمان صفر رهاسازی (t0)، زمانی‌که بچه‌ماهیان هنوز وارد آب دریای خزر نشده‌اند، میزان تغییرات ALT و AST تا پایان ۱۶۸ ساعت به شکل سینوسی بود، به‌طوری که پس از ورد بچه‌ماهیان به مخلوط آب شیرین و دریا میزان ALT و AST در زمان ۲٤ ساعت به اوج خود رسید و سپس به شکل بطئی شروع به کاهش یافت تا به سطح اولیه خود در آب شیرین رسید. همان‌طور که شکل‌های ۱ و ۲ نشان می‌دهد تنها در زمان‌های t0، t24 و t48 در تیمارهای رهاسازی شیب خط محسوسی وجود دارد، و شیب خط t24 بیش‌تر از t48 است. هم‌چنین در زمان‌های t72، t96 و t168 در تیمارهای رهاسازی تغییر محسوسی در شیب خط مشاهده نشد. هم‌چنین در بررسی همبستگی پیرسون، مقادیر دو آنزیم ALT و AST دارای ارتباط بالا، مثبت و معنی‌دار هستند (P=۰ ؛r=۰/۸۳۸).

بحث

هدف از مطالعه حاضر بررسی میزان تغییرات فاکتورهای ALT و AST عصاره بدن بچه‌ماهیان کلمه خزری در هنگام سازش‌پذیری (در مخلوط آب شیرین و دریا) و رهاسازی (در آب دریا) طی سطوح زمانی مختلف بود. نتایج پژوهش حاضر نشان داد تغییرات میزان فاکتور ALT و AST در زمان انتقال بچه‌ماهیان از مرحله سازش‌پذیری طی ۳ سطح زمانی مختلف (۰، ۱ و ۲٤ ساعت) به مرحله رهاسازی با گسترش زمان ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت. علاوه‌بر این مطابق نتایج میزان فعالیت AST بیش‌تر از ALT بوده است. این نتایج با یافته‌های طرفی‌موذن‌زاده و همکاران (۱۷)، شکری و همکاران (۱۸)، عبدالرحیم و همکاران (۱۹)، الخشعلی و هلالی (۱۱)، الکاترانی و همکاران (۱۳) و الخشعلی و الشاوی (۱٤) همخوانی دارد. طرفی‌موذن‌زاده و همکاران با بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری بر برخی از پارامترهای استرس در بچه‌ماهیان دوگونه یوری هالین دریایی شانک زرد باله (*Acanthopagrus latus*) و سی‌باس‌آسیایی (*Lates calcarifer*) گزارش کردند همگام با افزایش

سطح شوری، میزان آنزیم‌های ALT و AST افزایش یافت (۱۷). هم‌چنین شکری و همکاران افزایش فعالیت ترانس‌آمینازها (AST و ALT) را در بچه‌ماهیان تیلاپیای نیل (*O. niloticus*) با افزایش سطح شوری آب ثبت کردند (۱۸). مطالعه الخشعلی و هلالی افزایش میزان فعالیت ALT و AST پلاسما را همراه با افزایش شوری در ماهیان بالغ کپور معمولی (*C. carpio*) گزارش کردند (۱۱). الکاترانی و همکاران گزارش دادند که میزان فعالیت آنزیم‌های ALT و AST در بچه‌ماهیان تیاپیا آبی (*O. aureus*) با افزایش سطح شوری در انتقال تدریجی و ناگهانی افزایش یافت (۱۳). مطالعه الخشعلی و الشاوی نشان داد که فعالیت‌آنزیم‌های کبدی ALT و AST در ماهیان بالغ گلدفیش (*C. auratus*) با افزایش سطوح شوری افزایش یافت (١٤). در مقابل گودا و همکاران (۲۰) نیز در پژوهش‌های خود گزارش نمودند که با افزایش سطح شوری آب میزان فعالیت ALT و AST در بچه‌ماهیان سی‌باس اروپایی (*Dicentrarchus labrax*) کاهش می‌یابد. از سوی دیگر، مطالعه ونگ و همکاران (۲۱) نشان دادند که شوری آب تأثیر معنی‌داری بر میزان فعالیت ALT و AST در همولنف بچه‌میگوهای آب شیرین (*Macrobrachium rosenbergii*) ندارد. هم‌چنین در دو مطالعه بر روی هامون ماهی (*Schizothorax zarudnyi*) (۲۲) و فیل‌ماهی (*Huso huso*) (۲۳) نشان داده شد که شوری آب تأثیر معنی‌داری بر میزان AST خون ندارد. گزارش‌های مستند و کافی درباره تغییرات آنزیم‌های ALT و AST عصاره بدن بچه‌ماهیان در نتیجه تغییر سطوح شوری ارائه نشده است. بنابراین در پژوهش حاضر تغییرات آنزیم‌های اندازه‌گیری شده مذکور در نتیجه مواجهه با سطوح مختلف شوری طی سطوح زمانی مختلف چندان شناخته شده نیست. هم‌چنین لازم به ذکر است که آنزیم ALT به‌علت حضور عمده در سیتوزول‌های کبدی، نشانگر اختصاصی سلامت کبد است و آسیب‌های کبدی منجر به افزایش آن خواهند شد اما AST شاخص غیراختصاصی آسیب‌های بافتی است و در کبد، گلبول‌های قرمز خون، کلیه‌ها، پانکراس و ماهیچه‌های قلب حضور دارد (٢٤). بنابراین در ارزیابی میزان صدمه سلول‌های کبدی طی استرس آنزیم ALT از آنزیم AST مهم‌تر است. علاوه بر این عوامل محیطی و فیزیولوژیک متعددی مانند سن، شوری آب، فصل سال، وضعیت بلوغ، جنسیت، درجه حرارت آب و نوع تغذیه بر سطح این آنزیم‌ها و میزان فعالیت آن‌ها مؤثرند (۲۲). بنابراین انتظار می‌رود تا مطالعات بیش‌تری در ارتباط با این پارامترها و چگونگی تغییرات آن‌ها در شرایط مختلف فیزیولوژیک و پاتولوژیک در بچه‌ماهیان صورت پذیرد.

ALT وAST در بین آنزیم‌های استرس طبقه‌بندی می‌شوند و اندازه‌گیری آن‌ها به‌عنوان یکی از ساده‌ترین و کم‌هزینه‌ترین روش‌های بررسی میزان آسیب‌های بافتی و کبدی در ماهیان محسوب می‌شود (۱۱). در مطالعه حاضر فعالیت ترانس‌آمینازها عصاره بدن با افزایش شوری آب افزایش یافت. هم‌چنین مشاهده می‌شود که با گذشت زمان سازش‌پذیری تا ٤٨ ساعت شدت تغییرات در فعالیت این آنزیم‌ها به صفر رسیده است. در توجیه و تبیین این یافته‌ها می‌توان گفت که در شرایط استرس با ترشح هورمون‌های گلوکاگون و کورتیزول آنزیم‌های گلوکونئوژنیک (ترانس‌آمینازها) فعال می‌گردند. در این فرایند به منظور تامین انرژی موردنیاز بدن جهت مقابله با استرس شوری (تنظیم اسمزی) از پیش‌سازهای غیرکربوهیدراتی مثل اسیدآمینه برای تولید گلوکز استفاده می‌شود. از مهم‌ترین اسیدهای‌آمینه برای گلوکونئوژنز می‌توان به آلانین و آسپارتات اشاره کرد. در شرایط استرس آلانین و آسپارتات از بافت‌های عضلانی آزاد و وارد کبد شده و به ترتیب توسط آنزیم‌های ALT و AST به پیروات[1] و اگزالواستات[2] تبدیل گشته که برای تولید گلوکز وارد فرآیند گلوکونئوژنز می‌شوند (۲۵).

1- Pyruvate
2- Oxaloacetate

نتیجه‌گیری

در بررسی آنزیم‌های ترانس‌آمینازها، یافته‌های مطالعه حاضر به وضوح نشان داد بچه‌ماهیان کلمه خزری دارای ظرفیت تنظیم اسمزی بالایی در تحمل شوری پس از رهاسازی (تدریجی و ناگهانی) به آب دریا می‌باشند. هم‌چنین نتایج نشان داد که با افزایش زمان سازش‌پذیری میزان تغییرات ترانس‌آمینازها کاهش می‌یابد. بنابراین به دلایل ذکر شده و اهمیت میزان آنزیم‌های کبدی در عملکرد آن و سلامت بچه‌ماهیان پس از رهاسازی در آب دریا، این‌گونه به‌نظر می‌رسد که شاید سنجش این آنزیم‌ها در بررسی عملکرد بچه‌ماهیان، بتواند اطلاعات مفیدی را برای اقدامات احتمالی بعدی در دسترس قرار دهد.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله مراتب تقدیر و تشکر خود را از حمایت‌های مالی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و دانشکده شیلات- محیط زیست ابراز می‌دارند. از اداره کل شیلات استان گلستان نیز به‌دلیل صدور مجوز استفاده از این گونه ماهی صمیمانه سپاسگزاری می‌شود. هم‌چنین، از همکاری جناب آقای مهندس شکیبا، ریاست محترم مرکز تکثیر و پرورش ماهیان استخوانی سیجوال، بندرترکمن در انجام این پژوهش قدردانی می‌شود.

منابع

1. Masoumian, M., Setareh, J., & Mokhayer, B. (2002). Parasitological investigations on *rutilus caspicus* from south-east of the Caspian Sea (Iran). [In Persian]
2. Razavi Sayyad, B. (1996). White fish. Iranian Fisheries Research and Training Institute. 165p.
3. 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(1), 57-65.
4. Nargesi, E. A., 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.
5. Jafari, M., Kamarudin, M. S., Saad, C. R., Arshad, A., Oryan, S., & Bahmani, M. (2009). Development of morphology in hatchery-reared *Rutilus frisii kutum* larvae. *European Journal of Scientific Research*, 38(2), 296-305.
6. Ghahremanzadeh, Z., Namin, J. I., Bani, A., & Hallajian, A. (2014). Cytological comparison of gill chloride cells and blood serum ion concentrations in kutum (*Rutilus frisii kutum*) spawners from brackish (Caspian Sea) and fresh water (Khoshkrood River) environments. *Fisheries & Aquatic Life*, 22(3), 189-196.
7. Gabriel, U. U., & Akinrotimi, O. A. (2011). Management of stress in fish for sustainable aquaculture development. *Researcher*, 3(4), 28-38.
8. Mommsen, T. P., Vijayan, M. M., & Moon, T. W. (1999). Cortisol in teleosts: dynamics, mechanisms of action, and metabolic regulation. *Reviews in fish biology and fisheries*, 9, 211-268.
9. Datta, S., Saha, D. R., Ghosh, D., Majumdar, T., Bhattacharya, S., & Mazumder, S. (2007). Sub-lethal concentration of arsenic interferes with the proliferation of hepatocytes and induces in vivo apoptosis in *Clarias batrachus* L. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 145(3), 339-349.
10. Sopinka, N. M., Donaldson, M. R., O'Connor, C. M., Suski, C. D., & Cooke, S. J. (2016). Stress indicators in fish. In *Fish physiology* (Vol. 35, pp. 405-462). Academic Press.

11. Al-Khshali, M. S., & Al Hilali, H. A. (2019). Some physiological changes (ALP, AST and ALT) of common carp (*Cyprinus carpio*) caused by high salinity. *Biochemical & Cellular Archives*, 19(2).
12. Das, P. C., Ayyappan, S., Jena, J. K., & Das, B. K. (2004). Acute toxicity of ammonia and its sub-lethal effects on selected haematological and enzymatic parameters of mrigal, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton). *Aquaculture Research*, 35(2), 134-143.
13. AlKatrani, L. M., Jaafer, F. M., & Aldoghachi, M. A. (2018). Effect of sudden and gradual transfer of *Oreochromis aureus* to different water salinities on the activity of AST and ALT serum enzymes. *Journal of King Abdulaziz University*, 28(2), 81-88.
14. Al-Khashali, M. S., & 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(1), 97.
15. Nakano, K., Tagawa, M., Takemura, A., & Hirano, T. (1998). Temporal changes in liver carbohydrate metabolism associated with seawater transfer in *Oreochromis mossambicus*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 119(4), 721-728.
16. Pimentel, M. S., Faleiro, F., Diniz, M., Machado, J., Pousão-Ferreira, P., Peck, M. A., & Rosa, R. (2015). Oxidative stress and digestive enzyme activity of flatfish larvae in a changing ocean. *PLoS One*, 10(7), e0134082.
17. Mozanzadeh, M. T., Safari, O., Oosooli, R., Mehrjooyan, S., Najafabadi, M. Z., Hoseini, S. J., & Monem, J. (2021). The effect of salinity on growth performance, digestive and antioxidant enzymes, humoral immunity and stress indices in two euryhaline fish species: Yellowfin seabream (*Acanthopagrus latus*) and Asian seabass (*Lates calcarifer*). *Aquaculture*, 534, 736329.
18. Shukry, M., Abd El-Kader, M. F., Hendam, B. M., Dawood, M. A., Farrag, F. A., Aboelenin, S. M., & Abdel-Latif, H. M. (2021). Dietary *Aspergillus oryzae* modulates serum biochemical indices, immune responses, oxidative stress, and transcription of HSP70 and cytokine genes in Nile tilapia exposed to salinity stress. *Animals*, 11(6), 1621.
19. Abdel-Rahim, M. M., Lotfy, A. M., Toutou, M. M., Aly, H. A., Sallam, G. R., Abdelaty, B. S., & Helal, A. M. (2020). Effects of salinity level on the survival, growth, feed utilization, carcass composition, haematological and serum biochemical changes of juvenile Meagre (*Argyrosomus regius*) (Asso, 1801) grown in ground saltwater. *Aquaculture Research*, 51(3), 1038-1050.
20. Goda, A. M., Srour, T. M., Mansour, A. T., Baromh, M. Z., Sallam, G. R., & Baromh, A. Z. (2019). Assessment of stresful ambient water salinity on growth, feed utilization and hematological indices of european sea bass, *Dicentrarchus labrax*, juveniles. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*, 12(2), 553-563.
21. Wang, Y., Li, H., Wei, J., Hong, K., Zhou, Q., Liu, X., & Yu, L. (2023). Multi-Effects of Acute Salinity Stress on Osmoregulation, Physiological Metabolism, Antioxidant Capacity, Immunity, and Apoptosis in *Macrobrachium rosenbergii*. *Antioxidants*, 12(10), 1836.
22. Shahriarimoghaddam, M., Ahmadifar, E., Sheikhasadi, M., Ebrahimi Jorjani, H., & Fadaei, R. (2018) Investigation of salinity effects on survival, growth, blood indicators and histology *Schizothorax zarudnyi* (Nikolskii, 1897). *J. Appl. Ichthyol. Res*. 6, 103-118. [In Persian]
23. Rajabipour, F., Shahsavani, D., Moghimi, A., Jamili, S., & Mashaii, N. (2010). Comparison of serum enzyme activity in great sturgeon, *Huso huso*, cultured in brackish and freshwater earth ponds in Iran. *Comparative clinical pathology*, 19, 301-305.

24.Ranjbar, M., & Nejad, M. M. (2020). Effect of water salinity on enzymatic and hormonal indices of (*Oncorhynchus mykiss*) fingerlings. *International Aquatic Research*, 12(4), 309.

25.Glencross, B. D. (2009). Exploring the nutritional demand for essential fatty acids by aquaculture species. *Reviews in Aquaculture*, 1(2), 71-124.