# بررسی میزان عنصر سرب در بافت‌های ماهی کپور پرورشی (*Cyprinus carpio*)، رسوب و آب برخی استخرهای پرورش ماهیان گرم آبی استان خوزستان

**مهران جواهری بابلی[۱]، پیوند مکتبی*[۲]، علیرضا جعفرنژادی[۳]، ابوالفضل عسکری ساری[۴]**

۱، ۲ و ۴- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اهواز، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، گروه شیلات، اهواز، ایران، صندوق پستی: ۶۱۳۴۹۶۶۸۸۷۵

۳- مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران، صندوق پستی: ۶۱۳۳۵۳۳۴۱

تاریخ دریافت: ۲۸ مرداد ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: ۱۴ آذر ۱۳۹۱

## چکیده

در این پژوهش، غلظت فلز سرب (Pb) در بافت‌های عضله، کبد و آبشش ماهی کپور پرورشی (*Cyprinus carpio*)، رسوب و آب استخرهای پرورشی در مسیر رودخانه کارون در سه منطقه، شمال (شوشتر)، مرکز (اهواز) و جنوب (خرمشهر) در استان خوزستان در پاییز سال ۱۳۸۹ مطالعه شد. در هر منطقه، سه استخر انتخاب و در هر استخر ۵ ماهی و جمعاً ۴۵ نمونه در اندازه بازاری صید و اندازه‌گیری شد. همچنین، در همان زمان تعداد سه نمونه جفتی رسوب وآب از هر منطقه برداشت گردید. ابتدا ویژگی‌های زیست سنجی ماهی تعیین و میزان غلظت سرب، در بافت‌های عضله، کبد و آبشش (با استفاده از روش سوزاندن تر)، رسوب و آب با استفاده از دستگاه ICP مدل ULTIMA2C ساخت شرکت HORIBA JOBIN YVON کشور فرانسه اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد، بین ویژگی‌های زیست سنجی در این مناطق تفاوت آماری معنی‌داری وجود نداشت. بیشترین غلظت سرب در بافت خوراکی (عضله) در منطقه اهواز به میزان ۳/۰۳ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک و کمترین آن در منطقه خرمشهر به میزان ۱/۱۳ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک تعیین شد. میانگین مقادیر غلظت سرب در هر اندام در مناطق مختلف تعیین و غلظت‌های ۲/۰۱، ۱/۹، ۱/۷۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک به‌ترتیب در عضله> کبد> آبشش به دست آمد. بر این اساس، میزان تجمع سرب در بافت خوراکی (عضله) در مناطق مورد مطالعه از مقدار استاندارد Codex Alimentarius Commission (۲۰۰۲) (۰/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) بالاتر بود. نتایج نشان داد میانگین غلظت سرب در رسوب (۱۳/۰۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) و آب (۵/۷۴ میکروگرم بر لیتر) در مناطق مورد مطالعه از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نداشت ($p\geq 0/05$). همچنین، نتایج نشان داد آلودگی سرب در رسوب از مناطق شمالی به سمت جنوب استان افزایش داشت. به این ترتیب کمترین غلظت آن در رسوب در منطقه شوشتر به میزان ۱۱/۹۸ میلی‌گرم در کیلوگرم و بیشترین غلظت در رسوب در منطقه خرمشهر به میزان ۱۳/۷۱ میلی‌گرم در کیلوگرم به دست آمد.

**کلمات کلیدی:** سرب، ماهی کپور پرورشی (*Cyprinus carpio*)، آب، رسوب، رودخانه کارون.

* عهده دار مکاتبات (✉).pamaktabi@gmail.com

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05 ]

[ DOR: 20.1001.1.23223545.1391.6.2.2.6 ]

**مقدمه**

افزایش روز افزون جمعیت و توسعه بیش از حد اسکان انسان‌ها در حاشیه رودخانه‌ها، سواحل و منابع آبی منجر به افزایش ایجاد مراکز صنعتی و کارخانجات گردیده است. این موضوع منجر به افزایش، ضایعات و منابع آلاینده آب‌ها شده است. به‌طوری‌که این عوامل می‌توانند تغییرات غیر قابل قبول و پیش‌بینی نشده‌ای را بر محیط زیست و منابع آبی ایجاد نموده و روند طبیعی زندگی آبزیان را تغییر دهند (Cornelis, *et al*., 2005; Radike, *et al*., 2002). در حال حاضر، فلزات سنگین از مهمترین منابع آلاینده اکوسیستم‌های آبی به شمار می‌روند. وجود این آلاینده‌ها در این اکوسیستم‌ها، نتیجه دو منبع فرآیندهای طبیعی و فعالیت‌های انسانی بوده که منبع عمده آن‌ها همواره فعالیت‌های انسانی می‌باشد بسیاری از فلزات سنگین به‌طور طبیعی از اجزای تشکیل دهنده این اکوسیستم‌ها بوده و حتی تعدادی از آن‌ها در بقای موجودات زنده نقش حائز اهمیتی را ایفا می‌کنند. با این وجود، چنان‌چه غلظت این عناصر به دلایل گوناگونی از حدود معین فراتر رود، باعث تهدید حیات آبزیان خواهد شد. زیرا سریعاً منجر به عدم تعادل در زیست بوم گردیده و زوال زیستی اکوسیستم را فراهم می‌سازد (Pourang, *et al*., 2005). جذب فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی آلوده به وسیله آبزیان به‌ویژه ماهی‌ها متفاوت بوده و به مکان، رفتار تغذیه‌ای، سطح غذا، سن، اندازه، زمان ماندگاری فلزات و فعالیت‌های تنظیمی بدن ماهی بستگی دارد (Burger, *et al*., 2005; Tuzen and Soylak, 2007). سرب از نظر انتشار، گسترده‌ترین عنصر سنگین و سمی در محیط زیست بوده که به ویژه از زمان مصرف آن در بنزین از پراکنش بسیار وسیعی در سطح جهان برخوردار است. غذا می‌تواند یکی از مهمترین منابع ورود سرب به بدن ماهی باشد که در نتیجه با مسمومیت حاد سرب در ماهی به صورت آسیب به اپیتلیوم آبشش و در نهایت مسمومیت مزمن با آسیب به سیستم عصبی نمایان می‌شود (جلالی و آقازاده مشگی، ۱۳۸۶). به‌دلیل آلوده شدن آب، رسوب و عواملی که منجر به آلودگی‌های زیستی می‌شوند، آلودگی زنجیره‌ی غذایی افزایش یافته و در نهایت به انسان منتقل می‌گردند. اولین نشانه مسمومیت با سرب، علائم عصبی، افزایش ناهنجاری عصبی در کودکان و افزایش فشار خون در بزرگسالان است. رسوب و ته نشست رودخانه‌ها محل اصلی دریافت و انباشت آلاینده‌ها در محیط‌های آبی بوده و نقش مهمی در تجمع برخی از آلاینده‌ها در بی مهرگان کف‌زی و انتقال آن به سطوح غذایی بالاتر را عهده‌دار می باشند. در مجموع می‌توان گفت رسوبات، به‌عنوان معرف و شناساگر مهم برای آلودگی مطرح بوده که از تجزیه و مطالعه آن‌ها می‌توان به سهولت، میزان و نوع آلودگی را تشخیص و اقدامات لازم را جهت کنترل آن‌ها انجام داد. مطالعات نشان داده است که میزان جذب عناصر سنگین در بافت‌های مختلف بدن ماهی متفاوت است (Javed, 2005). در مطالعه‌ای به منظور بررسی میزان سرب در بدن ماهی مشخص شد، بیشترین میزان تجمع سرب در ماهی کپور در بافت عضله می‌باشد (Bogut, *et al*., 2005).

به‌طورکلی رودخانه‌ها به‌ویژه رودخانه کارون، منبع مهمی در تأمین آب استخرهای پرورشی محسوب می‌شوند. رودخانه کارون، بزرگترین رودخانه کشور ایران و استان خوزستان با مساحت ۶۰۵۰۰ کیلومتر مربع و میانگین دبی سالیانه ۱۸۷۰۰ میلیون متر مکعب

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05 ]
[ DOR: 20.1001.1.23223545.1391.6.2.2.6 ]

می‌باشد. بر این اساس، استان خوزستان از مناطق مهم در تولید انواع آبزیان پرورشی در ایران محسوب شده و این رودخانه نقش مهمی در تأمین آب استخرهای پرورشی استان خوزستان دارد. ریاحی و همکاران (۱۳۷۸) تعیین فلزات سنگین ( Ni,Zn, Cu,Pb, Co, Cd) آب، رسوبات و آبزیان رودخانه کارون (۷۳-۷۲) را مطالعه نمودند (ریاحی و همکاران، ۱۳۷۸). نتایج نشان داد که غلظت متوسط سالانه کادمیوم در نمونه‌های آب معادل ۰/۰۲۸ میلیگرم در لیتر و در نمونه‌های رسوب معادل ۱/۶۹ (میلی‌گرم در کیلوگرم)، سرب در نمونه-های آب معادل ۰/۶۰۵ و در نمونه‌های رسوب معادل ۱۴/۸ (میلی‌گرم در کیلوگرم)، تعیین شد مقدار تولید ماهیان در ایران در سال ۱۳۸۸، به میزان ۵۹۹۷۵۴ تن بوده که از این مقدار ۲۰۸۴۵ تن به ماهیان گرم آبی در استان خوزستان تعلق دارد (سالنامه آماری شیلات، ۱۳۸۹). با توجه به روند افزایش میزان آلودگی عناصر سنگین به‌ویژه سرب در رودخانه کارون، احتمال ورود این عنصر به زنجیره غذایی انسان از طریق مصرف آبزیان (ماهی) پرورشی و تهدید سلامتی انسان وجود دارد. بنابراین، بررسی میزان غلظت این عنصر در ماهی پرورشی کپور در مناطق مختلف ضرورت داشت. بر این اساس، پژوهش حاضر، به‌منظور بررسی و تعیین غلظت عنصر سرب در بافت‌های عضله، کبد و آبشش ماهی کپور پرورشی (*Cyprinus carpio*)، رسوب و آب استخرهای پرورشی در سه منطقه (شمال، مرکز و جنوب) مسیر رودخانه کارون در استان خوزستان اجراء گردید.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش، به‌منظور بررسی و تعیین غلظت عنصر سرب در بافت‌های عضله، کبد و آبشش ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)، رسوب و آب استخرهای پرورشی در سه منطقه شمال (شوشتر) با طول جغرافیایی ´۵۹ °۳۱ و عرض جغرافیایی ´۵۳ °۴۸ ، مرکز (اهواز) با طول ´۲۵ °۳۱ و عرض ´۴۸ °۴۸ و جنوب (خرمشهر) با طول ´۳۳ °۳۰ و عرض ´۱۵ °۴۸ در مسیر رودخانه کارون در پاییز ۱۳۸۹ اجرا شد (شکل ۱).

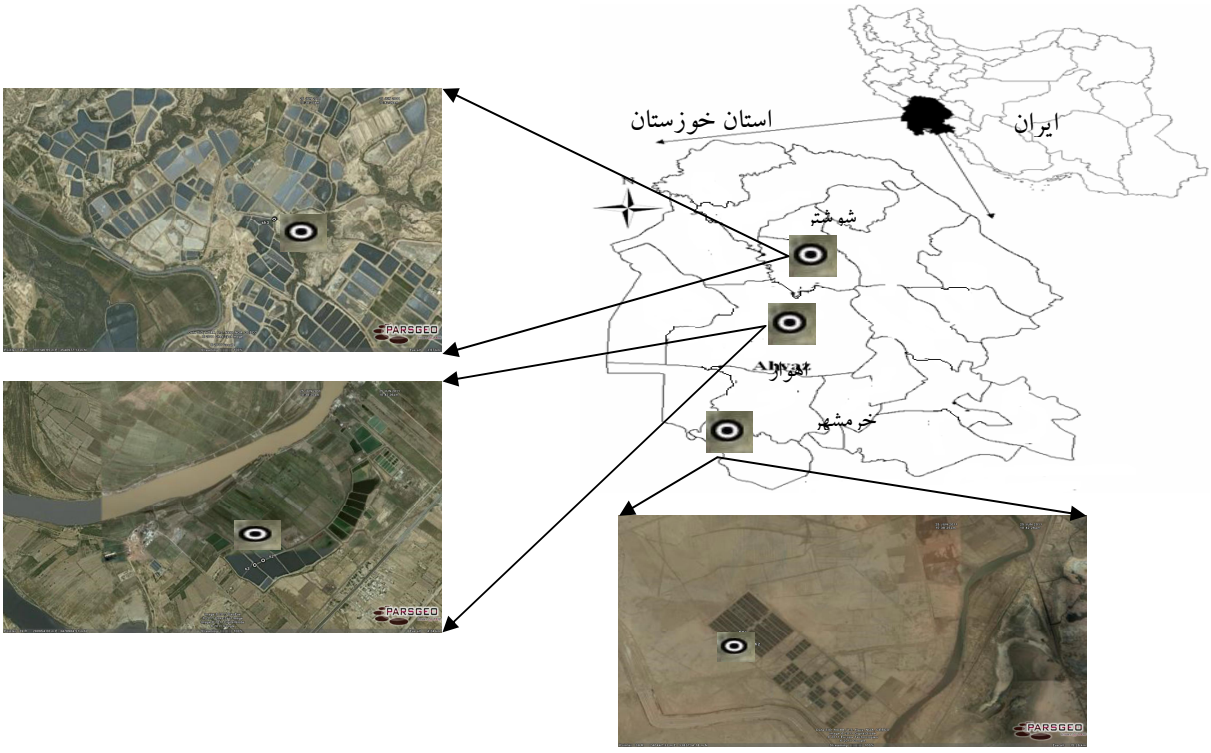
به این ترتیب ابتدا در هر منطقه سه استخر پرورشی به‌عنوان تکرار انتخاب و در هر استخر تعداد ۵ ماهی (جمعاً ۱۵ نمونه ماهی در هر منطقه) و ۴۵ نمونه در سه منطقه در اندازه بازاری صید گردیدند. در همان زمان به منظور بررسی غلظت سرب، در رسوب و آب استخرهای مورد مطالعه، سه نمونه رسوب از کف هر استخر پرورشی با استفاده از دستگاه نمونه‌بردار گرب (۹ نمونه در سه منطقه) و سه نمونه آب با استفاده از بطری‌های مخصوص جمع‌آوری آب (۹ نمونه در سه منطقه) تهیه شدند.

نمونه‌های ماهی بلافاصله بعد از صید (در ظرف‌های مخصوص و در شرایط دمایی مناسب) و نمونه‌های رسوب و آب جهت انجام مراحل آماده-سازی، تجزیه و اندازه‌گیری غلظت سرب به آزمایشگاه ارسال شدند. در ابتدا زیست‌سنجی نمونه‌های ماهی شامل وزن کل ماهی با استفاده از ترازو، طول کل و طول استاندارد (با استفاده از تخته زیست‌سنجی) انجام و نمونه‌های ماهی با استفاده از وسایل مخصوص، تشریح گردیدند. سپس از قسمت عضله هر ماهی به‌طور عرضی و به اندازه کافی نمونه تهیه شده و با استفاده از ترازوی مخصوص توزین گردید. در مرحله بعد کبد و سپس

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05 ]

[ DOR: 20.1001.1.23223545.1391.6.2.2.6 ]

آبشش جدا سازی و به‌طور مجزا وزن شدند. تمامی نمونه‌های اندام‌های مورد مطالعه در دمای ۵۰-۴۵ درجه سانتیگراد در آون به‌مدت ۲۴ تا ۷۲ ساعت خشک شدند. همچنین، نمونه‌های رسوب به‌منظور تعیین غلظت سرب، کوبیده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. همچنین نمونه‌های آب به منظور اندازه‌گیری غلظت سرب بر اساس روش‌های استاندارد آماده سازی شدند. به منظور آماده سازی نمونه‌های ماهی، ابتدا مقدار ۱ گرم از پودر هر نمونه برداشت گردید. سپس، نمونه‌ها برای انجام هضم به روش تر به یک بالن ته گرد ۵۰ میلی‌لیتر منتقل و به مقدار ۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۶۵ درصد و ۱ میلی‌لیتر پرکلریک اسید به هر نمونه اضافه شد. سپس، محلول ایجاد شده به مدت ۵-۴ ساعت در دمای ۵۰-۴۵ رفلاکس شد. در مرحله بعد، پس از ایجاد محلول زرد و شفاف، حرارت دادن محلول متوقف گردید. بعد از سرد شدن نمونه‌ها، سوسپانسیون‌های حاصل با استفاده از کاغذ صافی واتمن ۴۲ در بالن ژوژه ۵۰ میلی‌لیتر صاف و در مرحله آخر عصاره‌های حاصل با استفاده از آب دیونیزه به حجم رسانده شد (Endo, *et al.*, 2008).




**شکل ۱:** موقعیت مناطق نمونه‌برداری از ماهی استخرهای پرورشی در مسیر رودخانه کارون

جهت اندازه‌گیری میزان عناصر در رسوب، ۶۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک ($HNO_3$) ۴ مولار را به ۹/۶ گرم خاک خشک اضافه کرده و مخلوط برای ۱۲ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد. مخلوط

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05 ]
[ DOR: 20.1001.1.23223545.1391.6.2.2.6 ]

حاصل برای ۱۵ دقیقه سانتریفوژ شده و به‌وسیله کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲ صاف گردید. غلظت سرب در عصاره‌های رسوب حاصل و نیز نمونه‌های آب با استفاده از دستگاه ICP-OES- ULTIMA2C اندازه-گیری گردید (Sposito, *et al*., 1982).

در این پژوهش تجزیه و تحلیل داده‌ها به کمک نرم افزار SPSS 17 انجام شد و میانگین تیمارها به کمک آزمون دانکن با یکدیگر مقایسه و در نهایت وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد تعیین گردید.

این پژوهش در قالب طرح کاملا تصادفی (Completely Randomized Design) انجام شد. با استفاده از تجزیه واریانس یک طرفه، معنی داری اختلاف موجود در بین تیمارهای آزمایشی مشخص و سپس با استفاده از آزمون دانکن ( Multiple rang test Duncan) معنی دار بودن تفاوت بین میانگین تیمارها به تفکیک در سطح اعتماد ۹۵ درصدارزیابی گردید.

## نتایج

نتایج حاصل از میانگین و خطای معیار ویژگی‌های زیست سنجی ماهی کپور در مناطق مختلف استان خوزستان شامل منطقه شمال (شوشتر)، مرکز (اهواز) و جنوب (خرمشهر) در مسیر رودخانه کارون در جدول ۱ نشان داده شده است. بر این اساس، بین ویژگی‌های زیست سنجی ماهی کپور معمولی در مناطق مورد مطالعه تفاوت آماری معنی‌داری وجود نداشت ($P\geq ۰/۰۵$). به‌طورکلی بیشترین میانگین ویژگی‌های زیست‌سنجی در منطقه شوشتر و کمترین آن در منطقه خرمشهر تعیین گردید.

**جدول ۱:** میانگین زیست سنجی ماهی کپور معمولی پرورشی (*Cyprinus carpio*)
در مناطق شوشتر، اهواز و خرمشهر، مسیر رودخانه کارون در استان خوزستان

| خصوصیات / منطقه | وزن (kg) | طول کل (cm) | طول استاندارد (cm) | عرض بدن (cm) |
|---|---|---|---|---|
| شوشتر | ۱/۲۸۸±۰/۱۶۷ a* | ۴۰/۲۷±۰/۱۶۷ a | ۳۲/۹۶۶±۱/۴۹ a | ۱۳/۴±۰/۶۶ a |
| اهواز | ۱/۲۶۵±۰/۰۵۵a | ۴۰/۰۳±۰/۶۳۳ a | ۳۳/۸۶±۰/۴۸ a | ۱۴/۰۶±۰/۲۱ a |
| خرمشهر | ۱/۰۹۸±۰/۰۷۱ a | ۳۷/۱۶±۰/۹۳ a | ۳۱/۸۰±۰/۷۹ a | ۱۳/۸۶±۰/۴۱ a |

*: حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد (آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد)

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری و مقایسه میانگین غلظت سرب در بافت‌های ماهی (عضله، کبد و آبشش)، رسوب و آب در جدول ۲ نشان داده شده است.

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05 ]

[ DOR: 20.1001.1.23223545.1391.6.2.2.6 ]

**جدول ۲:** مقایسه میانگین سرب مورد مطالعه در اندام‌های مختلف ماهی کپور پرورشی (*Cyprinus carpio*)، رسوب و آب استخرهای پرورشی در مناطق مختلف پاییز ۱۳۸۹ (خطای استاندارد± میانگین)

| محل | عضله (mg .kg$^{-1}$ d.w) | کبد (mg .kg$^{-1}$ d.w) | آبشش (mg .kg-$^{1}$ d.w) | رسوب (mg .kg$^{-1}$ d.w) | آب (µg. l$^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|
| شوشتر | ۱/۸۸±۰/۵۱ a* | ۱/۷۲±۰/۳۹ a | ۲/۸۹±۰/۲۱ a | ۱۱/۹۸±۰/۸۲ a | ۵/۶۱±۰/۴ a |
| اهواز | ۳/۰۳±۰/۹۴ a | ۱/۵۴±۰/۲۱ a | ۱/۲۴±۰/۱۱ b | ۱۳/۴۰±۰/۳۲ a | ۶/۶۷±۰/۳۱ a |
| خرمشهر | ۱/۱۳±۰/۲۷ a | ۲/۴۶±۰/۳۲ a | ۱/۰۷±۰/۱۸ b | ۱۳/۷۱±۰/۲۳ a | ۴/۹۴±۰/۶ a |
| میانگین | ۲/۰۱ | ۱/۹ | ۱/۷۳ | ۱۳/۰۳ | ۵/۷۴ |

*: حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد (آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد)

بر این اساس، مقایسه میانگین غلظت سرب در بافت عضله در مناطق مختلف بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌داری بود ($p\geq$۰/۰۵). بیشترین غلظت سرب در بافت عضله در منطقه اهواز به‌میزان ۳/۰۳±۰/۹۴ و کمترین آن در منطقه خرمشهر به‌میزان ۱/۱۳±۰/۲۷ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک تعیین شد. همچنین، مقایسه میانگین غلظت سرب در بافت کبد تفاوت معنی‌داری را بین مناطق مختلف نشان نداد ($p\geq$۰/۰۵). اما بافت آبشش از این نظر متفاوت بود. بر این اساس بین میانگین غلظت سرب در آبشش مناطق مختلف تفاوت معنی‌دار وجود داشت ($p<$۰/۰۵). بیشترین غلظت سرب آبشش در منطقه شوشتر (۲/۸۹±۰/۲۱ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک) و کمترین غلظت در منطقه خرمشهر (۱/۰۷±۰/۱۸ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک) اندازه‌گیری شد. در بررسی میزان سرب در رسوب و آب استخرهای پرورشی در مناطق مختلف اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p\geq$۰/۰۵).

## بحث

در این پژوهش اندازه‌گیری غلظت سرب در بافت‌های عضله، کبد و آبشش ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)، رسوب و آب استخرهای پرورشی در مناطق مختلف (شوشتر، اهواز و خرمشهر) صورت گرفت. با توجه به اهمیت ماهی در جیره غذایی انسان از لحاظ منبع تأمین پروتئین، اندام عضله به‌عنوان بافت خوراکی و اندام‌های کبد و آبشش که در سوخت و ساز و تنفس نقش دارند انتخاب شدند (دادالهی سهراب و همکاران، ۱۳۸۷). مقایسه میانگین نتایج در این پژوهش بر اساس آزمون دانکن نشان داد، میانگین غلظت سرب در بافت آبشش ماهی کپور (*Cyprinus carpio*) در بین مناطق مختلف اختلاف معنی داری داشت ($p<$۰/۰۵). در حالی‌که در سایر اندام‌های مورد بررسی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. مهمترین علل وجود اختلاف تجمع فلزات سنگین در اندام‌های مختلف به عوامل محیطی، شرایط اکولوژیک و فعالیت‌های متابولیکی اندام بستگی دارد (Canli and Atli, 2003). نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد، در بین بافت‌های مورد مطالعه بیشترین میزان تجمع سرب در بافت عضله اندازه‌گیری گردید (جدول ۲). این موضوع به دلیل پرتحرک بودن بافت عضله و تمایل بیشتر این عنصر به تجمع در این اندام است (دادالهی سهراب و همکاران، ۱۳۸۷). در مطالعه دیگری

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05 ]
[ DOR: 20.1001.1.23223545.1391.6.2.2.6 ]

Martinovic و همکاران (۱۹۹۴) بیشترین میزان سرب را در عضله، کبد و آبشش ماهی کپور در استخرهای شمال کرواتیا به‌ترتیب ۲/۳۲، ۱/۵۵ و ۱/۹۱ (میلی‌گرم بر کیلوگرم) گزارش نمودند، که حاکی از بالا بودن میزان سرب نسبت به استانداردهای جهانی بوده و با نتایج حاصل از این پژوهش همخوانی دارد. به منظور بررسی نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج حاصل از تحقیقات انجام شده در این ارتباط، میانگین غلظت عنصر سرب در هر بافت در سه منطقه مورد مطالعه به میزان ۲/۰۱ (عضله)، ۱/۹ (کبد) و ۱/۷۳ (آبشش) میلی-گرم بر کیلوگرم محاسبه گردید. نتایج حاصل از این مقایسه در جدول ۳ ارایه شده است.

بر این اساس، نتایج روند تغییرات عنصر سرب نشان داد با حرکت از سمت شمال به جنوب استان، غلظت این عنصر در بافت عضله و کبد روندی نوسانی، در آبشش و آب استخرهای پرورشی روندی کاهشی و در رسوب روندی افزایشی داشت.

**جدول ۳:** مقایسه میانگین سرب مورد مطالعه در اندام‌های مختلف ماهی کپور پرورشی (*Cyprinus carpio*) با نتایج تحقیقات سایر محققان بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک

| گونه | بافت | Pb ($mg\ kg^{-1}$ d.w) | مکان | منابع |
|---|---|---|---|---|
| *Lizzie auratus* | عضله | ۲/۳۳ | دریای خزر | امینی رنجبر و ستوده نیا، ۱۳۸۴ |
| *Acipenser persicus* | عضله | ۰/۶۱ | حوضه جنوبی | صادقی راد و همکاران، ۱۳۸۴ |
| *Acipenser stellatus* | عضله | ۰/۴۸ | دریای خزر | |
| *Barbus grypus* | عضله | ۱۶/۲۴ | رودخانه اروندرود | دادالهی سهراب و همکاران، ۱۳۸۷ |
| *Barbus grypus* | عضله | ۱/۲۹ | رودخانه دز | محمدی و همکاران، ۱۳۸۹ |
| | کبد | ۱/۵۵ | | |
| آبزیان | عضله | ۰/۲ | سازمان ملل ایتالیا | Codex (FAO/WHO) (2002) |
| *Cyprinus carpio* | عضله | ۲/۰۱ | استخرهای پرورشی مسیر رودخانه کارون | مطالعه حاضر |
| | کبد | ۱/۹۰ | | |
| | آبشش | ۱/۷۳ | | |

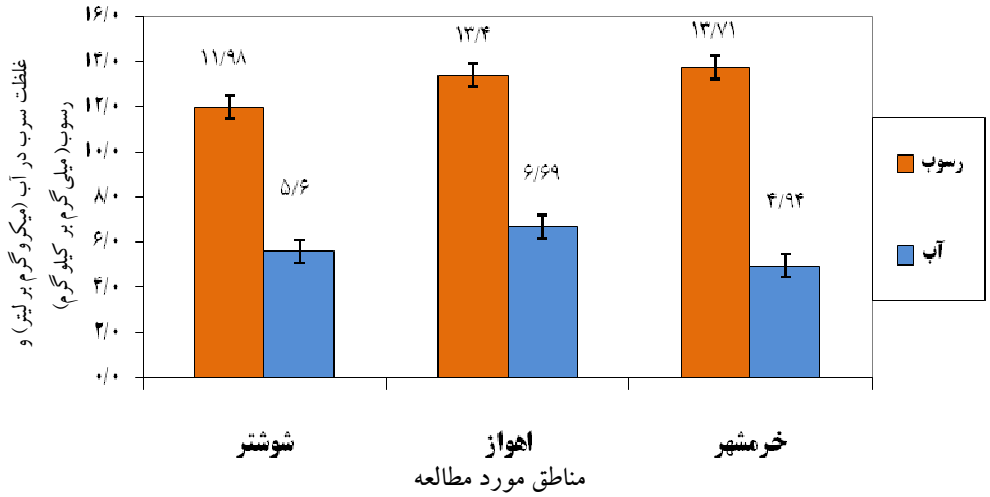
پژوهش‌ها در این زمینه نشان داده است که میزان غلظت آلاینده‌ها همبستگی مثبتی با غلظت آلاینده‌ها در بافت‌های ماهی داشته و میزان تجمع عناصر سنگین در بافت‌ها به عواملی نظیر شکل و غلظت عنصر سنگین در آب، پ‌هاش آب، درجه حرارت آب، وجود اکسیژن محلول، ضریب نفوذپذیری آب، سن ماهی و شرایط محلی بستگی دارد (Plackova, *et al*., 2003; Zlabek, *et al*., 2002a). همچنین، تاثیر عوامل ناشناخته از جمله تغذیه استخرهای پرورشی، نوع مواد مصرفی، مدیریت استخرها بیان‌گر وضعیت متغیر

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05 ]
[ DOR: 20.1001.1.23223545.1391.6.2.2.6 ]

آلودگی این آلاینده در مناطق مختلف می‌باشد. یکی از دلایل احتمالی افزایش سرب در منطقه اهواز، نزدیک بودن استخرهای پرورشی این منطقه، بزرگراه (اهواز- شوشتر) و همچنین، وجود صنایع کاشی‌سازی و نیز ورود فاضلاب نیروگاه حرارتی در بالادست می‌باشد. بسیاری از پژوهشگران علت افزایش سرب در ماهی را به نوع غذای ماهی، نزدیکی محل پرورش به بزرگراه‌های پر رفت و آمد و در نهایت مناطق جنگی و شکارگاه‌ها ذکر کرده‌اند (Hasschön, *et al*., 2006). بر این اساس، میزان تجمع سرب در بافت خوراکی (عضله) در مناطق مورد مطالعه از حد مجاز Codex Alimentarius Commission (۲۰۰۲) (۰/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) بالاتر بود (جدول ۳). پژوهش دادالهی سهراب و همکاران ( ۱۳۸۷) نشان داد، مقایسه فلزات سنگین (سرب و کادمیوم) در بافت عضله ماهی شیربت در رودخانه اروندرود در مقایسه با استانداردهای جهانی بالاتر بود و از این نظر با نتایج حاصل از مطالعه حاضر هماهنگی دارد. در تحقیق دیگری که توسط محمدی و همکاران (۱۳۸۹) روی میزان غلظت سرب در عضله و کبد ماهی شیربت (*Barbus grypus*) در رودخانه دز انجام شد، مشخص گردید که میزان سرب در عضله ماهی مورد مطالعه بالاتر از حد مجاز Codex Alimentarius Commission (۲۰۰۲) (۰/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) بوده که با نتایج مطالعه حاضر از نظر بالا بودن غلظت این عنصر در عضله هماهنگی دارد. بررسی میانگین غلظت سرب در بافت ماهیان پرورشی شهرستان خرم آباد، نسبت به میزان سرب در ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) در پژوهش حاضر پایین‌تر بود که این موضوع ممکن است به دلایل مختلفی از جمله، آلودگی بیشتر آب رودخانه کارون و ورود پساب‌های شهری و صنعتی به این رودخانه باشد (عسگری و همکاران، ۱۳۸۶). Mohammadi و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای میزان فلزات سنگین را در دو گونه‌ی *Barbus grypus* و *Barbus xanthopterus* در رودخانه‌های کارون و دز استان خوزستان بررسی نمودند. در این مطالعه در گونه‌ی *B.grypus* بالاترین غلظت سرب در آبشش ۱/۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک و در گونه‌ی *Barbus xanthopterus* ۲/۹۱، میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک اندازه‌گیری شد. این نتایج نشان دهنده بالا بودن غلظت سرب در مقایسه با استانداردهای جهانی بوده و با یافته‌های حاصل از پژوهش حاضر نیز همخوانی دارد. Jabeen و Chaudhry (۲۰۱۰) در پژوهشی در دو نقطه بالا و پایین دست رودخانه ایندوس در پاکستان، میانگین غلظت سرب را در بافت عضله ماهی کپور معمولی بیش از حد مجاز سازمان بهداشت جهانی (۰/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) اعلام نمود که با نتایج حاصل از این مطالعه حاضر همخوانی داشت. بر اساس استانداردهای ( Probable effect concentration) PEC و ( Background concentrations) BACK حد مجاز سرب را در رسوب به‌ترتیب ۱۵۸ و ۱۴ (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) تعیین نمودند (Bervoets and Blust, 2003) که بر این اساس نتایج حاصل از این پژوهش کمتر از حدود مذکور بود. نتایج میانگین غلظت سرب در رسوب و آب استخرهای مناطق مورد مطالعه در شکل ۲ نشان داده شده است.

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05 ]

[ DOR: 20.1001.1.23223545.1391.6.2.2.6 ]




**شکل ۲:** مقادیر غلظت سرب در رسوب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) و آب (میکروگرم بر لیتر) در مناطق مورد مطالعه (علامت بار روی ستون‌ها بیانگر خطای استاندارد می باشد)

بر این اساس، میزان این عنصر در رسوب مناطق مختلف روندی افزایشی داشت. به‌طوری که بیشترین غلظت این عنصر در منطقه خرمشهر و کمترین میزان در منطقه شوشتر بدست آمد. این نتیجه بیانگر افزایش بار آلودگی از مناطق شمالی به سمت جنوب استان است. بررسی غلظت سرب در آب استخرهای پرورشی نقش مهمی در مدیریت وضعیت آلودگی دارد. بر اساس نتایج حاصل، غلظت سرب در آب مناطق مختلف در استخرهای پرورشی از شمال به جنوب از روندی نوسانی تبعیت می‌نمود (شکل ۲). نتایج حاصل از غلظت سرب در آب استخرهای پرورشی نشان داد میانگین غلظت این عنصر در آب استخرهای مورد مطالعه بیشتر از یک میکروگرم بر لیتر اندازه‌گیری گردید. بر اساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO, 1987) حد مجاز سرب در آب بین ۱ تا ۱۰ میکروگرم بر لیتر تعیین شده است.

بر این اساس، نتایج این پژوهش بیانگر مطلوب بودن این عنصر می‌باشند. Jabeen و Chaudhry (۲۰۱۰) در پژوهشی میانگین غلظت سرب در آب را ۰/۱۸ میلی‌گرم بر لیتر (۱۸ میکروگرم بر لیتر) گزارش نمودند که بیشتر از حد مجاز بوده و با نتایج حاصل از این پژوهش همخوانی نداشت. ریاحی و همکاران (۱۳۷۸) تعیین فلزات سنگین (Ni, Zn, Cu, Pb, Co, Cd) آب، رسوبات و آبزیان رودخانه کارون (۷۳-۷۲) را مطالعه نمودند. نتایج نشان داد که غلظت متوسط سالانه سرب در نمونه‌های آب معادل ۰/۶۰۵(میلی‌گرم بر کیلوگرم) و در نمونه‌های رسوب معادل ۱۴/۸ (میلی-گرم بر کیلوگرم) تعیین گردید. در این پژوهش غلظت فلزات در رودخانه کارون از بالا دست رودخانه (منطقه شوشتر) به سمت پایین دست (منطقه خرمشهر) نسبت به استانداردهای موجود در حد بالاتری بود. این موضوع باعث آلودگی آب‌های زیرزمینی و محصولات کشاورزی و حیات وحش را نیز سبب گردیده است

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05 ]
[ DOR: 20.1001.1.23223545.1391.6.2.2.6 ]

که در نهایت بهداشت انسان را در معرض مخاطره جدی قرار خواهد داد. نتایج ایشان با یافته‌های حاصل از این پژوهش از نظر روند تغییرات غلظت این عنصر در آب و رسوب همخوانی داشت. بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر، از دلایل احتمالی افزایش میزان سرب در مناطق مورد بررسی می‌توان به برخی موارد از جمله مدیریت متفاوت استخرها، وجود شرایط محیطی متغیر، افزایش فعالیت‌های صنعتی، نزدیک بودن منابع تولید سرب نظیر بزرگراه‌ها و مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی و دامی اشاره نمود. بر این اساس ماهی کپور در بین ماهیان آب شیرین از جمله ماهیانی است که بیشترین میزان مصرف را در رژیم غذایی انسان دارد که نه تنها در بافت‌های کبد و آبشش بلکه در بافت خوراکی آن نیز میزان بالایی از سرب تجمع یافته که در نهایت به‌منظور پیشگیری از ورود این عنصر به استخرهای پرورشی پیشنهاد می‌گردد خاک مزارع قبل از شروع کشت و همچنین در زمان پرورش ماهی در آب و رسوب مزارع و در بافتهای مختلف ماهی در طی یک دوره پرورش، میزان غلظت آلاینده‌ی سرب اندازه‌گیری شده و نسبت به کنترل ورود آن از طریق منابع مختلف اقدام لازم را انجام داد.

## سپاسگزاری

بدین‌وسیله نهایت تشکر و قدردانی از کلیه افرادی که در انجام این پژوهش همکاری داشته‌اند به عمل می‌آید. همچنین از همکاری صمیمانه آزمایشگاه‌های شرکت فولاد خوزستان، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان و دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان که امکانات خود را در اختیار این پژوهش قرار دادند، قدردانی و سپاس‌گزاری می‌گردد.

## منابع

۱. جلالی، ب.، آقازاده مشگی، م.، ۱۳۸۶. مسمومیت ماهیان در اثر فلزات سنگین آب و اهمیت آن در بهداشت عمومی، چاپ اول،تهران، انتشارات مان کتاب، ۱۳۴ صفحه.

۲. دادالهی سهراب، ع.، نبوی، م.، خیرور، ن.، ۱۳۸۷. ارتباط برخی مشخصات زیست سنجی با تجمع فلزات سنگین در بافت عضله و آبشش ماهی شیربت (*Barbus grypus*) در رودخانه اروند رود. مجله علمی شیلات ایران، سال هفدهم، شماره ۴، زمستان ۱۳۸۷، صفحات ۳۳-۲۷.

۳. ریاحی، ع.، اسماعیلی، ع.، سواری، ا.، ۱۳۷۸. تعیین فلزات سنگین (Ni, Zn, Cu, Pb, Co, Cd) آب، رسوبات و آبزیان رودخانه کارون (۷۳-۷۲)، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۲، شماره ۲، صفحات ۴۶-۳۷.

۴. سالنامه آماری سازمان شیلات ایران (مرکز تحقیقات شیلات خوزستان)، ۱۳۸۹. معاونت برنامه‌ریزی و مدیریت، ۱۳۸۸-۱۳۷۹، ۶۰ صفحه.

۵. عسگری، ق.، اشرفی، د.، غلامپور، ا.، ۱۳۸۶. بررسی مقدار فلزات سنگین کادمیوم، سرب، کروم و نیکل در ماهیان پرورشی شهرستان خرم‌آباد، دهمین همایش ملی بهداشت محیط همدان: دانشگاه علوم پزشکی همدان، ۱۰-۸ آبان، صفحات ۸۴۶-۸۳۵.

۶. محمدی، م.، عسکری ساری، ا.، خدادادی، م.، ۱۳۸۹. میزان کادمیوم و سرب در عضله و کبد ماهی شیربت (*Barbus grypus*) در رودخانه دز. مجله تالاب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، سال اول، شماره چهارم، صفحات ۹۶-۹۱.

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05 ]
[ DOR: 20.1001.1.23223545.1391.6.2.2.6 ]

7. Bervoets, L., Blust, R., 2003. Metal concentrations in water, sediment and gudgeon (*Gobio gobio*) from a pollution gradient: relationship with fish condition factor. Environ. Pollut. Vol.126, pp. 9–19.
8. Bogut, I., Has-Schon, E., Janson, R., Antunovic, Z., Bodakod, D., 2000 Concentrations of Pb, Hg, Cd, and As in meat of fish-pond carp (*Cyprinus carpio*). Papers of 8th International Symposium Animal Science Days—Animal Products and Human Health University of Osijek, Osijek, Croatia, pp. 123–125.
9. Burger, J., Gochfeld M., 2005. Mercury in canned tuna white versus light and temporal variation. Journal of Environmental Research, Vol. 96, pp. 239-249.
10. Canli, M., Atli, G., 2003. The relationship between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. Environ. Pollut. , Vol. 121, pp. 129-136.
11. Codex Alimentarius Commission, 2002. Codex committee on food additives and contaminants: maximum level for lead in fish. Joint FAO/WHO Food Standards Proggramme. Document CL- 2001 10-FAC, United Nations, Rome.
12. Cornelis, R., Caruso, J., Crews, H., Heumann, K., 2005. Handbook of Elemental Speciacion II. Species in the environment, food, medicine and occupational health. Wiley, Chichester England, 768 p.
13. Endo, T., Hisamichi, Y., Haraguchi, K., Kato, Y., Ohto, C., Kog, N., 2008. Hg, Zn and Cu Levels in the muscle and liver Tiger Sharks (*Galeocerado cuvier*) from the coast of Ishigaki Island, Japan: relationship between metal concentration and body. JOURNAL OF Marine pollution, Vol. 56, pp. 1774-1780.
14. Hasschön, E., Bogut, I., Strelec, I., 2006. Heavy metal profile in five fish species included in human diet, domiciled in the end flow of River Neretva (Croatia). Arch Environ Contam Toxicol Vol. 50, pp. 545–551.
15. Jabeen, F., Chaudhry, A.S., 2010. Monitoring trace metals in different tissues of *Cyprinus carpio* from the Indus River in Pakistan.Journal of Environ Monit Assess, Vol. 170, pp. 645-656.
16. Javed, M., 2005. Comparison of selected heavy metals toxicity in the planctonic biota of the river ravi. Journal of biology sciences, Vol. 1, pp. 59-62.
17. Martinovic, D., KoDtrun, M.C., auDic, N., 1994. Koncentarcija teDkih metala u tkivima Darana. Papers of the Scientific ‘‘Meeting Metal in Food and Environment’’, Stubicˇke toplice, pp.247–252.
18. Mohammadi, M., Askary Sary, A., Khodadai, M., 2011. Determination of heavy metals in two *barbs, Barbus grypus* and Barbus xanthopterus in Karoon and Dez River, Khoozestan, Iran. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, Vol. 87, No. 2, pp. 158–162.
19. Plackova, V., Randak, T., Svobodova, Z., Machova, J.Z.,ˇ Labek, V., 2003. Comparison of the content of foreign substances in tissues of *common carp* (*Cyprinus carpio*) and bottom sediment of the dremliny pond in 1991, 1992, 1999, and 2001. Bull VURH Vodnany, Vol. 39, pp. 152–164.
20. Pourang, N., Tanabe, S., Rezvan, S., Dennis, J.H., 2005. Trace elements accumulation in edible tissues of five sturgeon species from the Caspian Sea. Journal of Environment, Vol. 4, No. 1-3, pp.19-25.
21. Radike, M., Warshawsky, D., Caruso, J., Goth-Goldsein, R,, Reilman, R., Collins, T., Yaeger, M., Wang, J.S., Vela, N., Olsen, L., Schneider, J., 2002. Distribution and accumulation of a mixture of arsenic, cadmium, nickel and vanadium in mouse small intestine, kidneys, pancreas, and femur following oral administration in water or feed. J Toxicol Environ Health, Vol.65, pp. 2029-2052.
22. Sposito, G., Lund, L.J., Chang, A.C., 1982. Trace metal chemistry in arid-zone field soils amended with sewage sludge: I.

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05 ]
[ DOR: 20.1001.1.23223545.1391.6.2.2.6 ]

Fractionation of Ni, Cu, Zn, Cd and Pb in soil phases. SSSAJ. Vol. 46, pp. 260-264.
23. Tuzen, M., Soylak, M., 2007. Determination of trace metal in canned fish marketed in Turkey. Journal of food Chemistry, Vol. 101, pp.1378-1383.
24. World Health Organization (WHO)., 1987. Regional office for Europ. WHO Regional Publications, European Series, No 23.195-201.
25. Zlabek, V., Svobodova, Z., Randak, T., 2002a. Comparison of the content of foreign substances in tissues of carp (*Cyprinus carpio L.*) and in bottom sediment of the Regent pond in 1992 and 2000. Bull VURH Vodnany, Vol. 38, pp. 3–15.

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05 ]

[ DOR: 20.1001.1.23223545.1391.6.2.2.6 ]