

بررسی تجمع فلزات سنگین کادمیوم و نیکل در بافت‌های ماهی زمین کن (*Platycephalus indicus*) در تالاب حرا

سحر محمد نبی زاده*، دانشجوی کارشناسی ارشد محیط زیست دانشگاه بیرجند، ایران.

علیرضا پورخباز، عضو هیئت علمی گروه محیط زیست دانشگاه بیرجند، ایران.

E-mail: Sr_nabizadeh@yahoo.com

دریافت: ۱۳۹۲/۰۳/۰۷ - پذیرش: ۱۳۹۲/۰۹/۰۹

چکیده

تالاب حرا در استان هرمزگان با کارکردها و ارزش‌های متعدد، پرندگان نادر و آبزیان غیرمتمعارف از جمله مهم‌ترین بوم‌سازگان‌های آبی در کشور محسوب می‌شود. در سال‌های اخیر به دلیل افزایش استقرار صنایع مختلف در سواحل و رشد و توسعه شهرهای ساحلی این بوم‌سازگان آبی و آبزیان موجود به دلیل تخلیه فاضلاب و آلاینده‌ها به آن به‌ویژه فلزات سنگین در معرض تهدید قرار گرفته‌اند. پژوهش حاضر به منظور تعیین غلظت فلزات سنگین نیکل و کادمیوم در بافت‌های عضله، کبد و آبشش ماهی زمین کن (*Platycephalus indicus*) در تالاب حرا واقع در استان هرمزگان، انجام گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که کبد بالاترین غلظت فلزات کادمیوم و نیکل را، به ترتیب با میانگین ۰/۹۱ و ۳/۰۳ میکروگرم بر گرم نسبت به بافت‌های آبشش و عضله دارا بوده و کمترین غلظت فلزات در بافت عضله به ترتیب با میانگین ۰/۲۸ و ۲/۶۴ میکروگرم بر گرم مشاهده گردید. نتایج آزمون همبستگی پیرسون در بافت‌های مورد مطالعه با عوامل طول کل، وزن و سن نشان داد که ارتباط منفی معناداری بین غلظت فلزات در تمامی بافت‌ها با فاکتورهای زیستی مذکور وجود داشت. همچنین نتایج حاصل از بررسی‌های آماری، حاکی از بالاتر بودن میزان نیکل در بافت عضله نسبت به استانداردهای WHO و FEPA بود.

واژه‌های کلیدی: فلزات سنگین، *Platycephalus indicus*، بافت، آلودگی، تالاب حرا

۱- مقدمه

آلاینده‌های فلزی تخلیه‌شده به آب که ناشی از صنایع و کشتی‌ها است، تاثیر می‌پذیرند (Baeyens et al., 2005). یکی از مهمترین آلاینده‌ها فلزات سنگین است که پس از ورود به بوم‌سازگان‌های آبی در بافت و اندام‌های آبزیان و از جمله ماهیان تجمع یافته و در نهایت وارد زنجیره غذایی می‌گردند. از آنجا که ماهی‌ها بخش عمده‌ای از رژیم غذایی انسان را تشکیل می‌دهند، فلزات سنگین می‌توانند از طریق تغذیه از ماهیان آلوده وارد بدن انسان گردند. بنابراین تأثیر تجمع فلزات سنگین در اندام‌های آبزیان، با به همراه داشتن

تالاب حرا یکی از زیستگاه‌های عالی و تنوع‌گرا در ایران به ویژه از نظر زیستگاه آبزیان می‌باشد که در جزیره قشم مجاور بندر لافت و بندر خمیر در تنگه خوران قرار دارد. اگر چه این بوم‌سازگان از غنای زیستی بالایی برخوردار است، اما به همان نسبت نیز در برابر آلودگی‌های آبی حساس و آسیب‌پذیر است. امروزه به دلیل افزایش استقرار صنایع مختلف در سواحل و رشد و توسعه شهرهای ساحلی، بوم‌سازگان‌های آبی و آبزیان موجود در آن از فاضلاب‌ها و

نمونه‌های ماهی زمین‌کن از دو ایستگاه اشاره شده جمع‌آوری و در آزمایشگاه با آب مقطر شستشو و کدگذاری گشتند. جهت زیست‌سنجی طول کل و طول استاندارد با استفاده از تخته زیست‌سنجی (با دقت ۱ میلی متر) و وزن با استفاده از ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۱ گرم) به دست آمد. همچنین تعیین سن ماهی با بررسی سنگ گوش (Otolith) (کمالی، ۱۳۸۳) انجام گردید.

جدول ۱- مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری

ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
بندر خمیر (۱)	۵۵° ۳۷' ۵۰"	۲۶° ۵۸' ۱۲"
بندر لافت (۲)	۵۵° ۴۴' ۱۴"	۲۶° ۵۱' ۲۳"

بافت‌های آبشش، کبد و ماهیچه (زیر باله پشتی)، توسط چاقوی استیل و استریل شده استخراج و توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن شد. حدود ۱ گرم از هر بافت به صورت تر در ارلن مایر قرار داده شد، سپس به هر نمونه ۸ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۶۵٪ (HNO₃) اضافه گردید. نمونه‌ها جهت انجام عمل هضم مقدماتی در طول شب برای مدت ۱۲ ساعت در دمای اتاق در آزمایشگاه قرار داده شدند. بعد از هضم اولیه به هر یک از نمونه‌ها ۳ میلی‌لیتر اسید پرکلریک ۷۰٪ (HClO₄) جهت هضم نهایی اضافه گردید (Storelli and Marcotrigiano, 2005). جهت هضم کامل نمونه‌ها روی حمام شن در دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا در اثر حرارت محلولی شفاف حاصل گردد. محلول‌های شفاف حاصل از هضم هر یک از نمونه‌ها پس از سرد شدن در دمای محیط با آب دوبار تقطیر به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شده و با استفاده از کاغذ صافی سایز ۰/۴۵ میکرومتر فیلتر شدند. جهت اندازه‌گیری غلظت فلزات در نمونه‌ها از دستگاه جذب اتمی کوره گرافیتی مدل Perkin Elmer 3030 استفاده گردیده‌است.

آسیب‌های بوم‌شناختی، رفتاری، فیزیولوژیکی، متابولیکی ماهیان و در معرض خطر انداختن سلامت انسان‌ها، در سال‌های اخیر بیشترین توجه را معطوف خود ساخته است (Palaniappan and Karthikeyan, 2009). بنابراین تعیین میزان باقی‌مانده‌های فلزات سنگین و سایر آلاینده‌های محیطی در مواد غذایی مختلف و به‌دست آوردن اطلاعات کافی از وضعیت آلودگی در جهت به‌کارگیری روش‌های پیشگیرانه و ارایه استانداردها و قوانین مناسب ضروری می‌باشد.

هدف از این پژوهش حاضر تعیین تجمع فلزات سنگین کادمیوم و نیکل در بافت‌های عضله، آبشش و کبد ماهی زمین‌کن (*Platycephalus indicus*) و بررسی روند انباشتگی این فلزات در ارتباط با فاکتورهای زیستی طول، وزن و سن می‌باشد. همچنین مقایسه غلظت فلزات در بافت ماهیچه با استاندارد های جهانی از اهداف بعدی این پروژه است.

۲- مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری از ماهی در بندرهای خمیر و لافت در منطقه حفاظت شده حرا واقع در استان هرمزگان صورت گرفت (شکل ۱). موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری که توسط GPS برداشت شده‌اند، در جدول ۱ آورده شده است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

جدول ۳- میانگین و انحراف معیار غلظت فلزات کادمیوم و نیکل (میکروگرم بر گرم وزن تر) در بافت‌ها

کادمیوم	نیکل	بافت
۰/۲۸±۰/۱۱ a	۲/۶۳±۰/۱۷ a	ماهیچه
۰/۴۹±۰/۱۶ b	۲/۹۴±۰/۱۲ b	آبشش
۰/۹۱±۰/۱۹ c	۳/۰۳±۰/۱۹ b	کبد

a, b, c حروف مشابه در یک ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار بین بافت های مختلف است.

۴- بحث

نتایج نشان داد در ایستگاه‌های مختلف از لحاظ آماری تفاوت معنی داری در غلظت فلزات بافت‌های مختلف وجود ندارد که دلیل آن را می‌توان تحرک ماهی و نیز وجود غلظت آلاینده مشابه در آب هر دو ایستگاه بیان کرد.

مطالعه حاضر نشان می‌دهد کبد به عنوان اندام هدف، بالاترین غلظت فلزات کادمیوم و نیکل را نسبت به بافت‌های آبشش و عضله دارد. کادمیوم در بافت کبد در حدود ۳ مرتبه نسبت به بافت ماهیچه زمین کن بالاتر است. نتایج بسیاری از مطالعات نیز نشان می‌دهد که بافت کبد تمایل به انباشتگی فلزات سنگین در مقادیر بالا را دارد (Tekin-Ozan and Kir, 2008; Yilmaz, 2009). دلیل آن نقش کلیدی کبد در متابولیسم است و همچنین مکان اصلی در تجمع، انتقال زیستی، سم‌زدایی و دفع آلاینده‌ها در ماهی می‌باشد (Licata et al., 2005). کبد به دلیل گرایش به تجمع سطوح بالای آلاینده‌های مختلف نسبت به بافت‌های دیگر شاخص زیست‌محیطی مناسب‌تری جهت ارزیابی آلودگی آب نسبت به سایر بافت‌ها محسوب می‌شود (Yilmaz, 2009). نمونه‌های ماهی مورد مطالعه مقدار بالاتری از عناصر در کبد در مقایسه با سایر مطالعات مشابه در ژاپن (Cyprinus carpio) (Alam et al., 2009) و سواحل اطلس جنوبی (Usero et al., 2003) را نشان داد. در این مطالعه بعد از کبد، آبشش با میانگین غلظت ۰/۴۹ و ۲/۹۴ میکروگرم بر گرم به ترتیب بالاترین غلظت

آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS و Excel صورت گرفت. بررسی تبعیت داده‌ها از توزیع نرمال با آزمون Kolmogorov-Smirnov انجام شد. برای مقایسه میانگین غلظت‌های عناصر در بافت‌های مختلف از آزمون آنالیز واریانس ANOVA استفاده گردید. بررسی ارتباط بین غلظت عناصر در بافت‌های مختلف در هر گونه با فاکتورهای زیستی طول، وزن و سن با آزمون Pearson صورت گرفت. شاخص تجمع زیستی (Bioaccumulation factor) همچنین به عنوان ثبت غلظت فلز در اندام های ماهی به غلظت عنصر در آب محاسبه گشت (Otitoloju, 2009):

$$BAF = \frac{\text{غلظت فلز در بافت های ماهی}}{\text{غلظت فلز در آب}}$$

۳- نتایج

خلاصه نتایج آماری حاصل از زیست‌سنجی ماهی زمین کن (*Platycephalus indicus*) در جدول ۲ آورده شده است. نتایج مربوط به میانگین غلظت فلزات سنگین در بافت‌های عضله، آبشش و کبد گونه مورد مطالعه، بر حسب میکروگرم بر گرم وزن تر در جدول ۳ درج گردیده است. کبد به عنوان اندام هدف بالاترین غلظت فلزات کادمیوم و نیکل را، به ترتیب با میانگین ۰/۹۱ و ۳/۰۳ میکروگرم بر گرم، نسبت به بافت‌های آبشش و عضله دارا بود. با توجه به نتایج، روند نزولی میزان تجمع فلزات در بافت های مختلف به صورت کبد < آبشش < ماهیچه بود. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که تفاوت معنی دار آماری بین بافت‌های ماهیچه، آبشش و کبد ($p < 0.05$) در تمامی بافت‌های مورد مطالعه وجود دارد به جز بین بافت‌های آبشش و کبد (جدول ۳).

جدول ۲- مشخصات آماری زیست‌سنجی ماهی زمین کن

سن (سال)	وزن (گرم)	طول استاندارد (سانتیمتر)	طول کل (سانتیمتر)
۴/۶۶±۱/۴۸ (۲-۶/۵)	۴۳۷/۵۶±۹۰/۳۴ (۱۸۰-۶۱۸/۵)	۳۹/۵۳±۸/۶۴ (۲۵/۵-۵۳)	۴۳/۶۲±۸/۸ (۲۹/۵-۵۷)

منفی معنی داری بین غلظت فلزات کادمیوم و نیکل در تمامی بافت‌ها و عوامل زیستی مذکور وجود دارد ($p < 0.05$)، به گونه‌ای که با افزایش هر یک از عوامل زیستی، غلظت فلزات در بافت‌های مختلف ماهی کاهش می‌یابد. نتایج مطالعه‌ای در مورد مقایسه اندازه ماهیان با میزان تجمع ۱۶ فلز نشان داده که در بیشتر فلزات همبستگی منفی در این زمینه وجود دارد (Agah et al., 2009). این همبستگی معکوس ممکن است به دلیل بالاتر بودن متابولیسم فعال در افراد جوان نسبت به افراد بالغ و مسن‌تر باشد. همچنین با توجه به رابطه مستقیم نرخ متابولیک در آبزیان و نرخ جذب آلودگی، انباشتگی فلزات سنگین در افراد جوان‌تر، بالاتر تفسیر می‌گردد (Canli and Anti, 2003).

در مقایسه با استانداردهای جهانی (جدول ۴)، مطالعه حاضر نشان می‌دهد که حد مجاز عنصر کادمیوم در گونه مورد مطالعه پایین‌تر از استانداردهای WHO و FAO (Ikem et al., 2003) می‌باشد. مقادیر به دست آمده در این مطالعه برای فلز نیکل نیز مبین سمیت بالای آن نسبت به استانداردهای WHO و FEPA (Obasohan, 2007) است.

جدول ۴- مقایسه میانگین غلظت فلزات در بافت عضله ماهی

زمین کن با استانداردهای جهانی

استانداردها و ماهیان	کادمیوم	نیکل
FEPA	۲	۰/۵
FAO	۰/۵	-
WHO	۱	۰/۵-۰/۶
ماهی زمین کن در پژوهش حاضر	۰/۲۸	۲/۶۴

متأسفانه بوم‌سازگان حرا تحت تاثیر مسایلی همچون روند رو به رشد صنایع بزرگ در منطقه هرمزگان و به دنبال آن ورود فاضلاب و پساب صنعتی و شهری می‌باشد که سبب آلودگی و آسیب رساندن به ذخایر و منابع آبی موجود شده است. همچنین به دلیل رژیم هیدرولیکی و جریان

را برای فلزات کادمیوم و نیکل دارا بود. آبشش‌ها جزو اولین بافت‌هایی هستند که در معرض آلاینده‌های موجود در آب قرار می‌گیرند (Oliveira-Filho et al., 2010). آبشش‌ها می‌توانند فلزات سنگین را در تماس مستقیم از آب و غیرمستقیم از مواد غذایی جذب نمایند. سلول‌های اپیتلیال برونشیا آبشش سبب مبادلات فلزات با محیط

خارج گردیده و بدین ترتیب فلزات با موکوس آبشش‌ها تشکیل کمپلکس داده و این خروج فلزات از بافت را تقریباً غیرممکن ساخته و باعث تجمع فلزات در آبشش می‌شود (Yilmaz, 2009).

حداقل غلظت فلزات در بافت ماهیچه مشاهده گردید. به هر حال انباشتگی معنی دار پایین در بافت ماهیچه نسبت به سایر بافت‌های کبد و آبشش به دلیل فعالیت‌های کم متابولیکی این اندام تفسیر می‌شود (Tekin-Ozan and Kir, 2008; Karadede et al., 2004). چرا که بیشتر فلزات، ارگان هدف خود را بر اساس میزان فعالیت‌های متابولیکی انتخاب می‌کنند. نتایج حاصل از غلظت عناصر در بافت ماهیچه در این مطالعه، در مقایسه با تحقیقات روی ماهیان در سواحل اسپانیا (Usero et al., 2003) و ماهی کفال دریای خزر (شریف فاضلی و همکاران، ۱۳۸۴) بیشتر بود.

تفاوت غلظت فلزات سنگین در بافت‌های گوناگون ماهیان می‌تواند ناشی از تفاوت در طول، وزن و سن ماهی (Nsikak et al., 2007)، مدت قرارگیری در معرض فلزات (Malik et al., 2010)، متغیر بودن توان فلزات سنگین در زمینه غلبه بر پیوندهای فلزی پروتئین‌ها نظیر متالوتیونین‌ها باشد (Canli and Anti, 2003). علاوه بر موارد بالا، بسیاری از فعل و انفعالات بالقوه میان عناصر مختلف ممکن است جذب و سمیت فلزات را تحت تاثیر قرار دهد.

نتایج آزمون همبستگی پیرسون در بافت‌های مورد مطالعه با عوامل طول کل، وزن و سن نشان می‌دهد که ارتباط

concentrations (Cd, Cu, Mn, Pb, and Zn) in tissues of three economically important fish (*Anguilla anguilla*, *Mugil cephalus* and *Oreochromis niloticus*) inhabiting Köycegiz Lake-Mugla (Turkey)", *Turkish Journal of Science and Technology*, 4: 7-15.

- H. Karadede, S.A. Oymak, E. Unlu, (2004) "Heavy metals in mullet, *Liza abu*, and catfish, *Silurus triostegus*, from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey", *Environment International*, 30: 183-188.

- H. Agah, M. Leermakers, M. Elskens, M.R. Fatemi, W. Baeyens, (2009) "Accumulation of trace metals in the muscle and liver tissues of five fish species from the Persian Gulf", *Environmental Monitoring and Assessment*, 157: 499-514.

- J. Usero, C. Izquierdo, J. Morillo, I. Gracia, (2003) "Heavy metals in fish (*Solea vulgaris*, *Anguilla anguilla* and *Liza aurata*) from salt marshes on the southern Atlantic coast of Spain", *Environment International*, 29: 949-956.

- M.M. Storelli, G.O Marcotrigiano, (2005) "Heavy metal pollution evaluation in the Ionian Sea (Mediterranean Sea—Italy)", *Environmental Monitoring and Assessment*, 102: 159-166.

- M.G.M. Alam, A. Tanaka, G. Allinson, L.J.B. Laurenson, S. Stagnitti, (2002) "A comparison of trace element concentrations in cultured and wild carp (*Cyprinus carpio*) of Lake Kasumigaura, Japan", *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 53: 348-354.

- N. Malik, A.K. Biswas, T.A. Qureshi, (2010) "Bioaccumulation of heavy metals in fish tissues of a freshwater lake of Bhopal", *Environmental Monitoring and Assessment*, 160: 267-276.

- P.L.R.M. Palaniappan, S. Karthikeyan, (2009) "Bioaccumulation and depuration of chromium in the selected organs and whole body tissues of freshwater fish *Cirrhinus mrigala* individually and in binary solutions with nickel". *Journal of Environmental Science*, 21: 229-236

- P. Licata, D. Trombetta, M. Cristani, C. Naccari, D. Martino, M. Calo, F. Naccari, (2005) "Heavy metals in liver and muscle of bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) caught in the Straits of Messina (Sicily, Italy)", *Environmental Monitoring and Assessment*, 107: 239-248.

- S. Tekin-Ozan, I. Kir, (2008) "Seasonal variations of heavy metals in some organs of carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) from Beyşehir Lake (Turkey)". *Environmental Monitoring and Assessment*, 138: 201-206.

آب خلیج فارس که در جهت مخالف حرکت عقربه‌های ساعت چرخش دارد، بخش عمده‌ای از آلاینده‌های بندرعباس و جزیره قشم پس از عبور از تنگ خوران و خورخوران وارد منطقه حفاظت شده جنگل‌های حرا می‌شود. از این‌رو این منطقه نیازمند پایش‌های مداوم و دقیق‌تر در رابطه با آلاینده‌ها به ویژه فلزات سنگین با استفاده از ماهیان به عنوان شاخص زیستی می‌باشد.

۵- مراجع

- کمالی، عیسی. (۱۳۸۳) "بررسی برخی از ویژگی‌های زیستی سنگسر معمولی، شوریده و میش ماهی در آب‌های هرمزگان"، پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، ناشر موسسه تحقیقات شیلات ایران، ۱۳۸۳، ۱۰۵.

- شریف فاضلی، محمد، ابطحی، بهروز. و صباغ کاشانی، آذر. (۱۳۸۴) "سنجش تجمع فلزات سنگین سرب، نیکل و روی در بافت‌های ماهی کفال (*Liza aurata*) سواحل جنوبی دریای خزر"، مجله علمی شیلات ایران، سال چهاردهم، شماره ۱، بهار ۱۳۸۴، ۶۵-۷۷.

- A. Otitoloju, O. Elegba, A. Osibona, (2009) "Biological responses in edible crab, *Callinectes amnicola* that could serve as markers of heavy metals pollution", *Journal of Environmental Science*, 29: 37-46.

- A. Ikem, N.O. Eglebor, K. Nyavor, (2003) "Trace elements in water, fish and sediment from tuskegee lack Southeastern USA", *Water, Air and Soil Pollution*, 149: 51-75.

-E.E. Obasohan, (2007) "Heavy metals concentrations in the offal, gill, muscle and liver of a freshwater mudfish (*Parachanna obscura*) from Ogba River, Benin city, Nigeria", *African Journal of Biotechnology*, 6 (2007) 2620-2627.

-E.C. Oliveira-Filho, D.H.F. Muniz, M.F.N. Ferreira, (2010) "Cesar Koppe Grisolia evaluation of acute toxicity, cytotoxicity and genotoxicity of a nickel mining waste to *Oreochromis niloticus*", *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 85: 467-471.

- F. Yilmaz, (2009) "The comparison of heavy metal

levels and the size of sex Mediterranean fish species", *Environmental Pollution*, 121: 129-136.

- W. Baeyens, M. Leermakers, M. De Gieter, H. L. Nguyen, K. Parmentier, S. Panutrakul, (2005) "Overview of trace metal contamination in the Scheldt estuary and effect of regulatory measures", *Hydrobiologia*, 540: 141-154.

- U.B. Nsikak, P.E. Joseph, B.W. Akan, E.B. David, (2007) "Mercury accumulation in fishes from tropical aquatic ecosystems in the Niger Delta, Nigeria", *Current Science*, 92: 781-785.

- M. Canli, G. Anti, (2003) "The relationship between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, and Zn)