

بررسی تجمع زیستی فلزات سنگین در بافت خوراکی عضله ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio linnaeus*, 1758) رودخانه سیاه درویشان استان گیلان

محمد اتفاق دوست^{۱*}

۱- دانشجوی دکتری گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، گیلان، ایران
(تاریخ دریافت: ۹۷/۰۳/۰۶ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۰۹)

چکیده

در این تحقیق، میزان تجمع زیستی ده فلز (آرسنیک، آهن، جیوه، روی، سرب، سلنیوم، کادمیوم، مس، منگنز و نیکل) در بافت عضله ۳۰ عدد ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) صید شده توسط تور پرتابی سالیک از رودخانه سیاه درویشان استان گیلان در فصل تابستان ۱۳۹۵، توسط دستگاه طیفسنجی جذب اتمی Varian مورد مطالعه قرار گرفتند. میزان کمترین و بیشترین غلظت فلزات سنگین به ترتیب: روی ۳۰/۸۱ - ۳۳/۱۹، آهن ۲۶/۴۷ - ۳۱/۳۳، مس ۳/۹۷ - ۴/۶۲، سرب ۰/۷۹ - ۰/۹۵، آرسنیک ۰/۷۳ - ۰/۸۲، منگنز ۰/۵۹ - ۰/۶۸، سلنیوم ۰/۴۹ - ۰/۵۷، کادمیوم ۰/۱۷ - ۰/۱۸، نیکل ۰/۱۶ - ۰/۱۸ و جیوه ۰/۰۸ - ۰/۰۹ میکروگرم بر گرم وزن خشک، به دست آمد. با توجه به نتایج این پژوهش، میانگین غلظت تمام عناصر در بافت عضله ماهی کپور معمولی به جز آرسنیک (۰/۷۷۴ ± ۰/۰۴۷)، سرب (۰/۸۵۲ ± ۰/۰۸۴) و منگنز (۰/۶۴۲ ± ۰/۰۴۵)، پایین تر از حد مجاز تعیین شده توسط استاندارد جهانی FAO/WHO مشاهده گردید.

کلید واژگان: فلزات سنگین، کپور معمولی، رودخانه سیاه درویشان، بافت عضله، تجمع زیستی

* مسئول مکاتبات: ettefaghdoost@phd.guilan.ac.ir

۱- مقدمه

ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) گونه ای رود کوچ است که به خانواده کپور ماهیان (Cyprinidae) با دارا بودن حدود ۳۰۰۰ گونه، تعلق دارد [۱]. خاستگاه اصلی ماهی کپور معمولی در قاره های اروپا و آسیا می باشد که از این مناطق به دیگر بخش های جهان پراکنش یافته است. گستره پراکندگی طبیعی آن در آسیا و اروپا به دو ناحیه غربی (حوضه دریای خزر، دریاچه آرال و دریای سیاه) و ناحیه شرقی (آسیای شرقی و جنوب شرقی) تقسیم بندی می گردد [۲].

این ماهی در سن ۳ تا ۴ سالگی بالغ شده و از آنجایی که برای عمل تولید مثل و تخمیزی به آب شیرین نیازمند است [۳]، در نتیجه به نواحی مصبی و بالادست رودخانه های دریای خزر (در طی ابتدای اردیبهشت تا پایان خرداد) مهاجرت می کند و به طور میانگین در حدود بیشتر از ۱۰۰ هزار تخم می گذارد [۴]. ماهی کپور معمولی از جمله گونه های ارزشمند شیلاتی محسوب گردیده و از ارزش اقتصادی مناسب و گوشت مطلوب و لذیذی برخوردار می باشد [۵] که در مناطق ساحلی و رودخانه های منتهی به دریای خزر مخصوصاً در استان گیلان، علاقه مندی زیادی به مصرف آن وجود دارد. علی رغم اینکه جمعیت های این ماهی در تمام طول سواحل دریای خزر وجود دارد اما در طی سال های اخیر میزان صید مجاز آن در حوضه جنوبی دریای خزر به طرز قابل ملاحظه ای کاهش یافته است [۶] به گونه ای که اتحادیه بین المللی حفاظت از طبیعت (IUCN) این ماهی را در فهرست گونه های نیازمند حفاظت قرار داده است که از دلایل مهم کاهش جمعیت آن ها علاوه بر صید بی رویه و فشار صیادی، میتوان به آلودگی محیط های آبی و نوسانات گسترده عوامل شیمیایی آب محل زیست این گونه اشاره نمود که منجر به کاهش ذخایر ماهی کپور معمولی گردیده است [۷].

یکی از رودخانه های محل زیست کپور معمولی در حوضه جنوبی دریای خزر، رودخانه سیاه درویشان می باشد که از جمله رودخانه های مهم تالاب انزلی و دریای خزر است [۸]. این رودخانه از سرشاخه های گشت رودخان، نظر آلات، حیدر

آلات و قلعه رودخان نشأت می گیرد [۹] و دارای میزان سطح حوضه آبی ۲۹۰/۵ کیلومتر مربع، طول آبراهه اصلی ۴۵ کیلومتر، شیب متوسط ۳/۲ و دبی متوسط سالانه ۶۳۷ متر مکعب در ثانیه است که در سال های اخیر به علت دخالت های انسانی نظیر فعالیت های کشاورزی و دامپروری، نفوذ فاضلاب های صنعتی و خانگی و ... ترکیب شیمیایی و عناصر آب این رودخانه را با تغییرات گسترده ای مواجه کرده است [۱۰]. برخی از این عناصر، هرچند به مقدار بسیار ناچیز برای انجام بسیاری از فرآیندهای طبیعی فیزیولوژیک آبزیان لازم و ضروری هستند، اما زمانی که میزان غلظت آن ها در محل زیست از حد مجاز بالاتر برود و یا به طور مداوم وارد محیط زندگی ماهیان شوند، ماهی ها با جذب آن ها از مسیر های مستقیم و یا غیر مستقیم و همچنین تجمع زیستی این عناصر در بافت های مهمی مانند عضله، کبد، کلیه و ... دچار انواع مختلف مسمومیت های مزمن می گردند و در صورت ادامه این روند، علائم ظاهری متعلق به این نوع مسمومیت ها را از خود بروز می دهند [۱۱ و ۱۲].

به همین جهت مشاهده و بررسی تجمع زیستی این عناصر با اندازه گیری پیوسته آن ها در منابع آبی مختلف، ضرورت پیدا می کند. از جمله مهم ترین روش های ارزیابی، انتخاب نمودن گونه های متفاوت ماهیان به عنوان نشانگر زیستی فلزات مختلف در محیط های آبی می باشد [۱۳ و ۱۴] که به همین منظور بافت های مختلف ماهیان به طور گسترده ای در ارتباط با بررسی اثرات فیزیولوژیک فلزات سنگین، می توانند مورد استفاده قرار گیرند [۱۵]. از همین جهت با افزایش روز افزون فعالیت های انسانی در مناطق حاشیه ای رودخانه ها و در نتیجه احتمال آلوده گردیدن این منابع آبی به فلزات سنگین [۱۶]، همچنین با توجه به نوع رژیم غذایی این گونه که از جانداران کفزی تغذیه می نماید و به همین علت در معرض تجمع بیشتری از فلزات سنگین در بافت های خود می باشد [۱۷] و به دلیل میزان مصرف بالای عضله ماهی و نقش برجسته ای که این بافت در قرار گیری فلزات سنگین در چرخه زیستی به وسیله تغذیه آن توسط گونه های دیگر زنجیره غذایی (بزرگنمایی بیولوژیک) و در نهایت منتقل شدن

بخش های اضافی و غیر مورد نظر نمونه ها (شامل پوست، امعا و احشاء، استخوان و ...) توسط تیغه کاملاً استریل جدا و قسمت بافت عضله، به طور کامل از آن خارج گردید. نمونه بافت های بخش عضله، مورد بسته بندی و شماره گذاری قرار گرفتند و سپس در دستگاه خشک کن- انجمادی Zirbus (Germany, Bad Grund, VaCo 5) با به کار گیری دمای -50°C درجه سانتی گراد به مدت زمان ۹ تا ۱۰ ساعت، کاملاً خشک شدند. در نهایت این نمونه بافت های خشک شده، توسط هاون چینی آزمایشگاهی به طور کامل پودر گردیدند و سپس با HNO_3 دارای خلوص ۱۰ درصد و آب دیونیزه Dw (کیما تهران اسید، تهران، ایران) مورد شستشو قرار گرفتند [۱۳، ۱۴ و ۲۱].

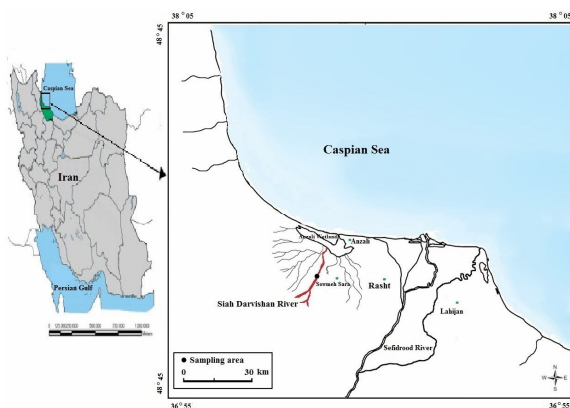


Fig 1 Map of sample collection area in Siah Darvishan River (Sowmeheh Sara, Guilan province, Iran)

۲-۲-۲- هضم شیمیایی بافت ها

برای انجام فرآیند هضم نمونه بافت عضله ماهی ها از روش هضم بسته (Closed vessel) بهره گرفته شد که در جهت این کار در ابتدا ۱ گرم از نمونه بافت نمونه خشک شده، توسط ترازوی دیجیتال Sartorius (ED Series) با دقت 0.001 گرم توزین و به درون لوله های دستگاه هضم کننده میکروویو CEM (USA, Matthews, MARS 5) وارد گردید. پس از آن ۹ میلی لیتر HNO_3 خالص Merck Millipore (65°C درصد، USA, Billerica) به لوله ها اضافه شده و نمونه ها تحت دمای 180°C درجه سانتی گراد هضم گردیدند. به نمونه های کاملاً هضم شده، فرصت داده شد تا در دمای محیط اتاق

به سطوح بالاتر این زنجیره (تغذیه انسانی) دارد [۱۸]، لزوم بررسی تجمع زیستی این عناصر در بافت خوراکی عضله گونه مورد مطالعه، احساس گردید. از تحقیقاتی که در این زمینه بر روی گونه های متفاوت ماهی صورت پذیرفته است می توان به مطالعه های Varedi و همکاران (۲۰۱۲) [۱۹] بر ماهی سفید در دریای خزر، Nasrollahzadeh Saravi و همکاران (۲۰۱۳) [۲۰] و همچنین Siraj و همکاران (۲۰۱۸) [۲۱] روی ماهی کپور معمولی، اشاره نمود. بنابراین در این پژوهش جهت مشاهده ترکیب و توالی فلزات سنگین بافت عضله در ماهی کپور معمولی به عنوان یکی از ماهیان پر مصرف و ارزیابی میزان سلامت آن برای مصارف تغذیه انسانی، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- تهیه و آماده سازی نمونه ها

برای انجام این پژوهش، تعداد ۳۰ نمونه ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) در فصل تابستان سال ۱۳۹۵ به صورت کاملاً تصادفی با اندازه های مختلف از رودخانه سیاه درویشان (طول و عرض جغرافیایی $49^{\circ}30'$ شرقی؛ $37^{\circ}25'$ شمالی، ارتفاع از سطح دریا ۱۵- متر، صومعه سرا، گیلان، ایران؛ شکل ۱) توسط تور پرتابی (سالیکی، اندازه چشمه ۱۰ میلی متر، قطر دهانه ۳ متر) صید گردیده و به همراه یخدان یونولیتی دارای پودر یخ به محل آزمایشگاه ماهی شناسی و تحقیقات شیلات دانشکده منابع طبیعی (دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران) انتقال یافتند. ماهی ها در ابتدا توسط آب دوبار تقطیر شستشو شدند تا عوامل آلاینده، پوشش لزوج و ذرات خارجی جذب کننده فلزات، از لایه سطحی آن ها رفع گردد و پس از آن مورد زیست سنجی قرار گرفتند. وزن ماهی ها به وسیله ترازوی دیجیتال Sartorius (CPA Series) (Germany, Göttingen) دارای دقت 0.01 گرم و طول آن ها به وسیله کولیس Mitutoyo (series 503-501) (Japan, Takatsu-ku) دارای دقت 0.1 میلی متر اندازه گیری و نتایج حاصل از آن، در جدول ثبت گردید. سپس

(USA) استفاده و آزمایش هر نمونه سه مرتبه تکرار (میانگین $\pm$ انحراف معیار) شد و درصد بازیابی فلزات، مورد ارزیابی قرار گرفت [۱۳، ۱۴ و ۲۱].

۲-۴- تجزیه و تحلیل آماری

در ابتدا برای تعیین نرمال بودن پراکنش داده های بدست آمده، از آزمون آماری Kolmogorov-Smirnov استفاده گردید و نتایج بدست آمده از این مطالعه با استانداردهای پیشنهاد شده توسط سازمان های معتبر بین المللی، مورد مقایسه قرار گرفتند. در نهایت، برای ترسیم جداول از نرم افزار Excel 2013 (USA, Redmond, Microsoft) بهره گرفته شد و داده ها بر اساس واحد میکروگرم بر گرم وزن خشک (میانگین $\pm$ انحراف معیار) ($\mu\text{g g}^{-1}\text{d.w.}$) بیان گردیده است.

۳- نتایج

۳-۱- زیست سنجی نمونه ها

در آغاز این پژوهش تعداد کل ۳۰ نمونه ماهی کپور معمولی (*C. carpio*) جمع آوری شده از رودخانه سیاه درویشان، به دقت مورد زیست سنجی قرار گرفتند. نتایج بدست آمده از بررسی آن ها در جدول ۱ آورده شده است. بر اساس آن، نمونه ماهی های مورد مطالعه از میانگین طولی 36.58 ± 3.04 سانتی متر و میانگین وزنی 678.56 ± 186.68 گرم برخوردار بودند.

Table 1 The biometric results of Common carp from Siah Darvishan River

Variables	Number	Average	Std. deviation	Minimum	Maximum
Total length (cm)	30	36.58	3.04	31.18	42.53
Total weight (g)	30	678.56	186.68	463.87	1429.31

نتایج به دست آمده، در جدول ۲ بیان گردیده است. بر اساس نتایج حاصل، میزان بازیابی فلزات مورد بررسی بین ۸۶ تا ۱۰۱ درصد مشاهده شد. بیشترین درصد بازیابی مربوط به فلز آهن و کمترین درصد متعلق به منگنز بود که نشان داد روش های استفاده شده برای تعیین نمودن غلظت فلزات، از صحت و اطمینان لازم برخوردار است.

(حدود ۲۳-۲۵ درجه سانتی گراد) خنک شوند و پس از عبور نمودن از کاغذ صافی Sigma-Aldrich® (Whatman® ۴۰ میکرون، USA, St. Louis) با منتقل شدن به بالن درجه بندی شده توسط آب فوق خالص به حجم ۵۰ میلی لیتر رسانده شدند. سپس تا آغاز مرحله پایش غلظت فلزات سنگین، درون ظروف پلی پروپیلن Nalgene® (2126-USA, Rochester, series) مورد نگهداری قرار گرفتند [۱۳، ۱۴ و ۲۱].

۲-۳- سنجش میزان غلظت فلزات سنگین

نمونه های تهیه شده، پس از به هم زدن و همگن شدن جهت اندازه گیری میزان غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه، به دستگاه طیف سنجی جذب اتمی (Atomic absorption spectroscopy) تزریق گردیدند. اندازه گیری غلظت فلزهای (Fe, Cu, Mn, Zn) با روش شعله (Acetylene-air) به کمک دستگاه Varian (280 FS, Palo Alto) و عنصرهای (Se, Ni, As, Cd, Pb) به روش کوره گرافیتی با دستگاه Varian (280Z/120GTA, Palo Alto) و جیوه (Hg) با روش بخار سرد (Cv-AAS) به وسیله Varian (VGA-77, Palo Alto, USA) انجام پذیرفت. برای ارزیابی میزان صحت روش کار، اطمینان از روش آماده سازی و استخراج فلزات از نمونه های بافت عضله ماهی ها، از روش افزایش استاندارد (Standard addition) نمونه استاندارد مرجع (CRMs) بافت صدف اویستر SRM® 1566b (NIST®, Gaithersburg, USA) استفاده شد.

۳-۲- ارزیابی صحت روش استخراج فلزات

سنگین

همانطور که قبل تر اشاره گردید، به جهت آگاهی پیدا کردن از میزان اطمینان روش های صورت پذیرفته و استخراج فلزات از بافت عضله ماهی ها، روش افزایش استاندارد نمونه مرجع بافت صدف اویستر SRM® 1566b به کار گرفته شد که

Table 2 Comparison between certified and measured values of heavy metals concentrations ($\mu\text{g g}^{-1}\text{d.w.}$) in standard reference material SRM[®] 1566b (Oyster Tissue)

Element	Concentration ($\mu\text{g g}^{-1}\text{d.w.}$)			Range ($\mu\text{g g}^{-1}\text{d.w.}$)		International standard
	Mean	Std. deviation	R.S.D.(%)	Minimum	Maximum	FAO/WHO
As	0.774	0.047	6.14	0.73	0.82	0.05
Cd	0.176	0.008	4.58	0.17	0.18	0.2
Cu	4.149	0.222	9.85	3.97	4.62	30
Fe	28.983	2.429	8.38	26.47	31.33	100
Hg	0.081	0.006	7.97	0.08	0.09	0.5
Mn	0.642	0.045	6.96	0.59	0.68	0.05
Ni	0.171	0.014	8.09	0.16	0.18	0.4
Pb	0.852	0.084	9.87	0.79	0.95	0.5
Se	0.524	0.041	7.72	0.49	0.57	1
Zn	32.142	1.214	3.78	30.81	33.19	1000

۳-۳- میزان تجمع فلزات سنگین در بافت

عضله

داده های به دست آمده از اندازه گیری فلزات سنگین بافت عضله ماهی کپور معمولی در جدول ۳ بیان شده است. همانگونه که از نتایج جدول مشخص است، میانگین $\pm$ انحراف معیار فلزهای مورد مطالعه به ترتیب با روی $1/214 \pm$ $32/142 \pm$ آهن $2/429 \pm$ $28/983 \pm$ مس $0/222 \pm$ $4/149 \pm$ سرب $0/084 \pm$ $0/852 \pm$ آرسنیک $0/047 \pm$ $0/774 \pm$ منگنز $0/045 \pm$ $0/642 \pm$ سلنیوم $0/041 \pm$ $0/524 \pm$ کادمیوم $0/008 \pm$ $0/176 \pm$ نیکل $0/014 \pm$ $0/171 \pm$ و جیوه $0/006 \pm$ $0/081 \pm$ میکروگرم بر

گرم وزن خشک، به دست آمد که بر این اساس فلزهای روی با $33/19$ میکروگرم بر گرم، بالاترین و جیوه با $0/08$ میکروگرم بر گرم، پایین ترین میزان تجمع زیستی فلزات سنگین در بافت عضله ماهی مورد مطالعه را از خود نشان دادند. همچنین با مقایسه میزان غلظت فلزها با آستانه مجاز استاندارد جهانی سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد/سازمان بهداشت جهانی (FAO/WHO) [۲۲]، میانگین تجمع عناصر آرسنیک، سرب و منگنز در بافت خوراکی عضله ماهی کپور معمولی بیشتر از حد مجاز اندازه گیری شده بود درحالیکه میزان غلظت باقی فلزات، کمتر از استاندارد جهانی بودند.

Table 3 Comparison of heavy metals concentrations ($\mu\text{g g}^{-1}\text{d.w.}$) in muscle tissue of Common carp with the threshold limit value of international standard

Element	Operating conditions		SRM [®] 1566b (Oyster Tissue)		
	Wavelength (nm)	Slit width (nm)	Certified values $\mu\text{g g}^{-1}$	Measured values $\mu\text{g g}^{-1}$	Recovery (%)
As	188.979	0.5	7.65 ± 0.65	6.93 ± 0.51	90
Cd	214.438	0.7	2.48 ± 0.08	2.36 ± 0.21	95
Cu	327.396	0.7	71.6 ± 1.6	67.83 ± 2.01	93
Fe	259.940	0.2	205.8 ± 6.8	206.41 ± 4.20	101
Hg	253.712	0.5	0.0371 ± 0.0013	0.0340 ± 0.002	94
Mn	257.610	0.2	18.5 ± 0.2	15.93 ± 0.03	86
Ni	231.604	0.2	1.04 ± 0.09	0.99 ± 0.03	96
Pb	220.353	0.7	0.308 ± 0.009	0.281 ± 0.02	91
Se	196.027	1.0	2.06 ± 0.15	1.98 ± 0.11	94
Zn	213.856	0.7	1424 ± 46	1312 ± 39	94

۴- بحث

فلزات سنگین از جمله عناصر پایدار و تجزیه ناپذیری می باشند که در طی مرور زمان به آرامی در بافت های مختلف جانداران آبی همانند عضله، استخوان، پوست و ... تجمع می

یابند و از همین مسیر در طول حلقه های زنجیره غذایی با مصرف به وسیله دیگر گونه ها منتقل می گردند [۲۳]. میزان تجمع فلزات سنگین در آبزیان با هم اختلاف بسیاری دارد و این عدم مشابهت، وابستگی زیادی به نوع گونه آبی و محیط های مختلف زندگی آن ها دارد [۲۴]. این فلزات با وارد شدن

فرآورده‌های سوخت و ساز انرژی، کاهش مقدار سمیت فلز کادمیوم در شرایط حضور عنصر روی و ...، فراوانی پراکنش این فلز در محیط‌های طبیعی و در نهایت ویژگی میزان دفع کند آن از بافت‌های بدن، می‌باشد [۳۵]. این در حالی است که فلز آهن نیز به عنوان پرکاربردترین عنصر در صنایع و فعالیت‌های انسانی شناخته می‌گردد و دهمین فلز دارای بیشترین مقدار فراوانی با منشأ طبیعی است که عمدتاً ۰/۰۰۵ درصد وزن بدن ماهیان را تشکیل می‌دهد. این عنصر به مانند فلز روی در مقدار اندک برای عملکرد بهینه فعالیت‌های حیاتی ماهی‌ها لازم بوده (دارای نقش مهم در ساختار هموگلوبین ماهیان) و علائم کمبود آن شامل کم خونی میکروسیستیک و هیپوکرومیک می‌باشد که موجب کاهش اندازه و حجم گلبول‌های قرمز خون می‌گردد [۳۶، ۳۷ و ۳۸]. میزان فلز مس و عنصر کمیاب نیمه ضروری منگنز در تحقیق حاضر، پس از فلزات روی و آهن قرار داشتند که با مطالعه Uysal و همکاران (۲۰۰۹) [۳۲] بر سنجش غلظت این عناصر در ماهی کاراس (*C. carassius*) و Köse و همکاران (۲۰۱۵) [۳۹] دارای مطابقت بود ولی با تحقیق Farhadi و Yavari (۲۰۱۳) [۴۰] روی گونه سیاه ماهی (*C. damascina*) جمع‌آوری شده از رودخانه سزار استان لرستان مخالف بود. با توجه به نقش برجسته‌ای که این دو عنصر کمیاب، به ویژه فلز مس که در فرآورده‌های سوخت و سازی، تنفسی، ساختار برخی رنگدانه‌های پوست و عملکرد مطلوب متالوتنظیم‌ها دارد [۴۱، ۴۲ و ۴۳]، مقدار غلظت بالای آن در بدن ماهیان را توجیه می‌نماید. با این وجود در پژوهش اخیر میزان تجمع فلزات سنگین روی، آهن و مس کمتر از استاندارد اندازه‌گیری شده بین‌المللی بود، درحالی‌که غلظت فلز منگنز در بافت عضله کپور معمولی، بیشتر از این حد مجاز استاندارد نشان داد. نوع ترتیب تجمع عناصر سمی و غیرضروری سرب، آرسنیک، کادمیوم، نیکل و جیوه در پژوهش کنونی پس از توالی فلزات ضروری روی، آهن و مس قرار داشتند که مطالعه اخیر با برخی پژوهش انجام شده همچون Anan و همکاران (۲۰۰۵) [۴۴] بر روی ماهی سفید دریای خزر (*R. kutum*)، Xie و همکاران (۲۰۱۰) [۳۳] روی کپور معمولی، Varedi و همکاران (۲۰۱۲) [۱۹] بر ماهی سفید صید شده از دریای خزر و همچنین Siraj و همکاران (۲۰۱۸) [۲۱] روی کپور معمولی (*C. carpio*) در کشور پاکستان همخوانی داشت.

به منابع آبی از طریق فرآورده‌های مختلف به صورت آزاد درآمده و با تجمع زیستی در جانداران کفزی (تغذیه ترجیحی کپور معمولی)، به سطوح بالاتر مسیر زنجیره غذایی انتقال یافته و بر مقدارشان افزوده (بزرگنمایی زیستی) می‌گردد [۲۵]. از جمله مهمترین بافت‌های ماهیان که نقش قابل توجهی در مصارف تغذیه انسانی دارد، بافت عضله می‌باشد [۲۶] که به همین منظور بیشتر تحقیقات صورت گرفته بر روی سنجش غلظت تجمع فلزات سنگین در بدن ماهی‌ها به مطالعه این بافت خوراکی پرداخته شده است [۲۷]. زیرا به لحاظ نقش موثر آن در سلامت تغذیه‌ای مصرف‌کنندگان، دارای اهمیت قابل ملاحظه‌ای می‌باشد [۲۸]. همچنین لزوم تعیین میزان غلظت این فلزات در بافت عضله علاوه بر وجود نقش عمده‌ای که در زنجیره غذایی انسان‌ها و دیگر گونه‌ها ایفا می‌کنند، به عنوان نوعی نشانگر زیستی نیز محسوب شده و مقدار سطح تقریبی این عناصر در محیط زیست ماهی‌ها را نیز مشخص می‌کند [۲۹]. به همین جهت در این پژوهش، عضله که یکی از ارزشمندترین بخش‌های خوراکی ماهی‌ها محسوب می‌شود [۳۰] به عنوان بافت هدف آزمایش، انتخاب گردید. در جدول ۴ مقایسه نوع ترتیب تجمع فلزات سنگین در پژوهش کنونی با سایر تحقیقات صورت پذیرفته بر روی گونه‌های متفاوت خانواده کپورماهیان در نواحی مختلف جهان، آورده شده است که بر این اساس فلز روی و سپس فلز آهن، بیشترین میزان تجمع را در بافت عضله ماهی کپور معمولی از خود نشان دادند که با مطالعات Canbek و همکاران (۲۰۰۷) [۳۱] روی سیاه ماهی (*C. capoeta*) رودخانه Porsuk کشور ترکیه، Uysal و همکاران (۲۰۰۹) [۳۲] بر گونه ماهی سفید رودخانه ای (*S. cephalus*) دریاچه پشت سد Enne در ترکیه، Xie و همکاران (۲۰۱۰) [۳۳] روی گونه کپور معمولی (*C. carpio*) دلتای رودخانه Pearl کشور چین و همچنین Kaçar و همکاران (۲۰۱۷) [۳۴] روی ماهی شیربت (*B. grypus*) دریاچه Batman شهر دیاربکر واقع در کشور ترکیه، مشابهت داشت. در حالی‌که یافته‌های این مطالعه با آزمایش Uysal و همکاران (۲۰۰۹) [۳۲] بر اندازه‌گیری فلزات سنگین بافت عضله مروارید ماهی (*A. alburnus*) صید شده از دریاچه شهر Kütahya کشور ترکیه، همخوانی نداشت به علت اینکه ترتیب توالی فلزات سنگین در تحقیق آن‌ها به صورت $Fe > Zn$ مشاهده شد. میزان تجمع بالای فلز روی، بیانگر نقش برجسته آن (با مقادیر کم) در عملکرد موثر فرآورده‌های متابولیسمی ماهیان (به عنوان کاتالیزگر در

Table 4 Comparison between the orders of heavy metals accumulation in muscle tissue of Common carp with other Cyprinidae species from different parts of the world

Species	Rank order	Sampling area	Reference
<i>Rutilus frisii kutum</i>	Zn>Se>Cu>Mn>Hg>Pb>Cd>Ni	Total southern coasts, Caspian Sea, Iran	[44]
<i>Barbus plebejus</i>	Zn>Fe>Ni>Mn>Pb>Cu>Cd	Porsuk River, Eskişehir, Turkey	[31]
<i>Capoeta capoeta</i>	Zn>Fe>Ni>Mn>Cu>Pb>Cd	Porsuk River, Eskişehir, Turkey	[31]
<i>Barbus grypus</i>	Fe>Zn>Pb>Cu>Mn>Ni	Atatürk Dam, Adıyaman, Turkey	[50]
<i>Carassius carassius</i>	Zn>Fe>Cu>Mn>Cd	Enne Dam, Kütahya, Turkey	[36]
<i>Chondrostoma nasus</i>	Fe>Zn>Ni>Cu>Cd	Enne Dam, Kütahya, Turkey	[36]
<i>Squalius cephalus</i>	Zn>Fe>Ni>Cu>Mn>Cd	Enne Dam, Kütahya, Turkey	[36]
<i>Alburnus alburnus</i>	Fe>Zn>Cd	Enne Dam, Kütahya, Turkey	[36]
<i>Cyprinus carpio</i>	Zn>Fe>Cu>Pb>As>Mn>Cd>Hg	Pearl River Delta, Guangdong, China	[33]
<i>Barbus grypus</i>	Zn>Pb>Ni>Cu>Mn>Cd	Shadegan Wetland, Khuzestan, Iran	[51]
<i>Barbus sharpeyi</i>	Zn>Pb>Cu>Mn>Ni>Cd	Shadegan Wetland, Khuzestan, Iran	[51]
<i>Cyprinus carpio</i>	Zn>Pb>Cu>Ni>Mn>Cd	Shadegan Wetland, Khuzestan, Iran	[51]
<i>Rutilus frisii kutum</i>	Zn>Ni>Cu>Pb>Hg>Cd	Farah Abad Sari coasts, Caspian Sea, Iran	[19]
<i>Capoeta damascina</i>	Fe>Zn>Pb>Ni>Cu>Cd	Sezar River, Lorestan, Iran	[40]
<i>Cyprinus carpio</i>	Zn>Cu>Hg>Cd>Ni>Pb	Total southern coasts, Caspian Sea, Iran	[20]
<i>Ctenopharyngodon idella</i>	Mn>Cu>Pb>As>Cd	Lhasa, Tibetan Autonomous Region, China	[52]
<i>Cyprinus carpio</i>	Mn>Cu>Pb>As>Cd	Lhasa, Tibetan Autonomous Region, China	[52]
<i>Barbus tauricus</i>	Zn>Ni>Cu>Mn	Porsuk River, Eskişehir, Turkey	[39]
<i>Capoeta baliki</i>	Zn>Ni>Cu>Mn	Porsuk River, Eskişehir, Turkey	[39]
<i>Carassius gibelio</i>	Zn>Ni>Cu>Mn>As>Pb	Porsuk River, Eskişehir, Turkey	[39]
<i>Capoeta sieboldii</i>	Zn>Cu>Mn>Ni	Porsuk River, Eskişehir, Turkey	[39]
<i>Barbus grypus</i>	Zn>Fe>Mn>Cu	Batman Dam, Diyarbakır, Turkey	[34]
<i>Squalius fellowesii</i>	Zn>Cu>Mn>Pb>Cd	Tersakan River, Turkey	[53]
<i>Cyprinus carpio</i>	Zn>Fe>Ni>Cu>Pb>Mn>Cd>Hg	Kabul River, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan	[21]
<i>Cyprinus carpio</i>	Cu>Mn>Pb>Cd	Nowshahr coasts, Caspian Sea, Iran	[54]
<i>Cyprinus carpio</i>	Zn>Fe>Cu>Pb>As>Mn>Se>Cd>Ni>Hg	Siah Darvishan River, Sowmeh Sara, Iran	Present study

نامطلوبی همچون کاهش رشد، توقف فعالیت های تولید مثل و مرگ و میر شدید می گردد [۴۹].

۵- نتیجه گیری

نتایج به دست آمده در پژوهش کنونی نشان داد که میزان غلظت تمام فلزات سنگین مورد مطالعه به جز آرسنیک، سرب و منگنز در بافت خوراکی عضله ماهی کپور معمولی صید شده از رودخانه سیاه درویشان واقع در استان گیلان، پایین تر از آستانه مجاز استاندارد تعیین شده توسط FAO/WHO بود. درحالیکه بالا بودن تجمع این سه عنصر نسبت به حد مجاز اندازه گیری شده، بیانگر لزوم توجه به احتمال ورود پیوسته منابع تولید کننده این عوامل آلاینده همانند پساب های سموم

کمتر بودن غلظت این فلزات در بافت عضله، نشان دهنده عدم نیاز زیستی گونه مورد بررسی به عناصر ذکر شده است که عمدتاً میزان تجمع آن ها را در بافت ماهیان، شرایط خارجی همانند آلاینده های محیطی تعیین می نماید [۴۵]. این عناصر در اکثر موارد حاصل فعالیت ها انسانی شامل صنایع کشاورزی، دامپروری، پزشکی، باقیمانده ناشی از سوخت های فسیلی، پساب های حاصل از حشره کش ها، آفت کش ها و کودهای شیمیایی مورد کاربرد در فعالیت های کشاورزی، فاضلاب های شهری و ترکیبات آلیاژ های به کار رفته در ابزار آلات الکترونیکی به محیط های آبی می باشد [۴۶، ۴۸ و ۴۸] که در نتیجه، تولید آن ها به وسیله عوامل انسانی بالاتر از منشأ طبیعی است و تجمع بیش از حد آن ها موجب بروز عوارض

- (AQUALM) in Siah-Darvishan basin of Gilan agrib. agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=IR2008001177.
- [10] Ghafouri, M., Ghaderi, N., Tabatabaei, M., Versace, V., Ierodiaconou, D., Barry, D., and Stagnitti, F. 2010. Land use change and nutrients simulation for the Siah Darvishan basin of the Anzali wetland region, Iran. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*. 84(2):240-244.
- [11] Järup, L. 2003. Hazards of heavy metal contamination. *British medical bulletin*. 68(1):167-182.
- [12] Castro-González, M., and Méndez-Armenta, M. 2008. Heavy metals: Implications associated to fish consumption. *Environmental toxicology and pharmacology*. 26(3):263-271.
- [13] Authman, M. M., Zaki, M. S., Khallaf, E. A., and Abbas, H. H. 2015. Use of fish as bio-indicator of the effects of heavy metals pollution. *Journal of Aquaculture Research & Development*. 6(4):1-13.
- [14] Łuczyńska, J., Paszczyk, B., and Łuczyński, M. J. 2018. Fish as a bioindicator of heavy metals pollution in aquatic ecosystem of Pluszne Lake, Poland, and risk assessment for consumer's health. *Ecotoxicology and environmental safety*. 153(1):60-67.
- [15] El-Moselhy, K. M., Othman, A., El-Azem, H. A., and El-Metwally, M. 2014. Bioaccumulation of heavy metals in some tissues of fish in the Red Sea, Egypt. *Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences*. 1(2):97-105.
- [16] Islam, M. S., Ahmed, M. K., Raknuzzaman, M., Habibullah-Al-Mamun, M., and Islam, M. K. 2015. Heavy metal pollution in surface water and sediment: a preliminary assessment of an urban river in a developing country. *Ecological Indicators*. 48(2):282-291.
- [17] Vinodhini, R., and Narayanan, M. 2008. Bioaccumulation of heavy metals in organs of fresh water fish *Cyprinus carpio* (Common carp). *International Journal of Environmental Science & Technology*. 5(2):179-182.
- [18] Bosch, A. C., O'Neill, B., Sigge, G. O., Kerwath, S. E., and Hoffman, L. C. 2016. Heavy metals in marine fish meat and consumer health: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 96(1):32-48.
- [19] Varedi, S. E., Nasrollahzadeh Saravi, H., Najafpour, S., Gholamipour, S., Unesipour, H., and Ulomi, Y. 2012. Study on Environmental Pollutions (Heavy Metals, Oil Hydrocarbons, Organochloro Pesticides and Detergent Pollutants (in the Water, Sediment and Fish in the Southern Caspian Sea (2008-09), Final
- کشاورزی، علف کش ها، حشره کش ها و باقیمانده حاصل از سوخت های فسیلی مورد استفاده در فعالیت های صنعتی به محل زیست گونه مذکور می باشد. بنابراین نیازمند بررسی های دوره ای بیشتر و در نتیجه شناخت دقیق تر منابع ورودی و تولیدی آن ها در جهت کنترل و در نهایت جلوگیری از نفوذ چنین آلاینده هایی به محیط زیست این گونه ارزشمند می باشد.
- ## ۶- منابع
- [1] Satoh, S. 2017. Common carp, *Cyprinus carpio*. In: *Handbook of Nutrient Requirements of Finfish*, CRC Press Revivals. 204P. ISBN: 9781138105867.
- [2] Balon, E. K. 1995. Origin and domestication of the wild carp, *Cyprinus carpio*: from Roman gourmets to the swimming flowers. *Aquaculture*. 129(1-4):3-48.
- [3] Kucharczyk, D., Targońska, K., Hliwa, P., Gomulka, P., Kwiatkowski, M., Krejszeff, S., and Perkowski, J. 2008. Reproductive parameters of common carp (*Cyprinus carpio* L) spawners during natural season and out-of-season spawning. *Reproductive biology*. 8(3):285-289.
- [4] Abdoli, A., and Naderi, M. 2009. Biodiversity of fishes of the southern basin of the Caspian Sea. Abzian Scientific Publication, Tehran. 238237.
- [5] Coad, B. W. 1998. Systematic biodiversity in the freshwater fishes of Iran. *Italian Journal of Zoology*. 65(S1):101-108.
- [6] Esmaeili, H. R., Coad, B. W., Mehraban, H. R., Masoudi, M., Khaefi, R., Abbasi, K., Mostafavi, H., and Vatandoust, S. 2015. An updated checklist of fishes of the Caspian Sea basin of Iran with a note on their zoogeography. *Iranian Journal of Ichthyology*. 1(3):152-184.
- [7] Esmaeili, H. R., Teimori, A., Feridon, O., Abbasi, K., and Brian, W. C. 2015. Alien and invasive freshwater fish species in Iran: Diversity, environmental impacts and management. *Iranian Journal of Ichthyology*. 1(2):61-72.
- [8] Abbasi, K., Moradkhah, S., and Sarpanah, A. 2007. Identification and distribution of fish fauna in Siahdarvishan River (Anzali Wetland basin). *Pajouhesh-va-Sazandegi*. 19(1):27-39.
- [9] Ghaderi, N., Qoddusi, J., and Tabatabai, M. R. 2001. Evaluation the Landuse Effects on Surfacewater Quality and pollution Transport Modelling by Mathematical Model

- [29] Birungi, Z., Masola, B., Zaranyika, M., Naigaga, I., and Marshall, B. 2007. Active biomonitoring of trace heavy metals using fish (*Oreochromis niloticus*) as bioindicator species. The case of Nakivubo wetland along Lake Victoria. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*. 32(15-18):1350-1358.
- [30] Venugopal, V., and Shahidi, F. 1996. Structure and composition of fish muscle. *Food Reviews International*. 12(2):175-197.
- [31] Canbek, M., Demir, T. A., Uyanoglu, M., Bayramoglu, G., Emiroglu, Ö., Arslan, N., and Koyuncu, O. 2007. Preliminary Assessment of Heavy Metals in Water and Some Cyprinidae species from the Porsuk River, Turkey. *Journal of Applied Biological Sciences*. 1(3):1-11.
- [32] Uysal, K., Köse, E., Bülbül, M., Dönmez, M., Erdoğan, Y., Koyun, M., Ömeroğlu, Ç., and Özmal, F. 2009. The comparison of heavy metal accumulation ratios of some fish species in Enne Dame Lake (Kütahya/Turkey). *Environmental monitoring and assessment*. 157(1-4):355-362.
- [33] Xie, W., Chen, K., Zhu, X., Nie, X., Zheng, G., Pan, D., and Wang, S. 2010. Evaluation of heavy metal contents in water and fishes collected from the waterway in Pearl River Delta in south China. *Journal of Agro-Environment Science*. 29(10):1917-1923.
- [34] Kaçar, E., Akın, H. K., and Uğurlu, P. 2017. Determination of Heavy Metals in Tissues of *Barbus grypus* (Heckel, 1843) from Batman Dam, Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 17(4):789-794.
- [35] Leung, H., Leung, A., Wang, H., Ma, K., Liang, Y., Ho, K., Cheung, K., Tohidi, F., and Yung, K. 2014. Assessment of heavy metals/metalloid (As, Pb, Cd, Ni, Zn, Cr, Cu, Mn) concentrations in edible fish species tissue in the Pearl River Delta (PRD), China. *Marine pollution bulletin*. 78(1-2):235-245.
- [36] Uysal, K., Emre, Y., and Köse, E. 2008. The determination of heavy metal accumulation ratios in muscle, skin and gills of some migratory fish species by inductively coupled plasma-optical emission spectrometry (ICP-OES) in Beymelek Lagoon (Antalya/Turkey). *Microchemical journal*. 90(1):67-70.
- [37] Dhanakumar, S., Solaraj, G., and Mohanraj, R. 2015. Heavy metal partitioning in sediments and bioaccumulation in commercial fish species of three major reservoirs of river Cauvery delta region, India. *Ecotoxicology and environmental safety*. 113(1):145-151.
- [38] Rakocevic, J., Sukovic, D., and Maric, D. 2018. Distribution and Relationships of Eleven Report, Sari: Caspian Sea Ecology Research Center.
- [20] Nasrollahzadeh Saravi, H., Pourgholam, R., Pourang, N., Rezaei, M., Makhloogh, A., and Unesipour, H. 2013. Heavy metal concentrations in edible tissue of *Cyprinus carpio* and its target hazard quotients in the Southern Iranian Caspian Sea Coast. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*. 23(103):33-44.
- [21] Siraj, M., Khisroon, M., Khan, A., Zaidi, F., Ullah, A., and Rahman, G. 2018. Bio-monitoring of Tissue Accumulation and Genotoxic Effect of Heavy Metals in *Cyprinus carpio* from River Kabul Khyber Pakhtunkhwa Pakistan. *Bulletin of environmental contamination and toxicology* 1-6.
- [22] FAO/WHO. 1993. Food and Agriculture Organization, World Health Organization. Evaluation of certain food additives and contaminants (41st report of the joint FAO/WHO expert committee on food additives). WHO Tech. Reports Series No. 837.
- [23] Ahalya, N., Ramachandra, T., and Kanamadi, R. 2003. Biosorption of heavy metals. *Research Journal of Chemistry and Environment*. 7(4):71-79.
- [24] Rai, P. K. 2009. Heavy metal phytoremediation from aquatic ecosystems with special reference to macrophytes. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. 39(9):697-753.
- [25] Canli, M., Ay, Ö., and Kalay, M. 1998. Levels of Heavy Metals (Cd, Pb, Cu, Cr and Ni) in Tissue of *Cyprinus carpio*, *Barbus capito* and *Chondrostoma regium* from the Seyhan River, Turkey. *Turkish journal of zoology*. 22(2):149-158.
- [26] Carvalho, M., Santiago, S., and Nunes, M. L. 2005. Assessment of the essential element and heavy metal content of edible fish muscle. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 382(2):426-43.
- [27] Azaman, F., Juahir, H., Yunus, K., Azid, K. M., Toriman, M. E., Mustafa, A. D., Amran, M. A., Che, H., and Mohd, S. 2015. Heavy metal in fish: Analysis and human health-a review. *Jurnal Teknologi*. 77(1):61-69.
- [28] Castilhos, Z. C., Rodrigues-Filho, S., Rodrigues, A. P. C., Villas-Bôas, R. C., Siegel, S., Veiga, M. M., and Beinhoff, C. 2006. Mercury contamination in fish from gold mining areas in Indonesia and human health risk assessment. *Science of the Total Environment*. 368(1):320-325.

- [47] Moore, J. W., and Ramamoorthy, S. 2012. Heavy metals in natural waters: applied monitoring and impact assessment. Springer Science & Business Media. 1263. ISBN: 978-1-4612-5210-8.
- [48] Alloway, B. J. 2013. Sources of Heavy Metals and Metalloids in Soils. In: Alloway B. (eds). Environmental Pollution, Springer, Dordrecht. 2211-50. ISBN: 978-94-007-4469-1.
- [49] Mance, G. 2012. Pollution threat of heavy metals in aquatic environments. Springer Science & Business Media. 1363. ISBN: 1851660399.
- [50] Oymak, S., Karadede-Akin, H., and Dogan, N. 2009. Heavy metal in tissues of *Tor grypus* from Atatürk Dam Lake, Euphrates River-Turkey. *Biologia*. 64(1):151-155.
- [51] Alhashemi, A. H., Sekhavatjou, M., Kiabi, B. H., and Karbassi, A. 2012. Bioaccumulation of trace elements in water, sediment, and six fish species from a freshwater wetland, Iran. *Microchemical Journal*. 1041-6.
- [52] Jiang, D., Hu, Z., Liu, F., Zhang, R., Duo, B., Fu, J., Cui, Y., and Li, M. 2014. Heavy metals levels in fish from aquaculture farms and risk assessment in Lhasa, Tibetan Autonomous Region of China. *Ecotoxicology*. 23(4):577-583.
- [53] Şaşı, H., Yozukmaz, A., and Yabanlı, M. 2017. Heavy metal contamination in the muscle of Aegean chub (*Squalius Fellowesii*) and potential risk assessment. *Environmental Science and Pollution Research* 1-9.
- [54] Solgi, E., Alipour, H., and Majnooni, F. 2018. Assessment of Heavy metal concentrations in the muscles of Common carp (*Cyprinus carpio* L., 178) from the southern coast of the Caspian Sea and potential risks to human health. *Iranian Scientific Fisheries Journal*. 27(1):113-123.
- Trace Elements in Muscle of Six Fish Species from Skadar Lake (Montenegro). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 18(5):647-657.
- [39] Köse, E., Çiçek, A., Uysal, K., Tokatlı, C., Emiroğlu, Ö., and Arslan, N. 2015. Heavy Metal Accumulations in Water, Sediment, and Some Cyprinid Species in Porsuk Stream (Turkey). *Water Environment Research*. 87(3):195-204.
- [40] Farhadi, A., and Yavari, V. 2013. Biological Monitoring of heavy metals (Pb, Cd, Fe, Zn, Ni, Cu) by tissues of *Capoeta damascina* from Sezar river, Lorestan province. *Iranian Scientific Fisheries Journal*. 22(3):126-131.
- [41] Tepe, Y., Türkmen, M., and Türkmen, A. 2008. Assessment of heavy metals in two commercial fish species of four Turkish seas. *Environmental monitoring and assessment*. 146(1-3):277-284.
- [42] Tuzen, M. 2009. Toxic and essential trace elemental contents in fish species from the Black Sea, Turkey. *Food and Chemical Toxicology*. 47(8):1785-1790.
- [43] Spanopoulos-Zarco, P., Ruelas-Inzunza, J., Aramburo-Moran, I., Bojórquez-Leyva, H., and Páez-Osuna, F. 2017. Differential Tissue Accumulation of Copper, Iron, and Zinc in Bycatch Fish from the Mexican Pacific. *Biological trace element research*. 176(1):201-206.
- [44] Anan, Y., Kunito, T., Tanabe, S., Mitrofanov, I., and Aubrey, D. G. 2005. Trace element accumulation in fishes collected from coastal waters of the Caspian Sea. *Marine Pollution Bulletin*. 51(8-12):882-888.
- [45] Makedonski, L., Peycheva, K., and Stancheva, M. 2017. Determination of heavy metals in selected black sea fish species. *Food Control*. 72313-318.
- [46] Duruibe, J. O., Ogwuegbu, M., and Egwurugwu, J. 2007. Heavy metal pollution and human biotoxic effects. *International journal of physical sciences*. 2(5):112-118.

Study of heavy metal bio-accumulation in the edible muscle tissue of Common carp (*Cyprinus carpio* linnaeus, 1758) from the Siah Darvishan River, Guilan province, Iran

Ettefaghdoost, M.^{1*}

1. Ph.d Student, Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeih Sara, Guilan, Iran

(Received: 2018/05/27 Accepted: 2019/01/29)

In this research, bioaccumulation of ten metals (As, Fe, Hg, Zn, Pb, Se, Cd, Cu, Mn, Ni) in muscle tissue of 30 Common carp (*Cyprinus carpio*) Caught with cast net from Siah Darvishan River, Guilan province, Iran in the summer season of 2016 were investigated by Varian Atomic absorption spectroscopy. The lowest and highest mean concentration of metals were found, as follows: Zinc 30.81 - 33.19, Iron 26.47 - 31.33, Copper 3.97 - 4.62, Lead 0.79 - 0.95, Arsenic 0.73 - 0.82, Manganese 0.59 - 0.68, Selenium 0.49 - 0.57, Cadmium 0.17 - 0.18, Nickel 0.16 - 0.18 and Mercury 0.08 - 0.09 microgram per gram dry weight, respectively. According to the results of this study, mean concentrations of all elements in the muscle tissue of Common carp, except for Arsenic (0.774 ± 0.047), Lead (0.852 ± 0.084) and Manganese (0.642 ± 0.045) were observed to be lower than determined threshold limit value of FAO/WHO international standard.

Keywords: Heavy metals, Common carp, Siah Darvishan River, Muscle tissue, Bioaccumulation

*Corresponding Author E-Mail Address: ettefaghdoost@phd.guilan.ac.ir