فصلنامه علوم محیطی، دوره چهاردهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۵

۲۱۴-۲۰۱

سنجش غلظت فلزات سنگین در بافت‌های ماهی کفال طلایی (*Liza aurata*) در مناطق مختلف سواحل جنوبی دریای خزر

مهرنوش نوروزی[1*]، مصطفی باقری توانی[2]، آمنه امیرجنتی[2] و شقایق قدرتی[2]

[1] گروه زیست دریا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تنکابن، تنکابن، ایران
[2] باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تنکابن، تنکابن، ایران

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۰/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۵/۷/۲۵

نوروزی، م.، باقری توانی، آ. امیرجنتی و ش. قدرتی. ۱۳۹۵. سنجش غلظت فلزات سنگین در بافت‌های ماهی کفال طلایی (*Liza aurata*) در مناطق مختلف سواحل جنوبی دریای خزر. فصلنامه علوم محیطی. ۱۴(۳): ۲۱۴-۲۰۱.

سابقه و هدف: آلودگی به فلزات سنگین در آب‌ها از جدی‌ترین مسائل زیست‌محیطی در سطح جهان است. دریای خزر بزرگترین دریاچه جهان، در معرض آلاینده‌های صنعتی، کشاورزی و نفتی قرار گرفته است. از آنجاکه ماهیان بخش بزرگی از رژیم غذایی انسان را تشکیل می دهند، این فلزات سنگین می‌توانند از طریق تغذیه از ماهیان آلوده وارد بدن انسان شوند. هدف از انجام این پژوهش، بررسی میزان تجمع پنج فلز سنگین و سمی سرب، کادمیوم، جیوه، آرسنیک و کروم در بافت‌های خوراکی (عضله) و غیرخوراکی (کبد و آبشش) ماهی کفال طلایی در فصول و مناطق مختلف حوضه جنوبی دریای خزر بود. همچنین تفاوت درصد این ترکیبات با مقادیر سازمان بهداشت جهانی و بهداشت ملی استرالیا و شورای تحقیقات پزشکی مقایسه شد.

مواد و روش‌ها: به همین منظور نمونه‌های ماهی کفال طلایی بالغ، از ۱۰ ایستگاه (شامل آستارا، تالش، انزلی، رودسر، تنکابن، نوشهر، فریدون‌کنار، بهشهر، بندر ترکمن و خواجه‌نفس) از مناطق مختلف نوار ساحلی نزدیک مکان‌های ورود پساب‌های شهری، کشاورزی و صنعتی و همچنین در کنار اسکله‌ها و صیدگاه‌های ماهی تهیه شد. پس از زیست‌سنجی، استخراج فلزات از بافت‌های مورد نظر به روش هضم با استفاده از مخلوط اسید و تعیین غلظت به وسیله دستگاه جذب اتمی مجهز به سیستم کوره گرافیتی انجام شد.

نتایج و بحث: نتایج نشان داد میزان تجمع فلزات بین سه بافت معنی‌دار و به صورت کبد> آبشش > عضله بود. فلزات سنگین اندام هدف خود را بر اساس میزان فعالیت متابولیک آن اندام انتخاب می‌کنند و بافت عضله فعالیت متابولیک کمتری نسبت به آبشش و کبد دارد. بافت کبد تمایل به انباشتگی فلزات سنگین در مقادیر بالا را دارد. بالا بودن غلظت فلزات در بافت آبشش اولین نشان آلودگی در آب است؛ و اختلاط عناصر با مخاط آبشش، جابجایی کامل عناصر از لاملای آبشش (lamellae) را هنگام آماده سازی بافت برای آزمایش غیرممکن می‌کند. همچنین عضله مکان اولیه ذخیره فلزات نیست، فلزات سنگین ابتدا در کبد ذخیره و سپس به عضله منتقل می شوند. میزان تجمع فلزات به صورت سرب> کادمیوم> کروم> جیوه> آرسنیک بود. میزان تجمع فلزات سنگین بین ایستگاه‌های پژوهشی، در بافت عضله متفاوت و معنی‌دار بود. علت آن را می‌توان تفاوت در منابع آلاینده در مناطق نمونه‌برداری دانست. به‌طور کلی میزان تجمع فلزات سنگین در ماهیان کفال از سواحل جنوب غربی به سمت جنوب شرقی افزایش داشت. بر اساس آزمون پیرسون در شاخص وزن ماهی با میزان تجمع فلزات سنگین سرب، کادمیوم و آرسنیک، رابطه رگرسیون خطی معکوس وجود داشت. هیچ ارتباط معنی‌داری بین میزان تجمع فلزات با طول کل به جز فلز آرسنیک، وجود نداشت. همچنین به جز فلز سنگین کروم، بین میزان تجمع فلزات سنگین سرب، کادمیوم، جیوه و آرسنیک در بافت‌های

* Corresponding Author. *E-mail Address*: mnoroozi@toniau.ac.ir

ماهی، رابطه رگرسیون مثبت معنی‌دار تعیین شد ($p<0/01$).

نتیجه‌گیری: مقایسه تجمع فلزات سنگین در بافت عضله با حد مجاز استانداردهای جهانی (WHO/NHMRC) جز آرسنیک، سایر فلزات سرب، کادمیوم، جیوه و کروم بالاتر از حد مجاز اعلام شده بود. حداقل میزان جذب و تجمع این فلزات در عضله ماهی کفال یعنی عضو خوراکی در تغذیه مردم است. از آنجاکه تجمع فلزات سنگین مورد بررسی بالاتر از حد مجاز استاندارد جهانی است، نشان‌دهنده افزایش آلودگی آب دریای خزر و به دنبال آن آبزیان نسبت به عناصر فوق است.

واژه‌های کلیدی: محیط زندگی، فلزات سنگین سمی، بافت‌های خوراکی و غیرخوراکی، دریای خزر، کفال طلایی، *Liza aurata*.

مقدمه

از میان فعالیت‌های انسان، صنایع تولیدی بیشترین سهم را در ایجاد آلودگی آب دارند و از طرفی تنوع این نوع آلودگی نیز بسیار زیاد است. با توجه به بسته بودن دریای خزر، تمامی آلاینده‌هایی که به آن تخلیه می شود در آن باقی می ماند. آلودگی های دریای خزر شامل آلودگی‌های نفتی، خانگی، صنعتی و کشاورزی می شود که به دلیل کشاورزی متراکم در سواحل دریای خزر و استفاده بیش از حد از این سموم و نیز ورود فاضلاب خانگی به این دریا، آلودگی در دریای خزر بسیار بالاست. یکی از مهم‌ترین آلاینده‌ها، فلزات سنگین است که پس از ورود به اکوسیستم‌های آبی در بافت‌ها و اندام‌های آبزیان و ازجمله ماهیان تجمع یافته و در نهایت وارد زنجیره غذایی می‌شوند. این فلزات به‌صورت طبیعی از راه‌های متفاوت وارد دریاها می‌شوند. اما مسلم است که رشد و توسعه شهرهای ساحلی دریای خزر، موجب افزایش این فلزات در اثر فعالیت های صنعتی مانند افزایش پساب ها و ضایعات صنعتی کارخانجات، آلودگی‌های نفتی، سموم دفع آفات و غیره شده است. فلزات سنگینی مانند سرب، کادمیوم، جیوه، کروم و آرسنیک که کاربرد زیستی ندارند، حتی به میزان بسیار اندک قادرند در عملکرد طبیعی بدن آبزیان اختلال ایجاد کند. ماهی برای سوخت‌وساز طبیعی، فلزات ضروری را از آب، غذا و یا رسوبات جذب می‌کند اما فلزات غیرضروری نیز مانند فلزات ضروری توسط ماهی جذب می‌شوند. این فلزات پتانسیل بالایی برای تغلیظ زیستی و انباشت در اندام های گوناگون ماهی دارند (Özparlak *et al.*, 2012). ازآنجاکه ماهی‌ها بخش عمده‌ای از رژیم غذایی انسان را تشکیل می‌دهند، این فلزات سنگین می‌توانند از طریق تغذیه از ماهیان آلوده وارد بدن انسان شوند. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که نوع عنصر، نوع آبزی، بافت، خصوصیات فیزیولوژیک ماهی، ویژگی‌های اکولوژیک و شرایط محیطی، خواص فیزیکی و شیمیایی محیط مانند سختی آب، pH، درجه حرارت، مواد مغذی و زمان رشد ماهی در تجمع فلزات در بافت‌های بدن موثر است (Lakshmanan *et al.*, 2009).

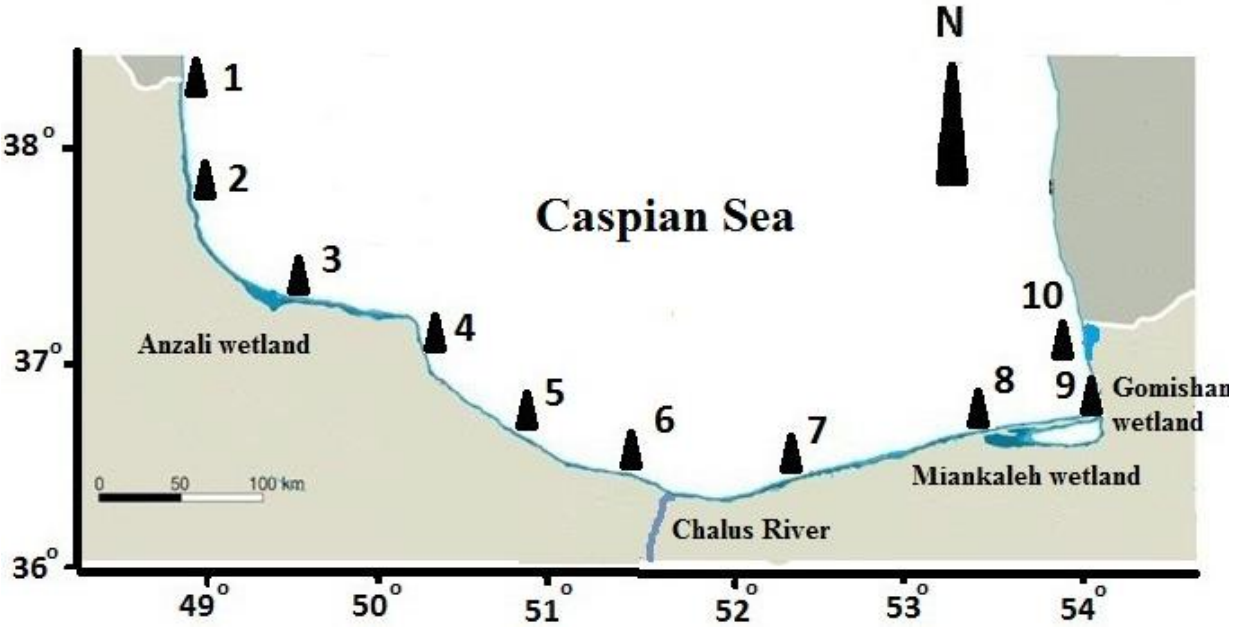
بررسی های زیادی برای اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین ماهی کفال طلایی (*Liza aurata*) در سواحل جنوبی دریای خزر انجام شده است، می‌توان به بررسی‌های محققان زیادی اشاره کرد (Amini Ranjbar and Sotudehnia, 2005; Taghavi jelodar *et al.*, 2011; Solgi and Esfandi Sarafraz, 2015). از دیگر پژوهش ها درباره خانواده کفال ماهیان در دنیا می‌توان به پژوهش (Filazi *et al.*, 2003) در بررسی تجمع فلزات سنگین ماهی کفال طلایی دریای سیاه و سواحل ترکیه و بررسی کفال‌ماهیان (*Mugil cephalus* و *Liza ramada*) دریاچه منزله مصر اشاره کرد (Bahnasawy *et al.*, 2009).

با توجه به اینکه دریای خزر دارای مناطق مصبی، تالابی و سواحل مختلف است که در نزدیکی هر یک از این مناطق منابع آلوده‌کننده متفاوتی وجود داد، تاکنون پژوهش چندانی در مورد تاثیر عوامل محیطی بر میزان تجمع پنج فلز سنگین و سمی در بافت های مختلف بدن ماهی کفال طلایی دریای خزر انجام نشده است. از این رو پژوهش حاضر با هدف بررسی میزان تجمع پنج فلز سنگین و سمی (سرب، کادمیوم، جیوه، کروم و آرسنیک) که از عناصر اجباری سازمان بهداشت جهانی و سازمان کشاورزی و غذایی سازمان ملل برای سنجش در ماهیان خوراکی است، در بافت‌های عضله، کبد و آبشش ماهی کفال طلایی در مناطق مختلف دریای خزر و مقایسه تفاوت‌های درصد این ترکیبات در زیستگاه‌های مختلف (تالابی، مصبی و غیره) و ارتباط آن با فصل، دوره تولیدمثل، محل زندگی و شاخص‌های زیست سنجی در سواحل جنوبی دریای خزر انجام شد.

مواد و روش‌ها

مناطق نمونه‌برداری

با توجه به اینکه درصد بار آلودگی فلزی دریای خزر از راه‌های مختلف (رودخانه‌ها، فاضلاب شهرها و صنایع) است، پراکنش ایستگاه‌های نمونه‌برداری به شکلی انتخاب شد که عمدتاً پیرامون مکان‌های ورود پساب‌های شهری، کشاورزی و صنعتی و همچنین در کنار اسکله‌ها و صیدگاه‌های ماهی واقع شده باشند. بر اساس این ده ایستگاه شامل آستارا، ایستگاه ۱ (48°52'E 38°27'N)؛ تالش، ایستگاه ۲ (48°58'E 37°49'N)؛ انزلی، ایستگاه ۳ (49°27'E 37°28'N)؛ رودسر، ایستگاه ۴ (50°51'E 37°08'N)؛ تنکابن، ایستگاه ۵ (50°55'E 36°47'N)؛ نوشهر، ایستگاه ۶ (51°26'E 36°40'N)؛ فریدون‌کنار، ایستگاه ۷ (51°31'E´ 36°41'N)؛ بهشهر، ایستگاه ۸ (53°28'E 36°52'N)، بندر ترکمن، ایستگاه ۹ (54°00'E 36°57'N) و خواجه‌نفس، ایستگاه ۱۰ (53°00'E 37°00'N) در سواحل جنوبی دریای تعیین شد؛ به‌طوری که ایستگاه‌های تنکابن، نوشهر و خواجه‌نفس در نزدیکی ورودی رودخانه به دریا انتخاب شدند تا تأثیر احتمالی ناشی از آب رودخانه بر تجمع فلزات سنگین را نشان دهند. دو ایستگاه بندر ترکمن (تالاب گمیشان) و بندر انزلی (تالاب انزلی) در نزدیکی مناطق تالابی انتخاب شدند. ایستگاه‌های آستارا، تالش، رودسر، فریدون‌کنار و بهشهر در مناطق ساحلی انتخاب شدند (شکل ۱).



شکل ۱- نقشه ایستگاه‌های پژوهشی حوضه جنوبی دریای خزر.

Fig. 1- Map of research stations of Southern Caspian Sea.

جدول ۱- میانگین (± انحراف معیار) و نتایج آزمون خصوصیات مرفومتریک ماهی کفال طلایی.

Table 1. Mean (± SD) and the test results of morphometric characteristics of golden gray mullet.

Station	Weight (g)	Total length (cm)
Astara	709±313.77^{bc}	44.95b±5.90
Talesh	787.33a±106.63^{bc}	47.43ab±0.96
Anzali	1112.16±122.69^{a}	52.30a±2.94
Roudsar	906.50±163.24^{abc}	50.96a±2.63
Tonekabon	1037±335.70^{a}	51.86a±5.38
Nowshahr	824.66±327.79^{abc}	49.80ab±6.15
Fereydunkenar	816±85.40^{abc}	47.86ab±1.96
Behshahr	1070.33±416.46^{a}	52.93a±5.17
Bandar-e Torkaman	924±222.55^{ab}	50.11ab±5.03
Khajeh Nafas	591.33±61.05^{c}	44.61b3.09
Sig.	**	**

The different letters show the significance of the difference between the means.
NS) Not significant p>0.05; **) Significant is 0.01 level; *) Significant is 0.05 level

زیست‌سنجی

نمونه‌ها به حالت انجماد توسط یخ (۱:۱) به آزمایشگاه تحقیقات شیلات دانشگاه آزاد اسلامی تنکابن منتقل شد. پس از شست‌وشو در آزمایشگاه توسط آب مقطر، شاخص‌های زیست سنجی ماهیان شامل وزن بر حسب گرم به وسیله ترازو و طول کل بر حسب سانتی‌متر به وسیله تخته مدرج اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین

نمونه‌های ماهی برای زدوده شدن آلودگی‌های سطحی و پوستی با آب شست‌وشو شدند. سپس توسط ابزار تشریح (اسکالپل، قیچی و پنس)، مقدار ۱۰ گرم از هر بافت (عضله، پوست و آبشش) ماهیان برای انجام عمل هضم شیمیایی جدا شد و توسط ترازوی دیجیتال توزین شد هر بافت به‌طور جداگانه در بالن قرار داده شد و سپس ۵۰ سی‌سی آب مقطر H_2O_2 و ۵۰ سی‌سی اسید نیتریک به آن اضافه شد. نمونه‌ها با کاغذ فیلتر واتمن شماره یک فیلتر شد و سپس محلول صاف شده با آب دیونیزه به حجم حدود ۵ سی سی رسانده شد و داخل تیوپ های هضم جداگانه ریخته شد (Lakshmanan *et al.*, 2009). سپس برای اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین (Pb, Cd, Hg, Cr, As) از دستگاه جذب اتمی شعله‌ای مدل Germany AAS4 Zeiss مجهز به سیستم کوره گرافیتی استفاده شد (Moopam, 1983).

آنالیز آماری

داده‌ها برای تجزیه‌وتحلیل پس از نرمال‌سازی، با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنوف از آزمون واریانس یک‌طرفه ANOVA و مقایسه بین میانگین‌ها با آزمون دانکن به کمک نرم‌افزار SPSS18 و برای رسم نمودار نیز از نرم‌افزار EXCEL 2007 در سطح اطمینان ۹۵ ٪ استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج زیست‌سنجی بین ایستگاه‌های نمونه‌برداری

نتایج بررسی شاخص زیست سنجی بین ایستگاه‌های نمونه‌برداری (جدول ۲) نشان داد که میانگین بیشترین وزن و طول کل در بندر انزلی و کمترین آن در خواجه‌نفس بود (شکل ۳ و ۴). بر اساس نتایج آزمون ANOVA شاخص‌های وزن و طول کل بین ایستگاه های مختلف معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$).

بالاتربودن شاخص‌های وزن و طول کل در منطقه انزلی احتمالا به دلیل ورود آب‌های مغذی تالاب، به منطقه انزلی و افزایش مواد مغذی در آب‌های منطقه است. تالاب انزلی در دهه‌های اخیر به علت افزایش مقدار آلاینده‌ها و ورود غیرمجاز فاضلاب‌های صنعتی و کشاورزی تغذیه‌گرا و مزوتروفیک شده و دارای تولید اولیه بالایی است. بنابراین، بالاتر بودن شاخص های وزن و طول در منطقه انزلی قابل‌توجیه است (Akbarzadeh and Arbabi, 2011). کمترین شاخص های طول کل و وزن در ماهیان منطقه خواجه‌نفس به‌دست آمد. با توجه به اینکه منطقه خواجه‌نفس پیش از مصب گرگانرود قرار دارد، جریان کمتری از مواد مغذی به این منطقه وارد می‌شود و فقیر بودن آب های منطقه از مواد مغذی می‌تواند دلیل کمتر بودن طول و وزن ماهی‌ها باشد.

نتایج تجمع فلزات سنگین بین سه بافت

نتایج بررسی تجمع فلز پنج سنگین در سه بافت عضله، کبد و آبشش نشان داد (جدول ۲) میزان تجمع فلزات در بافت‌ها متفاوت است و به صورت کبد > آبشش > عضله و میزان تجمع فلزات به صورت سرب> کادمیوم> کروم> جیوه> آرسنیک است. بر اساس نتایج آزمون ANOVA تفاوت در تجمع فلزات سنگین بین سه بافت معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$).

نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که میزان تجمع فلزات سنگین سرب، کادمیوم، جیوه، کروم و آرسنیک با حداقل ۹۵ درصد اطمینان در سه بافت ماهی کفال طلایی به‌صورت کبد، آبشش و عضله بود و اختلاف مقادیر تجمع فلزات در بافت عضله با سایر بافت‌ها در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار است. به‌طور کلی، میزان تجمع فلزات مختلف در بافت‌ها به نقش فیزیولوژیک آنها بستگی دارد. با توجه به اینکه اندام‌های کبد و آبشش، بافت‌های فعال متابولیکی هستند، تجمع فلزات در این بافت‌ها نسبت به بافت عضله بیشتر است (Al-Yousuf *et al.*, 2000; Carvalho *et al.*, 2005). نتایج پژوهش روی کفال خاکستری در شمال شرقی دریای مدیترانه (Filazi *et al.*, 2003)، ماهی کفال پشت‌سبز (*Liza dussumieri*) (Askary Sary, 2010)، کفال طلایی دریای خزر (Amini Ranjbar and Sotudehnia, 2005; Taghavi jelodar *et al.*, 2011; Solgi and Esfandi Sarafraz, 2015) و سایر کفال‌ماهیان (Bahnasawy et al., 2009) مشابه بررسی حاضر بود.

جدول ۲- میانگین (±انحراف معیار) و نتایج آزمون تجمع فلزات سنگین (میکروگرم برگرم) در بین سه بافت.

Table 2. The mean (± SD) and test results accumulate heavy metals (µg/g) of the three tissues.

Tissue	Station	pb	Cd	Hg	Cr	As
Muscle	1	1.42^{cde}±0.27	0.51^{bc}±0.24	0.25^{ab}±0.04	0.42^{gh}±0.07	0.11^{bc}±0.2
	2	1.49^{cde}±0.2	0.67^{bc}±0.27	0.09^{f}±0.02	0.55^{ef}±0.03	0.06^{de}±0.03
	3	1.18^{e}±0.18	0.43^{c}±0.25	0.18^{cde}±0.05	0.70^{bc}±0.03	0.03^{e}±0.01
	4	1.66^{bcd}±0.33	0.65^{bc}±0.27	0.30^{a}±0.07	0.59^{de}±0.03	0.05^{de}±0.03
	5	1.64^{bcd}±0.19	0.63^{bc}±0.24	0.20^{bcd}±0.03	0.40^{h}±0.1	0.11^{bc}±0.02
	6	1.38^{ed}±0.27	0.54^{bc}±0.23	0.22^{bc}±0.06	0.79^{a}±0.06	0.13^{ab}±0.03
	7	$1.78a^{bcde}$±0.02	0.58^{bc}±0.27	0.13^{ef}±0.02	0.73^{ab}±0.04	0.06^{de}±0.02
	8	1.82^{abc}±0.43	0.79^{abc}±0.36	0.23^{bc}±0.04	0.42^{gh}±0.07	0.14^{ab}±0.03
	9	2^{ab}±0.36	0.87^{ab}±0.41	0.15^{def}±0.03	0.49^{fg}±0.04	0.09^{cd}±0.03
	10	2.12^{a}±0.5	1.12^{b}±0.26	0.25^{abc}±0.07	0.65^{cd}±0.05	0.15a±0.03
	Sig.	**	**	**	**	**
Liver	1	2.18^{cd}±0.29	1.11^{bc}±0.29	0.81a±0.07	1.43^{bc}±0.15	0.30^{b}±0.03
	2	1.99^{a}±0.14	1.26^{abc}±0.28	0.53^{de}±0.07	1.46^{bc}±0.16	0.15^{de}±0.03
	3	2.04^{cd}±0.14	0.90^{c}±0.42	0.68^{c}±0.09	1.63^{a}±0.21	0.11^{e}±0.02
	4	2.48^{bc}±0.42	1.24^{abc}±0.29	0.76^{ab}±0.07	1.65^{a}±0.09	0.16^{de}±0.03
	5	2.26^{bcd}±0.36	1.12^{bc}±0.26	0.51^{e}±0.03	1.47^{bc}±0.08	0.28^{bc}±0.03
	6	2.07^{cd}±0.27	1.13^{bc}±0.23	0.75^{abc}±0.08	1.54^{ab}±0.11	0.24^{c}±0.04
	7	2.10^{cd}±0.41	1.17^{abc}±0.25	0.6^{d}±0.03	1.36^{cd}±0.09	0.17^{d}±0.06
	8	2.46^{bcd}±0.54	1.21^{abc}±0.53	0.71^{bc}±0.04	1.20^{e}±0.05	0.31^{b}±0.06
	9	2.7^{ab}±0.48	1.43^{ab}±0.59	0.55^{de}±0.03	1.23^{de}±0.04	0.24^{c}±0.05
	10	3.02^{a}±0.24	1.68^{a}±0.36	0.42^{f}±0.03	1.41^{bc}±0.04	0.50^{a}±0.05
	Sig.	**	**	**	**	**
Gills	1	1.47^{c}±0.13	0.64^{c}±0.21	0.62^{a}±0.12	0.77^{e}±0.33	0.22^{b}±0.04
	2	1.38^{c}±0.19	1.06^{ab}±0.17	0.44^{cd}±0.09	1.06^{bc}±0.07	0.10^{e}±0.03
	3	1.33^{c}±0.15	0.94^{abc}±0.22	0.49^{bc}±0.07	1.17^{b}±0.12	0.07^{e}±0.01
	4	1.53^{c}±0.45	1.04^{ab}±0.33	0.55^{ab}±014	1.14^{b}±0.04	0.09^{e}±0.04
	5	1.59^{bc}±0.16	1.10ab±0.19	0.29^{e}±0.03	0.96^{cd}±0.03	0.19^{bc}±0.04
	6	1.46^{c}±0.16	0.83^{ab}±0.06	0.57^{ab}±0.1	1.32^{a}±0.04	0.16^{cd}±0.03
	7	1.67^{bc}±0.23	0.97^{bc}±0.25	0.46^{bc}±0.04	1.16^{b}±0.08	0.12^{de}±0.04
	8	1.93^{ab}±0.29	1.07^{abc}±0.42	0.60^{a}±0.03	0.55^{f}±0.04	0.19^{bc}±0.04
	9	2.24^{a}±0.47	1.25^{ab}±0.33	0.34^{de}±0.04	0.80^{e}±0.03	0.16^{cd}±0.03
	10	1.89^{b}±0.24	1.19^{a}±0.29	0.39^{cd}±0.03	0.89^{de}±0.05	0.29^{a}±0.05
	Sig.	**	**	**	**	**

The different letters show the significance of the difference between the means.
NS) Not significant p>0.05; **) Significant is 0.01 level; *) Significant is 0.05 level

بافت کبد از بافت‌های متابولیکی مهمی است که در فعل و انفعالات بدن و مسمومیت‌زدایی مواد نقش بسزایی دارد. چرا که کبد علاوه بر تجمع و ذخیره فلزات، سمیت‌زدایی و توزیع مجدد به بافت، محلی برای بررسی تاثیرات پاتولوژیکی آلودگی به فلزات سنگین و انتقال آلاینده‌ها در ماهی است. نتایج بسیاری از پژوهش‌ها نشان می‌دهد که بافت کبد تمایل به انباشتگی فلزات سنگین در مقادیر بالا را دارد (Yilmaz, 2005). جذب سطحی فلزات به‌وسیله سطح آبشش، اولین نشان برای آلودگی در آب است؛ دفع بسیاری از فلزات مانند جیوه، آرسنیک و سرب از طریق آبشش‌ها، صفراوی (روده) و ترشح موکوس رخ می‌دهد. به‌نظر می‌رسد بالا بودن غلظت فلزات در بافت آبشش به علت اختلاط عناصر با مخاط آبشش است که جابه‌جایی کامل عناصر از لاملای آبشش را هنگام آماده سازی بافت برای آزمایش غیر ممکن می‌کند (Varanasi and Markey, 1978). معمولا بافت عضله دارای پایین‌ترین تجمع فلزات سنگین نسبت به بافت‌هایی مانند کلیه، کبد و آبشش ماهیان است. فلزات سنگین اندام هدف خود را بر اساس میزان فعالیت متابولیک آن انتخاب می‌کنند و این نکته، علت تجمع بیشتر فلزات در بافت‌هایی نظیر کبد، کلیه و آبشش‌ها را در مقایسه با بافت ماهیچه (با فعالیت متابولیک پایین) تفسیر می‌کند (Filazi *et al.*, 2003). همچنین عضله مکان اولیه

ذخیره این فلزات نیست، فلزات سنگین ابتدا در کبد ذخیره و سپس به عضله منتقل می‌شوند (Beheshti, 2011).

طبق استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO) حد مجاز مصرف فلزات سنگین سرب، کادمیوم، جیوه، کروم و آرسنیک برای مصرف انسان را ۰/۴۰، ۰/۲، ۰/۱، ۰/۲، ۰/۱ میکروگرم بر گرم (WHO, 1996)، انجمن بهداشت ملی و تحقیقات پزشکی استرالیا (NHMRC) حد مجاز مصرف سرب، کادمیوم و جیوه را ۱/۵، ۰/۰۵، ۰/۵ میکروگرم بر گرم (Tuzen, 2009)، و وزارت کشاورزی، شیلات و غذای انگلستان (MAFF) حد مجاز مصرف را ۰/۲، ۰/۲، ۰/۵ میکروگرم بر گرم اعلام کرده است (MAFF, 1995). حد مجاز مصرف فلز کروم بر اساس استاندارد فائو ۱ میکروگرم بر گرم اعلام شده است. مقایسه میانگین میزان عناصر سنگین در تحقیق حاضر با استاندارد پیشنهاد شده توسط سازمان بهداشت جهانی در مورد میزان مجاز عنصر آرسنیک برای آبزیان (۰/۱ میکروگرم بر گرم) بیانگر سالم بودن نسبی ماهی کفال طلایی و احتمالا عدم آلودگی شدید این ماهی به عنصر آرسنیک است، به‌ویژه که حداقل میزان جذب و تجمع این عناصر در عضله ماهی کفال یعنی عضو خوراکی در تغذیه مردم است. از آنجاکه تجمع تمامی فلزات سنگین مورد بررسی بالاتر از حد مجاز استاندارد جهانی است، به‌طور قطع نشان‌دهنده آلودگی بالای آب دریای خزر و به دنبال آن آبزیان نسبت به عناصر فوق است.

نتایج تجمع فلزات سنگین بین ایستگاه های نمونه‌برداری

نتایج میانگین تجمع فلزات سنگین (جدول ۲) بافت عضله ماهی نشان داد که بیشترین و کمترین تجمع فلزات سرب، کادمیوم و آرسنیک به ترتیب در خواجه‌نفس و بندر انزلی، فلز جیوه در رودسر و تالش و فلز کروم در نوشهر و تنکابن بود. بر اساس نتایج آزمون ANOVA در بین ایستگاه‌های پژوهشی، میزان تجمع فلزات سنگین در بافت عضله متفاوت و معنی‌دار است ($p<۰/۰۵$). نتایج میانگین تجمع فلزات سنگین بافت کبد ماهی نشان داد که بیشترین تجمع فلزات سرب، کادمیوم، جیوه و آرسنیک در خواجه‌نفس و کمترین مقدار سرب در تالش، جیوه در آستارا، کادمیوم و آرسنیک بندرانزلی است. همچنین در بررسی تجمع فلز کروم بیشترین و کمترین مقدار به ترتیب در رودسر و بهشهر به‌دست آمد. بر اساس نتایج آزمون ANOVA در بین ایستگاه‌های پژوهشی، میزان تجمع فلزات سنگین در بافت کبد متفاوت و معنی‌دار است ($p<۰/۰۵$). نتایج میانگین تجمع فلزات سنگین بافت آبشش ماهی نشان داد، بیشترین و کمترین میزان تجمع فلز سرب به ترتیب در بندر ترکمن و انزلی، فلز کادمیوم در آستارا و نوشهر، فلز جیوه در آستارا و تنکابن، فلز کروم در تالش و بهشهر، و فلز آرسنیک در خواجه‌نفس و رودسر است. بر اساس نتایج آزمون ANOVA در بین ایستگاه‌های پژوهشی، میزان تجمع فلزات سنگین در بافت کبد متفاوت و معنی‌دار است ($P<۰/۰۵$). شکل‌های ۲ تا ۶، میانگین غلظت فلزات مورد بررسی در بافت ها و ایستگاه‌های پژوهشی و مقایسه با استاندارد WHO را نشان می‌دهد.

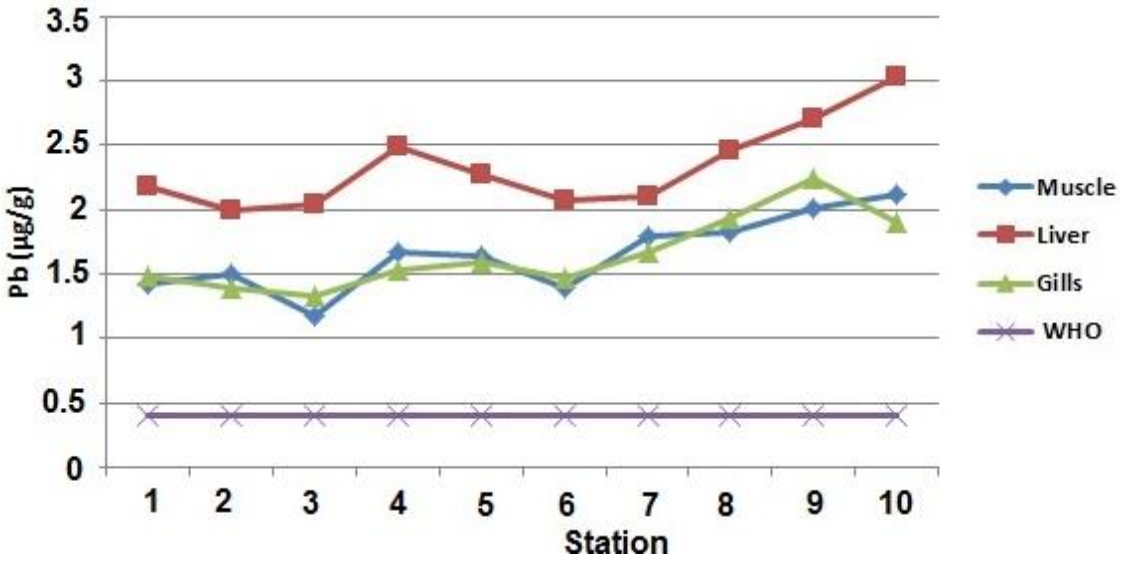
مقایسه نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که غلظت فلزات سنگین در ماهیان سواحل استان گلستان (بخش شرقی دریای خزر) و سواحل استان مازندران (بخش مرکزی دریای خزر) و گیلان (بخش غربی دریای خزر) در نوسان است. علت آن را می‌توان تفاوت در منابع آلاینده در مناطق نمونه‌برداری دانست. مانند ورود مقادیر متفاوت از فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی (به‌دلیل کشت پراکنده برنج و تولید فاضلاب‌های آلوده به سموم و کودهای شیمیایی) از ساحل به دریا، تردد متفاوت و پراکنده نفتکش‌ها، کشتی‌های تجاری و قایق‌های تفریحی، همچنین ورود مواد آلی و معدنی از سواحل شمالی به سمت سواحل جنوبی دریای خزر.

براساس این نتایج، غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیوم و آرسنیک در آب‌های جنوب شرقی دریای خزر در ایستگاه‌های خواجه‌نفس، بندر ترکمن و بهشهر بالاتر از قسمت‌های جنوب مرکز و جنوب غربی دریای خزر بود. این مناطق از جمله شهرهای شمالی هستند که به سیستم تصفیه فاضلاب خانگی مجهز نیستند و فاضلاب شهری بدون تصفیه وارد دریای خزر می‌شود. به عبارت دیگر یکی از دلایل آلودگی دریای خزر در این سواحل، دپوی غیراصولی و غیربهداشتی پسماندها در این شهرهاست. متاسفانه علاوه بر این مشکل، در تمامی سواحل مورد پژوهش ورود فاضلاب انسانی (حضور گردشگران)، وجود صنایع مختلف در حوضه‌های آبریز به دریای خزر از جمله عللی است که باعث تشدید آلودگی دریای خزر می‌شود. از آنجاکه بسیاری از این صنایع سیستم تصفیه مناسبی ندارند، موجب ورود پساب صنعتی

حاوی فلزات سنگین به آب دریا می شوند. افزون بر این، جریان‌های آبی دریای خزر که در جهت عکس عقربه‌های ساعت و از شمال غرب به جنوب و جنوب غرب دریای خزر و از غرب به شرق این دریا در حال حرکت هستند می‌توانند آلاینده‌های معدنی و آلی گوناگون مانند آلودگی‌های نفتی را از سواحل شمالی و سواحل کشور آذربایجان وارد سواحل جنوبی دریایی خزر و آب‌های ایران کنند (Pazooki *et al.*, 2009).

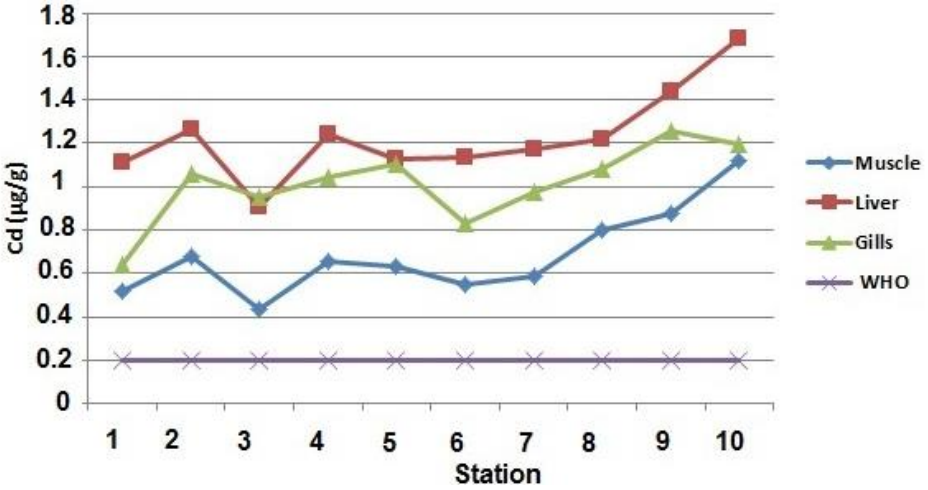
مهم‌ترین دلایل بالا بودن غلظت سرب در سواحل جنوبی دریایی خزر را می‌توان وجود صنایع مختلف (مانند صنایع دریایی بزرگ، استفاده از رنگ‌های صنعتی شامل ضدزنگ به‌عنوان جلبک‌کش و ماده پوششی محافظ چوب) در منطقه و تخلیه پساب‌های صنعتی دانست. دلایل بالا بودن غلظت کادمیوم، استفاده وسیع از آن در انواع کودهای فسفاته مصنوعی و سموم کشاورزی است. دلایل آلودگی به فلز جیوه استفاده از جیوه و ترکیبات آن در قارچ‌کش‌هاست. فرآیند تصفیه فاضلاب، سوخت نفت وگاز، رنگ سازی، کاغذ و صنایع سلولزی، نیز ممکن است جیوه را در آب منتشر کند. آرسنیک و ترکیبات آن به‌عنوان آفت‌کش، علف‌کش، حشره‌کش و آلیاژهای مختلف به‌کار می‌روند (Esmaili Sari, 2002). با توجه به اینکه مناطق بررسی‌شده، دارای اهمیت کشاورزی با تراکم کشت‌های مختلف هستند، پس از استفاده از کودهای شیمیایی، سموم کشاورزی، قارچ‌کش و علف‌کش در مزارع به وسیله وزش باد، شست‌وشوی خاک مزارع در اثر بارش باران و نشت پساب‌های کشاورزی وارد رودخانه‌ها می‌شوند و بقیه آن، درهنگام انهدام زباله‌های حاصل از تولید کود توسط شرکت‌های تولیدکننده وارد آب‌های سطحی می‌شود. کروم در کارخانه‌های تولید فولاد، چرم و نساجی استفاده می شود. برخی از این کارخانجات مانند نساجی بهشهر تقریبا غیرفعال هستند. کاهش معنی‌دار میزان کروم در بافت‌های ماهیان این منطقه مشهود است (جدول ۲). ورود پساب حاوی کروم ۶ از کارخانجات نساجی استان گیلان در منطقه انزلی و کارگاه های کوچک و بزرگ نساجی و چرم سازی در نوار ساحلی دریای خزر به‌ویژه در اطراف حاشیه رودخانه چالوس، عامل مهمی برای ورود آلاینده‌ها به منطقه نوشهر و سایر مناطق اطراف است که به آلودگی آب دریا و در پی آن آلودگی ماهیان منجر می‌شود (Elsagh, 2010).

در پژوهش (Taghavi jelodar *et al.*, 2011)، میزان فلزات سنگین سرب، کادمیوم و کروم در ماهی کفال طلایی در سواحل جنوبی دریای خزر در بافت عضله به ترتیب ۱/۵، ۰/۳۵ ، ۰/۷۴ میکروگرم بر گرم، در بافت آبشش ۳/۶۱، ۰/۹۰ ، ۰/۹۹ میکروگرم برگرم و در بافت کبد ۲/۶، ۱/۰۷، ۰/۹۲ میکروگرم بر گرم اعلام شد که در محدوده پژوهش حاضر است. مشابه آن در بررسی تجمع فلزات سنگین سربو کادمیوم ۰/۳۲۱ و ۲/۳۳ میکروگرم بر گرم در بافت عضله اعلام کردند که بالاتر از حد مجاز استانداردهای جهانی بود (Amini Ranjbar and Sotudehnia, 2005). علت آن را ناشی از ساختار زمین‌شناسی منطقه یا وجود منابع آلاینده حاصل از فعالیت‌های انسانی و همچنین ورود مواد آلی و معدنی از سواحل شمالی به سمت سواحل جنوبی دریای خزر اعلام کردند. محققان طی پژوهشی میزان فلزات سنگین کادمیوم و کروم در بافت عضله ماهی کفال طلایی بندر انزلی را پایین‌تر از استاندارد جهانی اعلام کردند (Pazooki *et al.*, 2009). در پژوهش دیگری میزان فلزات سنگین سرب و کادمیوم را ۰/۰۷۲ و ۰/۶۷ میکروگرم بر گرم در بافت عضله ماهی کفال طلایی به دست آوردند (Solgi and Esfandi Sarafraz, 2015). پژوهش مشابهی، میزان جذب فلز سرب در بافت آبشش ماهی کفال راه‌راه (*Mugil cephalus*) را ۵/۳۲ میکروگرم بر گرم اعلام کردند که بالاتر از پژوهش حاضر بود (Canli and Atli, 2003). پژوهش دیگر روی سایر ماهیان دریای خزر، تجمع فلز سنگین کادمیوم در عضله ماهی سفید و کپور معمولی جنوب مرکزی دریای خزر را به ترتیب ۰/۳۰±۱/۲۱ و ۰/۴۰±۱/۳۵ میکروگرم بر گرم و بیشتر از میزان مجاز اعلام‌شده برآورد کرد (Elsagh, 2010). همانطور که مشاهده می‌شود تفاوت در نتایج این پژوهش در مقایسه با نتایج بررسی‌های مشابه دیده می‌شود. علت آن احتمالا تفاوت منابع آلاینده در مناطق نمونه‌برداری است. همچنین می‌تواند تحت‌تاثیر عوامل مختلفی از جمله شرایط جغرافیایی، محیطی، فصل نمونه‌برداری و کیفیت منابع تامین‌کننده آب، صنایع مجاور در حاشیه سواحل و مقررات دفع پساب،گونه ماهی، بافت‌های مورد آزمایش، شرایط متفاوت فعالیت‌های آزمایشگاهی (روش‌های متفاوت هضم شیمیایی نمونه‌ها) و غیره باشد (APHA AWWA WEF, 1992).



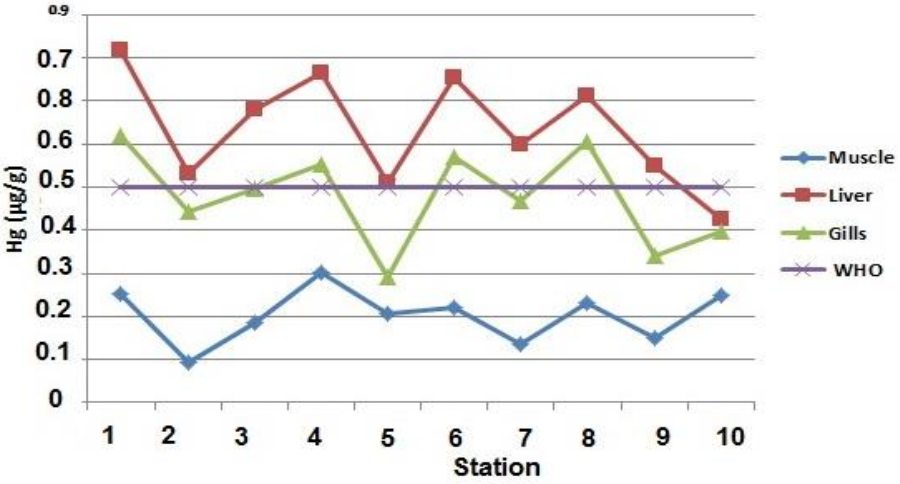
شکل ۲- میانگین غلظت سرب در بافت‌ها و ایستگاه‌های مورد بررسی و مقایسه با استاندارد WHO.

Fig. 2- The mean concentration of lead in tissues and stations were studied and compared with WHO standard.



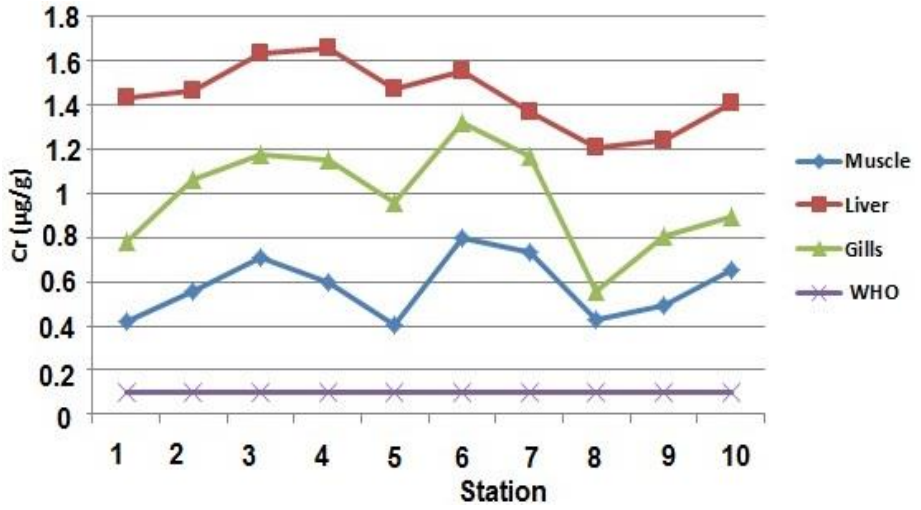
شکل ۳- میانگین غلظت کادمیوم در بافت‌ها و ایستگاه‌های مورد بررسی و مقایسه با استاندارد WHO.

Fig. 3- The mean concentration of cadmium in tissues and stations were studied and compared with WHO standard.



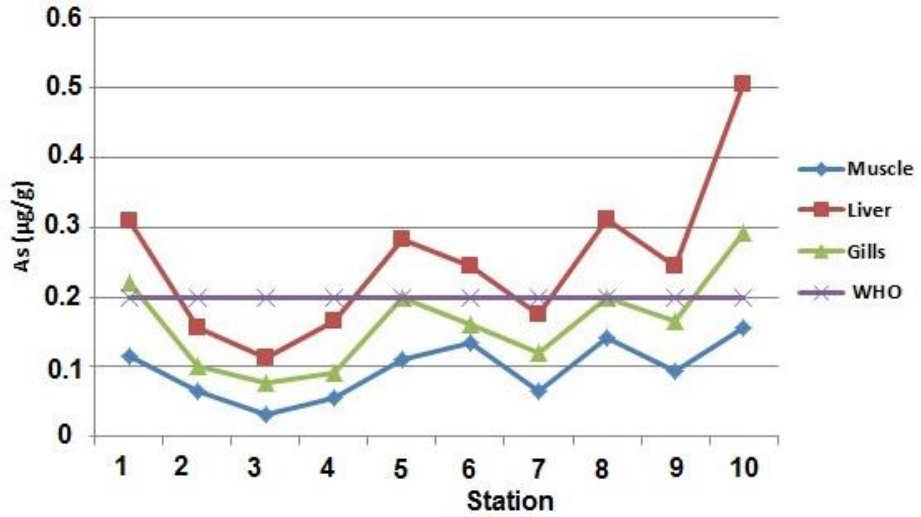
شکل ۴- میانگین غلظت جیوه در بافت‌ها و ایستگاه‌های مورد بررسی و مقایسه با استاندارد WHO.

Fig. 4- The mean concentration of mercury in tissues and stations were studied and compared with WHO standard.



شکل ۵- میانگین غلظت کروم در بافت‌ها و ایستگاه‌های مورد بررسی و مقایسه با استاندارد WHO.

Fig. 5- The mean concentration of chromium in tissues and stations were studied and compared with WHO standard.



شکل ۶- میانگین غلظت آرسنیک در بافت‌ها و ایستگاه‌های مورد بررسی و مقایسه با استاندارد WHO.

Fig. 6- The mean concentration of arsenic in tissues and stations were studied and compared with WHO standard.

نتایج روابط بین شاخص‌های زیستی و تجمع فلزات سنگین بافت

برای مشخص‌کردن رابطه همبستگی بین شاخص‌های زیستی با میزان تجمع فلزات سنگین بافت‌های ماهی کفال طلایی از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد (جدول ۳). طبق این نتایج، بین وزن ماهی با میزان تجمع فلزات سنگین سرب، کادمیوم و آرسنیک، رابطه رگرسیون خطی معکوس برقرار است ($p<0/01$)، بدین معنی که با افزایش وزن بدن ماهی، میزان تجمع فلزات سرب، کادمیوم و آرسنیک بدن کاهش می‌یابد. اما طبق نتایج به‌دست‌آمده بین طول کل ماهی با میزان تجمع فلزات سنگین بافت عضله ماهی، رابطه معنی‌دار وجود ندارد ($p>0/05$). همچنین بین میزان تجمع فلزات سنگین سرب، کادمیوم، جیوه و آرسنیک در بافت‌های ماهی، رابطه رگرسیون مثبت معنی‌دار تعیین شد. آمار پیرسون نشان می‌دهد که این رابطه کاملا معنی‌دار است ($p<0/05$). اما در میزان تجمع فلز سنگین کروم با سایر فلزات هیچ گونه رابطه معنی‌داری مشاهده نشد ($p>0/05$).

در بحث اثر شاخص‌های زیست‌سنجی ماهی بر میزان تجمع فلزات سنگین محققان مختلف، نظرات متفاوتی را در مورد گونه‌های ماهیان مختلف بیان داشته‌اند. اگرچه بسیاری از آنها تایید کرده‌اند که با افزایش شاخص‌های زیست‌سنجی ماهی، میزان تجمع فلزات سنگین بافت کاهش می‌یابد؛ در برخی موارد عنوان شده است که با افزایش آن تغییری در میزان تجمع فلزات سنگین بافت ماهی رخ نمی‌دهد.

جدول۳- نتایج آزمون همبستگی پیرسون بین میزان جذب فلزات سه بافت با وزن و طول کل ماهی کفال طلایی.

Table 3. Pearson correlation test between the absorption and the total length and Weight of golden gray mullet in three tissues.

		Weight	Toutal	pb	Cd	Hg	Cr	As
Muscle	Weight	1						
	Total length	0.924**	1					
	pb	-0.267*	-0.238	1				
	Cd	-0.290*	-0.232	0.878**	1			
	Hg	-0.189	-0.141	0.407**	0.458**	1		
	Cr	-0.205	-0.131	0.035	0.114	0.057	1	
	As	-0.271*	-0.222	0.615**	0.689**	0.511**	0.034	1
Liver	Weight	1						
	Total length	0.924**	1					
	pb	-0.282*	0.220	1				
	Cd	-0.307*	0.252	0.837**	1			
	Hg	0.028	0.067	-0.064	-0.010	1		
	Cr	0.025	0.037	0.066	0.184	0.433**	1	
	As	-0.310*	-0.288*	0.678**	0.562**	-0.217	-0.202	1
Gills	Weight	1						
	Total length	0.924**	1					
	pb	-0.119	-0.093	1				
	Cd	-0.042	-0.008	0.783**	1			
	Hg	-0.064	-0.037	0.072	-0.002	1		
	Cr	0.009	0.073	-0.317	0.026	0.100	1	
	As	-0.332**	-0.340**	0.548**	0.371**	0.093	-0.358**	1

NS) Not significant p>0.05; **) Significant is 0.01 level; *) Significant is 0.05 level

نتایج این پژوهش نشـــان داد که هیچ گونه ارتباط معنی‌داری بین شـــاخص طول کل با میزان تجمع فلزات در بافت عضله وجود ندارد (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد که ظرفیت بدن در تنظیم غلظت فلزات و فعالیت اندازه بدن و فاکتورهای وابســـته، تاثیر ناچیزی دارد یا هیچ تاثیری بر تجمع فلزات ســـنگین ندارند (Pourang *et al.*, 2005). پژوهش تعیین غلظت فلز ســـرب در ۴ گونه ماهی (کاد، ماکرل، لیماند و حلوا) نشـــان داد که بین اندازه ماهی و میزان تجمع فلزات سنگین رابطه معنی‌داری وجود ندارد (Henry *et al.*, 2004).

پژوهش درباره ماهی کفال طلایی نشان‌دهنده وجود رابطه رگرســـیونی خطی مثبت بین طول بدن با غلظت کادمیوم و رگرســـیونی خطی منفی با غلظت ســـرب بود (Amini Ranjbar and Sotudehnia, 2005). دلیل آن را سـنگین‌بودن این عنصـر و تمایل به ته‌نشـینی در سـطح یا داخل رسوبات یا تبدیل‌شدن به شکل غیرفعال بیان کردند. نتایج پژوهش دیگری در کفال طلایی، رگرســـیونی خطی منفی بین طول بدن با غلظت غلظت کروم و کادمیوم نشان دادنـد (Pazooki *et al.*, 2009). پژوهش دیگری دربـاره گونه‌ای از کپور ماهیان (*L. umbratus*) نشـــان داد که بین طول بدن با غلظت کروم و ســـرب رگرســـیونی منفی وجود دارد. نتایج ارائه‌شـــده بین طول بدن با غلظت کادمیوم در گونه‌های مختلف مانند ماهی ســـرطلا (*Sparus aurata*)، کفال خاکستری و ساردین رگرسیونی خطی مثبت، ماهی ســیم و ماهی ســفید رگرســیونی خطی منفی نشـان دادند (Canli and Atli, 2003). همچنین در ماهیچه دو گونه گربه ماهی آب شـــیرین (*Clarias gariepinus* و *Labeo umbratus*) از رودخـانـه Olifants (آفریقـای جـنوبی) رگرسیونی منفی بین غلظت سرب و طول بدن گزارش شده است (Coetzee et al., 2002). بررسی غلظت فلزات سنگین کادمیوم و سرب در شاه‌ماهی (*Mullus barbatus*) و ماهی هیک (*Merluccius merluccius*) نشان داد رابطه رگرسیون معنی‌دار بین غلظت عناصر ذکرشده با وزن و طول کل بدن ماهی وجود دارد (Gašpić *et al.*, 2002). بنابراین به‌نظر می‌رسد این روابط برای همه ماهیان عمومیت ندارد و حتی در یک گونه ماهی ممکن است با توجه به شرایط محیطی تغییر کند. با توجه به یافته‌های این بررســـی بین وزن با تجمع فلزات ســـنگین رابطه رگرســـیون خطی منفی برقرار است (جدول ۳).

به‌طور کلی، در ماهیان بزرگتر، نسبت سطح به حجم بدن کاهش می‌یابد و بنابراین جذب سطحی و همچنین دفع فلزات در نمونه‌های کوچک‌تر بیشتر است. از آنجاکه ماهیان جوان فعالیت سوخت‌وسازی بیشتری به ازاء هر گرم از وزن بدن نسبت به ماهیان بزرگتر دارند، بنابراین نسبت به ماهیان مسن‌تر فلزات را از طریق غذا و آب سریع‌تر جذب می‌کنند (Pazooki *et al.*, 2009). از این رو، میزان تجمع فلزات در بافت عضله ماهی با افزایش وزن کاهش می‌یابد.

پیشتر مشابه این نتایج توسط بسیاری از پژوهشگران گزارش شده است. بررسی بافت‌های خوراکی ۵ گونه تاس‌ماهی دریای خزر، نشان داد که فقط فلز کادمیوم با وزن همبستگی منفی دارد. اما درمورد فلز کروم با افزایش اندازه رابطه خاصی قابل‌تعریف نبوده است. بنابراین نتایج متفاوتی بین پژوهش‌ها وجود دارد و گاهی حتی نتایج مخالف در تحقیقات متفاوت دیده شده است. بررسی حاضر نشان دادکه رابطه رگرسیونی مثبت بین فلزات کادمیوم، جیوه و آرسنیک با فلز سرب؛ همچنین فلز جیوه و آرسنیک با فلز کادمیوم؛ و فلز آرسنیک با جیوه وجود دارد. علت آن می‌تواند همانندی زیاد ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی بین عناصر باشد. همچنین به علت مسیرهای بیو شیمیایی مشابه، در برخی از جانوران باشد (Pourang *et al.*, 2005). البته ممکن است نشان‌دهنده یکسان بودن منابع آلودگی و شدت بالای آلودگی باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش کنونی نشان می‌دهد که شاخص طول کل در ماهی کفال طلایی روی غلظت عناصر سرب، کادمیوم، جیوه، کروم و آرسنیک در بافت عضله این ماهی بی‌تاثیر است؛ اما وزن بر میزان تجمع این عناصر تاثیر منفی و معنی‌دار دارد که با توجه به نتایج تحقیقات پیشین، می‌تواند در گونه‌های مختلف ماهی یا حتی در یک گونه متغیر باشد. همچنین، میزان تجمع فلزات سنگین سرب، کادمیوم، جیوه، کروم و آرسنیک در بافت‌ها و اندام‌های مختلف ماهی کفال طلایی بالاتر از میزان مجاز استانداردهای جهانی است. چنین امری در درازمدت منجر به کاهش توان تولیدمثلی آبزیان، مشکلات تنفسی و عصبی و غیره می شود و با توجه به انباشت زیستی آن در بدن موجودات و انتقال آنها به مصرف‌کنندگان بعدی از جمله انسان می‌تواند عوارض جبران‌نشدنی را ایجاد کند.

سپاسگزاری

این تحقیق در قالب طرح پژوهشی با حمایت دانشگاه آزاد اسلامی واحد تنکابن و در آزمایشگاه تحقیقات شیلات انجام شد. از تمامی عزیزان که در انجام این پژوهش یاری کردند تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

Akbarzadeh, A. and Arbabi, M., 2011. Field studies to investigate the eutrophication problem in the Anzali wetland. Health System Research. 6(4), 698-707.

Al-Yousuf, M.H., El-Shahawi, M.S. and Al-Ghais, S.M., 2000. Trace metals in liver, skin and muscle of *Lethrinus lentjan* fish species in relation to body length and sex. Science of the Total Environment. 256, 87-94.

Amini Ranjbar, Gh. and Sotudehnia, F., 2005. Investigation of heavy metals accumulation in muscle tissue of (*Mugil auratus*) in relation to standard length weight age and sex. Iranian Scientific Fisheries Journal.14, 1-18. (In Persian with English abstract).

APHA AWWA WEF, 1992. Standard Methods is a joint publication of the American Public Health Association (APHA), the American Water Works Association (AWWA), and the Water Environment Federation (WEF). 18th nd ed. American Public Health Association. Washington. p.10600. 3-13.

Askary Sary, A., 2010. The study of heavy metals (Pb Hg and Cd) in (*Barbus grypus*) and (*Liza abu*) in Karoon and Karkheh rivers. Scientific and Research Journal of Marine Biology. 4, 95-107. (In Persian with English abstract).

Bahnasawy, M., Khidr, A.A. and Dheina, N., 2009. Seasonal variations of heavy metals concentrations in mullet *Mugil Cephalus* and *Liza Ramada* (Mugilidae) from Lake Manzala Egypt. Journal of Applied Sciences Research. 5(7), 845-852.

Beheshti, M., 2011. Comparative study of concentration of heavy metals (Cu Fe Zn Mn) in muscle liver and gill organ of fish (*Liza abu*) in the Karoon and Karkheh rivers in Khoozestan province. Journal of Water and Wastewater. 3, 125-133. (In Persian with English abstract).

Canli, M. and Atli, G., 2003. The relationships between heavy metals (Cd Cr Cu Fe Pb Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. Environmental Pollution. 121, 129–136.

Carvalho, G.P., Cavalcante, P.R.S., Castro, A.C .L.

and Rosaj, M.O.A.I., 2005. Preliminary assessment of heavy metal levels in *Mytella falcate* (Bivalvia, Mytilidae) from Bacanga river estuary, Sao Luis, State of Maranhao, Northeastern Brazil. Revista Brasileira de Biologia. 60, 1-7.

Coetzee, L., Du Preez, H.H. and Vuren van, J.H.J., 2002. Metal concentrations in (*Clarias gariepinus*) and (*Labeo umbratus*) from the Olifant and Klein Olifants River, Mpumalanga, South Africa: Zinc, copper, manganese, lead, chromium, nickel, aluminum and iron. Water SA. 28(4), 433-448.

Elsagh, A., 2010. Determination of some heavy metals in *Rutilus frisii kutum* and *Cyprinus carpio* fillet from south Caspian Sea. Veterinary Journal (Pajouhesh and Sazandegi). 89, 33-44. (In Persian with English abstract).

Esmaili Sari, A., 2002. Pollution Health and Environmental Standards. University Press, Tarbiat Modares, Tehran, Iran.

Filazi, A., Baskaya, R. and Kum, C., 2003. Metal concentration in tissues of the Black Sea fish *Mugil auratus* from Sinop-Icliman Turky. Human Experiment Toxic. 22, 85-87.

Gašpić, Z.K., Zvonarić, T., Vrgoč, N., Odžak, N. and Barič, A., 2002. Cadmium and lead in selected tissues of two commercially important fish species from the Adriatic Sea. Water Research. 36, 5023–5028.

Henry, F., Amara, R., Courcot, L., Lacouture, D. and Bertho, M.L., 2004. Heavy metals in four fish species from the French coast of the eastern english channel and Southern Bight of the North Sea. Environment International. 30, 675– 683.

Lakshmanan, R., Kesavan, K., Vijayanand, P., Rajaram, V. and Rajagopal, S., 2009. Heavy metals accumulation in five commercially important fishes of parangipettai Southeast Coast of India. Advance Journal of Food Science and Technology. 1, 63-65.

MAFF, 1995. Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries. Monitoring and surveillance of nonradioactive contaminants in the aquatic environment and activities regulating the disposal of wastes at sea 1993. Aquatic Environment Monitoring Report. Directorate of Fisheries Research Lowestof. p. 44.

Moopam, 1983. Manual of oceanographic observations and pollutant analyses methods. Regional Organization for the Protection of the Marine Environment (ROPME). p. 220.

Özparlak, H., Arslan, G. and Arslan, E., 2012. Determination of some metal levels in muscle tissue of nine fish species from Beyşehir Lake Turkey. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 12, 761-770.

Pazooki, J., Abtahi, B. and Rezaei, F., 2009. Determination of heavy metals (Cd Cr) in the muscle and skin of (*Liza aurata*) from the Caspian Sea (Bandar Anzali). Environmental Science. 7(1), 21 -32.

Pourang, N., Tanabe, S., Rezvani, S. and Dennis, J., 2005. Trace elements accumulation in edible tissue five sturgeon species from the Caspian Sea. Environ Monitor Assess. 100, 89–108.

Solgi, E. and Esfandi Sarafraz, J., 2015. Determination of lead and cadmium in the edible tissue of (*Liza aurata*) in Bandar Anzali coast: Accumulation and risk consumption. Journal of Aquatic Ecology. 5 (1), 43-34.

Taghavi jelodar, H., Sharifzadeh Baei, M., Najafpour, Sh. and Fazli, H., 2011. The comparison of heavy metals concentrations in different organs of (*Liza aurata*) inhibiting in southern parts of Caspian Sea. World Applied Science Journal. 14, 96-100.

Tuzen, M., 2009. Toxic and essential trace elemental contents in fish species from the Black Sea Turkey. Food and Chemical Toxicology. 47 (9), 2302-2307.

Varanasi, U. and Markey, D., 1978. Uptake and release of lead and cadmium in skin and mucus of Coho Salmon Comparative. Biochemistry and Physiology. 60, 187-192.

WHO, 1996. World Health Organization. Health criteria other supporting information. In: Guidelines for Drinking Water Quality 2nd ed 2. p. 388.

Yilmaz, B.A., 2005. Comparison of heavy metal levels of grey Mullet (*Mugil cephalus*) and sea Bream (*Sparus aurata*) caught in Iskenderun Bay (Turkey). Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences. 29, 257- 262.

Concentration of heavy metals in tissues of golden gray mullet (*Liza aurata*) in different areas of the southern coast of the Caspian Sea

Mehrnoush Norouzi[1*], Mostafa Bagheri Tavani[2], Ameneh Amirjanati[2], Shaghayegh Ghodrati[2]

[1] Department of Marine Biology, Tonekabon Branch, Islamic Azad University, Tonekabon, Iran
[2] Young Researchers and Elite Club, Tonekabon Branch, Islamic Azad University, Tonekabon, Iran

Received: January 18, 2016 Accepted: October 16, 2016

Citation: Norouzi, M., Bagheri Tavani, M. Amir Janati, A. and Ghodrati, SH. 2016. Concentration of heavy metals in tissues of golden gray mullet (*Liza aurata*) in different areas of the southern coast of the Caspian Sea. Environmental Sciences. 14(3), 201-214.

Introduction: Heavy metal pollution of water is one of the most serious environmental problems in the world and the Caspian Sea, the largest lake in the world, is exposed to high levels of industrial, agricultural and oil pollutants. Fish species are the ultimate consumer in the food pyramid in aquatic ecosystems. Since the fish form a large part of the human diet, heavy metals enter the human body through contaminated fish. This study was conducted to measure the concentration of five heavy metals, including lead, cadmium, mercury, arsenic, and chrome in the edible tissues (muscle) and non-edible tissue (liver and gill) of the gray mullet, *Liza aurata* and its seasons and living environment in the southern coast of the Caspian Sea. and also to compare their amounts with World Health Organization, Australian National Health and Medical Research Council, Food and Drug Administration standards.

Materials and methods: A total of 100 adult golden gray mullet were caught from 10 sites (Including Astara, Talesh, Anzali, Rudsar, Tonekabon, Nowshahr, Fereydunkenar, Behshahr, Bandar-e Torkaman and Hojanepes) in various coastal areas near inflows of urban, agricultural and industrial waste water and along the waterfront and fishing areas. After biometry, metals were extracted from the tissue using a mixture of acid digestion and determination was conducted by graphite furnace atomic absorption system.

Results and discussion: The results showed that the metal accumulation in tissue was different and significant, the concentration of the metals in the three tissues was as follows: liver>gill>muscle. Heavy metals choose their target organ based on its metabolic activity and this explains the reason why more metals accumulate in tissues such as the liver and gills compared to muscle tissue (with low metabolic activity). Liver tissue tends to be high in accumulation of heavy metals. The high concentration of metals in the context of the gills, is the first sign of contamination in the water. Mixing elements with gill mucus, full transposition of the lamella gill elements when preparing tissue for testing impossible to screw???. Metal concentrations in muscle are lower than those in liver because muscle is not the first storage place for these metals; heavy metals are first stored in the liver and then transferred to the muscle. Metal accumulation was as Pb> Cd> Cr> Hg> As. The study of heavy metals between stations, in muscle tissue was significantly different. This may be due to differences in pollutant sources in sampling areas. The accumulation of heavy metals increases from the southwest to the southeast coast. According to the Pearson test, there was the significant negative linear relationship between the Pb, Cd and As accumulation tissues by weight. Except for arsenic, there was no significant correlation between the metals with any total length. Moreover, there was a positive relationship ($p<0.01$) between the Pb, cd, Hg and As concentrations, with the exception of Cr.

Conclusion: comparison of the data obtained for muscle tissue with the global standard level (WHO /NHMRC) showed that the concentration of the heavy metals Pb, Cr, Cd, Hg was higher than the global standard level, except for As. The least metal absorption and accumulation is in the muscle of mullet that is a source of human nutrition, followed by aquatic to the above elements. Since the concentration of the heavy metals tested above was higher than the global standard, this reflects the increasing water pollution of the Caspian Sea

Keywords: Living environment, Toxic Heavy Metals, Edible and non-Edible Tissues, Caspian Sea, *Liza aurata*.

[*] Corresponding Author. *E-mail Address*: mnoroozi@toniau.ac.ir