

بررسی غلظت فلزات سنگین (سرب، مس و کادمیوم) در گاماروس
Pontogammarus maeoticus در سواحل جنوب غربی دریای خزر حد فاصل رامسر تا انزلی

کامبیز خاکسار^{۱*}، حسین نگارستان^۲ و علی ماشینچیان^۳

۱ و ۳- گروه بیولوژی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران

۲- گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۵/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۶/۱۸

چکیده

هدف از انجام این بررسی تعیین میزان آلودگی گاماروس گونه *Pontogammarus maeoticus* به سرب، مس و کادمیوم در سواحل جنوب غربی دریای خزر در حدفاصل رامسر تا بندر انزلی بود. نمونه برداری در سال ۱۳۹۳ از ۳ ایستگاه با سه تکرار با استفاده از توری با قطر چشمه ۱ میلی‌متر انجام و بعد از انتقال به آزمایشگاه با جذب اتمی میزان فلزات سنگین اندازه‌گیری شد. میانگین غلظت سرب، مس و کادمیوم به ترتیب ۱/۰۲، ۹۵/۶۱ و ۰/۸۱ میکروگرم بر گرم در بهار و ۱/۴۶، ۹۳/۹۱ و ۰/۷۴ میکروگرم بر گرم در تابستان بود. مقایسه نتایج تحقیق حاضر با استاندارد آمریکا نشان داد که میزان غلظت فلز مس در گاماروس مورد بررسی در دو فصل در همه ایستگاه‌ها در حد مجاز بود. غلظت کادمیوم در گاماروس گونه *P. maeoticus* از نظر استاندارد اتحادیه اروپا برای شاه میگوی خوراکی (۰/۵۰ ppm) در حد مجاز نبود؛ در حالی که از نظر استانداردهای اتحادیه اروپا، آمریکا و استرالیا میزان این فلز در وضعیت مجاز بود. فلز سرب در گاماروس از نظر استاندارد در مورد سایر آبزیان سرپایان خوراکی اتحادیه اروپا و استاندارد ماهی استرالیا در حد مجاز نبود ولی از نظر استاندارد آمریکا و استاندارد مربوط به دوکفه‌ای‌های خوراکی اتحادیه اروپا و نیز استاندارد مربوط به نرم‌تنان خوراکی استرالیا سرب در حد مجاز بود. باید توجه داشت که این فلز در بهار در انزلی در حد کمی قرار داشت و از نظر همه استانداردها به استثناء ماهی در استاندارد استرالیا در حد قابل قبول قرار داشت. با توجه به نتایج تحقیق و استانداردهای بیان شده از سوی سازمان‌های بین‌المللی برای تجمع فلزات در بدن جانوران، وضعیت سرب و کادمیوم در بدن این گونه گاماروس نگران کننده می‌باشد. به ویژه آنکه بچه ماهیان اقتصادی نظیر ماهی سفید و کفال از گاماروس تغذیه می‌کنند. در صورت انتقال و تجمع این فلزات سنگین در بدن ماهیان سفید و کفال این موضوع می‌تواند یک خطر محسوب شود، از این نظر بررسی نحوه انتقال این دو فلز به بدن ماهی‌ها و نیز جلوگیری از آلودگی دریای خزر به فلزات سنگین ضروری به نظر می‌رسد.

واژگان کلیدی: گاماروس، سرب، مس، کادمیوم، دریای خزر

مقدمه

امروزه با وجود برخی اقدامات کنترلی هنوز آلودگی دریا یک مسئله نگران کننده و جدی جهانی است. حجم عظیمی از مواد آلاینده از طریق سواحل و رودخانه‌ها به دریا وارد می‌شود (Clark, 2001; Ansari *et al.*, 2004; Weis, 2015). آلودگی ناشی از فلزات سنگین تهدیدی جدی برای سلامت اکوسیستم‌های دریایی، به دلیل امکان انباشت این مواد پس از ورود به اکوسیستم‌های آبی در بافت گونه‌های مختلف دریایی است (جلالی، ۱۳۷۸). لذا ضرورت ارزیابی نوع و تأثیرات مختلف آلاینده‌ها در محیط دریایی مشخص می‌باشد (Chiarelli & Roccheri, 2014). فرایند انتقال آلاینده‌ها به بدن گاماروس‌ها با تغذیه ماهی از آنها ادامه پیدا می‌کند تا در نهایت فلزات سنگین در بدن ماهی‌ها تجمع پیدا کرده (جلالی، و آقازاده مشکئی، ۱۳۸۵؛ برن سون، ۲۰۱۳)، و از آنجا از طریق غذا وارد بدن انسان می‌شوند (Mahino *et al.*, 2014). مصرف غذای حاوی فلزات سنگین در دراز مدت، می‌تواند اثرات زینباری را به دنبال داشته باشد (El-Safty, 2014). شدت و نوع اثرات مخرب فلزات سنگین بستگی به نوع فلز، مقادیر قابل دسترس آنها در محیط داشته که خود بستگی به نوع محیط (آبی، خشکی)، شرایط محیطی نظیر دوری و نزدیکی نسبت به منبع آلاینده دارد (Tchounwou *et al.*, 2012). فلزات سنگین می‌توانند تغییرات ژنتیکی ایجاد کرده و حتی سرطان‌زا باشند (Mishra *et al.*, 2010).

با گردآوری اطلاعاتی درباره مقادیر فلزات سنگین در منطقه مطالعاتی و مقایسه آن با حدود استاندارد‌های بین‌المللی می‌توان بار آلودگی این فلزات در منطقه را تخمین زده و اقداماتی را جهت پیشگیری و جلوگیری از ورود این نوع آلاینده‌ها به محیط در نظر گرفت. همچنین با در دست داشتن این اطلاعات می‌توان اثرات سمی فلزات سنگین بر روی آبزیان و متعاقباً انسان‌ها را با توجه به نوع آبزیان منطقه و

استانداردهای جانداران بررسی نمود (Adefris & Wiener, 2014).

گاماروس‌ها در دریای خزر از اهمیت بالایی برخوردار هستند زیرا در خط ساحلی جانوران کفزی اصلی بوده و به مصرف بچه ماهیان سفید و کفال می‌رسند (زحمتکش، ۱۳۷۲؛ جابر، ۱۳۷۶؛ میرزاجانی، ۱۳۷۶؛ Pjatakova & Tarasov, 1996; Mirzajani & Kiabi, 2000; Mirzajani, 2003; Mirzajani *et al.*, 2011). این جانوران از لحاظ رده‌بندی از شاخه بندپایان (Arthropoda) و زیر شاخه سخت پوستان (Crustacea) می‌باشند. گاماروس غالب سواحل دریای خزر گونه *Pontogammarus maeoticus* است که در خط ساحلی دریای خزر به فراوانی یافت می‌شود (Ghareyazie & Mottaghi, 2012). گاماروس‌ها از لحاظ ارزش غذایی دارای پروتئین، چربی، و کاراتنوئید مناسب می‌باشند (Seifabadi *et al.*, 2003). گاماروس‌های دریای خزر ارزش غذایی زیادی داشته و در تغذیه بچه ماهیانی مثل ماهی سفید، کفال، کپور دریایی و بسیاری از ماهیان اقتصادی اهمیت دارند. همچنین این اهمیت برای تغذیه آبزیان آب شیرین مثل ماهی قزل‌آلا و سایر آبزیان مانند پرندگان، دوزیستان و خزندگان صدق می‌کند. بنابر این می‌توان نتیجه گرفت که آلوده بودن آنها می‌تواند روی سلامت ذخایر ماهیان مهم این دریا اثرگذار می‌باشد. در تحقیق حاضر میزان تراکم فلزات سنگین سرب، مس و کادمیوم در بدن گونه *P. maeoticus* در سه ایستگاه (در حد فاصل رامسر تا انزلی) مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

نمونه برداری در سه ایستگاه بندر انزلی، چمخاله و رامسر در بهار و تابستان ۱۳۹۳ انجام شد (جدول ۱). در هر ایستگاه از گاماروس ساحلی توسط توری با قطر روزنه یک میلی متر با سه تکرار به مقدار کافی حدود ۵۰ گرم نمونه برداری شده و درون کیسه‌های پلاستیکی قرار گرفته و داخل یخدان در مجاورت یخ

شناسایی گونه (بریشترین و همکاران، ۱۹۶۸)، کلیه نمونه‌ها در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد منجمد و نگهداری شدند. در آزمایشگاه سنجش‌های مربوطه انجام شد (MOOPAM, 1999).

نگهداری شدند. هر نمونه به‌طور جداگانه علامت گذاری شده و مشخصات نمونه روی آن ثبت گردید. سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات منتقل شدند. بعد از اطمینان از

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه برداری

ایستگاه نمونه برداری	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
رامسر	۳۶°:۳۲':۱۱" N	۵۰°:۲۰':۳۰" E
چمخاله	۳۷°:۱۱':۴۲" N	۵۰°:۱۰':۳۰" E
انزلی	۳۷°:۲۸':۵۲" N	۴۹°:۲۸':۲۹" E

هضم و آماده سازی نمونه‌ها

برای اندازه‌گیری فلزات سنگین، حدود ۵ گرم گاماروس از فریزر خارج و در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفت تا خشک شود. بعد از خشک شدن، نمونه‌ها در هاون کوبیده و کاملاً مخلوط شدند. در مرحله بعدی یک گرم از هر نمونه با استفاده از ترازوی دیجیتال (Kia J5) جدا شده و در داخل بشر ۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ و ۲ میلی‌لیتر آب اکسیژنه به آن اضافه شد. سپس نمونه‌های داخل بشر به مدت ۲ تا ۳ ساعت روی هیتر قرار گرفتند تا هضم اسیدی در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد صورت گیرد. محلول حاصل از هضم هر یک از نمونه‌ها توسط کاغذ صافی واتمن ۴۲ صاف گردید، بعد در بالن ۲۵ میلی‌لیتری با آب مقطر به حجم رسانده شد (ASTM E1022-94, 2013).

جهت کالیبراسیون دستگاه از محلول‌های استاندارد استفاده شد و منحنی غلظت تهیه و جذب فلزات انجام گرفت (ASTM D4698-92, 2013). سپس، میزان غلظت فلزات سرب، مس و کادمیوم توسط دستگاه جذب اتمی با شعله و کوره گرافیتی، مدل Varian A 200 اندازه‌گیری شد.

آنالیز آماری

جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها و آنالیز آماری نمونه‌ها از نرم‌افزار SPSS استفاده شد. همچنین برای انجام محاسبات لازم و رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد. در این تحقیق جهت بررسی وجود اختلاف معنی‌دار غلظت فلزات سنگین بین نمونه‌های گاماروس ساحلی از آنالیز واریانس (ANOVA) یکطرفه با تست LSD استفاده و برای ارزیابی وجود رابطه خطی بین نمونه‌ها از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد.

نتایج

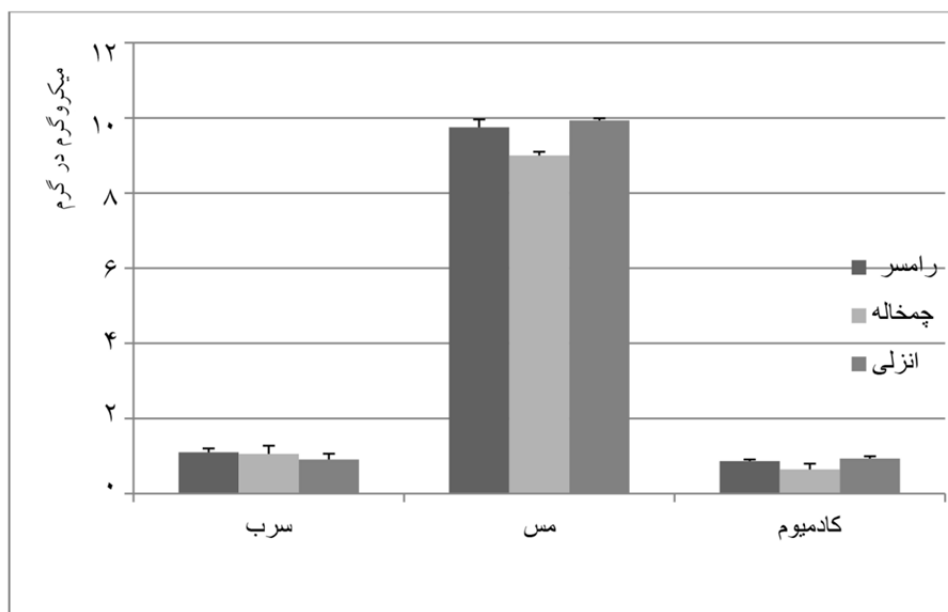
باتوجه به نتایج نمایش داده شده در جدول شماره (۲)، مشخص گردید که بیشترین میانگین غلظت فلزات سنگین در *P. maoticus* در هر فصل مربوط به فلز مس و معادل ۱۰۱ میکروگرم در گرم در بهار انزلی و کمترین میانگین غلظت این فلزات در بدن گاماروس مورد بررسی مربوط به فلز کادمیوم و معادل ۰/۵۲ میکروگرم در گرم در تابستان در چمخاله بود.

جدول ۲- میانگین، انحراف معیار و حداقل و حداکثر غلظت فلزات سنگین در *P. maoticus* (میکروگرم بر گرم)

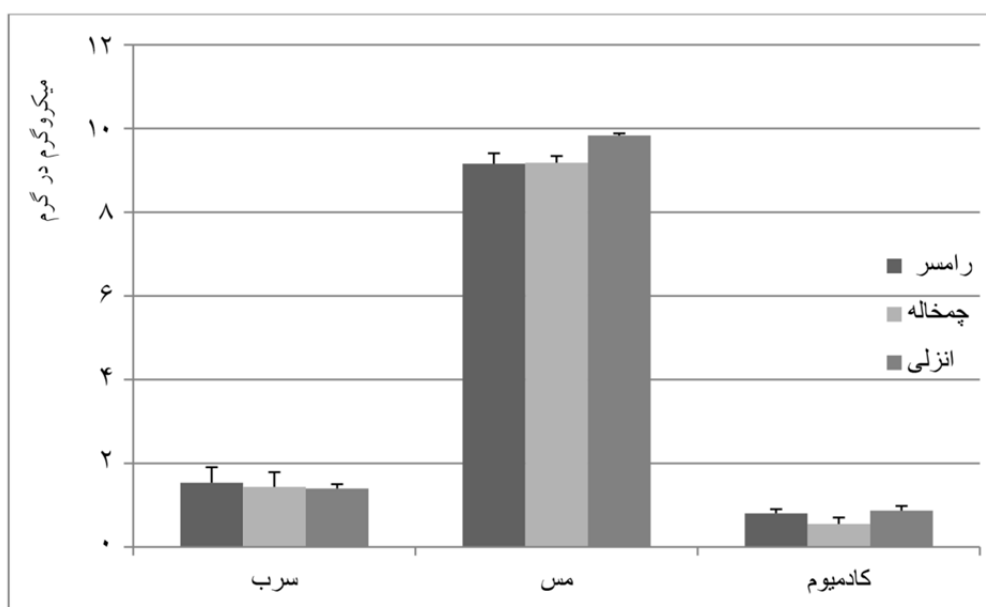
ایستگاه	سرب	مس			کادمیوم		
		حداکثر	میانگین	انحراف معیار	حداکثر	حداقل	میانگین
تهار	رامسر	۱/۱۰	۱/۱۰	۰/۱۰	۱۰۰/۰۰	۹۶/۰۰	۲/۱۸
	چمخاله	۱/۰۶	۱/۰۶	۰/۰۶	۹۱/۰۰	۸۹/۰۰	۱/۰۰
	انزلی	۰/۹۱	۰/۹۱	۰/۰۶	۱۰۱/۰۰	۹۸/۰۰	۱/۵۳
تابستان	رامسر	۱/۵۴	۱/۱۱	۰/۳۷	۹۳/۷۰	۸۷/۵۰	۳/۵۲
	چمخاله	۱/۴۴	۱/۲۰	۰/۲۵	۹۳/۰۰	۹۰/۰۰	۱/۶۱
	انزلی	۱/۴۰	۱/۳۰	۰/۱۰	۱۰۰/۰۰	۹۸/۰۰	۱/۱۵

فصل فلزات کمتری در بدن گاماروس ساحلی خود داشت و ایستگاه انزلی دارای بیشترین غلظت فلزات سنگین مورد بررسی در گاماروس ساحلی مورد ارزیابی بود.

شکل‌های (۱ و ۲) نشان می‌دهند که مقدار مس در بدن گاماروس خیلی بیشتر از دو فلز دیگر است و تفاوت معنی‌داری میان ایستگاه‌ها وجود نداشت ($P \geq 0/05$)، هرچند که ایستگاه چمخاله در هر دو



شکل ۱- میانگین غلظت فلزات سنگین گاماروس بر حسب میکروگرم بر گرم در سه ایستگاه رامسر، چمخاله و انزلی در بهار ۱۳۹۳ (آنتنک‌ها نشان دهنده انحراف معیار هستند، اعداد مربوط به مس به یک دهم تبدیل شده است تا در نمودار قابل مقایسه گردد).



شکل ۲- میانگین غلظت فلزات سنگین گاماروس بر حسب میکروگرم بر گرم در رامسر، چمخاله و انزلی در تابستان ۱۳۹۳ (آنتنک ها نشان دهنده انحراف معیار هستند، اعداد مربوط به مس به یک دهم تبدیل شده تا در نمودار قابل مقایسه گردد)

طرفه برای میزان فلزات در گاماروس در بهار و تابستان ۹۳ بین ایستگاه‌های سه گانه نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار میان این دو فصل بود ($P \geq 0.05$). مقایسه نتایج تحقیق حاضر با استاندارد آمریکا (جدول ۵) نشان داد که میزان فلز مس در گاماروس مورد بررسی در دو فصل در همه ایستگاه‌ها در حد مجاز بود (جدول ۳). غلظت کادمیوم در گاماروس گونه *P. maoticus* از نظر استاندارد اتحادیه اروپا برای شاه میگوی خوراکی (۵۰ ppm) در حد مجاز نبود؛ در حالی که از نظر استاندارد اتحادیه اروپا در سایر آبزیان، آمریکا و استرالیا میزان این فلز در وضعیت مجاز بود. فلز سرب در گاماروس از نظر استاندارد سرپایان خوراکی اتحادیه اروپا و استاندارد ماهی استرالیا در حد مجاز نبود ولی از نظر استاندارد آمریکا و استاندارد مربوط به دوکفه‌ای‌های خوراکی اتحادیه اروپا و نیز استاندارد مربوط به نرم‌تنان خوراکی استرالیا سرب در حد مجاز بود. باید توجه داشت که این فلز در بهار در انزلی در حد کمی قرار داشت و از نظر همه استانداردها به استثناء ماهی در استاندارد استرالیا در حد قابل قبول قرار داشت.

نتیجه آنالیز واریانس یک طرفه برای بررسی تفاوت آلاینده‌های گاماروس در بهار ۹۳ بین ایستگاه‌های سه گانه تفاوت معنادار را مشخص نمود ($P < 0.01$). نتیجه تست LSD برای بهار ۹۳ نشان داد که تفاوت معنادار میان میزان مس و سرب، و مس و کادمیوم وجود داشت ($P < 0.01$)، ولی بین میزان کادمیوم با مس و سرب تفاوت معنی‌دار نشان نداد ($P \geq 0.05$). نتیجه آنالیز واریانس یک طرفه برای بررسی تفاوت میزان فلزات در گاماروس در تابستان ۹۳ بین ایستگاه‌های سه گانه نیز نشان دهنده تفاوت معنادار بود ($P < 0.01$). نتیجه تست LSD تابستان ۹۳ نیز، مشابه بهار، نشان داد که تفاوت معنادار میان میزان مس و سرب، و مس و کادمیوم وجود دارد ($P > 0.01$) ولی کادمیوم با مس و سرب تفاوت معنی‌دار نشان نداد ($P \geq 0.05$). مقایسه تفاوت دو فصل با نگاه به شکل‌های (۱ و ۲) امکان پذیر است و هر چند تفاوت معناداری وجود ندارد ولی تا حدودی میزان مس در تابستان در رامسر کاهش یافته و مقدار سرب در تابستان هر سه ایستگاه افزوده شده، اگرچه میزان کادمیوم تغییر محسوسی نداشته است. نتیجه آنالیز واریانس یک

جدول ۳- مقایسه نتایج بررسی آلودگی در گاماروس *P. maeoticus* با استانداردهای اتحادیه اروپا، آمریکا و استرالیا.

ایستگاه	نوع فلز سنگین	نتایج تحقیق ppm (µg/g)	استاندارد اتحادیه اروپا (EC, 2010)					استاندارد آمریکا (Buchman, 2008)	استاندارد استرالیا (Australian Government, 2015)
			گاماروس	شاه‌میگو	سربازان	دوگدهای‌ها	گریست ماهی		
بهار رامسر	Pb	۱/۱۰	-	۱/۵۰	۱/۰۰	-	۴۰۰ (Bivalve)	۲/۰۰	
	Cu	۹۷/۵۰	-	-	-	-	۳۹۰ (Microtox and Oyster Larvae)	-	
بهار چمخاله	Cd	۰/۸۷	۰/۵۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۳ (The Polychaete <i>Neanthes</i>)	۲/۰۰	
	Pb	۱/۰۶	-	۱/۵۰	۱/۰۰	-	۴۰۰ (Bivalve)	۲/۰۰	
بهار انزلی	Cu	۹۰/۰۰	-	-	-	-	۳۹۰ (Microtox and Oyster Larvae)	-	
	Cd	۰/۶۵	۰/۵۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۳ (The Polychaete <i>Neanthes</i>)	۲/۰۰	
تابستان رامسر	Pb	۰/۹۱	-	۱/۵۰	۱/۰۰	-	۴۰۰ (Bivalve)	۲/۰۰	
	Cu	۹۹/۳۳	-	-	-	-	۳۹۰ (Microtox and Oyster Larvae)	-	
تابستان چمخاله	Cd	۰/۹۳	۰/۵۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۳ (The Polychaete <i>Neanthes</i>)	۲/۰۰	
	Pb	۱/۵۴	-	۱/۵۰	۱/۰۰	-	۴۰۰ (Bivalve)	۲/۰۰	
تابستان انزلی	Cu	۹۱/۵۷	-	-	-	-	۳۹۰ (Microtox and Oyster Larvae)	-	
	Cd	۰/۸۰	۰/۵۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۳ (The Polychaete <i>Neanthes</i>)	۲/۰۰	
تابستان چمخاله	Pb	۱/۴۴	-	۱/۵۰	۱/۰۰	-	۴۰۰ (Bivalve)	۲/۰۰	
	Cu	۹۱/۸۳	-	-	-	-	۳۹۰ (Microtox and Oyster Larvae)	-	
تابستان انزلی	Cd	۰/۵۵	۰/۵۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۳ (The Polychaete <i>Neanthes</i>)	۲/۰۰	
	Pb	۱/۴۰	-	۱/۵۰	۱/۰۰	-	۴۰۰ (Bivalve)	۲/۰۰	
تابستان انزلی	Cu	۹۸/۳۳	-	-	-	-	۳۹۰ (Microtox and Oyster Larvae)	-	
	Cd	۰/۸۷	۰/۵۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۳ (The Polychaete <i>Neanthes</i>)	۲/۰۰	

۱. AET (Apparent Effect Level): حداقل تراکمی که بر روی شاخص‌های زیستی اثر نشان می‌دهد.

بحث و نتیجه گیری

حساب می‌آیند و از طرفی بچه ماهیان اقتصادی نظیر بچه ماهی سفید و کفال از این گاماروس‌ها تغذیه می‌کنند. در صورت انتقال و تجمع این مواد در بدن ماهیان سفید و کفال در موقع مصرف آنها این موضوع می‌تواند یک زنگ خطر محسوب شود (Yabanli et al., 2014; Gharedaashi et al., 2013). غلظت این سه فلز در گاماروس ساحلی در مقایسه با این غلظت در رسوبات بیشتر بود (خاکسار، ۱۳۹۳). این موضوع نشان دهنده استعداد این آبرزی برای تجمع آلاینده‌های مورد بررسی در بدن خود می‌باشد. درویش (۱۳۹۲) نیز بر روی گاماروس گونه مورد

با توجه به نتایج جدول شماره (۲) و شکل‌های (۱) و (۲) و باتوجه به استانداردهای بیان شده از سوی سازمان‌های اتحادیه اروپا، آمریکا و استرالیا برای تجمع فلزات در بدن جانوران، فلز مس دارای غلظت بالایی در بدن گاماروس‌ها است، هر چند این غلظت در مقایسه با استانداردها نگران کننده نیست. کادمیوم و سرب دارای غلظت بالایی نیستند ولی در مقایسه با استانداردهای کشورهای دیگر تا حدودی نگران کننده هستند. خصوصاً که با توجه به هرم تغذیه‌ای، گاماروس‌های ساحلی جزء مصرف کنندگان اولیه به

طریق تغذیه به ماهی و از آنجا به انسان منتقل گردد (Marijic & Raspor, 2007; Mohanty et al., 2009; Shuhaimi et al., 2010)، از این نظر توجه به جلوگیری از بروز این آلاینده‌ها ضروری می‌باشد.

منابع

بابایی سیاهگل، ه. ۱۳۸۰. بررسی آلودگی فلزات سنگین در آب رودخانه‌های غرب گیلان (شفارود، کرگان رود، حویق). گزارش نهایی پروژه، مرکز تحقیقات شیلات استان گیلان، ایران.

برن سون، ا. ج. ۲۰۱۳. سلامت ماهیان. مترجمان: سلطانی، م.، میرزرگر، س.، نعمت‌اللهی، م. ع. و صیدگر، م. (۱۳۹۳). انتشارات دانشگاه تهران، ایران.

بریشیتین، ی. آ.، وینوگرادف، ن. ن.، آستاخوف، ت. و. و رومانوف، ن. ن. ۱۹۶۸. اطلس بیمهرگان دریای خزر. ترجمه دلیناد ل. و نظری ف. (۱۳۷۹)، مؤسسه تحقیقات شیلات ایران، تهران، ایران.

جابر، ل. ۱۳۷۶. بررسی مقدماتی آمفی‌پودهای دریای خزر (منطقه نور و سواحل همجوار). پایان‌نامه کارشناسی ارشد بیولوژی دریا، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس.

جلالی، ب. ۱۳۷۸. تأثیر کمبود یا افزایش مواد معدنی در آب و یا در غذا بر روی ماهیان پروگاماروسی. فصلنامه آبی پرور. ۳۳-۳۵: (۲۵)۷.

جلالی، ب. و آقازاده مشکي، م. ۱۳۸۵. مسمومیت ماهیان در اثر فلزات سنگین آب و اهمیت آن در بهداشت عمومی. انتشارات مان، تهران.

خاکسار ک. ۱۳۹۳. بررسی غلظت فلزات سنگین (سرب، مس و کادمیوم) در گونه *Pontogammarus maeoticus* و رسوبات سواحل جنوبی دریای خزر حد فاصل رامسر تا انزلی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد بیولوژی دریا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران.

زحمتکش، ع. ۱۳۷۲. بررسی خانواده گاماریده دریای خزر. بولتن علمی شیلات ایران، ۴: ۱-۱۰.

صادقی راد، م. ۱۳۷۵. بررسی و تعیین میزان فلزات سنگین در چند گونه از ماهیان خوراکی تالاب انزلی. مجله علمی شیلات ایران، ۴: ۱۷-۱۰.

صباغ کاشانی، آ. ۱۳۸۰. تعیین میزان برخی فلزات سنگین در عضله، کبد، کلیه، آبشش و تخمدان ماهی کفال *Liza aurata* در سواحل جنوبی دریای خزر. پایان‌نامه

بررسی در سواحل محمود آباد تا نوشهر گزارش نمود که مقدار این فلزات در بدن گونه *P. maeoticus* بیشتر از رسوبات بود. او همچنین گزارش نمود که مقدار فلزات سنگین مورد بررسی در بدن گاماروس از استانداردهای جهانی بیشتر بود.

بررسی منابع نشان می‌دهد که گاماروس‌ها به آلاینده‌ها حساس می‌باشند تا حدی که نقش آنها در پایش زیستی آب‌های شیرین مورد تأکید قرار گرفته است (Plenet, 2006). و پیشنهاد گردیده که در آب‌های شیرین می‌توان از نسبت گاماروس به گونه جورپای *Asellus aquaticus* به عنوان یک شاخص سلامت محیط استفاده کرد (MacNeil et al., 2002).

تغذیه بچه ماهیان سفید و کفال، و نیز برخی دیگر از ماهیان دریای خزر از این گونه گاماروس نشان می‌دهد که این احتمال که آلودگی به این فلزات سنگین به بدن ماهی انتقال یافته و از آنجا به بدن انسان رسیده و خطر بهداشتی ایجاد کند وجود دارد. (Sadiq, 1992).

براساس گزارش وفایی (۱۳۷۹) آلودگی ماهی سفید و کفال به فلزات سنگین در حد مطلوب بوده و مصرف گوشت آنها خطری برای انسان ندارد. در یک تحقیق قدیمی‌تر اثر فلزات سنگین روی ماهیان تالاب انزلی سنجیده شد که البته بر اساس نتایج آن نیز مصرف این ماهیان بلامانع معرفی گردید (صادقی راد ۱۳۷۵)، ولی صباغ کاشانی (۱۳۸۰) در بررسی خود آلودگی کفال به سرب، روی و نیکل را در حد متوسط ارزیابی نمود. یک بررسی اخیر در خلیج گرگان وضعیت آلودگی ماهی سفید به همراه موارد مرتبط با آلودگی خلیج گرگان بررسی و در نهایت این ماهی را غیر آلوده اعلام نمود (Raeisi et al., 2014).

براساس نتایج تحقیق حاضر، در خط ساحلی جنوب غرب دریای خزر وضعیت آلودگی در گاماروس *P. maeoticus* برای کادمیوم و سرب در شرایط خطرناک بوده ولی برای مس در شرایط خطرناک نیست. نکته مهم آنکه آلودگی گاماروس‌ها می‌تواند از

- 10.1186/2193-1801-2-498.
- Ghareyazie, B. & Mottaghi, A. 2012. Studing *Pontogammarus maeoticus* among southern coast of Caspian Sea. Middle-East Journal of Scientific Research, 12 (11): 1484-1487.
- MacNeil, C., Dick, J. T. A., Bigsby, E., Elwood, R. W., Montgomery, W. I., Bibbins, C. N. & Kelly, D. W. 2002. The validiy of the *Gammarus:Asellus* ratio as an index of organic pollution: abiotic and biotic influences. Water Research, 36 (1): 75-84.
- Mahino, F., Nazura, U. & Hossain, M. M. 2014. Heavy metals in aquatic ecosystems emphasizing its effects on tissue bioaccumulation and histopathology: a Review. Jouranal of Environmental Science and Technology, 7: 1-15.
- Marijic, V. F. & Raspor, B. 2007. Metal exposure assessment in native fish, *Mullus barbatus* L., from the Eastern Adriatic Sea. Toxicology Letters, 168 (3): 292-301.
- Mirzajani, A. R. 2003. A study on population biology of *Pontogammarus maeoticus* (Sowinsky, 1894) in Bandar Anzali, southwest Caspian Sea. Zoology in the Middle East, 30: 61-68.
- Mirzajani, A. R. & Kiabi, B. H. 2000. Distribution and abundance of coastal Caspian amphipoda (Crustacea) in Iran. Polskie Archiwum Hydrobiologii, 47 (3-4):511-516.
- Mirzajani, A. R., Sayadrahim, M. & Sari, A. R. 2011. Reproductive traits of some amphipods (Crustacea: Peracarida) in different habitats of Iran and southern Caspian Sea. International Journal of Zoology, Doi. org/10. 1155/ 2011/ 598504.
- Mishra, S., Swivedi, S. P. & Singh, R. B. 2010. A review on epigenetic effect of heavy metal carcinogens of human health. The Open Nutraceuticals Journal, 3: 188-193.
- Mohanty, M., Adhikari, S., Mohanty. P. & Sarangi, N. 2009. Role of waterborne copper on survival, growth and feed intake of Indian major carp, *Cirrhinus mrigala* Hamilton. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 82: 559-563.
- MOOPAM, 1999. Manual of oceanographic observation and pollution analyses methods, third edition. Regional Organization for the Protection of the Marine Environment (ROPME) 450P.
- کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران.
- میرزاجانی، ع. ر. ۱۳۷۶. شناسایی و بوم شناسی ناجورپایان حوزه آبخیز دریای خزر. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
- وفایی، م. ۱۳۷۹. بررسی و تعیین غلظت عناصر سنگین در دو گونه ماهی سفید و کپور در سواحل جنوبی دریای خزر. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، ایران.
- Adefris, A. & Wiener, S. W. 2014. Heavy metal toxicity. Medscape, Avialable in: www.emedicine.medscape. com.
- Ansari, T. M., Marr, I. L. & Tariq, N. 2004. Heavy metals pollution perspective-A mini review. Journal of Applied Science, 4 (1): 1-20.
- ASTM D4698 – 92. 2013. Standard practice for total digestion of sediment samples for chemical analysis of various metals. ASTM International, West Conshohocken, PA. Available in: www. astm. org.
- ASTM E1022 – 94, 2013. Standard guide for conducting bioconcentration tests with fishes and saltwater bivalve molluscs. ASTM International, West Conshohocken, PA. Available in: www. astm. org.
- Australian Government. 2015. Australia New Zealand Standard Code - Standard 1.4.1 – Contaminants and Natural Toxicants – F2015c00052, last amendment, 15/1/2015. Available in: www.comlaw.gov.au.
- Buchman, M. F. 2008. NOAA screening quick reference tables. NOAA Office of response and restoration division (OR and R), Report 08-1. National Oceanic and Atmospheric Administration, Seattle, USA.
- Chiarelli, R. & Roccheri, M. C. 2014. Marine invertebrates as bioindicators of heavy metal pollution. Open Journal of Metal, 4: 93-106.
- Clark, R. B. 2001. Marine pollution, Fifth Edition, Oxford University Press. New York, USA.
- El-Safy, A. 2014. Health implications of heavy metal overload. Occupational Medicine and health affairs, 2: 145.
- Gharedaashi, E., Nekoubin, H., Imanpoor, M. R. & Taghizadeh, V. 2013. Effect of copper sulfate on the survival and growth performance of Caspian Sea Kutum., *Rutilus frissi kutum*. Springerplus, Doi:

- Gammarus*. Iranian Journal of Marine Science and Technology, 3 (1): 51-56.
- Shuhaimi, O., Nadzifah, M., Ramie, Y. & Abas, N. A. 2010. Toxicity of copper and cadmium to freshwater fishes. World Academy of Science Engineering and Technology, 65: 869-871.
- Tchounwou, P. B., Yedjou, C. G., Patlolla, A. K. & Sutton, D. J. 2012. Heavy metal toxicity and the environment. EXS, 101: 133-164.
- Weis, J. S. 2015. Marine pollution, what everyone needs to know. Oxord University Press, New York, USA.
- Yabanli, M., Yozukmaz, A., Alparsian, Y. & Acar, U. 2014. Evaluation of heavy metals and selenium contents in the muscle tissues of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) in western Anatolia. Journal of Food, Agriculture and Environments (JFAE), 12 (2): 165-168.
- Plenet, S. 2006. Freshwater amphipods as biomonitors of metal pollution in surface and interstitial aquatic systems. Freshwater Biology, 33 (1): 127-137.
- Pjatakova, G. M. & Tarasov, A. G. 1996. Caspian Sea amphipods: biodiversity, systematic position and ecological peculiarities of some species. International Journal of Salt Lake Research, 5 (1): 63-79.
- Raeisi, S., Sharifirad, J., Sharifi Rad, M. & Zakariaei, H. 2014. Analysis of heavy metals content in water, sediment and fish from the Gorgan Bay, Southeastern Caspian Sea, Iran. International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research, 2 (6): 2162-2172.
- Sadiq, M. 1992. Cadmium. In: Sadiq, M. (Ed), Toxic metal chemistry in marine environments, 106-153. Marcel Dekker Inc., New York, USA.
- Seifabadi, J., Negarestan, H. & Moghadasi, B. 2003. Chemical component of Caspian Sea's