

مقدار فلزات سنگین در عضله میگوی سفید هندی (*Fennerpenaeus indicus*)

- ❖ **هادی پورباقر***: استادیار، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج صندوق پستی ۴۱۱۱، ایران
- ❖ **سیدولی حسینی**: استادیار، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج صندوق پستی ۴۱۱۱، ایران
- ❖ **نعمت‌الله خراسانی**: استاد، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج صندوق پستی ۴۱۱۱، ایران
- ❖ **سیدمهدی حسینی**: دانشجوی دکترا، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران
- ❖ **پریسا دلفیه**: کارشناس ارشد، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران

چکیده

با توجه به اهمیت بررسی آلودگی‌های مربوط به فلزات سنگین در آبزیان خوراکی به علت احتمال تجمع این فلزات، همچنین به‌منزله شاخصی از آلودگی آب‌ها، تعداد ۳۰ عدد میگوی سفید هندی از آب‌های نواحی بندر ماهشهر (آبان ۱۳۸۹) صید و از منظر میزان برخی از فلزات سنگین آنالیز شدند. نتایج آنالیز نمونه‌ها نشان داد که میانگین مقدار کادمیوم، کروم، مس، آهن، جیوه، منگنز، نیکل، سرب و روی در بافت عضله میگوی سفید هندی به ترتیب ۰/۰۷۹، ۰/۱۳۹، ۳/۶۹، ۳/۳۴، ۰/۴۱۳، ۰/۱۴۶، ۰/۱۲۹، ۰/۷۲۴ و ۶/۴۷ میکروگرم بر گرم وزن خشک (جیوه بر حسب میکروگرم بر گرم وزن تر اندازه‌گیری شد) بوده است و فلز روی و کادمیوم به ترتیب بیشترین و کمترین غلظت را در بین میگوهای تحت بررسی دارند. مقایسه نتایج با حد مجاز تعیین‌شده سازمان بهداشت جهانی (WHO) در خصوص فلزات سنگین در آبزیان نشان داد که به جز نیکل، تمامی فلزات تحت بررسی کمتر از حد مجاز تعیین‌شده‌اند، اما با توجه به آنکه برخی از فلزات سنگین بسیار خطرناک برای سلامت مصرف‌کنندگان (مانند جیوه) نزدیک به حد مجاز اعلام شده‌اند، به منظور ارزیابی دقیق‌تر مخاطرات ناشی از ورود بیش از حد چنین فلزاتی به بدن مصرف‌کننده، باید سایر منابع دریافت و تعداد دفعات مصرف گونه مذکور نیز بررسی شود.

واژگان کلیدی: آلودگی، حد مجاز، خلیج فارس، فلزات سنگین، میگوی سفید هندی *Fennerpenaeus indicus*.

۱. مقدمه

شکل آلودگی در محیط‌های آبی محسوب می‌شوند (UNEP, 1999)، زیرا آنها آلاینده‌های پایداری‌اند که، برخلاف برخی از ترکیبات آلی، از طریق فرایندهای شیمیایی یا زیستی در طبیعت تجزیه نمی‌شوند. از نتایج مهم پایداری فلزات سنگین وسعت زیستی زیاد در زنجیره غذایی است؛ به طوری که، در نتیجه این فرایند مقدار آنها در زنجیره غذایی ممکن است تا چندین برابر مقدار آنها در آب یا هوا افزایش یابد (Shariari, 2005). از طرف دیگر، در دهه‌های اخیر مصرف آزیان هم به علت افزایش جمعیت و هم به علت رویکرد عمومی به مصرف غذاهای حاصل از منابع آبی، در پی آشکار شدن اهمیت طبی و نقش آنها در پیشگیری و درمان بسیاری از بیماری‌های صعب‌العلاج، در حال افزایش است (Simopoulos, 1997). در این میان، میگوها به علت قرار گرفتن در بالای زنجیره غذایی^۲ و همچنین، جایگاه زیست‌شان^۳ از نظر احتمال جذب (تجمع) فلزات سنگین بر اساس ویژگی بزرگ‌نمایی زیستی بیشتر مورد توجه‌اند، زیرا آگاهی از سطح فلزات سنگین موجود در آنها و تعیین میزان مصرف‌شان می‌تواند در حفظ سلامت جامعه مصرف‌کنندگان این آزیان ارزشمند، بسیار کمک‌کننده باشد. با این رویکرد، پژوهش حاضر سنجش نه فلز سنگین (جیوه Hg، کادمیوم Cd، کروم Cr، مس Cu، سرب Pb، منگنز Mn، روی Zn، نیکل Ni و آهن Fe) را در میگوی سفید هندی (*Fennerpenaeus indicus*)، به‌منزله یکی از مهم‌ترین میگوهای جنوب کشور، بررسی کرده است.

آلودگی‌های خلیج فارس عمدتاً ناشی از فعالیت‌های نادرست در استخراج، فرآوری و حمل‌ونقل مواد نفتی همچنین، فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی در درون و حوضه‌های آبریز اطراف آن است (Hosseinkhezri and Tashkhourian, 2011). تحقیقات نشان می‌دهد که بیشتر این آلاینده‌ها، پس از ورود به منابع آبی، منجر به تغییراتی شگرف در اکوسیستم آنها می‌شوند (Dumont, 1998). در میان این آلاینده‌ها، فلزات سنگین به علت پایداری در چرخه‌های بیولوژیکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. هر چند برخی از فلزات سنگین مانند مس، روی، آهن و منگنز با غلظت کم در چرخه‌های بیولوژیکی آزیان ضروری‌اند، اما عناصری مانند کادمیوم، جیوه یا سرب کاملاً برای آزیان سمی‌اند (Canli et al., 2003). مطالعات توکسیکولوژیکی مرتبط با آزیان نشان می‌دهد که تخلیه فلزات سنگین به اکوسیستم‌های آبی موجب کاهش تنوع زیستی، رشد و میزان هم‌آوری در آنها می‌شود و در خصوص آزیان خوراکی، علاوه بر موارد برشمرده، موجب بروز مخاطراتی برای مصرف‌کنندگان آنها نیز می‌شود (Golovanova, 2008). فلزات سنگین به طور طبیعی در سطوح مختلف زمین و آب‌های سطحی یافت می‌شوند؛ اگر میزان این فلزات کمی بیشتر از میزان طبیعی شود، با توجه به ثبات شیمیایی، تجزیه‌پذیری ضعیف و قابلیت تجمع زیستی^۱ در بدن موجودات زنده، به سرعت تبدیل به آلاینده‌ای سمی می‌شوند. از طرف دیگر، فلزات سنگین به دلایل برشمرده مهم‌ترین

۲. به سبب رژیم غذایی گوشت‌خواری‌شان.

۳. میگوها آزیانی بسترزی‌اند (بستر منابع آبی محل تجمع بیشتر آلودگی‌ها در محیط‌های آبی است).

1. bioaccumulation

می‌تواند از دیدگاه سلامت و امنیت غذایی مصرف‌کننده نیز حائز اهمیت باشد.

۲. مواد و روش‌ها

۲.۱. تهیه و آماده‌سازی نمونه

در این تحقیق نمونه‌های میگوی سفید هندی مورد نیاز از صید روزانه صیادان بندر ماهشهر (شکل ۱) در آبان ۱۳۸۹ تهیه شدند. نمونه‌گیری به صورت تصادفی از بین میگوهای صیدشده و آماده‌عرضه به بازار صورت گرفت. در این تحقیق از ۳۰ میگو با وزن تقریبی ۱۸ گرم استفاده شد. نمونه‌ها پس از شست‌وشو درون کیسه پلاستیکی و داخل جعبه‌های یونولیت حاوی یخ پودر شده (به صورت لایه‌های متناوبی از یخ و میگو با نسبت ۳ به ۱) نگهداری شدند و در کمترین زمان ممکن به آزمایشگاه شیلات دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران منتقل و تا قبل از مراحل آزمایشگاهی در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند.

قبل از کالبدشکافی و آماده‌سازی، نمونه‌ها به مدت تقریبی ۵ ساعت در یخچال (دمای ۴ درجه سانتی‌گراد) قرار داده شدند تا رفع انجماد شوند. سپس، نمونه‌ها با آب مقطر سرد شست‌وشو داده شدند تا پوشش لزج و ذرات خارجی جذب‌کننده فلزات از سطح بدن آنها دفع شوند؛ آنگاه پوسته (اسکلت خارجی) ناحیه شکمی میگوها به صورت دستی جدا شد و عضلات شکمی هر کدام از میگوها به طور جداگانه در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت خشک شد؛ سپس، هر یک از نمونه‌های خشک‌شده در هاون چینی به صورت پودر درآمد و برای اندازه‌گیری‌های مربوط به سنجش

تاکنون در خصوص میزان تجمع فلزات سنگین در ماهیان خلیج فارس مطالعات چندی انجام شده است که می‌توان به پژوهش (Ghanemi and Pourreza, 2009) درباره ماهی بیاج (*Liza abu*, Mugilidae) و بنی (*Barbus sharpie*, Cyprinidae) (Shahriari, 2005)، درباره شوریده (*Otolithes ruber*, Sciaenidae) و سورخو (*Lutjanus lutjanus*, Lutjanidae) (Hashim, 1996) *et al.* درباره ماهی هامور (*Epinephelus coioides*) و تحقیقات (Agah *et al.*, 2010) درباره پنج گونه از ماهیان با مهاجرت کم در خلیج فارس شامل سنگسر (*Pomadasyys sp.*, Haemulidae)، ماهی زمین‌کن (*Platycephalus sp.*, Platycephalidae)، هامور (*Epinephelus tauvina*, Serranidae)، شوریده (*Otolithes ruber*, Sciaenidae) و حلوا سفید (*Pampus argenteus*, Stromateidae) اشاره کرد، اما پژوهش‌های اندکی در خصوص بررسی میزان فلزات سنگین در میگوهای خلیج فارس (Kureishy, 1993; and Amini, 2001; Pourang Sadiq *et al.*, 1995; Pourang *et al.*, 2005) انجام شده است. نظر به آنکه بستر منابع آبی عمده‌ترین پذیرنده آلودگی است، می‌توان در نظر گرفت که میگوی سفید هندی با آلودگی درخور ملاحظه‌ای طی حیات خود مواجه است و از این‌رو به نظر می‌رسد، برای مطالعات مربوط به پایش خلیج فارس، گونه‌ای مناسب باشد. از طرف دیگر، با توجه به اینکه این آبزی از ارزش غذایی و تجاری نسبتاً بالایی برخوردار است، لزوم بررسی میزان فلزات سنگین و آگاهی از مقدار آنها به منظور کاهش مخاطرات ناشی از مصرف این آبزی ارزشمند الزامی است. از این‌رو، نتایج پژوهش حاضر

روش افزودن استاندارد standard addition و درصد بازیابی recovery percentage فلزات استفاده شد. در این تحقیق ۱۰ میلی لیتر از محلول استاندارد فلزات مورد بررسی با دو غلظت متفاوت (بر حسب پی پی ام) تهیه و به نمونه مورد آزمایش اضافه شد. شایان ذکر است که دو نمونه به صورت مشابه و در شرایط یکسان تهیه شدند و فقط به یکی از آنها محلول استاندارد اضافه شد؛ آنگاه غلظت هر کدام جداگانه تعیین و درصد بازیابی فلزات از طریق فرمول زیر محاسبه شد.

$$R = 100 (A_2 - A_1) / A_s$$

در این فرمول R = درصد بازیابی، A_1 = غلظت نمونه بدون استاندارد (mg/L)، A_2 = غلظت نمونه حاوی استاندارد (mg/L) و A_s = غلظت محلول استاندارد (mg/L) است.

نتایج افزایش استاندارد به نمونه‌های میگو و درصد بازیابی فلزات سنگین (۱۰۳-۹۳/۳) نشان داد که روش مورد استفاده برای تعیین فلزات سنگین مورد نظر از اطمینان کافی برخوردار است.

۳.۲. آنالیز آماری

نخست، داده‌ها با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف نرمال‌سنجی شدند. پس از آن نتایج با معیارهای استاندارد پیشنهادی سازمان‌های معتبر جهانی، نظیر WHO، مقایسه شدند (با آزمون one-sample t test). از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ برای آنالیز آماری داده‌ها استفاده شده است.

میزان فلزات سنگین استفاده شد (سنجش جیوه Hg، در نمونه‌های تر انجام گرفت). همه ظروف استفاده شده نیز پس از انجام هر آنالیز با اسید نیتریک ۵٪ سپس، به ترتیب با آب معمولی و آب دیونیزه (دو دفعه) شست‌وشو شدند.

۲.۲. سنجش فلزات سنگین

برای سنجش فلزات سنگین از روش هضم اسیدی (هضم نمونه‌ها به کمک اسید نیتریک غلیظ) استفاده شد (Türkmen, 2008). طبق روش، به هر گرم از نمونه خشک شده مقدار ۱۰ میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ اضافه شد و روی حمام آبی با حرارت ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد تا نزدیک خشک شدن قرار داده شد. بعد از سرد شدن به آن ۵ میلی لیتر اسید نیتریک ۱۰٪ اضافه شد و پس از عبور از کاغذ صافی (Watman 42)، با آب مقطر دوبار تقطیر به حجم نهایی ۲۵ میلی لیتر رسید. نمونه‌های شاهد طبق مراحل شرح داده شده تهیه شدند. در این تحقیق برای اندازه‌گیری Cr، Cd، Ni، Mn، Fe، Cu و Zn از دستگاه ICP-OES^۱ (Optima 2100DV, Perkin Elmer Inc., Waltham, MA, USA) و به منظور اندازه‌گیری جیوه از تکنیک بخار سرد (cold vapor technique) با دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی (CV-AAS)^۲ و از محلول احیاکننده SnCl₂ استفاده شد.

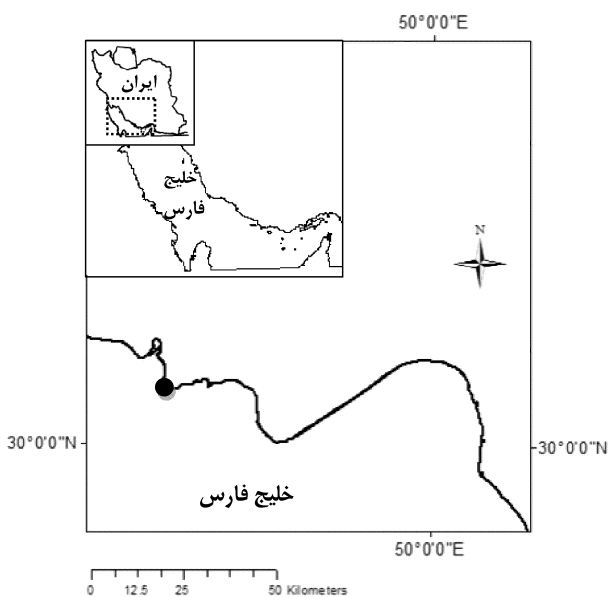
به منظور تأیید صحت روش کار و اطمینان از روش استخراج فلزات سنگین از نمونه‌های میگو، از

1. inductively coupled plasma-optical emission spectrometry; **ICP-OES**

۲. مراحل آماده‌سازی نمونه‌ها برای سنجش جیوه مطابق دستورالعمل پیشنهادی کارخانه سازنده دستگاه صورت گرفت.

۰/۶۹۴، ۱۸/۹، ۱۷/۱، ۰/۴۱۳، ۰/۷۴۸، ۰/۶۶۳، ۳/۷۱ و ۳۳/۲ میکروگرم بر گرم وزن خشک^۱ اندازه‌گیری شدند. نتایج پژوهش حاضر بیانگر آن است که فلزهای روی و کادمیوم به ترتیب بیشترین و کمترین غلظت (مقدار) را در میگوهای تحت بررسی دارند (جدول ۱).

هر چند مقادیر فلز روی اندازه‌گیری شده در بافت خوراکی میگوی سفید هندی بالاتر از سایر عناصر تحت بررسی بود، اما در مقایسه با میگوهای مانند ببری سبز *Penaeus merguinsis* (Pourang et al., 2005) و میگوی پاسفید *Metapenaeus affinis* (Pourang and Amini, 2002) کمتر بود. جدول ۳ غلظت فلزات سنگین از جمله فلز روی را در بافت عضله میگوی سفید هندی با سایر میگوهای خلیج فارس به طور مقایسه‌ای نشان می‌دهد. همان طور که مشاهده می‌شود، بین مقادیر روی اندازه‌گیری شده اختلافاتی فاحش وجود دارد. وجود برخی از این تفاوت‌ها در غلظت عنصر روی احتمالاً می‌تواند به منطقه زیست نمونه‌ها، اندازه، سن، جنسیت، گونه مورد بررسی و تا حدودی نیز به روش‌های متفاوت هضم شیمیایی نمونه‌ها مربوط باشد. از طرف دیگر، متوسط غلظت فلز مس در بافت عضله نمونه‌های تحت بررسی ۱۸/۹ میکروگرم بر گرم وزن خشک تعیین شد. در مطالعه Amini and Pourang (2001) که درباره بافت عضله میگوی ببری سبز و پاسفید انجام گرفت، مقدار این فلز به ترتیب ۱۷/۹ و ۱۷/۴ میکروگرم بر گرم وزن خشک اندازه‌گیری شد.^۱ این



شکل ۱. موقعیت تقریبی محل نمونه‌برداری در حوالی بندر ماهشهر به منزله محل تهیه نمونه‌های میگوی سفید هندی

۳. نتیجه‌گیری

تحقیقات گذشته (PourangMéndez et al., 1997; Pourang and Amini, 2001; et al., 2005) نشان داده است که میزان تجمع فلزات سنگین در بافت‌های گوناگون بدن میگو متفاوت است و اصولاً فلزات مختلف در اندام خاصی از بدن، که معمولاً از شدت فعالیت‌های متابولیکی بالاتری برخوردار است، بیش از سایر اندام‌ها تجمع می‌یابند، اما نظر به اینکه در میگوها بافت عضلات بخش شکمی نقش مهمی در تغذیه انسانی دارد، لزوم بررسی غلظت آلاینده‌ها و اطمینان از سالم بودن این قسمت از میگو بیشتر مورد توجه است. از همین رو در پژوهش حاضر بافت خوراکی (عضله) میگوی سفید هندی بررسی شده است.

در پژوهش حاضر، میانگین غلظت کادمیوم، کروم، مس، آهن، جیوه، منگنز، نیکل، سرب و روی در بافت عضله میگوی سفید هندی به ترتیب ۰/۴۰۵،

۱. مقدار جیوه بر حسب میکروگرم بر گرم وزن تر اندازه‌گیری شد.

۲. محل نمونه‌برداری ناحیه شمال غربی خلیج فارس.

اندازه‌گیری شد (Saghali et al., 2009). مقایسه نتایج آزمایش‌های این تحقیق همچنین، تحقیقات به‌عمل آمده درباره سایر میگوهای خلیج فارس با پژوهش‌های انجام‌شده درباره میگوهای سایر اکوسیستم‌های آبی (جدول‌های ۳ و ۴) نشان می‌دهد که غلظت سرب در میگوهای خلیج فارس نسبتاً بالاست که این تفاوت ممکن است به علل مختلفی از جمله آلودگی بیشتر خلیج فارس به سبب ورود گسترده ترکیبات نفتی و فاضلاب‌های صنعتی به داخل دریا همچنین، به سبب نیمه‌بسته بودن خلیج فارس (تبادل‌نداشتن مناسب آب با دریاها آزاد) و شرایط جغرافیایی، محیطی (تبخیر زیاد) و کیفیت منابع تأمین‌کننده آب آن مربوط باشد. ضمن آنکه مقررات دفع پساب در کشورهای مختلف، روش‌های متفاوت هضم شیمیایی نمونه‌ها، نوع گونه و ویژگی‌های آن مانند اندازه و جنس نیز ممکن است در نتایج آزمایش دخالت داشته باشند (Agusa et al., 2004; Anan et al., 2005).

کروم از جمله عناصری است که قابلیت تجمع در بافت‌هایی مانند پوست، عضلات و چربی انسان را دارد و میزان تجمع آن تابع عواملی مانند سن، جنسیت و شرایط جغرافیایی است. تأثیر مخرب کروم بیشتر به ترکیب شش ظرفیتی آن مربوط است که در انسان سبب نکرودز شدن کبد، التهاب کلیه و نهایتاً مرگ می‌شود. سازمان بهداشت جهانی WHO، حداکثر میزان مجاز کروم در محصولات شیلاتی را ۱۰ میکروگرم بر گرم وزن تر برآورد کرده است. در مطالعه حاضر مقدار فلز کروم در بافت عضله میگوی سفید هندی، ۰/۶۹۴ میکروگرم بر گرم وزن خشک (۰/۱۳۵ میکروگرم بر گرم وزن تر) آنها مشاهده شد.

تفاوت ناچیز نیز می‌تواند به عوامل برشمردده مربوط باشد. از طرف دیگر، بر اساس مطالعات انجام‌شده مشخص شد که محدوده غلظت فلزات روی و مس در میگوهای خلیج فارس به ترتیب ۴۷/۳-۱۳/۵ و ۲/۴۰-۲۰/۳ میکروگرم بر گرم وزن خشک است (جدول ۳). با توجه به این نکته، مشخص شد که نتایج پژوهش حاضر دور از انتظار نیست و در محدوده تعیین‌شده قرار دارد.

سرب علاوه بر اینکه به مقدار جزئی و به طور طبیعی در محیط زیست یافت می‌شود، یکی از ترکیبات مهم نفت است که حضور مقادیر بیش از حد آن در منطقه می‌تواند نشان‌دهنده بروز آلودگی نفتی باشد. سرب یکی از چهار فلزی است که بیشترین عوارض را روی سلامت انسان دارد. اختلال بیوسنتز هموگلوبین و کم‌خونی، افزایش فشار خون، آسیب به کلیه، سقط جنین و نارسای نوزاد، اختلال سیستم عصبی، آسیب به مغز، ناباروری مردان، کاهش قدرت یادگیری و اختلالات رفتاری در کودکان از عوارض منفی افزایش غلظت سرب در بدن است. مختل شدن عملکرد فیتوپلانکتون‌ها به منزله یکی از منابع مهم تولید اکسیژن در دریاها و در نتیجه برهم‌خوردن تعادل جهانی موجودات آبی از مهم‌ترین عوارض نامطلوب حضور سرب در اکوسیستم‌های آبی است. درباره این فلز، نتایج نشان داد که میانگین آن در بافت خوراکی میگو ۳/۷۱ میکروگرم بر گرم است. در بررسی انجام‌شده در بافت عضله میگوی سفید هندی پرورشی^۱ مقدار این عنصر ۰/۰۱ میکروگرم بر گرم وزن خشک

۱. ایستگاه تکثیر و پرورش میگوی گمیشان - استان گلستان.

میزان این عنصر نسبت به مطالعات گذشته، می‌تواند نشان‌دهنده افزایش میزان این آلاینده در ناحیه باشد. کادمیوم یکی از مهم‌ترین آلاینده‌ها برای آبزیان و انسان است که از طریق نزولات جوی همچنین، در اثر تخلیه فاضلاب انسانی در مناطق ساحلی وارد محیط‌های دریایی می‌شود. این فلز به علت کاربردهای وسیع و مختلف در صنایع و فعالیت‌های انسانی از مهم‌ترین منابع آلودگی با منشأ انسانی به شمار می‌رود. بر اساس مطالعه ایزلر (Eisler, 1985) مرگ و میر شدید و کاهش رشد و فعالیت‌های تولیدمثلی از عوارض قرارگرفتن آبزیان در معرض کادمیوم است. از طرف دیگر، تحقیقات نشان داده است که مصرف آبزیان آلوده به فلز کادمیوم موجب بیماری ایتای ایتای، تخریب کلیه و بافت‌های بیضه در فرد می‌شود (Shariari, 2005). در این بررسی کمترین مقدار تجمع عناصر در بافت میگوی مورد مطالعه مربوط به فلز کادمیوم بود. به طوری که، متوسط غلظت آن در بافت میگو $0/405$ میکروگرم بر گرم وزن خشک به دست آمد. بررسی‌ها نشان می‌دهد محدوده غلظت فلز کادمیوم در میگوهای خلیج فارس حدود $0/680-0/075$ بر اساس میکروگرم بر گرم از وزن خشک است (جدول ۳). پایین بودن آلودگی به کادمیوم در نمونه‌های مورد بررسی احتمالاً به دلیل کم‌بودن مقدار ورود این فلز در منطقه نمونه برداری و ویژگی‌های گونه‌ای (مانند اندازه و جنس) است.

جیوه سمی‌ترین فلزی است که با تأثیر در مغز انسان سبب آشفته‌گی‌های عصبی می‌شود و همچنین، دارای اثر بازدارندگی رشد بدن و آنزیم‌هاست. به علت تأثیرات متعدد و مضر جیوه بر سلامت مصرف‌کننده، مطالعات متعددی در خصوص آنها

در مطالعات انجام‌شده در آب‌های خلیج فارس مقدار کروم در میگوی پاسبید و ببری سبز صیدشده از منطقه قشم، به ترتیب $0/735$ و $0/635$ میکروگرم بر گرم وزن خشک (Pourang and Amini, 2001) تعیین شده است که با مطالعه حاضر فاقد تفاوت آماری است و می‌توان نتیجه گرفت که از منظر این عنصر، تفاوت چندانی در تغییر غلظت آلاینده‌ها در اکوسیستم خلیج فارس رخ نداده است.

نیکل فلزی سنگین با آلودگی مشخص رسوبات در نواحی صنعتی است. عامل اصلی ورود نیکل به دریاها از طریق رودخانه‌هاست. مهم‌ترین منشأ انسانی نیکل در اکوسیستم‌های آبی سوختن سوخت‌های فسیلی، سنگ‌های معدنی و فعالیت‌های تصفیه، گداختن و آبکاری فلزات است. قرارگرفتن موجودات آبی در معرض رسوبات آلوده به نیکل موجب تأثیرات شدیدی مانند مرگ‌ومیر و کاهش رشد و فعالیت‌های بازدارنده تولیدمثل می‌شود (Martin and Whitfield, 1983). در مطالعه حاضر، متوسط غلظت نیکل در عضله میگو $0/663$ میکروگرم بر گرم وزن خشک اندازه‌گیری شد. بر اساس بررسی‌های انجام‌شده در آب‌های خلیج فارس، مقدار این عنصر در میگوی ببری سبز و پاسبید به ترتیب $0/363$ و $1/17$ میکروگرم بر گرم وزن خشک (Pourang and Amini, 2001) اندازه‌گیری شد. نتایج متغیری در خصوص سایر میگوهای خلیج فارس همچنین سایر منابع آبی به دست آمد (جدول‌های ۳ و ۴). علت اختلافات مشاهده‌شده می‌تواند به مواردی که پیش‌تر در خصوص سایر عناصر بیان شد مرتبط باشد، اما باید توجه داشت که فلز نیکل از جمله عناصر نشان‌دهنده آلودگی نفتی (آلودگی بسیار متداول در خلیج فارس) محسوب می‌شود. از این‌رو افزایش

مختلف میگو متفاوت است، می توان نتیجه گرفت که محتویات چربی در بافت‌ها تا اندازه‌ای در این تفاوت مؤثر بوده است. به طور کلی، ارتباط بین فاکتورهای رشد با تجمع فلزات در آبزیان به عوامل متعددی از قبیل عملکرد ویژه فلز در بافت مورد نظر، روابط متقابل فاکتورهای بیوشیمیایی بافت مورد نظر با عوامل زیستی، تأثیر افزایش رشد بافت (خاصیت رقیق‌کنندگی غلظت فلزات) و نرخ متابولیسم گونه مورد نظر، نیمه عمر فلزات و در دسترس بودن فلز در زیستگاه بستگی دارد (Langston, et al., 1995).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که، به استثنای نیکل، تمامی فلزات تحت بررسی در عضله ناحیه شکمی میگو کمتر از حد مجاز تعیین شده سازمان‌های معتبر جهانی (New Zealand, ANHMRC, USEPA, MAFF, WHO) است (جدول ۲)، اما با توجه به آنکه عمده فلزات خطرناک‌تر مانند جیوه نزدیک به حد اعلام شده‌اند، بنابراین در دفعات مصرف این گونه از آبی ارزی‌ارزشمند باید دقت لازم مبذول شود تا از بروز مخاطرات ناشی از ورود بیش از حد چنین فلزات سنگینی به مصرف‌کننده جلوگیری شود.

انجام شده است. تحقیقات نشان داده است که مصرف آبزیان یکی از عمده‌ترین مسیرهای ورود این عنصر خطرناک به بدن انسان‌هاست. همان طور که از نتایج پژوهش حاضر مشهود است، مقدار این عنصر در میگوی سفید هندی مورد بررسی نسبتاً بالاست (۰/۴۱۳ میکروگرم بر گرم وزن خشک). چنین نتیجه‌ای دور از انتظار نیست، چراکه با توجه به جایگاه زیست میگو و از آنجا که رسوبات مهم‌ترین پذیرنده فلزات سنگین در منابع آبی‌اند، نتیجه توجیه‌شده است. از طرف دیگر، بیشتر بودن مقدار جیوه اندازه‌گیری شده در نمونه‌های تحقیق حاضر، در مقایسه با میگوهای سایر اکوسیستم‌های آبی (جدول ۴)، احتمالاً می‌تواند به ورود مقدار بیشتر آلاینده‌های حاوی جیوه به اکوسیستم آبی منطقه مورد مطالعه مربوط باشد. البته نباید تأثیر عوامل دیگر مانند روش هضم شیمیایی، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب و محتوای چربی در گونه‌های مختلف را از نظر دور نگه داشت. (Farkas et al., 2003) بیان کردند که محتویات چربی بافت خاصیت رقیق‌کنندگی فلزات را بر عهده دارند و از آنجا که میزان چربی گونه‌های

جدول ۱. مقدار فلزات سنگین در بافت خوراکی میگوی سفید هندی (*Fennerpenaeus indicus*)^۱

	Zn	Pb	Ni	Mn	Hg	Fe	Cu	Cr	Cd
میانگین	۳۳/۲	۳/۷۱	۰/۶۶۳	۰/۷۴۸	۰/۴۱۳	۱۷/۱	۱۸/۹	۰/۶۹۴	۰/۴۰۵
میانه	۳۱/۹	۳/۴۹۵	۰/۵۵۵	۰/۵۳۴	۰/۳۷۹	۱۵/۶	۱۸/۲	۰/۵۳۰	۰/۳۷۰
حداقل	۱۹/۶	۱/۷۴	۰/۱۸۰	۰/۱۰۳	۰/۱۳۶	۱۱/۳	۸/۲۱	۰/۲۴۰	۰/۱۹۰
حداکثر	۵۲/۱	۶/۰۱	۱/۳۱	۱/۸۱	۰/۸۷۶	۲۸/۶	۳۳/۹	۱/۵۷	۰/۸۱۰

۱. مقادیر ارائه شده برای همه عناصر ذکر شده، به استثنای جیوه، بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک است.

جدول ۲. مقادیر حد مجاز در عضله ماهیان در استانداردهای مختلف (بر حسب میکروگرم بر گرم وزن تر)

	Zn	Pb	Ni	Mn	Hg	Fe	Cu	Cr	Cd
میگوی سفید هندی	۶/۴۷	۰/۷۲۴	۰/۱۲۹	۰/۱۴۶	۰/۴۱۳	۳/۳۴	۳/۶۹	۰/۱۳۵	۰/۰۷۹
استانداردها									
WHO ^a	۱۰۰۰	۱/۵	۰/۰۵	۵/۴	۰/۵	-	۱۰	۱۰	۰/۲
MAFF ^b	۵۰	۲	-	-	۰/۳	-	۲۰	-	۰/۲
USEPA ^c	۱۵۰	۴	۱	-	۰/۵	-	۱۲۰	۸	۰/۲
ANHMRC ^d	۱۵۰	۱/۵	-	-	-	-	۲۰	-	۰/۰۵
New Zealand ^e	۴۰	۲	۱	-	-	-	۳۰	-	۱
Germany ^f	-	۰/۵	-	-	۱	-	-	-	۰/۵

^a World Health Organization (Pourang *et al.*, 2005); ^b Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (UK); MAFF (2000); ^c United states EPA (Mishra *et al.*, 2007); ^d Australian National Health and Medical Research Council (Pourang *et al.*, 2005); ^e Vicente-Martorell *et al.*, 2009; ^f Merian, 1991.

جدول ۳. مقایسه غلظت فلزات سنگین (بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک) در بافت عضله

میگوی سفید هندی با سایر میگوهای خلیج فارس

گونه میگو	Zn	Pb	Ni	Mn	Hg	Fe	Cu	Cr	Cd
میگوی ببری سبز ^۱	۴۰/۲	-	۰/۳۶۳	۰/۱۵۱	-	۱۷/۸	۱۷/۹	۰/۶۳۵	۰/۰۷۵
میگوی پاسفید ^۲	۴۶/۱	-	۱/۱۷	۰/۴۶۰	-	۲۲/۲	۱۷/۴	۰/۷۳۵	۰/۱۱۱
میگو ^۳	۱۳/۵	-	۵/۱۴	۰/۲۸۰	-	۸/۰۴	۵/۸۷	۰/۶۷۰	۰/۱۸۰
ببری سبز ^۴	۴۷/۳	-	-	-	-	-	۲۰/۳	-	۰/۳۱
میگوی ببری سبز ^۵	-	۱/۱۰	۰/۹۷۰	-	۰/۰۸	-	۲/۴۰	-	۰/۶۸۰
میگوی سفید هندی ^۶	۳۳/۲	۳/۷۱	۰/۶۶۳	۰/۷۴۸	۰/۴۱۳	۱۷/۱	۱۸/۹	۰/۶۹۴	۰/۴۰۵

1 *Penaeus merguensis* (Pourang and Amini, 2001)

2 *Metapenaeus affinis* (Pourang and Amini, 2001)

۳. گونه مشخص نشد. نمونه‌ها از سواحل خلیج فارس واقع در محدوده آب‌های عربستان جمع‌آوری شده‌اند. فلزات سنگین در این گونه در کل بدن آن (whole body) اندازه‌گیری شده است (Sadiq *et al.*, 1995).

4. Pourang *et al.* (2005)

۵ منطقه ساحلی خلیج فارس در محدوده آب‌های قطر (Kureishy, 1993).

6. *Fennerpenaeus indicus*

جدول ۴. مقایسه غلظت فلزات سنگین (بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک) در بافت عضله میگوی سفید هندی با میگوهای سایر مناطق دریایی

Zn	Pb	Ni	Mn	Hg	Fe	Cu	Cr	Cd	گونه میگو	منطقه جغرافیایی
۱۲۶	۳/۳۰	۱/۸۰	-	-	-	۶۰/۵	۴/۸۰	۱/۲۷	<i>P. indicus</i>	Ennore estuary, India (3)
۱۳/۲	۰/۳۴۰	۱/۴۰	-	۰/۰۳۸	۳/۱۰	۷/۴۰	۰/۱۴۰	۰/۰۳	<i>P. Kerathurus</i>	Mediterranean coast of Turkey (2)
-	-	-	۱/۰۹	۰/۰۲	۰/۶۱	۹/۱۰	-	nd	<i>P. merguensis</i>	Three Mile Creek, Australia (3)
۱۱۸۵	۳۲/۱	-	-	-	۱۹۲	-	-	۰/۷۲	<i>P. monodon</i>	Sunderban, India (4)
۱۵/۷	۰/۲۹	-	-	۰/۰۲۷	۴/۹۹	۴/۸۱	-	nd	<i>P. notialis</i>	Coast of Ghana (5)
۶۰/۶	-	۱/۳۰	۷/۰۷	-	-	۲۳/۳	۱/۴۵	۰/۵۷	<i>P. vannamei</i>	Pacific coast of Mexico (6)
۳۳/۲	۳/۷۱	۰/۶۶۳	۰/۷۴۸	۰/۴۱۳	۱۷/۱	۱۸/۹	۰/۶۹۴	۰/۴۰۵	<i>F. indicus</i>	مطالعه حاضر

(1) Joseph *et al.*, 1992; (2) Balkas *et al.*, 1982; (3) Darmono and Denton 1990; (4) Guhathakurta and Kaviraj 2000; (5) Biney and Ameyibor, 1992; (6) Paez-Osuna and Ruiz-Fernandez, 1995.

References

- [1]. Agah, H., Leermakers, M., Gao, Y., Fatemi, S.M.R., Mohseni Katal, M., Baeyens, W., Elskens, M., 2010. Mercury accumulation in fish species from the Persian Gulf and in human hair from fishermen. *Environmental Monitoring and Assessment*, 169: 203–216.
- [2]. Agusa, T., Kunito, T., Tanabe, S., Pourkazemi, M. and Aubrey, D.G., 2004. Concentrations of trace elements in muscle of sturgeons in the Caspian Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 49: 789–800.
- [3]. Anan, Y., Kunito, T., Tanabe, S., Mitrofanov I., Aubrey, D., 2005. Trace element accumulation in fishes collected from coastal waters of the Caspian Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 51: 882–888.
- [4]. Bkas, T.I., Turul, S., Saliholu, I. 1982. Trace metal levels in fish and crustaceans from northeastern Mediterranean coastal waters. *Marine Environmental Research*, 6(4): 281–9.
- [5]. Biney, C.A., Ameyibor, E., 1992. Trace metal concentrations in the pink shrimp *Penaeus notialis*, from the coast of Ghana. *Water, Air and Soil Pollution*, 63: 273–9.
- [6]. Calnli M., Atli G., 2003. The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. *Environment Pollution*, 121:129-136.
- [7]. Darmono, D., Denton, G.R.W. 1990. Heavy metal concentrations in the banana prawn, *Penaeus merguensis*, and leader prawn, *P. monodon*, in the Townsville Region of Australia. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 44: 479–86.
- [8]. Dumont, H.J., 1998. The Caspian lake, history, biota, structure, and function. *Limnology and Oceanography*, 43: 44–52.
- [9]. Eisler, R. 1985. Cadmium hazards to fish, wildlife and invertebrates, A synoptic review. U.S. Fish wild. Servay Biological Report 85 (1.2). 46 p.
- [10]. Farkas, A., Salánki, J., Specziár, A. 2003. Relation between growth and the heavy metal concentration in organs of bream *Abramis brama* L. populating Lake Balaton. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 43: 236–43.
- [11]. Golovanova, I.L., 2008. Effect of heavy metals on the physiological and biochemical status of fishes and aquatic invertebrates. *Inland Water Biology*, 1: 93–101.
- [12]. Guhathakurta, H., Kaviraj, A., 2000. Heavy metal concentration in water, sediment, shrimp (*Penaeus monodon*) and mullet (*Liza parsia*) in some brackish water ponds of Sunderban, India. *Marine Pollution Bulletin*, 40: 914–920.
- [13]. Hashim A.A., Jalal, A., Ismail, M.M., Dhabia, A., 1996. Heavy metals in the grouper fish *Epinephelus coioides* from the coast of Bahrain, an assessment of monthly and spatial trends. *International Journal of Environmental Studies*, 50(3-4): 237-246.
- [14]. Hosseinkhezri, P., Tashkhourian, J., 2011. Determination of heavy metals in *Acanthopagrus latus* (Yellowfin seabream) from the Bushehr seaport (coastal of Persian Gulf), Iran. *International Food Research Journal*, 18:791-794.
- [15]. Joseph, K.O., Srivastava, J.P., Kadir, P.M.A. 1992. Acute toxicity of five heavy metals to the prawn, *Penaeus indicus* (H. Milne Edwards) in brackish water medium. *Journal of Inland Fisheries Society of India*, 24(2): 82–4.
- [16]. Kureishy, T.W. 1993. Concentration of heavy metals in marine organisms around Qatar before and after the Gulf War oil spill. *Marine Pollution Bulletin*, 27: 183-186.

- [17]. Langston, W.J., Spence, S.K., 1995. Biological factors involved in metal concentrations observed in aquatic organisms, In: (A. Tessier & D.R. Turner eds.), Metal speciation and bioavailability in aquatic systems. John Wiley, New York, USA. 407-478 pp.
- [18]. MAFF, 2000. Monitoring and surveillance of non-radioactive contaminants in the aquatic environment and activities regulating the disposal of wastes at sea, 1997. In, Aquatic Environment Monitoring Report No. 52. Center for Environment, Fisheries and Aquaculture Science, Lowestoft, UK.
- [19]. Martin, J.M., Whitfield, M. 1983. The significance of the river input of chemical elements to the ocean. *Water Research*, 29: 265–296.
- [20]. Méndez, L., Acosta, B., Palacois, E., Magallón, F. 1997. Effect of stocking densities on trace metal concentration in three tissues of brown shrimp *Penaeus californiensis*. *Aquaculture*, 156: 21–34.
- [21]. Merian, E. 1991. Metals and their Compounds in the Environment Occurrence, Analysis and Biological Relevance, Weinheim, VCH 704 p.
- [22]. Mishra, S., Bhalke, S., Saradhi, I.V., Suseela, B., Tripathi, R.M., Pandit, G.G., Puranik, V.D. 2007. Trace metals and organometals in selected marine species and preliminary risk assessment to human beings in Thane Creek area, Mumbai. *Chemosphere*, 69: 972–978.
- [23]. Paez-Osuna, F., Ruiz, C.F. 1995. Trace metals in the Mexican shrimp *Penaeus vannamei* from estuarine and marine environments. *Environmental Pollution*, 87: 243–7.
- [24]. Pourang, N., Amini, G. 2001. Distribution of trace elements in tissues of two shrimp species from Persian gulf and effects of storage temperature on elements transportation. *Water, Air and Soil Pollution*, 129: 229-243.
- [25]. Pourang, N., Dennis, J.H., Ghourchian, H., 2005. Distribution of heavy metals in *Penaeus semisulcatus* from Persian Gulf and possible role of metallothionein in their redistribution during storage, *Environmental Monitoring and Assessment* 100(1-3): 71-88.
- [26]. Pourreza, N., Ghanemi, K. 2009. Determination of mercury in water and fish samples by cold vapor atomic absorption spectrometry after solid phase extraction on agar modified with 2-mercaptobenzimidazole. *Journal of Hazardous Materials*, 161: 982–987.
- [27]. Saghali, M., Yadegarian, L., Hosseini, S.A., Makhdoomi, N.M., 2009. Determination of heavy metal (Cd, Hg, Pb and Zn) levels in muscle tissues of Indian White Shrimp (*Penaeus indicus*) cultured in Gomishan region (Golestan Province), Kolahi region (Hormozgan Province) and Caspian Sea shrimp (*Palaemon elegans*). *Journal of Marine Science and Technology*, 8(1): 81-88.
- [28]. Shahriari, A., 2005. Determination of cadmium, chromium, lead and nickel in edible tissues of Tiger-Toothed Croaker and Russels snapper from Persian Gulf in 1382. *Journal of Gorgan University of Medical Sciences*, 2(7): 65-67.
- [29]. Simopoulos, A. 1997. Nutritional aspects of fish. In, Luten J., Borresen T. and Oehlenschlager J. (eds.), *Seafood from producer to consumer, integrated approach to quality*. Amsterdam, Elsevier. 589-607.
- [30]. Türkmen, M., Türkmen, A., Tepe, Y., Töre, Y., Ates, A. 2009. Determination of metals in fish species from Aegean and Mediterranean seas. *Food Chemistry*, 113: 233–237.
- [31]. UNEP. 1999. Chemical programme, Globale Mercury Assessment Report, chapter 4, *Current Mercury Exposures and Risk Evaluations for humans*.
- [32]. Vicente-Martorell, J.J., Galindo-Riaño, M.D., García-Vargas, M., Granado-Castro, M.D. 2009. Bioavailability of heavy metals monitoring water, sediments and fish species from a polluted estuary. *Journal of Hazardous Materials*, 162: 823–836.