فصلنامه علوم تکثیر و آبزی‌پروری/ سال دوم/ شماره چهارم/ پاییز ۹۳/ صفحات ۹۰-۷۷

مقایسه میزان روی و ارزیابی خطر(HQ) در عضله ماهی‌های پرورشی در استان خوزستان

شبنم نثارحسینی[۱]، ، ابوالفضل عسکری ساری*[۱]

چکیده

هدف از انجام این تحقیق بررسی و ارزیابی خطر(HQ) فلز روی در عضله کپور ماهیان پرورشی: کپور علفخوار(*Ctenopharyngoodon idella*)، کپور سرگنده(*Hypophthalmichthys nobilis*)، کپور نقره ای(*Hypophthalmicchthys moltirix*) و کپور معمولی(*Cyprinus carpio*) در استان خوزستان بود. در سال ۱۳۹۳ نمونه برداری ماهیان پرورشی از مراکز پرورش شوش، آزادگان و شهید احمدی خرمشهر انجام پذیرفت. با استفاده از روش هضم مرطوب و به کمک دستگاه جذب اتمی ۴۱۰۰ Perkin Elmer غلظت روی اندازه گیری شد. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق بالاترین غلظت روی عضله بین ماهیان مورد بررسی در ماهی آمور با ۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر اندازه‌گیری شد که با میزان روی عضله در سایر ماهیان مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری نداشت($P\geq ۰/۰۵$). در بین ماهیان مورد تحقیق ارزیابی خطر مربوط به ماهی آمور(HQ=۰/۰۲۱±۰/۰۰۲)، بیگ هد(HQ=۰/۰۲±۰/۰۰۳)، فیتوفاگ(HQ=۰/۰۱۹±۰/۰۰۲) و کپورمعمولی(HQ=۰/۰۱۸±۰/۰۰۲) محاسبه شد که در آمور بالاترین مقدار بدست آمد. ارزیابی خطر در تمام نمونه‌ها کمتر از ۱ محاسبه شد بنابراین خطری ازنظر میزان روی ورودی به بدن انسان با تغذیه از ماهیان مورد تحقیق وجود ندارد.

کلید واژه: روی، ارزیابی خطر، ماهیان پرورشی .

۱- واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران askary.sary@yahoo.com

۱- مقدمه

طبق پیش‌بینی‌های صورت‌گرفته جمعیت جهان تا سال ۲۰۳۰ به هشت میلیارد نفر خواهد رسید(FAO, 2005) و مسأله تامین غذا برای این جمعیت در حال رشد بسیار اهمییت دارد(Chamberlain, 1993). میزان مصرف ماهی از ۴۵ میلیون تن در سال ۱۹۷۳ به بیش از ۱۳۰ میلیون تن در سال ۲۰۰۰ افزایش یافته است و FAO تخمین میزند تا سال ۲۰۳۰ حدود ۴۰ میلیون تن دیگر به میزان مصرف غذاهای دریایی افزوده خواهد شد که این امر بیانگر نقش مهم آبزی پروری در تامین امنیت غذایی در جهان است(ClientEarth, 2011). همزمان با رشد این صنعت نگرانی‌ها در مورد اثرات آلودگی بر سلامت ماهیان دریایی و پرورشی و مصرف‌کنندگان آن افزاش یافته است(Olesen et al., 2011). از طرفی با شناسایی مطلوبیت و برتری غذایی این فراورده‌ها بر دیگر مواد پروتئینی روز به روز بر مصرف آنها افزوده می‌شود. با توجه به محتوای بالای اسیدهای چرب امگا-۳، ویتامین ها، مواد معدنی و سطح پایینی از چربی های اشباع در ماهی، انجمن قلب آمریکا توصیه نموده حداقل دوبار در هفته از ماهی استفاده شود زیرا دلایلی وجود دارد که ارتباط مستقیم مصرف ماهی و پایین آمدن خطر ابتلاء به سرطان پروستات، سلول کلیوی و عروق کرونر قلب را ثابت می کند. در مقابل این اثرات مطلوب، ماهی به دلیل آلوده شدن به آلاینده‌های شیمیایی می تواند باعث تجمع بخش قابل توجهی از آلاینده‌ها در مصرف‌کنندگان شود(Kumar et al., 2013). با افزایش جمعیت، فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی، ورود آلاینده‌ها به محیط زیست افزایش یافته و منجربه بروز مشکلات جدی آلودگی در اکوسیستم های آبی شده است و این روند رو به رشد مورد توجه سازمان ها و نهادهای بهداشتی بین المللی واقع شده است(Hamidi, 2010). از انواع این آلاینده‌ها می‌توان به فلزات سنگین اشاره کرد که به طور طبیعی از اجزای تشکیل‌دهنده اکوسیستم‌های آبی محسوب می‌گردند و به دلیل سمیت، پایداری و عدم تجزیه زیستی، بزرگنمایی، تجمع زیستی و نیز جذب آسان در گونه‌های آبزی، مورد توجه بیشتری قرارگرفته‌اند (تاتینا و همکاران، ۱۳۸۸؛ خوشنامونده، ۱۳۸۹؛ عسکری ساری، ۱۳۸۹؛ Jaffar et al., 1998; Ashraf et al., 2006; Chuba et al., 2007 and Yilmaz, et al., 2007). فلزات سنگین یا سمی هستند مانند آلومینیم، آرسنیک، کادمیوم، آنتیموان و سرب یا نیمه ضروری هستند مانند وانادیوم، نیکل، کبالت و یا مانند مس، آهن و روی ضروری هستند(Yildirim et al., 2009). محدوده باریکی بین ضرورت و سمیت وجود دارد زمانی که مقادیر فلزات ضروری مانند روی افزایش یابد به یک آلاینده تبدیل می‌شوند و می‌توانند اثرات سمی داشته باشند(Turkmen and Ciminli, 2007; Turkmen et al., 2008). به دلیل تاثیرات منفی فلزات سنگین بر آبزیان نظیر کاهش رشد، تغییرات رفتاری، تغییرات ژنتیکی، مرگ و

میر و همچنین به سبب سمیت و تمایل به تجمع در زنجیره غذایی باعث ایجاد نگرانی در مصرف آبزیان گردیده اند(رستمی و همکاران، ۱۳۷۹). گیاهان نیز قادر هستند فلزات سنگین را در سطوح بالاتری در خود جذب نمایند(Terra et al., 2008).

روی در طبیعت به ندرت به صورت یون‌های آزاد وجود دارد و اغلب در ترکیب با سایرعناصر معدنی یافت می‌شود. افزایش سطوح روی در اکوسیستم‌های آبی می‌تواند بر اثر تخلیه پساب‌های صنعتی، تخلیه و رسوب روی از طریق اتمسفر، شستشوی فاضلاب‌های محلی و مواد زائد فعالیت‌های معدنی، آفت‌کش‌ها و فرایندهای گالوانیزاسیون باشد(Yim and kim, 2006). این عنصر در مقادیر اندک برای ماهی ضروری است و به عنوان کاتالیزور در ساختار آنزیم‌های فعال در سوخت و ساز انرژی، فعالانه نقش دارد(جلالی جعفری، ۱۳۸۶). وقتی به مقدارزیاد وجود داشته باشند با ایجاد اثرات سمی برروی موجودات آبزی به آلاینده تبدیل می شوند(Javad, 2005) و سبب تغییراتی در ساختار آبشش و جدانشدن سلولهای کلراید می‌شود(Leatherland and Woo, 1998). مسمومیت با روی منجر به کاهش pH عروق سرخرگی، کاهش جذب O_2، افزایش ضربان قلب، افزایش حجم جابجایی، نقص در تعادل و کاهش میزان تغذیه می گردد(Sparks et al., 1972). به خوبی مشخص شده که ماهی ها به دلیل قرار داشتن در سطوح غذایی مختلف نشانگرهای خوبی برای پایش طولانی مدت تجمع فلزات سنگین در محیط‌های دریایی می باشند (Has-Schon et al., 2008). عادات تغذیه‌ای، نیازهای اکولوژیک، غلظت فلزات سنگین درآب، مدت زمان ماندگاری ماهی در محیط آبی و فصل صید از عوامل مؤثردر تجمع فلزات سنگین در اندام‌های مختلف ماهی می‌باشند(Demirak et al., 2006) و درجه آلودگی، به نوع مواد آلوده کننده، مکان نمونه برداری، گونه ماهی، سطح و شیوه تغذیه ماهی بستگی دارد(Eisler ,1988; Clark et al., 1997; Asuquo et al., 1999; Asuquo et al., 2004).

عنصر روی در بدن انسان از اهمیت فوق‌العاده ای برخوردار است و در بیش از ۳۰۰ فعالیت آنزیمی شرکت دارد.میزان روی مورد نیاز انسان به سن و جنسیت بستگی دارد و به طور میانگین ۱۵ میلی‌گرم در روزاست. وظائف مهم روی در تقسیم سلولی و درک مزه می‌باشد وکمبود آن سبب بی‌اشتهایی، کاهش رشد، اختلال در فعالیت متالوآنزیم ها، عمل بینایی، تولید مثل، تنفس و اعمال کلیه می‌گردد. مسمومیت ناشی از روی در انسان همراه با سردرد، تهوع، دردهای شکم، کم-خونی سلولی همراه است و در مقادیر بالاتر به سیستم گوارشی، غدد درون‌ریز، سیستم خون‌سازی و بافت پوست آسیب می‌رساند(عسکری ساری و ولایت زاده، ۱۳۹۳).

سازمان FAO مقدار استاندارد را برای فلز روی ۳۰ میلی گرم در کیلوگرم(FAO, 1983) و

WHO این مقدار استاندارد را ۱۰۰۰ میلی گرم در کیلوگرم اعلام کرده است(WHO, 1998). اگرچه غذا یکی از روش های بسیار مهم در جذب آلودگی در انسان می باشد(Hosseini et al., 2011). ولی در اغلب کشورهای جهان تفاوت‌هایی در تعیین میزان استاندارد آلاینده‌ها در مواد غذایی وجود دارد که معمولا" ناشی از عادات غذایی و همچنین ویژگی‌های خاص مرتبط با اقلیم، صنعت و کشاورزی است. در رابطه با فرآورده‌های دریایی و آبزیان این تفاوت چشمگیرتر است زیرا مصرف ماهی در مناطق مختلف بسیار متفاوت است بنابراین معیار استاندارد با توجه به پارامترهایی نظیر مصرف سرانه، سمیت مواد، ویژگی‌های مصرف‌کنندگان (زن، مرد، کودک) و پتانسیل جذب باید تعیین گردد(FAO, 2009). فاکتورهای مختلفی در ارتباط با حد مجاز فلزات سنگین و مصرف انسانی آن مورد توجه می باشد. به طور مثال سازمان بهداشت جهانی (WHO) غلظت فلزات سنگین در بافت عضله را به عنوان مبنا قرار می دهد و سازمان FAO و USEPA میزان عناصر سنگین در ماده مورد مصرف انسان را مورد توجه قرار می دهد. در نهایت با توجه به سرانه متفاوت در کشورهای مختلف و حتی در مناطق مختلف یک کشور، ارزیابی خطر (HQ) که در حقیقت سمی یا غیرسمی بودن یک عنصر با توجه به سرانه مصرف از آن ماهی و وزن میانگین انسانی می باشد، به عنوان شاخص معتبر مورد توجه قرار گرفته است(Castilhos et al., 2006; Goldblum et al., 2006).

شاخص خطر (HQ) یک آلاینده عبارت است از نسبت دوز جذب روزانه آلاینده به دوز مرجع آن می‌باشد که اگر از ۱ کمتر باشد، نشان‌دهنده آن است که مصرف ماهی اثر مضری بر سلامتی ندارد Castilhos et al., 2006; Phuc Cam Tu et al., 2008; Zhanga et al., (2012). از آنجایی که بافت عضله ماهی بیشترین قسمتی است که توسط انسان به عنوان غذا مصرف می شود ، بنابراین برای ارزیابی و مشخص کردن غلظت های آلوده کننده از همین بافت استفاده می شود(Ashraf, 2005).

میزان پرورش آبزیان در جهان در سال ۲۰۱۱ برابر۶۲۷۰۰۳۰۰ تن بوده است (FAO, 2013) و میزان تولید آبزیان پرورشی در ایران در سال۱۳۹۱ برابر ۳۳۸۸۷۷ تن بوده که از این میزان ۱۵۴۵۶۵ تن مربوط به ماهیان گرمابی بوده که میزان آن در استان خوزستان ۴۰۵۳۷ تن بوده که رتبه ی سوم را در کشور دارد (سالنامه‌ی شیلات ایران، ۱۳۹۲). ماهی کپور معمولی در آبهای گرم بیشتر کشورهای دنیا پرورش داده می‌شود. این ماهی همه چیز خوار و به طور کلی کف‌زی خوار است (هدایت، ۱۳۷۸). میزان پرورش این ماهی در سال ۲۰۱۱، ۳۷۳۳۴۱۸ تن بوده و در نتیجه سومین گونه ی مهم پرورشی آبزیان از نظر تولید می باشد(FAO,2013). ماهی آمور یا کپور علفخوار خاصیت سازگاری و رشد مطلوبی داشته و غیر بومی آبهای ایران است(عسگری، ۱۳۸۴)

این ماهی به طور کامل علفخوار می باشد(فرید پاک،۱۳۸۶) میزان پرورش این گونه در سال ۲۰۱۱ ،۴۵۷۴۶۷۳ تن بوده و دومین گونه‌ی مهم پرورشی می باشد(FAO, 2013). بیگ هد یا کپور سر گنده یکی از گونه‌های مهم کپور ماهیان است. میزان پرورش این ماهی در سال ۲۰۱۱ ، ۲۷۰۵۴۳۶ تن بوده و هفتمین گونه ی پرورشی جهان محسوب می شود(FAO, 2013). ماهی فیتوفاگ به دلیل قابلیت سازگاری با محیط، رشد سریع، رژیم غذایی مناسب در سراسر جهان معرفی شده است(هدایت،۱۳۷۸) میزان پرورش این گونه در سال ۲۰۱۱ ، ۵۳۴۹۵۸۸ تن بوده و در حال حاضر اولین گونه ی پرورشی جهان می باشد(FAO, 2013). سرانه ی مصرف انواع آبزیان در ایران از ۱ کیلوگرم در سال ۱۳۵۷ به ۸/۵ کیلوگرم در سال ۱۳۹۲ افزایش یافته است. در ایران از ۲۸۵۳۵۱ تن تولیدات آبزی پروری در سال ۹۰ ، مقدار ۱۳۲۱۷۷تن متعلق به پرورش ماهیان گرمابی بوده که عمده ترین آنها کپور ماهیان می باشند(سالنامه ی آماری شیلات ایران، ۱۳۹۲).

گونه‌های انتخاب شده ، از گونه‌های خوراکی مورد علاقه و از نظر اقتصادی ، حائز اهمیت می‌باشند . لذا ضرورت حصول اطمینان از سلامت این گونه‌ها برای مصرف و ارزیابی خطر عنصر روی در آنها احساس می‌شود.

۲- مواد و روش‌ها

پس از انتقال ماهیان به آزمایشگاه، نمونه‌ها کد گذاری و سپس بیومتری شدند. توزین نمونه‌ها به وسیله ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم صورت گرفت، بیومتری نمونه‌ها نیز با یک خط کش ساده بیومتری انجام شد.

جدول۱- بیومتری ماهیان مورد مطالعه

نام ماهی	طول کل(سانتیمتر)	طول استاندارد (سانتیمتر)	وزن کل (گرم)
آمور	۴۳/۵۵±۴/۵۷	۳۸/۰۵±۴/۴۰	۱۲۹۰/۱۰±۳۳۶/۷۰
فیتوفاگ	۴۷/۷۷±۲/۲۹	۴۰/۷۷±۲/۱۵	۱۱۲۷/۲۰±۴۴۹/۱۱
بیگ هد	۴۵/۸۸±۷/۳۷	۳۹/۲۲±۶/۲۸	۱۳۱۹/۹۰±۵۴۳/۸۹
کپور معمولی	۴۰/۱۱±۳/۶۸	۳۳/۸۳±۲/۶۱	۹۱۶±۱۷۰/۹۹

پس از این مرحله، جداسازی بافت عضله توسط تیغه‌ای از جنس استیل صورت گرفت. برای برداشت بافت عضله قسمتی از عضله در بخش بالایی بدن (زیر باله پشتی)استفاده شد. بافت‌های به دست آمده پس از توزین در پتری دیش (شیشه ساعت) قرار گرفتند. سپس برای هر گونه نمونه‌های تهیه‌شده به صورت سه دسته سه‌تایی با هم مخلوط شده و به منظور تهیه نمونه مرکب برای هر کدام تقسیم‌بندی شدند(Moopam, 1999). مجدداً از نمونه‌های مرکب بدست آمده ۱۰ گرم نمونه برداشته تا در مرحله بعد برای خشک‌کردن در آون قرار گیرند. تمامی نمونه‌های به

دست آمده به مدت ۶۰ تا ۱۵۰ دقیقه در آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت تا به وزن ثابت رسیده و سپس از داخل آون خارج شد. برای هضم نمونه ها از روش مرطوب استفاده شد. ابتدا ۰/۵ گرم از نمونه در یک بالن ۲۵۰ سی سی ریخته شده و به آن ۲۵ سی سی اسید سولفوریک غلیظ، ۲۰ سی سی اسید نیتریک ۷ مولار و ۱ سی‌سی محلول مولیبدات سدیم ۲ درصد اضافه شد و چند عدد سنگ جوش برای اینکه جوش به طور منظم و یکنواخت صورت گیرد قرار داده شد. بالن را به یک مبرد مجهز نموده و مخلوط به مدت یک ساعت در حالیکه عمل رفلاکس انجام می شود توسط اجاق برقی(Heating Mantle) در زیر هود حرارت داده شد، سپس نمونه، سرد شده و از بالای مبرد به آرامی ۲۰ سی‌سی مخلوط اسید نیتریک غلیظ و اسید پرکلریک غلیظ به نسبت ۱:۱ اضافه شد و در حالیکه جریان آب سرد قطع شد، مخلوط حرارت دادهشد تا بخارات سفید رنگ اسید به طور کامل محو شود، مخلوط سرد شد و در حالیکه بالن چرخانده می‌شد، ۱۰ سی سی آب مقطر از بالای مبرد به آرامی به آن اضافه شد. با حرارت دادن (حدود ۱۰۰ دقیقه) محلول کاملا" شفافی به دست آمد، این محلول پس از سرد شدن به داخل بالن ژوژه ۱۰۰سی سی انتقال و به حجم رسانده شد(Farkas et al., 2003).

جهت اندازه‌گیری روی ابتدا به ۱۰ میلی‌لیتر محلول هضم شده نمونه‌ها، ۵ میلی‌لیتر محلول آمونیوم پیرولیدین کاربامات۵٪ اضافه شده و به مدت ۲۰ دقیقه نمونه‌ها شیکر می‌گردند تا عناصر به صورت فرم آلی فلزی در محلول کمپلکس شوند و سپس به نمونه‌ها ۲ میلی لیتر متیل ایزو بوتیل کتون اضافه شده و به مدت ۳۰ دقیقه نمونه‌ها شیکر می‌شوند و پس از ۱۰ دقیقه نمونه‌ها در دور ۲۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ خواهند شد و عناصر مورد نظر به فاز آلی منتقل می‌گردند. پس از تنظیم کوره و سیستم EDL دستگاه و اپتیمم کردن دستگاه جذب اتمی مدلPERKINELMER 4100 منحنی کالیبراسیون عنصر روی به کمک استاندارد های این عنصر و ماتریکس مودیفایر پلادیم، توسط نرم‌افزار Win Lab ۳۲ رسم گردیده و مقدار روی در محلول های آماده شده اندازه‌گیری خواهد گردید.

شاخص خطر (Hazard quotient) با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

$$HQ = (Cm \times IR / BW) / R_fD$$ **(Phuc Cam Tu et al., 2008)**

HQ (Hazard Quotient): شاخص خطر (بدون واحد)

C_m (Measured consumption): میانگین غلظت آلاینده اندازه گیری شده در بافت خوراکی آبزی (میکروگرم به گرم)

IR (Ingestion rate): میانگین استاندارد مصرف روزانه ماهی(۳۰ گرم در روز) (FAO, 2005).

BW (Body weight): وزن بدن (۷۰ کیلوگرم برای یک فرد بالغ) (حسینی و همکاران، ۱۳۸۹)

R_fD (Reference dose): دوز مرجع یا مجموع جذب مجاز روزانه آلاینده(میلی گرم بر کیلوگرم در روز) (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱)

(طبق استاندارد **USEPA** این مقدار برای فلز روی ۳۰۰ میکرو گرم بر کیلوگرم در روز می‌باشد)

میزان جذب روزانه روی یا **DI** از رابطه زیر محاسبه می شود(**Zhang et al., 2012**):

$$DI = (C_m \times IR) / BW$$

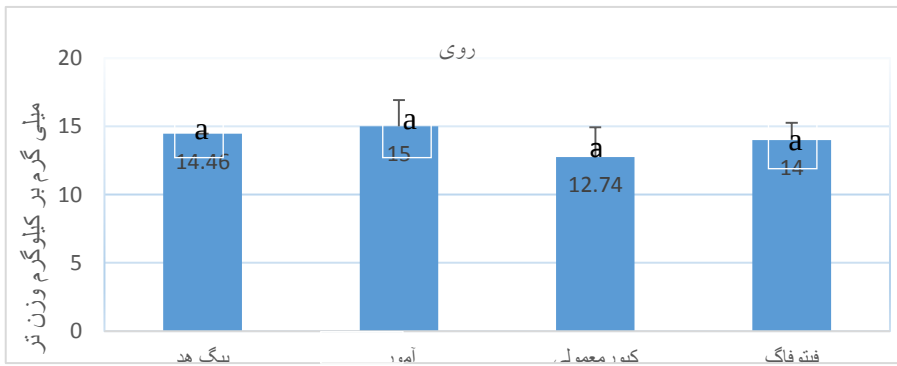
به عبارتی دیگر شاخص خطر برابر است با(**Phuc Cam Tu et al., 2008**):

$$HQ = DI / R_fD$$

بدین ترتیب با بدست‌آوردن شاخص خطر می توان میزان خطر بالقوه ناشی از مصرف هر یک از گونه‌های مورد مطالعه را در مورد انسان بررسی کرد و نتایج حاصل از این فرمول چنانچه کمتر از ۱ باشند (میزان جذب روزانه کمتر از دوز مرجع باشد)، نشان‌دهنده آن است که مصرف آبزی آلوده اثر حاد مضری روی سلامتی ندارد(حسینی و همکاران، ۱۳۸۹). جهت آنالیز داده ها از آزمون آماری آنالیز و واریانس یکطرفه(ANOVA) استفاده شد.

۳- نتایج

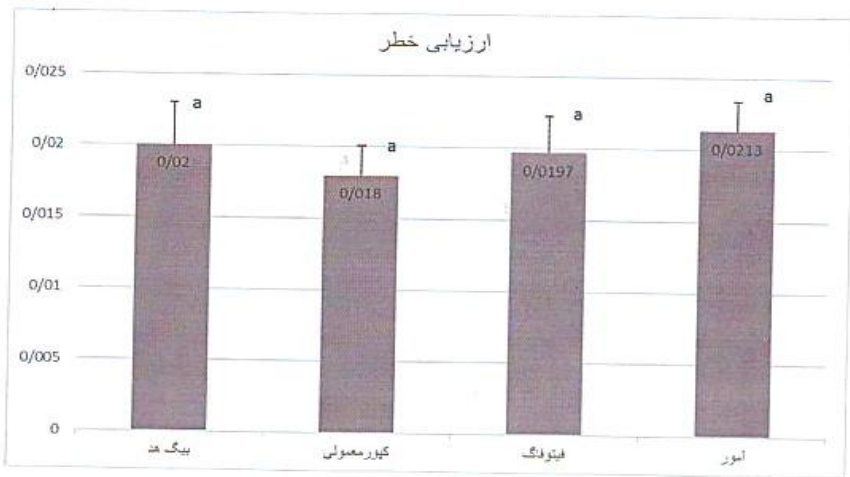
بالاترین غلظت روی عضله بین ماهی‌های پرورشی موردمطالعه در ماهی آمور و برابر ۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر اندازه‌گیری شد که با ماهی‌های پرورشی بیگ هد، فیتوفاگ و کپور معمولی اختلاف معنی‌داری نداشت ($P \geq ۰/۰۵$). در نمودار۱- نتایج مربوط به غلظت روی در گونه های پرورشی مختلف آمده است.



حروف همسان بر روی ستونها نشانگر عدم معنی‌داری تفاوت‌هاست ($P > ۰/۰۵$)

نمودار۱- غلظت فلز روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) در عضله ماهی‌های پرورشی مورد مطالعه

بالاترین ارزیابی خطر روی عضله بین ماهیان پرورشی مورد تحقیق در ماهی آمور و برابر با ۰/۰۲۱۳ اندازه گیری شد که با سایر ماهیان پرورشی اختلاف معنی داری نداشت (P≥۰/۰۵). در نمودار۲- نتایج مربوط به ارزیابی خطر روی در ماهیان پرورشی مورد مطالعه آمده است.



حروف همسان بر روی ستونها نشانگر عدم معنی‌داری تفاوت‌هاست (P >۰/۰۵)

نمودار۲- ارزیابی خطر فلز روی در عضله ماهی های پرورشی مورد مطالعه

۴- بحث

طبق نتایج بدست‌آمده از این تحقیق بالاترین غلظت روی عضله بین ماهی‌های پرورشی موردمطالعه مربوط به ماهی آمور بود که با میزان روی عضله در سایر ماهی‌های پرورشی مورد تحقیق اختلاف معنی‌داری نداشت (P≥۰/۰۵). با توجه به اینکه تفاوت نیازهای اکولوژیک، فعالیت‌های متابولیک ماهیان و نوسانات در آلودگی آب، غذا و رسوبات می‌تواند از عوامل مهم در تجمع فلزات سنگین تلقی شوند(امینی رنجبر و همکاران، ۱۳۸۴). از بررسی نتایج حاصل از این تحقیق چنین به نظر می رسد احتمالاً علت بالابودن غلظت روی در عضله ماهی آمور نسبت به سایر ماهی‌های پرورشی مورد مطالعه علاوه بر حضور این ماهی در نزدیکی سطح آب که غلظت فلز روی چندین برابر بیش از مقدار آن در آبهای با عمق بیشتراست(Ubalua et al., 2007) به دلیل تغذیه از گیاهانی است که خود قادر هستند فلزات سنگین از جمله روی را در سطح بالاتری در خود جذب کنند(Peakall and Burger, 2003) زیرا رژیم غذایی در خصوص برخی فلزات سنگین به ویژه روی نقش قابل توجهی در فرایند تجمع غلظت فلزات سنگین در موجودات آبزی دارد(Bordajandi et al., 2003) خصوصاً اینکه اصلی‌ترین مسیر جذب روی در بدن ماهی از

طریق روده صورت می گیرد(Peycheva et al., 2014) و زیاد بودن طول روده در ماهی آمور نسبت به سایر ماهیان پرورشی مورد مطالعه مزید بر علت است Neetu Malik و همکارانش نیز براساس تحقیقات خود به همین نتیجه رسیدند که ماهی کپورعلفخوار که از جلبک و علوفه تغذیه می‌کند بیشترین مقدار فلزات سنگین را به خود جذب و در بافت‌های گوشتی خود ذخیره می-نماید(Neetu Malik and et al., 2010). بر اساس نتایج حاصل از تحقیق جذب روی از طریق غذا اصلی ترین مسیر جذب این فلز به وسیله ماهی *Salmo gairdneri* می باشد(Allen-Gil and Martynov, 1995). Zhuang و همکاران در جنوب چین تحقیقاتی در خصوص ارزیابی خطر فلزات سنگین بر روی چهار گونه پرورشی در استخر پرورش که در نزدیکی معدن قرار داشتند، انجام دادند. در این تحقیق بالاترین غلظت روی در ماهی کپور علفخوار(*Ctenopharyngoodon idellus*) نسبت به ماهی نقره ای(*Hypophthalmichthys moltirix*)، ماهی(*Megalobrama amblycephala*) و ماهی بیگ هد(*Hypophthalmichthys nobilis*) اندازه‌گیری شد(Zhuang et al., 2013).

حداکثر مقادیر استاندارد جهانی فلز روی در عضله ماهیان (برحسب میلی گرم بر کیلوگرم)

استانداردها	فلز روی	منابع
WHO[1]	۱۰۰۰	WHO, 1996
FAO[2]	۳۰	Chen and chen, 2001
MAFF[3]	۵۰	Tuzen, 2009
USEPA[4]	۳۰۰	USEPA, 2012
NHMRC[5]	۱۵۰	Ryment, 1990
مطالعه حاضر	۹/۹۷ – ۱۵	-

1-World Health Organization
2-U.S.Food and Drug Administration
3-Minstry of Agricultor Fisheries, and Food (UK)
4- United States Environmental Protection Agency, Washington, DC
5-National Food Authority, Food Standard

در سایر تحقیقات انجام شده در بررسی فلزات سنگین میران روی در عضله ماهی آمور(*Ctenopharyngoodon idellus*)، نقره‌ای(*Hypophthalmichthys moltirix*) و (*Megalobrama amblycephala*) به ترتیب ۱/۷۰±۱۱/۲، ۰/۴۴±۹/۴۴ و ۲/۳۶±۸/۰۷ میلی گرم در کیلوگرم اندازه گیری شد(Zhuang et al., 2013). در بررسی میزان غلظت عناصر سنگین در مورد ماهی(*Mugil cephalus*) میانگین غلظت روی نسبت به فلزات Mn, Pb, Cu, Hg, Crبیشترین مقدار و برابر با ۲۵/۲ میلی گرم بر کیلوگرم اندازه گیری شد(Krishna et al., 2014).

از آنجاییکه ارزیابی خطر (HQ) یا در واقع سمی یا غیر سمی بودن یک عنصر بـا در نظـر گـرفتن سرانه مصرف از آن ماهی و وزن میانگین انسانی محاسبه می گردد(Goldblum et al., 2006)، و با توجه به سرانه مصرف آبزیان در ایران، که معادل ۸/۵ کیلوگرم در سال ۱۳۹۲ می‌باشـد (سـالنامه آماری شیلات، ۱۳۹۲) نتایج این تحقیق نشان داد که مصرف ماهیان مورد مطالعه خطـری از ناحیـه روی موجود در این آبزیان، جهت مصرف و تغذیه انسان وجود ندارد و در تمام نمونه‌هـا ۱> HQ می باشد. در این پژوهش میزان HQ بین گونه های مورد بررسی بر اساس غلظت روی موجود در عضله محاسبه و مقادیر متفاوتی بدست آمد که بالاترین آن در ماهی آمور محاسبه شد. با توجه بـه اینکه HQ تابعی از غلظت روی اندازه‌گیری شده در عضله ماهیان مورد تحقیق می‌باشـد، بنـابراین علت تفاوت موجود در میزان HQ در گونه های مورد مطالعه، همان دلایلی هستند که علت تفاوت تجمع غلظت روی در عضله ماهیان مورد تحقیق را توجیه می‌کنند.

فهرست منابع

۱. **آیت نصرالهی، ع و احمدی اسبچین، س. ۱۳۸۹.** تصفیه بیولوژیکی پساب‌های حاوی فلز سنگین روی به وسیله جلبک. فصلنامه علوم زیستی دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان. شماره پیاپی ۱۲. جلد ۴. شماره ۱. صفحه ۹۳-۹۸.

۲. **اسماعیلی ساری، ع.، ۱۳۸۱.** آلاینده‌ها، بهداشت و استاندارد در محیط زیست، انتشارات نقش.

۳. **اعتماد، ا.، و مخیر، ب.، ۱۳۷۷.** ماهیان خلیج فارس. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

۴. امینی رنجبر ،غ و ستوده نیا ، ف. ۱۳۸۴. تجمع فلزات سنگین در بافت عضله ماهی کفال دریای خزر در ارتباط با برخی مشخصات بیومتریک (طول استاندارد، وزن، سن و جنسیت). مجله علمی شیلات ایران، سال چهاردهم، شماره ۳، صفحات ۱۸-۱.

۵. **جلالی، ب و برزگر، م. ۱۳۸۱.** مسمومیت ناشی از کاربرد نادرست مواد دارویی و شیمیایی. مجله آبزی پروری. فصلنامه معاونت تکثیر و پرورش آبزیات شیلات ایران. سال دهم.۱: ۳۸-۳۶.

۶. **جلالی جعفری، ب.، و آقازاده مشگی، م.، ۱۳۸۶.** مسمومیت ماهیان در اثر فلزات سنگین آب و اهمیت آن در بهداشت عمومی. انتشارات سازمان کتاب

۷. **چراغی، م.، پورخباز، ح و جوانمردی، س.، ۱۳۹۲.** تعیین غلظت جیوه در ماهی خوراکی بیاح رودخانه کارون. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران. دوره بیست و سوم. شماره ۱۰۳ .

۸. **حسینی، م.، میرغفاری، ن.، محبوبی صوفیانی، ن و حسینی، و. ۱۳۸۹ .** بررسی میزان جیوه در سواحل جنوبی دریای خزر (استان مازندران) با استفاده از پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده منابع طبیعی(شاخص زیستی ماهی کفال طلایی (Liza aurata) و ماهی سفید دریای خزر (*Rutilus frisi kutum*)

۹. **خوشناموند، م.، کبودوندپور، ش.، غیاثی، ف و بهرام نژاد، ب. ۱۳۸۹.** مقایسه روند تجمع جیوه کل در بافت‌های عضله‌ای سفید و قرمز در دو گونه ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) و کپورنقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) دریاچه سد قشلاق سنندج. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه کردستان. دانشکده منابع طبیعی. ۷۰ صفحه.

۱۰. **سالنامه‌ی آماری سازمان شیلات ایران، ۱۳۹۱.** سازمان شیلات ایران. معاونت برنامه ریزی و توسعه ی مدیریت. دفتر برنامه و بودجه. ۶۰ صفحه.

۱۱. **سالنامه آماری شیلات ایران. ۱۳۹۲.** انتشارات سازمان شیلات ایران، تهران، چاپ اول.

۱۲. **ستاری، م.، شاهسونی، د و شفیعی، ش.، ۱۳۸۳.** ماهی شناسی۲ سیستماتیک. حق شناس.

۱۳. **عسکری ساری، ا.، خدادادی، م و محمدی، م. ۱۳۸۹.** میزان فلزات سنگین (Cd، Pb، Ni و Hg) در بافت های مختلف (عضله، آبشش و کبد) ماهی گطان (*Barbus xanthopterus*) رودخانه کارون. مجله علمی شیلات ایران. سال نوزدهم. شماره ۴. صفحات ۱۰۶-۹۷.

۱۴. **عسکری ساری، ا و ولایت زاده، م.، ۱۳۹۱.** فلزات سنگین در آبزیان. اهواز: انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اهواز، چاپ اول. ۳۸۰ صفحه.

۱۵. **فرید پاک، ف.، ۱۳۸۶.** دستورالعمل اجرایی تکثیر مصنوعی و پرورش ماهیان گرمابی، تهران: انتشارات علمی آبزیان، چاپ سوم. ۲۹۸ صفحه.

۱۶. **نظری، ر.م.، ۱۳۸۲.** آشنایی با تکثیر و پرورش آبزیان، تهران: انتشارات اصلانی، چاپ دوم. ۶۴ صفحه.

۱۷. **هدایت، م.، ۱۳۷۸.** پرورش ماهی ۱، انتشارات شقایق روستا، تهران، چاپ اول.

۱۸. **یاسمی، م و عوفی، ف.، ۱۳۹۰.** رده‌بندی ماهیان، مؤسسه آموزش عالی علمی- کاربردی وزارت کشاورزی، تهران.

19. **Allen-Gil, S. M., and Martynov, V. G. 1995.** Heavy metals burdens in nine species of freshwater and anadromous fish from the Pechora River, northern Russia. The Science of the Total Environment, 160–161, 653–659.

20. **Ashraf, W. 2005.** Accumulation of heavy metals in kidney and heart tissues of Epinephelus Microdon fish from the Arabian Gulf. Environmental Monitoring And Assessment, 311-316.

21. **Ashraf, W.; Seddigi, Z.; Abulkibash, A. and Khalid, M., 2006.** Levels of selected metals in canned fish consumed in Kingdom of Saudi Arabia. Journal of Environmental Monitoring and Assessment, 117: 271-279.

22. **Askary Sary, A. Velayatzadeh, M. Beheshti, M. 2012.** Determination of heavy metals in Liza abu from Karkheh and Bahmanshir Rivers in Khoozestan from Iran. Advances in Environmental Biology, 6(2): 579-582, ISSN 1995-0756.

23. **Asuquo, F. E., Ogri, O. R., & Bassey, E. S. 1999**. Distribution of heavy metals and total hydrocarbons in coastal waters and sediments of cross River State, South Eastern Nigeria. International Journal of Tropical Environment, 2,229–242.

24. **Asuquo, F. E., Ewa-Oboho, I., Asuquo, E. F., & Udo, P. J.2004**. Fish

species used as biomarker for heavy metal and hydrocarbon contamination for Cross river, igeria. The Environmentalist, 2, 29–37.
25. **Bordajandi, L. R., Gómez, G., Fernández, M. A., Abad, E Rivera, J., & González, M. J. 2003.** Study on PCBs PCDD/Fs, organochlorine pesticides, heavy metals and arsenic content in freshwater fish species from the River Turia (Spain).Chemosphere, 53, 163–171.
26. **Chen YC,Chen MH. 2001.** Heavy metal concentration in nine species of fishes caught in coastal- waters off Ann-Ping, S.W. Taiwan. J. Food Drug Anal. 9: 107-114.
27. **Chamberlain, G.W.; 1993.** Aquaculture trends and feed projections. J. World Aqua. 24, 19- 29.
28. **Chien, L. C., Yeh, C. Y., Jiang, C. B., Hsu, C. S., Han, B. C., 2007.** Estimation of acceptable mercury intake from fish in Taiwan. Chemosphere, 67: 29-35.
29. **Chuba, L.; Kraiem, M.; Njimi, W.; Tissaoui, C. H.; Thompson, J. R. and Flower, R. J., 2007**. Seasonal Variation of Heavy Metals (Cd, Pb and Hg) in Sediments and in Mullet, Mugill cephalus (Mugilidae), from the Ghar El Melh Lagoon (Tunisia). Transit Waters Bulletin, 4: 45-52.
30. **Clark, R., Frid, C., & Attrill, M. 1997.** Marine pollution (4thed.). New York: Oxford University Press.Dallinger, D., & Kautzky, H. 1985. The importance of contaminated food for uptake of heavy metals by rainbow trout)Salmo airdneri): A field study. Oecologia, 67, 82–89.
31. **ClientEarth, 2011.** CFP reform proposal: subsidiary briefing.Sustainable aquaculture development within ecosystem -based fisheries management.2p.
32. **Demirak A, Yilmaz F, Tuna AL, zdemir N. 2006**. Heavy metals in water, sediment and tissues of Leuciscus cephalus from a stream in southwestern Turkey. Journal of Chemosphere, 63: 1451–1458.
33. **Dhinakaran, D. Muthukrishnan, S. Kaleeswaran, A. S. Jeyanthinathan, S. Umasankari, M and Thilagavathi, S. 2014**. Bioaccumulation of Heavy Metals in Two Marine Fishes(Pristis microdonand Scomberomorus guttatus). Middle-East Journal of Scientific Research 22 (3): 333-338, 2014.
34. **Farkas , A . , Salanki , J . and Varanka , I . , 2000**. Heavy metal concentrations in fish of lake Balaton , Lakes and ReserVoirs : Research and management , Vol . 5 , pp. 271 – 279 .
35. **Farkas, A., Salanki, j. and Specziar, A.2003**. Age and size specific patterns of Heavy metals in the organs of freshwater fish Abramis brama L. Populationg a Law-contamination site. Water Research, Vol.37, pp. 959-964.
36. **FAO., 2005**. Fishing and culture year book.Rome pub. pp 33-35.
37. **FAO (Food and Agriculture Organization). 2013.** Yearbook annuaire anuario. Fishery and Aquaculture Statistics. Roma.
38. **FAO, 2010**.Fishing and Aquaculture Year Book,Rome.
39. **FAO,2011**.Fishing and Aquaculture Year Book,Rome.
40. **FAO., 2005**. Fishing and culture year book.Rome pub. pp 33-35.
Aquaculture.Profitable. Environmental. The Science of theTotal Environmental, 319:27-37.
41. **Hamidi, Z. 2010**. "Measure and compare concentration of mercury, arsenic, cobalt, cadmium, vanadium, lead,total oil (TPH) and organochlorine pesticides in fish muscle some Horolazim wetland."M.Sc. Thesis, IslamicAzad University, Sciene and Research, Ahwaz. (In Persian).
42. **Has-Schon E., Bogut I., Rajkovic V., Bogut S., Cacvic M. and Horvatic J., 2008.** Heavy metal distribution in tissues of six fish speciesincluded in human diet, inhabiting freshwaters of the Nature Park Hutovo Blato (Bosnia

and Herzegovina). Journal of Arch Environmental Contamination Toxicology, 54:75 83.
43. **Jaffar, M.; Ashraf, M. and Rasoal, A., 1998**. Heavy metal contents in some selected local freshwater fish and relevant waters. Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research, 31(3): 189-193.
44. **Javad,M and Usmani,N.,2012**. Uptake of Heavy Metals by Channa Punctatus from Sewage -Fed Aquaculture Pond of Panethi, Aligarh. Global Journal of Researches in Engineering Chemical Engineering. Volume 12 Issue 2 Version 1.0.
45. **Kumar, B., Kumar Verma, V., Kumar Naskar, A., Chakraborty, p. and Shah, R.2013**. Human health hazard due to metal uptake via.
46. **Kuiter, R.H. and T. Tonozuka, 2001**. Pictorial guide to Indonesian reef fishes. Part 3. Jawfishes - Sunfishes, Opistognathidae - Molidae. Zoonetics, Australia. p. 623-893.
47. **Laboy-Nieves E.N. and Conde J.E., 2001**. Metal levelsin eviscerated tissue of shallow-water deposit-feeding holothurians. Journal of Hydrobiologia, 459:19-26.
48. **Langston, W.J. ,** Toxic effects of metals and the incidence of marin cosystems. In: Furness, R.W.,Rainbow, P.S. (Eds.), Heavy Metals in the Marin Environment. CRC Pres, New Yourk, 1990.
49. Leatherland, J.F., Woo, P.T.K., 1998. Fish diseases and disorders. Non-infectious Disorders. CAB International Publishing, Nework, USA, Vol. 2, 386P.
50. Neetu Malik.·A. K., Biswas,·T. A. Qureshi K.2010. Borana·Rachna Virha Bioaccumulation of heavy metals in fish tissues of a freshwater lake of Bhopal Environ Monit Assess 2010 160:267–276.
50. **Olesen, I ., Myhr, A.I.and Rosendal, K.G., 2011**. Sustainable Aquaculture: Are We Getting There? Ethical Perspectives on Salmon Farming. Published online: 12 June 2010 Springer Science+Business Media B.V. 2010, 381-384.
51. **Peakall, D., & Burger, J. 2003.** Methodologies for assessing exposure to metals: Speciation, bioavailability of metals and ecological host factors. Ecotoxicology and Environmental Safety, 56,110–121.
52. **Peycheva, K., Panayotova, V.,. Makedonski, L., Stancheva, M. 2014**. Toxic and essential metal concentration of freshwater fishes from Pyasachnik Dam, Bulgaria. AGRICULTURAL SCIENCE AND TECHNOLOGY, VOL. 6, No 3, pp 53.**Phillips D.J.H., 1977**. The use of biological indicator organisms to monitor trace metal pollution in marine and estuarine environments Environmental Pollution, 13:281-317.
54. **Phuc Cam Tu, N., Ha, N. N., Ikemoto, T., Tanabe, BCST. and Takeuchi, I., 2008**. Regional variations in trace element concentrations in tissues of black tiger shrimp *Penaeus monodon* (Decapoda: Penaeidae) from South Vietnam. Marine Pollution Bulletin, 57: 858-866.Saei-Dehkordi, S. S., Fallah, A. and Nematollahi, A.
55**. Sparks, R.E; Cairns, Jr;Heath, A.G. 1972**: The use of bluegill breathing rates of detect zinc. Water Research. 6, 895-911.
56. **Terra,B.F.; Araujo,F.G.; Calza,C.F.; Lopes,R.T.and Teixeira,T.P.,2008** . Heavy Metal in Tissues of Three Fish Species from Different Trophic Levels in a Tropical Brazilian River. Water Air Soil Pollut (2008) 187:275–284.
57. **Turkmen, M. and Ciminli, C., 2007**.Determination of metals in fish and mussel species by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry. Food Chemistry, 103, pp: 670-675.
58. **Turkmen, M., Turkmen, A., Tepe, Y., Ates, A. and Gokkus, K., 2008.**

Determination of metal contaminations in sea foods from Marmara, Aegean and Mediterranean seas: Twelve fish species, Food Chemistry, 108, pp: 794-800.

59.**Tuzen M., Verep B., Ogretmen A. and Soylak M 2008**. Trace element content in marine algae species from the Black Sea, Turkey Environmental Monitoring Assessment, 158(1-4):363-368.

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

61.**Ubalua,A.O.; Chijioke,U.C.and Ezelonye,O.U.,2oo7**. Determination and ssessment of heavy metal content in fish and shellfish in Aba river, Abia state, Nigeria. Kmitl sci. Tech. J. Vol. 7 No. 1.

62.**WHO (World Health Organization) 1998**. Health criteria other supporting information. In: Guidelines for Drinking Water Quality, Vol. 2, 2nd ed., pp. 31-388), Geneva.

63.**Yilmaz, F.; Ozdemir, N.; Demirak, A., and Tuna, A. L., 2007**. Heavy Metal Levels in two Fish Species Leuciscus cephalus and Lepomis gibbosus. Food Chemistry, 100: 830-835.

64.**Yilmaz, A. B., 2003**. Levels of heavy metals (Fe, Cu, Ni, Cr,Pb, and Zn) in tissue of Mugil cephalus and Trachurus mediterraneus from Iskenderun Bay, Turkey. Environmental Research, 92, 277–281.

65.**Yildirimy,Y.; Gonulalan,Z.; Narin,I.and Soylak,M., 2009**. Evaluation of trace heavy metal levels of some fish species sold at retail in Kayseri, Turkey. Environ Monit Assess 2009 149:223–228.

66.**Yim, J.H. and Kim, S. D., 2006**. Effects of hardness on acute toxicity of metal mixtures using Daphnia magna hazar, Materi,138:16-28.

67.**Zhuang, p., Li, Z-a., Murray, B., McBride, M. B and Zou, B. 2013**. Health risk assessment for consumption of fish originating from ponds near Dabaoshan mine, South China Environ Sci Pollut Res. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013.

68. **Zhang, H.; Lin, Y.-H.; Zhang, Z.; Zhang, X.; Shaw, S. L.; Knipping,E. M.; Weber, R. J.; Gold, A.; Kamens, R. M.; Surratt, J. D. 2012**. Secondaryorganic aerosol formation from methacrolein photooxidation: Roles ofNOx level, relative humidity, and aerosol acidity. Environ. Chem. 2012, 9,247−262.