نشریه فن‌آوری‌های نوین در توسعه آبزی‌پروری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد آزادشهر/ ISSN: 2008-0026 سال دهم، شماره سوم، پاییز ۹۵ / صفحات: ۴۸-۳۹

بررسی تجمع فلزات سنگین جیوه، کادمیوم و سرب در مراحل مختلف رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

میثاق طبیب‌زاده[۱]، ابوالفضل عسکری‌ساری[۲]، مهران جواهری‌بابلی[۳] و *محمد ولایت‌زاده[۴]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه تکثیر و پرورش آبزیان، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران،

[۲]دانشیار گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران،

[۳]استادیار گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران،

[۴]باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۹۴/٤/۲۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۲/۱۸

چکیده

این پژوهش به‌منظور تعیین و مقایسه میزان تجمع فلزات سنگین جیوه، کادمیوم و سرب در تخم ماهی، عضله بچه‌ماهی انگشت‌قد، ماهی بازاری و مولدین نر و ماده قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) پرورشی استان لرستان در سال ۱۳۹۰ انجام شد. ۷۵ نمونه تخم ماهی، بچه‌ماهی (فینگرلینگ)، ماهی بازاری، مولدین نر و ماده قزل‌آلای رنگین‌کمان از ۳ استخر پرورشی مرکز تکثیر و پرورش قزل رود بروجرد واقع در استان لرستان تهیه شدند. سنجش غلظت فلزات سنگین به روش جذب اتمی با دستگاه پرکین المر ٤١٠٠ انجام گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار SPSS18 و به کمک آنالیز واریانس یکطرفه (ANOVA) انجام شد. بالاترین و پایین‌ترین میزان جیوه در آبشش مولدین نر (۰/۰۰٤±۰/۰٤۸ میلی‌گرم در کیلوگرم) و تخم ماهی (۰±۰/۰۰۸ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود. بالاترین و پایین‌ترین میزان کادمیوم نیز در آبشش مولدین ماده (۰/۰۲۱±۰/۳۳۷ میلی‌گرم در کیلوگرم) و تخم ماهی (۰/۰۰۱±۰/۰۱۹ میلی‌گرم در کیلوگرم) به‌دست آمد. همچنین بالاترین و پایین‌ترین میزان سرب نیز در آبشش مولدین ماده (۰/۰۳٦±۰/٦۳۹ میلی‌گرم در کیلوگرم) و تخم ماهی (۰/۰۰۱±۰/۰۳٦ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود. میانگین میزان جیوه، کادمیوم و سرب در تخم ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان به‌ترتیب ۰±۰/۰۰۸، ۰/۰۰۱±۰/۰۱۹ و ۰/۰۰۱±۰/۰۳٦ میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست آمد. تجمع میزان جیوه، کادمیوم و سرب با افزایش سن و رشد و نمو مراحل مختلف ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان افزایش داشت.

واژه‌های کلیدی: آلودگی، تجمع زیستی، رشد، سن، فلزات سنگین، قزل‌آلای رنگین‌کمان

مقدمه

آلودگی آب با ترکیبات یا عناصر فلز سنگین، منجر به مسمومیت خونی ماهیان (توکسمی) و به دنبال آن، تلفات مستقیم و یا مسمومیت مزمن و تغییرات ظریف در فیزیولوژی ماهیان می‌شود که نتیجه آن عدم توانایی جانور برای ادامه حیات خواهد بود. مسمومیت مزمن با بعضی فلزات در ماهیان همچنین سبب کاهش توانایی تولیدمثل، تغییر شکل بدن، ناتوانی در فرار از هجوم دشمنان و افزایش حساسیت به عفونت‌ها می‌شود. فلزات سنگین از راه‌های گوناگون سبب مرگ ماهیان می‌شوند. بیش‌تر ترکیبات فلزی یا یون‌های آن‌ها در بافت‌های بدن به‌ویژه کبد، کلیه، آبشش، طحال، قلب و استخوان

* نویسنده مسئول: mv.5908@gmail.com

Archive of SID

www.SID.ir

تجمع می‌یابند. در میان فلزات سنگین که به‌طور معمول در آب‌های طبیعی یافت می‌شوند، اهمیت سرب، کادمیوم و جیوه از نظر امکان بروز تلفات در ماهیان از بقیه عناصر بیش‌تر است. نمک فلزات سنگین به‌طور طبیعی و یا از راه فاضلاب‌های صنعتی وارد منابع آب پرورش آبزیان می‌شود و باعث بروز ضایعات در آبشش و سایر اندام‌های آبزیان می‌گردد، به دنبال چنین ضایعاتی در آبشش، عفونت‌های میکسوباکتریایی باعث مرگ و میر آبزیان به‌ویژه ماهیان پرورشی آب شیرین در استخرها می‌گردد (جلالی‌جعفری و آقازاده‌مشگی، ۱۳۸٦؛ عسکری‌ساری و ولایت‌زاده، ۱۳۸۹).

مطالعه پیرامون فلزات سنگین به‌خصوص در محیط‌های آبی و آبزیان در سطح جهان به‌طور بسیار گسترده‌ای صورت گرفته است. بسیاری از فلزات به‌طور طبیعی در اکوسیستم‌های آبی وجود دارند که تعدادی از این فلزات مانند آهن در بقاء موجودات نقش حائز اهمیتی را ایفا می‌نمایند، در حالی‌که بقیه عناصر (نظیر سرب، جیوه، کادمیوم) هیچ‌گونه هدف بیولوژیکی سودمندی را دنبال نمی‌نمایند به‌گونه‌ای که غلظت این فلزات سمی تجمع‌یافته و به‌طور پیوسته روند صعودی را طی می‌کند (برامکی‌یزدی و همکاران، ۱۳۸۹). این فلزات جایگزین دیگر املاح و مواد معدنی مورد نیاز بدن گردیده که یکی از اساسی‌ترین مسائل مرتبط با آن‌ها، عدم متابولیزه‌شدنشان در بدن می‌باشد. در واقع فلزات سنگین پس از ورود به بدن دیگر از بدن دفع نشده و با آنزیم‌های درونی ترکیب و مانع از عمل آن‌ها می‌گردد. اگر مقدار فلزات سنگین بیش از حد استاندارد باشد پس از مدتی عوارض آن آشکار گردیده و باعث بروز اختلال در شبکه‌های غذایی و به‌طور کلی آبزیان می‌شود (اسماعیلی‌ساری و همکاران، ۱۳۸٦؛ عسکری‌ساری و ولایت‌زاده، ۱۳۹۳). Heath (۱۹۸۷) بیان می‌کند که تکامل ماهیان به‌وسیله وجود عناصر فلزات سنگین در آب تحت‌تأثیر قرار می‌گیرد به‌ویژه در مراحل اولیه زندگی مانند زمان تفریخ، مراحل تکامل لاروی و رشد نوجوانی، که این مراحل بسیار حساس‌تر از مرحله بلوغ هستند. همچنین غلظت‌های بسیار زیاد فلزات در آب روند رشد و نمو را در ماهیان به تاخیر می‌اندازد و ممکن است باعث بروز تغییراتی در اندازه و طول ماهی می‌شود (Heath، ۱۹۸۷).

ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان یکی از گونه‌های تجاری ایران محسوب می‌شود که در اغلب استان‌های کشور نظیر لرستان، کهگیلویه و بویراحمد، کردستان، کرمانشاه، چهارمحال و بختیاری پرورش داده می‌شود. این ماهی در حال حاضر یکی از گونه‌های مهم پرورشی جهان به حساب می‌آید به‌طوری‌که که تولید این ماهی از ٤٤٧۳۹٤ تن در سال ۲۰۰۰ به ۵۷٦۲۸۹ در سال ۲۰۰۸ افزایش یافته و هفدهمین گونه مهم پرورشی آبزیان از نظر تولید می‌باشد (FAO، ۲۰۱۰). ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نیز در ایران به‌دلیل طعم و مزه مناسب و مطلوب دارای طرفداران بسیاری می‌باشد، به‌طوری‌که در سال ۱۳۹۲ به‌میزان ۱٤۳۹۱۷ تن تولید گردید. همچنین میزان ٥٤۸۸۲٦ قطعه بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در کشور تکثیر و تولید شده است (سالنامه آماری شیلات ایران، ۱۳۹۳).

استان لرستان از جمله استان‌های غیرساحلی است که دارای ۳۰۳۹ دهنه چشمه، بیش از ۳۲۵۰ حلقه چاه عمیق و نیمه‌عمیق، ۱۵۲۷ رشته قنات و ۲٤۵۰ کیلومتر مسیر رودخانه و آبراهه می‌باشد که این امکانات استان را دارای قابلیت و چشم‌انداز تولید ۲۳ هزار تن گوشت ماهی در آینده نموده است. در حال حاضر میزان تولید گوشت ماهی در استان بیش از ۲۱۹۲۱ تن در سال می‌باشد که رتبه اول تولید ماهیان سردآبی را در بین استان‌های غیرساحلی از آن خود نموده است. بنابراین با توجه به این‌که استان لرستان

Archive of SID

www.SID.ir

مقام اول تولید ماهی قزل‌آلا را در میان استان‌های غیرساحلی دارد و حتی تولید خود را به استان‌های دیگر ارسال می‌کند، همچنین اندازه‌گیری و کنترل این عناصر در ماهیان پرورشی مرکز تکثیر و پرورش قزل‌رود بروجرد که یکی از بزرگ‌ترین مراکز تکثیر و پرورش استان لرستان ضمن اطمینان از کیفیت محصولات غذایی، از بروز خطرات انسانی پیشگیری گردد، بنابراین با اندازه‌گیری فلزات سنگین در سنین مختلف این ماهی می‌توان اطلاعاتی را در مورد زمان و سن عرضه ماهی به بازار به‌دست آورد.

برخی پژوهشگران تجمع فلزات سنگین را در مراحل مختلف رشد ماهیان گزارش نموده‌اند. میزان تجمع فلزات آهن و مس در مراحل مختلف رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) دارای روند نامنظمی بودند، اما عنصر کبالت با افزایش سن ماهیان تجمع بیش‌تری داشته است (طبیب‌زاده و همکاران، ۱۳۹٤). افزایش میزان سرب و کادمیوم در ماهی کپور یک‌ساله با افزایش سن و مراحل رشد به سه‌سالگی گزارش گردید (رییسی و همکاران، ۱۳۸۸). در مطالعه‌ای فلز نیکل با افزایش سن، تجمع بیش‌تری در عضله ماهی سوکلا (*Rachycentron Canadum*) داشته است (جهانگیری، ۱۳۹۳). گزارش شده است در عضله میش ماهی (*Argyrosomus hololepidotus*) تجمع فلز جیوه با افزایش سن افزایش یافته است (فرکیان و همکاران، ۱۳۹۲).

با توجه به روند روبه رشد تولید ماهیان پرورشی در کشور و وجود برخی از آلاینده‌ها در آب‌های رودخانه‌ها و نهرها پژوهش‌ها در زمینه تجمع فلزات سنگین در ماهیان پرورشی ضروری است. در این پژوهش بافت عضله ماهی به نسبت نقش مهم در تغذیه انسان و لزوم اطمینان از سلامت آن جهت مصرف، به‌عنوان اندام هدف انتخاب شد. همچنین هدف تأثیر مراحل رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) بر تجمع عناصر جیوه، کادمیوم و سرب در تخم ماهی، عضله ماهی انگشت قد، ماهی بازاری، مولدین نر و ماده بود.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش در سال ۱۳۹۰، ۱۵ نمونه با میانگین ۳۹/۳۳ گرم از تخم ماهی (مرحله تخم لقاح‌یافته)، ۱۵ نمونه بچه‌ماهی (فینگرلینگ)، ۱۵ نمونه ماهی بازاری (بشقابی)، ۳۰ نمونه مولدین نر و ماده قزل‌آلای رنگین‌کمان از ۳ استخر پرورشی مرکز تکثیر و پرورش قزل‌رود بروجرد واقع در استان لرستان تهیه شدند. پس از نمونه‌برداری، ماهیان در جعبه‌های یونولیت، یخ‌پوشی شده به آزمایشگاه جهت عملیات آزمایشگاهی و آنالیز انتقال یافتند. ابتدا زیست‌سنجی ماهیان شامل طول کل، طول استاندارد و وزن انجام و ثبت گردید. توزین نمونه‌ها به‌وسیله ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم و خصوصیات طولی ماهیان به‌وسیله خط‌کش ساده انجام شد.

پس از این مرحله جداسازی بافت‌های عضله توسط تیغه‌ای از جنس استیل صورت گرفت. کالبدشکافی نمونه‌ها از قسمت بالای بدن گونه‌ها صورت گرفت. برای برداشت بافت عضله از قسمتی از عضله در بخش بالایی بدن (زیر باله پشتی) استفاده شد. بافت‌های به‌دست آمده پس از توزین در پتری‌دیش (شیشه ساعت) قرار گرفتند تا در مرحله بعد برای خشک کردن در آون قرار گیرند. تمامی نمونه‌های به‌دست آمده به‌مدت ٦۰ تا ۱۵۰ دقیقه در آون با دمای ٦۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت تا به وزن ثابت رسیده و سپس از داخل آون خارج شد. برای هضم نمونه‌ها از روش مرطوب استفاده شد (Eboh و همکاران، ۲۰۰٦). فلزات سنگین سرب و کادمیوم به روش جذب اتمی با دستگاه جذب اتمی

Archive of SID
www.SID.ir

مدل پرکین المر ٤١٠٠ (Perkin Elmer 4100) ساخت کشور امریکا مجهز به سیستم کوره گرافیتی و جیوه با سیستم هیدرید سنجش شدند (Ahmad و Shuhaimi-Othman، ۲۰۱۰). حد تشخیص جیوه، کادمیوم و سرب توسط این دستگاه جذب اتمی به روش کوره گرافیتی و هیدرید در حد ppb بود که دارای دقت حدود ۱۰۰۰ برابر سیستم شعله می‌باشد. صحت داده‌های به‌دست آمده با استفاده از روش Standard Addition بررسی گردید. در این روش ابتدا ماده مجهول، آنالیز می‌شود، سپس به چند ظرف که حاوی مقدار یکسانی از نمونه است، حجم‌های مشخصی از استاندارد اضافه می‌شود و کروماتوگرام مربوط به هر مرحله را آنالیز و در نهایت ارتفاع یا سطح زیر پیک نمونه‌ها را بر اساس حجم استاندارد اضافه شده رسم می‌کنند. در نهایت با استفاده از روابط موجود می‌توان غلظت نمونه را محاسبه کرد. استفاده از این روش سبب حفظ بافت و ماتریس نمونه‌ها می‌شود در نتیجه با این روش احتمال مزاحمت بافت (Matrix Interference) نمونه از بین برده می‌شود (Rouessac and Rouessac، ۲۰۰۷).

در این پژوهش آزمایش‌ها به‌صورت کاملاً تصادفی انجام شد. نتایج حاصل از این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS18 و آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. ضریب اطمینان مطالعه ۹۵ درصد (P=۰/۰۵) تعیین شد. همچنین جهت رسم جداول و نمودارها از نرم‌افزار Excel 2007 استفاده گردید.

نتایج

بیومتری (زیست‌سنجی) نمونه‌های تخم ماهی، بچه‌ماهی و ماهی بازاری قزل‌آلای رنگین‌کمان شامل بیشینه و کمینه و همچنین میانگین و انحراف معیار وزن، طول کل و طول استاندارد در جدول ۱ آمده است. میانگین وزن، طول کل و طول استاندارد در ماهی بازاری به‌ترتیب ١٤/٧٤±٣٢٣/٣٣ گرم، ١/٢٥±٣٢/٤٣ و ١/٥٩±٢٩/٨٣ سانتی‌متر بود. همچنین میانگین وزن، طول کل و طول استاندارد در بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان ٢٥±١٢٥ گرم، ٠/٤٣±٩/٧ و ٠/٤٥±٨/٥٦ سانتی‌متر بود. بیشینه و کمینه مجموع تخم استحصالی ماهی مورد مطالعه به‌ترتیب ٤٢ و ٣٦ گرم بود.

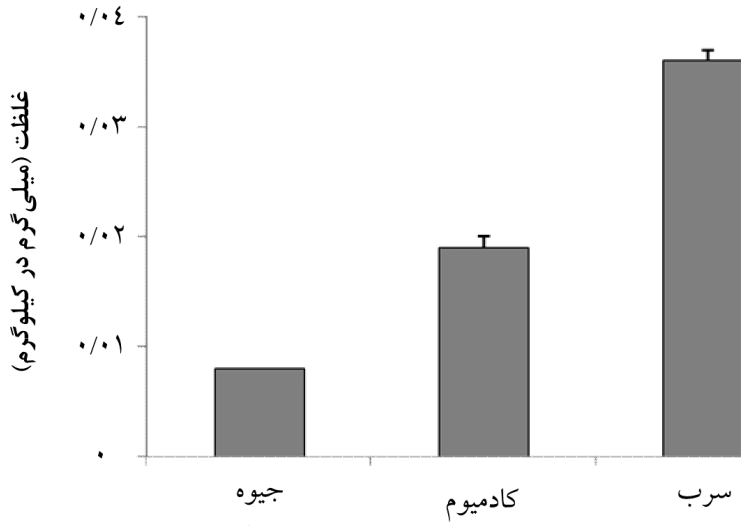
جدول ۱- نتایج زیست‌سنجی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در مراحل مختلف رشد

مرحله رشد	پارامتر	طول کل (سانتی‌متر)	طول استاندارد (سانتی‌متر)	وزن (گرم)
تخم ماهی	بیشینه	-	-	-
	کمینه	-	-	-
	میانگین	-	-	٣٩/٣٣±٣/٠٥
بچه‌ماهی	بیشینه	١٠/٢	٩	١٠٠
	کمینه	٩/٤	٨/١	١٥٠
	میانگین	٩/٧ ±٠/٤٣	٨/٥٦±٠/٤٥	١٢٥±٢٥
ماهی بازاری	بیشینه	٣٣/٧	٣٠/٩	٣٤٠
	کمینه	٣١/٢	٢٨	٣١٢
	میانگین	٣٢/٤٣±١/٢٥	٢٩/٨٣±١/٥٩	٣٢٣/٣٣±١٤/٧٤

Archive of SID

www.SID.ir

در این پژوهش میانگین میزان جیوه، کادمیوم و سرب در تخم ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان به‌ترتیب ۰±۰/۰۰۸، ۰/۰۰۱±۰/۰۱۹ و ۰/۰۰۱±۰/۰۳٦ میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست آمد.



شکل ۱- میزان فلزات سنگین جیوه، کادمیوم و سرب (میلی‌گرم در کیلوگرم) در تخم ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

میزان جیوه، کادمیوم و سرب در عضله، کبد و آبشش ماهی قزل‌آلای رنگین در مراحل رشد اختلاف معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵). میزان عناصر سنگین مورد مطالعه در آبشش نسبت به عضله و کبد این ماهی بالاتر بود (P<۰/۰۵). بالاترین و پایین‌ترین میزان جیوه در آبشش مولدین نر (۰/۰٤٨±۰/۰۰٤ میلی‌گرم در کیلوگرم) و تخم ماهی (۰±۰/۰۰۸ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود. بالاترین و پایین‌ترین میزان کادمیوم نیز در آبشش مولدین ماده (۰/۳۳۷±۰/۰۲۱ میلی‌گرم در کیلوگرم) و تخم ماهی (۰/۰۱۹±۰/۰۰۱ میلی‌گرم در کیلوگرم) به‌دست آمد. همچنین بالاترین و پایین‌ترین میزان سرب نیز در آبشش مولدین ماده (۰/٦۳۹±۰/۰۳٦ میلی‌گرم در کیلوگرم) و تخم ماهی (۰/۰۳٦±۰/۰۰۱ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود. میزان عناصر سنگین در اندام عضله در مراحل مختلف رشد اختلاف معنی‌داری نداشت (P>۰/۰۵). همچنین در کبد نمونه‌های مورد مطالعه نیز بین میزان فلزات سنگین در مراحل مختلف رشد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (P>۰/۰۵). درمورد آبشش هم اختلاف معنی‌داری در مراحل رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان وجود نداشت (P>۰/۰۵).

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۲- میانگین غلظت فلزات سنگین در اندام‌های بچه‌ماهی، ماهی بازاری و مولدین ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (mean±SD) (میلی‌گرم در کیلوگرم)

اندام‌ها	فلزات سنگین / مراحل رشد	جیوه	کادمیوم	سرب
عضله	بچه‌ماهی	۰/۰۱٤±۰/۰۰٤^{a}	۰/۰٤۰±۰/۰۰٤^{a}	۰/۰۷۷±۰/۰۰۷^{a}
	ماهی بازاری	۰/۰۲۱±۰/۰۰۲^{a}	۰/۱۱۹±۰/۰۲۲^{a}	۰/۲۱٤±۰/۰۳۸^{a}
	مولدین نر	۰/۰۳۱±۰/۰۰٤^{a}	۰/۱۹۷±۰/۰۱۲^{a}	۰/۳۳٦±۰/۰۵۸^{a}
	مولدین ماده	۰/۰۳۲±۰/۰۰۲^{a}	۰/۲۳۳±۰/۰۲٤^{a}	۰/٤۳۰±۰/۰٤۲^{a}
کبد	بچه‌ماهی	۰/۰۱۸±۰/۰۰۲^{b}	۰/۰٤۳±۰/۰۰۵^{b}	۰/۰۸۸±۰/۰۰۸^{b}
	ماهی بازاری	۰/۰۲۳±۰/۰۰۲^{b}	۰/۱۲۸±۰/۰۲^{b}	۰/۲۲۲±۰/۰۳۳^{b}
	مولدین نر	۰/۰۳۹±۰/۰۰۸^{b}	۰/۲٤٦±۰/۰۰۹^{b}	۰/٤۸۸±۰/۰۲۹^{b}
	مولدین ماده	۰/۰۳۸±۰/۰۰۱^{b}	۰/۳±۰/۰۲۱^{b}	۰/۵٦۹±۰/۰٤۰^{b}
آبشش	بچه‌ماهی	۰/۰۱۹±۰/۰۰۲^{c}	۰/۰٤۸±۰/۰۰۷^{c}	۰/۰۹٤±۰/۰۱۱^{c}
	ماهی بازاری	۰/۰۲۷±۰/۰۰^{c}	۰/۱٤±۰/۰۱۹^{c}	۰/۲۳۹±۰/۰۲۹^{c}
	مولدین نر	۰/۰٤۸±۰/۰۰٤^{c}	۰/۳۰۲±۰/۰۱^{c}	۰/۵۹۱±۰/۰۱۸^{c}
	مولدین ماده	۰/۰٤۳±۰/۰۰۲^{c}	۰/۳۳۷±۰/۰۲۱^{c}	۰/٦۳۹±۰/۰۳٦^{c}

بحث و نتیجه‌گیری

تجمع میزان جیوه، کادمیوم و سرب با افزایش سن و رشد و نمو مراحل مختلف ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان افزایش داشت. سن، طول، وزن، جنسیت، عادت تغذیه‌ای، نیازهای اکولوژیک، غلظت فلزات سنگین در آب و رسوب، مدت زمان ماندگاری ماهی در محیط آبی، فصل صید و خواص شیمیایی آب (شوری، سختی، دما) از عوامل مؤثر در تجمع فلزات سنگین در اندام‌های مختلف ماهی می‌باشند (Demirak و همکاران، ۲۰۰٦). میزان تجمع و ذخیره فلزات سنگین در بافت‌های مختلف ماهیان به ویژگی‌های بیوشیمیایی فلز نیز بستگی دارد. همچنین بین تجمع فلزات در بافت‌های مختلف با گونه ماهی نیز رابطه وجود دارد (Haung، ۲۰۰۳) که ممکن است مرتبط با عادات غذایی آن‌ها و ظرفیت تجمع زیستی (Bio-concentration Capacity) هر گونه باشد (Farkas و همکاران، ۲۰۰۳).

در پژوهشی بر روی ماهیان کپور یک‌ساله تا سه‌ساله میانگین میزان سرب در ماهیان یک‌ساله ۱٤۹/۹٦ میکروگرم در کیلوگرم بوده که در ماهیان سه‌ساله به ۱٦۷/۹۵ میکروگرم در کیلوگرم افزایش یافته است. این مسأله در مورد کادمیوم نیز صادق است به‌طوری‌که میزان کادمیوم در ماهیان یک‌ساله از ٦۹/۵٤ میکروگرم در کیلوگرم به ۸٦/۷۵ میکروگرم در کیلوگرم افزایش یافته است که با افزایش سن ماهیان میزان تجمع دو فلز سرب و کادمیوم در عضله ماهیان افزایش نشان داد (رییسی و همکاران، ۱۳۸۸). تجمع فلزات بعد از یک سن مشخص به یک وضعیت ثابت می‌رسد. رقیق‌سازی غلظت فلزات سنگین از بافت‌ها در طی رشد و یا کاهش فعالیت متابولیکی در طی افزایش سن انجام می‌شود. اگر غلظت فلزات در آب آنقدر زیاد باشد که ماهی نتواند با رقیق‌سازی و کاهش غلظت آن را رفع نماید، تجمع فلزات در

Archive of SID

www.SID.ir

بافت‌های ماهیان ادامه می‌یابد (اسماعیلی‌ساری و همکاران، ۱۳۸٦؛ عسکری‌ساری و ولایت‌زاده، ۱۳۸۹).

برخی پژوهشگران تجمع کم‌تری از فلزات را با افزایش سن ماهیان ارائه نموده‌اند (امینی‌رنجبر و ستوده‌نیا، ۱۳۸٤؛ Farkas و همکاران، ۲۰۰۰؛ Canli و Atli، ۲۰۰۳). میزان فلزاتی که در متابولیسم ماهیان نقش دارند با افزایش سن کاهش می‌یابند. فعالیت‌های متابولیکی نقش مهمی در تجمع فلزات سنگین در اندام‌های مختلف ماهیان دارند ضمن آن‌که فعالیت‌های متابولیکی ماهیان با سن کم‌تر به مراتب بیش‌تر از ماهیان مسن‌تر می‌باشد. بنابراین تجمع فلزات در ماهیان جوان‌تر (با طول کم‌تر) بیش‌تر است (Canli و Atli، ۲۰۰۳). این همبستگی معکوس در مطالعه حاضر ممکن است به‌دلیل بالاتر بودن متابولیسم فعال در ماهیان جوان نسبت به ماهیان بالغ و مسن‌تر باشد. همچنین با توجه به رابطه مستقیم نرخ متابولیک در آبزیان و نرخ جذب آلودگی، انباشتگی فلزات سنگین در افراد جوان‌تر، بالاتر تفسیر می‌گردد (Canli و Atli، ۲۰۰۳؛ Kojadinovic و همکاران، ۲۰۰۷). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که فرضیه تجمع بالای عناصر در ماهیان بزرگ‌تر (طول و سن) در این مطالعه صدق می‌کند. دلیل دیگر این‌که اگر میزان جذب عناصر از طریق غذا و آب برابر با میزان انتشار و دفع آن عناصر به منابع از بدن ماهی باشد، میزان عناصر با افزایش سن ثابت خواهد ماند بنابراین با افزایش سن و رشد ماهی فلزات قابلیت جذب کم‌تری پیدا نموده ضمن آن‌که یون‌های فلزات از طریق فلس‌های ماهی با آب تبادل داشته و احتمالاً به کاهش جذب عناصر در بافت‌های ماهی منجر خواهد شد (Rashed، ۲۰۰۱). دلیل دیگر این‌که به‌دلیل کاهش جیره غذایی ماهی با افزایش سن آن میزان فلزات در بدن آن پایین‌تر بوده است (Farkas و همکاران، ۲۰۰۰).

تفاوت غلظت فلزات سنگین در بافت‌های گوناگون ماهیان می‌تواند ناشی از تفاوت در طول، وزن و سن ماهی (Nsikak و همکاران، ۲۰۰۷)، مدت قرارگیری در معرض فلزات (Malik و همکاران، ۲۰۱۰)، نوع رژیم غذایی و شرایط زیستی (عسکری‌ساری و ولایت‌زاده، ۱۳۹۳) باشد.

نتایج پژوهش‌های مختلف بر روی گونه‌های مختلف ماهی میزان سرب را بالاتر از جیوه و کادمیوم نشان می‌دهد مگر این‌که آب به‌دلیل خاصی دچار آلودگی شدید با جیوه یا کادمیوم شده باشد (Al-Yousuf و همکاران، ۲۰۰۰؛ Sekhar و همکاران، ۲۰۰۳؛ Dural و همکاران، ۲۰۰٦). Heath بیان می‌کند که از لحاظ کمیت و کیفیت بین سه عنصر جیوه، کادمیوم و سرب رابطه سرب > کادمیوم > جیوه برقرار است (Heath، ۱۹۸۷). الگوی تجمع‌پذیری فلزات در ماهیان و سایر موجودات آبزی به‌میزان جذب و دفع فلزات بستگی دارد. تجمع فلزات بعد از یک سن مشخص به یک وضعیت ثابت می‌رسد. رقیق‌سازی غلظت فلزات سنگین از بافت‌ها در طی رشد و یا کاهش فعالیت متابولیکی در طی افزایش سن انجام می‌شود. اگر غلظت فلزات در آب آنقدر زیاد باشد که ماهی نتواند با رقیق‌سازی و کاهش غلظت آن را رفع نماید، تجمع فلزات در بافت‌های ماهیان ادامه می‌یابد (اسماعیلی‌ساری و همکاران، ۱۳۸٦؛ عسکری‌ساری و ولایت‌زاده، ۱۳۹۳).

در این پژوهش میزان فلزات سنگین جیوه، کادمیوم و سرب در آبشش بچه‌ماهی، ماهی بازاری و مولدین نر و ماده ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نسبت به عضله و کبد بالاتر بود ($P<0/05$). به‌طورکلی آبشش‌ها، کلیه و کبد عمده‌ترین راه‌های جذب این فلزات به بدن ماهیان می‌باشند (Newman و Unger، ۲۰۰۳) که جذب فلز کادمیوم از طریق آبشش‌ها بسیار بیش‌تر از جذب از طریق لوله گوارشی صورت

Archive of SID
www.SID.ir

می‌گیرد. معمولاً بافت عضله دارای پایین‌ترین مقادیر فلزات سنگین در ماهیان می‌باشد و این عناصر در بافت‌هایی نظیر کلیه، کبد و آبشش‌ها تجمع می‌نمایند (Al-Yousuf و همکاران، ۲۰۰۰؛ Filaz و همکاران، ۲۰۰۳). میزان جیوه در اعضای داخلی بدن ماهی کمی بیش‌تر از بافت عضله است. در مطالعات متعددی نشان داده شده است که با افزایش سن و رشد ماهی میزان جیوه در عضله گونه مورد مطالعه افزایش می‌یابد (Farkas و همکاران، ۲۰۰۰؛ Adams و Onorato، ۲۰۰۵). اثر منفی سن بر میزان تجمع جیوه در عضله ماهی به اثر رقیق‌سازی نسبی میزان چربی بافت‌ها مربوط می‌شود (فرکیان و همکاران، ۱۳۹۲). همچنین این فرضیه با درصد پایین چربی بافت ماهیان جوان مورد تأیید قرار گرفته است (Shulman، ۱۹۷٤). تجمع میزان جیوه در عضله میش ماهی (*Argyrosomus hololepidotus*) با عامل سن ارتباط مثبت و معنی‌داری داشته است (فرکیان و همکاران، ۱۳۹۲) که با نتایج این پژوهش همخوانی ندارد. به‌طورکلی در گونه‌های با سایز کوچک و متوسط، افزایش اندازه بدن و رشد ماهی اغلب تأثیر چندانی بر روی افزایش تجمع فلزات سنگین در بافت‌های ماهی ندارد (Hugett و همکاران، ۲۰۰۱).

مقایسه میزان کادمیوم، سرب، جیوه، روی و آهن در عضله بچه‌ماهی انگشت قد و ماهی بازاری قزل‌آلای رنگین‌کمان با استانداردهای جهانی، بیانگر آن است که غلظت این فلزات در مقایسه با استانداردهای جهانی نظیر سازمان غذا و کشاورزی (Food and Agriculture Organization; FAO)، سازمان بهداشت جهانی (World Health Organization; WHO)، سازمان غذا و داروی آمریکا (U.S. Food and Drug Administration, FDA)، وزارت کشاورزی- شیلات انگلستان (Ministry of Agriculture, Fisheries & Food UK; UKMAFF) و انجمن ملی بهداشت و سلامت استرالیا (National Health & Medical Research Council Australia; NHMRC) پایین‌تر بود. به‌طورکلی و براساس غلظت‌های به‌دست آمده و آنالیزهای انجام شده مشخص شد که ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورشی جهت مصرف انسانی مشکل خاصی ایجاد نمی‌کند.

جدول ۳- مقایسه غلظت فلزات سنگین با آستانه مجاز استانداردهای جهانی (میلی‌گرم در کیلوگرم)

استانداردها	فلزات سنگین			
	جیوه	کادمیوم	سرب	منابع
WHO	۰/۵	۰/۲	۰/۵	WHO, 1985
FDA	۰/۱-۰/۵	۱	۵	Tuzen, 2009
NHMRC	۱	۰/۰۵	۱/۵	Tuzen, 2009
UKMAFF	۰/۵	۰/۰۲	۲	Tuzen, 2009
FAO	۰/۵	۰/۵	۰/۵	Tuzen, 2009
تحقیق حاضر	۰/۰۲۱	۰/۱۱۹	۰/۲۱٤	-

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

اسماعیلی‌ساری، ع.، نوری‌ساری، ح.، و اسماعیلی‌ساری، ا.، ۱۳۸٦. جیوه در محیط زیست. انتشارات بازرگان. چاپ اول. رشت. ۲۲٦ صفحه.

امینی‌رنجبر، غ.، و ستوده‌نیا، ف.، ۱۳۸٤. 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، ۱٤ (۳): ۱۸-۱.

برامکی‌یزدی، ر.، ابراهیم‌پور، م.، پورخباز، ع.ر.، و بابایی، ه.، ۱۳۸۹. تجمع زیستی فلزات سنگین در بافت عضله ماهی سوف و اردک‌ماهی تالاب انزلی. چهارمین همایش تخصصی محیط زیست. دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران. ۸ تا ۱۲ آبان. ۷ صفحه.

جلالی‌جعفری، ب.، و آقازاده مشگی، م.، ۱۳۸٦. مسمومیت ماهیان در اثر فلزات سنگین آب و اهمیت آن در بهداشت عمومی. انتشارات مان کتاب. چاپ اول. تهران. ۱۳٤ صفحه.

جهانگیری، م.، ۱۳۹۳. اندازه‌گیری مقادیر فلزات سنگین (آهن، روی و نیکل) در بافت عضلانی ماهی سوکلا (*Rachycentron Canadum*) در گروه‌های مختلف طولی در صید آب‌های شمال‌غربی خلیج‌فارس. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. گروه تکثیر و پرورش آبزیان. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۱٦۳ صفحه.

رییسی، م.، انصاری، م.، و رحیمی، ا.، ۱۳۸۸. تعیین میزان سرب و کادمیوم در گوشت چهار گونه از کپورماهیان رودخانه بهشت‌آباد استان چهارمحال و بختیاری و بررسی رابطه آن با سن و گونه ماهی. مجله پژوهش‌های علوم و فنون دریایی، ٤ (٤): ٤۲-۳۷.

سالنامه آماری شیلات ایران، ۱۳۹۳. سالنامه آماری شیلات ایران ۱۳۹۲-۱۳۸۲. انتشارات سازمان شیلات ایران. چاپ اول. تهران. ٦٤ صفحه.

طبیب‌زاده، م.، عسکری‌ساری، ا.، و ولایت‌زاده، م.، ۱۳۹٤. بررسی تجمع فلزات سنگین مس، آهن و کبالت در مراحل مختلف رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*). فصلنامه محیط زیست جانوری، ۷ (۱): ۲۹۳-۲۸۷.

عسکری‌ساری، ا.، و ولایت‌زاده، م.، ۱۳۸۹. هیدروشیمی کاربردی در آبزیان. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. چاپ اول. اهواز. ۲۲٤ صفحه.

عسکری‌ساری، ا.، و ولایت‌زاده، م.، ۱۳۹۳. فلزات سنگین در آبزیان. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. چاپ اول. اهواز. ۳۸۸ صفحه.

فرکیان، ن.، محمدی، غ.، و عسکری‌ساری، ا.، ۱۳۹۲. میزان جیوه در عضله میش ماهی (*Argyrosomus hololepidotus*) در گروه‌های سنی مختلف در صید آب‌های شمال‌غربی خلیج‌فارس. فصلنامه زیست‌شناسی دریا، ۵ (۱۹): ۳٤-۲۵.

Adams, H., and Onorato, V., 2005. Mercury concentrations in red drum, *Sciaenops oselatus*, from estuarine and offshore waters of Florida. Marine Pollution Bulletin, 50, 291-300.

Ahmad, A.K., and Shuhaimi-Othman, M., 2010. Heavy metal concentration in sediments and fishes from Lake Chini, Pahang, Malaysia. J. Biol. Sci. 10 (2), 93-100.

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 Total Environment, 256, 87-94.

Canli, M., and Atli, G., 2003. The relationship between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. J. Environ. Poll. 121, 129-136.

Archive of SID

www.SID.ir

Demirak, A., Yilmaz, F., Tuna, A.L., and Zdemir, N., 2006. Heavy metals in water, sediment and tissues of *Leuciscuscephalus* from a stream in southwestern Turkey. J. Chemosphere. 63, 1451-1458.

Dural, M., Goksu, M.Z.L., Ozak, A.A., and Derici, B., 2006. Bioaccumulation of some heavy metals in different tissues of *Dicentrarchuslabrax*and *Mugilcephalus* from the Camlik Lagoon of the eastern coast Mediterranean Turkey. J. Environ. Monitor. Assess. 118, 65-74.

Eboh, L., Mepba, H.D., and Ekpo, M.B., 2006. Heavy metal contaminats and processing effects on the composition, storage stability and fatty acid profiles of five common commercially available fish species in Oron Local Government, Nigeria. J. Food Chem. 97 (3), 490-497.

Farkas, A., Salanki, J., and Varanka, I., 2000. Heavy metal concentrations in fish of lake Balaton, Lakes and ReserVoirs. J. Res. Manage. 5, 271-279.

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. Populating a Low-contaminated site. Water Research, 37 (5), 959-964.

Filazi, A., Baskaya, R., and Kum, C., 2003. Metal concentration in tissues of the Black Sea fish *Mugil auratus* from Sinop-Icliman, Turkey. J. Hum. Exp. Toxicol. 22, 85-87.

Food and Agriculture Organization (FAO), 2010. Yearbook annuaire. Fishery and Aquaculture Statistics. Roma. 100p.

Heath, A.G., 1987. Water pollution and fish physiology. (2nd ed.). CRC. Press. Boston, USA. 245p.

Huang, W.B., 2003. Heavy Metal Concentration in the Common Benthic Fishes Caught from the coastal Waters of Eastern Taiwan. J. Food Drug Anal. 11 (4), 324-330.

Huggett, D.B., Steevens, J.A., Allgood, J.C., Lutken, C.B., Grace, C.A., and Benson, W.H., 2001. Mercury in sediment and fish from North Mississippi Lakes. Chemosphere, 42, 923-929.

Kojadinovic, J., et al., 2006. Mercury content in commercial pelagic fish and its risk assessment in the Western Indian Ocean. Science Total Environment. 366, 688-700.

Malik, N., Biswas, A.K., and Qureshi, T.A., 2010. Bioaccumulation of heavy metals in fish tissues of a freshwater lake of Bhopal. Environmental Monitoring and Assessment, 160, 267-276.

Newman, M.C., and Unger, M.A., 2003. Fundamentals of ecotoxicology. CRC Press, 458p.

Nsikak, U.B., Joseph, P.E., Akan, B.W., and David, E.B., 2007. Mercury accumulation in fishes from tropical aquatic ecosystems in the Niger Delta, Nigeria. Current Science, 92, 781-785.

Rashed, M.N., 2001. Monitoring of environmental heavy metals in fish from Nassar Lake. Environment International, 27, 27-33.

Rouessac, F., and Rouessac, A., 2007. Chemical Analysis Modern Instrumentation Methods and Techniques. 2nd Edition, England, John Wiley & Sons Ltd.

Sekhar, K.C., Chary, N.S., Kamala, C.T., Raj, D.S.S., and Rao, A.S., 2003. Fractionation studies and bioaccumulation of sediment-bound Heavy Metals in Kolleru lake by edible fish. Environment International, 29, 1001-1008.

Shulman, G.E., 1974. Life cycles of fish. 1st ed. New York: Wiley.

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

WHO, 1985. Review of potentially harmful substances-cadmium, lead and tin. WHO, Geneva. (Repotrs and Studies No. 22. MO/ FAO/ UNESCO/ WMO/ WHO/ IAEA/ UN/ UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution).

Archive of SID

www.SID.ir