

بررسی تجمع فلزات سنگین مس، آهن و کبالت در مراحل مختلف رشد

ماهی قزل آلابی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

- میثاق طبیب زاده: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان، اهواز، صندوق پستی: ۱۹۱۵
- ابوالفضل عسکری ساری: گروه شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، صندوق پستی: ۱۹۱۵
- محمد ولایت زاده*: باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، صندوق پستی: ۱۹۱۵

تاریخ دریافت: دی ۱۳۹۲ تاریخ پذیرش: فروردین ۱۳۹۳

چکیده

این تحقیق به منظور تعیین و مقایسه میزان تجمع فلزات سنگین آهن، مس و کبالت در تخم ماهی، عضله بچه ماهی انگشت قد، ماهی بازاری، مولدین نر و ماده قزل آلابی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) پرورشی استان لرستان در سال ۱۳۹۰ انجام شد. ۷۵ نمونه تخم ماهی، بچه ماهی (فینگرلینگ)، ماهی بازاری، مولدین نر و ماده قزل آلابی رنگین کمان 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 پراکین المر (Perkin Elmer 4100) انجام گردید. تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS18 و به کمک آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) انجام شد. غلظت فلزات سنگین آهن، کبالت و مس در تخم ماهی قزل آلابی رنگین کمان به ترتیب $0/0523 \pm 0/0061$ ، $0/023 \pm 0/0005$ و $0/0733 \pm 0/0102$ میلی گرم در کیلوگرم به دست آمد ($P < 0/05$). بالاترین و پایین ترین میزان تجمع آهن به ترتیب در کبد مولدین ماده ($0/075 \pm 0/0035$ میلی گرم در کیلوگرم) و عضله بچه ماهی ($0/015 \pm 0/0039$ میلی گرم در کیلوگرم) مشاهده گردید. بالاترین و پایین ترین میزان تجمع مس به ترتیب در کبد مولدین ماده ($0/083 \pm 0/0033$ میلی گرم در کیلوگرم) و عضله ماهی بازاری ($0/015 \pm 0/0053$ میلی گرم در کیلوگرم) بود. بالاترین و پایین ترین میزان تجمع کبالت به ترتیب در آبشش مولدین ماده ($0/055 \pm 0/0026$ میلی گرم در کیلوگرم) و تخم ماهی ($0/005 \pm 0/0023$ میلی گرم در کیلوگرم) به دست آمد.

کلمات کلیدی: فلزات سنگین، تجمع زیستی، مس، آهن، کبالت، قزل آلابی رنگین کمان



مقدمه

از ورود به بدن دیگر از بدن دفع نشده و با آنزیم‌های درونی ترکیب و مانع از عمل آن‌ها می‌گردد (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱). 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 آبریان می‌شود (Atli و Canli، ۲۰۰۳). ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان یکی از گونه‌های تجاری ایران محسوب می‌شود که در استان‌های 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 به طوری که تولید این ماهی از ۴۴۷۳۹۴ تن در سال ۲۰۰۰ به ۵۷۶۲۸۹ در سال ۲۰۰۸ افزایش یافته و هفدهمین گونه مهم پرورشی آبریان از نظر تولید می‌باشد (FAO، ۲۰۱۰). ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در ایران به دلیل طعم و مزه مناسب و مطلوب دارای طرفداران بسیاری می‌باشد، به طوری که در سال ۱۳۸۸ به میزان ۷۳۶۴۲ تن تولید گردید. هم‌چنین میزان ۱۹۹۶۱۸ تن بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در کشور تکثیر و تولید شد (سالنامه آماری شیلات ایران، ۱۳۹۰). استان لرستان از جمله استان‌های غیرساحلی است که دارای ۳۰۳۹ رشته چشمه، بیش از ۳۲۵۰ حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق، ۱۵۲۷ رشته قنات و ۲۴۵۰ 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 ۵۵۰۰ تن در سال می‌باشد که رتبه اول تولید ماهیان سردآبی را در بین استان‌های غیرساحلی از آن خود نموده است. با توجه به این‌که استان لرستان مقام اول تولید ماهی قزل‌آلا را در میان استان‌های غیرساحلی دارد و حتی تولید خود را به استان‌های دیگر ارسال می‌کند. اندازه‌گیری و کنترل فلزات سنگین مس، آهن و کبالت در ماهیان پرورشی مرکز تکثیر و پرورش قزل‌رود بروجرد که یکی از بزرگ‌ترین مراکز تکثیر و پرورش استان لرستان است، ضمن اطمینان از کیفیت محصولات غذایی، از بروز خطرات انسانی پیشگیری می‌کند، لذا با اطلاعاتی را فلزات سنگین در سنین مختلف این ماهی می‌توان اطلاعاتی را در مورد زمان و سن عرضه ماهی به بازار به‌دست آورد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۰ به‌منظور سنجش برخی فلزات سنگین در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان انجام شد. در این

آلودگی آب با ترکیبات یا عناصر فلز سنگین، منجر به مسمومیت خونی ماهیان (توکسمی) و به‌دنبال 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 (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱). فلزات سنگین به‌عنوان یکی از گروه‌های اصلی آلاینده‌های محیط‌های آبی در اثر فعالیت‌های طبیعی و نیز به‌طور عمد در اثر فعالیت‌های انسانی به محیط‌های آبی راه می‌یابند (Humtsoe و همکاران، ۲۰۰۷). پساب واحدهای صنعتی، کشاورزی، حمل و نقل، مواد حاصل از سوختن سوخت‌های فسیلی، فرسایش زمین، فضولات انسانی و دامی و پساب ناشی از پرورش دام، منابع تشکیل‌دهنده فلزات سنگین در پیکره آبی هستند (Sekhar و همکاران، ۲۰۰۳). پایش فلزات سنگین مسئله مهمی برای متخصصان علوم تغذیه، پزشکی و محیط زیست می‌باشد (Ozden، ۲۰۱۰). بیش‌تر اندام‌های ماهی در برابر مسمومیت با فلزات سنگین حساس هستند، در این تحقیق بافت عضله ماهی به نسبت نقش مهم در تغذیه انسان و لزوم اطمینان از سلامت آن جهت مصرف، به‌عنوان اندام هدف انتخاب شد (عسکری ساری و ولایت‌زاده، ۱۳۸۹). 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. تکامل ماهیان به‌وسیله وجود عناصر فلزات سنگین در آب تحت تاثیر قرار می‌گیرد به‌ویژه در مراحل اولیه زندگی مانند زمان تفریح، مراحل تکامل لاروی و رشد نوجوانی، که این مراحل بسیار حساس‌تر از مرحله بلوغ هستند (Heath، ۱۹۸۷). مطالعه پیرامون فلزات سنگین به‌خصوص در محیط‌های آبی و آبریان 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، درحالی‌که بقیه عناصر نظیر سرب، جیوه، کادمیوم هیچ‌گونه هدف بیولوژیکی سودمندی را دنبال نمی‌نمایند به گونه‌ای که غلظت این فلزات سمی تجمع یافته و به‌طور پیوسته روند صعودی را طی می‌کند (Tuzen و Soylak، ۲۰۰۷؛ Celik و Oehlschlager، ۲۰۰۴). این فلزات جایگزین دیگر املاح و مواد معدنی مورد نیاز بدن گردیده که یکی از اساسی‌ترین مسائل مرتبط با آن‌ها، عدم متابولیسم شدنشان در بدن می‌باشد. در واقع فلزات سنگین پس



مورد نظر بر میلی گرم بر گرم اندازه گیری گردید (Ahmad و Othman Shuhaimi, ۲۰۱۰؛ Olowu و همکاران، ۲۰۱۰).

در این تحقیق آزمایش‌ها به صورت کاملاً تصادفی انجام شد. نتایج حاصل از این تحقیق با استفاده از نرم افزار آماری SPSS18 و آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) و آزمون دانکن (Duncan test) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. ضریب اطمینان مطالعه ۹۵ درصد ($P=0/05$) تعیین شد. هم چنین جهت رسم جداول و نمودارها از نرم افزار Excel 2007 استفاده گردید.

نتایج

زیست سنجی نمونه های تخم ماهی، بچه ماهی و ماهی بازاری قزل آلاهی رنگین کمان شامل بیشینه و کمینه و هم چنین 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 به ترتیب $323/33 \pm 14/74$ گرم، $32/43 \pm 1/25$ و $29/83 \pm 1/59$ سانتی متر بود. هم چنین میانگین وزن، طول کل و طول استاندارد در بچه ماهی قزل آلاهی رنگین کمان 125 ± 25 گرم، $9/7 \pm 0/43$ و $8/56 \pm 0/45$ سانتی متر بود. بیشینه و کمینه مجموع تخم استحصالی ماهی مورد مطالعه به ترتیب ۴۲ و ۳۶ گرم بود. غلظت فلزات سنگین آهن، کبالت و مس در تخم ماهی قزل آلاهی رنگین کمان به ترتیب $0/523 \pm 0/061$ ، $0/23 \pm 0/05$ و $0/733 \pm 0/152$ میلی گرم در کیلوگرم به دست آمد ($P < 0/05$) (شکل ۱).

جدول ۱: نتایج زیست سنجی ماهی قزل آلاهی رنگین کمان در

مراحل مختلف رشد

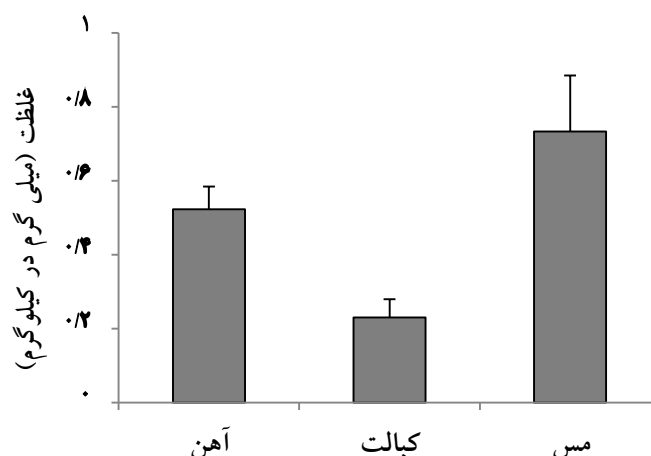
| مرحله رشد | پارامتر | طول کل (سانتی متر) | طول استاندارد (سانتی متر) | وزن (گرم) |
|-------------|------------------|--------------------|---------------------------|--------------------|
| تخم ماهی | بیشینه | - | - | ۴۲ |
| | کمینه | - | - | ۳۶ |
| بچه ماهی | میانگین | - | - | $323/33 \pm 14/74$ |
| | بیشینه | ۱۰/۲ | ۹ | ۱۰۰ |
| ماهی بازاری | کمینه | ۹/۴ | ۸/۱ | ۱۵۰ |
| | میانگین | $9/7 \pm 0/43$ | $8/56 \pm 0/45$ | 125 ± 25 |
| ماهی بازاری | بیشینه | ۳۳/۷ | ۳۰/۹ | ۳۴۰ |
| | کمینه | ۳۱/۲ | ۲۸ | ۳۱۲ |
| میانگین | $32/43 \pm 1/25$ | $29/83 \pm 1/59$ | $323/33 \pm 14/74$ | |

پژوهش ۱۵ نمونه با میانگین $39/33$ گرم از تخم ماهی، ۱۵ نمونه بچه ماهی (فینگرلینگ) و ۱۵ نمونه ماهی پرورشی (بشقابی) قزل آلاهی رنگین کمان از ۳ استخر پرورشی مرکز تکثیر و پرورش قزل رود بروجرد واقع در استان لرستان تهیه شدند. پس از نمونه برداری، ماهیان در جعبه های یونولیت، یخ پوشی شده به آزمایشگاه جهت عملیات آزمایشگاهی و آنالیز انتقال یافتند. ابتدا زیست سنجی ماهیان شامل طول کل، طول استاندارد و وزن انجام و ثبت گردید. توزین نمونه ها به وسیله ترازوی دیجیتال با دقت $0/01$ گرم و خصوصیات طولی ماهیان به وسیله خط کش ساده انجام شد.

سپس کالبدشکافی اندام های عضله، کبد و آبشش نمونه ها با اسکالپل استریل شده صورت گرفت. برای برداشت بافت عضله از قسمتی از عضله در بخش بالایی بدن (زیر باله پشتی) استفاده شد. بافت های به دست آمده پس از توزین در پتری دیش قرار گرفتند تا در مرحله بعد برای خشک کردن در آون قرار گیرند. تمامی نمونه های به دست آمده به مدت ۶۰ تا ۱۵۰ دقیقه در آون با دمای ۶۵ درجه سانتی گراد قرار گرفت تا به وزن ثابت رسیده و سپس از داخل آون خارج شد. برای هضم نمونه ها از روش مرطوب استفاده شد (Eboh و همکاران، ۲۰۰۶).

فلزات سنگین به روش جذب اتمی با دستگاه جذب اتمی مدل پرکین المر ۴۱۰۰ (Perkin Elmer 4100) ساخت کشور امریکا مجهز به سیستم شعله، سیستم کوره گرافیتی سنجش شدند. جهت اندازه گیری کبالت و مس مورد نظر ابتدا به ۱۰ میلی لیتر محلول هضم شده نمونه ها، ۵ میلی لیتر محلول آمونیوم پیرولیتیدین کاربامات ۵٪ اضافه شده و به مدت ۲۰ دقیقه نمونه ها شیکر شدند تا عناصر به صورت فرم آلی فلزی در محلول کمپلکس شوند و سپس به نمونه ها ۲ میلی لیتر متیل ایزو بوتیل کتون اضافه شد و به مدت ۳۰ دقیقه نمونه ها شیکر شدند و پس از ۱۰ دقیقه نمونه ها، ۲۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شدند و عناصر مورد نظر به فاز آلی منتقل شدند. پس از تنظیم کوره و سیستم EDL دستگاه و بهینه کردن دستگاه جذب اتمی مدل Perkin Elmer 4100 منحنی کالیبراسیون این عناصر به کمک استانداردهای این عناصر و مادریکس مودیفایر پلادیم توسط نرم افزار WinLab32 رسم گردید و مقدار این عناصر در محلول های آماده شده اندازه گیری گردید. جهت سنجش آهن، دستگاه جذب اتمی مجهز به سیستم شعله با استفاده از محلول استاندارد به حالت بهینه تنظیم گردید. منحنی کالیبراسیون به روش افزایش استاندارد برای هر یک از عناصر به کمک نرم افزار WinLab32 دستگاه ترسیم گردید و مقدار عناصر





شکل ۱: نمودار میزان فلزات سنگین آهن، مس و کبالت (میلی‌گرم در کیلوگرم) در تخم ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

میلی‌گرم در کیلوگرم) و عضله ماهی بازاری (0.53 ± 0.115 میلی‌گرم در کیلوگرم) بود. عنصر مس در کبد مولدین ماده، آبشش ماهی بازاری و عضله مولدین نر نسبت به سایر مراحل رشد بالاتر بود.

میزان عنصر کبالت در آبشش بچه‌ماهی، ماهی بازاری، مولدین نر و ماده بالاتر از عضله و کبد به‌دست آمد. بالاترین و پایین‌ترین میزان تجمع کبالت به‌ترتیب در آبشش مولدین ماده (0.23 ± 0.105 میلی‌گرم در کیلوگرم) و تخم ماهی (0.23 ± 0.105 میلی‌گرم در کیلوگرم) به‌دست آمد. عنصر کبالت در عضله، کبد و آبشش بچه‌ماهی نسبت به سایر مراحل رشد بالاتر بود (جدول ۲).

میزان فلزات آهن، مس و کبالت در تخم ماهی، عضله بچه ماهی، ماهی بازاری، مولدین نر و مولدین ماده ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P < 0.05$). میزان عنصر آهن در کبد بچه‌ماهی، ماهی بازاری، مولدین نر و ماده بالاتر از عضله و آبشش به‌دست آمد. بالاترین و پایین‌ترین میزان تجمع آهن به‌ترتیب در کبد مولدین ماده (0.735 ± 0.175 میلی‌گرم در کیلوگرم) و عضله بچه‌ماهی (0.39 ± 0.115 میلی‌گرم در کیلوگرم) مشاهده گردید. عنصر آهن در کبد و آبشش مولدین ماده و در عضله ماهی بازاری نسبت به سایر مراحل رشد بالاتر بود. میزان عنصر مس در کبد بچه‌ماهی، ماهی بازاری، مولدین نر و ماده بالاتر از عضله و آبشش به‌دست آمد. بالاترین و پایین‌ترین میزان تجمع مس به‌ترتیب در کبد مولدین ماده (0.433 ± 0.183 میلی‌گرم در کیلوگرم) و آبشش بچه‌ماهی (0.23 ± 0.105 میلی‌گرم در کیلوگرم) به‌دست آمد.

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

| اندام‌ها | فلزات سنگین | آهن (میلی‌گرم در کیلوگرم) | مس (میلی‌گرم در کیلوگرم) | کبالت (میلی‌گرم در کیلوگرم) |
|----------|-------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| عضله | بچه ماهی | 0.39 ± 0.115^a | 0.56 ± 0.105^a | 0.43 ± 0.23^a |
| | ماهی بازاری | 1.62 ± 0.11^a | 0.53 ± 0.115^a | 0.93 ± 0.115^a |
| | مولدین نر | 0.43 ± 0.105^a | 0.83 ± 0.105^a | 2.06 ± 0.37^a |
| | مولدین ماده | 0.41 ± 0.104^a | 0.56 ± 0.115^a | 2.12 ± 0.11^a |
| کبد | بچه ماهی | 2.34 ± 0.24^b | 2 ± 0.117^b | 0.7 ± 0.26^b |
| | ماهی بازاری | 6.12 ± 0.115^b | 2.73 ± 0.2^b | 1.96 ± 0.2^b |
| | مولدین نر | 6.53 ± 0.186^b | 4.3 ± 0.45^b | 3.7 ± 0.4^b |
| | مولدین ماده | 7.35 ± 0.75^b | 4.33 ± 0.183^b | 3.8 ± 0.52^b |
| آبشش | بچه ماهی | 1.54 ± 0.25^c | 1.66 ± 0.15^c | 1.13 ± 0.115^c |
| | ماهی بازاری | 4.87 ± 0.153^c | 1.8 ± 0.36^c | 2.36 ± 0.33^c |
| | مولدین نر | 5.76 ± 0.41^c | 1.1 ± 0.2^c | 3.86 ± 0.66^c |
| | مولدین ماده | 6.05 ± 0.11^c | 1.26 ± 0.115^c | 4.26 ± 0.55^c |

بحث

رشد نوجوانی، که این مراحل بسیار حساس تر از مرحله بلوغ هستند.

میزان آهن در کبد ماهیان بالاتر از عضله و آبشش بود. تحقیقات متعددی در زمینه فلزات سنگین تجمع میزان آهن را در اندام‌های ماهیان ارائه نموده‌اند (عسکری ساری و همکاران، ۱۳۸۹؛ ولایت‌زاده و همکاران، ۱۳۸۹؛ Turkmen و همکاران، ۲۰۱۰؛ Turkmen و همکاران، ۲۰۰۹؛ Dural و همکاران، ۲۰۰۶)، که علت این است که آهن به‌عنوان بخشی از آنزیم‌ها و رنگدانه‌های تنفسی درگیر در اکسیداسیون بافتی و برای انتقال اکسیژن و الکترون در بدن ضروری است (جلالی جعفری و آقازاده‌مشگی، ۱۳۸۶؛ جعفرزاده‌حقیقی و فرهنگ، ۱۳۸۵). میانگین غلظت آهن در بافت عضله ماهی گتان (*Barbus xanthopterus*) ۵/۲۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم و باریوس راجانورم (*Barbus rajanorum mystaceus*) ۳/۹۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم (Alhas و همکاران، ۲۰۰۹) و در بافت عضله گونه ماهی گریپوس (*Tor grypus*) از دریاچه سد آتاتورک ۱۰/۹۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم (Oymak و همکاران، ۲۰۰۹) گزارش شده است. میانگین غلظت آهن در بافت عضله، کبد و آبشش ماهی بیا (*Liza abu*) ۱۱/۸۱، ۱۲/۵۶ و ۱۳/۰۷ میلی‌گرم در کیلوگرم تعیین شده است (عسکری ساری و همکاران، ۱۳۸۹).

میزان کبالت در آبشش ماهیان بالاتر از عضله و کبد به‌دست آمد. این عنصر یکی از عناصر ضروری بدن ماهیان می‌باشد که مطالعات بسیار محدودی در زمینه میزان این عنصر در اندام‌های ماهیان انجام شده است، اما نکته جالب توجه در مورد کبالت این است که در بدن موجودات زنده نقش‌های متعددی نظیر رفع کم‌خونی، بیوسنتز اسیدهای چرب، بیوسنتز هموگلوبین و تولید گلبول قرمز، کوآنزیم بنیان‌های تک کربن، ویتامین کوبال آمین، کربوکسیلاسیون پیرووات و متابولیسم سیستمین دارد (اطمینان‌راد و مذهب، ۱۳۸۳).

میزان مس نیز در کبد ماهیان مورد آزمایش بالاتر از عضله و آبشش به‌دست آمد. اهمیت مس در تغذیه ماهیان به‌خوبی مشخص نشده است، اما به‌نظر می‌رسد که میزان پایین مس در یک رژیم غذایی باعث انتقال مس از مهره به ماهیچه می‌شود تا نیاز ماهیچه به مس تامین گردد (صادقی‌راد و همکاران، ۱۳۸۴). برخی ماهیان به‌ویژه ماهیان سردآبی می‌توانند کمبود مس و برخی عناصر معدنی دیگر را بدون نشان دادن علائم خاصی از کمبود به جز کاهش رشد برای مدت طولانی تحمل کنند. کاهش در سوپر اکسید دیسموتاز و سیتوکرم اکسیداز در گربه ماهی روگامی تغذیه شده به جیره فاقد میزان کافی مس

در این تحقیق میزان تجمع فلزات آهن و مس در مراحل مختلف رشد دارای روند نامنظمی بودند، اما عنصر کبالت با افزایش سن ماهیان تجمع بیش‌تری داشته است. در تحقیقی بر روی ماهیان کپور یک ساله تا سه ساله میانگین میزان سرب در ماهیان یک ساله ۱۴۹/۹۶ میکروگرم در کیلوگرم بوده که در ماهیان سه ساله به ۱۶۷/۹۵ میکروگرم در کیلوگرم افزایش یافته است. این مسئله در مورد کادمیوم نیز صادق است به‌طوری‌که میزان کادمیوم در ماهیان یک ساله از ۶۹/۵۴ میکروگرم در کیلوگرم به ۸۶/۷۵ میکروگرم در کیلوگرم افزایش یافته است که با افزایش سن ماهیان میزان تجمع دو فلز سرب و کادمیوم در عضله ماهیان افزایش نشان داد (ریسی 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 متابولیسمی در طی افزایش سن انجام می‌شود. اگر غلظت فلزات در آب آن‌قدر زیاد باشد که ماهی نتواند با رقیق‌سازی و کاهش غلظت آن را دفع نماید، تجمع فلزات در بافت‌های ماهیان ادامه می‌یابد (Heath, ۱۹۸۷). برخی محققان تجمع کم‌تری از فلزات را با افزایش سن ماهیان ارائه نموده‌اند (امینی‌رنجبر و ستوده‌نیا، ۱۳۸۴؛ Atli و Canli، ۲۰۰۳؛ Farkas و همکاران، ۲۰۰۰). میزان فلزاتی که در متابولیسم ماهیان نقش دارند با افزایش سن کاهش می‌یابند. فعالیت‌های متابولیسمی نقش مهمی در تجمع فلزات سنگین در اندام‌های مختلف ماهیان دارند ضمن آن‌که فعالیت‌های متابولیسمی ماهیان با سن کم‌تر به مراتب بیش‌تر از ماهیان مسن‌تر می‌باشد. بنابراین تجمع فلزات در ماهیان جوان‌تر (با طول کم‌تر) بیش‌تر است (Atli و Canli، ۲۰۰۳). دلیل دیگر این که 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 لذا 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). هم‌چنین به‌دلیل کاهش جیره غذایی ماهی با افزایش سن میزان فلزات در بدن آن پایین‌تر بوده است (Farkas و همکاران، ۲۰۰۰). Heath (۱۹۸۷) بیان می‌کند که تکامل ماهیان به‌وسیله وجود فلزات سنگین در آب تحت تاثیر قرار می‌گیرد به‌ویژه در مراحل اولیه زندگی مانند زمان تفریح، مراحل تکامل لاروی و



- گزارش شده است (Wilson و Gatelin، ۱۹۸۶). غلظت مس در ماهی *Tilapia nilotica* در دریاچه Nasser مصر به ترتیب ۰/۲۶ میلی‌گرم در کیلوگرم (Rashed، ۲۰۰۱)، در ماهی کفال خاکستری (*Mugil cephalus*) شمال غربی دریای مدیترانه به ترتیب ۴/۴۱ میلی‌گرم در کیلوگرم (Atli و Canli، ۲۰۰۳) و در ماهی بیا (*Liza abu*) در دریاچه سد آتاتورک ترکیه ۱/۳۶ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است (Karadede و همکاران، ۲۰۰۴). در مطالعه‌ای غلظت مس در عضله گونه‌ای ماهی از خانواده Lethrinidae در منطقه خلیج فارس مشخص گردید که ماهیان ماده جاذب غلظت‌های بیش‌تری از این عنصر می‌باشند (Al-Yousuf و همکاران، ۲۰۰۰). میزان عناصر مس در ماهی کفال خاکستری در رودخانه ABA نیجریه ۰/۱۴ میکروگرم بر گرم تعیین شده است (Ubalua و همکاران، ۲۰۰۷). میزان فلز مس در عضله کفال طلایی دریای خزر ۰/۹۹ میلی‌گرم در کیلوگرم (امینی‌رنجبر و ستوده‌نیا، ۱۳۸۴) و در عضله و آبشش ماهی شیریت رودخانه اروند رود به ترتیب ۲/۸۹ و ۶/۹۷ میکروگرم بر گرم گزارش نمودند (دادالهی و همکاران، ۱۳۸۷). میزان تجمع و ذخیره فلزات سنگین در بافت‌های مختلف ماهیان به ویژگی‌های بیوشیمیایی فلز نیز بستگی دارد (Farkas و همکاران، ۲۰۰۰). هم‌چنین بین تجمع فلزات در بافت‌های مختلف با گونه ماهی نیز رابطه وجود دارد (Haug، ۲۰۰۳) که ممکن است مرتبط با عادات غذایی آن‌ها و ظرفیت تجمع زیستی (Bio concentration Capacity) هر گونه باشد (Farkas و همکاران، ۲۰۰۰).
- منابع**
- اسماعیلی‌ساری، ع.، ۱۳۸۱. آلاینده‌ها، بهداشت و استاندارد محیط زیست. انتشارات نقش مهر. چاپ اول. تهران. ۷۶۷ صفحه.
 - اطمینان‌راد، ص. و مذهب، م.، ۱۳۸۳. تعیین میزان کبالت سبزیجات خام مصرفی سطح شهر یزد در سال ۱۳۸۲. مجله ارمغان دانش. سال ۹، شماره ۳۶، صفحات ۵۷ تا ۶۸.
 - امینی‌رنجبر، غ.ر. و ستوده‌نیا، ف.، ۱۳۸۴. تجمع فلزات سنگین در بافت عضله ماهی کفال دریای خزر در ارتباط با برخی مشخصات بیومتریکی (طول استاندارد، وزن، سن و جنسیت). مجله علمی شیلات ایران. سال ۴، شماره ۳، صفحات ۱ تا ۱۸.
 - جعفرزاده‌حقیقی، ن. و فرهنگ، م.، ۱۳۸۵. آلودگی دریا. انتشارات آوای قلم. چاپ اول. تهران. ۳۹۳ صفحه.
 - جلالی‌جعفری، ب. و آقازاده‌مشگی، م.، ۱۳۸۶. مسمومیت ماهیان در اثر فلزات سنگین آب و اهمیت آن در بهداشت عمومی. انتشارات مان کتاب. چاپ اول. تهران. ۱۳۴ صفحه.
 - دادالهی‌سهراب، ع.؛ نبوی، س.م.ب. و خیرور، ن.، ۱۳۸۷. ارتباط برخی مشخصات زیست‌سنجی با تجمع فلزات سنگین در بافت عضله و آبشش ماهی شیریت (*Barbus grypus*) در رودخانه اروند رود. مجله علمی شیلات ایران. سال ۱۷، شماره ۴، صفحات ۲۷ تا ۳۳.
 - ریبسی، م.؛ انصاری، م. و رحیمی، ا.، ۱۳۸۸. تعیین میزان سرب و کادمیوم در گوشت چهار گونه از کپور ماهیان رودخانه بهشت آباد استان چهارمحال و بختیاری و بررسی رابطه آن با سن و گونه ماهی. مجله پژوهش‌های علوم و فنون دریایی. سال ۴، شماره ۴، صفحات ۳۷ تا ۴۲.
 - سالنامه آماری شیلات ایران. ۱۳۹۰. انتشارات سازمان شیلات ایران. چاپ اول. تهران. ۶۰ صفحه.
 - صادقی‌راد، م.؛ امینی‌رنجبر، غ.ر.؛ ارشد، ع. و جوشیده، ه.، ۱۳۸۴. مقایسه تجمع فلزات سنگین (روی، مس، کادمیوم، سرب و جیوه) در بافت عضله و خاویار دو گونه تاس‌ماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) و ازون برون (*Acipenser stellatus*) حوضه جنوبی دریای خزر. مجله علمی شیلات ایران. سال ۱۴، شماره ۳، صفحات ۷۹ تا ۱۰۰.
 - عسکری ساری، ا. و ولایت‌زاده، م.، ۱۳۸۹. کاربرد ساری، ا. و ولایت‌زاده، م.، ۱۳۸۹. هیدروشنیمی کاربندی در آبریان. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، چاپ اول، اهواز. ۲۲۴ صفحه.
 - عسکری‌ساری، ا.؛ خدادادی، م.؛ کاظمیان، م.؛ ولایت‌زاده، م. و بهشتی، م.، ۱۳۸۹. اندازه‌گیری و مقایسه میزان فلزات سنگین (آهن، روی، مس و منگنز) در ماهی بیا رودخانه‌های کارون و بهمنشیر استان خوزستان. مجله پژوهش‌های علوم و فنون دریایی. سال ۵، شماره ۱، صفحات ۶۱ تا ۷۰.
 - ولایت‌زاده، م.؛ عسکری‌ساری، ا.؛ بهشتی، م.؛ محجوب، ث. و حسینی، م.، ۱۳۸۹. تعیین میزان فلزات سنگین سمی در کنسرو ماهی تون شهرهای اصفهان شوشتر و چابهار. مجله علوم و فناوری غذایی. سال ۲، شماره ۲، صفحات ۱۷ تا ۲۴.
13. Ahmad, A.K. and Shuhaimi-Othman M., 2010. Heavy metal concentration in sediments and fishes from Lake Chini, Pahang, Malaysia. Journal of Biological Sciences. Vol. 10, No. 2, pp: 93-100.
14. Alhas, E.; Oymak, S.A. and Akin, H.K., 2009. Heavy metal concentrations in two barb, *Barbus xanthopterus* and *Barbus rajanorum mystaceus* from Ataturk Dam Lake, Turkey. Journal of Environmental Monitoring and Assessment. Vol. 148, No. 1-4, pp: 11-18.



26. **Karadede, H.; Oymak, S.A. and Unlu, E., 2004.** Heavy metals in mullet, *Liza abu*, and catfish, *Silurus triostegus*, from the Ataturk Dam Lake. *Journal of Environment International*. Vol. 30, No. 2, pp: 183-188.
27. **Olowu, R.A.; Ayejuyo, O.O.; Adewuyi, G.U.; Adejoro, I.A.; Denloye, A.A.B.; Babatunde, A.O. and Ogundajo, A.L., 2010.** Determination of Heavy Metals in Fish Tissues, Water and Sediment from Epe and Badagry Lagoons, Lagos, Nigeria. *Journal of Chemistry*. Vol. 7, No. 1, pp: 215-221.
28. **Oymak, S.A.; Karadede-Akin, H. and Dogan, N., 2009.** Heavy metal in tissues of *Tor grypys* from Atatürk Dam Lake, Euphrates River-Turkey. *Journal of Biologia*. Vol. 64, No. 1, pp: 151-155.
29. **Ozden, O., 2010.** Seasonal differences in the trace metal and macrominerals in shrimp (*Parapenaeus longirostris*) from Marmara Sea. *Journal of Environmental Monitoring and Assessment*. Vol. 162, pp: 191-199.
30. **Rashed, M.N., 2001.** Monitoring of environmental heavy metals in fish from Nassar Lake. *Environment International*. Vol. 27, pp: 27-33.
31. **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*. Vol. 29, pp: 1001-1008.
32. **Turkmen, M.; Turkmen, A.; Tepe, Y.; Ates, A. and Gokkus, K., 2009.** Determination of metal contaminations in sea foods from Marmara, Aegean and Mediterranean Seas: twelve fish species. *Food Chemistry*. Vol. 108, pp: 794-800.
33. **Turkmen, A.; Turkmen, M.; Tepe, Y. and Cecik, M., 2010.** Metals in tissues of fish from Yelkoma Lagoon, northeastern Mediterranean. *Journal of Environmental Monitoring and Assessment*. Vol. 168, pp: 223-230.
34. **Tuzen, M. and Soylak, M., 2007.** Determination of trace metals in canned fish marketed in Turkey. *Journal of Food Chemistry*. Vol. 101, pp: 1378-1383.
35. **Ubalua, A.O.; Chijioke, U.C. and Ezeronye, O.U., 2007.** Determination and Assessment Heavy Metal Content in fish and shellfish in Aba River, Abia State, Nigeria. *KMITL Science Technology*. Vol. 7, No. 1, pp: 16-23.
15. **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*. Vol. 256, pp: 87-94.
16. **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. *Journal of Environmental Pollution*. Vol. 121, pp: 129-136.
17. **Celik, U. and Oehlenschlager, J., 2004.** Zinc and copper content in marine fish samples collected from the eastern Mediterranean Sea. *Eur. Food Research Technology*. Vol. 220, pp: 37- 41.
18. **Dural, M.; Goksu, M.Z.L.; Ozak, A.A. and Derici, B., 2006.** Bioaccumulation of some heavy metals in different tissues of *Dicentrarchus labrax* and *Mugil cephalus* from the Camlik Lagoon of the eastern coast Mediterranean Turkey. *Journal of Environmental Monitoring and Assessment*. Vol. 118, pp: 65-74.
19. **Eboh, L.; Mepba, H.D. and Ekpo, M.B., 2006.** Heavy metal contaminants and processing effects on the composition, storage stability and fatty acid profiles of five common commercially available fish species in Oron Local Government, Nigeria. *Food Chemistry*. Vol. 97, No. 3, pp: 490-497.
20. **FAO (Food and Agriculture Organization), 2010.** Yearbook annuaire anuario, Fishery and Aquaculture Statistics. Roma. 100 P.
21. **Farkas, A.; Salanki, J. and Varanka, I., 2000.** Heavy metal concentrations in fish of Lake Balaton, Lakes and ReserVoirs. *Journal of Research and management*. Vol. 5, pp: 271-279.
22. **Gatelin, D.M. and Wilson, R.P., (1986).** Characterisation of iron deficiency and the dietary iron requirement of fingerling channel catfish. *Aquaculture*. Vol. 52, pp: 191-198.
23. **Heath, A.G., 1987.** Water pollution and fish physiology. (2nd ed.), CRC Press, Boston. USA. 245 P.
24. **Huang, W.B., 2003.** Heavy Metal Concentration in the Common Benthic Fishes Caught from the coastal Waters of Eastern Taiwan. *Journal of Food and Drug Analysis*. Vol. 11, No. 4, pp: 324-330.
25. **Humtsoe, N.; Davoodi, R.; Kulkarni, B.G. and Chavan, B., 2007.** Effect of acsenic on the enzymes of the robu carp, Labio, rohita, Raff. *Bulltein Zoology*. Vol. 14, No: 17-19.

