

بررسی تجمع فلزات سنگین مس، آهن و کبالت در مراحل مختلف رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

- **میثاق طبیب‌زاده:** دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان، اهواز، صندوق‌پستی: 1915
- **ابوالفضل عسکری‌ساری:** گروه شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، صندوق‌پستی: 1915
- **محمد ولایت‌زاده*:** باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، صندوق‌پستی: 1915

تاریخ دریافت: دی 1392 تاریخ پذیرش: فروردین 1393

چکیده

این تحقیق به منظور تعیین و مقایسه میزان تجمع فلزات سنگین آهن، مس و کبالت در تخم ماهی، عضله بچه- ماهی انگشت‌قد، ماهی بازاری، مولدین نر و ماده قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) پرورشی استان لرستان در سال 1390 انجام شد. 75 نمونه تخم ماهی، بچه‌ماهی (فینگرلینگ)، ماهی بازاری، مولدین نر و ماده قزل‌آلای رنگین‌کمان از 3 استخر پرورشی مرکز تکثیر و پرورش قزل‌رود بوجود آمده 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 داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS18 و به کمک آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) انجام شد. غلظت فلزات سنگین آهن، کبالت و مس در تخم ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان به ترتیب $0/23 \pm 0/05$ ، $0/523 \pm 0/061$ ، $0/0 \pm 733/152$ میلی‌گرم در کیلوگرم به دست آمد ($P < 0/05$). بالاترین و پایین‌ترین میزان تجمع آهن به ترتیب در کبد مولدین ماده ($7/35 \pm 0/75$ میلی‌گرم در کیلوگرم) و عضله بچه‌ماهی ($0/39 \pm 0/015$ میلی‌گرم در کیلوگرم) مشاهده گردید. بالاترین و پایین‌ترین میزان تجمع مس به ترتیب در کبد مولدین ماده ($4/33 \pm 0/83$ میلی‌گرم در کیلوگرم) و عضله ماهی بازاری ($0/53 \pm 0/15$ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود. بالاترین و پایین‌ترین میزان تجمع کبالت به ترتیب در آبشش مولدین ماده ($4/26 \pm 0/55$ میلی‌گرم در کیلوگرم) و تخم ماهی ($0/23 \pm 0/05$ میلی‌گرم در کیلوگرم) به دست آمد.

کلمات کلیدی: فلزات سنگین، تجمع زیستی، مس، آهن، کبالت، قزل‌آلای رنگین‌کمان

مقدمه

پیکره آبی هستند (Sekhar و همکاران، 2003). پایش فلزات سنگین مسئله مهمی برای متخصصان علوم تغذیه، پزشکی و محیط زیست می‌باشد (Ozden، 2010). 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، 1389). 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،

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 (اسماعیلی‌ساری، 1381). فلزات سنگین به‌عنوان یکی از گروه‌های اصلی آلاینده‌های محیط‌های آبی در اثر فعالیت‌های طبیعی و نیز به‌طور عمده در اثر فعالیت‌های انسانی به محیط‌های آبی راه می‌یابند (Humtsoe و همکاران، 2007). 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

پرورش استان لرستان است، ضمن اطمینان از کیفیت محصولات غذایی، از بروز خطرات انسانی پیشگیری می‌کند، لذا با اندازه‌گیری 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 1390 به‌منظور سنجش برخی فلزات سنگین در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان انجام شد. در این پژوهش 15 نمونه با میانگین 39/33 گرم از تخم ماهی، 15 نمونه بچه‌ماهی (فینگرلینگ) و 15 نمونه ماهی پروراری (بشقابی) قزل‌آلای رنگین‌کمان از 3 استخر پرورشی مرکز تکثیر و پرورش قزل‌رود بوجود واقع در استان لرستان تهیه شدند. پس از نمونه‌برداری، ماهیان در جعبه‌های یونولیت، یخ پوشی 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 0/01 گرم و خصوصیات طولی ماهیان به‌وسیله خطکش ساده انجام شد.

سپس کالبدشکافی اندام‌های عضله، کبد و آبشش نمونه‌ها با اسکالپل استریل شده 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 قرار گرفتند تا در مرحله بعد برای خشک کردن در آن قرار گیرند. تمامی نمونه‌های به‌دست آمده به‌مدت 60 تا 150 دقیقه در آن با دمای 65 درجه سانتی‌گراد قرار گرفت تا به وزن ثابت رسیده و سپس از داخل آن خارج شد. برای هضم نمونه‌ها از روش مرطوب استفاده شد (Eboh و همکاران، 2006).

فلزات سنگین به‌روش جذب اتمی با دستگاه جذب اتمی مدل پرکین المر 4100 (Perkin Elmer 4100) ساخت کشور امریکا مجهز به سیستم شعله، سیستم کوره گرافیتی سنجش شدند. جهت اندازه‌گیری کبالت و مس مورد نظر ابتدا به 10 میلی‌لیتر محلول هضم شده نمونه‌ها، 5 میلی‌لیتر محلول آمونیوم پیرولیدین کاربامات 5% اضافه شده و به‌مدت 20 دقیقه نمونه‌ها شیکر شدند تا عناصر به صورت فرم آلی فلزی در محلول کمپلکس شوند و سپس به نمونه‌ها 2 میلی‌لیتر متیل ایزو بوتیل کتون اضافه شد و به مدت 30 دقیقه نمونه‌ها شیکر شدند و پس از 10 دقیقه نمونه‌ها، 2500 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 مادیریکس مودی‌فایر پلادیم توسط نرم‌افزار WinLab32 رسم گردید و مقدار این عناصر در محلول‌های آماده شده اندازه‌گیری گردید. جهت سنجش آهن، دستگاه جذب اتمی مجهز به سیستم شعله با استفاده از محلول استاندارد به حالت بهینه تنظیم گردید.

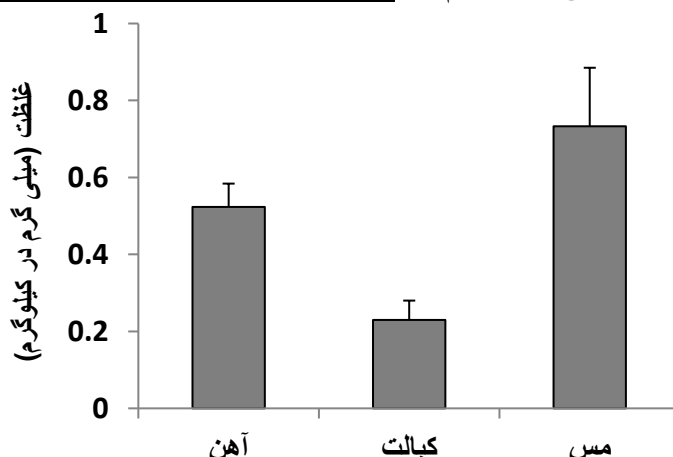
مراحل تکامل لاروی و رشد نوجوانی، که این مراحل بسیار حساس‌تر از مرحله بلوغ هستند (Heath، 1987). مطالعه پیرامون فلزات سنگین به‌خصوص در محیط‌های آبی و آبیان در سطح جهان به‌طور بسیار گسترده‌ای صورت گرفته است. بسیاری از فلزات به‌طور طبیعی در اکوسیستم‌های آبی وجود دارند که تعدادی از این فلزات مانند آهن در 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 (Soylak و Tuzen، 2007؛ Celik و Oehlschlager، 2004). این فلزات جایگزین دیگر املاح و مواد معدنی مورد نیاز بدن گردیده که یکی از اساسی‌ترین مسائل مرتبط با آن‌ها، عدم متابولیزه شدنشان 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 (اسماعیلی ساری، 1381). 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 آبیان می‌شود (Canli و Atli، 2003). 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 به‌حساب می‌آید به طوری‌که تولید این ماهی از 447394 تن در سال 2000 به 576289 تن در سال 2008 افزایش یافته و هفدهمین گونه مهم پرورشی آبیان از نظر تولید می‌باشد (FAO، 2010). ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در ایران به‌دلیل طعم و مزه مناسب و مطلوب دارای طرفداران بسیاری می‌باشد، به طوری‌که در سال 1388 به‌میزان 73642 تن تولید گردید. همچنین میزان 199618 تن بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در کشور تکثیر و تولید شد (سالنامه آماری شیلات ایران، 1390). استان لرستان از جمله استان‌های غیر ساحلی است که دارای 3039 رشته چشمه، بیش از 3250 حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق، 1527 رشته قنات و 2450 کیلومتر مسیر رودخانه و آبراهه می‌باشد که این امکانات استان را دارای قابلیت و چشم‌انداز تولید 23 هزار تن گوشت ماهی در آینده نموده است. در حال حاضر میزان تولید گوشت ماهی در استان بیش از 5500 تن در سال می‌باشد که رتبه اول تولید ماهیان سردابی را در بین استان‌های غیر ساحلی از آن خود نموده است. با توجه به این‌که استان لرستان مقام اول تولید ماهی قزل‌آلای را در میان استان‌های غیر ساحلی 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 بوجود که یکی از بزرگ‌ترین مراکز تکثیر و



چنین میانگین وزن، طول کل و طول استاندارد در بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان 125 ± 25 گرم، $9/7 \pm 0/43$ و $8/56 \pm 0/45$ سانتی‌متر بود. بیشینه و کمینه مجموع تخم استحصالی ماهی مورد مطالعه به ترتیب 42 و 36 گرم بود. غلظت فلزات سنگین آهن، کبالت و مس در تخم ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان به ترتیب $0/523 \pm 0/061$ ، $0/23 \pm 0/05$ ، $0/0 \pm 733/152$ میلی‌گرم در کیلوگرم به دست آمد ($P < 0/05$) (شکل 1).

جدول 1: نتایج زیست‌سنجی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در مراحل مختلف رشد

مرحله رشد	پارامتر رشد	طول کل (سانتی‌متر)	طول استاندارد (سانتی‌متر)	وزن (گرم)
تخم ماهی	بیشینه	-	-	42
	کمینه	-	-	36
	میانگین	-	-	$39/33 \pm 3/05$
بچه ماهی	بیشینه	10/2	9	100
	کمینه	9/4	8/1	150
	میانگین	$9/7 \pm 0/43$	$8/56 \pm 0/45$	125 ± 25
ماهی بازاری	بیشینه	33/7	30/9	340
	کمینه	31/2	28	312
	میانگین	$32/43 \pm 1/25$	$29/83 \pm 1/59$	$323/33 \pm 14/74$



شکل 1: نمودار میزان فلزات سنگین آهن، مس و کبالت (میلی‌گرم در کیلوگرم) در تخم ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

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 به دست آمد. بالاترین و پایین‌ترین میزان تجمع کبالت در کبد مولدین ماده ($7/35 \pm 0/75$ میلی‌گرم در کیلوگرم) و عضله بچه‌ماهی ($0/39 \pm 0/015$ 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 به دست آمد. بالاترین و پایین‌ترین میزان تجمع مس به ترتیب در کبد مولدین ماده

کالیبراسیون منحنی به روش افزایش استاندارد برای هر یک از عناصر به کمک نرم‌افزار WinLab32 دستگاه ترسیم گردید و مقدار عناصر مورد نظر بر میلی‌گرم بر گرم اندازه‌گیری گردید (Ahmad و Olowu، 2010؛ Othman Shuhaimi، 2010).

در این تحقیق آزمایش‌ها به صورت کاملاً تصادفی انجام شد. نتایج حاصل از این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS18 و آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و آزمون دانکن (Duncan test) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. ضریب اطمینان مطالعه 95 درصد ($P = 0/05$) تعیین شد. همچنین جهت رسم جداول و نمودارها از نرم‌افزار Excel 2007 استفاده گردید.

نتایج

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 1 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 $29/83 \pm 1/59$ سانتی‌متر بود. هم-



جدول 2: 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±0/015 ^a	0/0±56/05 ^a	0/43±0/23 ^a
	ماهی بازاری	1/62±0/1 ^a	0/0±53/15 ^a	0/93±0/15 ^a
	مولدین نر	0/43±0/052 ^a	0/0±83/05 ^a	2/06±0/37 ^a
	مولدین ماده	0/41±0/04 ^a	0/0±56/15 ^a	2/2±0/1 ^a
کبد	بچه ماهی	2/34±0/24 ^b	0±2/17 ^b	0/7±0/26 ^b
	ماهی بازاری	6/12±0/15 ^b	2/0±73/2 ^b	1/96±0/2 ^b
	مولدین نر	6/53±0/86 ^b	4/0±30/45 ^b	3/7±0/4 ^b
	مولدین ماده	7/35±0/75 ^b	4/0±33/83 ^b	3/8±0/52 ^b
آبشش	بچه ماهی	1/54±0/25 ^c	1/0±66/5 ^c	1/13±0/15 ^c
	ماهی بازاری	4/87±0/53 ^c	1/0±8/36 ^c	2/36±0/32 ^c
	مولدین نر	5/76±0/41 ^c	1/0±1/2 ^c	3/86±0/66 ^c
	مولدین ماده	6/05±0/81 ^c	1/0±26/15 ^c	4/26±0/55 ^c

در بافت‌های ماهی منجر خواهد شد (Rashed, 2001). همچنین به‌دلیل کاهش جیره غذایی ماهی با افزایش سن میزان فلزات در بدن آن پائین‌تر بوده است (Farkas و همکاران، 2000). Heath (1987) بیان می‌کند که تکامل ماهیان به‌وسیله وجود فلزات سنگین در آب تحت‌تأثیر 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.

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 (عسکری‌ساری و همکاران، 1389؛ ولایت‌زاده و همکاران، 2010؛ Turkmen و همکاران، 2009؛ Dural و همکاران، 2006)، 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 (جلالی‌جعفری و آقازاده‌مشگی، 1386؛ جعفرزاده‌حقیقی و فرهنگ، 1385). میانگین غلظت آهن در بافت عضله ماهی گتان (*Barbus xanthopterus*) 5/26 میلی‌گرم بر کیلوگرم و باربوس راجانورم (*Barbus rajanorum mystaceus*) 3/97 میلی‌گرم بر کیلوگرم (Alhas و همکاران، 2009) و در بافت عضله گونه ماهی گریپوس (*Tor grypus*) از دریاچه سد آتاتورک 10/94 میلی‌گرم بر کیلوگرم (Oymak و همکاران، 2009) گزارش شده است. میانگین غلظت آهن در بافت عضله، کبد و آبشش ماهی بیه (*Liza abu*) 11/81، 12/56 و 13/07 میلی‌گرم در کیلوگرم تعیین شده است (عسکری‌ساری و همکاران، 1389).

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

بحث

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 يك ساله تا سه ساله میانگین میزان سرب در ماهیان يك ساله 149/96 میکروگرم در کیلوگرم بوده که در ماهیان سه ساله به 167/95 میکروگرم در کیلوگرم افزایش یافته است. این مسئله در مورد کادمیوم نیز صادق است

به‌طوری‌که میزان کادمیوم در ماهیان يك ساله از 69/54 میکروگرم در کیلوگرم به 86/75 میکروگرم در کیلوگرم افزایش یافته است که با افزایش سن ماهیان میزان تجمع دو فلز سرب و کادمیوم در عضله ماهیان افزایش نشان داد (ریبسی و همکاران، 1388). 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 دفع نماید، تجمع فلزات در بافت‌های ماهیان ادامه می‌یابد (Heath، 1987). برخی محققان تجمع کم‌تری از فلزات را با افزایش سن ماهیان ارائه نموده‌اند (امینی‌رنجبر و ستوده‌نیا، 1384؛ Atli و Canli، 2003؛ Farkas و همکاران، 2000). 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 (Atli و Canli، 2003). 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

- چرب، بیوسنتز هموگلوبین و تولید گلبول قرمز، کوآنزیم بنیان‌های تک کربن، ویتامین کوبال آمین، کربوکسیلاسیون پیرووات و متابولیسم سیستین دارد (اطمینان‌راد و مذهب، 1383).
- 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 (صادقی-راد و همکاران، 1384). 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 گزارش شده است (Gatelin و Wilson، 1986). غلظت مس در ماهی *Tilapia nilotica* در دریاچه ناصر مصر به‌ترتیب 0/26 میلی‌گرم در کیلوگرم (Rashed، 2001)، در ماهی کفال خاکستری (*Mugil cephalus*) شمال‌غربی دریای مدیترانه به‌ترتیب 4/41 میلی‌گرم در کیلوگرم (Canli و Atli، 2003) و در ماهی بیا (*Liza abu*) در دریاچه سد آتاتورک ترکیه 1/36 میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است (Karadede و همکاران، 2004). 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، 2000). میزان عناصر مس در ماهی کفال خاکستری در رودخانه ABA نیجریه 0/14 میکروگرم بر گرم تعیین شده است (Ubalua و همکاران، 2007). میزان فلز مس در عضله کفال طلایی دریای خزر 0/99 میلی‌گرم در کیلوگرم (امینی‌رنجبر و ستوده‌نیا، 1384) و در عضله و آبشش ماهی شیربیت رودخانه اروند رود به‌ترتیب 2/89 و 6/97 میکروگرم بر گرم گزارش نمودند (دادالهی و همکاران، 1387). میزان تجمع و ذخیره فلزات سنگین در بافت‌های مختلف ماهیان به ویژگی‌های بیوشیمیایی فلز نیز بستگی دارد (Farkas و همکاران، 2000). همچنین بین تجمع فلزات در بافت‌های مختلف با گونه ماهی نیز رابطه وجود دارد (Haung، 2003) که ممکن است مرتبط با عادات غذایی آن‌ها و ظرفیت تجمع زیستی (Bio-concentration Capacity) هر گونه باشد (Farkas و همکاران، 2000).
3. امینی‌رنجبر، غ.ر. و ستوده‌نیا، ف.، 1384. 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 4، شماره 3، صفحات 1 تا 18.
4. جعفرزاده‌حقیقی، ن. و فرهنگ، م.، 1385. آلودگی دریا. انتشارات آوای قلم. چاپ اول. تهران. 393 صفحه.
5. جلالی‌جعفری، ب. و آقازاده‌مشگی، م.، 1386. مسمومیت ماهیان در اثر فلزات سنگین آب و اهمیت آن در بهداشت عمومی. انتشارات مان کتاب. چاپ اول. تهران. 134 صفحه.
6. دادالهی‌سهراب، ع.؛ نبوی، س.م.ب. و خیرور، ن.، 1387. ارتباط برخی مشخصات زیست‌سنجی با تجمع فلزات سنگین در بافت عضله و آبشش ماهی شیربیت (*Barbus grypus*) در رودخانه اروند رود. مجله علمی شیلات ایران. سال 17، شماره 4، صفحات 27 تا 33.
7. ریسی، م.؛ انصاری، م. و رحیمی، ا.، 1388. 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 4، شماره 4، صفحات 37 تا 42.
8. سالنامه آماری شیلات ایران. 1390. انتشارات سازمان شیلات ایران. چاپ اول. تهران. 60 صفحه.
9. صادقی‌راد، م.؛ امینی‌رنجبر، غ.ر.؛ ارشد، ع. و جوشیده، ه.، 1384. 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 14، شماره 3، صفحات 79 تا 100.
10. عسکری ساری، ا. و ولایت زاده، م.، 1389. هیدروشیمی کاربردی در آبریزان. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، چاپ اول، اهواز. 224 صفحه.
11. عسکری‌ساری، ا.؛ خدادادی، م.؛ کاظمیان، م.؛ ولایت‌زاده، م. و بهشتی، م.، 1389. اندازه‌گیری و مقایسه میزان فلزات سنگین (اهن، روی، مس و منگنز) در ماهی بیا رودخانه‌های کارون و بهمنشیر استان خوزستان. مجله پژوهش‌های علوم و فنون دریایی. سال 5، شماره 1، صفحات 61 تا 70.
12. ولایت‌زاده، م.؛ عسکری‌ساری، ا.؛ بهشتی، م.؛ محجوب، ث. و حسینی، م.، 1389. تعیین میزان فلزات سنگین سمی در کنسرو ماهی تون شهرهای اصفهان شوشتر و چابهار. مجله علوم و فناوری غذایی. سال 2، شماره 2، صفحات 17 تا 24.

منابع

1. اسماعیلی‌ساری، ع.، 1381. آلاینده‌ها، بهداشت و استاندارد محیط زیست. انتشارات نقش مهر. چاپ اول. تهران. 767 صفحه.
2. اطمینان‌راد، ص. و مذهب، م.، 1383. تعیین میزان کبالت سبزیجات خام مصرفی سطح شهر یزد در سال 1382. مجله ارمان دانش. سال 9، شماره 36، صفحات 57 تا 68.
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.



25. **Humtsoe, N.; Davoodi, R.; Kulkarni, B.G. and Chavan, B., 2007.** Effect of arsenic on the enzymes of the rohu carp, *Labeo rohita*, Raff. Bulltein Zoology. Vol. 14, No: 17-19.
26. **Karadede, H.; Oymak, S.A. and Unlu, E., 2004.** Heavy metals in mullet, *Liza abu*, and catfish, *Silurus triostegus*, from the Atatürk 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 grypus* 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 Journal of Environmental Monitoring and Assessment. Vol. 148, No. 1-4, pp: 11-18.
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.



Heavy Metal Content in fish and shellfish in Aba River, Abia State, Nigeria. KMITL Science Technology. Vol. 7, No. 1, pp: 16-23.

