

"مقاله پژوهشی"

بررسی میزان کادمیوم در بافت‌های عضله و آبشش قزل‌آلای رنگین‌کمان (تازه و بسته‌بندی) عرضه شده در شهر بیرجند

محمد مهدی سعیدی^۱، عطااله اژدری^{*}

۱- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۳/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱/۳۰

چکیده

فلزات سنگین از مهم‌ترین منابع آلاینده اکوسیستم‌های آبی به‌شمار می‌روند، لذا آلودگی انواع ماهیان به فلزات سنگینی مانند کادمیوم می‌تواند منجر به تجمع زیستی این عناصر در بدن مصرف‌کنندگان و در نهایت بروز برخی بیماری‌ها گردد. این پژوهش با هدف ارزیابی میزان تجمع فلز سنگین کادمیوم در بافت‌های عضله و آبشش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان عرضه شده در شهر بیرجند انجام پذیرفت. بدین منظور در مجموع تعداد ۹۶ نمونه از بافت‌های عضله و آبشش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (۴۸ نمونه بافت آبشش ماهی تازه و منجمد و ۴۸ نمونه بافت عضله ماهی تازه و منجمد) بیرجند تهیه گردید. آماده‌سازی نمونه‌ها براساس روش هضم مرطوب صورت پذیرفت. با استفاده از دستگاه جذب اتمی کوره گرافیتی میزان تجمع کادمیوم در هر یک از نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. در نهایت داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹ و کمک آزمون T-test مورد آنالیز قرار گرفت. بر این اساس میانگین میزان کادمیوم در کل نمونه‌ها 0.0013 ± 0.0007 ppm تعیین گردید. میزان کادمیوم در بافت آبشش نسبت به بافت عضله بیشتر بود، ولی این اختلاف به لحاظ آماری معنی‌دار نبود ($p > 0.05$) ضمن آنکه میانگین غلظت تجمع یافته فلز کادمیوم در بافت‌های عضله و آبشش نسبت به استانداردهای بین‌المللی بطور معنی‌داری کمتر بود ($p < 0.05$). نتایج پژوهش نشان داد خوشبختانه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان عرضه شده در شهر بیرجند از نظر میزان تجمع کادمیوم در وضعیت مطلوبی قرار دارد.

کلمات کلیدی: کادمیوم، ماهی، قزل‌آلای رنگین‌کمان، جذب اتمی، بیرجند

* عهده‌دار مکاتبات: ataazhdari@yahoo.com

مقدمه

امروزه غذاهای دریایی نقش قابل توجهی در تامین غذای مردم جهان دارند و با شناسایی خواص و برتری غذایی این فرآورده‌ها بر دیگر مواد پروتئینی روز به روز به مصرف آنها افزوده می‌شود. ماهی علاوه بر اینکه یک ماده غذایی لذیذ، زود هضم و خون‌ساز می‌باشد، از ارزش غذایی بالایی برخوردار بوده و استفاده از آن در رژیم غذایی انسان علاوه بر تامین نیازهای تغذیه‌ای بدن در بهبود وضعیت سلامت جسمی و فکری افراد جامعه بسیار موثر است. با توجه به اهمیت و جایگاه ماهیان در هرم غذایی جوامع بشری، کنترل کیفیت آنها در حفظ سلامتی مصرف‌کنندگان بسیار حائز اهمیت است (Ghaedi et al., 2007). فلزات سنگین را در یک نوع تقسیم‌بندی می‌توان به دو دسته عناصر ضروری و عناصر سمی تقسیم نمود. عناصر سمی مانند جیوه، کادمیوم، آرسنیک و... حتی در غلظت‌های کم نیز باعث اختلال در متابولیسم بدن انسان و سایر موجودات می‌شوند. مقادیر برخی از این فلزات مانند مس، روی، آهن و... در غلظت‌های پایین برای متابولیسم آبرزیان ضروری بوده در حالیکه نقش زیستی برخی از آنها مانند کادمیوم، سرب و جیوه هنوز شناخته نشده و این فلزات حتی در غلظت‌های پایین سمی و مضر هستند (Radkhah et al., 2022). فلزات سنگین از مهم‌ترین منابع آلاینده اکوسیستم‌های آبی به شمار می‌روند. وجود این آلاینده‌ها در اکوسیستم‌های آبی نتیجه فرایندهای طبیعی و نیز فعالیت‌های انسانی بوده که در این بین فعالیت‌های انسانی از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد (Ghaedi et al., 2009). میزان تأثیر فلزات سنگین برای انسان و آبرزیان به غلظت و نوع آن عناصر بستگی دارد. از خطرناک‌ترین عناصر

سنگین برای تغذیه انسان می‌توان به جیوه، سرب و کادمیوم اشاره کرد. مطالعات علمی نشان داده است که سرطان پروستات، بیماری ایتایی ایتایی، مرگ و میر شدید، کاهش رشد و فعالیت‌های تولیدمثلی، برونشیت، آمفیوزم، کم‌خونی، سنگ کلیه، پروتئینه و قندی شدن ادرار از عوارض قرار گرفتن در معرض کادمیوم است (فرامرزیان و همکاران، ۱۳۹۲). میزان جذب عناصر سنگین در بافت‌های مختلف بدن ماهی متفاوت است. کادمیوم عنصری غیر ضروری برای ماهی است که در صورت ورود به بدن آن به طور عمده در آبشش، کلیه و به میزان کمتری در عضلات و کبد تجمع می‌یابد. مسیرهای اصلی جذب کادمیوم از طریق آبشش و عبور از موکوس روده می‌باشد (چاکری و همکاران، ۱۳۹۴). ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان^۲ از جمله ماهیان بازار پسند و ممتاز شیلاتی محسوب می‌شود که بررسی آلودگی‌های میکروبی و همچنین میزان تجمع فلزات سنگین در بافت‌های آن از نظر سلامت غذایی جامعه اهمیت دارد. آلودگی مواد غذایی از جمله ماهیان به فلزات سنگینی مانند کادمیوم و جیوه می‌تواند منجر به تجمع زیستی این عناصر در بدن مصرف‌کنندگان و در نهایت بروز برخی بیماری‌ها گردد (Rajeshkumar, 2018).

با هدف ارتقاء سطح سلامت افراد جامعه، پژوهش‌های متعددی در ایران و سایر کشورها در رابطه با ارزیابی میزان تجمع فلزات سنگین در انواع مواد غذایی، بویژه آبرزیان، انجام شده است. چرا که کنترل میزان آلودگی اقلام مختلف غذا، شناسایی منابع آلاینده و تعدیل یا حذف آنها نقش قابل ملاحظه‌ای بر پیشگیری از بروز بیماری‌های خطرناک و افزایش

² *Oncorhynchus mykiss*

بدن دفع گردد. تمام نمونه‌های عضله از عمق پوست و از قسمت راست بدن ماهیان تهیه گردید و بافت آبشش نیز برای انجام عملیات هضم برداشته شد.

اندازه‌گیری میزان کادمیوم

به منظور اندازه‌گیری میزان کادمیوم در دو بافت عضله و آبشش در نمونه‌های ماهی تازه و منجمد، پس از نمونه‌برداری و توزین دقیق نمونه‌ها، از روش هضم مرطوب به منظور آماده‌سازی نمونه‌ها استفاده گردید. به این منظور ابتدا یک گرم از هر یک از نمونه‌ها در ۱۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ ۶۵ درصد به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۸۰-۷۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد، سپس ۱۰ میلی‌لیتر هیدروژن پراکسید ۳۰ درصد به منظور کامل شدن فرآیند هضم به نمونه‌ها اضافه گردید و فرآیند هضم به مدت ۳۰ دقیقه دیگر در دمای ۸۰-۷۰ درجه سانتی‌گراد ادامه داده شد. محلول حاصل توسط کاغذ صافی واتمن صاف گردید و نمونه‌ها در بالن حجمی ۵۰ سی‌سی به حجم رسانده شدند. به منظور اندازه‌گیری مقادیر کادمیوم در نمونه‌ها در ابتدا دستگاه جذب اتمی Perkin elmer کوره‌گرافیتی HGA توسط محلول‌های ۱۵، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ جزء در بیلیون کالیبره گردید و سپس نمونه‌ها به منظور اندازه‌گیری کادمیوم به دستگاه جذب اتمی تزریق و مقادیر کادمیوم نمونه‌ها محاسبه گردید (Ahmad and Shuhaimi-Othman, 2010؛ کوشافر و همکاران، ۱۳۹۸).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

نتایج حاصل از این پژوهش با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۹ مورد آنالیز آماری قرار گرفت. برای تعیین نوع آزمون آماری ابتدا داده‌ها از لحاظ نرمال بودن بوسیله آزمون کولموگروف اسمیرنوف

طول عمرانسان ایفا می‌کند (سیف زاده و همکاران، ۱۳۹۷). با توجه به اهمیت و جایگاه ماهیان در هرم غذایی جامعه و تاثیرات ناشی از مصرف کادمیوم در انسان این پژوهش با هدف تعیین میزان کادمیوم در بافت‌های عضله و آبشش ماهی قزل‌آلای تازه و بسته بندی شده مصرفی بیرجند انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در مجموع بر روی تعداد ۴۸ نمونه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، شامل ۲۴ نمونه ماهی تازه و ۲۴ نمونه ماهی منجمد شده عرضه شده در شهرستان بیرجند انجام شد. ۲۴ نمونه از بافت آبشش ماهی تازه و ۲۴ نمونه از بافت آبشش ماهی بسته‌بندی و همچنین ۲۴ نمونه از بافت عضله ماهی تازه و ۲۴ نمونه از بافت عضله ماهی بسته‌بندی در مجموع ۹۶ نمونه مورد بررسی قرار گرفتند.

آماده‌سازی نمونه‌ها

تعداد ۲۴ قطعه ماهی تازه توسط ساچوک از چهار حوضچه پرورش ماهی قزل‌آلا که منبع تامین آب آن قنات بود و تامین کننده بخش عمده ماهی قزل‌آلای تازه مصرفی بیرجند هستند؛ تهیه گردید اندازه ماهیان دارای میانگین وزنی ۳۵۰ گرم و میانگین طولی ۳۳ سانتی‌متر بودند. همچنین تعداد ۲۴ ماهی قزل‌آلای منجمد نیز با همان مشخصات ماهی تازه از فروشگاه‌های سطح شهر بیرجند تهیه گردید نمونه‌ها در اسرع وقت درون کیسه‌های پلاستیکی و جعبه یخ به آزمایشگاه ایران واقع در شهر مشهد منتقل شدند. ماهی‌ها با آب مقطر شستشو داده شدند تا پوشش لزج و ذرات خارجی جذب کننده فلزات و انواع آلودگی‌ها از سطح

میانگین میزان کادمیوم در کل نمونه‌ها (۴۸ عضله و ۴۸ آبشش) $0/0013 \pm 0/0007$ ppm (با حداقل ppm $0/0047$ و حداکثر $0/0097$ ppm) تعیین گردید. لازم به ذکر است بر اساس استانداردهای بین‌المللی WHO و FAO حد مجاز آلودگی به کادمیوم در ماهی حداکثر 2 ppm می‌باشد.

در جدول ۱ میانگین میزان کادمیوم در هر یک از بافت‌های عضله و آبشش ماهی قزل‌آلای تازه و بسته‌بندی شده ذکر شده است.

بررسی شد و پس از حصول اطمینان از نرمال بودن داده‌ها برای مقایسه غلظت فلزات سنگین در بافت‌های مختلف از آزمون t-test مستقل، برای مقایسه میانگین کادمیوم با استاندارد WHO و سایر استانداردها از آزمون t-test تک نمونه‌ای استفاده شد و $\alpha=0/05$ بعنوان سطح معنی‌داری در نظر گرفته شد.

نتایج

در مجموع ۴۸ نمونه از بافت آبشش و ۴۸ نمونه از بافت عضله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (تازه و بسته‌بندی شده) تهیه و مورد بررسی قرار گرفت.

جدول ۱: مقایسه میزان کادمیوم در بافت عضله و آبشش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تازه و بسته‌بندی شده عرضه شده در شهر بیرجند

نوع ماهی	درجه آزادی (df)	t-test مستقل	بافت آبشش انحراف معیار \pm میانگین	بافت عضله انحراف معیار \pm میانگین
ماهی تازه	۴۶	۰/۶۷	$0/0011 \pm 0/0007$	$0/0016 \pm 0/0007$
ماهی فریز شده	۴۶	۰/۶۷	$0/0010 \pm 0/0007$	$0/0013 \pm 0/0006$

در جداول ۲ و ۳ میزان کادمیوم در هر یک از بافت‌های عضله و آبشش مورد آزمون با استانداردهای بین‌المللی WHO و NHMRC مقایسه شده است.

بر اساس داده‌های جدول فوق در میانگین میزان کادمیوم در بافت‌های عضله و همچنین آبشش‌های ماهی تازه و ماهی فریز شده اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نگردید ($p>0/05$).

جدول ۲: مقایسه میزان کادمیوم در بافت عضله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تازه و بسته‌بندی شده با استاندارد WHO و NHMRC

نوع ماهی	درجه آزادی (df)	فرآوانی	نتیجه آزمون t-test تک نمونه‌ای برای مقایسه با استاندارد WHO (۰/۲)	نتیجه آزمون t-test تک نمونه‌ای برای مقایسه با استاندارد NHMRC (۰/۰۵)	بافت عضله انحراف معیار \pm میانگین
تازه	۲۳	۲۴	$t=599/2$ $p<0/001$	$t=133/2$ $p<0/001$	$0/0016 \pm 0/0007$
فریز شده	۲۳	۲۴	$t=705/9$ $p<0/001$	$t=157/7$ $p<0/001$	$0/0014 \pm 0/0006$
کل نمونه‌های بافت عضله	۴۶	۴۸	$t=919/2$ $p<0/001$	$t=204/8$ $p<0/001$	$0/0013 \pm 0/0006$

جدول ۳: مقایسه میزان کادمیوم در بافت آبشش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تازه و بسته‌بندی شده با استاندارد WHO و NHMRC

نوع ماهی	درجه آزادی (df)	فراوانی	نتیجه آزمون t-test تک نمونه‌ای برای مقایسه با استاندارد WHO (۰/۲)	نتیجه آزمون t-test تک نمونه‌ای برای مقایسه با استاندارد NHMRC (۰/۵)	بافت آبشش انحراف معیار ± میانگین
تازه	۲۳	۲۴	t=۸۶۹/۹ p<۰/۰۰۱	t=۱۹۳ p<۰/۰۰۱	۰/۰۰۷۲۰±۰/۰۱۱
فریز شده	۲۳	۲۴	t=۹۲۹/۷ p<۰/۰۰۱	t=۲۰۷/۱ p<۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۷۰±۰/۰۱۰
کل نمونه‌های بافت آبشش	۴۶	۴۸	t=۱۲۷/۸ p<۰/۰۰۱	t=۲۸۴/۱ p<۰/۰۰۱	۰/۰۰۷۱۰±۰/۰۱۰

طور معنی‌داری از استانداردهای مذکور کمتر بود ($p<۰/۰۰۱$). در جدول ۴ میانگین کادمیوم تجمع یافته در کل بافت‌های عضله و آبشش مورد آزمون نشان داده شده است بر اساس داده‌های این جدول اختلاف آماری معنی‌داری در میانگین کادمیوم در بافت‌های عضله و آبشش مشاهده نگردید ($p>0/05$).

براساس داده‌های جداول فوق میانگین کادمیوم در نمونه‌های بافت عضله و بافت آبشش ماهی تازه و ماهی فریز شده به طور معنی‌داری کمتر از میزان استانداردهای بین‌المللی WHO و NHMRC بود ($p<۰/۰۰۱$). همچنین در کل نمونه‌های بافت عضله و همچنین آبشش‌های مورد آزمون نیز میزان کادمیوم به

جدول ۴: مقایسه میزان کادمیوم در بافت عضله و آبشش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان عرضه شده در شهر بیرجند

نوع ماهی	درجه آزادی (df)	فراوانی	نتیجه آزمون t-test مستقل	انحراف معیار ± میانگین
بافت عضله	۹۴	۴۸	t=۰/۵۴	۰/۰۰۶۹۰±۰/۰۱۴
بافت آبشش	۹۴	۴۸	P=۰/۵۹	۰/۰۰۷۱۰±۰/۰۱۰

اساس این داده‌ها میانگین کادمیوم در نمونه‌های ماهی قزل‌آلای تازه و بسته‌بندی شده اختلاف آماری معنی‌داری نشان نداد ($p>0/05$).

در جدول ۵ بطور کلی میانگین کادمیوم ارزیابی شده از مجموع بافت‌های عضله و آبشش ماهی قزل‌آلای تازه و بسته‌بندی شده ذکر شده است. بر

جدول ۵: مقایسه میزان کادمیوم در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تازه و بسته‌بندی شده عرضه شده در شهر بیرجند

نوع ماهی	درجه آزادی (df)	فراوانی	نتیجه آزمون t-test مستقل	انحراف معیار ± میانگین
ماهی تازه	۹۴	۴۸	t=۰/۹۵	۰/۰۰۷۲۰±۰/۰۱۳
ماهی فریز شده	۹۴	۴۸	P=۰/۳۵	۰/۰۰۶۹۰±۰/۰۱۲

بحث

امروزه مصرف ماهی بخاطر نقش مهم آن در سلامتی افزایش پیدا کرده، چرا که ماهی علاوه برداشتن پروتئین‌های سهل‌الهضم به عنوان یک منبع غنی از اسیدهای چرب غیراشباع بویژه اسیدهای چرب امگا تری محسوب می‌شود. در این تحقیق میزان تجمع کادمیوم در ۴۸ نمونه از بافت آبشش و ۴۸ نمونه از بافت عضله ماهی قزل‌آلا مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از آنالیز داده‌ها مشخص کرد که بافت آبشش نسبت به بافت عضله از قابلیت بالاتری در راستای نمایش تجمع فلز سنگین کادمیوم در این گونه از ماهی را دارد. میانگین غلظت فلز کادمیوم در بافت‌های آبشش و عضله بین نمونه‌های تازه و فریز شده تفاوت معنی‌داری نشان نداد. همچنین در تمامی نمونه‌های این پژوهش میزان کادمیوم از حد مجاز استاندارد مراجع بین‌المللی WHO و NHMRC کمتر بود. بنابراین می‌توان گزارش نمود که ماهیان قزل‌آلای رنگین کمان تازه و بسته‌بندی توزیع شده در سطح شهرستان بیرجند از لحاظ آلودگی به فلز کادمیوم در وضعیت مطلوبی قرار دارند. حد مجاز مصرف کادمیوم در جدول ۶ نشان داده شده است.

جدول ۶: حد مجاز مصرف کادمیوم برای انسان

منبع	کادمیوم (ppm)	استاندارد
Madany <i>et al</i> (1996)	۰/۲	WHO
Darmono and Denton (1990)	۰/۰۵	NHMRC
Mormede and Davies (2001)	۰/۲	U.K (MAFF)
Radojevic and Bashkin (1999)	۰/۵	آلمان

بر اساس نتایج در خصوص میانگین میزان تجمع کادمیوم در بافت‌های عضله و آبشش ماهیان تازه و فریز

شده قزل‌آلای رنگین کمان اختلاف آماری معنی‌داری حاصل نگردید. نزدیک بودن مقادیر فلزات سنگین در بافت‌های مختلف ماهیان بررسی شده در مطالعه عسکری و همکاران (۱۳۸۶) نیز گزارش گردید. کم بودن مقدار عددی میانگین غلظت کادمیوم در نمونه‌های مورد ارزیابی با نتایج مطالعات بسیاری از محققین نظیر ارشد و همکاران (۱۳۹۳)، بهشتی و همکاران (۱۳۸۹)، عسکری و همکاران (۱۳۸۶) و خیدرو و همکاران (۱۳۸۹) همخوانی داشت. ضمن آنکه از این لحاظ Murtala و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهش انجام شده میزان کادمیوم در بافت آبشش ماهی‌های *H. forskahlii* و *H. bebe occidentalis* به ترتیب 0.39 ± 0.01 و 0.25 ± 0.01 و در بافت عضله این ماهی‌ها به ترتیب 0.26 ± 0.08 و 0.13 ± 0.08 میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم بافت نمونه بود^T که با نتیجه این پژوهش مطابقت و کمتر از حد مجاز استاندارد است. در مطالعه بخشعلی زاده و همکاران (۱۴۰۱) اختلاف معنی‌داری در میزان تجمع کادمیوم در بخش میانی و نزدیک به انتهای دستگاه گوارش نمونه‌های ماهی مورد ارزیابی مشاهده نشد. در پژوهش فرامرزیان (۱۳۹۲) در شهر شیراز میانگین غلظت کادمیوم در ماهی قزل‌آلا 0.09 میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم بافت نمونه ماهیان بود. اردکانی و جعفری (۱۳۹۳) میانگین غلظت تجمع یافته عنصر کادمیوم بر حسب نانوگرم بر گرم وزن تر در بافت عضله ماهی کپور 2.0 ± 0.8 ، و خوش بین و پور خباز (۱۴۰۱) میزان کادمیوم عضله ماهی شوریده 0.7 ± 0.0 و کادمیوم کمتر از حدود مجاز توصیه شده توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) و سازمان غذا و کشاورزی (FAO) گزارش گردید، که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. در پژوهشی دیگر

شهرستان بیرجند نشان داد که عوامل مذکور طی دوره پرورش، صید و بسته‌بندی ماهیان تازه و بسته‌بندی شده در سطح شهرستان بیرجند در حد مطلوبی بوده بنابراین کیفیت آنها از لحاظ تغذیه انسانی مناسب ارزیابی می‌گردد. انجام مطالعات مشابه در سمنان (رفیعی و همکاران، ۱۳۸۷)، شیراز (فرامرزیان و همکاران، ۱۳۹۲) و... با موضوع این تحقیق در خصوص گونه قزل‌آلای رنگین‌کمان، اهمیت تجاری این گونه را مورد تایید قرار می‌دهد، بویژه اینکه گونه مذکور تنها گونه پرورشی ماهیان سردآبی در شهرستان بیرجند می‌باشد. با توجه به اینکه پساب‌های کشاورزی حاوی کودهای فسفاته از مهم‌ترین منابع آلوده‌کننده حاوی کادمیوم می‌باشند (پور مقدس و ظفرزاده، ۱۳۹۵). در نتیجه پایین بودن میانگین تجمع فلز کادمیوم در بافت عضله و آبشش ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان بررسی شده در این تحقیق بیانگر آن است که آب مورد استفاده جهت پرورش این ماهیان در این خصوص از وضعیت مطلوبی برخوردار است.

نتیجه‌گیری

بررسی غلظت فلز سنگین کادمیوم در بافت‌های عضله و آبشش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان عرضه شده در سطح شهرستان بیرجند با روش استاندارد هضم مرطوب و به کمک دستگاه جذب اتمی کوره گرافیتی perkin elmer نشان داد که نمونه‌های بررسی شده از این حیث از وضعیت مطلوبی برخوردار بوده و میزان آلودگی کمتر از استانداردهای تعیین شده توسط سازمان‌های بین‌المللی ذریبط نظیر WHO و... است. از طرفی همان‌گونه که پیش‌تر از این اشاره شد از آنجا که پساب‌های کشاورزی حاوی کودهای فسفاته از

درافشان و همکاران (۱۳۹۴) میزان کادمیوم مورد بررسی 0.11 ± 0.08 میکروگرم در گرم و بیشتر از حد مجاز توصیه شده توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) و سازمان غذا و کشاورزی (FAO) گزارش شد. هر چند تاثیرات نهایی جیوه و سرب به عنوان دو فلز سنگین و خطرناک در تغذیه انسانی به اثبات رسیده است (Filazi *et al.*, 2003 و عسکری ساری، ۱۳۸۸) از اثرات کادمیوم به عنوان سومین فلز خطرناک در تغذیه انسانی می‌توان به صدمات جبران‌ناپذیر کلیوی ناشی از غلظت‌های غیرمجاز آن و بروز بیماری‌های شدید گوارشی، مشکلات اسکلتی، برونشیت و کم‌خونی اشاره نمود. تحقیقات مختلف در گونه‌های متفاوت ماهی نشان می‌دهد که غلظت عناصر سنگین گاهی در آبشش و گاهی در کبد دارای حداکثر میزان می‌باشند، ولی تقریباً در تمامی تحقیقات، غلظت عناصر سنگین در کبد و آبشش بیشتر از عضله است (Hassanpour *et al.*, 2014).

پایین بودن تجمع زیستی فلزات سنگین در بافت عضله در نتیجه تطابق فیزیولوژیک ماهی با محیط اطراف همزمان با رشد ماهی است که این امر میتواند در حذف یا خنثی‌سازی عناصر سنگین در بافت عضله موثر باشد (Shahri *et al.*, 2017). عادت‌های تغذیه‌ای، نیازهای بوم‌شناختی، غلظت فلزات سنگین در آب و رسوبات، مدت زمان ماندگاری ماهی در محیط آبی، فصل صید و خواص فیزیکی و شیمیایی آب (شوری، سختی، دما و pH) از عوامل موثر در تجمع فلزات سنگین در اندام‌های مختلف ماهی هستند (Merciai *et al.*, 2014; Yi and Zhang, 2012). نتایج حاصل از این تحقیق و پایین بودن سطح فلز سنگین سنجش شده در نمونه‌های ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در سطح

۵. پور مقدس، ح.، ظفرزاده، ع.، ۱۳۹۵. اثر استفاده کودهای شیمیایی در افزایش غلظت کادمیوم، سرب و روی خاک مزارع کشاورزی اصفهان. مهندسی بهداشت محیط، ۴(۲)، ۱۳۸-۱۲۶.

۶. چاکری، ر.، سجادی، م.، کامرانی، ا.، آقاجاری، ن.، ۱۳۹۴. تعیین میزان غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در بافت‌های عضله و کبد ماهی طلا ل (*Rastrelliger kanagurta*) در آب‌های خلیج فارس. مجله علمی شیلات ایران، ۲۴(۲)، ۱۲۴-۱۱۵.

۷. خوشبین، ا.، پورخجاز، ع.، ۱۴۰۱. تجمع زیستی سرب، نیکل و کادمیوم در بافت عضله، کبد و پوست ماهی شوریده و کوتر چشم درشت. مجله علمی شیلات ایران، ۳۱(۲)، ۱۱-۱.

۸. درافشان، س.، شجاعی، ن.، میرغفاری، ن.، ۱۳۹۴. تعیین میزان فلزات سنگین کادمیوم و کروم در بافت‌های مختلف (عضله، آبشش، کلیه و روده) عروس ماهی زاینده رود *Petroleuciscus esfahani*. مجله علمی شیلات ایران، ۲۴(۲)، ۵۲-۴۳.

۹. رفیعی، غ.، میرواقفی، ع.، رضایی توابع، ک.، مجازی امیری، ب.، عبدالحی، ح.، ۱۳۸۷. تجمع زیستی فلزات سنگین مس، روی، آهن و منگنز در تخم ماهی قزل‌آلای رنگین کمان از مرحله لقاح تا تخم‌گشایی. مجله علمی شیلات ایران، ۱۷(۴)، ۵۶-۶۶.

۱۰. سیف زاده، م.، گلشاهی، ع.، صفی یاری، ش.، ۱۳۹۷. میزان تجمع فلزات سنگین سرب و کادمیوم در ماهی قزل‌آلای پرورشی (*Oncorhynchus mykiss*) ناحیه تالش استان

مهم‌ترین منابع آلوده‌کننده حاوی کادمیوم می‌باشد می‌توان نتیجه گرفت که از این لحاظ آب مصرفی در کشاورزی مناطق مورد مطالعه نیز مناسب است.

سپاسگزاری

در اینجا بر خود لازم می‌دانیم که از زحمات تمام کسانی که ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند تشکر نماییم.

منابع

۱. اردکانی، س.، جعفری، م.، ۱۳۹۳. بررسی تجمع آرسنیک، جیوه، روی، سرب، کادمیوم و مس در بافت عضله ماهی کپور معمولی. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ۲۴(۱۱۶)، ۱۹۵-۱۸۴.

۲. ارشد، ع.، صادقی راد، م.، علی اکبر، ع.، چوبیان، ف.، ۱۳۹۳. بررسی فلزات سنگین (مس، سرب، کادمیوم و روی) آب در مراحل مختلف تکثیر و پرورش ماهیان خاویاری مجتمع شهید دکتر بهشتی. توسعه آبرزی پروری، ۸(۲)، ۸-۱.

۳. بخشعلی‌زاده، ش.، رستم‌زاده لیافویی، ع.، فازیو، ف.، ۱۴۰۱. تاثیر زیستگاه بر تجمع عناصر نیکل (Ni) و کادمیوم (Cd) در دستگاه گوارش کفال (*Chelon auratus* and *Mugil cephalus*) به‌عنوان یک ماهی پوسیده‌خوار. توسعه آبرزی پروری، ۱۶(۱)، ۱۱-۱.

۴. بهشتی، م.، عسکری ساری، ا.، خدادادی، م.، ولایت زاده، م.، ۱۳۸۹. اندازه‌گیری و مقایسه غلظت فلزات سنگین (Cu، Mn، Zn، Fe) در اندام‌های مختلف ماهی بیاچ (*Liza abu*) در رودخانه دز استان خوزستان. مجله تالاب، ۲(۶)، ۷۹-۷۱.

2007. simultaneous preconcentration of copper, nickel, cobalt and lead ions prior to their flame atomic absorption spectrometric determination. *Annali di chimica*, 97, 277- 280.
19. Ghaedi, M., Shokrollahi, A., Kianfar, A.H., Pourfarokhi, A., Khanjari, N., Mirsadeghi, A.S., Soylak, M., 2009. Preconcentration and separation of trace amount of heavy metal ions on bis (2-hydroxy acetophenone) ethylendiimine loaded on activated carbon. *Journal of Hazardous Materials*, 162, 1408-1414.
20. Hassanpour, M., Rajaei, G., Sinka Karimi M.H., Ferdosian, F., Maghsoudloord, R., 2014. Determination of Heavy Metals (Pb, Cd, Zn and Cu) in Caspian kutum (*Rutilus kutum*) from Miankaleh International Wetland and Human Health Risk. *Journal Mazandara: University Medicine Science*. 24, 163-170.
21. Madany, I., M. Wahab, A.A., Al-Alawi, Z., 1996. Trace metals concentration in marine organisms from the coastal areas of Bahrain, Persian Gulf. *Water, Air, and Soil pollution*, 91, 233-248.
22. Merciai, R., Guasch, H., Kumar, A., Sabater, S., Berthou, E., 2014. Trace metal concentration and fish size: variation among fish species in a Mediterranean river. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 107, 154-161.
23. Mormede, S., Davies, I. M., 2001. Heavy metal concentrations in commercial deepsea fish from Rockall trough, Continent shelf Res. 21, 899-916.
24. Murtala, B.A., Abdul, W.O., Akinyemi, A.A., 2012. Bioaccumulation of heavy metals fish (*Hydrocynus forskahlii*, *Hyperopisus bebe occidentalis* and *Claris gariepinus*) organs in downstream of coastal water, Nigeria. *Journal of Agricultural Science*, 2, 51- 60.
25. Radkahl, A., Eagderi, S., Sadeghinejad Masouleh, E., 2022. Accumulation of Heavy Metals in Fish: A Serious Threat to Food Security and Public Health. *Journal of Marine Medicine*, 3, 236-245.
26. Radojevic, M., Bashkin, V.N., 1999. *Practical Environmental Analysis*. The Royal Society of Chemistry, U.K., 466pp.
- گیلان. پژوهش‌های علوم دامی (دانش کشاورزی)، (۲)، ۶۵-۷۹.
۱۱. عسکری، ق.، اشرفی، د.، غلامپور، ا.، ۱۳۸۶. بررسی مقدار فلزات سنگین کادمیوم، سرب، کروم و نیکل در ماهیان پرورشی شهرستان خرم‌آباد. دهمین همایش ملی بهداشت محیط.
۱۲. عسکری ساری، ا.، فرهنگ‌نیا، م.، بازترابی، م.، ۱۳۸۸. اندازه‌گیری و مقایسه سرب، روی و مس در عضله و کبد هامور معمولی. مجله تالاب، (۱)۲، ۱۰۶-۱۰۱.
۱۳. فرامرزیان، م.، درخشان، ز.، رنجبر، م.، بقاپور، م.ع.، ۱۳۹۲. بررسی و ارزیابی خط غلظت فلزات سنگین در ماهیان قزل‌آلای شیراز. شانزدهمین همایش ملی بهداشت محیط ایران.
۱۴. کوشافر، ا.، سواری، ا.، سخایی، ن.، ارچنگی، ب.، کریمی اورگانی، ف.، ۱۳۹۸. ارزیابی فاکتورهای سرطانزایی و غیرسرطانزایی فلزات سنگین در عضله ماهیان غالب رودخانه بهم‌شیر. محیط زیست جانوری، ۱۱(۴)، ۱۶۲-۱۵۵.
15. Ahmad, A.K., Shuhaimi-Othman, M., 2010. Heavy metal concentration in sediments and fishes from Lake Chini, Pahang, Malaysia. *Journal of Biological Sciences*, 10(2)2, 93-100.
16. Darmono, D., Denton, G.R. W., 1990. Heavy metal concentrations in the banana prawn, *Penaeus merguensis*, and leader prawn, *P. monodon*, in the Townsville Region of Australia. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 44, 479-486.
17. Filazi, A., Baskaya, R., Kum, C., 2003. Metal concentration in tissues of the Black Sea fish *Mugil auratus* from Sinop-Icliman, Turkey. *Human & Experimental Toxicology*, 22, 85-87.
18. Ghaedi, M., Ahmadi, F., Ovmid Soylak, M.,

27. Rajeshkumar, S., Xiaoyu, Li., 2018. Bioaccumulation of heavy metals in fish species from the Meiliang Bay, Taihu Lake, China. *Toxicology Reports*, 5, 288-95.
28. Yi, Y. J., Zhang, S. H., 2012. The relationships between fish heavy metal concentrations and fish size in the upper and middle reach of Yangtze River. *Procedia Environmental Sciences*, 13, 1699-1707.

Survey of Cadmium Concentration in different tissues (gill, muscle) of Rainbow trout in Birjand markets

Saeedi, M.M.¹; Azhdari, A.^{1*}

1- Department of Food Science and Technology, Birjand Branch, Islamic Azad University, Birjand, Iran.

Received: 18 April 2024

Accepted: 15 June 2024

Abstract

Heavy metals are one of the most important polluting sources of aquatic ecosystems, so the contamination of fishes with heavy metals, such as cadmium, can lead to their bioaccumulation in the body of consumers and ultimately the occurrence of various dangerous diseases. The aim of this research was to evaluate the amount of cadmium concentration in the rainbow trout, marketed in Birjand, Iran. For this purpose, a total of 96 samples of muscle and gill tissues of rainbow trout (48 fresh and frozen fish gill tissue samples and 48 fresh and frozen fish muscle tissue samples) were tested. Samples were prepared by wet digestion method and cadmium concentration was measured using graphite furnace atomic absorption spectrophotometer. After the statistical analysis of the data the mean value of cadmium in all samples was measured 0.007 ± 0.003 ppm. The amount of cadmium in gill tissues was higher than in muscle tissues, but this difference was not statistically significant ($p > 0.05$). In addition, the average concentration of cadmium in muscle and gill tissues were significantly lower than international standards ($p < 0.05$). The results of this research showed that, fortunately the rainbow trout marketed in Birjand city is in a favorable condition in terms of the cadmium concentration.

Keywords: Cadmium, Fish, Rainbow Trout, Atomic Absorption, Birjand

*Corresponding Author: ataazhdari@yahoo.com