اندازه‌گیری فلزات‌سنگین آهن و روی در عضله ماهی سوکلا (*Rachycentron canadum*) در گروه‌های مختلف طولی در صید آب‌های شمال‌غربی خلیج فارس

- **معصومه جهانگیری***: گروه شیلات، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
- **غلامحسین محمدی**: پژوهشکده آبزی‌پروری جنوب، موسسهٔ تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران
- **محمد ولایت‌زاده**: باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: دی ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: فروردین ۱۳۹۸

چکیده

این تحقیق به‌منظور سنجش و مقایسه میزان تجمع فلزات سنگین آهن و روی در بافت عضله ماهی سوکلا (*Rachycentron canadum*) و ارتباط آن با طول کل، وزن کل و سن ماهی در آب‌های شمال‌غربی خلیج‌فارس انجام شد. ۹۶ نمونه ماهی در ٦ گروه طولی تهیه شد. هضم شیمیایی نمونه‌ها به‌روش خشک و سنجش غلظت فلزات سنگین به‌روش جذب اتمی انجام گردید. اختلاف بین میانگین‌ها با کمک آزمون آماری آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و ارتباط معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد تعیین شد. میانگین غلظت فلزات آهن و روی در بافت عضله ماهی سوکلا به‌ترتیب ۲/۷۸±۲۵/۵۰ و ۱/۲۳±۹/۰٦ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک بود (P<۰/۰۵). بالاترین میزان تجمع فلز آهن در بین گروه‌های طولی مختلف متعلق به گروه ۱۱۰-۱۰۲ سانتی‌متر (۲۱/۷٤±۲۸/۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و بیش‌ترین مقدار روی متعلق به گروه طولی بزرگ‌تر از ۱۲۷ سانتی‌متر (۲۷/٤۷±۱۰/۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود. رابطه مثبتی بین عوامل طول کل، وزن کل و سن با تجمع فلزات آهن و روی برقرار بود که در سطح معنی‌داری دیده نشد (P>۰/۰۵). میزان روی در عضله ماهی سوکلا در مقایسه با آستانه استانداردهای جهانی سازمان بهداشت جهانی (WHO)، وزارت کشاورزی ـ شیلات انگلستان (MAFF) و انجمن ملی بهداشت و سلامت استرالیا (NHMRC)(به‌ترتیب ۱۰۰۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) پایین‌تر بود. میزان آهن در عضله این ماهی از حد مجاز استاندارد سازمان غذا و داروی آمریکا (FDA) (۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) بالاتر به‌دست آمد.

کلمات کلیدی: فلزات سنگین، بافت عضله، ماهی سوکلا، خلیج فارس

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: masoumedjahangiri@yahoo.com

مقدمه

امروزه در حدود ۷۰۰۰ گونه ماهی برای مصارف مختلف انسانی از قبیل صید و صیادی، تکثیر و پرورش، تجارت آکواریومی استفاده می‌شود و در حدود ۶۰۰ گونه در لیست گونه‌های در خطر انقراض قرار دارد، درحالی‌که تنها برای ۱۲۰۰ گونه از ماهیان دنیا، پارامترهای رشد که برای مدیریت ذخایر لازم هستند در دسترس می‌باشد (Froes و Pauly، ۲۰۰۰). استفاده از ماهی و سایر انواع آبزیان به‌عنوان یکی از منابع ارزشمند غذایی از دیرباز مورد توجه بشر قرار گرفته است. با ارتقاء سطح دانش و وقوف به اهمیت و نقش مواد پروتئینی در برنامه غذایی از یک‌طرف و نیز با افزایش جمعیت از طرف دیگر میزان تقاضا برای این ماده غذایی با ارزش به‌تدریج افزایش یافته است. ترکیبات متعادل ماهی از نظر پروتئین، چربی‌ها، مواد معدنی و ویتامین‌ها به‌نحوی است که امروز از آن به نام غذایی سلامتی نام برده می‌شود. دانشمندان علم بیوشیمی، تغذیه و مصرف ماهی را به‌دلیل ارزش کمی و کیفی آن و هم‌چنین برای برقراری یک رژیم متناسب توصیه می‌نمایند (ناصری و همکاران، ۱۳۸۴؛ رضوی شیرازی، ۱۳۸۶). مقادیر برخی از فلزات سنگین مانند مس، روی و آهن در غلظت‌های پایین برای متابولیسم آبزیان ضروری می‌باشند (Canli و Atli، ۲۰۰۳) و در سیستم‌های زیستی و زندگی انسان نقش مثبت و منفی مهمی دارند (Ghaedi و همکاران، ۲۰۰۹). زمانی‌که مقادیر عناصر ضروری افزایش می‌یابد، می‌توانند اثرات سمی مهمی داشته باشند (Turkmen و Ciminli، ۲۰۰۷؛ Turkmen و همکاران، ۲۰۰۹). فلز روی از عناصر ضروری در واکنش‌های زیستی می‌باشند که به‌صورت هموستاتیک تنظیم می‌شود و غذاهای دریایی منبع اصلی این عنصر می‌باشند(Stoskopf،۱۹۹۳).آهن یکی از اجزاء تشکیل دهنده هموگلوبین در ماهیان می‌باشد. میزان آهن مورد نیاز در جیره غذایی ماهیان حداقل ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم غذا توصیح شده است(جلالی‌جعفری، ۱۳۸۶).کمبودآهن در جیره غذایی ماهیان منجر به کاهش رشد، کاهش کارایی غذا، کاهش هموگلوبین و هماتوکریت، کاهش آهن پلاسما، ترانسفرین و تعدادگویچه‌های‌سرخ خون می‌گردد (جلالی‌جعفری و آقازاده‌مشگی، ۱۳۸۶). پیشرفت تکنولوژی و صنعت در جهان موجب رفاه، بهبود و بالا رفتن سطح زندگی جوامع بشری می‌گردد. توسعه روزافزون صنعت اگرچه مزایای بی‌شماری را با خود به ارمغان آورده ولی ضایعات و آلاینده‌هایی را با خود به‌همراه می‌آورد که ورود این مواد به منابع آبی سبب آلودگی می‌گردد که زیان ناشی از آلودگی از طریق صدمات مستقیم نظیر اختلال در عملکرد اکوسیستم‌های طبیعی صورت می‌گیرد. از انواع این آینده‌ها می‌توان به فلزات سنگین اشاره کرد که به‌طور طبیعی از اجزای تشکیل دهنده اکوسیستم‌های آبی محسوب می‌گردند. فلزات در رابطه با موجودات زنده به سه گروه ضروری، نیمه‌ضروری و غیرضروری تقسیم می‌شوند. بعضی از این عناصر به‌عنوان موادمغذی برای زندگی جانوران و گیاهان شناخته می‌شوند و بعضی از آن‌ها مثل مس، روی و کبالت به‌مقدار کم مورد نیاز می‌باشند، اما مقدار زیادآن‌ها سمی می‌باشد و برخی نیز در سیستم‌های آنزیمی نقش دارند که به چنین فلزاتی ضروری گفته می‌شود. فلزات غیرضروری به تعدادی از این فلزات مثل کادمیوم، جیوه و سرب گفته می‌شود که در ردیف زیان‌آورترین عناصر آلاینده قرار دارند و موجودات، حتی به‌میزان کم نیز به این عناصر نیز نیازی ندارند.عناصر غیرضروری نیمه‌عمر بیولوژیک بیش‌تری نسبت به‌عناصر ضروری‌دارند لذا در بافت‌های موجود زنده، می‌توانند تجمع پیدا کنند (عسکری‌ساری و ولایت‌زاده، ۱۳۹۳؛ Mance، ۱۹۹۰). ارتباط میزان تجمع فلزات سنگین کادمیوم، سرب و روی در عضله با طول ماهیان هامور معمولی (*Epinephelus coioides*) و زمین‌کن دم‌نواری (*Platycephalus indicus*) (کنعانی، ۱۳۹۰) تعیین شده است. در تحقیقی بر روی ماهی خیاطه (*Alburnoides bipunctatus*) تجمع فلز روی در عضله این ماهی با طول، وزن و سن بررسی شد (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۱). مطالعه‌ای بر روی تاس‌ماهی ایرانی (*Acipenser persicus*)، تجمع فلزات سنگین نیکل و وانادیوم با طول این‌گونه انجام گردید (رسولی و همکاران، ۱۳۹۲). مطالعاتی در زمینه انباشت فلزات‌سرب،روی و مس با طول و وزن اردک ماهی (*Esox lucius*) نیز گزارش شده است (ابراهیمی‌سیریزی و همکاران، ۱۳۹۱؛ Imanpour Namin و همکاران، ۲۰۱۱). ماهی سوکلا یک‌گونه سطح‌زی است که در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری و آب‌های گرم معتدله به‌غیر از شرق آرام و مدیترانه یافت می‌شود و بیش‌ترین فراوانی را در طول سواحل اطلس جنوبی ایالات متحده و شمال خلیج مکزیک دارد. این ماهی به‌جهت فشار صید بی‌رویه، صید غیرقانونی، آلودگی، ورود سموم شیمیایی مزارع به رودخانه‌ها، تخریب‌زیستگاه‌ها و بسترهای‌تخم‌ریزی به‌طور عمده‌ای کاهش یافته است (Bentti و همکاران، ۲۰۰۳؛ Salari Aliabadi و همکاران، ۲۰۰۸). این ماهی یک‌گونه گوشت‌خوار است که معمولاً از پسماندهای غذایی و ضایعات سپرماهیان در کف دریاها وخلیج‌ها تغذیه می‌کند(Franks و Brown-Peterson، ۲۰۰۲؛ Turner و Rooker، ۲۰۰۵) به‌همین دلیل احتمال تجمع زیستی فلزات در اندام‌های‌ماهی‌سوکلا وجود دارد. فلزات‌روی و آهن‌جزء عناصر ضروری بدن ماهیان می‌باشندکه‌در فعالیت‌های متابولیک و حیاتی نقش دارند، اما تجمع بالای این فلزات در بافت‌ها سبب بیماری‌زایی و مسمومیت ماهیان‌و انسان‌می‌شود(عسکری‌ساری‌و ولایت‌زاده،۱۳۹۳).این تحقیق به‌منظور سنجش و مقایسه میزان تجمع فلزات سنگین آهن و روی در بافت عضله ماهی سوکلا (*Rachycentron canadum*) و ارتباط آن

با طول کل، وزن کل و سن ماهی در آب‌های شمال‌غربی خلیج فارس انجام شد.

مواد و روش‌ها

در فصل بهار تعداد ۹۶ نمونه ماهی از اسکله صیادی ثامن آبادان و بحرکان هندیجان در استان خوزستان تهیه شد. اسکله صیادی بحرکان بزرگ‌ترین اسکله صیادی ایران در ۱۳ کیلومتری جنوب‌شرقی شهر هندیجان واقع شده است که صیادان می‌توانند انواع ماهی و گونه‌های دریایی را صید کنند. اسکله صیادی ثامن در شهرستان آبادان در ۴۸ درجه و ۱۷ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۱۹ دقیقه عرض شمالی واقع گردیده است. این اسکله صیادی دارای ۱۱۹ فروند قایق و ۹۱ فروند لنج می‌باشد که صید خود را در این اسکله تخلیه می‌کنند (جهانگیری و همکاران، ۱۳۹۶). پس از انتقال ماهیان به آزمایشگاه، نمونه‌ها کدگذاری و سپس زیست‌سنجی شدند توزین نمونه‌ها به‌وسیله ترازوی دیجیتالی با دقت ۱ گرم صورت گرفت، زیست‌سنجی نمونه‌ها نیز با یک خط‌کش ساده زیست‌سنجی انجام شد. پس از این مرحله جداسازی بافت عضله توسط تیغه‌ای از جنس استیل صورت گرفت. تعیین سن ماهی سوکلا با استفاده از سنگریزه‌های شنوایی (اتولیت) انجام شد. برای ماهی سوکلا (*Rachycentron canadum*) در ۶ گروه سنی ۱۰< و ۱۰-۸، ۸-۶، ۶-۴، ۴-۲، ۲> سال و گروه‌های طولی ۱۲۷< و ۱۲۷-۱۲۳، ۱۲۳-۱۱۰، ۱۱۰-۱۰۲، ۱۰۲-۷۵، ۷۵>سانتی‌متر تعیین شد (Franks و Brown-Peterson، ۲۰۰۲). هر گروه سنی شامل ۱۶ عدد ماهی، به ۴ گروه ۴ تایی تقسیم و عضلات از قسمت‌های مختلف جداسازی شد، با یکدیگر مخلوط گردید و یک نمونه مرکب به‌دست آمدکه تعداد نمونه‌های مرکب هر گروه سنی ۴ عدد شد (Moopam، ۱۹۹۹). بافت‌های به‌دست‌آمده پس از توزین در پتری‌دیش (شیشه ساعت) قرار گرفتند تا در مرحله بعد برای خشک کردن در آون قرار گیرد. تمامی نمونه‌های به‌دست آمده به‌مدت ۶۰ تا ۱۵۰ دقیقه در آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت تا به وزن ثابت رسیده و سپس از داخل آون خارج شد. برای هضم نمونه‌ها از روش مرطوب استفاده شد (Farkas و همکاران، ۲۰۰۰). جهت اندازه‌گیری عناصر مورد نظر ابتدا به ۱۰ میلی‌لیتر محلول هضم‌شده نمونه‌ها، ۵ میلی‌لیتر محلول آمونیوم پیرولیدن کاربامات ۵٪ اضافه شده و به‌مدت ۲۰ دقیقه نمونه‌ها شیکر شدند تا عناصر به‌صورت فرم آلی فلزی در محلول کمپلکس شوند و سپس به نمونه‌ها ۲ میلی‌لیتر متیل‌ایزو بوتیل کتون اضافه شد و به‌مدت ۳۰ دقیقه نمونه‌ها شیکر شدند و پس از ۱۰ دقیقه نمونه‌ها در دور ۲۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شدند و عناصر مورد نظر به فاز آلی منتقل شدند. پس از تنظیم کوره و سیستم EDL دستگاه و اپتیمم کردن دستگاه جذب اتمی مدل Perkin Elmer 4100 منحنی کالیبراسیون این عناصر به کمک استانداردهای این عناصر و ماتریکس مودیفایر پلادیم توسط نرم‌افزار WinLab32 رسم گردید و مقدار این عناصر در محلول‌های آماده شده اندازه‌گیری گردید. در این تحقیق آزمایش‌ها به‌صورت کاملاً تصادفی (CRD=Completely Randomized Design) انجام شد. نتایج حاصل از این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار SPSS20 و آزمون آماری آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA)، هم‌چنین آنالیز هم‌بستگی و رگرسیون (Regression) 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

نتایج حاصل از زیست‌سنجی ماهی سوکلا تهیه شده از اسکله صیادی بحرکان بندرهندیجان و آبادان در جدول ۱ نشان داده شده است. در این جدول میانگین طول کل، وزن کل ماهیان و سن به ترتیب بر حسب سانتی‌متر، گرم و سال محاسبه شده است. در جدول ۲ گروه های طولی و سنی ماهی سوکلا مشخص شده است و براساس آن‌ها کدگذاری شده‌اند.

جدول ۱: زیست‌سنجی ماهی سوکلا (*Rachycentron canadum*) صید شده از اسکله بنادر آبادان و بحرکان

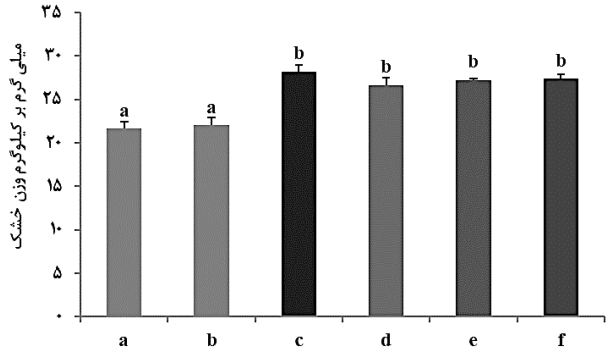
منطقه مورد مطالعه	پارامتر	طول کل (سانتی‌متر)	وزن کل (گرم)	سن (سال)
بنادر صیادی هندیجان و آبادان	بیشینه	۱۶۷	۴۳۲۰۰	>۱۰
	کمینه	۵۸	۱۸۰۰	۱>
	میانگین	۲۷/۳۶±۱۰۸/۲۶	۱۰۱۵۸/۲۰±۱۱۷۹۷/۲۹	۵/۹۰±۳/۵۵

جدول ۲: گروه‌های طولی و سنی ماهی سوکلا (*Rachycentron canadum*) صید شده از اسکله بنادر صیادی آبادان و بحرکان

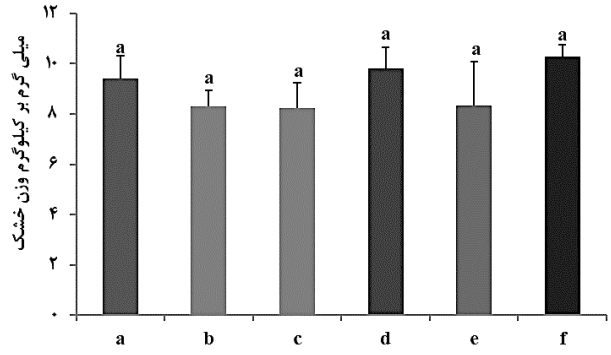
گروه طولی (سانتی‌متر)	گروه سنی (سال)	مولفه مورد استفاده
۷۵>	۲>	a
۷۵-۱۰۲	۲-۴	b
۱۰۲-۱۱۰	۴-۶	c
۱۱۰-۱۲۳	۶-۸	d
۱۲۳-۱۲۷	۸-۱۰	e
۱۲۷<	۱۰<	f

نتایج این تحقیق نشان داد، میانگین و انحراف معیار غلظت فلزات آهن و روی به‌ترتیب ۲/۷۸±۲۵/۵۰ و ۱/۲۳±۹/۰۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک نمونه‌ها بود. بیش‌ترین میزان تجمع فلزات سنگین در بافت عضلانی ماهی سوکلا مربوط به فلز آهن و کم‌ترین مقدار تجمع

مربوط به‌فلز روی بود. براساس نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق غلظت آهن بالاتر از مقادیر روی در بافت عضله ماهی سوکلا به‌دست آمد. بالاترین میزان تجمع آهن در عضله ماهی سوکلا مربوط به گروه طولی c و پایین‌ترین میزان آهن در گروه طولی a بود. در رابطه با غلظت فلز آهن بین گروه طولی a با گروه b و گروه طولی c با گروه‌های d، e و f، هم‌چنین بین گروه طولی d با e و f و نیز بین گروه طولی e با گروه طولی f اختلاف معنی‌داری وجود نداشت(P>۰/۰۵).بین سایر گروه‌های طولی اختلاف معنی‌داری وجود داشت (P<۰/۰۵). مقایسه غلظت فلز آهن در بافت عضلانی ماهی سوکلا در شکل ۱ نشان داده شده است. مقایسه غلظت فلز روی در بافت عضله ماهی سوکلا نتایج این تحقیق نشان داد، بیش‌ترین و کم‌ترین میزان تجمع فلز روی در بافت عضله، به‌ترتیب مربوط به گروه طولی f و c بوده است. اختلاف معنی‌داری بین گروه‌های طولی مختلف دیده نشد (P>۰/۰۵). مقادیر اندازه‌گیری شده فلز روی به تفکیک گروه‌های طولی مختلف در بافت عضلانی ماهی سوکلا در شکل ۲ نشان داده شده است.

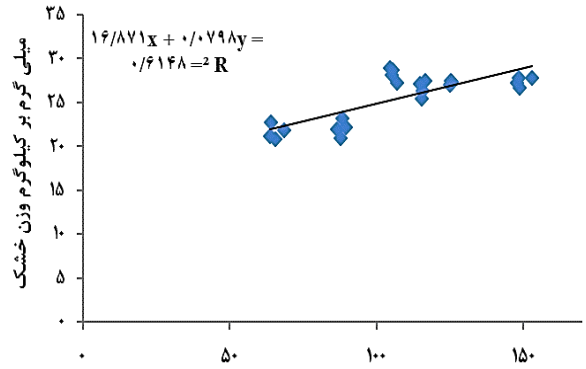


شکل ۱: مقایسه غلظت فلز آهن در بافت عضله ماهی سوکلا (*Rachycentron canadum*) بنادر آبادان و بحرکان به تفکیک گروه‌های طولی (حروف غیرهمنام اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد (P<۰/۰۵))

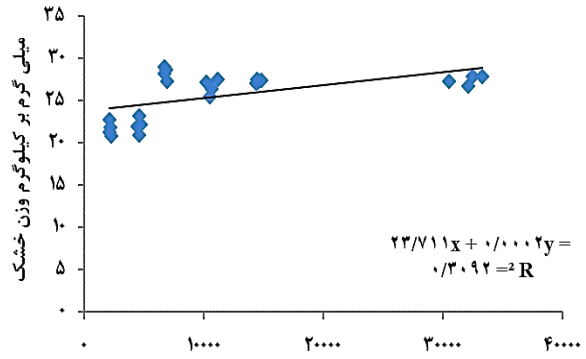


شکل ۲: مقایسه غلظت فلز روی در بافت عضله ماهی سوکلا (*Rachycentron canadum*) بنادر آبادان و بحرکان به تفکیک گروه‌های طولی (حروف غیرهمنام اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد (P<۰/۰۵))

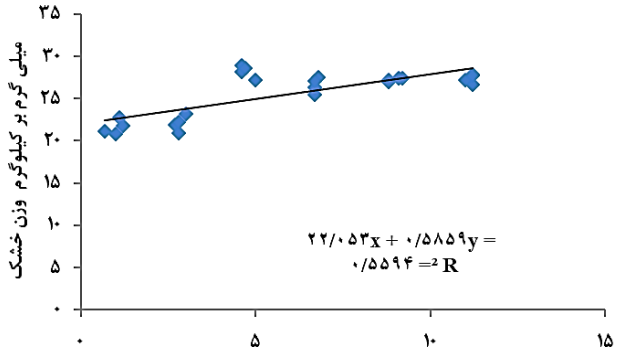
از رابطه غلظت آهن و طول کل ماهی معادله Y=۰/۰۷۹ X+۱۶/۸۷ و R^2=۰/۶۱ به‌دست آمد که دارای هم‌بستگی مثبت و ۶۱ درصد است، به این معنی که ۶۱ درصد متغیر وابسته غلظت عنصر آهن توسط متغیر مستقل طول کل ماهی تعریف می‌شود. میزان تجمع فلز آهن در بافت عضله ماهی رابطه معنی‌داری با عامل طول کل نداشت (P>۰/۰۵) (شکل ۳). از رابطه غلظت آهن و وزن کل ماهی معادله Y=۰/۰۰۰۲ X+۲۳/۷۱ و R^2=۰/۳۰ به‌دست آمد که دارای هم‌بستگی مثبت و ۳۰ درصد است به این معنی که ۳۰ درصد متغیر وابسته غلظت عنصر آهن توسط متغیر مستقل وزن کل ماهی تعریف می‌شود. میزان تجمع فلز آهن در بافت عضله ماهی رابطه معنی‌داری با عامل وزن کل نداشت (P>۰/۰۵) (شکل ۴). از رابطه غلظت آهن و سن ماهی معادله Y=۰/۵۸۵X+۲۲/۰۵ و R^2=۰/۵۵ به‌دست آمد که دارای هم‌بستگی مثبت و ۵۵ درصد است به این معنی که ۵۵ درصد متغیر وابسته غلظت عنصر آهن توسط متغیر مستقل سن ماهی تعریف می‌شود. میزان تجمع فلز آهن در بافت عضله ماهی رابطه معنی‌داری با عامل سن نداشت (P>۰/۰۵) (شکل ۵).



شکل ۳: ارتباط غلظت آهن در عضله با طول کل ماهی سوکلا (*Rachycentron canadum*) بنادر آبادان و بحرکان

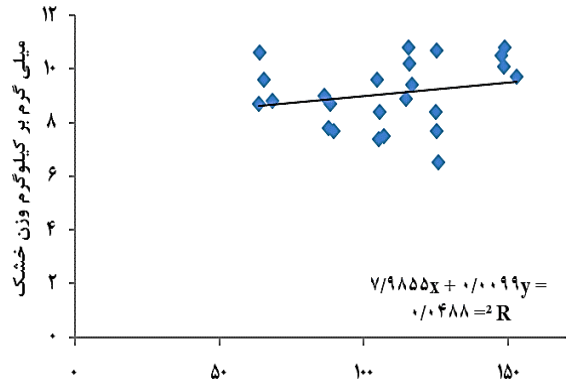


شکل ۴: ارتباط غلظت آهن در عضله با وزن ماهی سوکلا (*Rachycentron canadum*) بنادر آبادان و بحرکان

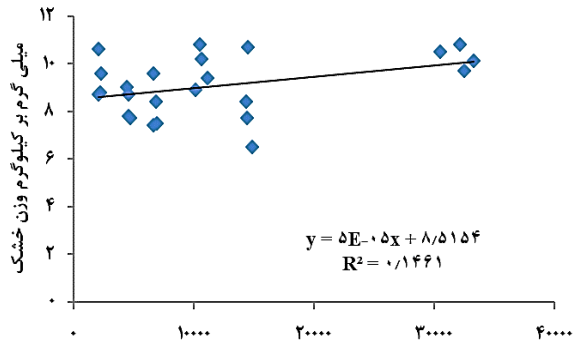


شکل ۵: ارتباط غلظت آهن در عضله با سن ماهی سوکلا (*Rachycentron canadum*) بنادر آبادان و بحرکان

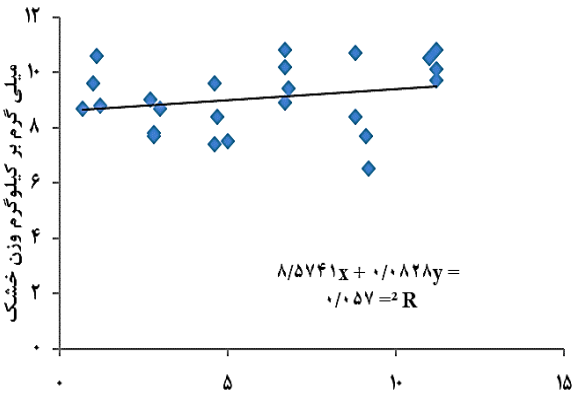
از رابطه غلظت روی و طول کل ماهی معادله Y=۰/۰۰۹X+۷/۹۸ و R^2=۰/۰۴ به‌دست آمد که دارای هم‌بستگی مثبت و ۴ درصد است به این معنی که ۴ درصد متغیر وابسته غلظت عنصر روی توسط متغیر مستقل طول کل ماهی تعریف می‌شود میزان تجمع فلز روی در بافت عضله ماهی رابطه معنی‌داری با عامل طول کل نداشت (P>۰/۰۵) (شکل ۶). از رابطه غلظت روی و وزن کل ماهی معادله Y=۵E-۰/۰۵X+۸/۵۱ و R^2=۰/۱۴ به‌دست آمد که دارای همبستگی مثبت و ۱۴ درصد است به این معنی که ۱۴ درصد متغیر وابسته غلظت عنصر روی توسط متغیر مستقل وزن کل ماهی تعریف می‌شود. میزان تجمع فلز روی در بافت عضله ماهی رابطه معنی‌داری با عامل وزن کل نداشت (P>۰/۰۵) (شکل ۷). از رابطه غلظت روی و سن ماهی معادله Y=۰/۸۲۸X+۸/۵۷ و R^2=۰/۰۵ به‌دست آمد که دارای همبستگی مثبت و ۵ درصد است به این معنی که ۵ درصد متغیر وابسته غلظت عنصر روی توسط متغیر مستقل سن ماهی تعریف می‌شود. میزان تجمع روی در بافت عضله ماهی رابطه معنی‌داری با عامل سن نداشت (P>۰/۰۵) (شکل ۸).



شکل ۶: ارتباط غلظت روی در عضله با طول کل ماهی سوکلا (*Rachycentron canadum*) بنادر آبادان و بحرکان



شکل ۷: ارتباط غلظت روی در عضله با وزن ماهی سوکلا (*Rachycentron canadum*) بنادر آبادان و بحرکان



شکل ۸: ارتباط غلظت روی در عضله با سن ماهی سوکلا (*Rachycentron canadum*) بنادر آبادان و بحرکان

بحث

در این تحقیق میزان فلز آهن ۲۵/۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک نمونه‌ها بود. بالاترین میزان تجمع آهن در عضله ماهی سوکلا مربوط به گروه طولی ۱۱۰-۱۰۲ سانتی‌متر(c)و پایین‌ترین میزان آهن در گروه طولی کم‌تر از ۷۵ سانتی‌متر(a) به‌دست آمد.در رابطه با غلظت فلز آهن بین گروه طولی کم‌تر از ۷۵ سانتی‌متر با گروه ۱۰۲-۷۵ سانتی‌متر و گروه طولی ۱۱۰-۱۰۲با گروه‌های ۱۲۳-۱۱۰، ۱۲۷-۱۲۳ و بیش‌تر از ۱۲۷ سانتی‌متر، هم‌چنین بین گروه طولی ۱۲۳-۱۱۰ با ۱۲۳-۱۲۷و بیش‌تر از ۱۲۷ سانتی‌متر و نیز بین گروه‌طولی ۱۲۷-۱۲۳ با گروه‌طولی‌بیش‌تر از ۱۲۷ سانتی‌متراختلاف‌معنی‌داری‌وجود نداشت (P>۰/۰۵). بین سایر گروه‌های طولی اختلاف معنی‌داری وجود داشت (P<۰/۰۵). درمورد فلز آهن با افزایش طول و سن ماهی سوکلا میزان تجمع‌افزایش نداشت و تجمع آهن روند نامنظمی داشت. آهن به‌عنوان جزیی از آنزیم‌ها و رنگدانه‌های تنفسی درگیر در اکسیداسیون بافتی

و برای انتقال اکسیژن و الکترون در بدن ضروری است (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱؛ جلالی‌جعفری و آقازاده‌مشگی، ۱۳۸۶). میزان آهن در عضله سپر ماهی چهارگوش (*Himantura gerrardi*) و گیش چشم درشت (*Selar crumenophthalmus*) آب‌های سواحل استان هرمزگان به‌ترتیب ۷۴/۷۸ و ۲۵/۰۷ میکروگرم بر گرم وزن خشک گزارش شده است (شهاب‌مقدم و همکاران، ۱۳۸۹). غلظت آهن در عضله ماهی بیاه(*Liza abu*) ۱۱/۸۱ میلی‌گرم در کیلوگرم (عسکری‌ساری و همکاران، ۱۳۸۹)، کفال خاکستری (*Mugil cephalus*) ۰/۰۳ میلی‌گرم در کیلوگرم (Ubalua و همکاران، ۲۰۰۷)، گربه‌ماهی ۸/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم (Olowu و همکاران، ۲۰۱۰) و در عضله میش ماهی (*Argyrosomus hololepidotus*) ۱۶/۵۴۱ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک گزارش شده است (بهمنی، ۱۳۹۲). فلزاتی نظیر آهن و منگنز در شرایط متفاوت محیطی از راه‌های مختلف جذب بدن ماهی می‌شوند. سطوح مختلف بدن ماهی که در تماس با محیط قرار دارند ممکن است محلی برای انتقال، رسوب و تجمع فلزات سنگین باشند، این سطوح شامل پوست، کبد، کلیه، استخوان، روده و آبشش است. مسیر جذب فلزات و مکانیسم انتقال آن‌ها به بدن ماهی به عوامل مختلفی وابسته است که شکل شیمیایی فلز (یونی یا نمک‌های آن‌ها) در تعیین این مسیر بسیار مهم است (جلالی‌جعفری و آقازاده‌مشگی، ۱۳۸۶؛ عسکری‌ساری و ولایت‌زاده، ۱۳۹۳). در این تحقیق میزان فلز روی ۹/۰۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک نمونه‌ها بود. بیش‌ترین و کم‌ترین میزان تجمع فلز روی در بافت عضله، به‌ترتیب مربوط به گروه طولی بیش‌تر از ۱۲۷ سانتی‌متر (f) و ۱۱۰-۱۰۲ (c) سانتی‌متر بوده است. در رابطه با غلظت فلز بین گروه‌های طولی اختلاف معنی‌داری بین گروه‌های طولی وجود نداشت (P>۰/۰۵). تجمع فلز روی هم مانند آهن با افزایش طول و سن ماهی ارتباطی نداشت. معمولاً بافت عضله دارای پایین‌ترین مقادیر فلزات سنگین در ماهیان می‌باشد (Al-Yousuf و همکاران، ۲۰۰۰). 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 مؤثر باشد. هم‌چنین نتایج برخی از مطالعات حاکی از آن است که در بافت عضله و کبد ماهیان پروتئین‌های متالوتیونین مسئول حذف و خنثی‌سازی عناصر سنگین و آثار سمی آن‌ها می‌باشند (Heath، ۱۹۸۷). هم‌چنین این فرضیه با درصد پایین چربی بافت ماهیان جوان مورد تایید قرار گرفته است (Shulman، ۱۹۷۴). به‌طورکلی در گونه‌های با سایز کوچک و متوسط، افزایش اندازه بدن و رشد ماهی اغلب تاثیر چندانی بر روی افزایش تجمع فلزات سنگین در بافت‌های ماهی ندارد (Hugett و همکاران، ۲۰۰۱).

در مطالعات متعددی میزان تجمع فلز روی در عضله ماهیان گزارش شده است (Jezierska و Witeska، ۲۰۰۱؛ Agah و همکاران، ۲۰۰۹). میزان روی در عضله ماهی هامور معمولی (*Epinephelus coiodes*) خورموسی (بندرماهشهر) به‌ترتیب ۲۶/۰۱ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است (عسکری‌ساری و همکاران، ۱۳۸۸). میزان روی در عضله سپر ماهی چهارگوش (*Himantura gerrardi*) و گیش چشم درشت (*Selar crumenophthalmus*) آب‌های سواحل استان هرمزگان به‌ترتیب ۸۷۵/۹۹ و ۲/۳۱ میکروگرم بر گرم وزن خشک گزارش شده است (شهاب‌مقدم و همکاران، ۱۳۸۹). در مطالعه‌ای غلظت روی در عضله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان و کپورپرورشی ۰/۳۷ و ۰/۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک گزارش شده است (عسکری ساری و ولایت‌زاده، ۱۳۹۰). میانگین غلظت روی در عضله میش ماهی (*Argyrosomus hololepidotus*) ۱۶/۵۴۱ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک گزارش شده است (بهمنی، ۱۳۹۲). علت اختلاف تجمع فلز روی در تحقیقات مختلف با توجه به شرایط اکولوژیک و زیستی و فعالیت‌های متابولیکی (Canli و Atli، ۲۰۰۳) متفاوت است و به محل زندگی، رفتار تغذیه‌ای (Laimanso و همکاران، ۱۹۹۹)، سطح غذا، سن، اندازه (Al-Yousuf و همکاران، ۲۰۰۰)، زمان ماندگاری فلزات سنگین و فعالیت‌های تنظیمی هموستازی بدن ماهی نیز بستگی دارد (عسکری‌ساری و ولایت‌زاده، ۱۳۹۳). هم‌چنین روش سنجش فلزات سنگین و دستگاه‌های جذب اتمی مختلف نیز در نتایج گزارش شده می‌تواند تأثیرگذار باشد.

میزان روی در عضله ماهی سوکلا در مقایسه با آستانه استانداردهای جهانی سازمان بهداشت جهانی (WHO)، وزارت کشاورزی ـ شیلات انگلستان (MAFF) و انجمن ملی بهداشت و سلامت استرالیا (NHMRC) (به‌ترتیب ۱۰۰۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) پایین‌تر بود. میزان آهن در عضله این ماهی از حد مجاز استاندارد سازمان غذا و داروی آمریکا (FDA) (۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) بالاتر به‌دست آمد.

در این تحقیق غلظت فلزات آهن و روی با فاکتورهای زیستی طول کل، وزن و سن این ماهی ارتباط معنی‌داری نداشت (P>۰/۰۵). میزان تجمع فلزات آهن و روی با افزایش طول بدن تاثیری بر تجمع این فلزات نداشت. مطالعات زیادی در زمینه رابطه بین تجمع فلزات و طول، سن و وزن ماهی صورت گرفته است (Storelli و همکاران، ۲۰۰۲؛ Licata و همکاران، ۲۰۰۵؛ Agah و همکاران، ۲۰۰۹؛ Bervoets و همکاران، ۲۰۰۹). میزان تجمع فلز آهن در هر شش گروه طولی بررسی شده بیش از فلز روی بود. هم‌چنین بیش‌ترین میزان تجمع فلزات سنگین در بافت عضلانی ماهی سوکلا در گروه طولی c مربوط به فلز آهن بود. آهن چهارمین عنصر فراوان در پوسته زمین است (عسکری‌ساری و ولایت‌زاده، ۱۳۹۳) که جزء عناصر

ضروری بدن ماهیان است و در آنزیم‌ها و رنگدانه‌های تنفسی درگیر در اکسیداسیون بافتی و برای انتقال اکسیژن و الکترون نقش مهمی دارد (جعفرزاده‌حقیقی و فرهنگ، ۱۳۸۵؛ جلالی‌جعفری و آقازاده مشگی، ۱۳۸۶). بیش‌تر تحقیقات در زمینه فلزات سنگین حاکی از آن‌است‌که میزان آهن در بین فلزات سنگین دارای بالاترین می‌باشد که با نتایج این تحقیق هماهنگی دارد (عسکری‌ساری و همکاران، ۱۳۸۹؛ ناصری و همکاران، ۱۳۸۴؛ شهاب‌مقدم و همکاران، ۱۳۸۹؛ Dural و همکاران، ۲۰۰۶؛ Turkmen و همکاران، ۲۰۰۹؛ Turkmen و همکاران، ۲۰۱۰). تحقیقات نشان داده که میان فلزات سنگین سرب، کادمیوم و روی با طول ماهی هامور معمولی ارتباط مثبت و معنی‌داری وجود ندارد (P>۰/۰۵)، هم‌چنین ارتباط معنی‌داری بین فلزات کادمیوم و روی با طول ماهی زمین‌کن دم نواری وجود ندارد (P>۰/۰۵)، اما بین فلز سرب با طول این گونه ارتباط معنی‌داری گزارش شده است (P<۰/۰۵) (کنعانی، ۱۳۹۰). هم‌چنین نتایج گزارش شده ناصری و همکاران (۱۳۸۴) بر روی گونه کفال پشت سبز، امینی رنجبر و ستوده‌نیا (۱۳۸۴) بر روی کفال طلایی نیز هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری در تجمع فلزات در بافت عضله با طول ماهیان را تایید می‌کند. از سوی دیگر نتایج تعدادی از مطالعات نشان داده که با افزایش وزن، طول و سن ماهیان میزان تجمع فلزات سنگین کاهش می‌یابد (امینی‌رنجبر و ستوده‌نیا، ۱۳۸۴؛ Canli و Atli، ۲۰۰۳؛ Farkas و همکاران، ۲۰۰۰) میزان فلزاتی که در متابولیسم ماهیان نقش‌دارند با افزایش سن کاهش می‌یابند. فعالیت‌های متابولیکی نقش مهمی‌در تجمع فلزات سنگین در اندام‌های‌مختلف ماهیان دارند ضمن آن‌که فعالیت‌های متابولیکی ماهیان با سن کم‌تر به‌مراتب بیش‌تر از ماهیان مسن‌تر می‌باشد. بنابراین تجمع فلزات در ماهیان جوان تر (با طول کم‌تر) بیش‌تر است (Canli و Atli، 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 به‌کاهش جذب عناصر در بافت‌های ماهی منجر خواهد شد (Rashed، ۲۰۰۱). دلیل دیگر این است که به‌دلیل کاهش جیره غذایی ماهی با افزایش سن آن میزان فلزات در بدن آن پایین‌تر بوده است (Farkas و همکاران، ۲۰۰۳). به‌طورکلی کاهش تجمع فلزات سنگین در بافت‌های مختلف ماهیان با افزایش طول نسبت مستقیم داشته و احتمالاً ناشی از کاهش سطح به حجم در نمونه‌های بزرگ‌تر است. موجودات آبزی کوچک‌تر در راه سوخت و ساز بیش‌تری در مقایسه با موجودات بزرگ‌تر بوده و فلزات سنگین را سریع‌تر جذب می‌کنند (عسکری‌ساری و ولایت‌زاده، ۱۳۹۳). در این تحقیق میزان تجمع روی و آهن در عضله ماهی سوکلا با افزایش سن روند صعودی نداشت و رابطه مستقیمی و مثبت مشاهده نشد. در عضله میش‌ماهی(*Argyrosomus hololepidotus*) نیز تجمع فلزات آهن و روی با افزایش سن روندی صعودی نداشت و نامنظم بود، به‌طوری‌که میزان فلزات آهن و روی در میش ماهیان کم‌تر از ۲ سال بالاتر از ماهیان ۱۰ -۸ ساله گزارش شده است (بهمنی، ۱۳۹۲) که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی دارد. سن، طول، وزن، جنسیت، عادت تغذیه‌ای، نیازهای اکولوژیک، غلظت فلزات سنگین در آب و رسوب، مدت‌زمان‌ماندگاری‌ماهی‌در محیط آبی، فصل صید و خواص شیمیایی آب (شوری، سختی، دما) از عوامل موثر در تجمع فلزات سنگین در اندام‌های مختلف ماهی می‌باشند (Demirak و همکاران، ۲۰۰۶). در تحقیقی بر روی ماهیان کپور یک‌ساله تا سه‌ساله میانگین میزان سرب در ماهیان یک‌ساله ۱۴۹/۹۶ میکروگرم در کیلوگرم بوده که در ماهیان سه‌ساله به ۱۶۷/۹۵ میکرو گرم در کیلوگرم افزایش یافته است. این مسئله در مورد کادمیوم نیز صادق است به‌طوری‌که میزان کادمیوم در ماهیان یک‌ساله 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 کادمیم درعضله 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 بافت‌های ماهیان‌ادامه‌می‌یابد(اسماعیلی‌ساری و همکاران، ۱۳۸۶؛ عسکری‌ساری و ولایت‌زاده، ۱۳۹۳). ناصری و همکاران (۱۳۸۴) با ارزیابی تجمع فلزات‌سنگین آهن، مس، روی، منیزیم، منگنز، جیوه، سرب و کادمیوم در بافت‌های خوراکی و غیرخوراکی ماهی کفال پشت سبز (*Liza dussumieri*) سواحل بوشهر نشان دادند که بین وزن و طول ماهیان در جذب و تجمع برخی عناصر سنگین اختلاف معنی‌داری مشاهده می‌گردد. سعیدپور و همکاران (۱۳۸۶) با بررسی میزان تجمع فلزات سنگین سرب و کادمیوم در بافت عضله دو گونه کفشک ماهی‌تیزدندان (*Psettodes erumei*) و گرد (*Euryglossa orientalis*) در سواحل بندر لنگه و بندر عباس نشان دادند که بین غلظت فلزات و انـدازه بـدن (طول و وزن) ارتباط معنی‌داری از لحاظ آماری نشان می‌دهد، بدین معنی که با افزایش طول و وزن بدن شدت آلودگی نیز افزایش می‌یابد. دادالهی‌سهراب‌و همکاران(۱۳۸۷)نشان‌دادند که رابطه خطی مستقیم بین میزان تجمع فلزات کادمیوم و سرب با طول و وزن کل در بافت عضله و آبشش ماهی شیربت (*Barbus grypus*) وجود دارد. در

مطالعه‌ای بر روی ماهی گل خورک (*Periophthalmus waltoni*) بنادر صیادی استان هرمزگان گزارش شده است که میزان تجمع غلظت فلز سرب با طول و وزن این گونه ارتباط مستقیم و هم‌بستگی معنی‌داری دارد، به‌طوری‌که با افزایش طول و وزن بدن ماهی گل خورک میزان عنصر سرب افزایش یافته است (کوسج و همکاران، ۱۳۹۲). با توجه به این‌که ماهی سوکلا رژیم غذایی گوشت‌خواری دارد (صادقی، ۱۳۸۰؛ ستاری و همکاران، ۱۳۸۲) می‌توان رابطه تجمع فلزات سنگین با افزایش طول و وزن بدن را با عادات غذایی این گونه نسبت داد. در مورد ماهی گل خورک در خلیج فارس نیز رژیم غذایی گوشت‌خواری و رابطه آن با افزایش طول و وزن بدن و افزایش تجمع فلز سرب تایید شده است (کوسج و همکاران، ۱۳۹۲). عوامل زیادی از جمله رژیم غذایی، زیستگاه، جنسیت، طول بدن، سن، و نوع بافت در توزیع فلزات بین بافت‌های مختلف موثر است (Farkas و همکاران، ۲۰۰۱؛ Farkas و همکاران، ۲۰۰۳؛ Agah و همکاران، ۲۰۰۹؛ Mendil و همکاران، ۲۰۱۰).

مطالعات متعددی نیز اثبات نموده‌اند که بین تجمع فلزات سنگین با فاکتورهای زیستی طول، وزن و سن در ماهیان ارتباط معنی‌داری وجود ندارد. میزان تجمع فلزات سنگین کادمیوم، سرب و روی در عضله با طول ماهی هامور معمولی (*Epinephelus coioides*) ارتباط معنی‌داری وجود ندارد. هم‌چنین درمورد ماهی زمین‌کن دم نواری (*Platycephalus indicus*) میزان کادمیوم و روی با طول این گونه همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده نشد (کنعانی، ۱۳۹۰). در تحقیقی بر روی ماهی خیاطه (*Alburnoides bipunctatus*) تجمع فلز روی در عضله این ماهی با طول، وزن و سن ارتباط معنی‌داری نداشت (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۱). مطالعه‌ای بر روی تاس‌ماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) نشان داد که بین تجمع فلزات سنگین نیکل و وانادیوم با طول این گونه همبستگی معنی‌داری وجود ندارد (رسولی و همکاران، ۱۳۹۲). مطالعات بر روی اردک ماهی (*Esox lucius*) نیز نشان داده که بین فلزات سرب، روی و مس با طول و وزن (ابراهیمی سیریزی و همکاران، ۱۳۹۱)، سرب با وزن بدن (Imanpour Namin و همکاران، ۲۰۱۱) هم‌بستگی معنی‌داری وجود ندارد. هم‌چنین بین غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیوم، کروم و نیکل در عضله دو گونه ماهی شورت (*Sillago sihama*) و زمین‌کن (*Platycephalus indicus*) با عوامل زیستی طول، وزن و سن هم‌بستگی منفی معنی‌داری گزارش شده است (محمدنبی‌زاده و پورخباز، ۱۳۹۲). همبستگی منفی بین فاکتورهای فیزیکی و میزان تجمع یک فلز به اثر رقیق‌سازی نسبی میزان چربی بافت‌ها مربوط می‌شود. این فرضیه هم‌چنین با درصد پایین چربی بافت ماهیان جوان مورد تأیید قرار گرفت (Shulman، ۱۹۷۴؛ Weatherley و Gill، ۱۹۸۷). این هم‌بستگی معکوس در مطالعه حاضر ممکن است به‌دلیل بالاتر بودن متابولیسم فعال در ماهیان جوان نسبت به ماهیان بالغ و مسن تر 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). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که فرضیه تجمع بالای عناصر در ماهیان بزرگ‌تر (طول و سن)، در این مطالعه صدق نمی‌کند.

منابع

۱. **ابراهیمی‌سیریزی، ز.؛ ساکی‌زاده، م.؛ اسماعیلی‌ساری، ع.؛ بهرامی‌فر، ن.؛ قاسمپوری، س.م. و عباسی، ک.، ۱۳۹۱.** بررسی فلزات سنگین کادمیوم، سرب، مس و روی در بافت عضله اردک ماهی تالاب بین‌المللی انزلی، انباشتگی و ارزیابی خطرات. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران. دوره ۲۲، شماره ۸۷، صفحات ۵۷ تا ۶۳.

۲. **اسماعیلی‌ساری، ع.، ۱۳۸۱.** آلاینده‌ها، بهداشت و استاندارد محیط زیست. انتشارات نقش مهر، چاپ اول، تهران. ۷۶۷ صفحه.

۳. **اسماعیلی‌ساری، ع.؛ نوری‌ساری، ح. و اسماعیلی‌ساری، ا.، ۱۳۸۶.** جیوه در محیط زیست. انتشارات بازرگان، چاپ اول، رشت. ۲۲۶ صفحه.

۴. **امینی‌رنجبر، غ. و ستوده‌نیا، ف.، ۱۳۸۴.** تجمع فلزات سنگین در بافت عضله ماهی کفال دریای خزر در ارتباط با برخی مشخصات بیومتریک (طول استاندارد، وزن، سن و جنسیت). مجله علمی شیلات ایران. سال ۱۴، شماره ۳، صفحات ۱ تا ۱۸.

۵. **بهمئی، ز.، ۱۳۹۲.** اندازه‌گیری مقادیر فلزات سنگین (آهن، روی و نیکل) در بافت عضلانی میش ماهی (*Argyrosomus hololepidotus*) در گروه‌های مختلف سنی در صید آب‌های شمال‌غربی خلیج فارس. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، گروه شیلات. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز.

۶. **جعفرزاده‌حقیقی، ن. و فرهنگ، م.، ۱۳۸۵.** آلودگی دریا (ترجمه). انتشارات آوای قلم، چاپ اول، تهران. ۳۹۳ صفحه.

۷. **جلالی‌جعفری، ب.، ۱۳۸۶.** بیماری‌های محیطی و تغذیه‌ای ماهیان. انتشارات پرتو واقعه دانش نگار، چاپ اول، تهران. ۴۱۶ صفحه.

۸. **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.

۹. **جهانگیری، م.؛ محمدی، غ. و ولایت‌زاده، م.، ۱۳۹۶.** اندازه‌گیری نیکل در عضله ماهی سوکلا (*Rachycentron Canadum*) در گروه‌های مختلف طولی در صید آب‌های شمال‌غربی خلیج فارس. نشریه فن آوری‌های نوین در توسعه آبزی‌پروری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد آزادشهر. سال ۱۱، شماره ۳، صفحات ۴۷ تا ۵۸.

۱۰. **حسین‌زاده، ص.؛ قلی‌نژاد، ز. و بزرگ‌نیا، ع.، ۱۳۹۱.** تجمع فلزات سنگین در بافت عضله ماهی خیاطه (*Alburnoides bipunctatus*) در ارتباط با برخی مشخصات بیومتریک (طول استاندارد، وزن، سن

و جنسیت). همایش ملی پژوهش‌های آبزیان و اکوسیستم‌های آبی، سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سوادکوه. ۱۱ صفحه.

۱۱. **دادالهی‌سهراب، ع.؛ نبوی، س.م.ب. و خیرور، ن.، ۱۳۸۷.** ارتباط برخی مشخصات زیست‌سنجی با تجمع فلزات سنگین در بافت عضله و آبشش ماهی شیربت در رودخانه اروند رود. مجله علمی شیلات ایران. سال ۱۷، شماره ۴، صفحات ۲۷ تا ۳۳.

۱۲. **رسولی، ث.؛ ریاحی‌بختیاری، ع.؛ عسکری‌ساری، ا. و حسینی الهاشمی، ا.، ۱۳۹۲.** میزان تجمع زیستی نیکل و وانادیوم در بافت‌های کبد و قلب تاس‌ماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) در سواحل جنوبی دریای خزر. مجله شیلات دانشگاه آزاد اسلامی واحد آزادشهر. سال ۷، شماره ۳، صفحات ۱۷ تا ۲۴.

۱۳. **رضوی‌شیرازی، ح.، ۱۳۸۶.** تکنولوژی فرآورده‌های دریایی (اصول نگه‌داری و عمل‌آوری جلد اول)، انتشارات پارس نگار، چاپ دوم، تهران. صفحه ۳۲۵.

۱۴. **رییسی، م.؛ انصاری، م. و رحیمی، ا.، ۱۳۸۸.** تعیین میزان سرب و کادمیوم در گوشت چهارگونه 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.

۱۵. **ستاری، م.؛ شاهسونی، د. و شفیعی، ش.، ۱۳۸۲.** ماهی شناسی ۲(سیستماتیک).انتشارات حق‌شناس، چاپ اول، تهران. ۵۰۲ صفحه.

۱۶. **سعیدپور، ب.؛ نبوی، س.م.ب.؛ صدیق مرتضوی، م. و خشنود، ر.، ۱۳۸۶.** مقایسه غلظت فلزات سرب و کادمیوم در بافت ماهیچه دو گونه از کفشک‌ماهیان سواحل استان هرمزگان. مجله پژوهش‌های علوم و فنون دریایی. سال ۲، شماره ۴، صفحات ۶۱ تا ۷۱.

۱۷. **شهاب‌مقدم، ف.؛ اسماعیلی‌ساری، ع.؛ ولی‌نسب، ت. و کریم آبادی، م.، ۱۳۸۹.** مقایسه تجمع فلزات سنگین در عضله سپرماهی چهارگوش و گیش چشم درشت خلیج فارس. مجله علمی شیلات ایران. سال ۱۹، شماره ۲، صفحات ۸۵ تا ۹۴.

۱۸. **صادقی، س.ن.، ۱۳۸۰.** ماهیان جنوب ایران (خلیج فارس و دریای عمان). انتشارات نقش مهر، چاپ اول، تهران. ۴۳۸ صفحه.

۱۹. **عسکری‌ساری، ا.؛ فرهنگ‌نیا، م. و بازترابی، م.، ۱۳۸۸.** اندازه‌گیری و مقایسه سرب، روی و مس در عضله و کبد هامور معمولی (*Epinephelus coiodes*). فصلنامه اکوبیولوژی تالاب. سال ۱، شماره ۲، صفحات ۱۰۱ تا ۱۰۶.

۲۰. **عسکری‌ساری، ا.؛ خدادادی، م.؛ کاظمیان، م.؛ ولایت‌زاده، م. و بهشتی، م.، ۱۳۸۹.** اندازه‌گیری و مقایسه فلزات سنگین (Zn، Mn، Cu، Fe) در ماهی بیاه (*Liza abu*) رودخانه‌های کارون و بهمنشیر استان خوزستان. مجله پژوهش‌های علوم و فنون دریایی. سال ۵، شماره ۱، صفحات ۶۱ تا ۷۰.

۲۱. **عسکری‌ساری، ا. و ولایت‌زاده، م.، ۱۳۹۰.** بررسی غلظت سرب و روی در بافت‌های کبد و عضله دو گونه ماهی پرورشی کپور معمولی و قزل‌آلای رنگین‌کمان، مجله دامپزشکی ایران. سال ۷، شماره ۱، صفحات ۳۰ تا ۳۵.

۲۲. **عسکری‌ساری، ا. و ولایت‌زاده، م.، ۱۳۹۳.** فلزات سنگین در آبزیان. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، چاپ اول. ۳۸۰ صفحه.

۲۳. **کنعانی، ر.، ۱۳۹۰.** تعیین و مقایسه میزان فلزات سنگین Zn, Cd, Pb در بافت‌های عضله، آبشش و امعاء و احشا دو گونه ماهی هامور معمولی (*Epinephelus coioides*) و زمین‌کن دم نواری (*Platycephalus indicus*) و رسوبات منطقه جزر و مدی خورموسی (خور ماهشهر). پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. گروه محیط زیست. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان.

۲۴. **کوسج، ن.؛ رحمانی، ع.؛ کامرانی، ا.؛ طاهری‌زاده، م.ر. و علی نیا، م.، ۱۳۹۲.** بررسی میزان ارتباط طول بدن با میزان تجمع سرب در ماهی گل خورک والتونی (*Periophthalmus waltoni*) در شمال خلیج فارس. فصلنامه اقیانوس شناسی. سال ۴، شماره ۱۵، صفحات ۱ تا ۹.

۲۵. **محمدنبی‌زاده، س. و پورخباز، ع.ر.، ۱۳۹۲.** ردیابی زیستی فلزات سنگین در بافت های ماهیان شورت و زمین کن در ذخیره گاه زیستکره حرا. فصلنامه دامپزشکی ایران. سال ۹۴، شماره ۱، صفحات ۶۴ تا ۷۵.

۲۶. **ناصری، م.؛ رضایی، م.؛ عابدی، ع. و افشارنادری، ا.، ۱۳۸۴.** سنجش مقادیر برخی عناصر سنگین (آهن، مس، روی، منیزیم، منگنز، جیوه، سرب و کادمیوم) در بافت‌های خوراکی و غیرخوراکی ماهی کفال پشت سبز (*Liza dussumieri*) سواحل بوشهر. مجله علوم دریایی ایران. سال ۴، شماره‌های ۳ و ۴، صفحات ۵۹ تا ۶۷.

۲۷. **Agah, H.; Leermakers, M.; Elskens, M.; Fatemi, S.M.R. and Baeyens, W., 2009.** Accumulation of trace metals in the muscle and liver tissues of five species from the Persian Gulf. Journal of Environmental Monitoring and Assessment. Vol. 157, pp: 499-514.

۲۸. **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. Sciences Total Environment. Vol. 256, pp: 87-94.

۲۹. **Benetti, D.D.; Alarcon J.F. and Stevens O.M., 2003.** Advances in hatchery and grow out technology of marine fish candidate species for offshore aquaculture in the Caribbean. Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute. Vol. 45, pp: 473-487.

۳۰. **Bervoets, L.; Van Campenhoutk, K.; Reynders, H.; Kanapen, D.; Covaki, A. and Blust, R., 2009.** Bioaccumulation of micropollutants and biomarker responses in caged carp (*Cyprinus carpio*). Ecotoxicology and Environmental Safety. Vol. 72, pp: 720-728.

۳۱. **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.

۳۲. **Demirak, A.; Yilmaz, F.; Tuna, A.L. and Zdemir, N., 2006.** Heavy metals in water, sediment and tissues of *Leuciscus cephalus* from a stream in southwestern Turkey. Journal of Chemosphere. Vol. 63, pp: 1451-1458.

۳۳. **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.

۳۴. **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.

۳۵. **Farkas, A.; Salanki, J.; Speczira, A. and Varanka, I., 2001.** Metal pollution as health indicator of lake ecosystems. International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health. Vol. 14, No. 2, pp: 163-170.

۳۶. **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. Vol. 37, No. 5, pp: 959-964.

۳۷. **Franks, J.S. and Brwon-Peterson, N.J., 2002.** A review of age, Growth and reproduction of Cobia, *Rachycentron canadum*, from U.S. waters of the Gulf of Mexico and Atlantic Ocean. Proceedings of the 53d annual Gulf and Caribbean Fisheries institute, Biloxi, Mississippi. pp: 553-569.

۳۸. **Froese, R. and Pauly, D., 2000.** Fish Base 2000: concepts, design and data sources. ICLARM, Los Banos, Laguna, Philippines. 344 p.

۳۹. **Ghaedi, M.; Shokrollahi, A.; Kianfar, A.H.; Pourfarokhi, A.; Khanjari, N.; Mirsadeghi, A.S. and Soylak, M., 2009.** Pre concentration and separation of trace amount of heavy metal ions on bis (2-hydroxy acetophenone) ethylendiimine loaded on activated carbon. Journal of Hazardous Materials. Vol. 162, pp: 1408-1414.

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

۴۱. **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. Vol. 42, pp: 923-929.

۴۲. **Imanpour Namin, J.; Mohammadi, M.; Heydari, S. and Monsef Rad, F., 2011.** Heavy metals Cu, Zn, Cd and Pb in tissue, liver of *Esox lucius* and sediment from the Anzali international lagoon- Iran. Caspian Journal Environmental Science. Vol. 9, No. 1, pp: 1-8.

۴۳. **Jezierska, B. and Witeska, M., 2001.** Metal Toxicity to Fish, University of Podlasie, Siedlce, Poland. Review Fish Biology Fishers. Vol. 11 No. 3, pp: 279.

۴۴. **Laimanso, R.Y.; Cheung, R.Y. and Chan, K.W., 1999.** Metal concentrations in the tissues of Rabbitfish (*Siganus oramin)* collected from Tolo Harbour and Victoria Harbour in Hong kong. Journal of Marine Pollution Bulletin. Vol. 39, pp: 234.

۴۵. **Licata, P.; Trombetta, D.; Cristani, M.; Naccari, C.; Martino, D.; Calo, M. and Naccari, F., 2005.** Heavy metals in liver and muscle of blue fin tuna (*Thunnus thynnus*) caught in Strait of Messina (sicily, Italy). Environmental Monitoring and Assessment. Vol. 107, pp: 239-248.

۴۶. **Mance, G., 1990.** Pollution threated of heavy metal in aquatic Environment, Elsvier applied science, London. 372 p.

۴۷. **Mendil, D.; Demirci, Z.; Tuzen, M. and Soylak, M., 2010.** Seasonal investigation of trace element contents in commercially valuable fish species from the Black sea, Turkey. Journal of Food and chemical Toxicology. Vol. 48, pp: 865-870.

۴۸. **MOOPAM. 1999.** Manual of oceanographic observations and pollutant analysis methods. ROPME. Kuwait. Vo1. 20.

۴۹. **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.

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

۵۱. **Salari Aliabadi, M.A.; Rezvani Gilkolaei, S.; Savari, A.; Zolgharnean, H. and Nabavi, S.M.B., 2008.** Microsatellite polymorphism in Iranian populations of cobia (*Rachycentron canadum* G) Biotechnology. Vol. 7, No.4, pp. 92-97.

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

۵۳. **Storelli, M.M., 2008.** Potential human health risks from metals (Hg, Cd, and Pb) and polychlorinated biphenyls (PCBs) via seafood consumption: Estimation of target hazard quotients (THQ.s) and toxic equivalents (TEQs*).* Food and Chemical Toxicology. Vol. 46, pp: 2782-2788

۵۴. **Stoskopf, M.K., 1993.** Fish medicine. WB. Saunders Co. London, England. 882 p.

۵۵. **Turkmen, M. and Ciminli, C., 2007.** Determination of metals in fish and mussel species Byinductively coupled plasma-atomic emission spectrometry. Food Chemistry. Vol. 103, pp: 670-675.

۵۶. **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.

۵۷. **Turkmen, A.; Turkmen, M.; Tepe, Y. and Cecik, M., 2010.** Metals in tissues of fish from Yelkoma Lagoon, northeastern Mediterranean. Environmental Monitoring and Assessment. Vol. 168, pp: 223-230.

۵۸. **Turner, J.P. and Rooker, J.R., 2005.** Effect of dietary fatty acids on the body of larval and juvenile cobia and prey. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. Vol. 322, pp: 13-27.

۵۹. **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.

۶۰. **Weatherley, A.H. and Gill, H.S., 1987.** The Biology of Fish Growth. Orlando, FL: Academic Press.