

اندازه‌گیری فلزات سنگین آهن و روی در عضله ماهی سوکلا (*Rachycentron canadum*) در گروه‌های مختلف طولی در صید آب‌های شمال غربی خلیج فارس

- معصومه جهانگیری*: گروه شیلات، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
- غلامحسین محمدی: پژوهشکده آبی‌پروری جنوب، موسسه 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 به منظور 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 شمال غربی خلیج فارس انجام شد. ۹۶ نمونه ماهی در ۶ گروه طولی تهیه شد. هضم شیمیایی نمونه‌ها به روش خشک و سنجش غلظت فلزات سنگین به روش جذب اتمی انجام گردید. اختلاف بین میانگین‌ها با کمک آزمون آماری آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) و ارتباط معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد تعیین شد. میانگین غلظت فلزات آهن و روی در بافت عضله ماهی سوکلا به ترتیب $25/50 \pm 2/78$ و $9/06 \pm 1/23$ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک بود ($P < 0/05$). بالاترین میزان تجمع فلز آهن در بین گروه‌های طولی مختلف متعلق به گروه ۱۱۰-۱۰۲ سانتی‌متر ($28/0 \pm 21/74$ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و بیش‌ترین مقدار روی متعلق به گروه طولی بزرگ‌تر از ۱۲۷ سانتی‌متر ($10/0 \pm 27/47$ 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 ($P > 0/05$). میزان روی در عضله ماهی سوکلا در مقایسه با آستانه استانداردهای جهانی سازمان بهداشت جهانی (WHO)، وزارت کشاورزی - شیلات انگلستان (MAFF) و انجمن ملی بهداشت و سلامت استرالیا (NHMRC) (به ترتیب ۱۰۰، 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 به دست آمد.

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



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 (Atli و Canli، ۲۰۰۳) و در سیستم‌های زیستی و زندگی انسان نقش مثبت و منفی مهمی دارند (Ghaedi و همکاران، ۲۰۰۹). زمانی که 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 همواستاتیک 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 توصیه شده است (جلالی جعفری، ۱۳۸۶). کمبود آهن در جیره غذایی ماهیان منجر به کاهش رشد، کاهش کارایی غذا، کاهش هموگلوبین و هماتوکریت، کاهش آهن پلاسما، ترانسفرین و تعداد گویچه‌های سرخ خون می‌گردد (جلالی جعفری 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 زبان ناشی از آلودگی از طریق صدمات مستقیم نظیر اختلال در عملکرد اکوسیستم‌های طبیعی صورت می‌گیرد. از انواع این آلاینده‌ها 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 مواد مغذی برای زندگی جانوران و گیاهان شناخته می‌شوند و بعضی از آن‌ها مثل مس، روی و کبالت به‌مقدار کم مورد نیاز می‌باشند، اما مقدار زیاد آن‌ها 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 به عناصر ضروری دارند 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 دم‌ناری (*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 فلزات سرب، روی و مس با طول و وزن اردک ماهی (*Esox lucius*) نیز گزارش شده است (ابراهیمی‌سیریزی و همکاران، ۱۳۹۱؛ Imanpour و 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، تخریب زیستگاه‌ها و بسترهای تخم‌ریزی به‌طور عمده‌ای کاهش یافته است (Bentti و همکاران، ۲۰۰۳؛ Salari و Aliabadi و همکاران، ۲۰۰۸). این ماهی یک‌گونه گوشت‌خوار است که معمولاً از پسماندهای غذایی و ضایعات سپرماهیان در کف دریاها و خلیج‌ها تغذیه می‌کند (Franks و Brown-Peterson، ۲۰۰۲؛ Turner و Rooker، ۲۰۰۵) به‌همین دلیل احتمال تجمع زیستی فلزات در اندام‌های ماهی سوکلا وجود دارد. فلزات روی و آهن جزء عناصر ضروری بدن ماهیان می‌باشند که در فعالیت‌های متابولیک و حیاتی نقش دارند، اما تجمع بالای این فلزات در بافت‌ها سبب بیماری‌زایی و مسمومیت ماهیان و انسان می‌شود (عسکری‌ساری و 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

اپتیمم کردن دستگاه جذب اتمی مدل Perkin Elmer 4100 منحنی کالیبراسیون این عناصر به کمک استانداردهای این عناصر و ماتریکس مودیفایر پلادیم توسط نرم افزار WinLab32 رسم گردید و مقدار این عناصر در محلول های آماده شده اندازه گیری گردید. در این تحقیق آزمایش ها به صورت کاملاً تصادفی (CRD=Completely Randomized Design) انجام شد. نتایج حاصل از این تحقیق با استفاده از نرم افزار SPSS20 و آزمون آماری آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA)، هم چنین آنالیز هم بستگی و رگرسیون (Regression) 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

نتایج حاصل از زیست سنجی ماهی سوکلا تهیه شده از اسکله صیادی بحرکان بندر هندیجان و آبادان در جدول ۱ نشان داده شده است. در این جدول میانگین طول کل، وزن کل ماهیان و سن به ترتیب بر حسب سانتی متر، گرم و سال محاسبه شده است. در جدول ۲ گروه های طولی و سنی ماهی سوکلا مشخص شده است و براساس آن ها کدگذاری شده اند.

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

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

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

گروه طولی (سانتی متر)	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 به ترتیب $2/78 \pm 0/50$ و $1/23 \pm 0/06$ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک نمونه ها بود. بیشترین میزان تجمع فلزات سنگین در بافت عضلانی ماهی سوکلا مربوط به فلز آهن و کمترین مقدار تجمع

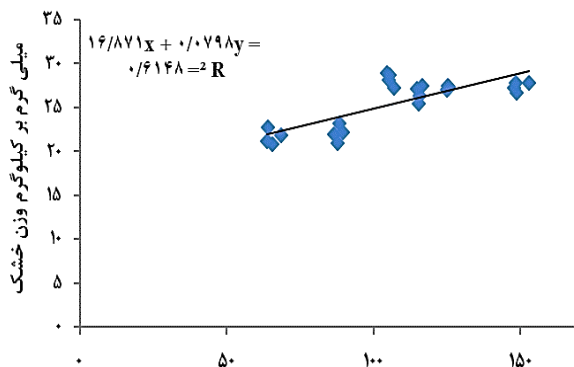
با طول کل، وزن کل و سن ماهی در آب های شمال غربی خلیج فارس انجام شد.

مواد و روش ها

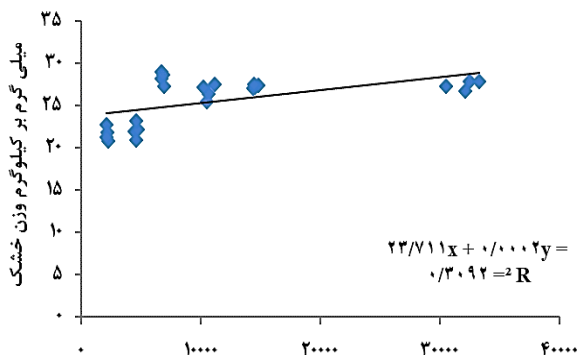
در فصل بهار تعداد ۹۶ نمونه ماهی از اسکله صیادی ثامن آبادان و بحرکان هندیجان در استان خوزستان تهیه شد. اسکله صیادی بحرکان بزرگترین اسکله صیادی ایران در ۱۳ کیلومتری جنوب شرقی شهر هندیجان واقع شده است که صیادان می توانند انواع ماهی و گونه های دریایی را صید کنند. اسکله صیادی ثامن در شهرستان آبادان در ۴۸ 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 می باشد که صید خود را در این اسکله تخلیه می کنند (جهانگیری و همکاران، ۱۳۹۶). پس از انتقال ماهیان به آزمایشگاه، نمونه ها کدگذاری و سپس زیست سنجی شدند توزین نمونه ها به وسیله ترازوی دیجیتالی با دقت ۱ گرم صورت گرفت، زیست سنجی نمونه ها نیز با یک خط کش ساده زیست سنجی انجام شد. پس از این مرحله جداسازی بافت عضله توسط تیغه ای از جنس استیل صورت گرفت. تعیین سن ماهی سوکلا با استفاده از سنگریزه های شنوایی (اتولیت) انجام شد. برای ماهی سوکلا (*Rachycentron canadum*) در ۶ گروه سنی >۱۰ و ۸-۱۰، ۶-۸، ۴-۶، ۲-۴، <۲ سال و گروه های طولی <۱۲۷، ۱۲۳-۱۲۷، ۱۱۰-۱۲۳، ۱۱۰-۱۰۲، ۷۵-۱۰۲، >۷۵ سانتی متر تعیین شد (Franks و Brown-Peterson، ۲۰۰۲). هر گروه سنی شامل ۱۶ عدد ماهی، به ۴ گروه ۴ تایی تقسیم و عضلات از قسمت های مختلف جداسازی شد، با یکدیگر مخلوط گردید و یک نمونه مرکب به دست آمد که تعداد نمونه های مرکب هر گروه سنی ۴ عدد شد (Moopam، ۱۹۹۹). بافت های به دست آمده پس از توزین در پتری دیش (شیشه ساعت) قرار گرفتند تا در مرحله بعد برای خشک کردن در آون قرار گیرد. 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 (Farkas و همکاران، ۲۰۰۰). جهت اندازه گیری عناصر مورد نظر ابتدا به ۱۰ میلی لیتر محلول هضم شده نمونه ها، ۵ میلی لیتر محلول آمونیوم پیرولیدین 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 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



از رابطه غلظت آهن و طول کل ماهی معادله $Y = 0.079X + 16/87$ و $R^2 = 0/61$ به دست 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 ($P > 0/05$) (شکل ۳). از رابطه غلظت آهن و وزن کل ماهی معادله $Y = 0/0002X + 23/71$ و $R^2 = 0/30$ به دست 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 ($P > 0/05$) (شکل ۴). از رابطه غلظت آهن و سن ماهی معادله $Y = 0/585X + 22/05$ و $R^2 = 0/55$ به دست 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 ($P > 0/05$) (شکل ۵).

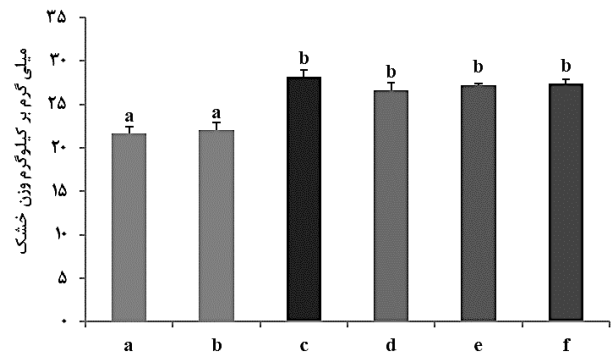


شکل ۳: ارتباط غلظت آهن در عضله با طول کل ماهی سوکلا (*Rachycentron canadum*) بنادر آبادان و بحرکان

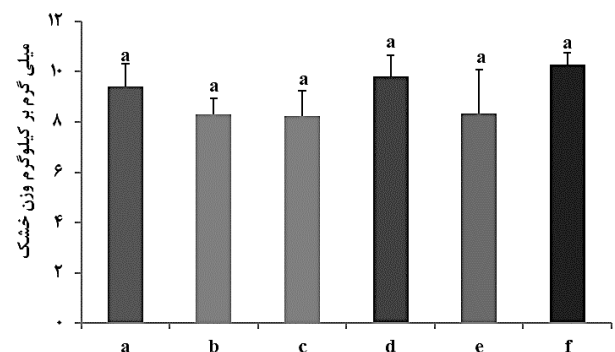


شکل ۴: ارتباط غلظت آهن در عضله با وزن ماهی سوکلا (*Rachycentron canadum*) بنادر آبادان و بحرکان

مربوط به فلز روی بود. براساس نتایج به دست آمده در این تحقیق غلظت آهن بالاتر از مقادیر روی در بافت عضله ماهی سوکلا به دست 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 ($P > 0/05$). بین سایر گروه‌های طولی اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P < 0/05$). 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، به ترتیب مربوط به گروه طولی f و c بوده است. اختلاف معنی‌داری بین گروه‌های طولی مختلف دیده نشد ($P > 0/05$). مقادیر اندازه‌گیری شده فلز روی به تفکیک گروه‌های طولی مختلف در بافت عضلانی ماهی سوکلا در شکل ۲ نشان داده شده است.

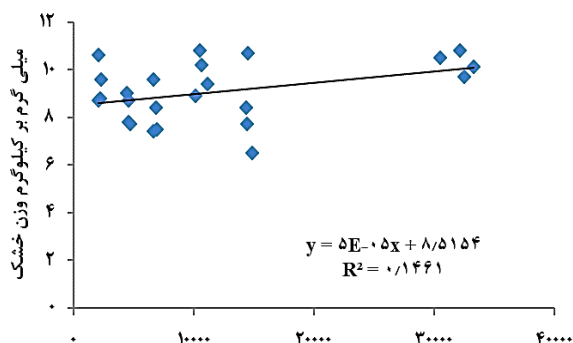


شکل ۱: مقایسه غلظت فلز آهن در بافت عضله ماهی سوکلا (*Rachycentron canadum*) بنادر آبادان و بحرکان به تفکیک گروه‌های طولی (حروف غیرهمنام اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد ($P < 0/05$))

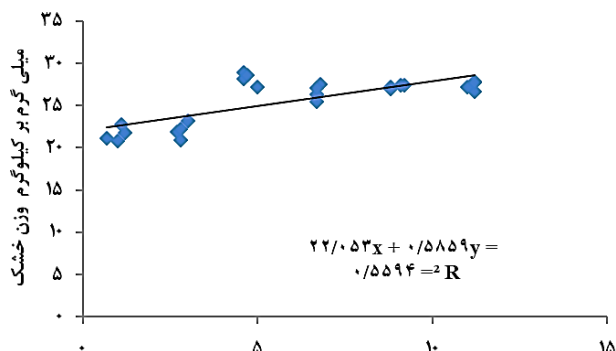


شکل ۲: مقایسه غلظت فلز روی در بافت عضله ماهی سوکلا (*Rachycentron canadum*) بنادر آبادان و بحرکان به تفکیک گروه‌های طولی (حروف غیرهمنام اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد ($P < 0/05$))

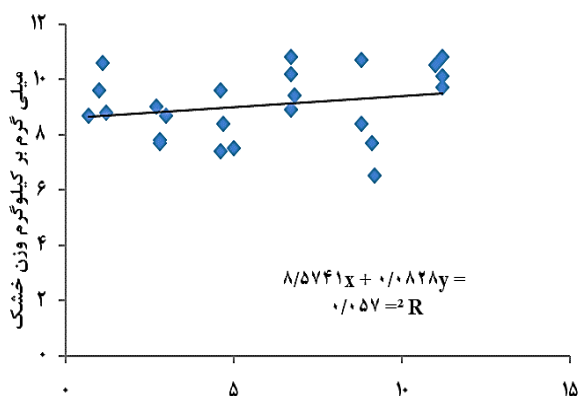




شکل ۷: ارتباط غلظت روی در عضله با وزن ماهی سوکلا (*Rachycentron canadum*) بنادر آبادان و بحرکان



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

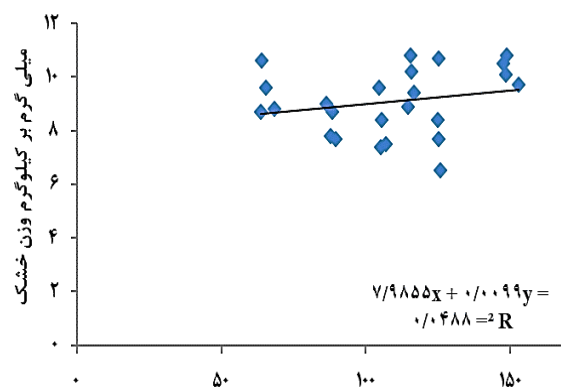


شکل ۸: ارتباط غلظت روی در عضله با سن ماهی سوکلا (*Rachycentron canadum*) بنادر آبادان و بحرکان

از رابطه غلظت روی و طول کل ماهی معادله $Y=0/009X+7/98$ و $R^2=0/04$ به دست 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 می شود میزان تجمع فلز روی در بافت عضله ماهی رابطه معنی داری با عامل طول کل نداشت ($P>0/05$) (شکل ۶). از رابطه غلظت روی و وزن کل ماهی معادله $Y=5E-05X+8/51$ و $R^2=0/14$ به دست 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 می شود. میزان تجمع فلز روی در بافت عضله ماهی رابطه معنی داری با عامل وزن کل نداشت ($P>0/05$) (شکل ۷). از رابطه غلظت روی و سن ماهی معادله $Y=0/128X+8/57$ و $R^2=0/05$ به دست 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 می شود. میزان تجمع روی در بافت عضله ماهی رابطه معنی داری با عامل سن نداشت (شکل ۸) ($P>0/05$).

بحث

در این تحقیق میزان فلز آهن ۲۵/۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک نمونه ها بود. بالاترین میزان تجمع آهن در عضله ماهی سوکلا مربوط به گروه طولی ۱۱۰-۱۰۲ سانتی متر (c) و پایین ترین میزان آهن در گروه طولی کم تر از ۷۵ سانتی متر (a) به دست آمد. در رابطه با غلظت فلز آهن بین گروه طولی کم تر از ۷۵ سانتی متر با گروه ۷۵-۱۰۲ سانتی متر و گروه طولی ۱۱۰-۱۰۲ با گروه های ۱۲۳-۱۲۷، ۱۱۰-۱۲۳ و بیش تر از ۱۲۷ سانتی متر، هم چنین بین گروه طولی ۱۱۰-۱۲۳ و ۱۲۳-۱۲۷ و بیش تر از ۱۲۷ سانتی متر و نیز بین گروه طولی ۱۲۳-۱۲۷ با گروه طولی بیش تر از ۱۲۷ سانتی متر اختلاف معنی داری وجود نداشت ($P>0/05$). بین سایر گروه های طولی اختلاف معنی داری وجود داشت ($P<0/05$). در مورد فلز آهن با افزایش طول و سن ماهی سوکلا میزان تجمع افزایش نداشت و تجمع آهن روند نامنظمی داشت. آهن به عنوان جزئی از آنزیم ها و رنگدانه های تنفسی درگیر در اکسیداسیون بافتی



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



در مطالعات متعددی میزان تجمع فلز روی در عضله ماهیان گزارش شده است (Witeska و Jezierska، ۲۰۰۱؛ Agah و همکاران، ۲۰۰۹). میزان روی در عضله ماهی هامور معمولی (*Epinephelus coiodes*) خورموسی (بندرماهشهر) به ترتیب 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 به ترتیب ۲/۳۱ و ۸۷۵/۹۹ 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 (عسکری‌ساری و ولایت‌زاده، ۱۳۹۰). میانگین غلظت روی در عضله 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 (Atli و Canli، 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 - شیلات انگلستان (MAFF) و انجمن ملی بهداشت و سلامت استرالیا (NHMRC) (به ترتیب 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 به دست آمد. در این تحقیق غلظت فلزات آهن و روی با فاکتورهای زیستی طول کل، وزن و سن این ماهی ارتباط معنی‌داری نداشت ($P > 0.05$). میزان تجمع فلزات آهن و روی با افزایش طول بدن تأثیری 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

و برای انتقال اکسیژن و الکترون در بدن ضروری است (اسماعیلی‌ساری، ۱۳۸۱؛ جلالی‌جعفری و آقازاده‌مشگی، ۱۳۸۶). میزان آهن در عضله سپر ماهی چهارگوش (*Himantura gerrardi*) و گیش چشم درشت (*Selar crumenophthalmus*) آب‌های سواحل استان هرمزگان به ترتیب ۲۵/۰۷ و ۷۴/۷۸ میکروگرم بر گرم وزن خشک گزارش شده است (شهاب‌مقدم و همکاران، ۱۳۸۹). غلظت آهن در عضله ماهی بیاہ (*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 کم‌ترین میزان تجمع فلز روی در بافت عضله، به ترتیب 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 ($P > 0.05$). تجمع فلز روی هم‌مانند 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 تأیید قرار گرفته است (Shulman، ۱۹۷۴). به‌طور کلی در گونه‌های با سایز کوچک و متوسط، افزایش اندازه بدن و رشد ماهی اغلب تأثیر چندانی بر روی افزایش تجمع فلزات سنگین در بافت‌های ماهی ندارد (Hugett و همکاران، ۲۰۰۱).



را سریع تر جذب می کنند (عسکری ساری و ولایت زاده، 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 میش ماهی (*Argyrosomus hololepidotus*) نیز تجمع فلزات آهن و روی با افزایش سن روندی صعودی نداشت و نامنظم بود، به طوری که میزان فلزات آهن و روی در میش ماهیان کم تر از ۲ سال بالاتر از ماهیان ۱۰-۸ ساله گزارش شده است (بهمنی، ۱۳۹۲) که با نتایج این تحقیق هم خوانی دارد. سن، طول، وزن، جنسیت، عادت تغذیه ای، نیازهای اکولوژیک، غلظت فلزات سنگین در آب و رسوب، مدت زمان ماندگاری ماهی در محیط آبی، فصل صید و خواص شیمیایی آب (شوری، سختی، دما) از عوامل موثر در تجمع فلزات سنگین در اندام های مختلف ماهی می باشند (Demirak و همکاران، ۲۰۰۶). 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 به طوری که 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 می رسد. رقیق سازی غلظت فلزات سنگین از بافت ها در طی رشد و یا کاهش فعالیت متابولیکی در طی افزایش سن انجام می شود. اگر غلظت فلزات در آب آن قدر زیاد باشد که ماهی نتواند با رقیق سازی و کاهش غلظت آن را رفع نماید، تجمع فلزات در بافت های ماهیان ادامه می یابد (اسماعیلی ساری و همکاران، ۱۳۸۶؛ عسکری ساری و ولایت زاده، ۱۳۹۳). ناصری و همکاران (۱۳۸۴) با ارزیابی تجمع فلزات سنگین آهن، مس، روی، منیزیم، منگنز، جیوه، سرب و کادمیوم در بافت های خوراکی و غیر خوراکی ماهی کفال پشت سبز (*Liza dussumieri*) سواحل بوشهر نشان دادند که بین وزن و طول ماهیان در جذب و تجمع برخی عناصر سنگین اختلاف معنی داری مشاهده می گردد. سعیدپور و همکاران (۱۳۸۶) با بررسی میزان تجمع فلزات سنگین سرب و کادمیوم در بافت عضله دو گونه کفشک ماهی تیز دندان (*Psettodes erumei*) و گرد (*Euryglossa orientalis*) در سواحل بندر لنگه و بندر عباس نشان دادند که بین غلظت فلزات و اندازه بدن (طول و وزن) ارتباط معنی داری از لحاظ آماری نشان می دهد، بدین معنی که با افزایش طول و وزن بدن شدت آلودگی نیز افزایش می یابد. دادالهی سهراب و همکاران (۱۳۸۷) نشان دادند 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

ضروری بدن ماهیان است و در آنزیم ها و رنگدانه های تنفسی درگیر در اکسیداسیون بافتی و برای انتقال اکسیژن و الکترون نقش مهمی دارد (جعفرزاده حقیقی و فرهنگ، ۱۳۸۵؛ جلالی جعفری و آقازاده مشگی، ۱۳۸۶). بیش تر تحقیقات در زمینه فلزات سنگین حاکی از آن است که میزان آهن در بین فلزات سنگین دارای بالاترین می باشد که با نتایج این تحقیق هماهنگی دارد (عسکری ساری و همکاران، ۱۳۸۹؛ ناصری و همکاران، ۱۳۸۴؛ شهاب مقدم و همکاران، ۲۰۰۹؛ Turkmen و همکاران، ۲۰۰۶؛ Turkmen و همکاران، ۲۰۰۹). تحقیقات نشان داده که میان فلزات سنگین سرب، کادمیوم و روی با طول ماهی هامور معمولی ارتباط مثبت و معنی داری وجود ندارد ($P > 0.05$)، هم چنین ارتباط معنی داری بین فلزات کادمیوم و روی با طول ماهی زمین کن دم نواری وجود ندارد ($P > 0.05$)، اما بین فلز سرب با طول این گونه ارتباط معنی داری گزارش شده است ($P < 0.05$) (کنعانی، ۱۳۹۰). هم چنین نتایج گزارش شده ناصری و همکاران (۱۳۸۴) بر روی گونه کفال پشت سبز، امینی رنجبر و ستوده نیا (۱۳۸۴) بر روی کفال طلایی نیز هم بستگی مثبت و معنی داری در تجمع فلزات در بافت عضله با طول ماهیان را تایید می کند. از سوی دیگر نتایج تعدادی از مطالعات نشان داده که با افزایش وزن، طول و سن ماهیان میزان تجمع فلزات سنگین کاهش می یابد (امینی رنجبر و ستوده نیا، ۱۳۸۴؛ Atli و Canli، ۲۰۰۳؛ Farkas و همکاران، ۲۰۰۰) میزان فلزاتی که در متابولیسم ماهیان نقش دارند با افزایش سن کاهش می یابند. فعالیت های متابولیکی نقش مهمی در تجمع فلزات سنگین در اندام های مختلف ماهیان دارند ضمن آن که فعالیت های متابولیکی ماهیان با سن کم تر به مراتب بیش تر از ماهیان مسن تر می باشد. بنابراین تجمع فلزات در ماهیان جوان تر (با طول کم تر) بیش تر 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 آن که یون های فلزات از طریق فلس های ماهی با آب تبادل داشته و احتمالاً به کاهش جذب عناصر در بافت های ماهی منجر خواهد شد (Rashed، ۲۰۰۱). دلیل دیگر این است که به دلیل کاهش جیره غذایی ماهی با افزایش سن آن میزان فلزات در بدن آن پایین تر بوده است (Farkas و همکاران، ۲۰۰۳). به طور کلی کاهش تجمع فلزات سنگین در بافت های مختلف ماهیان با افزایش طول نسبت مستقیم داشته و احتمالاً ناشی از کاهش سطح به حجم در نمونه های بزرگ تر است. موجودات آبی کوچک تر در راه سوخت و ساز بیش تری در مقایسه با موجودات بزرگ تر بوده و فلزات سنگین



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 (Atli و Canli، ۲۰۰۳). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که فرضیه تجمع بالای عناصر در ماهیان بزرگ‌تر (طول و سن)، در این مطالعه صدق نمی‌کند.

منابع

۱. ابراهیمی سیریزی، ز.؛ ساکی‌زاده، م.؛ اسماعیلی‌ساری، ع.؛ بهرامی‌فر، ن.؛ قاسمی‌پوری، 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 بیومتریکی (طول استاندارد، وزن، سن و جنسیت). مجله علمی شیلات ایران. سال ۱۴، شماره ۳، صفحات ۱ تا ۱۸.
۵. بهمنی، ز.، ۱۳۹۲. اندازه‌گیری مقادیر فلزات سنگین (آهن، روی و نیکل) در بافت عضلاتی میس ماهی (*Argyrosomus hololepidotus*) در گروه‌های مختلف سنی در صید آب‌های شمال غربی خلیج فارس. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، 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 شمال غربی خلیج فارس. نشریه فن آوری‌های نوین در توسعه آبی‌پرووری، 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 بیومتریکی (طول استاندارد، وزن، سن

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، به طوری که با افزایش طول و وزن بدن ماهی گل خورک میزان عنصر سرب افزایش یافته است (کوسج و همکاران، ۱۳۹۲). با توجه به این که 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 در مورد 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 اردک‌ماهی (*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 پورخبا، 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؛ Gill و Weatherley، ۱۹۸۷). این هم‌بستگی معکوس در مطالعه حاضر ممکن است به دلیل بالاتر بودن متابولیسم فعال در



- و جنسیت). همایش ملی پژوهش‌های آبریزان و اکوسیستم‌های آبی، سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سوادکوه. ۱۱ صفحه.
۱۱. داداله‌ی سهراب، ع.؛ نبوی، س.م.ب. و خیرور، ن.، ۱۳۸۷. ارتباط برخی مشخصات زیست‌سنجی با تجمع فلزات سنگین در بافت عضله و آبشش ماهی شیریت در رودخانه اروندرود. مجله علمی شیلات ایران. سال ۱۷، شماره ۴، صفحات ۲۷ تا ۳۳.
۱۲. رسولی، ث.؛ ریاحی‌بختیاری، ع.؛ عسکری‌ساری، ا. و حسینی‌الهاشمی، 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. ریسی، 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 کفکش‌ماهیان 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 کریم‌آبادی، 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 coioides*). 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، Fe، Cu، Mn) در ماهی بیه (*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 آبریزان. 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 علی‌نیا، م.، ۱۳۹۲. بررسی میزان ارتباط طول بدن با میزان تجمع سرب در ماهی گل‌خورک والتونی (*Periophthalmus waltoni*) در شمال خلیج فارس. فصلنامه اقیانوس‌شناسی. سال ۴، شماره ۱۵، صفحات ۱ تا ۹.
۲۵. محمدنبی‌زاده، س. و پورخباز، ع.ر.، ۱۳۹۲. ردیابی زیستی فلزات سنگین در بافت‌های ماهیان شورت و زمین‌کن در ذخیره‌گاه 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.; Elsken, M.; Fatemi, S.M.R. and Baeyens, W., 2009. Accumulation of trace metals in the muscle and liver tissues of five species in 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.



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 (THQs) 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.
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 Soylyak, 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. **Jeziarska, 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, Elsevier applied science, London. 372 p.
۴۷. **Mendil, D.; Demirci, Z.; Tuzen, M. and Soylyak, 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. Vol. 20.

