



مقایسه میزان جذب فلز سنگین کادمیم در ماهی فلس‌دار کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) و بدون فلس گربه‌ماهی پنگوسی راه‌راه (*Pangasius hypophthalmus*)

سیده زینب عابدی*، محمد کاظم خالصی و سهراب کوهستان اسکندری

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، گروه شیلات، ساری، ایران

مسئول مکاتبات: abedi10629@yahoo.com

چکیده

فلزات سنگین ناشی از توسعه صنعت و رهاسازی آنها در آب‌ها، در مقابل تجزیه مقاوم هستند و در ماهی به عنوان یکی از زنجیره‌های غذایی انسان تجمع می‌یابند. در این مطالعه، ماهی فلس‌دار کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) و بدون فلس گربه‌ماهی پنگوسی راه‌راه (*Pangasius hypophthalmus*) در معرض ۰/۱ غلظت کشنده فلز سنگین کادمیم قرار گرفتند تا غلظت‌های فلز در بافت‌های کبد، پوست، آبشش، عضله و فلس مقایسه شوند. پس از آماده‌سازی و هضم شیمیایی نمونه‌های ماهی، مقدار فلز سنگین کادمیم به وسیله دستگاه جذب اتمی (مدل ترمو) مورد بررسی و سنجش قرار گرفت. در ماهی کپور معمولی بیشترین میزان کادمیم در کبد و پس از آن در پوست، آبشش و فلس (به ترتیب ۵۳۸، ۹۸/۳، ۴۷/۷۲ و ۲۵/۹ میکروگرم بر کیلوگرم) و کمترین آن در عضله (۱۵/۹ میکروگرم بر کیلوگرم) یافت شد. در گربه‌ماهی، بیشترین میزان کادمیم در کبد و پس از آن در عضله و آبشش (به ترتیب ۱۹۵/۵، ۱۰۷، ۵۲/۳ میکروگرم در کیلوگرم) و کمترین آن در پوست (۵/۹۳ میکروگرم در کیلوگرم) تجمع یافت. نتایج این بررسی نشان می‌دهند که پوست فلس - دار ماهی کپور معمولی نسبت به پوست بدون فلس گربه‌ماهی پنگوسی راه‌راه، با جذب قابل ملاحظه فلز سنگین و کمترین انباشتگی آن در عضلات، لایه حفاظتی مؤثری را در برابر مواد شیمیایی زیست‌محیطی فراهم می‌کند.

کلمات کلیدی: کادمیم، کپور معمولی، گربه‌ماهی راه‌راه (پنگوسی)، فلس

مقدمه

در میان گونه‌های مختلف حیوانات، ماهیان موجوداتی هستند که نمی‌توانند از تأثیرات مخرب آلودگی با فلزات سنگین فرار کنند [۱۶، ۱۹، ۴۱]. فلزات سنگین از جمله آلاینده‌هایی هستند که به مرور زمان در بافت‌های بدن موجودات زنده تجمع می‌کنند و با بالا رفتن غلظت آنها از حد مجاز باعث بروز اثرات زیستی مزمن و حاد در بدن و تهدید حیات آبریان می‌شوند [۱، ۴، ۳۴، ۴۶]. جذب فلزات سنگین از محیط محلول در بیشتر حیوانات از طریق انتشار صورت می‌گیرد [۱۲]. میزان جذب و تجمع عناصر سنگین در آبریان به ویژه در ماهیان تابعی از شرایط مانند نوع عنصر و جاندار آبری و فیزیولوژی بدن جاندار می‌باشد [۲۷، ۳۱، ۴۳، ۵۲]. فلزات سنگین در پساب صنایع مختلف وجود دارند و به علت عدم تجزیه بیولوژیکی در سیستم‌های اکولوژیکی و بروز اثرات تخریبی لازم است توجه

خاصی به آنها گردد [۱۳]. از میان فلزات سنگینی که در آب‌های طبیعی یافت می‌شوند اهمیت سرب، کادمیم و جیوه از نظر امکان بروز تلفات در ماهیان از بقیه عناصر بیشتر است [۱۵]. کادمیم در صنایع مختلفی مانند صنایع باتری‌سازی، رنگ‌سازی، تهیه آلیاژهای فلزی و ... استفاده می‌شود. علاوه بر آن، کادمیم به عنوان یک آلوده‌کننده در بعضی از کودهای شیمیایی از جمله کودهای فسفاته وجود دارد [۳۲]. فلزات سنگین اندام هدف خود را بر اساس میزان فعالیت متابولیک آن انتخاب می‌کنند. این نکته، علت تجمع بیشتر فلزات در بافت‌هایی نظیر کبد، کلیه و آبشش را در مقایسه با بافت عضله (با فعالیت متابولیک پایین) تفسیر می‌نماید [۲۵]. همچنین تفاوت نیازهای اکولوژیک، فعالیت‌های متابولیک ماهیان و نوسانات در آلودگی آب، غذا و رسوبات می‌توانند از دیگر عوامل مهم تلقی شوند [۱،



[۲۱]. آبشش به دلیل نقش آن در تنفس و تعادل اسمزی، کبد به دلیل این که عضو اصلی در سوخت و ساز بدن است، و عضله به علت نقش مهمی که در تغذیه انسان دارد و لزوم اطمینان از سلامت آن جهت مصرف، از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشند. پوست ماهی طبیعت مرطوب و ساختار غیرکراتینی دارد لذا می‌تواند کاملاً حساس و نسبت به مواد شیمیایی آبرانده و استرس‌های فیزیکی نفوذپذیر باشد. به هر حال، پوست یک اندام هدف اولیه در محیط‌های آبی برای ماهیان محسوب می‌شود و به عنوان مکانی جهت جذب و تجمع عناصر سنگین از آب های آلوده بکار می‌رود [۳۳]. همچنین از این جهت که پوست معمولاً همراه با عضله مورد مصرف قرار می‌گیرد، حائز اهمیت می‌باشد. بافت کبد و آبشش شاخص‌های خوبی از لحاظ در معرض قرار گرفتن طولانی مدت با فلزات سنگین محسوب می‌گردند؛ از آنجا که این بافت‌ها جایگاه متابولیسم فلزات هستند، می‌توانند نشانگر خوبی برای آلودگی آب بر اثر فلزات سنگین باشند [۲۵]. کبد ماهی نسبت به آلاینده‌های محیطی بسیار حساس است، چرا که بسیاری از آلاینده‌ها تمایل به تجمع در کبد دارند و میزان تجمع آنها در کبد نسبت به محیط و سایر اندام‌ها بیشتر می‌باشد [۲۸]. علاوه بر آن، کبد در بدن نقش سیستم تصفیه را دارد و وظیفه آن دفع سموم از بدن می‌باشد [۳۵]. لذا با مصرف آبزیانی که در معرض این فلزات زندگی می‌کنند، انسان مبتلا به انواع بیماری‌های شناخته‌شده و یا ناشناخته و طیف گسترده‌ای از عوارض و اختلالات در تمامی ارگان‌ها از جمله سرطان‌زایی می‌شود [۳]. ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) یکی از مهمترین گونه‌های پرورشی به حساب می‌آید که با ایجاد شرایط مطلوب یا بهینه پرورش و آگاهی از عواقب شدید زیست-محیطی فلزات سنگینی مثل کادمیم می‌توان به بهبود پرورش این گونه ارزشمند کمک کرد.

گره‌ماهی بدون فلس پنگوسی راه‌راه (*Pangasius hypophthalmus*) بومی رودخانه مکونگ (جنوب شرقی آسیا) و به عنوان گونه اصلی برای اهداف تحقیقاتی آبی‌پروری در خارج از مناطق گرمسیری جنوب شرق آسیا می‌باشد، و قابلیت موفقیت آمیز پرورش آن در مناطق گرمسیری غرب مورد توجه قرار گرفته است؛ با این وجود، دانش کمی در باره زیست-شناسی، بوم‌شناسی و فیزیولوژی این گونه موجود است [۲۹، ۳۰]. هر دو گونه این ماهیان در آبی‌پروری مورد توجه هستند و در بازارهای غذای دریایی جهان جایگاه تجاری دارند. هر چند که ماهیان به عنوان منابع پروتئین با کیفیت بالا و غذای سلامتی در جیره انسان مطرح هستند، در این میان ماهیان بدون فلس بر اساس موازین شرع اسلام (و نیز یهود) حرام و همه ماهیان دارای پولک (فلس) حلال شمرده شده‌اند. صرف‌نظر از فلسه خاص این مسئله و حکم آن، اگرچه نمی‌توان به فلسه قطعی این حکم پی برد ولی می‌توان ماهیان فلس‌دار و بدون فلس را از جهات مختلف بررسی کرد و به نتایج مقایسه‌ای از نظر نقش بودن یا نبودن فلس در ماهیان از جنبه‌های مختلف دست یافت. برخی شواهد نشان داده‌اند که عواملی مانند ضخامت پوست و پوشش فلس از عوامل تعیین‌کننده میزان جذب سم و فلزات سنگین در بدن ماهی از راه پوست می‌باشند [۱۴، ۱۷، ۴۲، ۴۵]. با اینکه تحقیقات زیادی بر روی آلودگی آبزیان به فلزات سنگین انجام شده است اما به نظر می‌رسد در مورد بررسی مقایسه میزان جذب عناصر سنگین در ماهی فلس‌دار کپور معمولی و بدون فلس گره‌ماهی پنگوسی در شرایط آزمایشگاهی مطالعاتی صورت نگرفته است. بنابراین، هدف از این مطالعه، بررسی مقایسه‌ای میزان جذب فلز سنگین کادمیم در ماهی فلس‌دار کپور معمولی (*C. carpio*) و بدون فلس گره‌ماهی پنگوسی راه‌راه (*P. hypophthalmus*) می‌باشد. در این بررسی سعی شد با قرار دادن هر دو نوع ماهی در تماس با فلز



می‌شود. در ابتدای آزمایش میزان ۰/۱ غلظت کشنده فلز کادمیم به تیمارهای مربوطه اضافه شد. ماهیان در طول آزمایش گرسنه نگه داشته شدند. در ماهیان هر تیمار، اندام‌های جداگانه (کبد، عضله، آبشش، پوست و فلس) با استفاده از روش FAO تشریح شدند [۲۲]. نمونه‌برداری از نمونه‌ها و شاهد در روزهای ۷ و ۱۵ انجام شد. پس از زیست‌سنجی (اندازه‌گیری طول و وزن)، جداسازی بافت‌ها از نمونه‌های هر گروه انجام، و هر یک از بافت‌ها شامل: کبد، عضله، آبشش، پوست و فلس در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد برای مدت ۴۸ ساعت خشک شدند. برای هضم شیمیایی نمونه‌ها، یک گرم از نمونه‌های خشک و هموژنیزه شده کبد، عضله، آبشش، پوست و فلس به طور جداگانه توزین و به هر یک ۵ میلی‌لیتر اسیدنیتریک و ۱ میلی‌لیتر اسید پرکلریدریک اضافه گردید. سپس نمونه‌ها در حمام آب گرم ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد برای مدت ۷۵ دقیقه قرار گرفتند [۴۴]. پس از آن، کلیه نمونه‌ها با آب مقطر به حجم ۲۰ میلی‌لیتر رسیدند و با عبور از کاغذ صافی واتمن ۴۲ در ظروف مخصوص جهت اندازه‌گیری با دستگاه جذب اتمی نگهداری شدند. جهت سنجش میزان عناصر سنگین در کلیه نمونه‌ها از دستگاه جذب اتمی مدل ترمو استفاده شد [۳۷].

تجزیه و تحلیل آماری: طرح کلی این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها در نرم‌افزار SPSS 16، با استفاده از آنالیز واریانس یکطرفه (One-way ANOVA)، رسم نمودارها در نرم‌افزار Excel و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ صورت گرفت. نتایج به صورت میانگین \pm انحراف معیار بیان شد.

نتایج

میزان تجمع فلز سنگین کادمیم در اندام‌های کبد، آبشش، پوست، عضله و فلس در گروه شاهد هر یک از ماهی‌ها

سنگین کادمیم، ابتدا غلظت کشنده (LC₅₀) برای هر ماهی تعیین و سپس غلظت این فلز در بافت‌های کبد، عضله، آبشش، پوست و فلس (ماهی کپور) اندازه‌گیری و مقایسه شوند.

مواد و روش کار

تعداد ۱۰۰ ماهی کپور معمولی با وزن ۲۰ تا ۴۰ گرم و ۱۰۰ گربه‌ماهی پنگوسی راه راه ۲۰ تا ۴۰ گرمی از منابع فروش خریداری شدند. سپس ماهیان به سالن آکواریوم گروه شیلات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انتقال داده شدند. پس از اضافه کردن ماهی‌ها به تانک و سازگار شدن آنها به محیط جدید (یک هفته)، نمونه‌ها از مخزن نگهداری ماهی توسط تور دستی با احتیاط صید و پس از توزین، به هر تانک ۱۵ عدد ماهی در سه تکرار افزوده شد. هر تانک یا آکواریوم به هواده مجهز، و در طول آزمایش، تعویض آب و سیفون انجام نگرفت. میزان سختی کل (TDS) و شوری (EC)، pH، اکسیژن محلول و درجه حرارت نیز بطور روزانه اندازه‌گیری و ثبت گردید (جدول ۱). کلرید کادمیم از شرکت BDH تهیه شده و به عنوان سم فلزی در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفت. ابتدا غلظت کشنده فلز کادمیم در ماهیان کپور معمولی و گربه‌ماهی راه‌راه با استفاده از برنامه پروبیت (Finney's Probit Analysis, SPSS, 16) محاسبه شد. میانگین غلظت کشنده برای ماهی کپور 84 mg L^{-1} و برای گربه‌ماهی $64/89 \text{ mg L}^{-1}$ محاسبه شد [۷]. با توجه به اینکه مقایسه باید در شرایط یکسان صورت می‌گرفت و هدف، بررسی تأثیر غلظت تحت کشنده (۰/۱) غلظت کشنده بود، مقدار بیشتر عدد غلظت کشنده مربوط به ماهی کپور در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است که حداکثر غلظت مجاز سمیت (MATC) از تقسیم LC₅₀ بر عدد ۱۰ حاصل می‌گردد [۲۶]. با توجه به نتایج Bahmre [۱۰]، ۱۰٪ غلظت کشنده به عنوان دوز تحت کشنده در نظر گرفته



اندازه گیری شد. سپس تجمع این فلزات در وسط (روز ۷) و انتهای دوره (روز ۱۵) اندازه گیری شد (جدول ۲). نتایج حاصل از اندازه گیری غلظت فلز سنگین کادمیم در بافت‌های عضله، آبشش، کبد، پوست و فلس در ماهی کپور معمولی و گریه ماهی پنگوسی راه‌راه در نمودارهای ۱ تا ۴ نشان داده شده‌اند. در ماهی کپور معمولی، بیشترین میزان کادمیم در کبد و پس از آن در پوست، آبشش و فلس (به ترتیب ۵۳۸، ۹۸/۳، ۴۷/۷۲ و ۲۵/۹ میکرو گرم در کیلوگرم) و کمترین آن در عضله (۱۵/۹ میکروگرم در کیلوگرم) یافت گردید در حالی که در گریه ماهی، بیشترین میزان کادمیم در کبد و پس از آن در عضله و آبشش (به ترتیب ۱۹۵/۵، ۱۰۷، و ۵۲/۳ میکرو گرم در کیلوگرم) و کمترین آن در پوست (۵/۹۳ میکرو گرم در کیلوگرم) تجمع کرد.

در روز ۷ نمونه برداری، تجمع کادمیم در اندام‌ها به ترتیب در ماهی کپور: کبد < پوست < عضله < فلس < آبشش، و در گریه ماهی پنگوسی: کبد < آبشش < عضله < پوست تعیین شد. تجمع کادمیم در روز ۱۵ نمونه برداری در اندام‌ها به ترتیب در ماهی کپور: کبد < پوست < آبشش < فلس < عضله، و در گریه ماهی پنگوسی: کبد < عضله < آبشش < پوست بود. نتایج آزمون آنالیز واریانس یکطرفه، مقایسه میانگین‌های مقدار فلز سنگین کادمیم در بافت کبد، اختلاف معنی‌داری را بین تیمارها در روزهای ۷ و ۱۵ نمونه برداری نشان داد ($P < 0.05$). همچنین تجمع کادمیم در کبد کپور در تیمار تحت کشنده این فلز بیشتر از کبد گریه ماهی در تیمار تحت کشنده کادمیم بود. (جدول ۲).

مقایسه میانگین‌ها در بافت پوست در روز ۱۵ نمونه برداری، اختلاف معنی‌داری را بین تیمارهای گریه ماهی شاهد، گریه ماهی در تیمار تحت کشنده کادمیم و ماهی شاهد کپور نشان نداد ($P < 0.05$)، در حالی که ماهی کپور در تیمار تحت کشنده اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت ($P < 0.05$) که میزان تجمع در این تیمار بالاترین مقدار بود (جدول ۲). در مقایسه میانگین‌های

مقدار فلز سنگین کادمیم در بافت آبشش، اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای شاهد کپور و شاهد گریه ماهی وجود نداشت ($P > 0.05$)، در حالی که ماهی کپور و گریه ماهی راه‌راه در تیمار تحت کشنده کادمیم تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها داشتند ($P < 0.05$). بیشترین تجمع کادمیم در آبشش گریه ماهی راه‌راه در تیمار تحت کشنده این فلز بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های مقدار فلز سنگین کادمیم در بافت عضله در روز ۱۵ نمونه برداری، اختلاف معنی‌داری را بین تیمارهای شاهد کپور، شاهد گریه ماهی راه‌راه بدست نداد ($P > 0.05$)، در حالی که ماهی کپور و گریه ماهی راه‌راه در تیمار تحت کشنده کادمیم تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها داشتند ($P < 0.05$). در بافت عضله، مقایسه میانگین‌ها در روز ۷ نمونه برداری اختلاف معنی‌داری را بین تیمارهای شاهد گریه ماهی و کپور نشان نداد ($P > 0.05$). همچنین بین تیمار ماهی کپور و گریه ماهی در تیمار تحت کشنده کادمیم با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($P < 0.05$). بیشترین تجمع فلز کادمیم در عضله گریه ماهی راه‌راه در تیمار تحت کشنده این فلز برآورد (جدول ۲). در ارتباط با فلس، بررسی میزان تجمع فلز کادمیم در ماهی کپور بیانگر افزایش معنی‌داری ($P < 0.05$) در تیمار در معرض غلظت تحت کشنده کادمیم نسبت به تیمار شاهد نشان داد (جدول ۲).

در مقایسه میزان تجمع کادمیم در اندام‌های مورد آزمایش ماهی کپور در روزهای ۷ و ۱۵ (جدول ۳)، مقایسه میزان تجمع فلز کادمیم در بافت‌های مورد آزمایش در روزهای ۷ و ۱۵ با آزمون T-test انجام گرفت. هدف از مقایسه بین میزان تغییرات انباشتگی فلزات در روزهای ۷ و ۱۵، مشاهده نقش فلس (ماهی کپور) در جذب نسبی فلزات سنگین جهت جلوگیری از انباشتگی زیاد و خسارت به سایر بافت‌های بدن (به ویژه عضله) می‌باشد. در ماهی کپور معمولی، بافت‌های کبد، پوست و آبشش و عضله در روزهای ۷ و ۱۵ اختلاف معنی‌داری از نظر موجودی کادمیم نشان دادند

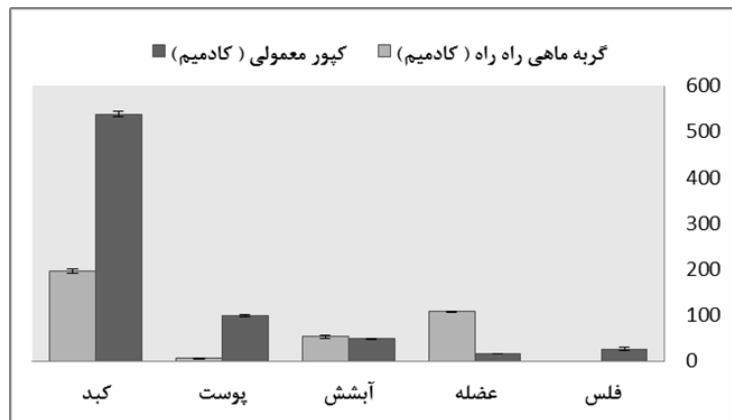


فلس) حدود ۱/۹۴ برابر مقدار کل کادمیم در گربه‌ماهی برآورد شد (جدول ۳).

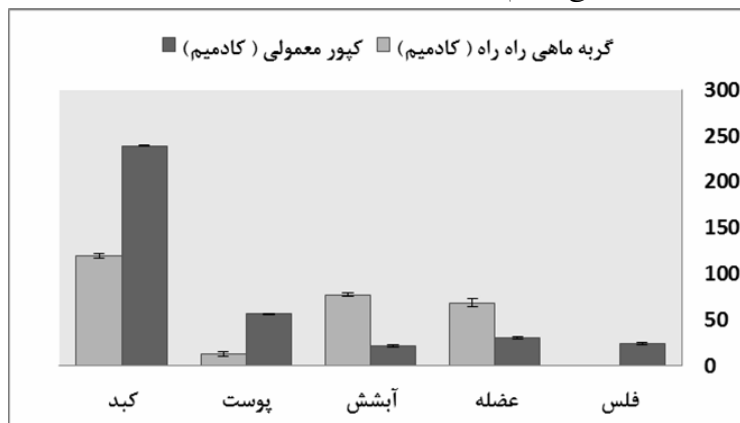
جدول ۱- ویژگی‌های کیفی آب در آکواریوم‌های ماهیان مورد آزمایش

پارامتر	مقدار
سختی کل	60 mg L^{-1}
اکسیژن محلول	$5-6 \text{ mg L}^{-1}$
pH	۶/۷۵
هدایت الکتریکی	۱ ds/m
دما	$25 \pm 1^\circ \text{C}$
تناوب نوری	۱۲ h dark: ۱۲ h light

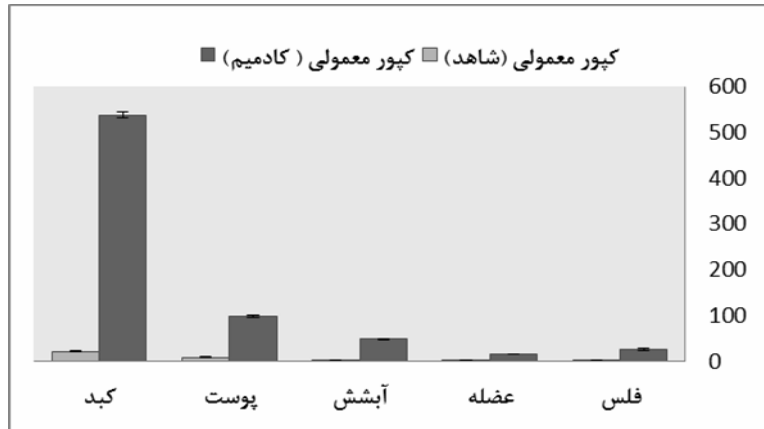
($P < 0.05$) که مقدار آن در کبد، پوست و آبشش در روز ۱۵ بیشتر از روز ۷ بود. در عضله، میزان تجمع در روز ۷ بیشتر از روز ۱۵ مشاهده شد. در فلس ماهی کپور، اختلاف معنی‌داری از لحاظ تراکم کادمیم در روزهای ۷ و ۱۵ مشهود نبود. در گربه‌ماهی راه‌راه، مقایسه میزان تجمع کادمیم در بافت‌های کبد، پوست، آبشش و عضله در روزهای ۷ و ۱۵ اختلاف معنی‌داری را نشان داد ($P < 0.05$) که میزان تجمع در عضله و کبد در روز ۱۵ بیشتر از روز ۷ بود. این انباشتگی در پوست و آبشش در روز ۱۵ نسبت به روز ۷ روند کاهشی داشت. مجموع کادمیم انباشته شده در کلیه بافت‌های مورد مطالعه ماهی کپور (بدون احتساب



شکل ۱- مقایسه میزان تجمع کادمیم ($\mu\text{g/g.dw}$) در ماهی کپور معمولی و گربه‌ماهی راه‌راه (روز ۱۵)



شکل ۲- مقایسه میزان تجمع کادمیم ($\mu\text{g/g.dw}$) در ماهی کپور معمولی و گربه‌ماهی راه‌راه (روز ۷)



شکل ۳- مقایسه میزان تجمع کادمیم ($\mu\text{g/g.dw}$) در ماهی شاهد کپور معمولی و ماهی کپور در تیمار تحت کشنده کادمیم (روز ۱۵)



شکل ۴- مقایسه میزان تجمع کادمیم ($\mu\text{g/g.dw}$) در گربه ماهی شاهد و گربه ماهی در تیمار تحت کشنده کادمیم (روز ۱۵)

جدول ۲- مقایسه مقادیر (میانگین \pm انحراف معیار) فلز سنگین کادمیم ($\mu\text{g/g.dw}$) در بافت‌های مورد مطالعه بین تیمارها

روزنمونه برداری	بافت	کپور (شاهد)	گربه ماهی (شاهد)	کپور (کادمیم)	گربه ماهی (کادمیم)
۱۵ روز	کبد	$21/1 \pm 1/16^c$	5 ± 1^d	$538/04 \pm 6/3^a$	$195/5 \pm 4/18^b$
	پوست	$8/9 \pm 0/73^b$	$2/43 \pm 0/51^b$	$98/31 \pm 3/02^a$	$5/93 \pm 1/7^b$
	آبشش	$1/6 \pm 0/33^c$	$2/9 \pm 0/17^c$	$47/72 \pm 0/63^b$	$52/3 \pm 2/51^a$
	عضله	$2/06 \pm 0/29^d$	$4/1 \pm 0/76^c$	$15/7 \pm 0/61^b$	107 ± 1^a
۷ روز	فلس	$1/77 \pm 0/39^b$	-	$25/9 \pm 3/1^a$	-
	کبد	$21/1 \pm 1/16^c$	5 ± 1^d	$239/2 \pm 2/36^a$	$119/06 \pm 2/52^b$
	پوست	$8/9 \pm 0/73^c$	$2/43 \pm 0/51^d$	$56/48 \pm 0/5^a$	$12/39 \pm 2/4^b$
	آبشش	$1/6 \pm 0/33^c$	$2/9 \pm 0/17^c$	$21/32 \pm 0/07^b$	$77/33 \pm 2/08^a$
	عضله	$2/06 \pm 0/29^c$	$4/1 \pm 0/76^c$	$30/17 \pm 2/26^b$	$68/7 \pm 4/09^a$
	فلس	$1/77 \pm 0/39^b$	-	$24/2 \pm 0/62^a$	-

حروف: مقایسه میانگین‌ها در سطر



جدول ۳- مقایسه میانگین تجمع کادمیم ($\mu\text{g/g.dw}$) در بافت‌های مورد مطالعه در ماهی کپور معمولی و گربه‌ماهی راه‌راه در روزهای ۷ و ۱۵ نمونه‌برداری

ماهی / روز	کبد	پوست	آبشش	عضله	فلس
کپور روز ۷	$239/2 \pm 2/36^a$	$56/48 \pm 0/5^a$	$21/32 \pm 0/07^a$	$30/17 \pm 2/26^a$	$24/2 \pm 0/62^a$
کپور روز ۱۵	$538/04 \pm 6/3^b$	$98/31 \pm 3/02^b$	$47/72 \pm 0/63^b$	$15/7 \pm 0/61^b$	$25/9 \pm 3/1^a$
حروف کوچک: مقایسه میانگین‌ها در ستون (ماهی کپور معمولی)					
گربه ماهی روز ۷	$119/06 \pm 2/53^A$	$12/39 \pm 2/4^A$	$77/33 \pm 2/08^A$	$68/7 \pm 4/09^A$	-
گربه ماهی روز ۱۵	$195/5 \pm 4/18^B$	$5/93 \pm 1/7^B$	$52/3 \pm 2/51^B$	107 ± 1^B	-
حروف بزرگ: مقایسه میانگین‌ها در ستون (گربه‌ماهی راه‌راه)					

بحث

مرحله بعد در موکوس آن دیده شد [۵۰]. بنابراین، پوست یکی از مکان‌هایی است که متابولیت‌ها، مواد زائد و شیمیایی زیان‌آور برای ذخیره یا زدوده شدن به آن منتقل می‌شوند [۵۱].

ماهی کپور معمولی و یا هر ماهی فلس‌داری درم قطورتر و پوشش فلس دارند، که به طور مؤثری می‌تواند از موجود در برابر نفوذ سم محافظت کند [۳۶]. همچنین، Ferreira [۲۴] با مطالعه سه گونه ماهی آب شیرین *Cyprinus*, *Oreochromis mossambicus* و *Salmo gairdneri* و *carpio* به این نتیجه رسیدند که عواملی مانند ضخامت پوست و پوشش فلس نیز از عوامل تعیین‌کننده میزان جذب سم در بدن از راه پوست می‌باشند. همین‌طور، در ماهی کله‌گاوای قهوه‌ای (*Ameiurus nebulosus*) ثابت شد که این ماهی درصد مهمی از جیوه را از طریق آب بخاطر پوست بدون فلس و قابل نفوذ آن جذب می‌کند [۴۵]. شواهد بیشتری در مورد محافظت توسط فلس در سه گونه آب شیرین در مقابل سمیت فلزات سنگین سرب و جیوه ارائه شد [۱۷].

در مطالعه حاضر، بافت عضله ماهی، به سبب نقش مهم در تغذیه انسان و لزوم اطمینان از سلامت آن و بافت کبد به دلیل اندام ذخیره‌کننده فلزات سنگین مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته‌اند. نتایج حاصل از بعضی تحقیقات

اهمیت اندازه‌گیری و سنجش غلظت فلزات در آبزیان به دو مبحث مهم مدیریت اکوسیستم و سلامت غذایی انسان باز می‌گردد [۶]. اگرچه بندرت در برخی مقالات مطالعات مقایسه‌ای انجام گرفته است، این مطالعه با هدف بررسی مقایسه‌ای میزان تجمع کادمیم در ماهی فلس‌دار و بدون فلس انجام شده است تا گوشه‌ای از نقش آن در تفاوت انباشتگی فلز سنگین بین دو نوع ماهی روشن گردد. موجودات زنده و گونه‌های مختلف در حساسیت نسبت به یک نوع ماده سمی، تفاوت زیادی دارند و حساسیت‌های متفاوتی را نشان می‌دهند. حتی در میان افراد یک گونه، حساسیت نسبت به یک ماده سمی به عواملی مانند نوع بافت و خصوصیات فیزیولوژیک آبری بستگی دارد [۲۰]. در این تحقیق، اندام‌های عضله، آبشش، کبد، پوست و فلس مورد بررسی قرار گرفتند چرا که بافت کبد فلزات را برای رفع مسمومیت به وسیله تولید متالوتیونین‌ها ذخیره می‌کند [۱۱، ۴۹]. دفع کادمیم و سایر فلزات مانند کروم، مس، جیوه و سرب از طریق آبشش‌ها، صفاوای (روده) و ترشح موکوس پروتئینی رخ می‌دهد. فلزات متصل به پروتئین‌ها را پوست، آبشش و روده با ترشح موکوس به طور مستمر دفع می‌کنند. دفع فلزات از طریق پوست موکوس را درگیر می‌کند که دائماً توسط پوست ترشح می‌شود. تحقیقات نشان داد که بخش عمده‌ای از سرب و کادمیم تزریق شده به ماهی در

[۵] این مطلب را مشخص می‌کند که میانگین غلظت فلزات سنگین در بافت‌های مختلف ماهی با یکدیگر متفاوت می‌باشد که نتایج تحقیق حاضر را نیز تأیید می‌نمایند. نتایج مطالعه [۲۵] نشان می‌دهد تجمع فلزات سنگین در عضله ماهی فلس‌دار *Mugil auratus* نسبت به سایر اندام‌ها حداقل مقدار بوده است که با نتایج مطالعه حاضر در ماهی فلس‌دار کپور معمولی مطابقت دارد. با توجه به اینکه اندام هدف برای فلزات سنگین بر اساس میزان فعالیت متابولیک آن می‌باشد [۲۵]، علت تجمع بیشتر فلزات در بافت‌هایی نظیر کبد و آبشش در مقایسه با بافت عضله (با فعالیت متابولیک پایین) تفسیر می‌شود. نقش پالایشگری فلس‌ها قبلاً تحقیق شده است [۱۷] و گزارش گردید که سمیت ۲۷ فلز پس از پالایش با فلس‌ها کاسته شده است. این ویژگی به عمل کراتین در فلس نسبت داده شد که به عنوان مهمترین ترشح اکتودرمال، فلزات را جذب و پوشش محافظی در برابر سطوح سمی آنها ایجاد می‌کند. سایر مطالعات نیز جذب و حذف فلزات سنگین را به وسیله فلس‌های ماهیان و افزایش انباشتگی فلزات را در فلس طی دوره تماس بررسی و مشاهده کردند [۲۳؛ ۳۹؛ ۴۷]. با این حال، در یک مورد [۸] تفاوت معنی‌داری بین ماهیان فلس‌دار *C. carpio* بدون فلس *Clarias lazera* از نظر غلظت کادمیم در بافت‌های آنها یافت نشد. به نظر می‌رسد هرگونه تغییر در روند جذب و تجمع عناصر در ماهی می‌تواند به دلیل تاثیرگذاری عوامل مختلف از جمله نوع عنصر، نوع آبی و گونه آن، بافت و اندام، و خصوصیات فیزیولوژیک ماهی باشد [۳۸].

تأثیر فقدان فلس در برخی ماهیان از نظر جذب سریعتر مواد سمی به پوست، در مطالعه انجام شده بر روی آلودگی‌های جیوه و متیل جیوه در ماهیان رودخانه Songhuajiang نشان داده شد که تجمع جیوه و متیل جیوه در ماهیان بدون فلس بیشتر از ماهیان فلس‌دار بود [۱۴]. در این مطالعه نیز نشان داده شد که تجمع کادمیم در بافت عضله گریه‌ماهی بدون فلس پنگوسی (هم در

روز ۷ و هم ۱۵) بیشتر از ماهی فلس‌دار کپور معمولی بود. نتایج مطالعه Yousafzai و همکاران [۵۴] نشان داد بیشترین تجمع فلز کادمیم در ماهی فلس‌دار *Labeo dyocheilus* در اندام کبد بوده است که با نتایج حاصل از این تحقیق و تحقیقات [۴۰] در ماهی *C. carpio* نیز مطابقت دارد.

طبق گزارش [۴۸]، تجمع کادمیم در بافت‌های کپور معمولی در اندام کبد بالاتر از آبشش بود. در مطالعه حاضر نیز تجمع کادمیم در بافت‌های کپور معمولی در اندام کبد بیشتر از آبشش مشاهده شد. همچنین مطالعات مقایسه‌ای بافت‌شناسی بین ماهیان بدون فلس پنگوسی و فلس‌دار تیلاپپای نیل بعد از تماس با سیانوتوکسین نشان داد که انباشتگی سم در کبد ماهی بدون فلس بیشتر بود. همچنین تعداد سلول‌های موکوسی و جامی شکل در ماهی پنگوسی افزایش یافت [۴۲]. در مطالعه‌ی پاکزاد توچایی [۲] روی الگوی تجمع فلزات سنگین در بافت‌های مختلف کپور نقره‌ای، تجمع فلزات ضروری و غیرضروری بین بافت‌های مختلف متفاوت بود، طوری که فلزاتی مثل روی و مس که برای ماهی ضروری هستند در بافت‌های کبد و آبشش تجمع بیشتری داشتند. غلظت این فلزات در فلس ماهی نیز به دلیل نیاز کمتر این بافت به فلزات ضروری تجمع کمتری یافته بود. روند تجمع فلزات غیر-ضروری در بافت‌های کبد با روند تجمع این فلزات در فلس مشابه بود. بنابراین این بافت نیز می‌تواند شاخص مناسبی برای این فلزات باشد.

در تحقیق حاضر، میانگین غلظت کادمیم در کبد کپور بیشتر از میانگین غلظت کادمیم در فلس کپور برآورد شد. در مطالعه‌ی مقایسه‌ای که توسط Yousafzai و همکاران [۵۴] بر روی دو ماهی فلس‌دار *Labeo Mulee*, *Torki* *dyocheilus* و بدون فلس *Wallago attu* و *Mulee* انجام شد، در ماهی بدون فلس *Mulee* تجمع کادمیم در عضله بیشتر از کبد و در ماهی فلس‌دار *Torki* تجمع کادمیم در کبد بیشتر از عضله بود ولی نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد در هر



پوست فلس‌دار ماهی با عملکرد خود لایه حفاظتی مؤثری در برابر مواد شیمیایی زیست‌محیطی فراهم می‌کند. در ماهی کپور معمولی، بیشترین میزان کادمیم در کبد و پس از آن در پوست، آبشش و فلس بوده و کمترین آن در عضله یافت گردید در حالی که در گربه‌ماهی، بیشترین میزان کادمیم در کبد و پس از آن در عضله و آبشش بوده و کمترین آن در پوست تجمع کرد. هر دو گونه این ماهیان در آبرزی پروری مورد توجه هستند و در بازارهای غذای دریایی جهان جایگاه تجاری دارند و عضله به علت نقش مهمی که در تغذیه انسان دارد و لزوم اطمینان از سلامت آن جهت مصرف، از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشند. از نتایج حاصل از این تحقیق بر می‌آید که در ماهی فلس-دار کپور معمولی کمترین میزان تجمع کادمیم در عضله بوده است. درحالی‌که در گربه‌ماهی بدون فلس پنگوسی، بیشترین میزان تجمع در عضله بوده است. بنابراین مصرف ماهیان بدون فلس به دلیل جذب بیشتر سموم فلزی در بافت خوراکی عضله توصیه نمی‌شود.

منابع

۱. امینی رنجبر، غ. ستوده نیا، 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 چهاردهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۸۴، صفحات ۴ و ۹.
۲. پاکزاد توجایی، س. عین‌اللهی پیر، ف. ۱۳۹۱. بررسی الگوی تجمع فلزات سنگین در بافت‌های مختلف ماهی کپور نقره‌ای (*Hipophthalmichthys molitrix*) منابع آبی چاه نیمه‌های سیستان، دومین کنفرانس برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست.
۳. سالار آملی، ج. ۱۳۷۸. مقدمه‌ای بر سم‌شناسی، چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی.
۴. صادقی راد، م. ۱۳۷۵. بررسی و تعیین میزان فلزات سنگین در چند گونه از ماهیان خوراکی تالاب انزلی، مجله

دو ماهی فلس‌دار و بدون فلس تجمع کادمیم در کبد بیشتر از عضله بود. همچنین تجمع بیشتر کادمیم در پوست ماهی فلس‌دار نسبت به بدون فلس نیز با نتایج حاضر همخوانی دارد و علت آن می‌تواند وجود موکوس بیشتر به عنوان یک عامل دفاعی در ماهی بدون فلس باشد [۵۴]. نتایج حاصل از این تحقیق مبین آن است که میزان تجمع کادمیم در پوست ماهی فلس‌دار کپور معمولی بیشتر از میزان تجمع این فلز در بافت عضله این ماهی است. این نتیجه‌گیری یعنی بالا بودن میزان فلزات سنگین در بافت پوست نسبت به بافت عضله در ماهیان فلس‌دار توسط سایر محققان نیز گزارش شده است [۹].

اختلاف معنی‌دار (آزمون T-test) در غلظت کادمیم برای دو بافت آبشش و عضله در هر دو ماهی مورد مطالعه مشاهده گردید، بدین صورت که در ماهی کپور معمولی تجمع کادمیم در بافت آبشش بیشتر از عضله بود، در حالی که در گربه‌ماهی پنگوسی تجمع کادمیم در بافت عضله بیشتر از آبشش بوده است. باید توجه داشت که بالا بودن غلظت این فلز در بافت عضله گربه‌ماهی پنگوسی می‌تواند از تمایل این فلز به تجمع در بافت‌های پر تحرک آبریان باشد. این موضوع باز هم انباشتگی بیشتر فلز سنگین را در عضلات گربه‌ماهی بر اثر فقدان پوشش محافظ فلس نشان می‌دهد. مطالعات Yılmaz [۵۳] نیز نشان داد میزان عناصر سنگین در اندام‌های مختلف دو گونه *Mugil* و *Trachurus mediterraneus* *cephalus* در یک محیط آبی متفاوت می‌باشد، که با نتایج این تحقیق موافق است.

در راستای نتایج حاصل از این پژوهش، داده‌های اخیر عابدی و همکاران [۷] به وضوح نشان می‌دهند که ماهی کپور معمولی نسبت به گربه‌ماهی پنگوسی به سموم مقاوم‌تر است. آنها نشان دادند که مقدار معنی‌دار بیشتری از فلز سنگین کادمیم برای القاء مرگ‌ومیر در دوز کشندگی در کپور معمولی نسبت به گربه‌ماهی راه‌راه بکار برده شد. این ویژگی، علاوه بر پاسخ اختصاصی گونه‌ای [برای مثال، ۱۸]، از این واقعیت برمی‌آید که



12. Bryan G. W (1976), Some aspects of heavy metal tolerance in aquatic organisms. In: Effects of Pollutants on Aquatic Organisms (ed. by A. P. M. Lockwood), Cambridge University Press, Cambridge. pp. 7-34.
13. Chale F. M. M (2002), Trace metal concentrations in winter, sediments and fish tissue from lake Tanganika. Total Environm, 299: 115-121.
14. Changrong Y (1994), Study on the total mercury and methyl mercury contaminations in fish from the Songhuajiang River. Chinese Journal Of Enviromental Science, 4: 35-38.
15. Cheng H. C (1979), Acute toxicity of heavy metals to some marine prawns. China Fish. Mon, 316: 3-10.
16. Clarkson T. W (1998), Human toxicology of mercury. J.Trace. Elem. Exp. Med, 11(2-3): 303-317.
17. Coello W. F., M. A. Q. Khan (1996), Protection against heavy metal toxicity by mucus and scales in fish. Arch. Environ Cont Toxicol, 30(3): 319-326.
18. Das K. K., S. K. Banerjee (1980) Cadmium toxicity in fishes .Hydrobiology,75: 117-121.
19. Dickman M. D., K. M. Leung (1998), Mercury and organo chlorine exposure from fish consumption in Hong Kong. Chemosphere, 37 (5): 991-1015.
20. Dixon H., A. Gill, C. Gubala, B. Lasorsa, E. C. recelius, and L. R. Cartis (1996), Heavy metal accumulation in sediment and freshwater fish in U.S. Arctic Lakes. Environ. Toxicol. Chem, 16(4): 733.
21. Du-Preez H. H., and G. j. Steyn (1992), A preliminary investigation of concentration of selected metals in the tissues and organ of the tiger fish (*Hydrocynus vittatus*) from Olifant River, Kuger National park ,South Africa . Water ,South Africa , 18: 2,136p.
22. Dybem B (1983), Field sampling and preparation subsamples of aquatic organism for analysis metals and organochlorides. FAO. Fisher. Tech, 212:1-13.
- علمی شیلات ایران، شماره ۴، زمستان ۱۳۷۵، صفحه ۱ - ۱۶.
۵. گل محمدی، س. ۱۳۸۸. مقایسه تجمع فلزات سنگین (روی، مس، آهن و کادمیم) در بافت عضله و کبد دو گونه ماهی سفید رودخانه‌ای (*Squalius cephalus*) و سیاه‌ماهی (*Capoeta capoeta gracilis*) در رودخانه تجن استان مازندران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده محیط زیست. صفحه ۳۲.
۶. ناصری، م. رضایی، م. عابدی، ع. نادری، ا. ۱۳۸۴. سنجش مقادیر برخی عناصر سنگین (آهن، مس، روی، منیزیم، منگنز، جیوه، سرب و کادمیم) در بافت‌های خوراکی و غیرخوراکی ماهی کفال پشت سبز (*Liza dussumieri*) سواحل بوشهر، مجله علوم دریایی ایران، دوره ۴، شماره ۳، صفحه ۵۹ - ۶۷.
7. Abedi Z., M. K. Khalesi, S. K. Eskandari, H. Rahmani (2012), Comparison of lethal concentrations (LC50-96 h) of CdCl₂, CrCl₃, and Pb(NO₃)₂ in common carp (*Cyprinus carpio*) and sutchi catfish (*Pangasius hypophthalmus*). Iran J Toxicol, 6:672-680.
8. Al-Weher S. M (2008), Levels of heavy metal Cd, Cu and Zn in three fish species collected from the northern Jordan valley. Jordan J Biol Sci, 1: 41-46.
9. Bahar Yilmaz A (2005), Comparison of heavy metal levels of *Grey Mullet* and *Sea Bream* caught in Iskenderun Bay, Turkey. Turk j Vet Anim, 29: 257-262.
10. Bahmre P. R., A. E. Thorat (2010), Evaluation of acute toxicity of mercury, cadmium and zinc to a freshwater mussel *Lamellidens consobrinus*. Our Nature, 8: 180-184.
11. Batvari B., S. Kamala- kannan, K. Shanthi, R. Krishnamoorthy, K. J. Lee (2008), Heavy metal in Two fish species (*Carangoidel malabricus* and *Belone tronglurus*) from Pulicat Lake, North of Chennai, Southeast Cost of India. Journal of Environ Monit Assess, 145: 167-175.



- Environmental Chemistry. Vol. 3, Part A (ed. by O. Hutzinger), pp. 1 - 58. Springer-Verlag, Berlin.
34. Kimmo A. M., O. P. Penttinen, and Jussi, V. K. Pentachlorophenol (2004), bioaccumulation and effect on heat production on salmon eggs at different stages of development. *Aquatic Toxicology*, 68:75-85.
35. Mance G (1990), Polluted threat of heavy metals in aquatic environments, Elsevier Applied Science. London. UK. P. 372.
36. Mckim J. M., G. J. Lien (2001), Toxic responses of the skin, In: Schlenk D., W. H. Benson (Eds.), *Target Organ Toxicity in Marine and Freshwater Teleosts*, Vol. 1, Taylor & Francis., London.
37. Mertz W (1987), Trace element in human and animal nutrition, Academic press. California, USA. 480P.
38. Moore J. W., S. Ramamoorthy (1984), Heavy metal in Natural Waters, Springer, New Yourk , PP. 268.
39. Mustafiz S., M. S. Rahaman, D. Kelly, M. Tango, M. R. Islam (2003), The application of fish scale in removing heavy metal from energy produced waste streams; the role of microbes. *Ener Sour*, 25: 905-916.
40. Narayanan M., AND R. Vinodhini (2008), Bioaccumulation of heavy metals in organs of fresh water fish *Cyprinus carpio* (Common carp). *Int. J. Environ. Sci. Tech*, 5: 179-182.
41. Olaifa F. G., A. K. Olaifa, T. E. Onwude (2004), Lethal and sublethal effects of copper to the African Cat fish (*Clarias gariepinus*). *Afr. J. Biomed. Res*, 7: 65-70.
42. Pholsanong P (2002), Toxicity of crude cyanotoxin extract on the commercially valued fish of Thailand. MSc thesis, Mahidol Univerisity. Bangkok. (Thailand).
43. Plaskett D., and I. potter (1979), Heavy metal concentrations in the muscle. tissue of 12 species of teleosts from Cockburn sound, Western Australian. *Australian journal of Marine and Freshwater Research*, 30(5): 607P.
23. El-Sheikh A. H., J. A. Sweileh (2008), Sorption of trace metals on fish scales and application for lead and cadmium pre-concentration with flame atomic absorption determination. *Jordan J Chem*, 3(1): 87-97.
24. Ferreira J. T., H. J. Schoonbee, G. L. Smit (1984), The uptake of the anaesthetic benzocaine hydrochloride by the gills and the skin of three freshwater fish species. *J Fish Biol*, 25: 35-41.
25. Filazi A., R. Baskaya, and C. kum (2003), Metal concentration in tissues of the black sea fish *Mugil auratus* from Sinop- Icliman ,Turkey .*Human & Expermental Toxicology* , 22: 85-87.
26. Finny D (1971), Probit analysis. Cambridge university Press ,PP.1-222.
27. Forstner U., and G. T. W. Wittman (1979), *Metal pollution in the aquatic Environment*. Springe Verlag, N.Y, 486p.
28. Heath A. C (1995), *Water pollution and fish physiology*. 2nd edn., Lewis Publishers, BocaRaton. pp. 125-140.
29. Hung L. T., J. Lazard, C. Mariojouis, Y. Moreau (2003), Comparison of starch utilization in fingerlings of two Asian catfishes from the Mekong River (*Pangasius bocourti* Sauvage, 1880, *Pangasius hypophthalmus* Sauvage, 1878. *Aquaculture Nutrition*, 9: 215-222.
30. INCO: http://caribefish.com/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=71%3Aaquaculture-of-tilapia-and-pangasius-a-comparative-assessment&catid=19%3Aaquaculture-information&Itemid=76&lang=en.
31. Jaffar M., M. Ashraf, and A, Rasool (1998), Heavy metal contents in some selected local freshwater fish and relevant waters . *Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research*, 31(3):189-193.
32. Jill C. M., J. P. M. Hoseph and D. S. Stephan (2001), Metals. In: Wallace A. (2001). Hayes, principles and Methods of Toxicology, 4th ed. Taylor and francis, philadelphia, pp: 469-683.
33. Kaiser G., and G. Tolg (1980), MeTcury. In: *The Handbook of*



50. Varanasi U., D. Markey (1978), Uptake and release of lead and cadmium in skin and mucus of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). Comp Biochem Physiol Part C, 60(2):187-191.
51. Viale Pichod D (1977), Cetacean's ecology in northwestern Mediterranean Sea. Place in the ecosystem: reaction to heavy metal pollution. Ph.D Thesis, University of Paris.
52. Wicker A. M., and L. K. Gantt (1994), Contaminant assessment of fish *Rangia* clams and sediments in the lower Palmico River, North Carolina, U.S Fish and Wildlife Ecological Services.
53. Yılmaz A. B (2003), Levels of heavy metals (Fe, Cu, Ni, Cr, Pb and Zn) in tissue of *Mugil cephalus* and *Trachurus mediterraneus* from Iskenderun Bay, Turkey. Environ. Res, 92: 277-281.
54. Yousafzai A. M., D. P. Chivers, A. R. Khan (2010), Comparison of Heavy Metals Burden in Two Freshwater Fishes *Wallago attu* and *Labeo dyocheilus* With Regard to Their Feeding Habits in Natural Ecosystem. Pakistan J. Zool, 42(5): 537-544.
44. Roger N. R (1994), Environmental analysis, John Wiley and sons, New York, USA. 263P.
45. Rose J (1999), Fish mercury distribution in Massachusetts, U.S.A. lakes. Env Toxicol Chem, 18: 1370-1379.
46. Ross A. J., M. Warnau, F. Oberhansli, and J. L. Teyssie (2006), Bioaccumulation of heavy metals and radionuclides from seawater by encased embryos of the spotted dog fish *Scylliorhinus canicula*. Marine Pollution Bulletin, 52: 1278-1286.
47. Sauer G. R., N. Watabe (1989), Ultrastructural and histochemical aspects of zinc accumulation by fish scales. Tiss Cell, 21(6): 935-943.
48. Sumet H. De., and R. Blust (2001), Stress responses and changes in protein metabolism in carp *Cyprinus carpio* during cadmium exposure. Ecotoxicol. Environm. Saf, 48(30): 255-262.
49. Unlu E., O. Akba, S. Sevim, B. Gumgum (1996), Heavy metal levels in mullet, *Liza abu* (Heckel, 1843) (MUGILIDAE) from the Tigris River, Turkey. Journal of Environmental Bulletin, 5:107-112