Archive of SID

DOI: 10.22092/vj.2017.109876
شماره ۱۱۶ پاییز ۱۳۹۶
تحقیقات دامپزشکی و فرآورده‌های بیولوژیک

ارزیابی ارتباط بین اسیدهای چرب و تجمع فلزات سنگین (کادمیوم، سرب، جیوه و مس) در بافت عضله، کبد و پوست ماهی اوزون برون (*Acipenser stellatus*) در سواحل جنوب غربی و شرقی دریای مازندران

• **مسعود هدایتی فرد(نویسنده مسئول)**
دانشیار گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی،
واحد قائم‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائم شهر، ایران
• **مریم خاورپور**
استادیار گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی و مهندسی،
واحد آیت الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران
• **ندا ارومی**
دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی و صنایع غذایی،
واحد آیت الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، ، آمل، ایران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۵-۰۲-۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵-۰۷-۱۷
Email: hedayati.m@qaemiau.ac.ir

چکیده

در این مطالعه حضور حاد فلزات سنگین کادمیوم، سرب، جیوه و مس در بافت‌های عضله، کبد و پوست ماهیان اوزون‌برون در سواحل جنوب شرقی و غربی دریای مازندران (استان‌های مازندران وگلستان) بررسی شد. در این پژوهش به بررسي ارتباط تجمع فلزات سنگین و چربی و اسیدهای چرب بافت‌های این گونه‌ی بسیار با ارزش و پرطرفدار از ماهیان خاویاری پرداخته‌شده است. نتایج نشان داد که در عضله‌ی ماهی، تمام این فلزات سنگین در محدوده‌ی مجاز مصرف قرار دارند و بین فیله‌ی دو ناحیه اختلافی وجود ندارد ($p < ۰/۰۵$)؛ لیکن غلظت عناصر سنگین در کبد بیشتر از پوست و عضله می‌باشد ($p < ۰/۰۵$). در هردو ساحل جنوب شرقی و غربی در بافت کبد ماهی اوزون‌برون مقادیر کادمیوم (۰/۲۲ و ۰/۲۶ میکروگرم بر گرم) بالاتر از محدوده‌ی مجاز ارزیابی شدند. مقادیر جیوه در پوست هردو ساحل جنوب شرقی و غربی بالاتر از سایر اندام‌ها بود، به‌طوری‌که در پوست ماهی اوزون‌برون به ترتیب ۰/۱۱ تا ۰/۴۲ میکروگرم بر گرم بود. همچنین تجمع فلزات سنگین در نمونه‌های صیدشده از سواحل جنوب غربی (مازندران) بیشتر از سواحل جنوب شرقی (گلستان) بوده‌است. الگوی تجمع فلزات سنگین در عضله‌ی ماهی با اندام‌های کبد و پوست متفاوت بود. از سوی دیگر، مجموع اسیدهای چرب غیراشباع (UFA) در بافت اوزون‌برون در سواحل جنوب غرب و شرق به ترتیب ۸۹/۱۲ و ۸۰/۸۴ گرم بر ۱۰۰ گرم بود($p < ۰/۰۵$). مجموع اسیدهای چرب سری امگا-۳ در سواحل مذکور به ترتیب ۱۸/۴۵ و ۱۳/۴۲ گرم بر ۱۰۰ گرم بود ($p < ۰/۰۵$). همچنین بین میزان عناصر سنگین و میزان اسیدهای چرب غیراشباع در اندام‌های مختلف ماهیان خاویاری همبستگی وجود داشت. این ارتباط در بافت‌های کبد ($R^۲ = ۰/۸۲۴$)، پوست ($R^۲ = ۰/۸۱۸$) و عضله ($R^۲ = ۰,۶۲۷$) ماهیان خاویاری همبستگی مثبتی داشت؛ برعکس با افزایش اسیدهای چرب امگا-۳ در فیله، تجمع فلزات سنگین کاهش یافت ($R^۲ = ۰,۰۲۱$). نتایج به‌دست آمده همچنین بیان‌گر سالم بودن نسبی ماهیان اوزون برون و عدم آلودگی شدید این ماهیان به عناصر سنگین می‌باشد.

کلمات کلیدی: اوزون‌برون، اسیدهاي چرب، دریای مازندران، فلزات سنگین

www.SID.ir

Archive of SID

● Veterinary Researches & Biological Products No 116 pp: 212-224

Evaluation of Relationship between Fatty acids and Heavy Metals Accumulation (Cd, Pb, Hg, Cu) in Fillet, Liver and Skin Tissues of Stellet Sturgeon (Acipenser stellatus) in Southwest and Southeast of Caspian Sea

By: Hedayatifard, M., (Corresponding Author) Fisheries Department, College of Agriculture and Natural Resources, Qaemshahr Branch, Islamic Azad University, PO Box: 163, Qaemshahr, Iran. Khavarpour, M., Department of Chemistry Engineering, College of Engineering and Technology, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran. and Oroumi, N., Department of Food Science and Technology, College of Agriculture and Food Sciences, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran.

Email: hedayati.m@qaemiau.ac.ir

Received: 2016-05-11 Accepted: 2016-10-08

Study of acute accumulation of heavy metals (Cd, Pb, Hg and Cu) in tissues of fillet, liver and skin of stellate sturgeons was done in Southwest (SW) and Southeast (SE) coasts (Mazandaran and Golestan provinces) of Caspian Sea. In this study the relationship between tissues heavy metals accumulation and fatty acids were investigated, in such valuable and popular sturgeon species. The results showed that all measured heavy metals were in standard range and there was no difference between the two area ($p<0.05$), but heavy metals concentration in fish liver was more than that in fillet and skin ($p<0.05$). The Cd in the fish liver was higher than the acceptable range in both SE and SW coasts (0.22 and 0.26 µg/g, respectively) ($p<0.05$). Hg amounts were higher in the stellate surgeon skin than in other organs in both SE and SW coasts, (0.11 and 0.42 µg/g, respectively). Also, in SW coast samples, the heavy metals accumulation was higher than in SE. The pattern of heavy metals accumulation in the fish fillet was different from liver and skin. On the other hand, total unsaturated fatty acids (UFA) were 89.12 and 80.84 g/100g in samples of SW and SE coasts, respectively ($p<0.05$). Total omega-3 was 18.45 and 13.42 g/100g, respectively ($p<0.05$) in the same samples. In addition, there was a specified relationship in different organs between fish fatty acids and amounts of heavy metals. This relationship was a positive correlation in tissues of liver ($R^2 = 0.824$), skin ($R^2 = 0.818$) and fillet ($R^2 = 0.627$) of the sturgeon fish. On the contrary, the heavy metals decreased according to increase in omega-3 fatty acids in sturgeon fillet ($R^2 = 0.021$) . The results also indicated that stellate sturgeon had relative safety and non-hyper contamination by heavy metals.

Key words: Caspian Sea, Fatty acids, Heavy Metals, Stellate Sturgeon

مقدمه

ماهیان خاویاری (Acipenseridae) دسته‌ی بسیار مهمی از آبزیان را تشکیل می‌دهند که ۹۰ درصد از ذخایر آن‌ها در دریای مازندران یافت می‌شود. این آبزیان چه به لحاظ خاویار و چه از نظر گوشت دارای ارزش بسیاری می‌باشند. ماهیان اوزون برون *(Acipenser stellatus)* از خانواده‌ی ماهیان خاویاری بوده و گونه‌ی مهاجر سواحل جنوبی دریای مازندران و به ویژه سواحل ایرانی آن می‌باشند (۱). کیوانفر و همکاران (۲) طی مطالعات دامنه‌دار بین‌المللی تصریح نموده‌اند به دلیل صید بی‌رویه و سایر عوامل مخرب، ذخایر آن‌ها به شدت کاهش یافته، به طوری که امروزه تکثیر مصنوعی، تنها روش موجود جهت حفظ ذخایر این گونه‌ی با ارزش به شمار می‌رود. بافت فیله‌ی ماهیان حاوی پروتئین، چربی، مواد معدنی، ویتامین‌ها و اندکی کربوهیدارت و آب می‌باشد و ازجمله ترکیبات منحصربه‌فرد در ماهیان می‌توان به اسیدهای چرب غیراشباع به‌ویژه سری امگا-۳ و امگا-۶ اشاره کرد که نقش مهمی را در سلامتی انسان ایفا می‌کنند (۳). اکثر ماهیان از نظر دارا بودن اسیدهای چرب غیراشباع غنی هستند.

ماهیان به انواع مواد سمي حساسیت دارند و شاخص‌هایی مانند سن، طول، وزن، جنسیت، عادات غذایی، نیازهای اکولوژیک، غلظت فلزات سنگین در آب و رسوبات، زمان اقامت ماهی در محیط آلوده، فصل صید و خواص فیزیکی و فیزیکوشیمیایی آب از عوامل موثر در تجمع فلزات سنگین در اندام‌های مختلف ماهی می‌باشند (۴).

این حالت ممکن است به تجمع زیستی (Bioaccumulation) منجر شود. فلزات سنگین ابتدا توسط فیتوپلانکتون، باکتری‌ها، قارچ‌ها و ارگانیسم‌های کوچک دیگر جذب می‌شوند، سپس به ترتیب توسط موجودات بزرگتر خورده شده و عاقبت وارد بدن انسان می‌شوند.

تغییرات تجمع فلزات سنگین در بافت‌های مختلف ماهیان آب

www.SID.ir

Archive of SID

شیرین می‌تواند وابسته به فصل باشد (۵). بنابراین، ترکیبی از آنالیزهای فیزیکی، فیزیکو شیمیایی و بیولوژیک، راه مناسبی برای نمایش صحیح شرایط کلی محیط زیست ماهی است. حتی برخی محققین همانند بن سالم و همکاران (۵) ماهیانی همانند کلمه *(Rutilus rutilus)* را به‌عنوان اندیکاتور آلودگی آب به فلزات سنگین معرفی نموده‌اند که البته نیاز به مطالعات بیشتری دارد.

در سال‌هاي اخير به دليل افزايش نگرانی از آثار دراز مدت فلزات سنگين به عنوان آلاينده‌هاي زيست‌محيطي، مطالعات فراوانی پيرامون اين آلاينده‌ها صورت پذيرفته‌است. اثرات مخرب فلزات سنگين منجر به ضايعات آبشش، كبد، كليه‌ها و خون مورد بررسی قرار گرفته است. اظهار شده است كه غلظت فلزات سنگين به ويژه جيوه كه خطرناک‌ترين آنهاست، به ترتيب در بافت‌های كبد، كليه و عضله فراوان است (۶). فلزات سنگين با بسياری از ناهنجاری‌های ماهی در جمعيت‌های طبيعی و در نمونه‌های پرورشی مرتبط هستند (۷). ناهنجاری‌های عمومی، می‌تواند اثرات مخربی روی جمعيت ماهيان، ميزان بقاء، راحتی كلی ماهی در محيط، نرخ رشد و شكل ظاهری ماهی تحت تاثير حضور فلزات سنگين در محيط داشته باشد (۷). همچنين انتقال فلزات سنگين از رسوبات به ماهی نيز امكان‌پذير بوده، به ويژه فلزات جيوه، سرب و مس سريعتر در اندام‌های ماهی رديابی می‌شوند.

ماهيان خاوياری درياي مازندران و به‌ويژه ماهی اوزون برون، ارزش بيولوژيک و اهميت غذايی فراوانی دارند. از سوی ديگر سواحل جنوبی درياي مازندران دستخوش آلودگی روزافزون گرديده است؛ به همين دليل امكان حضور و تجمع انواع فلزات سنگين در اندام‌های مختلف اين ماهی وجود دارد.

پيش از اين گزارش‌هايی از احتمال آلودگی بافت‌های ماهيان خاوياری به فلزات سنگين منتشر شده بود، اما از آنجايی كه درياي مازندران درواقع يک درياچه بسته‌است، انواع آلاينده‌های صنعتی و نفتی و شهری به‌همراه جريان‌های آبی رودخانه‌ها به ويژه رود ولگا در ناحيه شمالی، وارد اين دريا می‌شوند (۸). همين امر موجب علاقه‌مندی محققين نسبت به بررسی انواع آلاينده‌ها در اين خانواده از ماهيان در سال‌های اخير شده‌است (۸، ۹ و ۱۰).

ياريچ و همكاران (۱۱) تغييرات فلزات سنگين و مواد معدنی را در بافت‌های آبشش، كبد، روده و عضله‌ی تاسماهی شيپ *(Acipenser ruthenus)* بررسی كردند. اونارا و همكاران (۱۲) تجمع زيستی فلزات سنگين را در بافت‌های مختلف كبد، عضله، چربی، گنادها و پوست انواع ماهيان خاوياری در شمال غربی درياي سياه و پائين‌دست رود دانوب مورد ارزيابی قرار دادند و پولكسيچ و همكاران (۱۳) تاثيرات هيستوپاتولوژيک فلزات سنگين را در آبشش، كبد و پوست تاسماهی شيپ مطالعه نموده و تمايز مشخصی ميان اين سه اندام مشاهده كردند و نهايتا جمعيت تاسماهی شيپ را گونه‌ای ويژه در رابطه با تاثيرپذيری از فلزات سنگين معرفی نمودند. از ديگرسو، لی و همكاران (۱۴) فلزات سنگين موجود در محيط زيست ماهی را بر روی پارامترهای حركتی اسپرم تاسماهی شيپ و پاسخ‌های آنتی‌اكسيدانی اسپرم موثر دانسته‌اند. اسفاكياناكيس و همكاران (۷) حضور اين فلزات را حتی بر روی لارو ماهيان آب شيرين نيز دارای اثرات آسيب‌زا تشخيص داده‌اند. در جديدترين تحقيق نيز كلنگی مياندره و همكاران (۱۵) تاسماهی ايرانی *(Acipenser persicus)* را درمعرض تركيبات حاوی كادميوم قرار دادند و تغييرات پاتولوژيک آن را مطالعه نمودند.

در سال‌های اخير در مورد تجمع فلزات سنگين در بافت‌های ماهيان خاوياری نيز پژوهش‌هايی صورت گرفته است؛ صادقی‌راد و همكاران (۱۶) فلزات سنگين روی، مس، سرب، كادميوم و جيوه را در بافت ماهيچه و خاويار تاسماهی ايرانی و اوزون‌برون اندازه گيری نمودند. به‌علاوه مقادير اين فلزات در كبد و آبشش اوزون‌برون (۱۷) ، كبد و كليه قره‌برون يا تاسماهی ايرانی (۱۸) ؛ عضله‌ی فيل‌ماهی، اوزون برون، شيپ، تاسماهی ايرانی و تاسماهی روسی *(Acipenser guldenstaedti)* (۱۰)؛ انواع فلزات سنگين و عناصر كمياب در كبد، آبشش، فيله و روده‌ی تاسماهی شيپ (۱۱)، جيوه در بافت تاسماهی روسی و اوزون‌برون (۱۹) و انواع فلزات سنگين مختلف در كبد و عضله‌ی اوزون برون (۲۰ و ۲۱) مورد سنجش قرار گرفته است. همچنين پورنگ و همكاران (۲۲) چگونگی حضور فلزات سنگين را در بخش‌های خوراكی هر پنج گونه از ماهيان خاوياری درياي مازندران مورد مطالعه قرار دادند.

از جمله مهم‌ترين شاخص‌های تغذيه‌ای آبزيان اسيدهای چرب غيراشباع موجود در بافت و اندام‌های مختلف آن‌هاست. مهمترين ويژگی چربی ماهيان خاوياری نيز حضور مقدار بالای اسيدهای چرب غيراشباع در بافت آنهاست (۲۳ و ۲۴) و به همين جهت از جمله با ارزش‌ترين مواد غذايی جهان می‌باشند. بر روی سنجش اسيد چرب آبزيان نيز مطالعات متعددی صورت گرفته است، به‌طوری‌كه اسيدهای چرب بافت ماهی اوزون برون (۳)، تاسماهی ايرانی (۲۵) و ساير ماهيان خاوياری (۲۳) مورد مطالعه قرار گرفته است. از ديگرسو، احتمال وجود ارتباط بين پروفايل اسيدهای چرب ماهی و تجمع فلزات سنگين در جوامع بيولوژيک منطقی به نظر می‌رسد.

با توجه به اكولوژی ماهيان خاوياری كه در بستر آب، جايی كه فلزات سنگين در اثر وزنشان رسوب می‌نمايند، مهاجرت می-نمايند، و با توجه به ورود انواع مواد آلاينده به درياي مازندران در حاشيه‌های مختلف آن و اهميت صيد اين ماهيان در حوزه‌ی جنوبی اين دريا در استان‌های مازندران و گلستان، در پژوهش حاضر به استخراج و شناسايی فلزات سنگين كادميوم، سرب، جيوه و مس در اندام های ذخيره‌ای بدن ماهی خاوياری اوزون‌برون و نيز شناسايی كمی و كيفی اسيدهای چرب موجود در بافت اين ماهی اقدام گرديد.

مواد و روش‌ها

در ارديبهشت ۱۳۹۲ نمونه‌های ماهی اوزون‌برون به طور تصادفی از سواحل جنوبی درياي مازندران در استان‌های غربی مازندران (ناحيه ۵ شيلات شمال) و شرقی گلستان (ناحيه ۴ شيلات شمال) صيد و در فاصله‌ی زماني كوتاه در كيسه‌هاي پلی‌اتيلنی و فلاسک حاوی يخ (نسبت ۱:۱) به آزمايشگاه كنترل كيفيت مواد غذايي منتقل و در آنجا ماهيان، سرزنی، تخليه شكمی و استخوان‌گيری شدند و سپس به منظور زدودن امعاء و احشاء و خون با آب شستشو شدند و پس از بيومتري و تعيين جنسيت، جداسازي بافت‌هاي پوست، كبد و عضله با استفاده از كارد استيل و طبق استاندارد، آناليز آلاينده‌های اقيانوسی (۲۶) انجام شد. بافت‌هاي

www.SID.ir

Archive of SID

جدا شده همراه با برچسب در کیسه‌هاي پلی‌اتیلنی و در دماي ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداري شدند. به منظور به حداقل رساندن خطا در اندازه‌گیري و آلودگی به فلزات سنگین تمامی ظروف آزمایشگاهی ابتدا توسط مواد شوینده شسته و به مدت ۲۴ ساعت داخل ظرف محتوي اسید نیتریک ۱۵درصد قرار داده شدند و قبل از استفاده، با آب مقطر دوبار تقطیر شسته و خشک شدند (۲۶). تمام مواد شیمیایی از شرکت مرك آلمان تهیه گردید.

روش سنجش فلزات سنگین

پس از آماده سازي ظروف آزمایشگاهی نمونه هاي عضله، پوست و کبد هر ماهی از حالت انجماد خارج و سپس در دماي ۸۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ ساعت در آون خشک شدند (۲۶). سپس هر يك جداگانه در يك ظرف چيني به وسيله هاون پودر شدند. یک گرم از هر يك از نمونه‌هاي پودر شده‌ی عضله، پوست و کبد جداگانه با ترازوي ديجيتالي (با دقت ۰/۰۰۱) وزن و داخل ظرف پلاستيكي درب‌دار ريخته شد و به هرکدام از نمونه هاي‌عضله و کبد، پنج میلی لیتر اسید نیتریک ، ۲/۵ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک و یک میلی‌لیتر اسید هیدروکلریک و به نمونه‌هاي پوست نیز دو میلی‌لیتر اسید نیتریک، یک میلی‌لیتر اسید-سولفوریک و چهار میلی‌لیتر اسیدهیدروکلریک اضافه‌شد و به‌مدت ۴۵ دقیقه در حمام آبی ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده‌شدند.

پس از فرآیند هضم کامل، نمونه‌ها در بالن ژوژه قرار گرفته و با آب مقطر دوبار تقطیر به حجم ۲۰ میلی لیتر رسانده شدند. نمونه‌ها پس از عبور از کاغذ صافی داخل ظروف درب‌دار پلاستيكي جهت تزریق به دستگاه جذب اتمی نگهداري شدند. به همراه هر یک از نمونه‌ها یک نمونه‌ی شاهد اسیدي تهیه و همراه با دیگر نمونه آنالیز شد که فلزات در آن شناسائی نشدند.

جهت آماده سازی دستگاه، پس از تنظیمات مربوط به لامپ، جهت کشیدن خط کالیبراسیون، از محلول‌های استاندارد با غلظت‌های مختلف که از محلول استاندارد مادر با غلظت ۱۰۰۰ قسمت در میلیون (ppm) تهیه شده بودند، استفاده شد. برای ارزیابی صحت داده‌ها نیز از مواد استاندارد SRM استفاده گردید. سپس نمونه‌هاي هضم و آماده سازي شده به وسیله دستگاه جذب اتمي اسپکتروفتومتر مدل Varian مورد قرائت قرار گرفت و در نهایت در فرمول ذیل محاسبه و میزان غلظت بر مبناي قسمت در میلیون یا میکروگرم در گرم (µg/g) مشخص شد (۱۳ و ۲۶).

$$Cr = Ci\ V/m$$

که در آن: Cr : غلظت نمونه؛ Ci : غلظت دستگاه؛ V: حجم نهائی نمونه و m : وزن خشک ماده انتخاب شده می‌باشد.

روش سنجش اسید چرب

شناسایی پروفایل و ترکیب اسیدهای چرب به‌وسیله‌ی دستگاه کروماتوگرافی گازی (A, Agilent Technol ۷۸۹۰-GC) با دتکتور یونش شعله‌ای(FID) با لوله‌ی موئینه و ستون ۵۰ متر× ۰/۲۵ میلی‌متر× ۰/۲ میکرومتر صورت گرفت (۲۴). به‌طوری‌که پس از استخراج و محاسبه‌ی چربی، متیل استرهای اسیدچرب توسط استری شدن و آنالیز اسیدهای چرب نمونه‌ها توسط GC انجام شد و هلیوم به عنوان گاز حامل مورد استفاده قرار گرفت. طی یک برنامه حرارتی درجه حرارت تزریق ۲۴۰ درجه سانتی‌گراد ، ردیاب ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد ، ستون ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد و حجم تزریق یک میکرولیتر در نظر گرفته شد. دمای ستون ابتدا به مدت پنج دقیقه در ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد ثابت بود و سپس طی پنج دقیقه دمای ستون به ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد رسیده، ۱۰ دقیقه در این دما ثابت ماند و طی پنج دقیقه دما به ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد رسید و پس از یک دقیقه به دمای ۲۲۰ درجه رسید و پنج دقیقه نیز در این دما نگه داشته شد تا تمام ترکیبات خارج گردند. سرعت گاز حامل ۵۰ میلی‌لیتر در دقیقه، مقدار تزریق یک۱ میکرولیتر و نرخ شکافت *(Split ratio)* ۱:۱۰ بود. متیل‌استرهای اسید چرب با استفاده از استانداردهای معرف (Merk, Germany) و برحسب گرم‌در۱۰۰گرم تعیین شدند.

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه وتحلیل آماری توسط نرم افزار Spss۱۹ انجام گرفت. نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون Kolmogorov-Smirnov انجام شد و برای مقایسه‌ی میانگین داده‌ها از تجزیه واریانس یک طرفه ANOVA و آزمون جداساز دانکن با سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده گردید. ضریب همبستگی پیرسون و آنالیز رگرسیون خطی، جهت بررسی ارتباط میزان تجمع فلزات سنگین با اسید چرب و آزمون آماری Independent t-test در خصوص تعیین ارتباط بین داده‌ها مورد استفاده قرارگرفتند. برای رسم نمودارها و جدول‌ها از نرم افزارExcel ۲۰۰۷ استفاده شد.

نتایج

استخراج و شناسایی فلزات سنگین

میانگین غلظت فلزات سنگین در بافت فیله، کبد و پوست ماهی اوزون‌برون به ترتیب در جدول‌های ۱ تا ۳ نشان داده شده است. نتایج اختلاف معنی داری را بین فیله‌ی ماهیان دو استان مازندران و گلستان نشان نداد. در کل نیز گستره‌ی مقدار کادمیوم بین ۰/۱۳ تا ۰/۲۶ میکروگرم در گرم، سرب بین ۰/۱۲ تا ۱/۲۲ میکروگرم در گرم، جیوه بین ۰/۱۵ تا ۰/۴۲ میکروگرم در گرم و مس بین ۱/۲۸ تا ۳/۰۵ میکروگرم در گرم اندازه گیری شد.

پروفایل اسید های چرب

مقادیر چربی بافت ماهیان اوزون‌برون به ترتیب ۱۱/۰۵ و ۱۰/۶۱ درصد در سواحل مازندران و گلستان تعیین شد. پروفایل مقایسه‌ای اسیدهای چرب بافت فیله‌ی ماهی اوزون‌برون و همچنین ترکیب سری‌های اسیدهای چرب این گونه در سواحل جنوبی دریای مازندران در استان‌های مازندران و گلستان در جدول‌های ۴ و ۵ نشان داده‌شده‌است. همچنین در شکل‌های ۱ تا ۳ نمودار روابط همبستگی بین چربی بافت فیله (درصد) و مجموع فلزات سنگین (میکروگرم در گرم) موجود در عضله، کبد و پوست ماهیان خاویاری اوزون‌برون جنوب دریای مازندران نشان داده شده است.

طبق نتایج جداول ۴ و ۵ در بین اسیدهاي چرب ماهی اوزون برون سواحل مازندران و گلستان، اولئیک اسید (۱۸:۱C) با میزان به ترتیب

www.SID.ir

Archive of SID

۴۵/۰۲ و ۳۹/۸۵ درصد و آراشیدونیک اسید (C۲۰:۴) به ترتیب با میزان ۱/۰۹ و ۰/۵۵ درصد کمترین مقدار اسیدهاي چرب را تشکیل داده اند. پالمیتیک اسید (C۱۶:۰) در هر دو استان بالاترین میزان اسید اشباع را به خود اختصاص داد.

از طرفی نسبت اسیدهای چرب امگا-۳ به امگا-۶ در بافت اوزون‌برون مازندران و گلستان را به ترتیب ۴/۰۱ و ۲/۴۸ درصد نشان داده شد. بیشترین مقدار مجموع اسیدهای چرب امگا-۳ (با ۱۸/۴۵ درصد) در بافت اوزون‌برون ناحیه مازندران و بالاترین مجموع اسیدهای چرب امگا-۶ (با ۵/۴۱ درصد) در بافت نمونه‌های ناحیه گلستان به دست آمد. رابطه‌ی ترتیبی UFA>MUFA>PUFA>SFA در هر دو منطقه برقرار بوده است.

مطابق نمودارهای ۱ تا ۳، مطالعه‌ی روابط همبستگی و رگرسیون بین مجموع فلزات سنگین کادمیوم، سرب، جیوه و مس (میکروگرم در گرم) در بافت‌های عضله، کبد و نیز پوست ماهیان اوزون‌برون با ترکیبات چربی ماهی (درصد) نشان داد که رابطه‌ی همبستگی بالایی بین شاخص‌های فوق وجود دارد، درحالی‌که این ارتباط با اسیدهای چرب گروه امگا-۳ این‌چنین نبود (شکل ۴).

جدول ۱- میزان فلزات سنگین در وزن خشک بافت فیله‌ی ماهی خاویاری اوزون‌برون دریای مازندران (میکروگرم در گرم)

اندام ماهی	منطقه جغرافیایی	کادمیوم		سرب		جیوه		مس	
		±SD	Mean	±SD	Mean	±SD	Mean	±SD	Mean
فیله اوزون‌برون	گلستان	۰/۰۱	۰/۱۳ a	۰/۰۱	۰/۱۲ a	۰/۰۶	۰/۱۵ a	۰/۰۴	۱/۲۸ a
	مازندران	۰/۰۳	۰/۱۴ a	۰/۰۳	۰/۱۶ a	۰/۰۹	۰/۱۸ a	۰/۱۴	۱/۸۵ a

حروف مشابه در هر ستون بیان‌گر عدم وجود تفاوت معنی دار آماری است ($p < ۰/۰۵$).

جدول ۲- میزان فلزات سنگین در وزن خشک بافت کبد ماهی خاویاری اوزون‌برون دریای مازندران (میکروگرم در گرم)

اندام ماهی	منطقه جغرافیایی	کادمیوم		سرب		جیوه		مس	
		±SD	Mean	±SD	Mean	±SD	Mean	±SD	Mean
کبد اوزون‌برون	گلستان	۰/۰۶	۰/۲۲ a	۰/۰۱	۰/۳۱ a	۰/۰۲	۰/۲۶ a	۰/۲۲	۲/۳۱ a
	مازندران	۰/۱۰	۰/۲۶ a	۰/۰۶	۱/۲۲ b	۰/۰۲	۰/۳۱ a	۰/۱۳	۳/۰۵ a

حروف مشابه در هر ستون بیان‌گر عدم وجود تفاوت معنی دار آماری است ($p < ۰/۰۵$).

جدول ۳- میزان فلزات سنگین در وزن خشک پوست ماهی خاویاری اوزون‌برون دریای مازندران (میکروگرم در گرم)

اندام ماهی	منطقه جغرافیایی	کادمیوم		سرب		جیوه		مس	
		±SD	Mean	±SD	Mean	±SD	Mean	±SD	Mean
پوست اوزون‌برون	گلستان	۰/۰۰	۰/۰۱ a	۰/۰۲	۰/۳۷ a	۰/۰۰	۰/۱۱ a	۰/۱۷	۲/۵۱ a
	مازندران	۰/۰۱	۰/۱۹ b	۰/۰۵	۱/۰۹ b	۰/۰۵	۰/۴۲ b	۰/۰۹	۲/۸۵ a

حروف مشابه در هر ستون بیان‌گر عدم وجود تفاوت معنی دار آماری است ($p < ۰/۰۵$).

www.SID.ir

Archive of SID

بحث

بررسی میزان فلزات سنگین در بافت فیله

در مقایسه‌ی میانگین غلظت فلزات سنگین در بافت فیله‌ی اوزون‌برون، اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌های دو ساحل جنوب غرب (مازندران) و جنوب شرق (گلستان) مشاهده نشد($p > ۰/۰۵$). با توجه به نتایج، میزان فلزات سنگین در بافت فیله‌ی اوزون‌برون در دو ناحیه‌ی صید با هم اختلاف معنی‌داری ($p > ۰/۰۵$) نداشتند. بیشترین میزان فلز به‌دست آمده در بافت فیله، مربوط به فلز مس با میزان ۱/۸۵ و کمترین آن سرب با میزان ۰/۱۲ میکروگرم در گرم بود ($p > ۰/۰۵$). حد مجاز فلز مس برای مصرف گوشت ماهیان طبق استاندارد سازمان بهداشت جهانی ۱۰ قسمت در میلیون (۲۷) می‌باشد. علی‌رغم این‌که فلز مس در نمونه‌های هر دو ساحل بالاترین مقدار را به خود اختصاص داده، با این حال میزان آن در بافت فیله از حد استاندارد تعیین شده کمتر بوده است. محدوده‌ی مجاز حضور فلزات سنگین مواد غذایی برای مصرف انسانی مطابق توصیه WHO (۲۷) برای فلز کادمیوم ۰/۲، جیوه ۰/۵، مس ۱۰ میکروگرم در گرم و برای سرب نیز عدم حضور تا ۲ میکروگرم در گرم است. با توجه به محدوده‌ی استاندارد، میزان این چهار فلز در بافت فیله از حد استاندارد بالاتر نبوده‌است.

غلظت مس اندازه گیري شده در بافت عضله‌ی اوزون‌برون در پژوهش کنونی، از مقادیر به‌دست آمده در ماهیانی نظیر تاسماهی ایرانی و اوزون‌برون (۱۶) کمتر بوده است. شایان توجه است که میزان به‌دست آمده برای عنصر مس (Cu) در تحقیق حاضر که بالاترین میزان تجمع در تمام بافت‌های ماهیان خاویاری را داشت، از مقادیر مطالعه شده در بافت عضله‌ی ماهیان دریای مدیترانه نظیر ماهی ساری اطلس *Scomberesox saurus*، ساردین پیلچارد *Sardina pilchardus*، ماهی تریگلا *Trigla cuculus*، گل‌آذین ماهی *Atherina hepsetus*، سیم دریایی *Sparus auratus* و کفال خاکستری *Mugli cephalus* توسط جانالی و آتلی (۴) نیز کمتر بوده است.

با توجه به نتایج موجود در این بررسی بافت عضله به عنوان اصلی‌ترین بخش خوراکی ماهی دارای کمترین تجمع فلزات سنگین می‌باشد. بنابراین حداقل میزان جذب و تجمع فلزات سنگین در عضله آبزیان دیده می‌شود. محققانی همانند آگوسا و همکاران (۱۰)، یاریچ و

جدول ۴- اسیدهای چرب نمونه های بافت فیله‌ی ماهی اوزون برون (گرم در ۱۰۰ گرم) در سواحل جنوب شرق و غرب دریای مازندران

نوع و سری اسید چرب		اوزون برون Acipenser stellatus			
		مازندران		گلستان	
		±SD	Mean	±SD	Mean
C۱۴:۰	سری اشباع	۰/۰۳	۱/۷۵ b	۰/۲۱	۲/۰۵ a
C۱۶:۰		۱/۷۵	۷/۴۱ b	۱/۴۱	۸/۲۱ a
C۱۸:۰		۱/۰۵	۱/۳۸ b	۰/۲۲	۱/۶۵ a
۷-ω C۱۶:۱	سری تک غیراشباع	۰/۵۵	۲۱/۰۵ a	۲/۴۱	۲۲/۱۶ a
۹-ω C۱۸:۱		۲/۰۲	۴۵/۰۲ a	۳/۰۵	۳۹/۸۵ b
۶-ω C۱۸:۲	سری ۶-ω	۰/۲۵	۳/۵۱ b	۱/۶۵	۴/۸۶ a
۶-ω C۲۰:۴		۰/۱۱	۱/۰۹ b	۰/۰۲	۰/۵۵ a
۳-ω C۱۸:۳	سری ۳- ω	۱/۰۳	۸/۵۷ a	۱/۲۵	۷/۳۶ a
۳-ω C۲۰:۵		۱/۲۵	۴/۶۸ a	۰/۵۲	۳/۲۵ a
۳-ω C۲۲:۶		۰/۵۵	۵/۲۰ b	۰/۳۳	۲/۸۱ a
مجموع اسیدهای چرب شناخته شده		۹۹/۶۶		۹۲/۷۵	

حروف مشابه در هر ستون بیان‌گر عدم وجود تفاوت معنی دار آماری است ($p > ۰/۰۵$).

www.SID.ir

Archive of SID

همکاران (۱۱)؛ حیدری و همکاران (۲۱) و اونارا و همکاران (۱۲) چنین نتیجه‌ای را در ماهیان خاویاری دیگر گزارش نموده‌بودند.

بررسی میزان فلزات سنگین در بافت کبد

بافت کبد ماهی شاخص خوبی از لحاظ در معرض قرار گرفتن طولانی مدت با فلزات سنگین محسوب می‌شود (۶). دلیل این امر این است که اندام کبد جایگاه متابولیسم فلزات بوده و می‌تواند نشان‌گر خوبی برای آلودگی محیط زیست ماهی به فلزات سنگین باشد. در پژوهش حاضر، عضو کبد به دلیل اینکه اندام اصلی در سوخت و ساز بدن است و صدمات اصلی را تحمل می‌کند، به عنوان اندام هدف انتخاب شد. بر اساس نتایج، میزان سرب در بافت کبد اختلاف معنی‌داری را بین دو ساحل جنوب غربی و جنوب شرقی نشان داده است ($p < ۰/۰۵$). بالاترین میزان مربوط به غلظت فلز مس (Cu) بوده که در کبد ماهی اوزون‌برون سواحل مازندران به ۳/۰۵ میکروگرم در گرم رسید.

روند تجمع فلز مس در بافت‌های مختلف ماهیان اوزون‌برون به صورت "کبد> پوست > فیله" بوده‌است. الگوی کلی تجمع فلزات سنگین در بافت کبد بصورت "مس > سرب > جیوه > کادمیوم" می‌باشد. از طرف دیگر، بیشترین غلظت فلز کادمیوم در بافت کبد مشاهده گردید که با نتایج به‌دست آمده در تحقیقات یاریچ و همکاران (۱۱) از بافت کبد گونه‌ی تاسماهی شیپ و ابطحی و همکاران (۲۰) روی بافت کبد گونه‌ی اوزون برون هم‌خوانی دارد.

همچنین در این پژوهش کمترین میزان تجمع زیستی فلزات سنگین در بافت عضله‌ی ماهیان و بیشترین تجمع آن در بافت کبد مشاهده شد. جیوه نیز اختلاف معنی‌داری را نشان نداد ($p < ۰/۰۵$). روند الگوی تجمع سرب در اوزون برون در اندام‌های مختلف به صورت "کبد >پوست > فیله" بوده‌است.

نکته مهم این است که نتایج حاصل از این تحقیق پیرامون بافت کبد ماهی اوزون برون دریای مازندران نشان داد که میانگین غلظت فلز

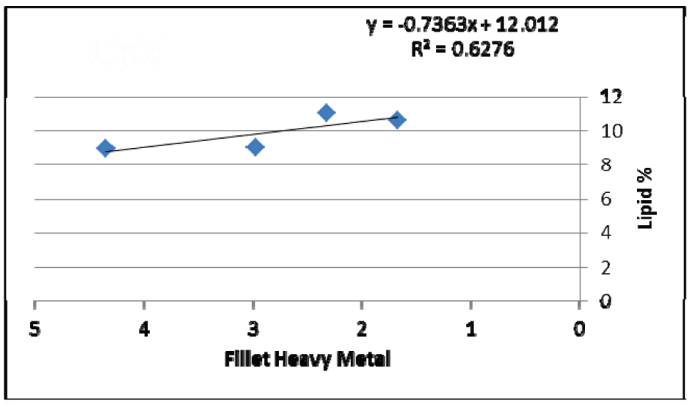
جدول ۵- ترکیب گروه‌های اسید چرب نمونه بافت فیله‌ی ماهیان اوزون برون (گرم در ۱۰۰ گرم) در سواحل جنوب شرق و غرب دریای مازندران

نوع و سری اسید چرب		اوزون برون Acipenser stellatus			
		مازندران		گلستان	
		±SD	Mean	±SD	Mean
مجموع اشباع	SFA	۱/۵۵	۱۰/۵۴	۱/۰۵	۱۱/۹۱
مجموع تک غیراشباع	MUFA	۲/۰۶	۶۶/۰۷	۱/۵۴	۶۲/۰۱
مجموع غیراشباع*	UFA	۲/۰۵	۸۹/۱۲	۳/۰۳	۸۰/۸۴
مجموع چند غیراشباع	PUFA	۱/۳۳	۲۳/۰۵	۲/۱۲	۱۸/۸۳
نسبت چند غیراشباع به اشباع*	PUFA/SFA	۰/۰۹	۲/۱۸	۰/۱۰	۱/۵۸
نسبت غیراشباع به اشباع*	UFA/SFA	۰/۵۵	۸/۴۵	۰/۲۱	۶/۷۸
مجموع امگا-۳*	ω-۳	۱/۲۱	۱۸/۴۵	۱/۳۴	۱۳/۴۲
مجموع امگا-۶	ω-۶	۰/۳۳	۴/۶۰	۰/۶۴	۵/۴۱
مجموع EPA و DHA*	EPA+DHA	۱/۱۵	۹/۸۸	۱/۰۵	۶/۰۶
نسبت DHA به EPA*	DHA/EPA	۰/۰۸	۱/۱۱	۰/۰۵	۰/۸۶
نسبت امگا-۳ به امگا-۶*	ω-۶/ω-۳	۰/۲۵	۴/۰۱	۰/۴۵	۲/۴۸
شاخص پلی ان*	DHA+EPA / C۱۶	۰/۰۱	۰/۳۴	۰/۰۱	۰/۲۰
مجموع اسیدهای چرب شناخته شده		۹۹/۶۶		۹۲/۷۵	

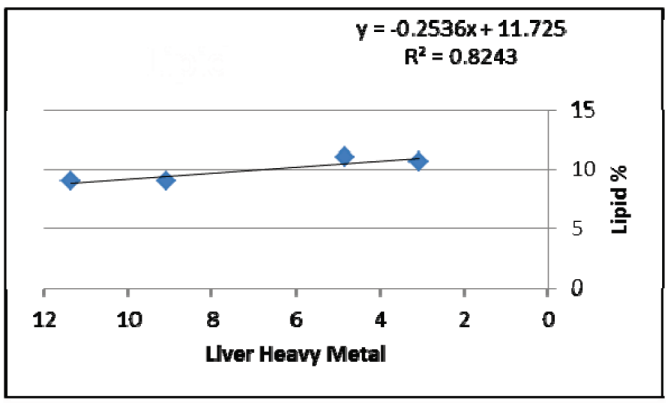
* بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار آماری در هر ردیف است ($p < ۰/۰۵$).

www.SID.ir

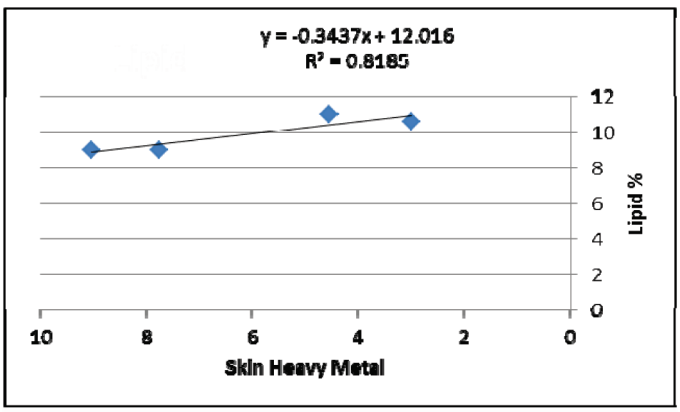
Archive of SID



شکل ۱- نمودار رابطه‌ی همبستگی بین چربی بافت فیله (درصد) و مجموع فلزات سنگین (میکروگرم در گرم) عضله ماهیان خاویاری



شکل ۲- نمودار رابطه‌ی همبستگی بین چربی بافت فیله (درصد) و مجموع فلزات سنگین (میکروگرم در گرم) کبد ماهیان خاویاری



شکل ۳- نمودار رابطه همبستگی بین چربی بافت فیله (درصد) و مجموع فلزات سنگین (میکروگرم در گرم) پوست ماهیان خاویاری

www.SID.ir

Archive of SID

کادمیوم (۰/۲۲ و ۰/۲۶ میکروگرم در گرم) از حد مجاز سازمان بهداشت جهانی بیشتر بوده است. MacDonald و همکاران (۹) در کبد تاسماهی سفید نیز مقادیر بالایی از تجمع سرب یافتند که به مراتب آلوده‌تر بود (جدول ۶).

نتایج تحقیقات مختلف روی گونه‌های مختلف نظیر ماهیان خاویاری اوزون برون (۸، ۲۰ و ۲۱) و تاسماهی سفید (۹) میزان سرب (Pb) و مس (Cu) را در بافت کبد بالاتر از جیوه (Hg) و کادمیوم (Cd) نشان می‌دهد مگر اینکه آب به دلیل خاصی دچار آلودگی شدید با جیوه یا کادمیوم شده باشد. تحقیقات مختلف در گونه هاي متفاوت ماهي نشان مي دهد كه غلظت عناصر سنگين گاهي در آبشش و گاهي در كبد حداكثر ميزان را دارند ولي تقريباً در تمامي تحقيقات، غلظت عناصر سنگين در كبد و آبشش بيشتر از عضله مي‌باشد و با آنها اختلاف معني‌داري دارد.

بررسی میزان فلزات سنگین در پوست

بر اساس نتایج، فلز مس در پوست ماهی اوزون‌برون بیشترین غلظت را نسبت به فلزات دیگر داشته است ولی از لحاظ کمّی حضور مس کمتر از کبد و بیشتر از عضله‌ی ماهی بوده‌است. تجمع جیوه در بافت پوست اوزون برون مازندران بیشتر از اوزون برون گلستان بوده ($p < ۰/۰۵$) ولی از حد استاندارد جهانی (۲۷) کمتر بوده است. میانگین غلظت فلز سرب در بافت پوست اوزون برون مازندران بیشتر از اوزون برون گلستان بوده است. میانگین غلظت فلز کادمیوم در بافت پوست قره‌برون مازندران بیشتر از قره‌برون گلستان مشاهده شد.

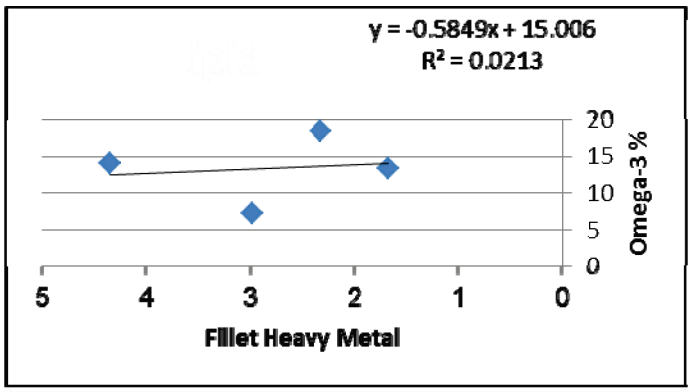
به طور کلی نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که میانگین غلظت فلزات مس و سرب نسبت به کادمیوم و جیوه در بافت‌های پوست و کبد اوزون برون در هر دو ناحیه بیشتر است و اختلاف معنی داری نسبت به هم دارند ($p < ۰/۰۵$). زیرا سرب و مس بیشترین کمیّت را در میان عناصر سنگین محیط زیست دریای مازندران به خود اختصاص داده‌اند و در اعماق مختلف نیز همین الگو صدق می‌کند (۲۸). گستردگی منابع سرب و مس و فراوانی شاخه‌های استفاده از این عنصر در صنعت رنگ سازی، پتروشیمی، رادیوژی، سوخت های فسیلی و ... سبب گردیده تا این عناصر از پراکنش بسیار بالایی در تمامی اکوسیتم‌ها برخوردار باشند.

تفاوت غلظت فلزات سنگین در بافت‌های مختلف می‌تواند ناشی از متغیر بودن فلزات سنگین در زمینه غلبه بر پیوندهای فلزی پروتئین‌ها باشد (۶). بین تجمع فلزات در بافت‌هاي مختلف با گونه‌ی ماهي نيز رابطه وجود دارد كه ممكن است مرتبط با عادات غذايي آن‌ها و ظرفيت تجمع زيستي هرگونه باشد (۱۱).

تجمع فلزات سنگین در بافت نمونه‌های استان مازندران بیشتر از گلستان بوده است که این امر می‌تواند ناشی از ساختار زمین-شناسی منطقه یا وجود منابع آلاینده حاصل از فعالیت‌های انسانی نظیر تخلیه فاضلاب‌های شهری، صنعتی و همچنین تردد قایق‌های صیادی- تفریحی، کشتی‌های تجاری و... باشد. رودخانه‌های منتهی به دریاچه مازندران در سال‌هاي اخير با كاهش كيفيت آبي چشمگيري روبرو شده‌اند، كه مولفين علاوه بر خشكسالی‌های اخير، تخليه فاضلاب‌هاي شهري، صنعتي و كشاورزي را علت اصلي آن مي‌دانند. گونه‌های مختلف آبزیان به لحاظ ترکیبات متفاوت در بافتشان، پتانسیل جذب مقادیر مختلف عناصر سنگین را دارند.

فلزات سنگین به علت وزن بالا بیشتر در اعماق آب‌ها و در بستردریا رسوب می‌کنند به این علت احتمال تجمع فلزات در آبزیانی همانند ماهیان خاویاری که نزدیک بستر دریا تغذیه می‌کنند، بیشتر می‌باشد. بنابراین بررسی فلزات سنگین در این گونه‌ها ضرورت بیشتری دارد و از آنجایی که ماهیان خاویاری از دسته ماهیان با ارزش از نظر اقتصادی و تغذیه‌ای می‌باشند، باید در محیط‌های سالم‌تری قرار گیرند.

گزارش شده‌است که حداکثر تجمع و ذخیره فلزات سنگین در ماهیان كفزي‌خوار، پلانكتون‌خوارها و گوشتخواران سطحزی رخ مي‌دهد (۶).



شکل ۴- نمودار رابطه همبستگی بین اسیدهای چرب امگا-۳ (درصد) و مجموع فلزات سنگین (میکروگرم در گرم) فیله ماهیان خاویاری

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج پژوهش کنونی مبین این است که حتی در یك محیط آبي و یک ناحیه معین از اکوسیستم، میزان عناصر سنگین در اندام‌های مختلف یک گونه‌ی ماهی، متفاوت از یکدیگر می‌باشد. در جدول ۶ تجمع فلزات سنگین در بافت‌های چند گونه ماهی خاویاری در اکوسیستم دریای مازندران با نتایج حاصل از بررسی حاضر مقایسه شده است.

علی‌رغم گذشت حدود ۱۰ سال از پژوهش صادقی‌راد و همکاران (۱۶)، همچنان مقادیر کادمیوم در ماهیان خاویاری دریای مازندران تثبیت شده‌است. اما طبق اظهارات آگوسا و همکاران (۱۰)، میانگین غلظت فلز جیوه در عضله‌ی قره برون و اوزون برون دریاي مازندران به ترتیب ۰/۳۳ و ۰/۰۶ میکروگرم در گرم می‌باشد. این مقدار در بافت اوزون‌برون کمتر از بررسی حاضر بوده است. همچنین در بافت عضله‌ی ماهی اوزون‌برون در سواحل گلستان مقادیر ۰/۱۵ میکروگرم در گرم جیوه و ۱/۲۸ میکروگرم در گرم مس سنجش شد، در حالیکه حیدری و همکاران (۲۱) همین شرایط را در همین منطقه به ترتیب ۰/۳۸۴ و ۱/۷۸ میکروگرم در گرم برآورد نمودند و ابطحی و همکاران (۲۰) مقدار فلز مس را در کبد اوزون‌برون در سواحل گلستان ۲۴/۴۱ میکروگرم در گرم یا به عبارتی ۰/۰۰۰۰۲ میکروگرم در گرم در وزن تر محاسبه نمودند و باتوجه به مشخص‌نبودن درصد رطوبت کبد در پژوهش مذکور، امکان مقایسه با نتایج کنونی مهیا نیست. گفتنی است پورنگ و همکاران (۲۲) در بخش-های خوراکی هر پنج گونه‌ی ماهی خاویاری دریای مازندران، فلزات سنگین سرب، مس، روی و کادمیوم را پایین‌تر از محدوده‌ی مجاز معرفی شده توسط نهادهای بین‌المللی برآورد نمودند. ماهیانی که دارای رژیم غذایی بنتوزخواری یا تغذیه از کف می‌باشند، استعداد تجمع مقادیر زیادی از فلزات سنگین را درخود دارا می‌باشند، این فرآیند در ماهی خاویاری اوزون‌برون نیز مشاهده شده است.

برای حذف فلزات سنگین از محیط آب، علاوه بر خواص عملکردی برخی مواد شیمیایی، دسته‌ای از مواد طبیعی و برخی گیاهان نیز موثر هستند (۲۹).

ارزیابی ترکیب اسیدهای چرب

محتواي چربي و ترکیب اسیدهاي چرب موجود در اندام‌هاي مختلف بدن ماهیان تحت تأثیر گونه، جنس، سن، دماي آب، میزان آلودگي و وضعیت تغذیه در فصول مختلف قرار مي‌گیرد. ترکیب کلی اسیدهای چرب ماهیان خاویاری مورد مطالعه تا حد زیادی با پروفایل‌های منتشرشده اوزون‌برون توسط هدایتی‌فرد و یوسفیان (۳) مطابقت دارد.

در مطالعه‌ی کنونی اسیدهای چرب غیراشباع (UFA) برای همه‌ی نمونه‌ها بیشترین گروه اسیدچرب را تشکیل داده‌اند و بعد آن اسیدهای چرب تک غیر اشباع (MUFA)، چندغیراشباع (PUFA) و اشباع (SFA) قرار داشتند. الگوی مشابهی در مطالعات چن و همکاران (۳۰)؛ عیسایف و موسایف (۲۳) و همچنین هدایتی‌فرد و یوسفیان (۳) گزارش شده است. در سال‌های اخیر مطالعاتی پیرامون اسیدهای چرب انواع ماهیان خاویاری به ویژه جنس تاسماهی یا Acipenser نیز منتشر شده است (۳۱ و ۳۲).

مقدار مجموع اسیدهای چرب ایکوزاپنتانوئیک (EPA) و دوکوزاهگزانوئیک (DHA) به ترتیب در نمونه‌ی اوزون برون سواحل مازندران و گلستان ۹/۸۸ و ۶/۰۶ گرم در ۱۰۰ گرم بوده است که با مطالعه‌ی هدایتی‌فرد و معینی (۲۵) روی ماهی قره‌برون و هدایتی‌فرد و یوسفیان (۳) بر روی گونه‌ی اوزون‌برون مطابقت دارد.

نسبت مجموع اسیدهای چرب امگا-۳ (ω-3) در گوشت ماهی اوزون‌برون و قره‌برون صید شده در استان مازندران بیشتر از استان گلستان می باشد. نسبت مناسب اسیدهای چرب امگا-۶ به امگا-۳ (ω-۶/ω-۳) از نظر تغذیه‌ای باید کمتر از چهار به یک باشد. این نسبت در نمونه‌های بافت اوزون‌برون مورد مطالعه به مراتب در محدوده ارزشمندتری قرار دارد. نسبت اسیدهای چرب امگا-۳ به امگا-۶ در محدوده ۴/۰۱ و ۲/۴۸ گرم در ۱۰۰ گرم به ترتیب برای اوزون‌برون سواحل مازندران و گلستان بوده است. مجموع اسید چرب غیراشباع (UFA) و مجموع امگا-۳ در نمونه‌های سواحل جنوب غربی (مازندران) بیشتر بوده و دارای اختلاف معنی‌دار بوده‌اند ($p < ۰/۰۵$).

ارتباط تجمع فلزات سنگین با اسیدهای چرب

با مطالعه ضرایب همبستگی این نتیجه حاصل شد که رابطه مثبت معنی‌داری بین میزان تجمع فلزات سنگین با چربی بافت فیله وجود دارد (شکل‌های ۱ تا ۴). بررسی اسیدهای‌چرب فیله‌ی ماهیان در رابطه با تجمع فلزات سنگین در بافت‌های کبد (R^2 =۰/۸۲۴)، پوست (R^2 =۰/۸۱۸) و عضله (R^2 =۰,۶۲۷) ماهیان خاویاری نشان داد که رابطه همبستگی مثبت و بالائی بین اسیدهای چرب گروه غیراشباع (UFA) و غیراشباع با چند پیوند دوگانه (PUFA) به ویژه در گروه امگا-۶ وجود دارد. همچنین همبستگی مثبتی بین میزان اسیدهای چرب امگا-۶ فیله (R^2 =۰,۷۱۶) با غلظت فلزات سنگین دیده‌شد، اما در اسیدهای چرب امگا-۳ فیله این ارتباط دیده نشد (R^2 =۰,۰۲۱) (شکل ۴) این مسئله حاکی از این است که هرچه میزان اسیدهای چرب غیراشباع و گروه امگا-۶ در بافت ماهی اوزون‌برون بیشتر باشد، امکان تجمع فلزات سنگین در این بافت‌ها بیشتر می‌شود، و به عبارت بهتر، با افزایش گروه امگا-۳ در چربی ماهیان خاویاری، احتمال کاسته‌شدن از شدت تجمع فلزات سنگین در بافت‌های بدن وجود دارد. بنابراین با دانستن مقادیر چربی و اسیدهای چرب امگا-۶ و امگا-۳ می‌توان احتمالاتی پیرامون آلوده بودن بافت خوراکی ماهیان خاویاری به فلزات سنگین را بیان کرد که نزدیک به واقعیت باشد. میزان چربي بافت‌ها عامل مهمي در تجمع آلاینده‌ها در اندام‌هاي مختلف می‌باشد (۴). از سوی دیگر تحقیقات پولکسیچ و همکاران (۱۳) تایید کرد که تجمع فلزات سنگین در اندام-های مختلف ماهیان خاویاری درواقع پاسخی به حضور این فلزات در محیط بوده و تاثیر گذاری آن بر جمعیت تاسماهیان، خود ناشی از تاثیر فلزات سنگین روی یکدیگر و نیز سایر آلاینده‌ها می‌باشد.

حتی جریان‌هاي آبی دریاي مازندران می‌توانند آلاینده‌هاي معدنی و آلی مختلف را از بخش‌های شمالی به مناطق جنوبی منتقل نمایند. بنابراین پایش مستمر آب، آبزیان و رسوبات منطقه جهت بررسی میزان آلاینده‌هاي مختلف و همچنین اطمینان از سالم بودن ماهیان جهت مصرف ضروری است. با توجه به ارزش ماهیان خاویاری از نظر چربی و تغذیه‌ای، این گونه‌ها باید در محیط سالم‌تری زندگی کنند، چراکه آلودگی محیط زیست دریای مازندران به فلزات سنگین می‌تواند آنها را بیش از سایر آبزیان آلوده کند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶- مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین(میکروگرم در گرم) در بافت گونه‌های مختلف ماهی خاویاری در حوزه دریای مازندران

گونه مورد مطالعه	بافت	Pb	Cu	Cd	Hg	منابع
قره‌برون	عضله	۰/۰۱۲	۱/۷۲	۰/۰۰۶	-	Pourang et al (۲۲)*
تاسماهی شیپ	عضله	۰/۰۰۴	۱/۶۵	۰/۰۰۱	-	Pourang et al (۲۲)*
تاسماهی روسی	عضله	/۰۰۸	۱/۹۱	۰/۰۰۵	-	Pourang et al (۲۲)*
اوزون‌برون	عضله	۰/۰۳۷	۱/۲۲	۰/۰۰۲	-	Pourang et al (۲۲)*
فیل‌ماهی	عضله	۰/۰۱۱	۱/۷۷	۰/۰۰۲	-	Pourang et al (۲۲)*
قره‌برون	عضله	۰/۶۱	۱/۸	۰/۰۶	۰/۰۵	Sadeghirad et al (۱۶)*
اوزون‌برون	عضله	۰/۴۸	۱/۶۴	۰/۰۵۹	۰/۰۶	Sadeghirad et al (۱۶)*
اوزون‌برون	عضله	۰/۰۱۳	۱/۵۰	۰/۰۰۱	۰/۰۶	Agusa et al (۱۰)
فیل‌ماهی	عضله	۰/۰۲۲	۱/۴۲	۰/۰۰۱	۱/۴۰	Agusa et al (۱۰)
قره برون	عضله	۰/۰۰۶	۱/۷۴	۰/۰۰۲	۰/۳۳	Agusa et al (۱۰)
تاسماهی روسی	عضله	۰/۰۰۵	۱/۷۳	۰/۰۰۲	۰/۳۲	Agusa et al (۱۰)
تاسماهی شیپ	عضله	۰/۰۰۲	۲/۱۲	۰/۰۰۱	۰/۶۷	Agusa et al (۱۰)
اوزون‌برون	کبد	۰/۵۲۴	۲۰/۸۹	۰/۴۲۸	-	Abtahi et al (۲۰)
اوزون‌برون	کبد	۰/۶۸	۷/۵۲	۰/۱۸	-	Golovin et al (۸)*
اوزون‌برون	عضله	۰/۶۷	-	۰/۰۶	۰/۷۱	Golovin et al (۸)*
اوزون‌برون گیلان	عضله	-	۰/۵۵	-	۲/۱۸	Heidary et al (۲۱)
اوزون‌برون گیلان	کبد	-	۱/۶۶	-	۱/۱۳	Heidary et al (۲۱)
اوزون‌برون گلستان	عضله	-	۰/۳۸	-	۱/۷۸	Heidary et al (۲۱)
تاسماهی سفید	عضله	-	۰/۲۵	۰/۰۵	۰/۵۷۵	MacDonald et al (۹)
تاسماهی سفید	کبد	-	۲۶/۹	۱/۰۹	۱/۳۷	MacDonald et al (۹)
تاسماهی شیپ	عضله	-	-	۰/۰۸۵	۰/۹۷۶	Jarić et al (۱۱)
تاسماهی شیپ	کبد	-	-	۲/۸۲۶	۱۰۴/۰۱	Jarić et al (۱۱)
اوزون‌برون گلستان	عضله	۰/۱۲	۱/۲۸	۰/۱۳	۰/۱۵	تحقیق حاضر
اوزون‌برون مازندران	عضله	۰/۱۶	۱/۸۵	۰/۱۴	۰/۱۸	تحقیق حاضر
اوزون‌برون گلستان	کبد	۰/۳۱	۲/۳۱	۰/۲۲	۰/۲۶	تحقیق حاضر
اوزون‌برون مازندران	کبد	۱/۲۲	۳/۰۵	۰/۲۶	۰/۳۱	تحقیق حاضر

* ارقام ستاره‌دار حاصل از وزن تر می‌باشند.

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری نهایی

طی این بررسی مشخص شد که غلظت عناصر سنگین در بافت کبد بیشتر از پوست و عضله بوده‌است. در بین چهار فلز سنگین بررسی شده، غلظت کادمیوم در بافت کبد ماهی اوزون‌برون از حد مجاز بیشتر بوده است، که البته بخش خوراکی محسوب نمی‌شود. همچنین تجمع فلزات سنگین در نمونه‌های صیدشده از سواحل جنوب غربی (مازندران) بیشتر از جنوب شرقی (گلستان) بوده‌است. بیشترین تجمع فلزات سنگین در بافت‌های کبد و پوست به ترتیب مربوط به فلزات مس، سرب، جیوه و کادمیوم و در بافت فیله به ترتیب مربوط به مس، جیوه، سرب و کادمیوم بوده است. از طرف دیگر، با توجه به روابط همبستگی، تجمع فلزات سنگین در حضور اسیدهای چرب غیراشباع و امگا-۶ بیشتر ازاسیدهای چرب امگا-۳ فیله بوده‌است. همچنین اسیدهای چرب غیراشباع بیشترین میزان را در بافت فیله تشکیل داده‌اند و نسبت اسیدهای چرب امگا-۳ در گوشت ماهی اوزون‌برون صیدشده در سواحل جنوب غربی دریای مازندران بیشتر از سواحل جنوب شرقی بوده‌است. نتایج به‌دست آمده بیان‌گر سالم بودن نسبی ماهیان اوزون‌برون و عدم آلودگی شدید این ماهیان به عناصر سنگین می‌باشد.

منابع مورد استفاده

1. Coad, B., 2016. Review of the Pikes of Iran (Family Esocidae). *Iranian Journal of Ichthyology* 3(3):161-180.

2. Keyvanfar, A., Rochu, D., Marneux, M., Herance, N., and J.M. Fine, 1987. Différenciation par focalisation isoélectrique des protéines de caviar de quatre espèces et d'une sous-espèce d'esturgeon anadrome de la mer Caspienne. C.R., *Academy Sciences of Paris* 304 (III), 9: 191–193.

3. Hedayatifard, M., and M. Yousefian, 2007. Investigation on the Shelf Life and Changes of Lipid and Fatty Acid Composition of Sturgeon *(Acipenser stellatus)* in Frozen Storage, *Fishery Technology* 44(2): 193-198.

4. Canli, M. and G. Atli, 2003. The relationships between heavy metal (cd,cr,cu,fe,pb,zn) levels and size of six Mediterranean fish species. *Environmental Pollution* 121: 129-136.

5. Ben Salem, Z., Capelli, N., Laffray, X., Elise, G., Ayadi, H., and L. Aleya, 2014. Seasonal variation of heavy metals in water, sediment and roach tissues in a landfill draining system pond (Etueffont, France), *Ecological Engineering* 69: 25–37.

6. Endo T, araguchi K, Cipriano F, Simmonds M P, Hotla Y, and M. Sakata, 2004. Contamination by mercury and cadmium in the cetacean products from Japanese market. *Journal of Chemosphere* 54:1653-62.

7. Sfakianakis, D.G., Renieri, E., Kentouri, M., and A.M. Tsatsakis, 2015. Effect of heavy metals on fish larvae deformities: *A review, Environmental Research* 137: 246–255.

8. Golovin, A.H., Krichenko, C.G., Galutva, O.A., Konisheva, E.H., and L.D. Kyrlanova, 1990. Saderkhaniye nekotorikh khimicheshkikh elementob i khlororganicheskikh pectisidov ve mishikh j vnootrenikh organakh ruskogo ocetra, V. kn: Physiologo-biokhimicheskni status Volgo-Caspiskikh osetrovikh v norme i pri rasloyeni mishechnoi takani (*Kumulyativinii palitoksikos*), *Ribinisk* 1190: 52-54.

9. MacDonald, D.D., Ikonomou, M.G., Rantalaine, A.L., Rogers, I.H., Sutherland, D., and J.V. Oostdam, 1997. Contaminants in white sturgeon *(Acipenser transmontanus)* from the upper Fraser River, British Columbia, Canada. *Environmental Toxicology and Chemistry* 16, 479–490.

10. Agusa T, Kunito T, Tanabe S, Pourkazemi M, and D.G. Aubrey, 2004. Concentrations of trace elements in muscle of sturgeons in the Caspian Sea. *Journal of Marine Pollution Bulletin* 49: 789-800.

11. Jarić, I., Višnjić-Jeftić, Ž., Cvijanović, G., Gačić, Z., Jovanović, L., Skorić, S., and M. Lenhardt, 2011. Determination of differential heavy metal and trace element accumulation in liver, ills, intestine and muscle of sterlet *(Acipenser ruthenus)* from the Danube River in Serbia by ICP-OES, *Microchemical Journal* (98) 1: 77–81.

12. Onara, D.F., Radu, S., Holostenco, D., and T. Dana, 2013. Heavy metal bio-accumulation in tissues of sturgeon species of the Lower Danube River, Romania, *Scientific Annals of the Danube Delta Institute* 19: 87-94.

13. Poleksic, V., Lenhardt, M., Jarić, I., Djordjevic, D., Gacic, Z., Cvijanovic, G., and B. Raskovic, 2010. Liver, gills, and skin histopathology and heavy metal content of the Danube sterlet (*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758), *Environmental Toxicology Chemistry* 29(3): 515-21.

14. Li, Zh., Li, P., Dzyuba, B., and T. Randak, 2010. Influence of environmental related concentrations of heavy metals on motility parameters and antioxidant responses in sturgeon sperm, *Chemico-Biological Interactions* 188(3): 473–477.

15. Kolangi Miandare, H., Niknejad, M., Shabani, A., and R. Safari, 2016. Exposure of Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) to cadmium results in biochemical, histological and transcriptional alterations, Comparative Biochemistry and Physiology Part C: *Toxicology & Pharmacology* 181–182: 1–8.

16. Sadeghirad, M., Amini Ranjbar, Gh., Arshad, A., and H. Joshideh, 2005. Assessing Heavy metal content of muscle tissue and caviar of *Acipenser persicus* and *Acipencser stellatu*s in Southers Caspian Sea, *Iranian Scientific Fisheries Journal* 14(3): 79-100. [In Persian]

17. Gapeova, A.L., M.A. Tselmovich and V. Shirakov, 1990. Heavy metals in sturgeons of Volga River downstream, *Research Report, GosNIORKh*. [In Russian]

www.SID.ir

Archive of SID

18. Amini Ranjbar, Gh., Bahmani, M., Farshchi, P., and F. Shariat, 2003. Coefficient correlation of Heavy metals (Cu, Cd, Zn, Pb) in Persian Sturgeon's liver ans kidney (*Acipenser persicus*) and in the sediments of the Southern coast of the Caspian Sea, *Journal of Environmental Science and Technology* 17: 48-61. [In Persian]

19. Parvaneh, V., 1996. Surveying of mercury amounts in Caspian Sea Fish, *Journal of Veterinary, Tehran University* 20: 28-35. [In Persian]

20. Abtahi, B., Shojaii M.G., Esmaili-Sari A., Rahnema M., Sharifpour, I., Bahmni, M., Kazemi, R., Hallajian, A., 2007. Concentration of some heavy metals in tissues of stellate sturgeon *(Acipenser stellatus*) in the South Caspian Sea. *Journal of Environ*, 3: 77-8.

21. Heidary, S., Imanpour Namin J., and Monsefrad, F., 2012. Bioaccumulation of heavy metals Cu, Zn, and Hg in muscles and liver of the stellate sturgeon (*Acipenser stellatus*) in the Caspian Sea and their correlation with growth parameters, *Iranian Journal of Fisheries Sciences (Eng)*, 11(2) 325-337.

22. Pourang, N., Tanabe, S., Rezvani, S. and J.H. Dennis, 2005. Trace elements accumulation in edible tissues of five sturgeon species from the Caspian Sea. *Environmental Monitoring and assessment* 100(1-3): 89-108.

23. Isuyev, A.P and B.S. Musayev, 1989. Comparison of the Fatty Acid Composition of Lipids during Various Stages of Ontogeny in carp, Bighead, Salmon Trout and Russian Sturgeon, *Journal of Ichthyology* 29 (6): 128-131.

24. Stansby, M.E., 1990. Fatty acid composition of fish, in: Fish Oils In Nutrition, (ed. M.E. Stansby) VAN Nostrand Reinhold. N.Y. pp 6-39.

25. Hedayatifard, M. and S. Moeini, 2004. Quantitative and qualitative identification of the fatty acids in Persian sturgeon tissue (*Acipenser persicus*) and effect of long term freezing on them, *Journal of Food Research (Former Agricultural Science)* 14(3):123-132. [In Persian]

26. MOOPAM, 1999. Manual of Oceanographic Observations and Pollutant Analysis Methods, 3rd ed, Regional Organization for the Protection of the Marine Environment, Kuwait.

27. WHO, 2007. Health risks of heavy metals from long-range transboundary air pollution, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen O, Denmark, 130p.

28. Nasrollahzadeh Saravi, H, Najafpour, S, Rezaei, M. and A. Solaimaniroudi, 2014. Temporal and spatial ofheavy metals concentrations (Zn, Cu, Ni, Pb, Cd and Hg) in Iraniancoastalwaters of the Southern Caspian Sea, *Journal of Marine Biology* 6 (1) :1-12. [In Persian]

29. Repo, E., Warchoł, J.K., Bhatnagar, A., Mudhoo, A., and M. Sillanpää, 2013. Aminopolycarboxylic acid functionalized adsorbents for heavy metals removal from water, *Water Research* (47) 14: 4812–4832.

30. Chen, I.-C., Chapman, F.A., Wei, C.-I., Portier, K.M., and S.F.J. O'Keefe, 1995. Differentiation of cultured and wild sturgeon (*Acipenser oxyrinchus desotoi*) based on fatty acid composition, *Food Science 60*:631–635.

31. Luo, L., Ai, L., Li, T., Xuem M., Wang, J., Li, W., Wu, X., and X. Liang, 2015. The impact of dietary DHA/EPA ratio on spawning performance, egg and offspring quality in Siberian sturgeon (*Acipenser baeri*), *Aquaculture* 437: 140–145.

32. Nieminen, P., Westenius, E., Halonen, T. and A. Mustonen, 2014. Fatty acid composition in tissues of the farmed Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*), *Food Chemistry* 159: 80–84.

www.SID.ir