میزان آهن، روی و مس در بافت عضله، کبد و خاویار تاسماهی سیبری پرورشی (*Acipenser baerii*) در استان خوزستان

اعظم محمدصالحی[1*]
محمد ولایت‌زاده[2]

۱. باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
۲. باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

***مسئول مکاتبات:**
a.mohamadsalehi1358@gmail.com

کد مقاله: ۱۳۹۷۰۲۰۴۸۰
تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۱۲
این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی است.

چکیده

عناصر ضروری نظیر آهن، روی و مس در بدن ماهیان فعالیت‌های متابولیسمی دارند و در رشد و نمو آن‌ها تاثیرگذار هستند. افزایش غلظت این عناصر در اندام‌های ماهیان سبب مسمومیت می‌گردد. این تحقیق در سال ۱۳۹۳ با هدف تعیین و مقایسه میزان عناصر سنگین آهن، روی و مس در عضله، کبد و خاویار تاسماهی سیبری پرورشی (*Acipenser baerii*) در فصل بهار در استان خوزستان انجام شد. ۳۰ قطعه تاسماهی سیبری به صورت کاملا تصادفی از ۵ استخر پرورشی مزرعه پرورش ماهیان خاویاری حنطوش‌زاده واقع در شهرستان دزفول تهیه شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها به کمک نرم‌افزار SPSS17 انجام شد و میانگین تیمارها به کمک آنالیز واریانس یکطرفه (ANOVA-One way) با یکدیگر مقایسه شدند. بالاترین میزان آهن، روی و مس به ترتیب ۷/۴۲±۰/۶۸، ۴۲/۲۲±۳/۴۸ و ۳/۷۲±۰/۳۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم در کبد تاسماهی سیبری به دست آمد (P<۰/۰۵). پایین‌ترین میزان این عناصر نیز به ترتیب ۲/۲۲±۰/۱۶، ۱۰/۶۲±۰/۷۶ و ۰/۵۱±۰/۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم در عضله این گونه مشاهده شد (P<۰/۰۵). میزان عناصر سنگین آهن، روی و مس در تاسماهی سیبری در تمامی نمونه‌های مورد مطالعه در کبد بالاتر از عضله و خاویار بود (P<۰/۰۵). میانگین میزان آهن، روی و مس در خاویار تاسماهی سیبری ۴/۷۴±۰/۳۵، ۳۴/۲۹±۲/۲۷ و ۱/۶۶±۰/۰۲ میلی گرم در کیلوگرم به دست آمد. در این تحقیق میزان آهن، روی و مس در عضله و خاویار تاسماهی سیبری در مقایسه با حد مجاز سازمان بهداشت جهانی، سازمان غذا و داروی آمریکا، وزارت کشاورزی ـ شیلات انگلستان و انجمن ملی بهداشت و سلامت استرالیا پایین‌تر بود.

واژگان کلیدی: تجمع زیستی، عضله، کبد، خاویار، تاسماهی سیبری.

مقدمه

تاسماهیان (Acipenseridae) گونه‌هایی از ماهیان با ارزش از رده ماهیان غضروفی ـ استخوانی با دو جنس تاسماهی و فیل‌ماهی هستند. گونه‌های بومی جنس تاسماهی در آب‌های ایران شامل ازون‌برون (Acipenser stellatus)، تاسماهی ایرانی (قره‌برون) (*A. persicus*)، چالباش یا تاسماهی روسی (*A. gueldenstaedtii*)، ماهی شیپ (*A. nudiventris*) و استرلیاد (*A. ruthenus*) بوده و تنها گونه جنس فیل‌ماهی، گونه فیل‌ماهی (*Huso huso*) است (کیوان، ۱۳۸۲؛ حلاجیان و همکاران، ۱۳۹۶).

تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*) یکی از گونه‌های غیربومی خانواده تاسماهیان در ایران می‌باشد (Pyka and Kolman, 2003) که در سال‌های اخیر مورد توجه پژوهشگران و پرورش‌دهندگان قرار گرفته است (حسنعلی‌پور اربوسرا و همکاران، ۱۳۹۱؛ دروی قاضیانی و همکاران، ۱۳۹۳؛ نجفی‌پور مقدم و همکاران، ۱۳۹۴؛ عباسی و همکاران، ۱۳۹۴) و در سال ۱۳۸۵ از کشور مجارستان وارد ایران شد (حسنعلی‌پور اربوسرا و همکاران، ۱۳۹۱). این تاسماهی یکی از مهمترین گونه‌های پرورشی ماهیان خاویاری است که به دلیل سازگاری در آب شیرین، مقاوم در مقابل

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-06]

شرایط زیستی مختلف، سرعت رشد بالا و استفاده مناسب و آسان از منابع غذایی در بسیاری از مناطق اروپا پرورش داده می‌شود (Steffens *et al.*, 1990; Bronzi *et al.*, 1999; Williot *et al.*, 2001).

با توجه گسترش فعالیت‌های انسان و افزایش مستمر آلودگی‌های محیطزیست در اکوسیستم‌های دریایی و آب شیرین، کاهش ذخایر آبزیان و صید بی‌رویه ماهیان سبب شده تا دهه اخیر تکثیر و پرورش آبزیان افزایش یابد. با توجه به کاهش ذخایر طبیعی ماهیان خاویاری در جهان و دریای خزر، یکی از راه‌حل‌های بسیار موثر جهت افزایش تولید گوشت و خاویار، تکثیر مصنوعی و پرورش تاسماهیان می‌باشد. استقبال مصرف-کنندگان نیز سبب افزایش پرورش ماهیان خاویاری در مناطق مختلف ایران شده است. با توجه به اینکه تاسماهیان دارای طول عمر بالا و گوشتخوار هستند، بهترین شاخص جهت تعیین غلظت فلزات در اکوسیستم‌های آبی می‌باشند. علاوه بر این نظر به ارزش غذایی و همچنین اهمیت اقتصادی این گونه‌ها، ارزیابی تجمع عناصر سنگین جهت مصرف این ماهیان ضروری به نظر می‌رسد (غفاری و حسینی، ۱۳۹۲).

فلزات سنگین گروهی از آلاینده‌های خطرناک می‌باشند که خطر بالقوه برای سلامتی اکوسیستم‌ها و موجودات زنده محسوب می‌شوند. در این میان ماهیان گروهی از آبزیان هستند که با افزایش این آلاینده‌ها در محیطزیست آبی، آن‌ها را از مسیرهای مختلف بدن جذب نموده و در اندام-های عضله، کبد، کلیه، پوست و استخوان تجمع می‌یابند (اسماعیلی‌ساری و همکاران، ۱۳۸۶؛ عسکری‌ساری و ولایت‌زاده، ۱۳۹۳). عناصر سمی نظیر جیوه، آرسنیک، کادمیوم و سرب از مهمترین منابع آلاینده محیطزیست به حساب می‌آیند که در بدن انسان اثرات سمی دارند و سبب انواع بیماری‌ها می‌شوند (Miloskovic and Simic, 2015). برخی فلزات سنگین نظیر مس، روی، آهن و منگنز برای بدن انسان ضروری هستند، اما چنانچه مقادیر آن‌ها بیش از حد گردد، سمیت آن‌ها افزایش یافته و مشکلاتی را ایجاد می‌کنند (ولایت‌زاده و همکاران، ۱۳۹۳؛ Qin *et al.*, 2015).

آهن به عنوان یکی از عناصر ضروری در آنزیم‌ها و رنگدانه‌های تنفسی در اکسیداسیون بافتی و انتقال اکسیژن نقش دارد (جلالی‌جعفری و آقازاده‌مشگی، ۱۳۸۶؛ عسکری‌ساری و ولایت‌زاده، ۱۳۹۳). عنصر روی در مقادیر اندک برای ماهی ضروری است و به عنوان محرک در ساختار بیشتر آنزیم‌های فعال در سوخت‌وساز انرژی نقش دارد و میزان کم آن تهدیدی جدی محسوب نمی‌شود (اسماعیلی‌ساری، ۱۳۸۱؛ عسکری‌ساری و ولایت‌زاده، ۱۳۹۳). مس عنصری است که در مقادیر بالا به شدت برای ماهیان سمی می‌باشد و غلظت ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر آن در آب باعث مرگ ماهیانی نظیر قزل‌آلای رنگین‌کمان در عرض چند ساعت می‌گردد (روحانی، ۱۳۷۴).

در مطالعات بسیاری انباشت زیستی و غلظت فلزات سنگین در اندام‌های تاسماهیان گزارش شده است. از برخی تحقیقات می‌توان به سنجش میزان فلزات سنگین در گونه‌های تاسماهی ایرانی (*Acipenser persicus*)، ماهی ازون‌برون (Acipenser stellatus) و فیل ماهی (*Huso huso*) و تاسماهی سیبری پرورشی (*Acipenser baerii*) اشاره کرد (مشروفه و همکاران، ۱۳۹۱؛ مشروفه و همکاران، ۱۳۹۲؛ محمدصالحی و همکاران، ۱۳۹۶؛ Raeisi *et al.*, 2014; Monsefrad *et al.*, 2015).

با توجه به اینکه عضله ماهی نقش مهمی در تغذیه انسان‌ها دارد، اطمینان از سلامت آن جهت مصرف در بدن انسان‌ها ضروری است، همچنین غلظت بالای عناصر سنگین سبب بروز مسمومیت‌های حاد و مزمن می‌شود، به همین علت عضله به عنوان بافت هدف انتخاب گردید. همچنین دلیل انتخاب خاویار جهت سنجش فلزات سنگین این است که خاویار تاسماهیان از لحاظ طعم و مزه بسیار مطلوب است و جزیی از قست خوراکی این ماهیان می‌باشد که توسط انسان مصرف می‌شود. کبد ماهیان نیز اندامی است که سموم مختلف نظیر عناصر سنگین در آن تجمع می‌یابد. بنابراین با توجه به مطالب ذکر شده، این تحقیق با هدف تعیین و مقایسه میزان عناصر سنگین آهن، روی و مس در عضله، کبد و خاویار تاسماهی سیبری پرورشی در استان خوزستان انجام شد.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-06]

مواد و روش‌ها

در این تحقیق در فصل بهار سال ۱۳۹۳، ۳۰ نمونه تاسماهی سیبری به صورت کاملا تصادفی از ۵ استخر پرورشی مزرعه پرورش ماهیان خاویاری حنطوش‌زاده تهیه شد. این مرکز پرورشی در استان خوزستان و شهرستان دزفول واقع شده است و از نظر موقعیت جغرافیایی در طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۴ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۲ دقیقه شمالی با ارتفاع ۱۴۰ متر از سطح تراز دریا قرار دارد. استخرهای پرورشی، بتونی با ابعاد ۲۰۰ سانتیمتر طول، ۲۰۰ سانتیمتر عرض و ۱۰۰ سانتیمتر عمق می‌باشند و درون سالن سرپوشیده قرار دارند و آب مورد نیاز از طریق چاه عمیق پس از هوادهی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از هر استخر ۶ قطعه تاسماهی سیبری نمونه‌برداری شد. ماهیان به وسیله جعبه‌های یونولیتی حاوی پودر یخ به آزمایشگاه انتقال داده شدند. در آزمایشگاه زیست‌سنجی نمونه‌ها شامل طول، وزن و سن انجام شد و بافت عضله، خاویار و کبد نمونه‌ها جدا گردید. وزن ماهیان به وسیله دستگاه ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم و طول آن ها با خط‌کش زیست-سنجی با دقت ۰/۰۱ سانتیمتر اندازه‌گیری شد (ROPME, 1999).

نمونه‌های به دست آمده را به مدت ۱۲۰ تا ۱۵۰ دقیقه در آون با دمای ۶۵ درجه سلسیوس قرار داده تا به وزن ثابت رسیدند و سپس از داخل آون خارج شدند. برای هضم نمونه‌ها از روش مرطوب استفاده شد که ۰/۵ گرم از نمونه در یک بالن ۲۵۰ میلی‌لیتر ریخته و به آن ۲۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ، ۲۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۷ مولار و ۱ میلی‌لیتر محلول مولیبدات سدیم ۲ درصد اضافه و از سنگ جوش برای یکنواختی جوشیدن استفاده شد، سپس نمونه سرد شده و از بالای مبرد به آرامی ۲۰ میلی‌لیتر مخلوط اسید نیتریک غلیظ و اسید پرکلریک غلیظ به نسبت ۱:۱ به نمونه اضافه گردید، سپس مخلوط حرارت داده شد تا بخارات سفید رنگ اسید به طور کامل محو گردد، مخلوط سرد شده و در حالی که بالن چرخانده می‌شد ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر از بالای مبرد به آرامی به آن اضافه شد. با حرارت دادن حدود ۱۰۰ دقیقه محلول کاملا شفافی به دست آمد، این محلول پس از سرد شدن به داخل بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتر انتقال داده و به حجم رسانده شد (Eboh *et al*., 2006).

سنجش عناصر سنگین موردمطالعه به روش جذب اتمی و سیستم کوره گرافیتی با کمک دستگاه Perkin Elmer 4100 انجام شد. حد تشخیص عنصر توسط این دستگاه جذب اتمی به روش کوره در حد میکروگرم بر کیلوگرم بود که دارای دقت حدود ۱۰۰۰ برابر سیستم شعله می‌باشد. جهت اندازه‌گیری عناصر سنگین ابتدا به ۱۰ میلی‌لیتر محلول هضم شده از نمونه‌ها، ۵ میلی‌لیتر محلول آمونیم پیرولیدین کاربامات ۵ درصد اضافه شده و به مدت ۲۰ دقیقه نمونه‌ها به هم زده شدند تا عناصر به صورت فرم آلی فلزی در محلول ترکیب شوند و سپس به نمونه‌های موردنظر ۲ میلی‌لیتر متیل ایزوبوتیل کتون اضافه شد و مجددا به مدت ۳۰ دقیقه نمونه‌ها به هم زده شدند و پس از ۱۰ دقیقه نمونه‌ها در دور ۲۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شدند و عناصر مورد نظر به فاز آلی منتقل شدند. پس از تنظیم کوره و سیستم منبع تولید اشعه کاتدی دستگاه و بهینه کردن دستگاه جذب اتمی منحنی کالیبراسیون به کمک استانداردهای عناصر مورد مطالعه و سیستم شبکه‌ای مدیفایر پالادیم توسط نرم-افزار WinLab32 رسم گردید و مقدار این عناصر در محلول‌های آماده شده اندازه‌گیری گردید (Ahmad and Shuhaimi-Othman, 2010). صحت داده‌های به دست آمده با استفاده از روش Standard Addition بررسی گردید. در این روش ابتدا ماده مجهول آنالیز شد، سپس به چند ظرف که حاوی مقدار یکسانی از نمونه بود، حجم‌های مشخصی از محلول استاندارد اضافه گردید و کروماتوگرام مربوط به هر مرحله را آنالیز و در نهایت ارتفاع یا سطح زیر پیک نمونه‌ها بر اساس حجم استاندارد اضافه شده رسم شدند. در نهایت با استفاده از روابط موجود غلظت نمونه محاسبه گردید. استفاده از این روش سبب حفظ بافت نمونه‌ها می‌شود و در نتیجه با این روش احتمال مزاحمت بافت (Matrix Interference) نمونه‌ها از بین برده می‌شود (Rouessac and Rouessac, 2007).

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-06]

در این تحقیق تجزیه و تحلیل داده‌ها به کمک نرم‌افزار SPSS ویرایش ۱۷ انجام شد و میانگین تیمارها به کمک آنالیز واریانس یکطرفه (ANOVA-One way) با یکدیگر مقایسه شدند که وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ (P= ۰/۰۵) تعیین گردید. نرمال بودن داده‌ها به کمک آزمون کولموگراف ـ اسمیرنف بررسی شدند. در رسم نمودارها و جداول نیز از نرم‌افزار Excel 2007 استفاده گردید.

نتایج

میانگین پارامترهای طول و وزن تاسماهی سیبری پرورشی مورد مطالعه در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱: میانگین (mean±SD) زیست‌سنجی تاسماهی سیبری پرورشی (*Acipenser baerii*) در استان خوزستان، ۱۳۹۳.

استخرهای نمونه‌برداری	تعداد نمونه	سن (سال)	طول (سانتیمتر)	وزن (گرم)
استخر ۱	۶	۴	۸۸/۶۷±۳/۲۷	۸۷۶۸/۳۱±۵۲/۳۴
استخر ۲	۶	۴	۸۷/۳۸±۴/۶۸	۸۸۳۰±۶۹/۴۵
استخر ۳	۶	۴	۸۷/۵۰±۳/۵۲	۸۷۲۱/۵۲±۵۵/۷۲
استخر ۴	۶	۴	۸۸/۷۶±۳/۷۷	۸۷۰۵±۷۲/۱۲
استخر ۵	۶	۴	۸۸/۵۵±۴/۱۹	۸۶۰۳/۴۸±۵۱/۶۳

بالاترین و پایین‌ترین میزان عنصر آهن در تاسماهی سیبری پرورشی در عضله به ترتیب در استخرهای ۵ و ۱ (۳/۵۴±۰/۲۹ و ۲/۲۲±۰/۱۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) به دست آمد (P>۰/۰۵). در اندام کبد نیز بالاترین و پایین‌ترین میزان این عنصر در استخر ۲ و ۳ (۷/۴۲±۰/۶۸ و ۶/۴۵±۰/۶۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) محاسبه گردید (P>۰/۰۵). همچنین بالاترین و پایین‌ترین میزان عنصر آهن (۵/۲۳±۰/۴۲ و ۳/۶۳±۰/۲۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در خاویار تاسماهی سیبری پرورشی در استخرهای مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری نداشت (P>۰/۰۵). میزان عنصر آهن در ۵ استخر موردمطالعه در اندام کبد نسبت به عضله و خاویار تاسماهی سیبری پرورشی بالاتر بود (P<۰/۰۵). همچنین پایین‌ترین میزان این عنصر در عضله ماهی مشاهده شد. به طور کلی بالاترین و پایین‌ترین میزان آهن در کبد (۷/۴۲±۰/۶۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و عضله (۲/۲۲±۰/۱۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) به دست آمد (P<۰/۰۵) (جدول ۲).

جدول ۲: میانگین (mean±SD) غلظت عنصر آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم) در اندام‌های تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*) پرورشی در استان خوزستان، ۱۳۹۳.

استخرهای نمونه‌برداری	عضله	کبد	خاویار
استخر ۱	۲/۲۲±۰/۱۶[a]	۶/۵۳±۰/۷۵[a]	۵/۲۳±۰/۴۲[a]
استخر ۲	۳/۱۱±۰/۲۲[a]	۷/۴۲±۰/۶۸[a]	۵/۰۳±۰/۳۸[a]
استخر ۳	۲/۷۳±۰/۱۸[a]	۶/۴۵±۰/۶۵[a]	۵/۰۴±۰/۴۶[a]
استخر ۴	۲/۵۲±۰/۲۱[a]	۶/۵۰±۰/۵۶[a]	۴/۷۸±۰/۳۲[a]
استخر ۵	۳/۵۴±۰/۲۹[a]	۷/۰۹±۰/۷۸[a]	۳/۶۳±۰/۲۶[a]
میانگین	۲/۸۲±۰/۲۳	۶/۷۹±۰/۶۲	۴/۷۴±۰/۳۵

حروف غیرهمنام در هر ستون اختلاف معنی‌دار بین استخرها را نشان می‌دهد (P<۰/۰۵).

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-06]

بالاترین و پایین‌ترین میزان عنصر روی در تاسماهی سیبری پرورشی در عضله به ترتیب در استخرهای ۴ و ۲ (۱۱/۶۵±۰/۸۵ و ۱۰/۶۲±۰/۷۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) به دست آمد (P>۰/۰۵). در اندام کبد نیز بالاترین و پایین‌ترین میزان این عنصر در استخر ۱ و ۳ (۴۲/۲۲±۳/۴۸ و ۳۳/۳۴±۲/۳۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) محاسبه گردید (P<۰/۰۵). همچنین بالاترین و پایین‌ترین میزان عنصر روی در خاویار تاسماهی سیبری پرورشی در استخر ۵ و ۳ (۳۵/۲۳±۳/۰۶ و ۳۳/۷۲±۲/۶۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود (P>۰/۰۵). میزان عنصر روی در ۵ استخر مورد مطالعه در اندام کبد نسبت به عضله و خاویار تاسماهی سیبری پرورشی بالاتر بود (P<۰/۰۵). همچنین پایین‌ترین میزان این عنصر در عضله ماهی مشاهده شد. به طور کلی بالاترین و پایین‌ترین میزان روی در کبد (۴۲/۲۲±۳/۴۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و عضله (۱۰/۶۲±۰/۷۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) به دست آمد (P<۰/۰۵) (جدول ۳).

جدول ۳: میانگین (mean±SD) غلظت عنصر روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم) در اندام‌های تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*) پرورشی در استان خوزستان، ۱۳۹۳.

استخرهای نمونه‌برداری	عضله	کبد	خاویار
استخر ۱	۱۱/۲۲±۰/۹۸^{a}	۴۲/۲۲±۳/۴۸^{a}	۳۴/۱۷±۱/۷۶^{a}
استخر ۲	۱۰/۶۲±۰/۷۶^{a}	۳۹/۲۲±۲/۸۸^{b}	۳۴/۲۵±۱/۹۵^{a}
استخر ۳	۱۱/۰۵±۰/۷۷^{a}	۳۳/۳۴±۲/۳۸^{c}	۳۳/۷۲±۲/۶۸^{a}
استخر ۴	۱۱/۶۵±۰/۸۵^{a}	۳۶/۳۳±۳/۲۵^{d}	۳۴/۱۲±۲/۵۸^{a}
استخر ۵	۱۱/۲۲±۰/۸۱^{a}	۴۰/۲۳±۳/۶۵^{e}	۳۵/۲۳±۳/۰۶^{a}
میانگین	۱۱/۱۵±۰/۵۹	۳۸/۲۶±۲/۹۳	۳۴/۲۹±۲/۲۷

حروف غیرهمنام در هر ستون اختلاف معنی‌دار بین استخرها را نشان می‌دهد (P<۰/۰۵).

بالاترین و پایین‌ترین میزان عنصر مس در تاسماهی سیبری پرورشی در عضله به ترتیب در استخرهای ۲ و ۵ (۰/۶۵±۰/۰۴ و ۰/۵۱±۰/۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) به دست آمد (P<۰/۰۵). در اندام کبد نیز بالاترین و پایین‌ترین میزان این عنصر در استخر ۵ و ۲ (۳/۷۲±۰/۳۲ و ۲/۸۳±۰/۴۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) محاسبه گردید (P۰/۰۵>). همچنین بالاترین و پایین‌ترین میزان عنصر مس در خاویار تاسماهی سیبری پرورشی در استخر ۲ و ۴ (۱/۷۸±۰/۰۱ و ۱/۵۲±۰/۰۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود (P>۰/۰۵). میزان عنصر مس در ۵ استخر مورد مطالعه در اندام کبد نسبت به عضله و خاویار تاسماهی سیبری پرورشی بالاتر بود (P<۰/۰۵). همچنین پایین‌ترین میزان این عنصر در عضله ماهی مشاهده شد. به طور کلی بالاترین و پایین‌ترین میزان مس در کبد (۳/۷۲±۰/۳۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و عضله (۰/۵۱±۰/۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) به دست آمد (P<۰/۰۵) (جدول ۴).

جدول ٤: میانگین (mean±SD) غلظت عنصر مس (میلی‌گرم بر کیلوگرم) در اندام‌های تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*) پرورشی در استان خوزستان، ۱۳۹۳.

استخرهای نمونه‌برداری	عضله	کبد	خاویار
استخر ۱	۰/۵۶±۰/۰۳^{a}	۲/۹۲±۰/۸۷^{a}	۱/۷۰±۰/۰۱^{a}
استخر ۲	۰/۶۵±۰/۰۴^{b}	۲/۸۳±۰/۴۸^{a}	۱/۵۲±۰/۰۱^{a}
استخر ۳	۰/۵۹±۰/۰۴^{a}	۳/۵۴±۰/۶۲^{a}	۱/۷۲±۰/۰۲^{a}

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-06]

استخر ۴	۰/۶۴±۰/۰۳^{b}	۳/۳۷±۰/۳۷^{a}	۱/۷۸±۰/۰۱^{a}
استخر ۵	۰/۵۱±۰/۰۲^{a}	۳/۷۲±۰/۳۲^{a}	۱/۵۹±۰/۰۲^{a}
میانگین	۰/۵۹±۰/۰۳	۳/۲۷±۰/۳۶	۱/۶۶±۰/۰۲

حروف غیرهمنام در هر ستون اختلاف معنی‌دار بین استخرها را نشان می‌دهد ($P<0.05$).

بحث و نتیجه‌گیری

سنجش و اندازه‌گیری غلظت عناصر سنگین در اندام‌های ماهیان از جنبه‌های بهداشت و سلامت انسان و مدیریت اکوسیستم‌های آبی و آبزی-پروری اهمیت دارد و پایش این عناصر بسیار مهم و ضروری می‌باشد (عسکری‌ساری و ولایت‌زاده، ۱۳۹۳؛ Yilmaz *et al*., 2007). مصرف ماهیانی که در اکوسیستم‌های آبی از آلودگی بالایی برخوردار هستند، می‌تواند سبب ایجاد مشکلاتی نظیر مسمومیت و بیماری گردد. با این وجود مصرف اندام‌هایی نظیر کبد و کلیه به دلیل غلظت بالای عناصر سنگین در آن‌ها که در نتیجه توانایی بالای این اندام‌ها در تجمع فلزات سنگین است، می‌تواند انسان را سریع‌تر در معرض آلودگی به این عناصر قرار دهد. به همین دلیل به نظر می‌رسد عدم استفاده از این اندام‌ها برای حفظ سلامت انسان منطقی‌تر باشد، هرچند که در کشور ما تقریبا در تمام نقاط کشور هیچ‌گونه تمایلی به مصرف این کلیه و کبد ماهیان به عنوان ماده غذایی در مردم وجود ندارد (خشنود، ۱۳۸۵).

میزان عناصر سنگین در تاسماهی سیبری در تمامی نمونه‌های موردمطالعه در کبد بالاتر از عضله و خاویار بود. فلزات سنگین اندام هدف خود را بر اساس میزان فعالیت متابولیسم آن انتخاب می‌کنند. این نکته، علت تجمع بیشتر فلزات در اندام‌هایی نظیر کبد و کلیه را در مقایسه با عضله تفسیر می‌کند (Filazi *et al*., 2003). بیشتر اندام‌های ماهی در برابر مسمومیت با فلزات سنگین حساس هستند، در این تحقیق بافت عضله و خاویار ماهی به نسبت نقش مهم در تغذیه انسان و لزوم اطمینان از سلامت آن جهت مصرف و کبد به دلیل اینکه اندام اصلی در سوخت‌وساز بدن است (Stoskopf, 1993) به عنوان اندام‌های هدف انتخاب شدند. یکی از دلایل بالا بودن روی و مس در کبد فعالیت‌های آنزیمی این دو عنصر در این اندام می‌باشد (Henry *et al*., 2004; Sobolev, 2005).

آهن عنصری است که در بدن ماهیان منبع مهمی برای تغذیه انسان به ویژه کودکان و جوانان می‌باشد و در میوگلوبین و هموگلوبین خون نقش مهمی را ایفا می‌کند (اسماعیلی‌ساری، ۱۳۸۱؛ Ashraf *et al*., 2006) و کمبود این عنصر سبب کم‌خونی موسوم به آنمی می‌شود (Ikem and Egeibor, 2005). میانگین میزان آهن در خاویار تاسماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) ۷۱/۳۳ میلی‌گرم در کیلوگرم (Hosseini *et al*., 2013)، فیل‌ماهی (*Huso huso*)، تاسماهی روسی (*Acipenser gueldenstaedtii*) و ازون‌برون (Acipenser stellatus) ۵۵/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم (Wang *et al*., 2008) و فیل‌ماهی دریایی ۶۵/۶۱ میلی‌گرم در کیلوگرم (Hosseini *et al*., 2014) گزارش شده است. جذب عناصر ضروری نظیر آهن، مس و روی توسط تاسماهیان به مکانیسم‌های فیزیولوژیک کبد و کلیه و نیازمندی اندام‌های بدن مانند عضله و خاویار بستگی دارد (Gessner *et al*., 2002; Pourang *et al*., 2005).

در ماهی ازون‌برون (Acipenser stellatus) (Heidary *et al*., 2012)، تاسماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) (Raeisi *et al*., 2014) و فیل‌ماهی (*Huso huso*) (Florentina *et al*., 2013) میزان عناصر آهن، روی و مس در کبد بالاتر از عضله گزارش شده است. به نظر می‌رسد که ماهیان مختلف در مقابل حضور فلزات سنگین در آب کاملا بی‌دفاع هستند و ورود آن‌ها در بدن و تجمع آن‌ها در اندام‌های مختلف به طور کلی تحت تاثیر غلظت آلاینده در محیط باشد. با این حال، به نظر می‌رسد حضور پروتئین‌های متالوتیونین در کبد و نقش آن در کاهش استرس در ماهیان توجیه کننده تجمع بیشتر این آلاینده‌ها در اندام کبد باشد (Alvarado *et al*., 2006).

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-06]

مقادیر بالای عناصر آهن، روی و مس در بسیاری از مطالعات در اندام‌های ماهیان خاویاری گزارش شده است (Wirth *et al*., 1998; Agusa *et al*., 2004; Heidary *et al*., 2012; Raeisi *et al*., 2014). زمان طولانی بلوغ جنسی در تاسماهیان مدت زمان بیشتری برای آلاینده‌های محیطی مخصوصا برای فلزات سنگین جهت انباشتگی در اندام‌های آن‌ها فراهم می‌کند. با توجه به اینکه تاسماهیان کفزی بوده، همچنین با داشتن طول عمر نسبتا طولانی و میزان چربی در بافت‌های مختلف و از همه مهم‌تر جایگاهشان در زنجیره‌غذایی، می‌توانند تجمع بالایی از آلاینده‌ها را در اندام‌های بدن دریافت کنند (مشروفه و همکاران، ۱۳۹۲؛ غفاری و حسینی، ۱۳۹۲).

میزان روی در عضله تاسماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) و ازون‌برون (Acipenser stellatus) ۲۶/۹ و ۱/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم و غلظت مس ۴۷/۴ و ۱/۴۶ میلی‌گرم در کیلوگرم و میزان روی در خاویار این دو گونه به ترتیب ۶۵/۹ و ۵۷/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم و میزان مس ۴/۲ و ۴/۸۵ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است (صادقی‌راد و همکاران، ۱۳۸۲). بنابراین میزان عناصر روی و مس در خاویار بالاتر از عضله می‌باشد که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی ندارد. میزان تجمع زیستی عناصر سنگین در اندام‌های تاسماهیان به فاکتورهای زیستی نظیر رژیم غذایی، نوع زیستگاه، فصول مختلف سال و توانایی جذب عناصر سنگین توسط گونه مورد نظر بستگی دارد (Papagiannis *et al*., 2004).

در بسیاری از مطالعات انجام شده در خصوص تجمع فلزات سنگین در اندام‌های ماهیان خاویاری، تجمع زیستی عناصر در خاویار این ماهیان گزارش شده است (صادقی‌راد و همکاران، ۱۳۸۲؛ صادقی‌راد و همکاران، ۱۳۸۴؛ مشروفه و همکاران، ۱۳۹۱؛ مشروفه و همکاران، ۱۳۹۲؛ Monsefrad *et al*., 2015). در این تحقیق نیز میزان آهن، روی و مس در خاویار تاسماهی سیبری پرورشی وجود داشت که با نتایج مطالعات دیگر هم‌خوانی دارد. میزان آهن، روی و مس در خاویار فیل‌ماهی (*Huso huso*) پرورشی به ترتیب ۷۶/۲۴، ۲۱/۲۷ و ۱/۵۵ میلی‌گرم در کیلوگرم تعیین شده است (Monsefrad *et al*., 2015). میزان روی و مس در خاویار تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*) پرورشی به ترتیب ۱۰/۴۵ و ۱/۶۹ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش گردید (Gessner *et al*., 2002). علت تجمع بالای فلزات در خاویار نسبت به عضله به دلیل مکانیسم دفاعی بدن ماهی در تعدیل فلزات و آلاینده‌ها است که در این فرآیند برخی از آلاینده‌های آلی و معدنی جهت دفع از بدن به تخم‌ها یا خاویار انتقال یافته و از بدن دفع می‌گردد (مشروفه و همکاران، ۱۳۹۲).

میزان روی در عضله و خاویار تاسماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) دریای خزر ۷/۴۹ و ۲۱/۳۳ میلی‌گرم در کیلوگرم تعیین شده است (مشروفه و همکاران، ۱۳۹۲). همچنین در مطالعه‌ای در دریای خزر میزان روی و مس در عضله فیل‌ماهی (*Huso huso*)، ۹/۴۸ و ۱/۴۱ میلی-گرم در کیلوگرم، تاسماهی روسی (*Acipenser gueldenstaedtii*) ۱۳/۸۸ و ۱/۵۷ میلی‌گرم در کیلوگرم و ماهی ازون‌برون (Acipenser stellatus) ۱۱/۴۴ و ۱/۳۸ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش گردید (Wirth *et al*., 1998). در تحقیقی دیگر میزان روی و مس در عضله فیل-ماهی (*Huso huso*) ۲۰/۲ و ۱/۴۲ میلی‌گرم در کیلوگرم، تاسماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) ۲۱/۷ و ۱/۷۴ میلی‌گرم در کیلوگرم، تاسماهی روسی (*Acipenser gueldenstaedtii*) ۲۲ و ۱/۷۳ میلی‌گرم در کیلوگرم و ازون‌برون (Acipenser stellatus) ۲۰/۳ و ۱/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم ارائه شده است (Agusa *et al*., 2004). عناصر روی و مس می‌توانند در اندام‌های ماهیان ذخیره شوند و سپس به اندام-های دیگر منتقل شده یا اینکه مجددا درگردش درآیند تا در چرخه‌های زیستی متعدد وارد واکنش شوند (Aaseth and Norseth, 1986).

عسکری‌ساری و کریمی‌ساری (۱۳۹۵) علت بالاتر بودن میزان عنصر آهن در عضله ماهیان پرورشی آب شیرین نظیر کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)، کپور علفخوار (*Ctenopharyngodon idella*)، کپور سرگنده (*Aristichthys nobilis*) و کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) در استان خوزستان را نسبت به ماهیان دریایی هامور معمولی (*Epinephelus coioides*)، شانک زردباله (*Acanthopagrus latus*)، حلوا سفید (*Pampus argenteus*) و کفشک زبان گاوی (*Cynoglossus arel*)، آب مصرفی رودخانه کارون جهت پرورش این ماهیان بوده است که به دلیل تخلیه پساب‌های صنعتی و کشاورزی و فاضلاب‌های شهری دارای آلودگی می-باشد. در علوم تکثیر و آبزی‌پروری ماهیان از منابع مختلف آبی نظیر رودخانه‌ها، دریاها، چشمه‌ها و چاه‌ها استفاده می‌شود. از میان جریان‌های

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-06]

سطحی، رودخانه‌ها به دلیل نحوه ارتباط با رشد و توسعه جوامع بیش از دیگر منابع در بهبود و ارتقاء سطح زندگی انسان‌ها موثر بوده و به همین نسبت نیز بیشتر از دیگر موارد در معرض خطر آلودگی و کاهش کیفیت می‌باشد. منابع فوق از طریق فعالیت‌های توسعه و عمرانی به صورت فیزیکی و از طریق ورود پساب‌های آلوده به صورت فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی دچار مشکل گردیده است. اما احتمالا یکی از دلایل پایین بودن میزان عناصر سنگین در اندام‌های تاسماهی سیبری پرورشی این است که در این تحقیق جهت پرورش این گونه از آب های زیرزمینی منطقه استفاده شده است که مقادیر عناصر در آب‌های زیر زمینی کمتر از آب های سطحی می‌باشد. آلودگی آب‌های زیرزمینی به دلیل نفوذ آب-های سطحی و مهاجرت فلزات سنگین از طریق خاک میسر می‌باشد. با توجه به جابه‌جایی فلزات به وسیله آب، نفوذ آن‌ها به لایه‌های زیرزمینی در طول زمان اجتناب‌ناپذیر است، بنابراین احتمال می‌رود غلظت فلزات سنگین در آب های زیرزمینی افزایش یابد (محمدیان و همکاران، ۱۳۸۷)، اما با توجه به نتایج این پژوهش مشاهده می شود که میزان عناصر آهن، روی و مس در آب مورد استفاده جهت پرورش تاسماهی سیبری پایین بوده است.

حد آستانه استاندارد روی در ماهیان بر اساس استانداردهای سازمان غذا و کشاورزی (FAO)، سازمان بهداشت جهانی (WHO)، وزارت کشاورزی ـ شیلات انگلستان (UKMAFF) و انجمن ملی بهداشت و سلامت استرالیا (NHMRC) به ترتیب ۳۰، ۱۰۰۰، ۵۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اعلام شده است. همچنین حد مجاز عنصر مس به ترتیب استانداردهای ذکر شده ۳۰، ۳۰، ۲۰ و ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم تعیین شده است (Agah *et al*., 2009; Tuzen, 2009). حداکثر حد مجاز عنصر آهن توسط سازمان غذا و کشاورزی و سازمان بهداشت جهانی، ۴۳ میلی گرم در کیلوگرم گزارش شد (Tiimub and Dzifa Afua, 2013). با توجه به نتایج به دست آمده میزان آهن، روی و مس در عضله و خاویار تاسماهی سیبری در مقایسه با حد مجاز استانداردهای جهانی پایین‌تر بود.

منابع

اسماعیلی‌ساری، ع.، ۱۳۸۱. آلاینده‌ها، بهداشت و استاندارد محیطزیست. انتشارات نقش مهر، چاپ اول، تهران، ۷۶۷ ص.

اسماعیلی‌ساری، ع.، نوری‌ساری، ح. و اسماعیلی‌ساری، ا.، ۱۳۸٦. جیوه در محیطزیست. انتشارات بازرگان، چاپ اول، رشت، ۲۲۶ ص.

جلالی‌جعفری، ب. و آقازاده‌مشگی، م.، ۱۳۸٦. مسمومیت ماهیان در اثر فلزات سنگین آب و اهمیت آن در بهداشت عمومی. انتشارات مان کتاب، چاپ اول، تهران، ۱۳۴ ص.

حسنعلی‌پور اربوسرا، ع. ر.، ایگدری، س.، بهمنی، م. و پور باقر، ه.، ۱۳۹۱. تغییرات شاخص کورتیزول ـ گلوکز و رشد در پاسخ به تراکم ذخیره در تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*). نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان، سال اول، شماره ۴، صفحات ۲۷-۱۳.

حلاجیان، کاظمی، ر.، یزدانی ساداتی، م. ع.، یوسفی جوردهی، ا. و یارمحمدی، م.، ۱۳۹٦. تعیین جنسیت کاربردی در ماهیان خاویاری. انتشارات آموزش کشاورزی، موسسه تحقیقات بین المللی تاس ماهیان دریای خزر، دفتر شبکه دانش و رسانه های ترویجی، ۳۲ ص.

خشنود، ر.، ۱۳۸۵. بررسی تجمع فلزات سنگین جیوه، کادمیوم، سرب، نیکل، و وانادیوم در دو گونه کفشک ماهیان بندرعباس و بندرلنگه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته علوم محیطزیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان، ۱۲۷ ص.

دروی قاضیانی، س.، یوسفی جوردهی، ا.، کاظمی، ر. و پوراسدی، م.، ۱۳۹۳. مقایسه عملکرد رشد و بازماندگی لارو تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*) و استرلیاد (*Acipenser ruthenus*) در مرحله تغذیه فعال تا انگشت قد. نشریه شیلات، مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۶۷، شماره ۱، صفحات ۴۷-۳۹.

روحانی، م.، ۱۳۷٤. تشخیص، پیشگیری و درمان بیماری‌ها و مسمومیت‌های ماهی (ترجمه). انتشارات اداره کل آموزش و ترویج، معاونت تکثیر و پرورش آبزیان، سازمان شیلات ایران. ۲۵۶ ص.

صادقی‌راد، م.، امینی‌رنجبر، غ.، ارشد، ع. و جوشیده، ه.، ۱۳۸۲. بررسی میزان تجمع روی و مس در بافت عضله و خاویار دو گونه تاسماهی ایرانی و ازون‌برون حوضه جنوبی دریای خزر. مجله پژوهش و سازندگی در امور دام و آبزیان، شماره ۶۱، صفحات ۵۵ـ ۵۱.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-06]

صادقی‌راد، م.، امینی‌رنجبر، غ.، ارشد، ع. و جوشیده، ه.، ۱۳۸٤. مقایسه تجمع فلزات سنگین (روی، مس، کادمیوم، سرب و جیوه) در بافت عضله و خاویار دو گونه تاسماهی ایرانی و ازون‌برون حوضه جنوبی دریای خزر. مجله علمی شیلات ایران، سال چهاردهم، شماره ۳، صفحات ۱۰۰ـ ۷۹.

عباسی، ن.، نوری، ا.، کلوانی نیتلی، ب. و طلوعی گیلانی، م. ح.، ۱۳۹٤. اندسکوپی روشی نوین در تعیین جنسیت تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*). مجله بوم شناسی آبزیان، سال چهارم، شماره ۴، صفحات ۱۰۳-۹۶.

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

عسکری‌ساری، ا. و کریمی‌ساری، و.، ۱۳۹۵. مقایسه میزان آهن و ارزیابی خطر (HQ) در عضله ماهیان دریایی و ماهیان پرورشی در استان خوزستان. مجله علمی شیلات ایران، سال بیست و پنجم، شماره ۵، صفحات ۱۰-۱.

غفاری، ز. و حسینی، س. ع.، ۱۳۹۲. اثر فلزات سنگین بر ماهیان خاویاری دریای خزر. دومین همایش ملی توسعه پایدار کشاورزی و محیط زیست سالم. شرکت هم اندیشان محیط زیست فردا، همدان، ۹ ص.

کیوان، ا.، ۱۳۸۲. ماهیان خاویاری ایران. انتشارات نقش مهر، چاپ اول، تهران، ۴۲۴ ص.

محمدصالحی، ا.، ولایت‌زاده، م. و کرمی‌راد، ن.، ۱۳۹٦. تجمع زیستی فلزات سنگین نیکل، کادمیوم و سرب در عضله، کبد و خاویار تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*) پرورشی در استان خوزستان. مجله علمی شیلات ایران، سال بیست و ششم، شماره ۳، صفحات ۱۹۲-۱۸۵.

محمدیان، م.، نوری، ج.، افشاری، ن.، نصیری، ج. و نورانی، م.، ۱۳۸۷. بررسی غلظت فلزات سنگین در چاه‌های آب مجاور کارخانه سرب و روی زنجان. مجله سلامت و محیط، دوره اول، شماره ۱، صفحات ۵۶-۵۱.

مشروفه، ع.، ریاحی بختیاری، ع. و پورکاظمی، م.، ۱۳۹۱. بررسی میزان فلزات سنگین کادمیوم، نیکل، وانادیوم و روی در بافت های مختلف فیل‌ماهی و ازون-برون و ریسک ناشی از مصرف بافت عضلانی آن‌ها مربوط به حوضه جنوبی دریای خزر. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، دوره بیست و دوم، شماره ۹۶، صفحات ۹۷-۹۰.

مشروفه، ع.، ریاحی بختیاری، ع. و پورکاظمی، م.، ۱۳۹۲. غلظت کادمیوم، نیکل، وانادیوم و روی در عضله و خاویار تاسماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) با تاکید بر ارزیابی ریسک ناشی از مصرف عضله. مجله سلامت و محیط، دوره ششم، شماره ۳، صفحات ۴۱۶-۴۰۷.

ولایت‌زاده، م.، عسکری‌ساری، ا.، خدادادی، م.، کاظمیان، م. و بهشتی، م.، ۱۳۹۳. اندازه‌گیری و مقایسه غلظت فلزات سنگین جیوه، سرب و کادمیوم در بافت‌های ماهی بیاه (*Liza abu*) رودخانه‌های کارون و دز استان خوزستان. مجله علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، سال شانزدهم، شماره ۳، صفحات ۶۱-۵۱.

نجفی‌پور مقدم، ا.، فلاحتکار، ب. و کلباسی مسجدشاهی، م. ر.، ۱۳۹٤. تغییرات اسیدهای چرب جیره و عضله در بچه تاسماهیان سیبری (*Acipenser baerii*) تغذیه شده با سطوح مختلف لسیتین. فصلنامه اقیانوس شناسی، سال ششم، شماره ۲۱، صفحات ۱۰۵-۹۷.

Aaseth, J. and Norseth, T., 1986. Copper In Handbook on the Toxicology of Metals. 2nd. Ed. Vol. II (L. Friberg, G.F. Nordberg & V.B. Vouk, eds) pp. 233-254. Elsevier Amesterdam.

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

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

Ahmad, A. K. and Shuhaimi-Othman, M., 2010. Heavy metal concentration in sediments and fishes from Lake Chini, Pahang, Malaysia. Journal of Biological Sciences, 10 (2): 93-100.

Alvarado, N. E., Quesada, I., Hylland, K., Marigomez, I. and Soto, M., 2006. Quantitative changes in metallothionein expression in target cell-types in the gills of turbot (*Scophthalmus maximus*) exposed to Cd, Cu, Zn and after a depuration treatment. Aquatic Toxicology, 77: 64-77.

Ashraf, W., Seddigi, A., Abulkibash, A. and Khalid, M., 2006. Levels of selected metals in canned fish consumed in Kingdom of Saudi Arabia. Environment Monitoring Assessment, 117: 271–279.

Bronzi, P., Rosenthal, H., Arlati, G. and Williot, P., 1999. A brief overview on the status and prospects of sturgeon farming in Western and Central Europe. Journal of Applied Ichthyology, 15: 224–227.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-06]

Eboh, L., Mepba, H. D. and Ekp, M. B., 2006. Heavy metal contaminants and processing effects on the composition, storage stability and fatty acid profiles of five common commercially available fish species in Oron Local Government, Nigeria. Journal of Food Chemistry, 97 (3): 490-497.

Filazi, A., Baskaya, R. and Kum, C., 2003. Metal concentration in tissues of the Black Sea fish *Mugil auratus* from Sinop-Icliman, Turkey. Journal of Human and Experimental Toxicology, 22: 85-87.

Florentina, O.D., Radu, S., Daniela, H. and Dana, T., 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.

Gessner, J., Wirth, M., Kirschbaum, F., Kruger, A. and Patriche, N., 2002. Caviar composition in wild and cultured sturgeons-impact of food sources on fatty acid composition and contaminant load. Applied Ichthyology, 18: 665-672.

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, 11 (2): 325-337.

Henry, F., Amara, R., Courcot, L., Lacouture, D. and Bertho, M.L., 2004. Heavy metals in four fish species from the French coast of the Eastern English Channel and Southern Bight of the North Sea. Environment International, 30: 675-683.

Hosseini, S. V., Sobhanardakani, S., Tahergorabi, R. and Delfieh, P., 2013. Selected Heavy Metals Analysis of Persian Sturgeon's (*Acipenser persicus*) Caviar from Southern Caspian Sea. Biological Trace Element Research, 154 (1):

Hosseini, S. V., Monsef Rad, S. F., Kolangi Miandare, H., Harsij, M. and Sharbaty, S., 2014. Assessment of essential elements in the wild Beluga Sturgeon (*Huso huso*) caviar from Caspian Sea. International Journal of Aquatic Biology, 2 (6): 346-350.

Ikem, A. and Egeibor, N. O., 2005. Assessment of trace elements in canned fishes (mackerel, tuna, salmon, sardines and herrings) marketed in Georgia and Alabama (United States of America). Journal Food Composition Analysis, 18: 771–787.

Miloskovic, A. and Simic, V., 2015. Arsenic and Other Trace Elements in Five Edible Fish Species in Relation to Fish Size and Weight and Potential Health Risks for Human Consumption. Polish Journal of Environmental Studies, 24 (1): 199-206.

Monsefrad, S.F., Khanlarc, M., Nazemroayad, S., Faizbakhshe, R. and Mirsadeghia, H., 2015. A preliminary risk assessment of the trace metals accumulated in the farmed Beluga sturgeon (*Huso huso*) caviar from Caspian Sea. Persian Journal of Seafood Science and Technology, 1: 7-11.

Papagiannis, I., Kagalou, I., Leonardos, J., Petridis, D. and Kalfakakou, V., 2004. Copper and zinc in four freshwater fish species from Lake Pamvotis (Greece). Environment International, 30: 357-362.

Pourang, N., Dennis, J.H. and Ghourchian, H., 2005. Distribution of heavy metals in (*Penaeus Semisulcatus)* from Persian Gulf and possible role of metallothionein in their redistribution during storage. Environmental Monitoring and Assessment, 100: 71–88.

Pyka, J. and Kolman, R., 2003. Feeding intensity and growth of Siberian sturgeon *Acipenser baerii* Brandet in pond cultivation. Archives of Polish Fisheries, 11: 287–294.

Qin, D., Jiang, H., Bai, S., Tang, S. and Mou, Z., 2015. Determination of 28 trace elements in three farmed cyprinid fish species from Northeast China. Food Control, 50: 1-8.

Raeisi, S., Sharifi Rad, J., Sharifi Rad, M. and Zakariaei, H., 2014. Analysis of heavy metals content in water, sediments and fish from the Gorgan bay, southeastern Caspian Sea, Iran. International journal of Advanced Biological and Biomedical Research, 2 (6): 2162-2172.

Rouessac, F. and Rouessac, A., 2007. Chemical Analysis Modern Instrumentation Methods and Techniques. 2nd Edition, England, John Wiley & Sons Ltd.

ROPME, 1999. Manual of oceanographic and pollulant analysis method. Third Edition. Kuwait. 1-100.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-06]

Sobolev, K. D., 2005. Toxicological peculiarities of accumulation of heavy metal ions in natural and artificial fish food under conditions of electric power stations warm waste waters. Sbornik trudov Federal'nogo gosudarst vennogonauchno-issledovatel'skogo institute ozernogo i rechnogo rybnogo hozyaistva (Collection of Papers of Federa l State Scientific institute GOSNIORkh, 333: 362–373.

Steffens, W., Jaehnichen, H. and Fredrich, F., 1990. Possibilities of sturgeon culture on Central Europe. Aquaculture, 89: 101–122.

Stoskopf, M. K., 1993. Fish medicine. WB. Saunders Co.London, England, 882P.

Tiimub, M. B. and Dzifa Afua, M. A., 2013. Determination of Selected Heavy Metals and Iron Concentration in Two common Fish Species in Densu River at Weija District in Grater Accra Region of Ghana. American International Journal of Biology, 1(1): 45-55.

Tuzen, M., 2009. Toxic and essential trace elemental contents in fish species from the Black Sea, Turkey. Journal of Food and chemical Toxicology, 47(9): 2302-2307.

Wang, W., Batterman, S., Chernyak, S. and Nriagu, J., 2008. Concentrations and risks of organic and metal contaminants in Eurasian caviar. Ecotoxicology and Environmental Safety, 71: 138-148.

Williot, P., Sabeau, L., Gessner, J., Arlati, G., Bronzi, P., Gulyas, T. and Berni, P., 2001. Sturgeon farming in Western Europe: recent developments. Aquatic Living Resources, 14: 367-374.

Wirth, M., Kirschbaum, F., Gessner, Y., Kruger, A. and Billard, R., 1998. Discrimination of caviar from different sturgeon species. Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries, 310, D-12587 Berlin, Germany.

Yilmaz, F., Ozdemir, N., Demirak, A. and Tuna, A. L., 2007. Heavy metal levels in two fish species *Leuciscus cephalus* and *Lepomis gibbosus*. Food Chemistry, 100: 830-835.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-06]

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-06]