مجله بوم شناسی آبزیان

Journal homepage: http://jae.hormozgan.ac.ir

سنجش غلظت جیوه در اردک ماهی (*Esox lucius*) و ارزیابی ریسک بالقوه سلامت انسان به واسطه مصرف آن، تالاب انزلی

حسن ملوندی*، سمیه عظیمی، مینا سروری کروژده

گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

نوع مقاله:
کوتاه

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۹۷/۰۹/۱۴
اصلاح: ۹۷/۱۱/۰۹
پذیرش: ۹۷/۱۱/۲۳

کلمات کلیدی:
اردک ماهی
بزرگنمایی زیستی
سمیت

چکیده

هدف از این تحقیق ارزیابی غلظت جیوه بافت عضله اردک ماهی و ریسک بالقوه مصرف آن بود. مقدار حداکثر مجاز مصرف روزانه، هفتگی و ماهانه برای کودکان و بزرگسالان محاسبه شد. میانگین غلظت جیوه از حد مجاز سازمان استاندارد ملی و سازمان‌های بین المللی کمتر بود. نتایج شاخص HQ بیانگر عدم وجود تهدیدی بالقوه برای مصرف کنندگان بود. به علاوه عدم خطر سلامتی برای خود گونه نیز تأیید شد. با این وجود به دلیل گوشتخوار بودن این گونه و تجمع زیستی جیوه، برای تضمین سلامت گونه‌ها و انسان باید پایش‌های مستمر انجام شود.

مقدمــه

جیوه از عناصری است که در طبیعت خاصیت تجمع زیستی داشته و به عنوان یک آلاینده زیست محیطی خطرناک حساسیت مجامع و سازمان‌های بین المللی گوناگون را برانگیخته است. آلودگی جیوه، علاوه بر پیامدهای اقتصادی، به واسطه خصوصیاتی از قبیل سمیت، پایداری و بزرگنمایی زیستی سبب تهدید سلامت موجودات و به خصوص موجودات بالایی زنجیره غذایی و همچنین انسان ها شده است (Zamani-Ahmadmahmoodi *et al.*, 2014; Ghasemzadeh, 2005).

نتایج حاصل از تحقیقات انجام شده بر روی ماهیان و رابطه آن با سلامت جسمانی و روانی انسان‌ها و به علاوه توصیه‌های سازمان بهداشت جهانی و ترغیب انسان‌ها به مصرف ماهی جهت پیشگیری از وقوع برخی بیماری‌ها، بر ارزش و اهمیت ماهی و لزوم قرارگیری آن در وعده‌های غذایی مردم افزوده است. از طرفی، مصرف مداوم ماهی‌های آلوده به جیوه، آثار نامطلوبی بر سلامت داشته و ممکن است حیات فرد را به مخاطره اندازد. لذا با وجود منفعت‌هایی که مصرف ماهی برای انسان دارد، خطرات بهداشتی ناشی از آن نیز نگرانی‌هایی را سبب شده است (Gheytasi *et al.*, 2014; Molazadeh Adel *et al.*, 2016 ; and Nozari, 2014).

تالاب انزلی یکی از اکوسیستم های آبی مهم در ایران است. این تالاب زیستگاه بسیاری از گونه‌ها بوده و دارای ارزش اکولوژیکی، اقتصادی و گردشگری نیز می باشد. امروزه این تالاب تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی در معرض نابودی قرار گرفته است. گرچه ماهیان متنوعی در آن زیست می‌کنند، اما تقریبا نیمی از ماهیان صید شده از این تالاب مربوط به گونه اردک ماهی است. این گونه یکی از گونه های نیازمند حفاظت است و دارای ارزش بوم شناسی و اقتصادی بالا است و سهم زیادی را

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: h.malvandi@hsu.ac.ir; hmalvandi@gmail.com

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1398.9.1.15.4]

در تأمین پروتئین دریافتی و رژیم غذایی انسان‌ها به خود اختصاص می‌دهد (Molazadeh and Khodadoust *et al.*, 2015 ; Nozari, 2014).

با توجه به حضور ماهی در رژیم غذایی انسان به خصوص افراد ساکن در اطراف پیکره‌های آبی و همچنین قرارگیری اغلب آن‌ها در ترازهای بالاتر زنجیره غذایی، انجام مطالعات جهت سنجش و پایش سلامت آبزیان به ویژه ماهیان ضروری است. پژوهش‌هایی نیز پیرامون سنجش غلظت جیوه اردک ماهیان صورت گرفته است از جمله می‌توان به تحقیقات Astani و همکاران (۲۰۱۶) و Adel و همکاران (۲۰۱۶) اشاره کرد.

در تحقیق حاضر نیز با توجه به دلایل ذکر شده بالا و همچنین بنا به دلایل زیر، گونه اردک ماهی انتخاب شده است: الف- نوع رژیم غذایی (گوشتخوار بودن)، ب- موقعیت آن در زنجیره غذایی، ج- قلمرو طلب بودن، د- مصرف زیاد خوراکی در میان مردم منطقه مورد مطالعه. بنابراین اهداف اصلی این تحقیق شامل بررسی مقادیر عنصر سمی جیوه در بافت عضله اردک ماهی از تالاب انزلی، محاسبه جذب روزانه و هفتگی عنصر جیوه و همچنین میزان مجاز مصرف ماهی‌های مورد مطالعه، ارزیابی خطرات سلامتی بالقوه جیوه برای گونه اردک ماهی و همچنین انسان به واسطه مصرف این گونه بود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

تالاب انزلی یک اکوسیستم مهم بوده که دارای گونه‌های متعددی است. گسترش فعالیت‌های متنوع انسانی و افزایش روز افزون صنایع، افزایش میزان ورود پساب‌های صنعتی و شهری، توسعه فعالیت‌های کشاورزی و صید و شکار بی‌رویه از جمله تهدیداتی است که سبب به خطر افتادن زیستگاه و جمعیت جانوران و آلودگی زیستگاه می‌شود (Teymouri *et al.*, 2012; Molazadeh and Nozari, 2014).

آماده سازی نمونه ها و تجزیه و تحلیل داده ها

نمونه‌های اردک ماهی در زمستان ۱۳۹۶ از کل تالاب بدون ایستگاه بندی منطقه صید شدند. بعد از خشک کردن نمونه‌های عضله (در دمای $^{\circ}C$ ۱۵۰ و h ۴۸)، یک گرم نمونه پودر شده، با اسید نیتریک و اسید پرکلریک هضم و با آب دیونیزه به حجم ۱۰ میلی لیتر رسانده شد. آزمون کولموگروف-اسمیرنف عدم نرمال بودن داده ها را نشان داد، بنابراین از آزمون اسپیرمن برای تعیین همبستگی غلظت جیوه با پارامترهای ریخت‌شناسی در نرم افزار SPSS استفاده شد.

خطرات بهداشتی مرتبط با جیوه برای انسان

محاسبه مقدار جذب روزانه (EDI) و محاسبه مقدار جذب هفتگی (EWI)

مقادیر این شاخص بر اساس فرمول‌های زیر محاسبه شد. فاکتورها در مقاله Salamat و همکاران (۲۰۱۶) توضیح داده شده است (Salamat *et al.*, 2016).

$$EDI = \frac{(C \times IR_d)}{Bw}$$

$$EWI = \frac{(C \times IR_w)}{Bw}$$

شاخص خطر (HQ)

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1398.9.1.15.4]

شاخص طبق فرمول زیر محاسبه شد. فاکتورها در مقاله Malvandi و همکاران (۲۰۱۴) توضیح داده شده اند (Malvandi *et al.*, 2014).

$$HQ = \left(\frac{EF \times ED \times FIR \times C}{RFD \times WAB \times TA}\right) \times 10^{-3}$$

تعیین میزان مجاز مصرف ماهی

حداکثر میزان مجاز مصرف ماهی (CR_{lim}) و تعداد وعده‌های مجاز مصرف ماهی به طور ماهانه (CR_{mm}) طبق فرمول های زیر به دست آمد. فاکتورها در مقاله Salamat و همکاران (۲۰۱۶) توضیح داده شده است.

$$CR_{lim} = (RfD \times Bw)/MC$$

$$CR_{mm} = CR_{lim} \times T/MS$$

نتایـج

میانگین و خطای معیار غلظت جیوه برای اردک ماهی برابر با ۱۵/۹۸±۱۱۹/۳۰ و محدوده مقادیر این عنصر سمی از ۳۳ تا ۲۲۷dw $\mu g\ kg^{-1}$ بود. میانگین طول کل ۳۸/۲ Cm (۴۹/۴-۲۹/۷)، طول استاندارد ۳۳/۴ Cm (۲۴/۹-۴۵/۷)، طول چنگالی ۳۶/۰۸ Cm (۲۷/۴-۴۷/۸) و وزن کل ۴۳۱/۷۲ g (۱۹۰-۱۰۳۶) بودند. نتایج نشان داد بین غلظت جیوه و ویژگی‌های ریخت‌شناسی وزن کل، طول کل بدن، طول چنگالی و طول استاندارد همبستگی معنی‌داری وجود ندارد ($p>0/05$).

در جدول ۱ مقادیر جذب روزانه (EDI) و هفتگی (EWI) عنصر جیوه ذکر شده است. همچنین مقادیر شاخص خطر (HQ) برای گونه اردک ماهی بر اساس میزان مصارف مختلف و دوز رفرنس‌های مختلف محاسبه گردید (جدول ۱). مقادیر این شاخص در محدوده $^{-5}$۱۰× ۳/۰ و $^{-5}$۱۰× ۱۲/۹ بود.

حداکثر میزان مجاز مصرف ماهی روزانه، هفتگی و ماهانه برای یک انسان بالغ و کودک نیز محاسبه شد. برای بزرگسالان میزان مجاز مصرف ماهی روزانه و هفتگی برابر با ۲۹۴ و ۲۰۵۷ گرم و تعداد وعده های مجاز مصرف در ماه برابر با ۳۹/۴۱ وعده بود. برای کودکان میزان مجاز مصرف ماهی روزانه برابر با ۶۰/۹ گرم، هفتگی برابر با ۴۲۶ گرم و تعداد وعده های مجاز مصرف این گونه در ماه برابر با ۸/۱۶ وعده به دست آمد.

جدول ۱. مقادیر جذب روزانه (EDI)، هفتگی (EWI) و مقادیر شاخص HQ برای گونه اردک ماهی

شاخص		شاخص	
EDI و EWI	مقدار	HQ	مقدار
EDI_F [a]	۰/۰۱۲۳	HQ_{FE} [d]	۱۲/۳ ×۱۰$^{-5}$
EDI_{Im} [b]	۰/۰۰۷۰	HQ_{FW} [e]	۵/۳ ×۱۰$^{-5}$
EDI_{In} [c]	۰/۰۱۲۹	HQ_{ImE} [f]	۷/۰ ×۱۰$^{-5}$
EWI_F [a]	۰/۰۸۵۸	HQ_{ImW} [j]	۳/۰ ×۱۰$^{-5}$
EWI_{Im} [b]	۰/۰۴۸۸	HQ_{InE} [h]	۱۲/۹ ×۱۰$^{-5}$
EWI_{In} [c]	۰/۰۹۰۵	HQ_{Inwk} [k]	۵/۶ ×۱۰$^{-5}$

[a] بر اساس سرانه مصرف ماهی FAO؛ [b] بر اساس سرانه مصرف ماهی میانگین در ایران؛ [c] بر اساس سرانه مصرف ماهی در سواحل شمال ایران؛ [d] شاخص HQ، بر اساس میزان مصرف FAO و دوز رفرنس EPA؛ [e] شاخص HQ، بر اساس میزان مصرف FAO و دوز رفرنس WHO؛ [f] شاخص HQ، بر اساس میزان مصرف میانگین در ایران و دوز رفرنس EPA؛ [j] شاخص HQ، بر اساس میزان مصرف میانگین در ایران و دوز رفرنس WHO؛ [h] شاخص HQ، بر اساس میزان مصرف میانگین در سواحل شمال ایران و دوز رفرنس EPA؛ [k] شاخص HQ، بر اساس میزان مصرف میانگین در سواحل شمال ایران و دوز رفرنس WHO

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1398.9.1.15.4]

بحث

میانگین غلظت جیوه کل موجود در بافت عضله در مطالعه حاضر ۱۱۹ میکروگرم بر کیلوگرم وزن خشک بود. مقایسه این مقدار با سایر مطالعات مشابه انجام شده بر روی اردک ماهی و دیگر گونه‌ها به اختصار ارائه شده است. در پژوهشی که توسط Ghasemzadeh (۲۰۰۵) بر روی اردک ماهی تالاب انزلی صورت گرفته است، میانگین غلظت جیوه در بافت عضله ۵۸۶ میکروگرم بر کیلوگرم برآورد شده است که این مقدار در مقایسه با مطالعه‌ی کنونی دارای اختلاف نسبتاً زیادی بوده و می‌تواند بیانگر آلوده‌تر بودن تالاب در سال مذکور باشد. در مطالعه انجام شده توسط Zamani و همکاران (۲۰۱۴) میانگین غلظت جیوه عضله اردک ماهی ۱۳۶ میکروگرم بر کیلوگرم وزن خشک گزارش شده است که این میزان تقریباً با داده‌ی مطالعه حاضر همخوانی دارد. البته لازم به ذکر است که کمترین مقدار میانگین غلظت جیوه عضله اردک ماهیان ۵ میکروگرم بر کیلوگرم وزن تر طی مطالعه Adel و همکاران (۲۰۱۶) به دست آمده است که در مقایسه با میانگین غلظت جیوه در مطالعه حاضر به وضوح کمتر است. نتایج مطالعه دیگری که در همین سال بر روی این تالاب انجام شده است، مقداری متفاوت را نسبت به مطالعه Adel و همکاران (۲۰۱۶) نشان می‌دهد (Astani *et al.*, 2016). با مشاهده مقادیر غلظت‌های جیوه گزارش شده در دهه‌های اخیر می‌توان گفت که در مجموع، میانگین غلظت جیوه کل نسبت به سال ۲۰۰۵ کاهش یافته است، اما هیچ قاعده کلی و ثابتی در این مورد (یعنی روند کاهشی) مشاهده نمی شود و نمی توان با اطمینان در مورد کمتر بودن میانگین غلظت جیوه کل، در سال‌های آتی اظهار نظر کرد. همچنین مقایسه غلظت‌های جیوه گزارش شده از بافت عضله اردک ماهی‌های سایر نقاط جهان نشان داد که در تمام این مطالعات مقادیر جیوه بیشتر از مقادیر به دست آمده در مطالعه حاضر است. به طوری‌که در مطالعه انجام شده در رودخانه Yukon از آلاسکا مقادیر جیوه در اردک ماهی بیش از ۶۳ برابر جیوه به دست آمده در مطالعه حاضر است (Jewett *et al.*, 2003). همچنین مقادیر جیوه به دست آمده در اردک ماهی در مطالعه حاضر، کمتر از مقادیر به دست آمده در گونه‌های کپور معمولی (Astani *et al.*, 2016)، سوف سفید (Manavi and Mazumder, 2018)، شاه کولی (Zolfaghari *et al.*, 2006)، کولمه (Zolfaghari *et al.*, 2018) و ماهی سفید (Astani *et al.*, 2016Manavi and ; Mazumder, 2018) و بیشتر از گونه‌های کاراس (Sakizadeh *et al.*, 2012)، تیزکولی، شگ ماهی (Zolfaghari *et al.*, 2018)، سوف حاجی طرخان (Noroozi, 2017) و کیلکا معمولی (Dadar *et al.*, 2017) بود.

میانگین غلظت جیوه در گونه اردک ماهی از تمامی استانداردهای ارائه شده توسط سازمان های WHO (۵۰۰ µg/kg ww)، FAO (۵۰۰ µg/kg ww)، FDA (۱۰۰۰ µg/kg ww)، کمیسیون اتحادیه اروپایی (EC) (۵۰۰-۱۰۰۰ µg/kg ww)، EPA (۳۰۰ µg/kg ww)، وزارت کشاورزی- شیلات و غذای انگلستان (MAFF) (۳۰۰ µg/kg ww) (Gheytasi *et al.*, 2014) و سازمان استاندارد ملی ایران (۵۰۰µg/kg) (Koshafar and Velayatzadeh, 2016)، کمتر بود و از این جهت احتمالاً خطری جدی سلامت مصرف کنندگان را تهدید نمی‌کند اما برای ارزیابی دقیق‌تر و اطمینان بیشتر در این مقاله شاخص خطر (HQ) و میزان مجاز روزانه ماهی نیز مورد بررسی قرار گرفته است. در تمام نمونه ها، میزان HQ کمتر از یک بود و بیان کننده‌ی عدم وجود تهدیدی بالقوه برای سلامت انسان در صورت مصرف گونه‌ی مورد مطالعه است. شاخص خطر جیوه موجود در بافت خوراکی اردک ماهیان تالاب انزلی در پژوهش Adel و همکاران (۲۰۱۶) برای دو رده سنی کودکان و بزرگسالان کمتر از یک برآورد شده است.

در مطالعه حاضر، حداکثر میزان مجاز مصرف ماهی روزانه، هفتگی برای افراد بالغ و کودکان به همراه تعداد وعده های مجاز در ماه محاسبه شد. در صورت رعایت مقادیر محاسبه شده، انتظار می‌رود که خطری سلامت مصرف کنندگان را تهدید نکند. در سایر مطالعات انجام شده بر روی اردک ماهی، حد مجاز مصرف اردک ماهی صید شده از تالاب انزلی بر اساس دوز رفرنس EPA برای مردان، زنان، نوجوانان و کودکان به ترتیب ۳۲۰، ۲۷۰، ۱۲۵ و ۵۹ گرم در ماه تعیین شده است (Ghasemzadeh *et al.*, 2010)، همچنین میزان وعده‌های مجاز اردک ماهی تالاب انزلی، دو وعده در ماه به دست آمده است (Molazadeh and Nozari, 2014) که به دلیل غلظت‌های بیشتر جیوه موجود در نمونه های صید شده اردک ماهی در آن سال ها، این مقادیر متفاوت از مقادیر مجاز به دست آمده در مطالعه حاضر است.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1398.9.1.15.4]

همچنین برای ارزیابی ریسک بالقوه سلامتی برای خود گونه اردک ماهی به علت وجود عنصر جیوه در بدنشان، از معیارهای مرتبط با اثرات سلامتی مشاهده شده در چندین گونه ماهی استفاده شد. معیارهای در نظر گرفته شده به این صورت است که غلظت جیوه در حد کمتر از ۰/۲ ppm در کل بدن ماهی دارای اثرات سلامتی اندک یا بدون اثر بوده و جیوه بیش از ۰/۲ ppm به طور بالقوه بر عملکرد بیوشیمیایی و بیان ژن اثر دارد. همچنین مقادیر جیوه بیش از ۰/۳ ppm به طور بالقوه دارای اثراتی بر رفتار، تولید مثل و بافت‌ها بوده و بیش از ۱/۰ ppm به طور بالقوه بر رشد اثر داشته و نیز سبب دیگر اثرات زیان آور خواهد شد (Lepak *et al.*, 2016). نتایج تحقیق نشان داد که مقادیر جیوه در تمام نمونه های اردک ماهی کمتر از ۰/۲ ppm بود که این امر نشان دهنده عدم خطر سلامتی برای خود گونه است.

در مطالعه حاضر همبستگی معنی‌داری بین غلظت جیوه و ویژگی‌های ریخت شناسی وزن کل، طول کل بدن، طول چنگالی و طول استاندارد مشاهده نشد ($p >$ ۰/۰۵). نتایج مشابهی نیز در سایر مطالعات انجام شده توسط Molazadeh and Nozari (۲۰۱۴) و Zamani و همکاران (۲۰۱۴) در اردک ماهی به دست آمد. در حالی‌که برخلاف نتایج این تحقیق، نتایج مطالعه Ghasemzadeh و همکاران (۲۰۱۰) بیانگر وجود ارتباط مستقیم بین میانگین غلظت جیوه کل در بافت عضله اردک ماهی ها با پارامترهای ریخت شناسی طول و وزن بدن بوده است. در کل با توجه به نتایج به دست آمده، به طور قطع نمی‌توان گفت که رابطه‌ای ثابت بین میزان جیوه و پارامترهای ریخت شناسی اردک ماهی وجود دارد. هرچند که به طور کلی بیان شده است که میزان جیوه در ماهی‌های بزرگ‌تر (طول و وزن بیشتر)، بیشتر از ماهی‌های کوچکتر همنوع خود است.

با توجه به کمتر بودن میانگین غلظت جیوه‌ی (۱۱۹ $\mu g\ kg^{-1}$) به دست آمده در گونه مورد مطالعه نسبت به استانداردهای پیشنهادی سازمان‌های مختلف و با در نظر گرفتن شاخص ریسک به دست آمده ($HQ <$ ۱)، مصرف این گونه دارای خطر بالقوه بهداشتی برای مصرف کنندگان نمی‌باشد. در کل با توجه به مقادیر کمتر جیوه به دست آمده در این مطالعه نسبت به مطالعات مشابه بر روی اردک ماهی شاید بتوان نتیجه‌گیری کرد که احتمالاً آلودگی تالاب انزلی نسبت به دهه‌های گذشته کاهش یافته است، هرچند نتیجه‌گیری دقیق‌تر در این مورد، نیازمند تحقیقات گسترده تر و جامع تر می‌باشد. همچنین مشخص شد که مقادیر جیوه در اردک ماهی مطالعه حاضر، کمتر از اکثر گونه های ماهی صید شده از تالاب انزلی بود که این امر نیز نشان‌دهنده سالم بودن این منبع غذایی از جنبه عنصر سمی جیوه می باشد. در نهایت لازم به ذکر است که با توجه به گوشتخوار بودن این گونه و فرایند تجمع زیستی عنصر سمی جیوه، برای تضمین سلامت گونه های ماهی و افراد مصرف کننده باید تدابیر لازم جهت کاهش ورود آلاینده ها به تالاب اتخاذ گردد.

تشکر و قدردانی

این مقاله بخشی از طرح تحقیقاتی مورد حمایت "صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور" معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری با کد ۹۶۰۰۸۲۵۶ است.

منابـع

Adel, M., Dadar, M., Fakhri, Y., Oliveri Conti, G., Ferrante, M. 2016. Heavy metal concentration in muscle of pike (*Esox lucius* Linnaeus, 1758) from Anzali international wetland, southwest of the Caspian Sea and their consumption risk assessment. Journal of Toxin Reviews. 35(3-4): 217-223.

Astani, E., Vahedpour, M., Babaei, H. 2016. Organic and total mercury concentration in fish muscle and thermodynamic study of organic mercury extraction in fish protein. Journal of Ecopersia. 4(3): 1517-1526.

Dadar, M., Adel, M., Nasrollahzadeh Saravi, H., Fakhri, Y. 2017. Trace element concentration and its risk assessment in common kilka (*Clupeonella cultriventris* caspia Bordin, 1904) from southern basin of Caspian Sea. Journal of Toxin Reviews. 36(3): 222-227.

Ghasemzadeh, G. 2005. Mercury bioaccumulation in pike (*Esox lucius*) food chain from Anzali lagoon, Iran. PhD thesis. Azad University. 63 p.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1398.9.1.15.4]

Ghasemzadeh, G., Esmaeli Sari, A., Sharifpour, I., Vosoughi, G., Ghasempouri, S., Zolfaghari, G. 2010. Mercury bioaccumulation in pike (*Esox lucius*) from Anzali lagoon, Iran. Journal of Iranian Scientific Fisheries. 19(1): 97-110.

Gheytasi, A., Hosseini, S.V., Ahmadi Kordestani, Z., Aghilinejhad, S.M., Shoghali, F. 2014. Determination of allowable levels of mercury in canned yellowfin tuna (*Thunnus albacares*). Fisheries (Iranian Journal of Natural Resources). 67(2): 287-296.

Jewett, S.C., Zhang, X., Naidu, A.S., Kelley, J.J., Dasher, D., Duffy, L.K. 2003. Comparison of mercury and methylmercury in northern pike and arctic grayling from western Alaska Rivers. Journal of Chemosphere. 50(3): 383-392.

Khodadoust, A., Khara, H., Taghi Zadeh, V., Imanpoor, M.R. 2015. The histological study of ovarian development of pike (*Esox lucius*) Anzali wetland. Journal of Animal Physiology and Development. 8(2): 13-22.

Koshafar, A., Velayatzadeh, M. 2016. Risk assessment to consumers from mercury in *Acanthopagrus latus*. Journal of Food Hygiene. 6(3): 21-33.

Lepak, J.M., Hooten, M.B., Eagles-Smith, C.A., Tate, M.T., Lutz, M.A., Ackerman, J.T., Willacker Jr, J.J., Jackson, A.K., Evers, D.C., Wiener, J.G. 2016. Assessing potential health risks to fish and humans using mercury concentrations in inland fish from across western Canada and the United States. Journal of Science of the Total Environment. 571: 342-354.

Malvandi, H., Sari, A.E., Aliabadian, M. 2014. Mercury contamination in khramulia (*Capoeta capoeta*) from the Cheshme Kile and Zarrin Gol Rivers in Iran and human health risk assessment. Bulletin of Environmental Contamination and toxicology. 93(4): 472-477.

Manavi, P.N., Mazumder, A. 2018. Potential risk of mercury to human health in three species of fish from the southern Caspian Sea. Journal of Marine Pollution Bulletin. 130: 1-5.

Molazadeh, N., Nozari, M. 2014. Study of mercury bioaccumulation in some organs of Anzali wetland pike (*Esox lucius*) and mercury concentration relation with total body length and sex. Journal of Wetland Ecobiology. 6(3): 49-58.

Noroozi, M. 2017. Bioaccumulation study of toxic and essential metals in muscle ,liver, and gills of *Perca fluviatilis* L. in Anzali wetland. Journal of Wetland Ecobiology. 9(1): 57-68.

Sakizadeh, M., Sari, A.E., Abdoli, A., Bahramifar, N., Hashemi, S.H. 2012. Determination of polychlorinated biphenyls and total mercury in two fish species (*Esox lucius* and *Carassius auratus*) in Anzali wetland, Iran. Journal of Environmental Monitoring and Assessment. 184(5): 3231-3237.

Salamat, N., Khalifi, K., Movahedinia, A. 2016. Health concerns related to consumption of fish from Anzali Wetland. Clean–Soil, Air, Water. 44(2): 115-123.

Teymouri, B., Nabavi, S.M.B., Safaeyan, S., Khatami, S.H. 2012. Determining level of PCBs in skin and muscle tissue of *Cyprinus carpio* and *Esox lucius* in Anzali wetland (Abkenar). Journal of Iranian Scientific Fisheries. 21(3): 23-30.

Zamani-Ahmadmahmoodi, R., Bakhtiari, A.R., Martín, J.A.R. 2014. Spatial relations of mercury contents in pike (*Esox lucius*) and sediments concentration of the Anzali wetland, along the southern shores of the Caspian Sea, Iran. Journal of Marine Pollution Bulletin. 84(1-2): 97-103.

Zolfaghari, G., Esmaeli Sari, A., Ghasempouri, S., Ghorbani, F., Ahmadifard, N., Shokri, Z. 2006. The comparison of relation age, sex and weight with mercury concentration in different tissues of *Chalcalburnus chalcalburnus* from Anzali wetland. Journal of Marine Science and Technology. 5(3-4): 23-31.

Zolfaghari, G., Safary, O., Atabati, A. 2018. Non-carcinogenic quantitative risk assessment of heavy metals in 8 fish species of Iranian international wetlands by EPA/WHO instructions. Journal of Environmental Studies. 44(1): 33-47.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1398.9.1.15.4]