تعیین غلظت کادمیوم در بافت‌های ماهی سفید (*Rutilus kutum*) و ارزیابی خطر مصرف آن در سواحل جنوبی دریای خزر

- **محمد شریفی**: گروه محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، صندوق‌پستی: ۷۷۵-۱٤٥۱٥
- **تورج ولی‌نسب***: موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، صندوق پستی: ٦۱۱٦-۱٤۱٥٥
- **لعبت تقوی**: گروه محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، صندوق‌پستی: ۷۷۵-۱٤٥۱٥

تاریخ دریافت: مرداد ۱۳۹٦ تاریخ پذیرش: آبان ۱۳۹٦

چکیده

محصولات دریایی به‌رغم تأمین بخشی مهمی از پروتئین مورد نیاز انسان‌ها، موجب به‌وجود آوردن خطراتی برای سلامت آن‌ها می‌شوند. از این‌رو هدف از این مطالعه تعیین تجمع کادمیوم در بافت‌های پوست و عضله جنس‌های نر و ماده ماهی سفید و در نهایت مطالعه ارزیابی خطر مصرف آن می‌باشد. پس از انجام هضم اسیدی تعداد ۳۰ عدد ماهی سفید نمونه‌برداری شده از سواحل جنوبی دریای خزر، میزان کادمیوم در آن‌ها با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. میانگین غلظت کادمیوم در بافت پوست و عضله به‌ترتیب ۰/۰۹±۰/٤٥ و ۰/۰٦±۰/۳۸ میکروگرم بر گرم وزن تر به‌دست آمد. نتایج آنالیزهای آماری تفاوت معنی‌داری را بین بافت پوست و عضله نشان داد ($p<0/01$). هم‌چنین اختلاف معنی‌داری در غلظت کادمیوم بین جنس نر و ماده مشاهده نشد. میزان سیبل خطر هدف (۰/۰۰۰۲) پایین‌تر از میزان مجاز ارائه شده بود. میزان جذب روزانه و هفتگی به‌ترتیب ۱/٤۲ و ۹/۹۷ میکروگرم در روز/ هفته به‌دست آمد که پایین‌تر از حداکثر میزان قابل قبول توسط کمیته مشترک سازمان‌های بهداشت جهانی و فائو بود. حد مجاز مصرف ماهی سفید از نظر کادمیوم برای افراد بالغ ۰/۱٦ و برای کودکان ۰/۰۳ کیلوگرم در روز به‌دست آمد. هم‌چنین تعداد وعده‌های مجاز مصرف برای افراد بالغ ۲۱/۷۹ و برای کودکان ٤/٥۱ وعده در ماه به‌دست آمد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که میزان کادمیوم در ماهی سفید پایین‌تر از میزانی می‌باشد که در بلندمدت خطرات بهداشتی را متوجه مصرف‌کنندگان آن، با میزان کنونی مصرف داشته باشد.

کلمات کلیدی: کادمیوم، ماهی سفید، فلز سنگین، ریسک غذایی

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: t_valinassab@yahoo.com

مقدمه

دریای خزر با دارا بودن گونه‌های با ارزش ماهیان خاویاری و استخوانی از اهمیت اقتصادی و اکولوژیک خاصی برخوردار می‌باشد. فون ماهیان دریای خزر در مقایسه با آب‌های آزاد از تنوع گونه‌ای کم‌تری برخوردار است (Kazakhstan Academy of Sciences، ۱۹۹۴) و بیش‌تر منابع آن کوچک جثه و به‌شدت آسیب‌پذیر می‌باشند (تقوی، ۱۳۷۷). در این میان ماهی سفید یکی از مهم‌ترین و با ارزش‌ترین ماهیان استخوانی، فلس‌دار و تجاری سواحل جنوبی دریای خزر می‌باشد، به‌طوری‌که ۵۰ درصد از صید و ۶۰ درصد از درآمد صیادان ماهیان استخوانی را به‌خود اختصاص می‌دهد (عبدالملکی و غنی‌نژاد، ۱۳۸۶؛ دریانبرد و همکاران، ۱۳۸۸). به‌نظر می‌رسد مصرف سنتی ماهی سفید از زمان‌های دور سبب گردید تا ذائقه ساحل‌نشینان ناحیه جنوبی دریای خزر به این ماهی عادت بیش‌تری حاصل نماید. هر ساله میزان زیادی از این گونه در سواحل دریای خزر و رودخانه‌های آن صید می‌شود به‌طوری‌که میزان صید این گونه در سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۵ به‌ترتیب برابر با ۱۱/۸، ۱۳/۸، ۶/۱، ۸/۱ و ۶/۷ هزار تن در سال بوده است (اداره آمار صید سازمان شیلات ایران، ۱۳۹۶). از طرف دیگر به‌علت تخریب رودخانه‌ها (احداث‌سد، برداشت شن و ماسه) تخم‌ریزی آن به‌صورت طبیعی کم‌تر صورت می‌گیرد. بنابراین کارگاه‌های تکثیر مصنوعی، برای حفظ ذخایر این ماهی آن‌ها را به‌صورت مصنوعی تکثیر کرده و ماهیان را تا اندازه انگشت‌قد در استخرهای خاکی مراقبت می‌نمایند و بعد در رودخانه‌ها رهاسازی می‌کنند (عبدلی، ۱۳۷۸؛ وثوقی و مستجیر، ۱۳۸۸). افزایش آلودگی دریای خزر در نتیجه رهاسازی مشتقات نفتی، فاضلاب تأسیسات ساحلی (پالایشگاه‌ها و کارخانجات بزرگ صنعتی، بنادر صیادی و تجاری و مواردی از این قبیل)، فاضلاب خانگی و هم‌چنین رواناب کشاورزی در نتیجه استفاده از سموم دفع آفات و حشره‌کش‌ها از مهم‌ترین مخاطراتی است که این زیست‌بوم را با تهدید مواجه ساخته است (بانک اطلاعاتی ماهیان ایران، ۱۳۹۲). از طرف دیگر ورود فلزات سنگین ناشی از منابع یاد شده امکان بروز تلفات در ماهیان را افزایش داده است. فلزات از اجزای کمیاب محیط‌های آبی هستند که با توجه به نقشی که در فرآیندهای بیولوژیک دارند به‌عنوان ریزمغذی‌ها (مانند آهن، روی، مس، منگنز و کبالت) و یا عامل سمی (مانند جیوه، نقره، کادمیوم، سرب و آرسنیک) مورد توجه می‌باشند (Anderson و Morel، ۱۹۷۸). این فلزات از طریق فرآیندهای شیمیایی و یا فرآیندهای زیستی در طبیعت تجزیه نمی‌شوند و به‌علت پایداری بالایی که دارند قادر هستند وارد بدن موجودات زنده شده و در آن تجمع پیدا کنند (تجمع زیستی) و حتی در صورت استفاده موجود آلوده به فلزات، توسط دیگر موجودات واقع در سطح‌های بالاتر هرم غذایی و یا حتی انسان، وارد بدن آن‌ها شده و میزان آن افزایش یابد (بزرگ‌نمایی زیستی) (لاهیجان‌زاده، ۱۳۸۳). در این میان، فلز کادمیوم از مهم‌ترین آلاینده‌های محیط زیستی در تمامی اکوسیستم‌ها است و حضور این فلز نیز در دریای خزر در گذشته به‌اثبات رسیده است (کریم و همکاران، ۱۳۹۱). ماهی‌ها می‌توانند این فلز را از آب، رسوب و مواد ذره‌ای معلق دریافت کنند (Hardersen و Wratten، ۱۹۹۸). اثر سمی کادمیوم، ناشی از تمایل شدید کاتیون‌های آن‌ها برای اتصال با گوگرد است. از آن‌جاکه پیوند فلز-گوگرد به‌وجود آمده روی آنزیم‌ها اثر می‌گذارد، این آنزیم‌ها نمی‌توانند وظیفه عادی خود را انجام دهند. بنابراین موجب اثرات منفی مختلف نظیر کاهش رشد، تغییر رفتار، تغییرات ژنتیکی و نیز مرگ و میر در آبزیان و هم‌چنین به‌سبب سمیت و تمایل به تجمع در زنجیره‌غذایی موجب‌ایجاد نگرانی در مصرف ماهی‌ها گردیده است (صادقی‌راد و همکاران، ۱۳۸۴). از این‌رو، سازمان‌های مختلف مانند سازمان بهداشت جهانی، اتحادیه اروپا، سازمان خواربار جهانی و آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا اقدام به تعیین میزان حد مجازهایی برای غلظت این آلاینده‌ها در محصولات غذایی ازجمله ماهی و نیز تهیه شاخص‌هایی برای تعیین خطر و حد مجاز مصرف (ارزیابی ریسک مصرف) آن‌ها کرده‌اند. با ارزیابی ریسک مصرف مواد غذایی می‌توان میزان خطر بالقوه و شدت آن ناشی از مصرف هر یک از گونه های غذایی را بررسی کرد. ازجمله این شاخص‌ها به‌منظور تعیین خطر ناشی از مصرف مواد غذایی می‌توان به برآورد سیبل خطر هدف (Target Hazard Quotients/ THQ) اشاره کرد. THQ در واقع بیانگر نسبت بین میزان در معرض قرارگیری مواد و در مرجع در معرض قرارگیری آن‌ها می‌باشد که مدت زمان و تناوب تماس، میزان جذب و وزن فرد مصرف کننده در آن تأثیرگذار می‌باشد و برای بیان اثرات غیرسمی بلندمدت به‌کار می‌رود (EPA، ۱۹۸۹). سینکاکریمی و همکاران (۱۳۹۴) در یک مطالعه مروری به تعیین حد مجاز مصرف ماهی سفید (*Rutilus kutum*) از نظر فلزات سرب و کادمیوم در سواحل جنوبی دریای مازندران پرداختند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد میانگین میزان فلزات سرب و کادمیوم در بافت عضله ماهی‌های سفید موردبررسی، از بسیاری از استانداردهای ملی و بین‌المللی موجود تجاوز کرد درحالی‌که میزان جذب روزانه و هفتگی فلزات سرب و کادمیوم پایین‌تر از میزان مجاز ارائه شده توسط سازمان‌های مربوطه بوده است. برطبق محاسبات صورت گرفته در این مطالعه، افراد بالغ از نظر فلزات سرب و کادمیوم به‌ترتیب ۰/۰۵ و ۰/۱۹ کیلوگرم در روز و کودکان به‌ترتیب ۰/۰۱ و ۰/۰۳ کیلوگرم در روز می‌توانند، بدون آن‌که برای سلامتی آن‌ها عوارض غیر سرطان‌زایی داشته باشد ماهی سفید مصرف کنند.

استفاده از منابع خوراکی دریایی به‌ویژه ماهیان ازجمله ماهی سفید به‌عنوان بخشی از منابع پروتئینی، به‌علت افزایش جمعیت و نیاز روزافزون انسان به غذا، افزایش یافته است (امینی‌رنجبر و علیزاده، ۱۳۷۸؛ عبدالملکی و غنی‌نژاد، ۱۳۸۶؛ دریانبرد و همکاران، ۱۳۸۸). پژوهش‌هایی که در زمینه آلودگی فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی انجام می‌شوند، از دیدگاه سلامت و بهداشت عمومی بسیار مهم هستند. بنابراین با توجه به اثبات ارزش تغذیه‌ای فرآورده‌های دریایی در دهه‌های گذشته و میزان بالای مصرف ماهی سفید در سواحل شمالی کشور، ضروریی است سلامت گونه‌های پرمصرف و تجاری به‌خصوص استخوانی ازجمله گونه ماهی سفید مورد مطالعه و بررسی قرار گیرد. علاوه بر این مطالعه غلظت عناصر سنگین خصوصاً کادمیوم جهت کاهش خطرات ناشی از مصرف ماهیان، به‌خصوص ماهی‌های پرمصرف الزامی است. بنابراین هدف از این مطالعه تعیین تجمع کادمیوم در پوست و عضله ماهی سفید و هم‌چنین مقایسه این تجمع در اندام‌ها براساس جنسیت به‌منظور بررسی سلامت گونه و در نهایت مطالعه ارزیابی خطر مصرف این گونه ماهی در سواحل جنوبی دریا خزر می‌باشد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری و هضم اسیدی: تعداد ۳۰ قطعه ماهی سفید (*Rutilus kutum*، نر و ماده هر کدام ۱۵ قطعه) از شرکت‌های مجاز صیادی شهرستان بابلسر ازطریق صید تور پره به‌دست آمد. نمونه‌های ماهی پس از صید به آزمایشگاه منتقل شدند و قبل از کالبدشکافی و آماده‌سازی، با آب مقطر شست و شو داده شد تا پوشش لزج و ذرات خارجی جذب کننده فلزات از سطح بدن رفع گردد. سپس ۶۰ نمونه بافت (۳۰ نمونه عضله و ۳۰ نمونه پوست) توسط تیغه اسکالپل عاری از آلودگی، به‌دقت از بدن ماهی‌ها جدا شد و درون ورقه‌های پلاستیکی عاری از آلودگی قرار داده شد. نمونه‌های بافت، کدگذاری شده و تا زمان شروع آنالیز در دمای منهای ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. به‌منظور آماده‌سازی برای قرائت توسط دستگاه جذب اتمی، ابتدا مقدار ۱ گرم از بافت‌های عضله و پوست هریک از ماهی‌ها را به‌دقت وزن نموده (وزن‌تر) و در ارلن مایر ۵۰ میلی‌لیتر قرار داده شدند. ۴/۵ میلی‌لیتر اسیدنیتریک (۶۵ درصد) به هر نمونه اضافه گردید. نمونه‌ها در طول شب در آزمایشگاه قرار گرفتند (بدون حرارت دادن) تا به آهستگی هضم شوند. روز بعد ۱/۵ میلی‌لیتر اسید پرکلریک (۷۲ درصد) به نمونه‌ها اضافه شد. سپس نمونه‌ها در بنماری در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱/۵ ساعت قرار داده شدند تا کاملاً هضم شوند. پس از هضم، نمونه‌ها در هوای محیط قرار داده شدند تا سرد شوند. در پایان با استفاده از آب دیونیزه نمونه‌ها را به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده و سپس محلول‌های به حجم رسانده شده توسط کاغذ صافی واتمن(۰/۴۵ میکرومتر)فیلتر شدند (حسن‌پور و همکاران، ۱۳۹۳). محلول استاندارد کادمیوم از محلول ppm ۱۰۰۰ آن فلز متعلق به شرکت Chem-lab کشور بلژیک تهیه شد. اندازه‌گیری غلظت کادمیوم با استفاده از دستگاه جذب اتمی ContrAA 700 انجام شد. برای به‌دست آوردن صحت دستگاه، محلول استاندارد سه بار تکرار شد. حد تشخیص دستگاه برای قرائت فلز کادمیوم ppb ۰/۶۷ و صحت آن ۹۵ درصد بود.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها: به‌منظور بررسی اثر نوع بافت بر تجمع کادمیوم و تأثیر جنسیت بر تجمع این فلز، ابتدا تبعیت داده‌ها از توزیع نرمال با استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف مورد بررسی قرار گرفت. آن دسته از داده‌هایی که از توزیع نرمال پیروی کردند، با استفاده از آزمون‌های پارامتریک به بررسی تفاوت غلظت کادمیوم در اندام‌های مختلف پرداخته شد. بنابراین از آزمون آنالیز واریانس نمونه‌های مستقل (t-test) برای بررسی وجود یا عدم وجود تفاوت در غلظت کادمیوم با توجه به نوع بافت و نوع جنسیت استفاده شد. اما آن دسته از داده‌هایی که از توزیع نرمال پیروی نکردند، از آزمون‌های غیرپارامتریک برای این منظور استفاده شد. بنابراین از آزمون آنالیز واریانس من-ویتنی برای بررسی وجود یا عدم وجود تفاوت در غلظت کادمیوم با توجه به نوع بافت و نوع جنسیت استفاده شد. به‌منظور بررسی تفاوت غلظت کادمیوم در ماهی سفید (تفاوت کادمیوم در پوست و عضله به‌صورت جداگانه) ابتدا تبعیت داده‌های هر گروه با استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف مورد بررسی قرار گرفت.باتوجه به این‌که داده‌های هر گروه از توزیع نرمال تبعیت نکردند، از آزمون غیرپارامتریک تجزیه و تحلیل واریانس کروسکال-والیس برای بررسی تفاوت بین گروه‌های مختلف داده‌ها استفاده شد. کلیه آزمون‌های آماری در این تحقیق با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS نسخه ۲۲ و Excel نسخه ۲۰۱۳ انجام شد.

برآورد سیبل خطر هدف (Target Hazard Quotients/ THQ): برای محاسبه THQ از روش پیشنهادی آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا استفاده شد(EPA، ۲۰۰۰). برای این منظور مواردی که در ادامه آورده شده است به‌عنوان پیش فرض درنظر گرفته می‌شوند. ۱- میزان سرب وارد شده، برابر با میزان جذب شده آن در بدن می‌باشد (EPA، ۱۹۸۹) ۲- پخت و پز اثری روی آلاینده‌ها ندارد (Cooper و همکاران، ۱۹۹۱) ۳- متوسط عمر ایرانیان ۷۲ سال و متوسط وزن افراد بالغ ۷۰ کیلوگرم درنظر گرفته می‌شود (MHMEI، ۲۰۱۵). مدل به‌کار رفته برای تخمین THQ به‌شرح زیر است (فرمول ۱):

$$THQ = (EF \times ED \times MS \times C) / (RfDo \times BW \times AT) \times 10\text{-}3$$

در این مدل THQ خارج قسمت خطر هدف، EF بسامد در معرض قرارگیری (۳۶۵ روز در سال)، ED میزان در معرض قرارگیری (۷۲ سال)، MS نرخ خوردن غذا (گرم در روز)، C میزان فلز در ماده غذایی مورد مطالعه (میلی‌گرم بر کیلوگرم)، RfDo دز مرجع از راه دهان (۰/۰۰۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز برای کادمیوم (IRIS، ۲۰۱۳)، BWمیانگین‌وزن افراد بالغ(۷۰ کیلوگرم)(USG، ۲۰۰۰)، ATزمان در معرض‌قرارگیری برای ترکیبات غیر سرطان‌زا (۳۶۵روز در سال× تعداد سال‌های در معرض قرارگیری که ۷۲ سال است.

تخمین جذب روزانه(EDI) و هفتگی(EWI) کادمیوم توسط افراد مصرف‌کننده: با استفاده از فرمول‌های ۲ و ۳ میزان جذب روزانه و هفتگی فلز کادمیوم در اثر مصرف ماهی‌های سفید توسط افراد مصرف کننده به‌دست آمد. سرانه مصرف ماهی در سواحل جنوبی دریای خزر ۱۴ کیلوگرم در سال (۳۸ گرم در روز) درنظر گرفته می‌شود (Naghipour و همکاران، ۲۰۱۶):

فرمول ۲: تخمین جذب روزانه $EDI = C \times MSD / BW$

فرمول ۳: تخمین جذب هفتگی $EWI = C \times MSW / BW$

در این رابطه‌ها، EDI میزان جذب روزانه سرب توسط بدن، EWI میزان جذب هفتگی کادمیوم توسط بدن، C غلظت به‌دست آمده کادمیوم در ماهی‌های سفید، MSD میزان مصرف ماهی‌های سفید برحسب گرم در روز، MSW میزان مصرف ماهی برحسب گرم در هفته و BW وزن بدن افراد مصرف کننده (۷۰کیلوگرم برای افراد بزرگسال) می‌باشد.

تعیین حدمجاز مصرف ماهی‌های سفید: حد مجاز مصرف ماهی‌های سفید بر حسب کیلوگرم در روز براساس روش پیشنهادی آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا و مطابق فرمول ۴ تعیین می‌شود.

فرمول ۴: محاسبه حد مجاز مصرف ماهی سفید بر حسب کیلوگرم در روز $CRlim = RfDo \times BW / Cm$

در این رابطه CRlim حد مجاز مصرف ماهی (کیلوگرم در روز)؛ RfDo دز مرجع (میکروگرم بر گرم وزن بدن در روز)؛ BW وزن بدن افراد مصرف کننده (۷۰کیلوگرم برای افراد بزرگسال و ۱۴/۵ کیلوگرم برای کودکان) و Cm میزان فلزات کادمیوم در بافت ماهی (میکروگرم بر گرم) می‌باشد.

به‌منظور محاسبه تعداد وعده‌های مجاز مصرف ماهی‌های سفید در ماه از فرمول ۵ استفاده می‌شود. فرمول ۵: محاسبه تعداد وعده‌های مجاز مصرف ماهی سفید: $CRmm = CRlim \times T / MS$

در این رابطه CRmm حداکثر میزان مجاز مصرف ماهی‌های مورد مطالعه (وعده در ماه)؛ CRlim حد مجاز مصرف ماهی‌های مورد مطالعه (کیلوگرم در روز)؛ MS میزان مصرف ماهی در هر وعده (۰/۲۲۷ کیلوگرم) و T تعداد روزهای هر ماه (۳۰/۴۴ روز در ماه) می‌باشد (USG، ۲۰۰۰).

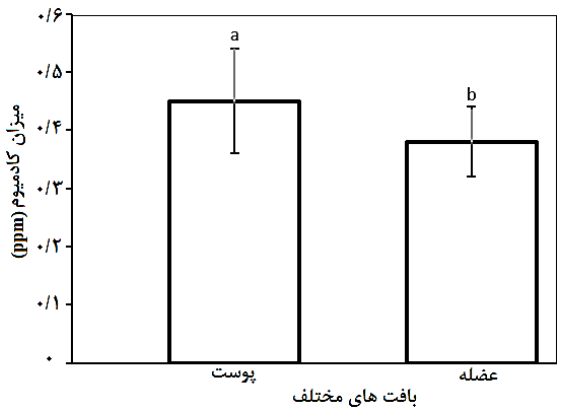
نتایج

جدول ۱ میزان تجمع فلز کادمیوم در بافت‌های پوست و عضله ماهی سفید را نشان می‌دهد. با توجه به این جدول میزان فلز کادمیوم در پوست بیش‌تر از بافت عضله بود.

جدول ۱: میزان تجمع کادمیوم در بافت‌های مختلف ماهی سفید (ppm)

	حداکثر	حداقل	انحراف معیار±میانگین
پوست	۰/۶۲	۰/۵۱	۰/۴۵ ± ۰/۰۹
عضله	۰/۳۴	۰/۳	۰/۳۸ ± ۰/۰۶

شکل ۱ نتایج آزمون تجزیه و تحلیل واریانس به‌منظور بررسی اختلاف غلظت کادمیوم در بافت‌های مختلف ماهی سفید را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد، بین عضله و پوست ماهی سفید اختلاف معنی‌دار آماری شدیدی در میزان غلظت کادمیوم وجود داشت (p = ۰/۰۰۶).

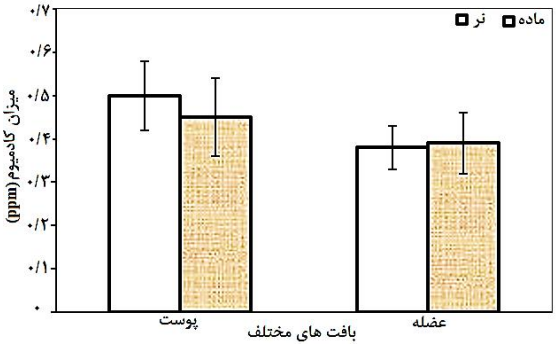


شکل ۱: مقایسه غلظت کادمیوم در عضله و پوست ماهی سفید

(میانگین±انحراف معیار)، حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در غلظت کادمیوم بین بافت‌های مختلف می‌باشد (t-test ؛p = ۰/۰۰۶).

شکل ۲ غلظت فلز کادمیوم را در دو جنس نر و ماده ماهی سفید نشان می‌دهد. براساس نتایج به‌دست آمده از آزمون نمونه‌های مستقل (t-test)، تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری در میزان غلظت این فلز بین دو جنس نر و ماده ماهی سفید مشاهده نشد.

نتایج نشان داد میزان برآورد سیبل خطر هدف(THQ)برای فلز کادمیوم کم‌تر از یک به‌دست آمد (جدول ۲ الف). به‌منظور ارزیابی پتانسیل خطر مصرف ماهی سفید در سواحل جنوبی دریای مازندران، محاسبات مربوط به میزان جذب روزانه و هفتگی برای یک انسان بالغ ۷۰ کیلوگرمی محاسبه گردید و نتیجه آن با میزان‌های استاندارد توصیه شده ارائه شده توسط کمیته مشترک سازمان بهداشت جهانی و نیز آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا، مقایسه شد (جدول ۲ ب).



شکل ۲: مقایسه غلظت کادمیوم در دو جنس نر و ماده ماهی سفید (t-test)

نتایج محاسبات تعیین حد مجاز مصرف ماهی سفید در سواحل جنوبی دریای خزر از نظر فلز کادمیوم برای افراد بالغ با وزن ۷۰ کیلوگرم ۰/۱۶ کیلوگرم در روز و برای کودکان با وزن ۱۴/۵ کیلوگرم ۰/۰۳ کیلوگرم در روز به‌دست آمد(جدول ۲ ج). هم‌چنین نتایج تعیین تعداد وعده‌های مجاز مصرف ماهی سفید، با توجه به غلظت کادمیوم، برای افراد بالغ با وزن ۷۰ کیلوگرم ۲۱/۷۹ وعده در ماه و برای کودکان با وزن ۱۴/۵ کیلوگرم به‌ترتیب ۴/۵۱ وعده در ماه به‌دست آمد (جدول ۲ ج).

جدول ۲: پارامترها و مقادیر مربوط به ارزیابی خطر مصرف ماهی سفید در سواحل جنوبی دریای خزر

الف) تخمین THQ در اثر مصرف ماهی سفید

THQ
۲×۴-۱۰

ب) تخمین جذب روزانه و هفتگی فلز کادمیوم توسط افراد مصرف کننده

PTWI*	PTWIb	PTDIc	EWId (EDI)e
aV	۴۹۰	۷۰	۱/۴۲ (۹/۹۷)

ج) میزان‌های حد مجاز و نرخ مجاز مصرف ماهی سفید برای بزرگسالان وکودکان

CRlim (kg/day)		CRmm (وعده در ماه)	
بزرگسالان	کودکان	بزرگسالان	کودکان
۰/۳۲	۰/۰۷	۴۲/۵۳	۸/۸۰

* میزان جذب مجاز قابل تحمل موقت هفتگی (PTWI) بر حسب میکروگرم در هفته به‌ازای هرکیلوگرم وزن بدن.

** میزان مصرف روزانه ماهی در سواحل جنوبی دریای خزر ۳۸ گرم در روز به‌ازای هر فرد درنظر گرفته شد (سینکاکریمی و همکاران، ۱۳۹۶).

a= (فائو/ سازمان بهداشت جهانی، ۲۰۱۳).

b= PTWI برای افرد بالغ با وزن متوسط ۷۰ کیلوگرم، برحسب میکروگرم در هفته برای یک فرد ۷۰ کیلوگرمی.

c= میزان جذب مجاز قابل تحمل روزانه موقت (PTDI)، برحسب میکروگرم در روز برای یک فرد ۷۰ کیلوگرمی.

d= تخمین جذب هفتگی بر اثر مصرف ماهی سفید بر حسب میکروگرم در هفته برای فرد ۷۰ کیلوگرمی.

بحث

نتایج نشان داد غلظت کادمیوم در پوست ماهی سفید با اختلاف شدیدی بیش‌تر از عضله آن بود (شکل ۱ و جدول ۱). بیش‌تر اندام‌های ماهیان در برابر مسمومیت با فلزات سنگین حساس می‌باشند. فلزات سنگین و سمی پس از ورود به بدن در اندام‌های مختلف توزیع می‌شوند. میزان انتشار این فلزات سمی در بدن ماهی‌ها به تمایل سیستم دفاعی، به دفع فلزات سمی و تغییراتی که به فلز وارد شده که در سلول‌ها رخ می‌دهد، بستگی دارد (Beheshti و همکاران، ۲۰۱۱). هنگامی‌که ماهی‌ها در محیط آبی در معرض میزان بالای فلزات سمی قرار می گیرند، می توانند فلزات را به‌طورمستقیم از طریق پوست و یا از طریق مصرف آب آلوده و مواد غذایی (علاوه بر آبشش) از محیط جذب کنند (کریمی‌ایرج و همکاران، ۱۳۹۳). در واقع پوست علاوه بر نشان دادن سطوح تماس گذشته (مزمن) بیش‌تر سطوح اخیر (حاد) تماس با فلزات سمی را نشان می‌دهد که این امر در نشان دادن غلظت بالای فلزات سمی در پوست نمود پیدا می کند(Ruelas-Inzunza و همکاران، ۲۰۰۸). بنابراین پوست به‌عنوان اولین و وسیع‌ترین بافت که در تماس کامل با آب می‌باشد و دیگر این‌که برخی منابع آلاینده هم‌چون فلزات سنگین توانایی جذب از راه پوست را دارند، دارای بیش‌ترین غلظت فلز کادمیوم بود. پس می‌توان کم‌تر بودن غلظت کادمیوم در عضله ماهی نسبت به پوست را به عدم ارتباط مستقیم با آب و رسوب عنوان کرد، که در بیش‌تر مقالات نیز کم‌ترین مقادیر اکثر فلزات مربوط به بافت عضله می‌باشد (Abdelrahim و همکاران، ۲۰۱۱؛ Arian و همکاران، ۲۰۰۸؛ Oguzie و Izerbigie، ۲۰۰۹؛ Saeed و Shaker، ۲۰۰۸؛ Demirak و همکاران، ۲۰۰۶). هم‌چنین مطالعه Freedman (۱۹۸۹) حاکی از آن بود که در بافت عضله ماهیان، پروتئین‌های متالوتیونین مسئول حذف و خنثی‌سازی عناصر سنگین و آثار سمی آن‌ها هستند (Beheshti و همکاران، ۲۰۱۱) که این امر نیز می‌تواند دلیلی بر کم‌تر بودن غلظت کادمیوم در بافت عضله نسبت به‌بافت پوست باشد. نتایج حاصل از پژوهش Dobaradaran و همکاران (۲۰۱۰) نیز غلظت کادمیوم در پوست دو گونه ماهی خلیج فارس را بیش‌تر از عضله نشان دادند که با تحقیق حاضر مطابقت داشت.

نتایج حاصل از بررسی تأثیر جنسیت بر تجمع فلز کادمیوم در پوست و عضله ماهی سفید نشان داد که جنسیت هیچ تأثیری بر تجمع‌این‌فلز در پوست و عضله ماهی سفید نداشت (شکل ۲). Gaspic و همکاران (۲۰۰۲) با بررسی غلظت فلزات سنگین کادمیوم و سرب در بافت‌های مختلف دو گونه ماهی هیگ اروپایی (*Merluccius merluccius*) و کفال قرمز (*Mullus barbatus*) در دریای آتلانتیک نشان دادند که بین غلظت عناصر سرب و کادمیوم در بافت‌های مختلف

در جنس نر و ماده اختلاف معنی‌دار وجود ندارد. آن‌ها بیان کردند که جنسیت در افزایش و یا کاهش میزان غلظت فلزات سنگین در موجودات دریایی بی‌تاثیر است (Turkmen و همکاران، ۲۰۰۵). در مطالعه Farcas و همکاران (۲۰۰۳) برای بررسی الگوی وابسته به جنس و سایز غلظت فلزات سنگین در اندام‌های مختلف ماهی سیم (*Abramis brama*) بیان کردند که هیچ‌گونه تفاوت قابل ملاحظه‌ای از لحاظ جنسیت بین غلظت فلزات سنگین در این گونه وجود ندارد. بنابراین با توجه به نتایج تحقیق حاضر که بیان می‌دارد غلظت فلز کادمیوم در دو جنس نر و ماده در ماهی سفید دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند باسایر تحقیقات پیشین مطابقت داشت که می‌توان بیان کرد، جنسیت در میزان تجمع فلز کادمیوم بی‌تأثیر بود.

ارزیابی خطرات غذایی فلزات سنگین به‌وسیله مصرف محصولات دریایی اغلب توسط برآورد سیبل خطر هدف محاسبه می‌شود (Wang، ۲۰۱۳). میزان برآورد سیبل خطر هدف برای فلز کادمیوم کم‌تر از یک به‌دست آمد که می‌تواند نشان‌دهنده این مطلب باشد که مصرف ماهی سفید مورد مطالعه با نرخ کنونی مصرف برای مصرف‌کنندگان آن‌ها در این مناطق خطرات آشکاری را نداشته باشد (جدول ۲ الف). در واقع میزان سیبل خطر هدف کم‌تر از یک حاکی از آن است که افراد مصرف‌کننده در اثر مصرف ماهی سفید در معرض میزان کم‌تری از دز مرجع (RfDo) قرار گرفته‌اند و میزان جذب روزانه و هفتگی فلز کادمیوم کم‌تر از میزانی خواهد که برای سلامتی آن‌ها اثرات مضری را در طول عمر داشته باشد (سینکاکریمی و همکاران، ۱۳۹۶). باید این مطلب را در ذهن داشت که میزان برآورد سیبل خطر هدف یک میزان نسبی و محافظه کارانه است که می‌تواند تا حدودی امکان وجود خطر را آشکار کند و به‌عنوان یک شاخص مناسب مورد استفاده قرار گیرد (Yi و همکاران، ۲۰۱۱).

در اغلب کشورهای جهان تفاوت‌هایی در تعیین میزان استاندارد آلاینده‌ها در مواد غذایی وجود دارد که عمدتاً ناشی از عادات غذایی و هم‌چنین ویژگی‌های خاص مرتبط با اقلیم، صنعت و کشاورزی است. این پارامترها الزاماً منجر به تفاوت‌هایی در تعیین استاندارد شده است که حتی با استانداردهای سازمان بهداشت جهانی نیز متفاوت است. در رابطه با فرآورده‌های دریایی و آبزیان این تفاوت چشمگیرتر است. زیرا میزان مصرف ماهی در استان‌های مختلف بسیار متفاوت می‌باشد و به‌همین جهت نمی‌توان یک الگوی واحد برای کل جامعه در نظر گرفت. بنابراین معیار استاندارد با توجه به پارامترهایی نظیر مصرف سرانه، سمیت مواد، ویژگی‌های مصرف‌کننده (زن، مرد، کودک) و پتانسیل جذب باید تعیین گردد (اسماعیلی‌ساری، ۱۳۸۱). سرانه مصرف ماهی در ایران علی‌رغم پایین بودن نسبی آن در مقایسه با میانگین جهانی از دامنه‌نوسان زیادی در سطح کشور برخوردار است. به‌طوری‌که در استان‌های ساحلی شمال و جنوب کشور در خانواده‌هایی که شغل آنان ماهیگیری است، مصرف بالاتر از سرانه جهانی و در برخی از استان‌ها و یا شهرها به یک‌بار مصرف و یا حتی کم‌تر از آن در سال نیز ممکن است برسد. سرانه مصرف ماهی در ایران و جهان به‌ترتیب در حدود ۶/۴ و ۱۵ کیلوگرم است (FAO، ۲۰۰۹). هم‌چنین فلزات از مسیرهای مختلفی مانند آب، غذا و حتی تنفس می‌توانند وارد بدن انسان شوند. فلزات تمایل زیادی به تجمع در اندام‌های مختلف موجودات دریایی مخصوصاً ماهی‌ها دارند و این فلزات می‌توانند از طریق مصرف ماهی‌ها وارد بدن مصرف‌کنندگان آن‌ها شوند و مشکلات بهداشتی را برای آن‌ها ایجاد کنند. بنابراین در مطالعه حاضر با توجه به اهمیت موضوع، به‌بررسی میزان جذب روزانه و هفتگی فلز کادمیوم در اثر مصرف یکی از محبوب‌ترین ماهی‌های مصرفی مردم سواحل جنوبی دریای خزر (ماهی سفید) پرداخته شده است. میزان جذب روزانه و هفتگی فلز کادمیوم در اثر مصرف ماهی سفید در مطالعه حاضر پایین‌تر از میزان اجازه داده شده توسط متخصصان افزودنی‌های مواد غذایی کمیته مشترک سازمان بهداشت جهانی و سازمان خوار و بار جهانی بوده است (JECFA، ۲۰۱۳؛ جدول ۲ ب). هم‌چنین میزان جذب روزانه کادمیوم (۱ میکروگرم بر گرم) پایین‌تر از میزان جذب اجازه داده شده توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا بوده است (IRIS، ۲۰۱۳؛ جدول ۲ ب). مطالعات مختلفی تاکنون به بررسی میزان جذب روزانه و هفتگی فلزات در اثر مصرف ماهی در سواحل جنوبی دریای مازندران پرداخته‌اند. نصرا...زاده‌ساروی و همکاران (۱۳۹۲) میزان خطر غذایی فلزات کادمیوم، سرب، روی، مس و جیوه را در اثر مصرف ماهی کپور در سواحل جنوبی دریای مازندران پایین‌تر از حداکثر میزان قابل قبول اجازه داده شده گزارش کردند. در مطالعه دیگری سینکاکریمی و همکاران (۱۳۹۳) میزان جذب روزانه و هفتگی فلزات سلنیوم و وانادیوم را در اثر مصرف ماهی کیلکای معمولی و آلوزا در سواحل جنوبی دریای مازندران پایین‌تر از حداکثر میزان قابل قبول اجازه داده شده توسط کمیته مشترک متخصصان سازمان بهداشت جهانی و فائو گزارش کرده‌اند. Mol و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی خطر غذایی فلزات، مس، روی، آرسنیک، کادمیوم، جیوه و سرب در ماهی تون (*Thunnus thynnus*) پرداختند. مقایسه میزان کادمیوم با میزان مجاز ارائه شده توسط متخصصان افزودنی‌های مواد غذایی کمیته مشترک سازمان بهداشت جهانی و سازمان خوار و بار جهانی نشان داد که در محدوده ایمن قرار داشت.

منابع

۱. **اداره آمار صید سازمان شیلات ایران. ۱۳۹۶.** آمارنامه سازمان شیلات ایران.

۲. **اسماعیلی‌ساری، ع.، ۱۳۸۱.** آلاینده‌ها، بهداشت و استاندارد در محیط زیست. انتشارات نقش مهر تهران. ۷۹۸ صفحه.

۳. **امینی‌رنجبر، غ. و علیزاده، م.، ۱۳۷۸.** اندازه‌گیری مقادیر فلزات سنگین (Cr، Zn، Cu، Pb،Cd) در سه گونه از کپور ماهیان پرورشی. پژوهش و سازندگی. شماره ۴۰، صفحات ۱۴۶ تا ۱۴۹.

۴. **بانک اطلاعاتی ماهیان ایران. ۱۳۹۲.** قابل دسترس در http://drkasraie.blogfa.com.

۵. **تقوی، ا.، ۱۳۷۷.** روش‌های مناسب حفاظت از منابع آبزیان. مجموعه مقالات ماهیگیری مسئولانه. شرکت سهامی شیلات ایران. صفحات صفحات ۴۱ تا ۵۵..

۶. **حسن‌پور، م.؛ رجایی، ق.؛ سینکاکریمی، م.ح.؛ قدوسیان، ف. و مقصودلوراد، ر.، ۱۳۹۳.** تعیین غلظت و ارزیابی خطر غذایی فلزات سرب، کادمیوم، مس و روی ناشی از مصرف ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) در تالاب بین‌المللی میانکاله. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران. سال ۲۴، شماره ۱۱۳، صفحات ۱۷۶ تا ۱۸۳.

۷. **دریانبرد، غ.؛ عبدالملکی، ش.؛ کر، د. و قدیرنژاد، س.ح.، ۱۳۸۸.** ارزیابی ذخایر ماهیان استخوانی در سواحل ایرانی دریای خزر (۸۶-۱۳۸۴). موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۱۵۸ صفحه.

۸. **سینکاکریمی، م.ح.؛ دنیوی، ر. وصادقی‌باجگیران، س.، ۱۳۹۴.** تعیین حد مجاز مصرف ماهی سفید (*Rutilus kutum*) از نظر فلزات سرب و کادمیوم در سواحل جنوبی دریای مازندران. مجله علوم پزشکی زانکو. سال ۱۶، شماره ۴۹، صفحات ۳۲ تا ۴۳.

۹. **سینکاکریمی، م.ح.؛ حسن‌پور، م. و احمدپور، م.، ۱۳۹۳.** میزان سلنیوم و وانادیوم در ماهی‌های کیلکای معمولی و آلوزا در سواحل جنوبی دریای مازندران و ارزیابی خطر مصرف غذایی ناشی از آن. مجله علوم پزشکی زانکو. سال ۱۵، شماره ۴۷، صفحات ۱ تا ۹.

۱۰. **سینکاکریمی، م.ح.؛ منصوری، ب.؛ دنیوی، ر. و آزادی، ن.ا.، ۱۳۹۶.** تعیین خطرات و حد مجاز مصرف ماهی‌های سفید، کفال و کپور از نظر فلز سرب در سواحل جنوبی دریای خزر مطالعه: مروری سیستماتیک و متاآنالیز. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران. سال ۲۷، شماره ۱۴۷، صفحات ۴۱۵ تا ۴۳۲.

۱۱. **صادقی‌راد، م.؛ امینی‌رنجبر، غ.؛ ارشد، ع. و جوشیده، ه.، ۱۳۸۴.** مقایسه تجمع فلزات سنگین (روی، مس، کادمیوم، سرب و جیوه) در بافت عضله و خاویار دو گونه تاس‌ماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) و ازون‌برون (*Acipenser stellatus*)حوضه جنوبی دریای خزر. مجله علمی شیلات ایران. سال ۱۴، شماره ۳، صفحات ۷۹ تا ۹۹.

۱۲. **عبدالملکی، ش. و غنی‌نژاد، د.، ۱۳۸۶.** ارزیابی ذخایر ماهی سفید در سواحل ایرانی دریای خزر در سال ۸۳-۱۳۸۲. مجله علمی شیلات ایران. شماره ۱، صفحات ۱۰۳ تا ۱۱۴.

۱۳. **عبدلی، ا.، ۱۳۷۸.** ماهیان آب‌های داخلی ایران. انتشارات نقش مانا. ۳۷۷ صفحه.

۱۴. **کریم، گ.؛ کیایی، س. م.م.؛ رکتی، ن.؛ رضوی‌روحانی، س.م. و مطلبی، ع.، ۱۳۹۱.** وضعیت آلودگی مواد غذایی با منشأ دامی و آبزیان به فلزات سنگین در کشور. مجله علوم و صنایع غذایی. سال ۹، شماره ۳۴، صفحات ۲۵ تا ۳۵

۱۵. **کریمی‌ایرج، ز.؛ پورخباز، ع.ر.؛ حسن‌پور، م. و سینکاکریمی، م.ح.، ۱۳۹۳.** تعیین میزان کروم، نیکل، مس و روی در بافت‌های کیلکای معمولی و آلوزا و ارزیابی خطر غذایی مصرف آن در سواحل جنوبی دریای مازندران. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران. سال ۲۴، شماره ۱۱۸، صفحات ۹۹ تا ۱۱۱.

۱۶. **لاهیجان‌زاده، ا.، ۱۳۸۳.** اندازه‌گیری و تعیین میزان فلزات سنگین جیوه، کادمیوم و سرب در آب، رسوب و ماهیان رودخانه‌های کارون. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات خوزستان.

۱۷. **نصرا...زاده‌ساروی، ح.؛ پورغلام، ر.؛ پورنگ، ن.؛ رضایی، م.؛ مخلوق، آ. و یونسی‌پور، ح.، ۱۳۹۲.** مطالعه تجمع برخی از فلزات سنگین در بافت خوراکی ماهی کپور (*Cyprinus Carpio*) و برآورد میزان سیبل خطر در حوزه ایرانی دریای خزر (سال ۱۳۸۹). مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران. سال ۲۳، شماره ۱۰۳، صفحات ۳۳ تا ۴۴.

۱۸. **وثوقی، غ. و مستجیر، ب.، ۱۳۸۸.** ماهیان آب شیرین. انتشارات دانشگاه تهران. ۳۳۴ صفحه.

۱۹. **Abdelrahim, A.A.; Elhadi, M.E. and Mohamed, A.A., 2011.** Determination of heavy metals in four common fish, water and sediment collected from Red Sea at Jeddah Isalmic Port Coast. Journal of Applied Environmental and Biological Sciences. Vol. 1, pp: 453-459.

۲۰. **Anderson, D.M. and Morel, F.M., 1978.** Copper sensitivity of *Gonyaulax tamarensis*. Limnol Oceanogr. Vol. 23, pp: 283-295.

۲۱. **Arian, M.B.; Kazi, T.G.; Jamali, M.K.; Jalbani, N.; Afrida, H.I. and Shah, A., 2008.** Total dissolved and bioavailable elements in water and sediment samples and their accumulation in *Oreochromis mossambicus* of polluted Manchar Lake. Chemosphere. Vol. 70, pp: 1845-1856.

۲۲. **Beheshti, M.; Askari-Sari, A. and Velayatzadeh, M., 2011.** Assessment of heavy metals concentration of fish (*Liza abu*) in Karoon River, Khouzestan province. Journal of Water and Sewage. Vol. 3, pp: 125-133.

۲۳. **Cooper, C.B.; Doyle, M.E. and Kipp, K., 1991.** Risk of consumption of contaminated seafood, the Quincy Bay Case Study. Environmental Health Perspectives. Vol. 90, pp: 133-140.

۲۴. **Demirak, A.; Yilmaz, F.; Tuna, A.L. and Ozdemir, N., 2006.** Heavy metals in water, sediment and tissues of *Leuciscus cephalus* from a stream in south western Turkey. Chemosphere. Vol. 63, pp: 1451-1458.

۲۵. **Dobaradaran, S.; Naddafi, K.; Nazmara, S. and Ghaedi, H., 2010.** Heavy metals (Cd, Cu, Ni and Pb) content in two fish species of Persian Gulf in Bushehr Port, Iran. African Journal of Biotecnology. Vol 9, pp: 6191-6193.

۲۶. **FAO (Food and Agriculture Organizations of United Nations). 2009.** The state of world fisheries and aquaculture. Rome, Italy.

۲۷. **Farkas, A.; Salanki, J. and Specczіar, A., 2003.** Age and size- specific patterns of heavy metals in the organs of freshwaters fish *Abramis brama L.* Population a low contaminated site. Water Research. Vol. 37, pp: 959-964.

۲۸. **Freedman, J.H. and Peisach, J., 1989.** Resistance of cultured hepatoma cells to copper toxicity. Purification and characterization of the hepatoma metallothionein. Biochimica et Biophysica Acta (BBA) General Subjects. Vol. 992, pp: 145-154.

۲۹. **Gaspic, Z.K.; Zvonaric, T.; Vrgoc, N. and Baaric, A., 2002.** Cadmium and Lead in selected tissues of two commercially important fish species from the Adriatic Sea. Water Research. Vol. 36, pp: 5023-5028.

۳۰. **Hardersen, S. and Wratten, S.D., 1998.** The effects of carbaryl exposure of the penultimate larval instars of *Xathocnemis zealandica* on emergence and fluctuating asymmetry. Ecotoxicology. Vol. 7, PP: 297-304.

۳۱. **IRIS (Integrated Risk Information System) online database. 2013.** Environmental Protection Agency. USA.

۳۲. **JECFA. 2013.** Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives.

۳۳. **Kazakhstan Academy of Sciences. 1994.** Biodiversity of Caspian Sea's Living Resources. p: 158.

۳۴. **Ministry of Health and Medical Education of Iran (MHMEI). 2015.** Average lifetime of Iranian; Available from: http://www.behdasht.gov.ir

۳۵. **Mol, S.; Karakulak, F.S. and Ulusoy, S., 2017.** Potential health risks due to heavy metal uptake via consumption of *Thunnus thynnus* from the northern Levantine Sea. Toxin Reviews. pp: 1-6.

۳۶. **Naghipour, D.; Shaabaninejad, Z. and Amouei, A., 2016.** Evaluation of heavy metal concentrations in *Rutilus frisii kutum* on the southern coast of the Caspian Sea (northern Iran). Environmental Health Engineering and Management Journal. Vol. 3, pp: 55-59.

۳۷. **Oguzie, F.A. and Izerbigie, A.A., 2009.** Heavy Metals concentration in the organs of the silver Catfish, *Chrysichthys nigrodigitatus* (Lacèpéde) caught upstream of the Ikpoba River and the reservoir in Benin City. Bioscience Research Communications. Vol. 21, pp: 189-197.

۳۸. **Ruelas-Inzunza, J.; Meza-Lópeza, G. and Páez-Osuna, F., 2008.** Mercury in fish that are of dietary importance from the coasts of Sinaloa (SE Gulf of California). Journal of Food Composition and Analysis. Vol. 21, pp: 211-218.

۳۹. **Saeed, S.M. and Shaker, I.M., 2008.** Assessment of heavy metals pollution in water and sediments and their effect on *Oreochromis niloticus* in the Northern Delta Lakes, Egypt. In 8th International Symposium on Tilapia in Aquaculture. pp: 475-490.

۴۰. **Turkmen, A.; Turkmen, M.; Tep, Y. and Akyurt, I., 2005.** Heavy metals in three Commercially Valuable fish species from Iskenderun Bay, North East Mediterranean Sea, Turkey. Food Chemistry. Vol. 91, pp: 167-172.

۴۱. **U.S. Guidance for assessing chemical contaminant data for use advisories. 2000.** Risk assessment and fish consumption limites. 3th ed. Washington, D.C: U.S. Enviromental Protection Agency. Vol. 2, Available from: http://www.epa.gov/waterscience/fish/guidance.html.

۴۲. **USEPA. 1989.** Guidance manual for assessing human health risks from chemically contaminated, fish and shellfish. United State Environmental Protection Agency. EPA-503/8 -۸۹-۰۰۲, US EPA Office of Marine and Estuarine Protection. Washington DC.

۴۳. **USEPA. 2000.** Risk-based Concentration Table. United States Environmental Protection Agency. Philadelphia: PA. Washington DC.

۴۴. **Wang, S.L.; Xu, X.R.; Sun, Y.X.; Liu, J.L. and Li, H.B., 2013.** Heavy metal pollution in coastal areas of South China: a review. Marine Pollution Bulletin. Vol. 76, pp: 7-15.

۴۵. **Yi, Y.; Yang, Z. and Zhang, S., 2011.** Ecological risk assessment of heavy metals in sediment and human health risk assessment of heavy metals in fishes in the middle and lower reaches of the Yangtze River basin. Environmental Pollution. Vol. 159, pp: 2575-2585.