

Estimation of Daily Intake and Potential Risk of Cadmium and Lead in Consumers of Liza salines in the Eastern Coast of the Caspian Sea

Eisa Solgi

Assistant Professor Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran

(Received September 17, 2014; Accepted February 28, 2015)

Abstract

Background and purpose: Fish Consumption Guidelines have been established by some countries to guard the public from the potentially harmful health effects related to eating contaminated fish. Guidelines are according to estimations of the health risks linked to concentrations of contaminating chemicals found in fish, and the mean levels of consumption of fish in general population. Fish is an important source of nutrition in coast of the Caspian Sea; but, little is known about the health risks associated with concentrations of metals in fish. The aims of this research was to estimate the daily intake and risk assessment of heavy metals via consumption of Liza salines captured from Gomishan wetland and to provide reliable guidelines on fish consumption.

Materials and methods: The samples of fish (Liza salines) were randomly collected from different stations in Gomishan wetland. The heavy metals were extracted from the fish muscle by the wet digestion procedure (Nitric acid and Perchloric acid). The concentrations of heavy metals were determined using the GFAAS. Daily intake and potential risk were estimated according to the guideline of the US-EPA.

Results: The accumulated heavy metals in muscle of Liza salines were found to be lower than international standard levels. The highest and lowest daily intake values were observed in Cd and Pb, respectively. The estimated daily and weekly intake values for metals were found lower than the guidelines proposed by Environmental Protection Agency. This study showed that Target Hazard Quotients and Hazard Index values are less than 1.

Conclusion: The results of all estimations (Estimated Daily Intake, Estimated Weekly Intake, Target Hazard Quotients and Hazard Index) indicates that no health risks would arise from the long-term consumption of these fish species.

Keywords: Cadmium, lead, daily intake, Liza salines, risk assessment

J Mazandaran Univ Med Sci 2015; 25(122): 382-388 (Persian).

برآورده میزان جذب روزانه و پتانسیل خطر سرب و کادمیوم در صرف کنندگان ماهی کفال پوزه باریک در سواحل شرقی خزر

عیسی سلگی

چکیده

سابقه و هدف: رهنمودهای مصرف ماهی توسط برخی کشورها برای محافظت عموم از اثرات بهداشتی زیان‌بار مربوط به خوردن ماهی آلوده بنا نهاده شده است. رهنمودها براساس برآورد خطرات بهداشتی در ارتباط با غلظت ماده شیمیایی آلانین موجود در ماهی و متوسط مصرف ماهی در جامعه است. ماهی یک منع مهم تغذیه در سواحل خزر است. اما، داده‌های کمی در مورد اثرات بهداشتی مرتبط با غلظت فلزات در ماهی وجود دارد. هدف کلی از مطالعه حاضر برآورده میزان جذب روزانه و ارزیابی خطر فلزات سنگین ناشی از طریق مصرف کفال ماهی صید شده از تالاب گمیشان برای ایجاد رهنمودها برای مصرف ماهی بود.

مواد و روش‌ها: نمونه‌های ماهی کفال از استنگاه‌های مختلف تالاب گمیشان به روش تصادفی جمع‌آوری شدند. فلزات سنگین در عضله ماهی توسط روش هضم مرطوب (اسید نیتریک و اسید پرکلریک) استخراج شد. علاوه بر این، غلظت فلزات سنگین با استفاده از دستگاه جذب اتمی کوره گرافیتی مشخص شد. میزان جذب روزانه و پتانسیل خطر ناشی از مصرف این ماهی به استناد دستور کار سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا برآورد شد.

یافته‌ها: براساس یافته‌ها غلظت کادمیوم و سرب در عضله ماهی کفال از استانداردهای جهانی کمتر بود. بالاترین میزان جذب روزانه برای کادمیوم و کمترین آن برای سرب ناشی از مصرف ماهی کفال به دست آمد. میزان جذب روزانه و هفتگی فلزات کمتر از میزان پیشنهاد شده توسط Environmental Protection Agency (EPA) بود. روی هم رفته نتایج نشان داد که مقادیر نسبت خطر و شاخص خطر کمتر از ۱ است.

استنتاج: نتایج همه برآوردها (میزان جذب روزانه و هفتگی، نسبت خطر و شاخص خطر) نشان می‌دهد که هیچ خطر بهداشتی از مصرف طولانی مدت این گونه ماهی وجود ندارد.

واژه‌های کلیدی: سرب، کادمیوم، جذب روزانه، کفال ماهی، ارزیابی خطر

مقدمه

رو به رشد در مورد منافع و خطرات مرتبط با سلامتی انسان ناشی از مصرف مواد غذایی است ^(۱) . ماهی، گوشت و محصولات گوشتی در همه نقاط جهان نقش برجسته‌ای	در دهه‌های کنونی، پژوهش در زمینه عناصر کمیاب ضروری و سمی در مواد غذایی مورد اقبال مجتمع علمی واقع شده است که این نتیجه نگرانی‌های
--	---

Email: e.solgi@yahoo.com

مولف مسئول: عیسی سلگی - ملایر: دانشگاه ملایر، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، گروه محیط‌زیست استادیار، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۶/۲۶ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۱۳۹۳/۹/۱۲ تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۱۲/۹

سلامت عمومی را از طریق مصرف مواد و محصولات غذایی آلوده به مخاطره می‌اندازد. از این رو فلزات سنگین در بافت‌های ماهی اباشته شده و در نهایت به دیگر سطوح زنجیره غذایی مانند انسان منتقل می‌شوند^(۸). در سال‌های اخیر، خوشبختانه در جامعه علمی دنیا، گرایش به ارزیابی خطر سلامت انسان رو به رشد است که از جمله آن‌ها برآینده یا گروهی از گیری مصرف کننده به یک آلاینده یا گروهی از آلاینده‌های حاضر در محیط است^(۹-۱۵). روش‌های گوناگونی برای برآورد خطر بالقوه برای سلامتی انسان ناشی از فلزات سنگین در ماهی ارائه شده است. خطرات به اثرات سرطان‌زا و غیرسرطان‌زا تقسیم می‌شوند^(۱۶). این روش‌ها به‌طور معمول براساس THQ^۱ (احتمال خطرپذیری) هستند. اگر چه روش ارزیابی ریسک بر اساس THQ برآورد کمی از احتمال در معرض قرار گیری جمعیت از اثرات سوء بهداشتی را فراهم نمی‌کند، این شاخص سطح خطر مرتبط با در معرض قرار گیری با آلاینده را فراهم می‌کند. در این پژوهش نیز برای بررسی خطر مصرف کفال پوزه باریک صید شده از تالاب گمیشان از این روش ارزیابی ریسک غیر سرطانی بهره گرفته شد^(۱۷). هدف از این بررسی، ارزیابی خطر فلزات سرب و کادمیوم ناشی از مصرف ماهی کفال پوزه باریک در سواحل شرقی خزر (تالاب گمیشان) و نیز تعیین مقادیر جذب روزانه و هفتگی این فلزات در این گونه بود. خطر فلزات سنگین ناشی از مصرف گونه ماهی کفال پوزه باریک و پیش‌بینی پیامدهای بهداشتی بالقوه می‌تواند پایه علمی برای تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری فراهم آورد.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری نمونه‌های کفال پوزه باریک در زمستان ۱۳۹۱ به صورت تصادفی از ۹ موقعیت گوناگون در تالاب گمیشان انجام شد. روی هم رفته ۲۳ نمونه ماهی

در رژیم غذایی انسان دارند زیرا نه تنها به حل مشکل جهانی غذا کمک می‌کنند بلکه پروتئین، مواد معدنی، ویتامین‌ها و عناصر کمیاب را فراهم می‌آورند^(۲). ماهی بخش مهمی از رژیم غذایی انسان است. با توجه به محتوای بالای اسیدهای چرب امگا^۳، ویتامین‌ها، مواد معدنی و سطوح پایین چربی‌های اشباع، انجمان قلب آمریکا مصرف دست کم دو بار در هفته را پیشنهاد می‌کند^(۴). در زمان‌های اخیر مصرف این منبع بنیادی پروتئین و چربی‌های سالم در سراسر جهان افزایش یافته است. ماهیان مقادیر زیادی از اسیدهای چرب امگا^۳ مانند ایکوزاپنتانوئیک اسید و دوکوزاگزانتونوئیک اسید را فراهم می‌کنند. مصرف این اسیدهای چرب در توسعه و رشد مغز کودک و جلوگیری از بیماری‌های قلبی و برخی از سرطان‌ها موثر بوده و سبب کاهش سطح کلسترول، خطر ابتلا به بیماری کرونر قلب، سکته مغزی و بیماری‌های زودرس می‌شود^(۴). برتری دیگر آن مربوط به اثرات آنتی‌آتروژنیک یا هیپولیپیدمیک آن است که سبب کاهش خطر ابتلا به سرطان پروسات، کاهش بروز کارسینوم (سرطان) سلول کلیوی در زنان و کاهش خطر ابتلا به زوال عقل و بیماری آلانزیمر در شرایط خاصی می‌شود^(۵). در برابر سودهای غیرقابل انکار ماهی در رژیم غذایی انسان، خطر بالقوه در معرض قرار گیری با آلاینده‌های شیمیایی در ماهی و محصولات آن نیز باید در نظر گرفته شوند و در ارزیابی کیفیت سلامت این مواد غذایی نگریسته شوند^(۶). امروزه آلاینده‌های سمی در ماهی نگرانی‌های ویژه‌ای را به خود جلب کرده است چرا که این اثرات بالقوه هم برای خود ماهی و هم برای مصرف کننده زیان‌بار هستند. از مصرف مکرر ماهی به عنوان یک منبع بالقوه در معرض قرار گیری انسان با مواد شیمیایی سمی به ویژه فلزات سنگین یاد شده است^(۷). ماهی‌ها بیشتر در بالای زنجیره غذایی بوم سازگان آبی هستند و ممکن است مقادیر زیادی از فلزات سنگین را تغییل کنند که این امر

1. Target Hazard Quotients

شیمیایی به تنهایی یا در ترکیب با دیگر آلاینده‌ها وجود ندارد. معادلات زیر را برای برآورد EDI، HQ و HI و مورد استفاده قرار گرفت(۱۹):

$$EDI \text{ (mg/kg/day)} = (C \times IR) / BWa$$

EDI = میزان جذب فلزات سنگین در بدن در روز از طریق مصرف ماهی مورد نظر (میکروگرم/کیلوگرم وزن بدن/روز)، C = غلظت فلز در بافت عضله ماهی مورد مصرف (میکروگرم/گرم بر حسب وزن تن)، IR: نرخ مصرف روزانه ماهی (گرم/روز)، BWa = وزن بدن (۷۰ کیلوگرم برای یک فرد بالغ)،

$$THQ = \frac{Efr \times EDtot \times IR \times C}{BWa \times RfDo \times Atm}$$

= نسبت خطر (بدون واحد)، THQ = فرکانس مواجهه (۳۶۵ روز در سال)، EDtot = کل مدت زمان مواجهه (۷۰ سال)، = دوز مرجع با مصرف دهانی (میکروگرم/کیلوگرم/روز)، RfDo = برای هر فلز، BWa = وزن بدن، بزرگسالان (۷۰ کیلوگرم)، ATn = میانگین روزها برای مواد غیر سرطانزا (روز Efr \times EDtot \times RfDo \times Atm).

$$\text{Total Hazard Index (HI)} = \sum THQ = THQ_{cd} + THQ_{pb}$$

یافته‌ها و بحث

بر اساس یافته‌های این پژوهش میانگین وزن ماهی‌های کفال در ایستگاه‌های مختلف ۸۳/۶۳ گرم (۱۲/۹۰ تا ۱۵۲/۰۴ گرم) بود. یافته‌های داده‌های مربوط به غلظت دو فلز سرب و کادمیوم نمونه‌ها در جدول شماره ۱ مشخص شده است. همچنین در این جدول مقادیر غلظت دو فلز به تفکیک دو جنس نشان داده شده است. در مقایسه با مطالعه Ebrahimzadeh و همکاران در سال ۲۰۱۱ روی این گونه مقادیر سرب کمتر و مقادیر کادمیوم بیشتر است (۲۰). همچنین در مطالعه Fernandes و همکاران در سال ۲۰۰۷ مقادیر سرب و کادمیوم در این گونه غیرقابل تشخیص بود (۲۱).

غلظت سرب و کادمیوم در مقایسه با استانداردهای

کفال پوزه باریک جمع آوری شد. پس از حذف فلز‌ها، قسمتی از گوشت عضله برای آنالیزهای شیمیایی از بدن ماهی جدا شد. بخش عضلانی تهیه شده به منظور خشک شدن در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت در آون قرار داده شد. استخراج فلزات سنگین از نمونه‌ها توسط مخلوطی از اسید نیتریک غلیظ و اسید پرکلریک انجام شد. جهت اندازه‌گیری غلظت سرب و کادمیوم در عصاره به دست آمده از دستگاه جذب اتمی به روش کوره گرافیتی استفاده شد. به منظور بررسی دقیق داده‌ها هر نمونه در سه تکرار انجام شد که مقادیر RSD پایین‌تر از ۵ درصد بود. همچنین برای کاهش خطاهای احتمالی مربوط به مراحل مختلف هضم، برای همه نمونه‌ها از نمونه‌های شاهد (بلانک) نیز استفاده شد که قادر بافت عضله بودند و فقط حاوی اسیدها بودند. سپس در گام بعدی با داشتن لحظ سرب و کادمیوم در عضله ماهی به برآورد میزان جذب روزانه، جذب هفتگی و ارزیابی خطر ناشی از مصرف این گونه پرداخته شد. برای بررسی‌های آماری داده‌های غلظت سرب و کادمیوم از نرم افزارهای SPSS و اکسل ۲۰۰۷ استفاده گردید. برای بررسی میزان جذب روزانه و خطر فلزات برای سلامت جمعیت انسانی مصرف کننده این گونه ماهی مطابق رهنمودهای ارزیابی خطر عمل شد. برای این منظور، خطر برای سلامتی انسان به نام پتانسیل خطر (احتمال خطرپذیری) (HQ) از مقایسه میزان برآورد شده جذب روزانه (EDI) هر فلز با دوز مرجع (RFD) آن محاسبه شد (۱۸). کل پتانسیل خطر غیر سرطانزا برای انسان با جمع مقادیر HQ فلزات به دست می‌آید. این HQ کل به عنوان شاخص خطر (HI) نامیده می‌شود. پیشنهاد شده است که اگر HQ برابر با یک یا کمتر از یک باشد (یعنی جذب روزانه کمتر از دوز مرجع) بیانگر آن است که هیچ خطر محسوس قابل ارزیابی از نظر بهداشتی در نتیجه مصرف ماهی رخ نمی‌دهد. شاخص خطر (HI) یا ΣHQs از یک ($1 < HI$) نشان می‌دهد هیچ خطری از یک ماده

جدول شماره ۳ برآورد مصرف هفتگی (EWIs) سرب و کادمیوم برای مصرف کنندگان را به همراه میزان دریافت قابل تحمل هفتگی موقتی (PTWI) را نشان می‌دهد. بیشترین مقدار THQ متعلق به کادمیوم است و در مقایسه با سرب مقدار بالاتر دارد. این پژوهش نشان می‌دهد که کادمیوم از سطح خطر پیشتری برخوردار است به طوری که ۹۹ درصد از کل THQ را شامل می‌شود. میزان جذب قابل تحمل هفتگی سرب و کادمیوم طبق توصیه EPA برای بزرگسالان ۲۵ و ۷ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن است. در پژوهش حاضر مصرف روزانه در هر وعده غذا (EDI) برآورد شد (جدول شماره ۳)، که واپسی به غلظت فلزات در ماهی و سرانه مصرف است. این داده‌ها با جذب قابل تحمل (TI) پیشنهاد شده توسط EPA مقایسه شد و نشان داد که EDI در این گونه کمتر از TI است. EWI به دست آمده برای فلزات در مطالعه حاضر ناشی از مصرف این گونه ماهی توسط جمعیت مصرف کننده اطراف تالاب از استاندارد PTWI تجاوز نمی‌کند. بنابراین، همان گونه که در جدول شماره ۳ نشان داده شده است، مقدار EWI برای کادمیوم و سرب بسیار کمتر از مقدار PTWI هستند و مصرف ماهی کفال موجود در تالاب گمیشان در کل هفته خطری برای سلامتی انسان ایجاد نمی‌کند. جذب روزانه فلزات با دوز مرجع کادمیوم (1×10^{-3} میلی گرم بر کیلوگرم) و سرب (1×10^{-3} میلی گرم بر کیلوگرم) براساس نظر سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده آمریکا مقایسه شدند (۱۸). جذب روزانه برآورد شده فلزات از طریق

Word Health Organization، Food and Agriculture Organization (FAO)، National Health and Medical Research Council (NHMRC) پیشنهاد شده توسط UK و MAFF پایین تر بود.

جدول شماره ۱: مقدار غلظت سرب و کادمیوم در گونه ماهی کفال پوزه باریک

ماده	نر	کل
سرب (µg/g)	0.012 ± 0.008	0.013 ± 0.01
کادمیوم (µg/g)	0.169 ± 0.03	0.159 ± 0.04

* میانگین انحراف استاندارد، حروف مشابه عدم اختلاف معنی‌داری آماری را نشان می‌دهد

به منظور بررسی خطر سلامتی برای جمعیت انسانی از طریق مصرف ماهی، جذب روزانه فلزات بر اساس غلظت فلزات در عضله ماهی و مصرف ماهی در روز برآورد شد (جدول شماره ۲). برآورد متوسط جذب روزانه با استفاده از استانداردهای فرض شده توسط USEPA برای تحلیل خطر تجمعی انجام گرفت (۱۸). خطر سلامت با توجه به مصرف روزانه ۲۵ گرم ماهی در شهرستان گرگان (۲۲) به مدت کل هفته در طول عمر ۷۰ سال مورد بررسی قرار گرفت. افزون بر این، فرض این بود که میزان فلزات جذب شده توسط انسان با مقدار فلز موجود در عضله ماهی برابر است و پخت و پز هیچ تاثیر در ازین بردن و یا کاهش فلزات ندارد (۲۳).

جدول شماره ۲: برآورد جذب روزانه سرب و کادمیوم به واسطه مصرف ماهی کفال

جدب روزانه سرب	کثربن	پیشین	میانگین انحراف میان
5×10^{-3}	2×10^{-3}	9×10^{-3}	6×10^{-3}
6×10^{-3}	1×10^{-3}	2×10^{-3}	2×10^{-3}

جدول شماره ۳: محاسبه جذب روزانه، جذب هفتگی و نسبت خطر برای دو فلز سنگین در اثر مصرف کفال ماهی در جامعه مصرف کننده

سهم (%) هر فلز در شاخص خطر	THQ	EWI (µg/kg/week)	EDI (µg/kg/day)	PTWI (µg)	PTDI (µg)	TI (µg/kg/day)	غلظت در نمونه وزن تر (µg/g)
۱	0.0002	0.006	0.009	۱۷۵	۲۵۲	۲/۵۷	0.002
۹۹	0.02	0.14	0.02	۴۹۰	۷۰	۱	0.033

PTDI: میزان دریافت قابل تحمل روزانه موقتی برای یک فرد ۷۰ کیلوگرمی،

EDI: برآورد میزان جذب روزانه،

THQ: احتمال پذیری خطر

TI: میزان جذب قابل تحمل،

PTWI: میزان دریافت قابل تحمل هفتگی موقتی برای یک فرد ۷۰ کیلوگرمی،

EWI: برآورد میزان جذب هفتگی،

بررسی نشان می دهد که بین دو عنصر خطرناک کادمیوم و سرب، کادمیوم خطرناک تر از سرب است. متوسط نسبت خطر (THQ) و شاخص خطر (HI) هر دو پایین تر از یک و سطح ایمن قابل قبول خطر هستند ($HI \leq 1$) (جدول شماره ۳). بنابراین، نتایج مطالعه حاضر نشان می دهد که مصرف این گونه ماهی در نرخ مصرف کنونی با توجه به سطوح مشاهده شده برای کادمیوم و سرب به تنها یا در ترکیب با یکدیگر برای جمعیت انسانی خطری ایجاد نمی کند. گرچه یادآور می شویم که در اینجا تنها دو عنصر سرب و کادمیوم بررسی شده است. در ضمن، در برآورد پتانسیل خطر این دو فلز گروههای مختلف سنی و جنسی همچون کودکان، سالخوردگان، زنان باردار، بیماران و نوجوانان و اشخاصی که شاید نسبت به آلات ایندها حساسیت ویژه‌ای دارند باید مدنظر قرار گیرد.

ماهی برای انسان کمتر از دوز مرجع توصیه شده برای کادمیوم و سرب بود. از تقسیم نمودن متوسط جذب روزانه بر دوز مرجع هر فلز نسبت خطر محاسبه شد. مقدار پتانسیل خطرپذیری (THQ) برای سرب و کادمیوم در همه نمونه های مورد مطالعه پایین تر از یک است. در مجموع ارزش THQ برای کل تالاب هم کمتر از یک است که میزان در معرض قرار گیری خوراکی روزانه برای گیرنده (به ویژه جمعیت انسان) به احتمال زیاد بدون خطر قابل ملاحظه در طول عمر است. کل خطر سلامت یا شاخص خطر (HI) برای جمعیت انسانی به دلیل کادمیوم و سرب، از طریق مصرف ماهی نسبی کادمیوم بیشتر است که دلیل آن شاید کادمیوم موجود در کودهای فسفره است که در اثر رواناب کشارزی وارد تالاب می شود. همچنین دستاوردهای این

References

1. Hussein A, Khaled A. Determination of metals in tuna species and bivalves from Alexandria, Egypt. Egyptian Journal of Aquatic Research 2014; 40(1): 9-17.
2. Alturiqi AS, Albedair LA. Evaluation of some heavy metals in certain fish, meat and meat products in Saudi Arabian markets. Egyptian Journal of Aquatic Research 2012; 38(1): 45-49.
3. Kumar B, Kumar Verma V, Kumar Naskar A, Chakraborty, Shah R. Human Health Hazard due to Metal Uptake via Fish Consumption from Coastal and Fresh Water Waters in Eastern India Along the Bay of Bengal. J Mar Biol Oceanogr 2013; 2: 3.
4. Bashir FA, Shuhaim-Othman M, Mazlan AG. Evaluation of trace metal levels in tissues of two commercial fish species in Kapar and Mersing coastal waters, Peninsular Malaysia. J Environ Public Health 2012; 23: 352309.
5. Musaiger AO, D'Souza R. The effects of different methods of cooking on proximate, mineral and heavy metal composition of fish and shrimps consumed in the Arabian Gulf. Arch Latinoam Nutr 2008; 58(1): 103-109.
6. Usydus Z, Richert JS, Polak-Juszczak L, Kanderska J, Adamczyk M, Ciecwierz MM, et al. Food of marine origin: between benefits and potential risks. Part I. Canned fish on the polish market. Food Chem 2008; 111(3): 556-563.
7. Bassey FI, Oguntunde FC, Iwegbue CMA, Osabor V, Edem CA. Effects of processing on the proximate and metal contents in three fish species from Nigerian coastal waters. Food Science and Nutrition 2014; 2(3): 272-281.
8. Ukoha PO, Ekere NR, Udeogu UV, Agbazue VE. Potential health Risk assessment of heavy metals [Cd, Cu and Fe] concentrations in some imported frozen fish species consumed in Nigeria. Int J Chem Sci 2014; 12(2): 366-374.

-
9. Chien LC, Hung TC, Choang KY, Yeh CY, Meng PJ, Shieh MJ, et al. Daily intake of TBT, Cu, Zn, Cd and As for fishermen in Taiwan. *Sci Total Environ* 2002; 285(1-3): 177-185.
 10. Falco G, Llobet JM, Bocio A, Domingo JL. Daily intake of arsenic, cadmium, mercury, and lead by consumption of edible marine species. *J Agric Food Chem* 2006; 54(16): 6106-6112.
 11. Domingo JL, Bocio A, Falco G, Llobet JM. Benefits and risks of fish consumption. Part I. A quantitative analysis of the intake of omega-3 fatty acids and chemical contaminants. *Toxicology* 2007; 230(2-3): 219-226.
 12. Spada L, Annicchiarico C, Cardelluccio N, Giandomenico S, Di Leo A. Mercury and methylmercury concentrations in Mediterranean seafood and surface sediments, intake evaluation and risk for consumers. *Int J Hyg Environ Health* 2011; 215(3): 418-426.
 13. Conti GO, Copat C, Ledda C, Fiore M, Fallico R, Sciacca S, Ferrante M. Evaluation of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in *Mullus barbatus* from Sicily Channel and risk-based consumption limits. *Bull Environ Contam Toxicol* 2012; 88(6): 946-950.
 14. Copat C, Bella F, Castaing M, Fallico R, Sciacca S, Ferrante M. Heavy metals concentrations in fish from Sicily (Mediterranean Sea) and evaluation of possible health risks to consumers. *Bull Environ Contam Toxicol* 2012; 88(1): 78-83.
 15. Turyk ME, Bhavsar SP, Bowerman W, Boysen E, Clark M, Diamond M, Mergler D, Pantazopoulos P, Schantz S, Carpenter, DO. Risks and benefits of consumption of Great Lakes fish. *Environ Health Perspect* 2012; 120(1): 11-18.
 16. Zhang Y, Zhang B, Li L, Wang Z, Xie S, Shen Y, Li J. Radiation induced reduction: an effective and clean route to synthesize functionalized graphene. *J Mater Chem* 2012; 22: 7775-7781.
 17. Amirah MN, Afiza AS, Faizal WIW, Nurliyanal MH, Laili S. Human Health Risk Assessment of Metal Contamination through Consumption of Fish. *Journal of Environment Pollution and Human Health* 2013; 1(1): 1-5.
 18. United States Environmental protection Agency (USEPA). Region III, 1650 Arch Street, Philadelphia, Pennsylvania, 19103. 2008.
 19. Bogdanovic T, Ujevic I, Sedak M, Listeš E, Šimat V, Petričević S, et al. As, Cd, Hg and Pb in four edible shellfish species from breeding and harvesting areas along the eastern Adriatic Coast, Croatia. *Food Chem* 2014; 146: 197-203.
 20. Ebrahimzadeh MA, Eslam S, Nabavi SF, Nabavi SM. Determination of Trace Element Level in Different Tissues of the Leaping Mullet (*Liza saliens*, Mugilidae) Collected from Caspian Sea. *Biol Trace Elem Res* 2011; 144(1-3): 804-811.
 21. Fernandes C, Fontainhas-Fernandes A, Peixotoc F, Salgado MA. Bioaccumulation of heavy metals in *Liza saliens* from the Esmoriz-Paramos coastal lagoon, Portugal. *Ecotoxicol Environ Saf* 2007; 66(3): 426-431.
 22. Aghili SM, Safari R, Shabani B, Rahmani M. An analysis of the consumer market for aquatics and fishery products in Gorgan. *Journal of Fisheries* 2010; 4(3,15): 91-101 (Persian).
 23. Cooper CB, Doyle ME, Kipp K. Risks of consumption of contaminated seafood: the Quincy Bay case study. *Environ Health Perspect* 1991; 90: 133-140.