ارزيابي ريسک جيوه ناشي از مصرف ماهي سفيد درياي خزر (*Rutilus frisii kutum*) در استان مازندران

سيد مهدي حسيني[۱]، نورالله ميرغفاري*[۱]، نصرالله محبوبي صوفياني[۲] و سيد ولي حسيني[۳]
[1]گروه محيط زيست، دانشكدة منابع طبيعي دانشگاه صنعتي اصفهان، ايران
[۲] گروه شيلات ، دانشكدة منابع طبيعي دانشگاه صنعتي اصفهان، ايران
[۳] گروه شيلات، دانشكدة منابع طبيعي دانشگاه تهران، ايران
(تاريخ دريافت: ۱۳۸۹/۱۰/۴ ، تاريخ تصويب: ۱۳۹۰/۶/۸)

چكيده
جيوه يكي از سمي‌ترين عناصر سنگين است كه عمدتاً از طريق مصرف غذاهاي دريايي آلوده به جيوه وارد بدن انسان مي‌شود. در پژوهش حاضر، با اندازه‌گيري غلظت جيوه‌ي كل با دستگاه اسپكتروفتومتر جذب اتمي (Perkin Elmer, FIAS-100) و تكنيک بخار سرد، در نمونه‌هاي عضله ماهي سفيد درياي خزر (*Rutilus frisii kutum*)، ريسك ناشي از مصرف اين ماهي براي انسان مورد ارزيابي قرار گرفت. ۶۰ عدد ماهي (۱۲ ايستگاه و از هر ايستگاه ۵ نمونه ماهي) در اوزان بازاري از ايستگاه‌هاي صيادي سواحل استان مازندران بصورت تصادفي انتخاب و غلظت جيوه در آنها اندازه‌گيري شد. ميانگين غلظت جيوه در عضله‌ي ماهي سفيد ۰/۱۱۲ ميكروگرم بر گرم وزن تر (۰/۳۸۲ ميكروگرم بر گرم وزن خشک) بود كه اين ميزان پايينتر از حد استاندارد تعيين شده توسط سازمان‌هاي معتبر جهاني مانند USEPA، WHO، FAO و FDA مي‌باشد. شاخص ريسك (HQ) كمتر از ۱ (۰/۴۸) بود. هم‌چنين، محاسبات نشان داد كه جذب روزانه و هفتگي جيوه با توجه به ميزان سرانه‌ي مصرف هر ايراني كه توسط FAO اعلام شده است، پايينتر از مقادير راهنماي ارائه شده (PTDI وPTWI) توسط WHO، USEPA و JECFA است. مصرف ماهي سفيد درياي خزر خطري جدي براي سلامتي مصرف كنندگان از نظر ميزان جيوه نخواهد داشت و براي حفظ سلامتي، ميزان مجاز مصرف آن ۶۲ گرم در روز توصيه مي‌شود.

واژه هاي كليدي: حد مجاز مصرف، جيوه، ماهي سفيد درياي خزر (*Rutilus frisii kutum*)، ارزيابي ريسك

* نويسنده مسئول: تلفن: ۰۳۱۱۳۹۱۳۵۷۴ فاكس: ۰۳۱۱۳۹۱۲۸۴۰ E-mail: mnorolah@cc.iut.ac.ir

مقدمه

در حال حاضر محصولات دريايي نقش قابل توجهي در تأمين غذاي مردم جهان دارند كه با شناسايي مطلوبيت و برتري غذايي اين فرآورده‌ها بر ديگر مواد پروتئيني روز به روز بر مصرف آنها افزوده مي‌شود (FAO, 2009). ماهي داراي فوايد زيادي است و بسياري از عناصر مورد نياز بدن از جمله فسفر، كلسيم، انواع مواد معدني و ويتامين‌ها را تامين مي‌كند. همچنين منبع غني از گروه ويژه‌اي از اسيدهاي چرب غير اشباع (PUFA[1]) بنام اُمگا ٣[2] هستند كه براي سلامت قلب و بيماران قلبي- عروقي بسيار مفيد مي‌باشد. از مهمترين اسيدهاي چرب اُمگا ٣، ايكوزاپنتانوئيک اسيد (EPA[3]) و داكوزاهگزانوئيک اسيد(DHA[4]) را مي‌توان نام برد كه در درمان بسياري از بيماريها مانند تصلب شرائين، سرطان، التهاب مفاصل و بيماري‌هاي مربوط به سنين بالا مثل آلزايمر بسيار مهم هستند(Kojadinovic *et al*., 2006).

همگام با افزايش تقاضا براي محصولات دريايي، افزايش روند آلودگي محيط‌هاي دريايي به شكلي جدي، احتمال بروز مشكلات كيفي را در اين منابع غذايي ارزشمند تشديد كرده است (Kojadinovic *et al*., 2006). توسعه-ي صنايع و افزايش بي‌رويه‌ي جمعيت شهرها و روستاها و در پي آن توسعه‌ي مناطق كشاورزي و استفاده از كودها و سموم دفع آفات موجب گرديده تا ميزان زيادي فاضلاب-هاي صنعتي و شهري و همچنين پساب‌هاي كشاورزي كه داراي تركيبات شيميايي مختلف خصوصاً فلزات سنگين هستند، وارد اكوسيستم‌هاي آبي شوند (Sabaghe Kashani, 2001).

در اين ميان درياي خزر كه از بزرگترين اكوسيستم‌هاي آبي بسته‌ي جهان محسوب مي‌شود نيز تحت تأثير افزايش جمعيت و صنعتي شدن كشورهاي حاشيه خود قرار گرفته و موقعيت نگران كننده‌اي پيدا نموده است زيرا به علت بسته بودن حوزه‌ي آبي خزر، آلودگي‌هاي وارد شده در آن داراي زمان ماند بالايي مي‌باشند و وارد بدن آبزيان مي‌شوند (De Mora *et al.*, 2004). بنابراين با وجود منفعت‌هايي كه با مصرف ماهي حصول مي‌شود، امروزه بخاطر حضور آلاينده‌ها از جمله جيوه در اكوسيستم‌هاي آبي، مصرف آن با يكسري خطراتي مواجه است و اين ريسک در گروه‌هاي آسيب‌پذير از جمله زنان باردار و كودكان بسيار حائز اهميت است.

بنابراين بايد مصرف آن از طريق روش‌هاي علمي مورد ارزيابي ريسک[5] قرار گيرد. در واقع از زمان وقوع حادثه‌ي مينماتا در سال ١٩٥۶ كه منجر به شيوع گسترده‌ي بيماري و مرگ و مير ناشي از سميت متيل جيوه بر اهالي منطقه شد، بررسي مقادير جيوه در ماهيان از ديدگاه مصرف انساني در سراسر جهان مورد توجه قرار گرفته است (Kojadinovic *et al*., 2006).

جيوه از خطرناک‌ترين فلزات سنگين محسوب مي‌شود كه در اشكال آلي و غيرآلي در محيط زيست وجود دارد. مطالعات نشان داده است كه نوع آلي جيوه (متيل جيوه[6]) به مراتب از سميت و خصوصيت تجمع‌پذيري[7] بالايي در طول زنجيره‌ي غذايي برخوردار است (Esmaeili-Sari, 2008; Burger *et al*., 2007,B; Dietz *et al*., 2000; Houserova *et al*., 2006; Porcella, 1994). اصولاً جيوه‌ي غيرآلي طي فرايند متيلاسيون[8] از طريق فرايندهاي آنزيمي و توسط باكتري‌ها و ديگر ميكروارگانيزم‌هاي موجود در آب و رسوبات به شكل آلي يعني متيل‌جيوه تبديل مي‌شود. متيل‌جيوه مي‌تواند از راه جذب شدن توسط گياهان آبزي، جلبک‌ها، موجودات ابتداي زنجيره‌ي غذايي وارد شبكه‌ي غذايي ماهي شده و در آن تجمع يابد (Yazdaninasab, 2005). مصرف ماهي مهمترين راه ورود جيوه به بدن انسان معرفي شده است (Ruelas-Inzunza *et al*., 2008; Human Health of Canada., 2007) كه بدليل نيمه‌عمر بيولوژيكي طولاني متيل جيوه، مي‌تواند در دراز مدت اثرات نامطلوب و

[1] Poly Unsaturated Fatty Acid
[2] Omega-3
[3] Eicosapentaenoic acid
[4] Decosahexaenoic acid
[5] Risk assessment
[6] Methyl mercury
[7] Bimagnification
[8] Methylation

شگرفي را بر بدن و سلامتي انسان، بويژه بر سيستم عصبي كه شامل اختلالات رواني، كم شدن شنوايي و بينايي، از دست دادن كنترل بدن و ضعف عمومي، حمله-ي عصبي، تأثير بر جنين و غيره مي‌باشد، بهمراه داشته باشد (Clarson, 1990; Yamaguchi, 2004).

مطالعات اندكي با هدف ارزيابي ريسک مصرف موجودات آبزي بويژه ماهيان پرمصرف از نظر فلزات سنگين (بخصوص جيوه) در درياي خزر انجام گرفته است و بيشتر آنها صرفاً به بررسي فلزات سنگين در بافت‌هاي مختلف ماهي و ارتباط تجمع فلزات با پارامترهاي بيومتري پرداخته‌اند (Agusa et al., 2004; Anan et al., 2005; Froghi et al., 2007; Pourang et al., 2005; Taheri-e Azad et al., 2008; Sabaghe Kashani, A. 2001; Yazdaninasab, 2005). همچنين از مطالعات مشابهي كه در ساير اكوسيستم‌هاي آبي در ارتباط با ارزيابي ريسک مصرف ماهي ناشي از جيوه پرداختند مي-توان به مطالعات (Kojadinovic Castilhos *et al*., 2006; Gochfeld, Ruels-Inzuna *et al*., 2008; *et al*., 2006; 2003; Burger *et al*., 2007,A; Agusa *et al*., 2005 و Turkmen *et al*., 2009) اشاره كرد.

از آنجايي كه ماهي سفيد درياي خزر (*Rutilus frisii kuttum*) از ماهيان مهاجر بوده و عمدتاً از بستر (صدف-هاي بستر) تغذيه مي‌كند و همچنين نظر به طول عمر نسبتاً طولاني اين ماهيان (Hosseini, 2004; Vossoughi and Mostajeer, 1994)، بنابراين مي‌تواند آلاينده‌هاي آبگريز[1] تجمع يافته در بدن نرمتنان و همچنين آلاينده‌هاي جذب شده توسط بستر را در بدن خود انباشته كند. علاوه بر اين، نظر به ارزش غذايي، اهميت اقتصادي و همچنين درصد بالاي صيد آنها نسبت به ساير گونه‌هاي آبزي خوراكي درياي خزر كه بر طبق آخرين آمار منتشر شده از سازمان شيلات ايران در سال ۱۳۸۸، ۱۲۵۰۰ تن بوده است (Fisheries statistical yearbook, 2009)، بررسي ميزان جيوه جهت ارزيابي ريسک ناشي از مصرف اين ماهيان ضروري به نظر مي‌رسد.

[1] Hydrophobic

مواد و روش‌ها

به منظور ارزيابي خطر جيوه بر سلامتي انسان[2] در منطقه‌ي مورد مطالعه، مراحل زير طي شد:

۱- ارزيابي تماس[3]

مسيرهاي تماس[4]

غلظت تماس[5]

۲- ارزيابي سميت[6]

بررسي آثار سرطانزايي جيوه[7]

بررسي آثار غير سرطانزايي جيوه[8]

۳- توصيف ريسک[9]

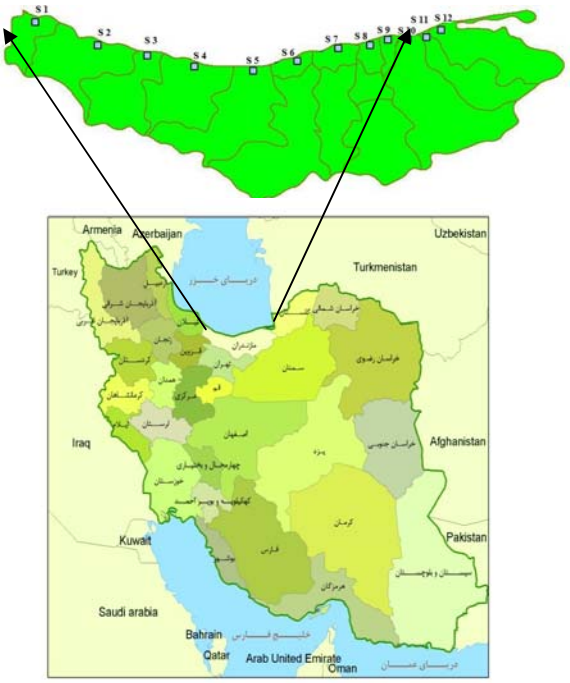
از آنجا كه مهمترين و عمده‌ترين مسير ورود جيوه به بدن انسان، مصرف ماهيان آلوده به جيوه است، بنابراين در گام اول اقدام به نمونه‌برداري از ماهي و تعيين ميزان جيوه شد و ميانگين غلظت جيوه‌ي در بافت ماهيان بعنوان غلظت تماس انتخاب گرديد.

معرفي منطقه‌ي مورد مطالعه

استان مازندران بين ۳۵ درجه و ۴۷ دقيقه تا ۳۶ درجه و ۳۵ دقيقه عرض شمالي و ۵۰ درجه و ۳۴ دقيقه طول شرقي از نصف النهار گرينويچ قرار گرفته است. منطقه مورد مطالعه مربوط به سواحل جنوبي درياي خزر در استان مازندران به طول تقريبي ۳۴۰ كيلومتر از مرز استان گيلان در غرب تا مرز استان گلستان در شرق ادامه دارد. اين خط ساحلي بطور فزاينده‌اي توسط آلاينده‌هايي كه از منابع مختلف انساني (شامل پسابهاي صنعتي، پسابهاي كشاورزي و فاضلاب‌هاي شهري و روستايي) به آن وارد مي شود آلوده گرديده است. شكل شماره ۱ موقعيت جغرافيايي ايستگاه‌هاي نمونه‌برداري را نمايش مي‌دهد. ۱۲ ايستگاه نمونه‌برداري (S1-S12) در ۱۲ شهر

[2] Human health risk assessment
[3] Exposure assessment
[4] Exposure pathways
[5] Exposure concentraion
[6] Toxicity assessment
[7] Quantitative cancer endpoint
[8] Quantitative non-cancer endpoint
[9] Risk characterization

ساحلي استان (در هر شهر يک ايستگاه) در طول خط ساحلي انتخاب گرديدند. ايستگاه‌هاي نمونه برداري عمدتاً در نزديکي مناطق مسکوني واقع و از غرب به شرق شامل شهرهاي رامسر (S 1)، تنکابن (S 2)، چالوس (S 3)، نوشهر (S 4)، نور (S 5)، محمودآباد (S 6)، فريدونکنار (S 7)، بابلسر (S 8)، جويبار (S 9)، ساري(گوهرباران) (S 10)، نکا (S 11) و بهشهر (S 12) مي باشند.



شکل۱: موقعيت جغرافيايي استان مازندران و ايستگاه‌هاي نمونه‌برداري

نمونه‌برداري

براساس اطلاعات موجود در مورد بيولوژي و رفتار مهاجرت ماهي سفيد از دريا به طرف سواحل و مصب رودخانه‌ها (Vossoughi and Mostajeer, 1994)، فصل زمستان و اسفند ماه بعنوان زمان نمونه‌برداري انتخاب گرديد. نظر به آنکه عمده‌ي صيد و عرضه‌ي ماهيان مذکور به بازارهاي محلي و کشوري در اوزان بازاري صورت مي‌گيرد (Fisheries statistical yearbook, 2009)، لذا در اين تحقيق از ماهيان در وزن بازاري استفاده گرديد. ماهيان مورد نياز از صيدگاه-هاي پره‌ي ١٢ شهر ساحلي استان مازندران (شکل ١) و از هر ايستگاه صيد پره، ۵ عدد ماهي سفيد که بين ۶۰۰ تا ۸۰۰ گرم وزن داشتند تهيه گرديد.

انتخاب ماهيان بصورت تصادفي و از بين ماهيان سالم صيد شده در زمان اجراي تحقيق انجام پذيرفت. نمونه-هاي تهيه شده پس از زيست‌سنجي، درون جعبه‌هاي يونوليت حاوي يخ (با نسبت يک قسمت ماهي و سه قسمت يخ) به آزمايشگاه شيمي تجزيه در سازمان انرژي اتمي منتقل گرديدند. در آزمايشگاه، عضله (عضله‌ي مابين بخش جلويي باله‌ي پشتي و خط جانبي) نمونه‌هاي ماهي جدا گرديد. نمونه‌هاي تهيه شده پس از شستشو با آب مقطر و حذف آبچک، بوسيله‌ي سلفون بخوبي پيچيده

شده و آنگاه تا زمان شروع آناليز در فريزر و در دماي ۸۰- درجه‌ي سانتيگراد نگهداري شدند.

اندازه‌گيري جيوه

براي اندازه‌گيري ميزان جيوه از تكنيك بخار سرد[1] و از دستگاه اسپكتروفتومتر جذب اتمي[2] (FIAS-100, Perkin Elmer) استفاده شد (USEPA, 1998, Method SW-1311).

تعداد كل سنجش‌هاي انجام شده برابر ۶۰ عدد بوده است. مراحل آماده‌سازي نمونه‌ها براي سنجش جيوه مطابق دستورالعمل پيشنهادي كارخانه‌ي سازنده‌ي دستگاه صورت گرفت. به اين ترتيب كه براي هضم شيميايي نمونه‌ها، با استفاده از ترازوي الكتريكي، مقدار ۰/۵ گرم از نمونه‌ي هموژن شده از ايستگاه‌هاي مختلف بطور جداگانه وزن شد و در يک ظرف تفلوني ۵۰ سي‌سي داراي درپوش منتقل شد و به هر ۰/۵ گرم از نمونه‌ها ۵ سي‌سي از مخلوط اسيد پركلريک ($HClO_3$) و اسيد نيتريک (HNO_3) كه با نسبت ۳:۱ تهيه گرديد، اضافه شد و درب ظرف را بسته و سپس مخلوط بخوبي تكان داده شد. براي تكميل عمل هضم، محلول از دماي ۱۰۰ تا دماي ۱۵۰ درجه‌ي سانتي‌گراد به مدت ۴۵ دقيقه در آون حرارت داده شد، و سپس از كاغذ صافي عبور داده شد تا محلول شفاف بدست آيد. آنگاه خنک سازي محلول در دماي اتاق صورت گرفت و به كليه‌ي نمونه‌ها، ۰/۵ سي-سي $SnCl_2$[3] ۰/۱ مولار و آب مقطر دوبار تقطير شده اضافه شد تا به حجم ۵۰ سي‌سي برسد. كلريد قلع، نقش احيا كننده دارد و يون دوظرفيتي جيوه (Hg^{2+}) را به شكل بخار اتمي[4] (Hg°) تبديل مي‌كند. نمونه‌ها پس از آماده‌سازي، در طول موج ۲۵۳/۷ نانومتر قرائت گرديدند. همچنين از محلول‌هاي استاندارد ۱ تا ۱۰ ميكروگرم در ليتر جيوه جهت تنظيم و كاليبره نمودن دستگاه استفاده شد. حد تشخيص[5] اين روش برابر با ۰/۰۰۵ ميكرو گرم بر گرم جيوه بود. مواد مرجع استاندارد[6] مورد استفاده براي ماهي NRC-DORM-2[7] بوده است و ميزان بازيابي براي تمامي نمونه‌ها در حدود ۱۰۲- ۹۱ درصد بود.

ارزيابي سميت جيوه[8]

براي ارزيابي سميت جيوه، در ابتدا لازم است كه نسبت متيل جيوه به كل جيوه در گونه‌ي مورد مطالعه را تعيين نمود (گام دوم). نسبت متيل جيوه به كل جيوه در گونه-هاي مختلف ماهيان و حتي در يک گونه نيز متفاوت است و از طرفي ديگر بررسي اشكال شيميايي مختلف جيوه در ماهي نيز بسيار پرهزينه است. همچنين مطالعات نشان داده است كه يک فاكتور تبديل ثابت[9] براي تخمين درست سطوح متيل جيوه نسبت به كل جيوه موجود در ماهي نمي‌توان يافت. بنابراين در بحث ارزيابي خطر ميزان كل جيوه‌ي موجود در بافت ماهي، ۱۰۰ درصد متيل جيوه فرض مي‌شود. همچنين جيوه به عنوان ماده‌ي غير سرطانزا انتخاب گرديد (Kojadinovic, J., *et al* 2006; Goldblum *et al*., 2006).

توصيف ريسک[10]

در گام آخر با توجه به ميزان جيوه‌ي اندازه‌گيري شده و همچنين در نظر گرفتن سميت جيوه و انتخاب جيوه به عنوان يک ماده سمي غيرسرطانزا، شاخص خطر HQ[11] و ميزان مجاز مصرف ماهي محاسبه شد.

[1] Cold vapor technique
[2] Cold vapor-Atomic absorption spectrophotometry; CV-AAS
[3] Tin(II) chloride
[4] Volatile mercury atoms
[5] Detection limit
[6] Standard reference material
[7] Dogfish muscle; national Research council, Canada
[8] Mercury toxicity assessment
[9] Fixed conversion factor
[10] Risk characterization
[11] Hazard quotient

بررسي شاخص خطر HQ

شاخص خطر HQ عبارت است از نسبت تماس يک آلاينده[1] (دز جذب روزانه‌ي آلاينده) به دوز مرجع آن؛ که اگر از ۱ کمتر باشد، نشاندهنده‌ي آن است که مصرف ماهي اثر مضري بر سلامتي ندارد (Castilhos *et al*., 2006; Goldblum *et al*., 2006)

$$HQ = (MTCC \times CR/ BW) / RFD$$

HQ = نسبت خطر (بدون واحد[2])

$MTCC$[3] = ميانگين غلظت آلاينده‌ي اندازه‌گيري شده در ماهي (ميکروگرم بر گرم يا ميلي‌گرم بر کيلوگرم)

CR[4] = ميانگين استاندارد مصرف روزانه‌ي ماهي (۰/۰۳ کيلوگرم در روز)

BW = وزن بدن (۷۰ کيلوگرم براي يک فرد بالغ)

RFD = دز مرجع (۰/۰۰۰۱ ميلي‌گرم در کيلوگرم)

حد مجاز مصرف روزانه ماهي[5]

مقدار مجاز مصرف روزانه‌ي ماهي با توجه به ميزان جيوه اندازه‌گيري شده در بخش خوراکي آن (عضله) از طريق فرمول زير که توسط USEPA پيشنهاد شده، محاسبه گرديد (اسماعيلي ساري، ۱۳۸۱؛ USEPA, 2000):

$$CR_{lim}=(RFD \times BW) / C_m$$

که در آن:

CR_{lim} [6] = حداکثر ميزان مجاز مصرف در روز (کيلوگرم يا گرم در روز)

RFD[7] = دوز مرجع يا مجموع مجاز جذب روزانه‌ي آلاينده که براي متيل جيوه برابر ۱×۱۰^{-۴} ميلي‌گرم بر کيلوگرم در روز مي‌باشد.

BW[8]= وزن بدن (۷۰ کيلوگرم براي يک فرد بالغ)

C_m[9] = ميزان جيوه در ماهي (ميکروگرم بر گرم يا ميلي-گرم بر کيلوگرم)

ميزان جذب روزانه[10] و هفتگي[11] قابل قبول جيوه

ميزان تماس روزانه انسان به جيوه از طريق مصرف ماهيان آلوده را مي‌توان توسط فرمول زير محاسبه کرد (Agusa *et al*., 2005; Kojadinovic, J., *et al* 2006):

$$DI = C_m \times IR$$

DI[12] = ميزان جذب جيوه در بدن در روز از طريق مصرف ماهي(ميکروگرم بر گرم)

C_m = ميزان جيوه در ماهي(ميکروگرم بر گرم)

IR[13] = ميزان مصرف ماهي در منطقه‌ي مورد مطالعه (گرم در روز)

تجزيه و تحليل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه‌ي شماره ۱۶ انجام پذيرفت. ابتدا نرمال بودن داده-هاي بدست آمده با آزمون کُلموگرف- اسميرنوف مورد بررسي قرار گرفت. در صورت نرمال نبودن توزيع داده‌ها، از روش تبديل لگاريتم در پايه ۱۰ براي نرمال کردن آن استفاده شد. جهت بررسي وجود يا عدم وجود اختلاف معني‌دار بين داده‌هاي عضله از آناليز تجزيه واريانس يک طرفه (One way ANOVA) استفاده شد.

نتايج

در اين مطالعه از ماهيان در اندازه‌ي بازاري استفاده گرديد که نتايج حاصل از زيست‌سنجي آنها در جدول ۱ نشان داده شده است. ميانگين کل همراه با انحراف معيار در وزن ۳۸±۷۳۴ گرم و طول ۱/۵۵±۳۹/۷ سانتيمتر بوده و مقايسه‌ي ميانگين‌ها با آزمون چند دامنه‌اي دانکن (در سطح احتمال ۵ درصد) بيانگر عدم وجود تفاوت معني‌دار در وزن ماهيان سفيد مورد استفاده بوده است.

[1] Exposure level
[2] Unitless
[3] Mean tissue contaminant concentration
[4] Consumption rate (Mean daily consumption)
[5] Fish safety limits
[6] Consumption rate limite (Maximum allowable fish consumption: kg or gr / day)
[7] Reference dose
[8] Body weight
[9] Measured concentration
[10] PTDI (Provisional permissible tolerable daily intake in µg/Day/kg body weight) or ADI
[11] PTWI (Provisional permissible tolerable weekly intake in µg/week/kg body weight)
[12] Daily Intake (Dietary mercury exposure)
[13] Ingestion rate

جدول ۱- ميانگين وزن و طول ماهي سفيد درياي خزر (***Rutilus frisii kutum***)

ايستگاه	وزن ماهي سفيد(گرم)	طول ماهي سفيد(سانتي‌متر)
رامسر	۷۵۳±۳۴	۳۸/۸±۱/۲۶
تنكابن	۷۰۷±۲۶	۳۹/۹±۰/۶۱
چالوس	۷۱۸±۲۷	۳۹/۹±۰/۳۹
نوشهر	۷۲۱±۶۴	۴۰/۲±۲/۴۱
نور	۷۴۲±۵۳	۳۸/۳±۱/۲۲
محمودآباد	۷۳۹±۴۴	۴۰/۷±۱/۸۰
فريدونكنار	۷۴۲±۴۸	۳۹/۸±۱/۷۵
بابلسر	۷۴۶±۳۷	۴۱/۱±۱/۲۶
جويبار	۷۵۲±۱۹	۴۰/۴±۰/۷۹
ساري	۷۱۸±۳۳	۳۸/۱±۱/۵۶
نكا	۷۳۴±۳۳	۳۹/۹±۱/۰۷
بهشهر	۷۴۱±۳۵	۳۸/۹±۱/۳۲
ميانگين كل	۷۳۴±۳۸	۳۹/۷±۱/۵۵

نتايج حاصل از آناليز جيوه در نمونه‌هاي عضله‌ي ماهيان سفيد در ۱۲ ايستگاه نمونه‌برداري در جدول ۲ نشان داده شده است. ميانگين ميزان جيوه در عضله‌ي ماهي مذكور ۰/۱۱۲ ميكروگرم بر گرم وزن تر (يا ۰/۳۸۲ ميكروگرم بر گرم وزن خشک) بود. هر چند نتايج حاصل از تجزيه و تحليل آماري تفاوت معني‌دار در ميزان جيوه‌ي عضلات ماهيان ايستگاه‌هاي مورد بررسي را منتفي دانست، اما بطور كلي نمونه‌هاي غرب استان مازندران داراي جيوه‌ي بيشتري نسبت به قسمت‌هاي ديگر بودند.

ميزان HQ حدود ۰/۴۸ بدست آمد. با توجه به فرمول تعيين حداكثر مجاز مصرف روزانه‌ي ماهي و با در نظر گرفتن ميانگين وزن ۷۰ كيلوگرم براي مصرف كننده، مقدار مجاز مصرف ماهي سفيد با ميانگين غلظت جيوه ۰/۱۱۲ ميكرو گرم بر گرم وزن تر، ۶۲ گرم (۰/۰۶۲ كيلوگرم) در روز و ۴۳۴ گرم (۰/۴۳۴ كيلوگرم) در هفته بدست آمد (جدول ۳).

سازمان خوار و بار جهاني[1] اعلام داشته است كه سرانه‌ي مصرف ماهي در ايران حدود ۶۴۰۰ گرم است (FAO, 2009)، در اينصورت مصرف روزانه‌ي ماهي براي هر ايراني حدود ۱۷/۵ گرم (۰/۰۱۸ كيلوگرم) مي‌باشد. به اين ترتيب ميزان جيوه‌اي كه از طريق مصرف ماهي سفيد جذب بدن مي‌شود، حدود ۱/۹۶ ميكروگرم بر گرم در روز و ۱۳/۷ ميكروگرم بر گرم در هفته براي يک فرد بالغ با وزن ۷۰ كيلوگرم مي‌باشد. ولي قاعدتاً ميزان مصرف ماهي در ساكنين شمالي ايران بالاتر از ميزان اعلام شده توسط FAO مي‌باشد. براي رسيدن به حداقل ميزان مجاز جذب روزانه‌ي جيوه (۱۰/۵ ميكروگرم بر گرم) كه توسط USEPA تعيين شده است، مي‌توان تا ۹۴ گرم در روز نيز ماهي سفيد مصرف كرد. از طرفي ديگر چنانچه از ميزان مجاز محاسبه شده مصرف شود، ميزان جيوه‌ي ورودي به بدن حدود ۶/۹۴ ميكروگرم در روز يا ۴۸/۵۸ ميكروگرم بر گرم در هفته مي‌باشد. همچنين، اگر هر وعده‌ي مصرف ماهي ۲۳۰ گرم (براساس وزن خام) محسوب شود (Kojadinovic *et al*., 2006)، براساس استاندارد مشترک سازمان خواروبار و سازمان بهداشت جهاني حداكثر تا ۴ وعده در هفته و براساس استاندارد آژانس حفاظت محيط زيست آمريكا حداكثر تا ۳ وعده مي‌توان در هفته از ماهي سفيد مصرف كرد (جدول ۳).

[1] Food and Agriculture Organization(FAO)
[3] Benthophagous

جدول ۲- ميانگين[1] غلظت جيوه در عضله ماهي سفيد درياي خزر ***Rutilus frisii kutum***
(ميكروگرم بر گرم وزن تر و خشک)[2]

ايستگاه		عضله (وزن تر)	عضله (وزن خشک)
رامسر	ميانگين	۰/۱۱۷	۰/۳۹۷
	حداقل	۰/۰۴۵	۰/۱۵۳
	حداكثر	۰/۳۰۴	۱/۰۳۴
تنكابن	ميانگين	۰/۰۹۸	۰/۳۳۴
	حداقل	۰/۰۳۵	۰/۱۱۹
	حداكثر	۰/۱۸۱	۰/۶۱۶
چالوس	ميانگين	۰/۱۸۱	۰/۶۱۵
	حداقل	۰/۰۸۷	۰/۲۹۶
	حداكثر	۰/۳۵۹	۱/۲۲۱
نوشهر	ميانگين	۰/۱۵۹	۰/۵۴۱
	حداقل	۰/۰۶۵	۰/۲۲۱
	حداكثر	۰/۳۳۴	۱/۱۷۰
نور	ميانگين	۰/۱۳۴	۰/۴۵۴
	حداقل	۰/۰۶۹	۰/۲۳۵
	حداكثر	۰/۲۳۰	۰/۷۸۲
محمودآباد	ميانگين	۰/۱۳۴	۰/۴۵۵
	حداقل	۰/۰۸۳	۰/۲۸۲
	حداكثر	۰/۲۱۳	۰/۷۲۴
فريدونكنار	ميانگين	۰/۱۰۷	۰/۳۶۵
	حداقل	۰/۰۵۴	۰/۱۸۴
	حداكثر	۰/۲۹۱	۰/۹۹۰
بابلسر	ميانگين	۰/۱۱۳	۰/۳۸۴
	حداقل	۰/۰۵۸	۰/۱۹۷
	حداكثر	۰/۲۱۴	۰/۷۲۸
جويبار	ميانگين	۰/۰۹۰	۰/۳۰۷
	حداقل	۰/۰۲۴	۰/۰۸۲
	حداكثر	۰/۳۱۹	۱/۰۸۵
ساري	ميانگين	۰/۰۶۹	۰/۲۳۴
	حداقل	۰/۰۲۴	۰/۰۸۲
	حداكثر	۰/۳۱۹	۱/۰۸۵
نكا	ميانگين	۰/۱۳۶	۰/۴۶۴
	حداقل	۰/۰۱۱	۰/۰۳۷
	حداكثر	۰/۲۹۸	۱/۰۱۴
بهشهر	ميانگين	۰/۰۶۷	۰/۲۲۹
	حداقل	۰/۱۱۳	۰/۳۸۴
	حداكثر	۰/۱۷۳	۰/۵۸۸
ميانگين كل		۰/۱۱۲	۰/۳۸۲

[1] ميانگين ژئومتريک

[2] ميانگين كل رطوبت در عضله ماهيان سفيد درياي خزر ۷۰/۶ درصد اندازه‌گيري شد.

جدول ۳- نتايج ارزيابي ريسک مصرف ماهي سفيد درياي خزر

ماهي	CR (گرم)	تعداد وعده‌هاي مجاز مصرف[1] در هفته (هر وعده ۲۳۰گرم)	تعداد وعده‌هاي مجاز مصرف[2] در هفته (هر وعده ۲۳۰گرم)	DI بر اساس نرخ مصرف محاسبه شده (ميکروگرم)	DI بر اساس نرخ مصرف اعلام شده FAO (ميکروگرم)	HQ
ماهي سفيد	۶۲	۴	۲	۶/۹۴	۱/۹۶	۰/۴۸

۱ بر اساس استاندارد JECFA
۲ بر اساس استاندارد USEPA

بحث

مقايسه‌ي ميانگين غلظت جيوه در عضله ماهي سفيد نشان مي‌دهد که به رغم آنکه اين ماهيان داراي ارتباط زيادي با بستر دريا هستند چرا که ماهي سفيد جزء ماهيان کفزي خوار[3] هستند و از گروه‌هاي وسيعي از آبزيان (از نرمتنان تا لارو سخت‌پوستان) تغذيه مي‌کنند، اما ميزان انباشت جيوه در آنها نسبتاً پايين بوده و از حد آستانه[1] غلظت جيوه در عضله‌ي ماهي از مقادير اعلام شده توسط سازمان‌هاي مرجع نظير آژانس حفاظت محيط زيست، سازمان بهداشت جهاني[2]، سازمان خواربار و کشاورزي و اداره‌ي داروي و غذاي آمريکا که به ترتيب ۰/۳، ۰/۵، ۰/۵ و ۱ ميکروگرم بر گرم وزن تر مي‌باشد، پايين‌تر است. مقادير مشخص شده توسط سازمان‌هاي مذکور مقاديري هستند که در حد بالاتر از آنها اثر ناشي از ورود جيوه به بدن انسانها مشخص خواهد شد. اگرچه ممکن است در مقادير پايين‌تر از اين حدود نيز جيوه اثرات نامشخصي بر سلامتي داشته باشد Shi *et al.*, (Ruelas-Inzunza *et al* 2008; 2005). بطور کلي مقادير جيوه‌ي اندازه‌گيري شده در نمونه‌هاي تحت بررسي قابل مقايسه با غلظت جيوه در عضله ماهيان مشابه و يا با ساير ماهيان درياي خزر مي‌باشد. Froghi و همکاران (۲۰۰۷) ميانگين غلظت جيوه در عضله ماهي سفيد درياي خزر را ۰/۸۹۴ ميکروگرم بر گرم وزن خشک نمونه اندازه‌گيري کرده‌اند. همچنين Anan و همکاران (۲۰۰۵) با بررسي گونه‌هاي متعددي از ماهيان درياي خزر از جمله ماهي سفيد درياي خزر، ميزان جيوه در عضله‌ي آنها را بطور ميانگين ۰/۱۹۰ ميکروگرم بر گرم وزن خشک بيان کرده است. از طرفي ديگر Yazdaninasab و همکاران (۲۰۰۷) نيز غلظت جيوه را در بافت‌هاي مختلف ماهي کفال طلايي از جمله عضله‌ي شکم و عضله‌ي بخش دم اندازه-گيري کردند که نتايج آن به ترتيب ۰/۲۵۹و ۰/۲۶۲ ميکروگرم بر گرم وزن خشک گزارش کردند با مقايسه‌ي مطالعات ياد شده با تحقيق حاضر مشخص مي‌گردد که ميزان انباشت جيوه در عضله ماهيان سفيد مورد بررسي، کمتر از مطالعه‌ي Froghi و همکاران (۲۰۰۷) مي‌باشد. تفاوت در ميزان مقادير مشاهده شده احتمالاً بدلايل چندي مي‌تواند مرتبط باشد مانند اندازه، جنسيت و سن ماهي (Agusa *et al.*, 2004) فصل نمونه‌برداري (Ruels-Inzuna *et al.*, 2008)، محل نمونه‌برداري (Ruels-Inzuna *et al.*, 2008 و Kojadinovich *et al.*, 2006)، مکان تغذيه[3] (Walkuska *et al.*, 2010) و يا روش آناليز (Wagemann *et al.*, 1997) مربوط باشد. همچنين Henry و همکاران (۲۰۰۴) بيان کردند که از آنجاييکه فعاليت متابوليکي ماهيان جوانتر در حالت عادي بيشتر از ماهيان بالغ و با سنين بالاتر هم اندازه است، تجمع فلزات در ماهيان جوانتر بيشتر است (Henry *et al.*, 2004).

طبق گزارشات سازمان بهداشت جهاني، هر سطح و مقداري از جيوه مي‌تواند مضر باشد و هيچ سطح ويژه‌اي را براي تاثير جيوه بر سلامتي نمي‌توان مشخص نمود (WHO, 1990) بنابراين، هر چند مصرف ماهي سفيد

[1] Threshold level
[2] World Health Organization(WHO)
[3] Location of feeding ground

مخاطراتي از لحاظ سلامتي براي مصرف‌كننده بدنبال نخواهد داشت اما در مورد ميزان مصرف آنها توسط زنان باردار و كودكان بايد پاره‌اي از ملاحظات را رعايت نمود؛ زيرا جنين، نوزادان شيرخوار و كودكان زير ۱۰ سال به سميت جيوه حساس‌ترند. بدين منظور تعيين ميزان مجاز مصرف ماهيان مذكور (بصورت روزانه يا هفتگي) ضروري است (Kojadinovic, *et al* 2006).

اگرچه غذا يكي از روش‌هاي بسيار مهم و عمده در جذب آلودگي در انسان مي‌باشد، ولي از آنجا كه بر خلاف هوا و يا آب در جوامع مختلف و يا حتي شهرها يكسان نيست (بعلت سليقه‌ي متفاوت در افراد)، بنابراين ميزان جذب آن تابعي از نحوه تغذيه مي‌باشد. از آنجا كه فرهنگ غذايي در ايران كه از نظر وسعت بسيار گسترده و از نظر عادات غذايي بسيار متفاوت است، طبيعي است ارائه يک الگوي مشخص براي ميزان استاندارد در مواد غذايي امكان‌پذير نبوده و اصولاً نمي‌تواند از اعتبار لازم برخوردار باشد. به همين جهت در اغلب كشورهاي جهان تفاوت-هايي در تعيين ميزان استاندارد آلاينده‌ها در مواد غذايي وجود دارد كه عمدتاً ناشي از عادات غذايي و همچنين ويژگي‌هاي خاص مرتبط با اقليم، صنعت و كشاورزي است. اين پارامترها الزاماً منجر به تفاوت‌هايي در تعيين استاندارد شده است كه حتي با استانداردهاي سازمان بهداشت جهاني نيز متفاوت است. در رابطه با فرآورده‌هاي دريايي و آبزيان اين تفاوت چشم‌گيرتر است. زيرا ميزان مصرف ماهي در استان‌هاي مختلف بسيار متفاوت مي-باشد و به همين جهت نمي‌توان يک الگوي واحد براي كل جامعه در نظر گرفت. بنابراين معيار استاندارد با توجه به پارامترهايي نظير مصرف سرانه، سميت مواد، ويژگي-هاي مصرف‌كننده (زن- مرد-كودک) و پتانسيل جذب بايد تعيين گردد.

سرانه مصرف ماهي در ايران عليرغم پايين بودن نسبي آن در مقايسه با ميانگين جهاني از دامنه‌ي نوسان زيادي در سطح كشور برخوردار است. بطوريكه در استان‌هاي ساحلي شمال و جنوب كشور در خانواده‌هايي كه شغل آنان ماهي‌گيري است، مصرف بالاتر از سرانه‌ي جهاني و در برخي از استان‌ها و يا شهرها به يک بار مصرف و يا حتي كمتر از آن در سال نيز ممكن است برسد (FAO, 2009).

از آنجايي كه ميزان HQ براي ماهي سفيد كمتر از ۱ محاسبه شد، مصرف ماهيان مذكور خطر (حاد) براي سلامتي مصرف كننده‌گان در پي نخواهد نداشت؛ اما بعلت خاصيت تجمع پذيري متيل جيوه در بدن، مصرف مطلوب آن بايد محاسبه شود. همانطوري كه بيان شد، ميزان مصرف مطلوب براي ماهي سفيد ۶۲ گرم در روز بدست آمد. بديهي است كه اين ميزان مصرف مطلوب، براي افراد با وزن بيشتر و كمتر از ۷۰ كيلوگرم نيز به ترتيب بيشتر و كمتر مي‌شود. فرمول پيشنهادي اين امكان را به ما مي‌دهد تا در هر منطقه با توجه به غلظت آلاينده در ماهي و فراورده‌هاي دريايي با كاهش ميزان مصرف آن، ميزان ورود و جذب ماده‌ي آلاينده به بدن را تا حد استاندارد كاهش داد. از مزيت ديگر اين روش، عدم تاثير فرهنگ و عادات غذايي در تعيين استاندارد مي‌باشد.

در ارزيابي خطر، ميزان كل جيوه‌ي موجود در بافت ماهي را ۱۰۰ درصد متيل جيوه فرض مي‌كنند. زيرا از ديدگاه سلامت بشر، متيل جيوه نسبت به ساير اشكال شيميايي جيوه از اهميت زيادتري برخوردار است. متيل جيوه برخلاف اشكال عنصري و غير آلي جيوه بطور كامل از مجراي معده‌اي- روده‌اي[1] جذب و وارد جريان خون شده و به همه بافت‌ها توزيع مي‌شود. همچنين از سد خوني-مغزي عبور كرده و موجب آسيب به سيستم عصبي مركزي و محيطي مي‌شود. در زنان باردار نيز متيل جيوه با گذشتن از راه جفت به جنين مي‌رسد و موجب آثار جبران ناپذيري به جنين در حال رشد مي‌شود (Human Health of Canada, 2007).

به همين دليل سازمان دارو و غذاي ايالات متحده به مادران و زنان بادار توصيه مي‌كند كه در اين دوران كمتر از ماهي استفاده كنند و آنها را از خوردن ۴ گونه كوسه ماهي[2]، شمشير ماهي[3]، ماهي تن[4] و تايل فيش[5] منع كرده است(Burger *et al*., 2007,A) بررسي‌ها نشان

[1] Gastrointestinal tract
[2] Shark
[3] Swordfish
[4] Mackerel king
[5] Tile fish

مي‌دهد که غالب اثرات مزمن جیوه در مناطقي که مصرف بالاي ماهي با میزان جیوه‌ي پایین دارند، مشاهده مي‌شود (Gochfeld, 2003).

شواهدي مبني بر سرطان‌زائي ترکیبات معدني جیوه وجود ندارد. در مورد ارتباط متیل جیوه با سرطان در انسان، اطلاعات کافي موجود نیست و تنها شواهد محدودي در حیوانات وجود دارد. بطورکلي متیل جیوه یک ماده جهش زا[1] نمي‌باشد، این ماده مي‌تواند در کرومزوم صدمه ایجاد نماید اما قادر به تغییرات توارث در DNA نیست. سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا متیل جیوه را به عنوان یک نگراني بزرگ جهت ایجاد موتاسیون در سلول‌هاي انساني و واز نظر سرطانزایي در گروه C قرار داده است (Goldblum *et al*., 2006; Human Health of Canada, 2007; USEPA, 1997).

سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا به منظور تعیین سطوح ایمن تماس انسان با جیوه، دوز مرجع ۰/۰۰۰۱ میلي گرم بر کیلوگرم (۱/ ۰میکروگرم بر کیلوگرم) در روز را براي متیل جیوه پیشنهاد کرد که این میزان یک محدوده‌ي تماس روزانه با جیوه است (افراد حساس را نیز دربر مي‌گیرد)، بدون اینکه احتمالاً اثر مضر محسوسي بر آنها در طول عمرشان بوجود آورد. بنابراین وقتي از دیدگاه غیر سرطانزایي به جیوه نگریسته شود، از این میزان دوز مرجع براي محاسبات مربوط به ارزیابي خطر مصرف ماهي استفاده مي‌شود (Goldblum *et al*., 2006).

از طرفي دیگر سازمان بهداشت جهاني، نشست مشترک سازمان خواروبار و سازمان بهداشت جهاني، آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا با در نظر گرفتن میانگین وزن ۷۰ کیلوگرم براي یک انسان بزرگسال[2]، میزان جیوه‌ي کلي که مي‌تواند جذب بدن انسان شود، بدون اینکه هیچگونه اثر منفي در طي دوره‌ي زندگي براي فرد ایجاد کند، را بترتیب ۵۰، ۱۶ و ۱۰/۵ میکروگرم در روز و ۳۰۰، ۱۱۲ و ۷۳/۵ میکروگرم در هفته در نظر گرفتند (Goldblum *et al*., Kojadinovic *et al*., 2006; 2006). بر اساس محاسبات صورت گرفته، میزان جیوه‌اي که در طول روز و هفته جذب بدن مصرف‌کننده‌گان ماهي سفید در استان مازندران مي‌شود (جدول ۳)، در مقایسه با هر سه سطح استاندارد جذب روزانه‌ي قابل تحمل تعیین شده بوسیله‌ي سازمان‌هاي مذکور، کمتر است.

در این راستا در مطالعه‌اي که توسط Kojadinovic و همکاران (۲۰۰۶) به بررسي میزان جیوه و ارزیابي خطر آن در ماهیان پلاژیک از جمله شمشیرماهي[3] در ۵ منطقه از سواحل غربي اقیانوس هند از جمله مزامبیک ، ماداگاسکار، فرانسه (جزیره رئونیون[4] و نواحي ساحلي آن)، کوموروس[5] و مائویتوس[6] پرداخته شد، مشخص شد که بالاترین میزان جیوه (۱/۲۴ میکروگرم بر گرم وزن تر) در شمشیرماهیان مشاهده شد که بالاتر از حد مجاز اعلام شده توسط FDA (۱ میکروگرم بر گرم وزن تر) بودند. همچنین تخمین میزان جیوه‌اي که بطور روزانه جذب بدن مصرف‌کننده‌گان مناطق مذکور مي‌شد، نشان داد که با توجه به میزان جیوه‌ي موجود در عضله‌ي ماهیان و همچنین میانگین مصرف ساکنین مناطق مورد مطالعه، میزان جذب روزانه‌ي قابل تحمل جیوه (PTDI) در سه منطقه‌ي کوموروس، مائوریتوس و جزیره رئونیون، بالاتر از حد استاندارد سازمان بهداشت جهاني و در موزامبیک و ماداگاسکار بالاتر از حد استاندارد آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا بود. بدین منظور حداکثر مجاز مصرف شمشیرماهي بصورت هفتگي تعیین شد و مصرف آن به یک وعده (۲۳۰ گرم) در هفته سفارش شد (Kojadinovic *et al*., 2006).

از طرفي دیگر در مطالعه‌اي که توسط Castilhos و همکاران (۲۰۰۶) به منظور ارزیابي خطر جیوه از مصرف ماهیان در دو منطقه‌اي تاتلو[7] و گالانگان[8] که در نزدیکي معدن طلا وجود داشتند، صورت گرفت، نشان داده شد

[1] Genotoxic
[2] Adult
[3] Swordfish (*Xiphias gladius*)
[4] Reunion
[5] Comoros
[6] Mauritius
[7] Tatelu
[8] Galangan

که شاخص HQ در کليه‌ي ايستگاه‌هاي مورد مطالعه در هر دو منطقه بيشتر از حد مجاز (۱) بودند به استثناي يک ايستگاه در منطقه‌ي گالانگان که حدود ۰/۹ بود (بعلت فاصله داشتن از معدن)؛ که نشاندهنده‌ي آلودگي بالاي مناطق مذکور بعلت کاربرد جيوه در استخراج طلا است. لذا در مورد مصرف ماهيان اين منطقه هشدار جدي داده شد (Castilhos *et al.*, 2006) . ميزان اثرات مضري که با مصرف ماهياني که HQ آنها بالاي ۱ است، به ميزان مصرف ماهي، غلظت و نوع جيوه در ماهي، شرايط فيزيکي و سن مصرف کننده و... بستگي دارد (Ruels-Inzuna *et al*, 2008).

همچنين در مطالعه‌اي که توسط Türkmen و همکاران (۲۰۰۹) به منظور ارزيابي خطر مصرف ماهي در درياي آگين[1] و مديترانه[2] در ترکيه صورت گرفت، جذب روزانه و هفتگي ۹ فلز سنگين (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb و Zn) که از مصرف ۵ گونه‌ي ماهي تجاري براي افراد بزرگسال با وزن ۷۰ کيلوگرم و ميانگين مصرف سرانه‌ي ۲۰ گرم در روز و ۱۴۰ گرم در هفته اندازه‌گيري شد و نتايج حاصل با ميزان جذب روزانه و هفتگي قابل تحمل فلزات مربوطه (PTDI و PTWI) پيشنهادي از سوي سازمان بهداشت جهاني و سازمان خوارو بار و کشاورزي مقايسه شد. نتايج نشان داد که مصرف گونه-هاي مورد مطالعه هيچ خطري براي سلامتي مصرف کننده‌گان ندارد (Turkmen *et al*, 2009).

جمع‌بندي

نتايج مطالعه‌ي حاضر نشان داد که ميزان جيوه در عضله-ي کليه‌ي ماهيان مورد مطالعه کمتر از حد استاندارد بين‌المللي است و همچنين ميزان HQ کمتر از ۱ بود؛ لذا مصرف ماهيان مذکور خطر (حاد) براي سلامتي مصرف کننده‌گان در پي نخواهد نداشت. اما بعلت خاصيت تجمع پذيري متيل جيوه در بدن، مصرف تعداد وعده‌هاي ياد شده، بويژه در خصوص زنان باردار و کودکان بايد پاره‌اي از ملاحظات را رعايت نمود. با توجه به محاسبات صورت گرفته در خصوص حد مجاز مصرف ماهيان مورد مطالعه با توجه به غلظت جيوه، مصرف ماهي سفيد به ۲ تا ۴ وعده در هفته توصيه مي‌شود. لازم به ذکر است ارزيابي ريسك ناشي از حضور ساير عناصر سنگين و همچنين آلاينده‌هاي آلي در ماهي سفيد مي‌تواند در تعيين حد مجاز مصرف اين گونه مورد استفاده قرار گيرد.

[1] Aegen Sea
[2] Mediterranean Sea

References

- 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.
- Agusa, T., T. Kunito, H. Iwata, I. Monirith, T. S. Tana, A. Subramanian and Sh. Tanabe. 2005. Mercury contamination in human hair and fish from Cambodia: levels, specific accumulation and risk assessment. *Environmental Pollution*, 134: 79–86.
- Anan, Y., Kunito, T., Tanabe, S., Mitrofanov I. and Aubrey, D., 2005, "Trace element accumulation in fishes collected from coastal waters of the Caspian Sea". *Marine Pollution Bulletin,* 51: 882–888.
- Bureau of Nutritional Sciences of Canada. 2007. *Human Health Risk Assessment of Mercury in Fish and Health Benefits of Fish Consumption.*
http://hc-sc.gc.ca/fn-an/pubs/mercur/merc_fish_poisson_e.html
- Burger, J., M. Gochfeld, C. Jeitner, S. Burke, T. Stamm, S. Snigaroff, D. Snigaroff, R. Patrick and J. Weston. 2007. Mercury levels and potential risk from subsistence foods from the Aleutians. *Science of the Total Environment,* 384: 93–105. A
- Burger, J. and M. Gochfeld. 2007. Risk to consumers from mercury in Pacific cod (Gadus macrocephalus) from the Aleutians: Fish age and size effects*. Environment research*. 105: 276–284. B
- Castilhos, Z. C., S. Rodrigues. Filho, A. P. C. Rodrigues, R. C. Villas-Bôas, S. Siegel, Marcello M. Veiga and C. Beinhoff. 2006. Mercury contamination in fish from gold mining areas in Indonesia and human health risk assessment. *Science of the Total Environment*, 368: 320–325.
- Clarkson, T.W., 1990. Human health risks from methyl mercury in fish. *Environmental Toxicology and Chemistry,* 9: 957–961.
- De Mora, S., M. R. Sheikholeslami, E. Wyse., S. Azemard and R. Cassi. 2004. An assessment of metal contamination in coastal sediment of the Caspian Sea. *Mar. Pollut. Bull.* 48: 61-77.
- Dietz, R., F. Riget, M. Cleeman, A. Aarkrog, P. Johansen and J.C. Hansen. 2000. Comparison of contaminants from different trophic levels and ecosystems. The Science of the Total Environment 245: 221–231.
- Esmaeili-Sari, A., 2008. Mercury in the Environment. Nashr-e Novin Press, Tehran.
- FAO (Food and Agriculture Organizations of United Nations) .2009. The state of world fisheries and aquaculture, Rome, Italy.
- FAO (Food and Agriculture Organizations of United Nations) .2009. *The state of world fisheries and aquaculture*, Rome, Italy.
- Fisheries Statistical Yearbook. 2009. Department of Fisheries of Iran. 187 pp.
- Froghi, R., Esmaeili-Sari, A., Ghasempouri, S.M., 2007. Comparison of length and weight correlated with the density of mercury in various organs of Kutum: A case study on central coast of South Caspian Sea. Iranian Fisheries Scientific Journal, 4, 97-102.
- Gochfeld, M., 2003. Cases of mercury exposure, bioavailability and absorption, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 56: 174-179.
- Goldblum, D. K., A. Rak, M. D. Ponnapalli and C. J. Clayton. 2006. The Fort Totten mercury pollution risk assessment: A case history. *Journal of Hazardous Materials.*136: 406–417.
- Kojadinovic, J., M. Potier, M. L. Corre, R. P. Cosson and P. Bustamante. 2006. Mercury content in commercial pelagic fish and its risk assessment in the Western Indian Ocean. *Science of the Total Environment.* 366: 688–700.
- 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.
- Houserova, P., V. Kuban, P. Spurny and P. Habarta. 2006. Determination of total mercury and mercury species in fish and aquatic ecosystems of Moravian rivers. *Veterinarni Medicina,* 51, (3): 101–110.
- Porcella, D. 1994. Mercury in the environment: biogeochemistry. In: Watras, C.J., Huckabee, J.W. (Eds.), Mercury Pollution: Integration and Synthesis. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 3–19.
- Pourang, N., S. Tanabe, Rezvani S. and Dennis, J. H., 2005, "Trace elements accumulation in edible tissues of five sturgeon species from the Caspian Sea". *Environ. Moni. Asse*. 100: 89–108.
- Ruelas-Inzunza, J., G. Meza-Lópeza and F. Páez-Osuna. 2008. Mercury in fish that are of dietary importance from the coasts of Sinaloa (SE Gulf of California). *Journal of Food Composition and Analysis* 21: 211–218.

- Sabaghe Kashani, A. 2001. Determination of some heavy metals in muscle, liver, gill and ovary golden gray mullet (Liza aurata) on the southern coast of Caspian Sea. M.Sc thesis in marine fish biology. University of Tarbiat Modares.
- Türkmen, M., Türkmen, A., Tepe, Y., Töre Y. and Ates. A., 2009, "Determination of metals in fish species from Aegean and Mediterranean Seas". *Food Chemistry*, 113: 233–237.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA), 1997. Mercury Study Report to Congress, EPA-452/R-97-003, Office of Air Quality Planning and Standards and Office of Research and Development.
- United States Environmental Protection Agency. 2000. Guidance for Assessing Chemical Contaminant Data for Use in Fish Advisories. Volume 2. Risk Assessment and Fish Consumption Limits; 3rd ed. Washington. Publication No. EPA 823-B-00-008.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA), 1998. Solid Waste (SW) Methods (Method SW-1311).
- Shi, J. B., L. N. Liang, G. B. Jiang and X. L. Jin. 2005. The speciation and bioavailability of mercury in sediments of Haihe River, China. *Environment International,* 31: 357– 365.
- Wagemann, R., Trebacz, E., Hunt, R. and Boila, G., 1997, "Percent methylmercury and organic mercury in tissues of marine mammals and fish using different experimental and calculation methods". *Environ Toxicol Chem*, 16(9): 1859–66.
- Wałkuska, G., Chałabis-Mazurek A. and Szkoda, J., 2010, "Mercury content in the trophic chain of the Tanew River, Poland, ecosystem". *Journal of Toxicology and Environmental Health*, Part A, 73: 1180–1185.
- World health organization (WHO), 1990. *Methylmercury in environmental health criteria* 101. Genivea.
- Yamaguchi, M., A. Yasutake, M. Nagano and Y. Yasuda. 2004. Accumulation and distribution of methylmercury in freshwater and seawater-adapted Eels. ***Bull. Environ. Contamin. Toxical.*** 73: 257-263.
- Yazdaninasab, L. 2005. Assessment of mercury contamination in fish tissue golden gray mullet (Liza aurata) in the western coastal of Mazandaran province. M.Sc thesis in marine fish biology. University of Tarbiat Modares.

Risk assessment of mercury due to consumption of kutum of the Caspian Sea (*Rutilus frisii kutum*) in Mazandaran Province

S.M. Hosseini[1], N. Mirghaffari [*2], N. Mahboobi Soofiani [2] and S.V. Hosseini [3]
[1], Department of Natural Resources., Isfahan University of Technology, Isfahan, I.R. Iran
[2] Department of Natural Resources., Isfahan University of Technology, Isfahan, I.R.Iran
[3] Faculty of Natural Resources., University of Teheran, Teheran, I.R. Iran
(Received: 25/12/2010 , Accepted:30/08/2011)

Abstract
Mercury is one of the most toxic heavy metal which can enter the human body mainly through consumption of seafood contaminated with mercury. In this study, the human health risk due to consumption of kutum (*Rutilus frisii kutum*), in the Caspian Sea, were evaluated by measuring the concentration of mercury in muscle samples using Atomic absorbtion spectrophotometer (Perkin Elmer FIAS-100) and cold vapor technique. A total of 60 fresh kutum were collected by local fisherman from 12 stations on the southern coast of Caspian Sea in Mazandaran province. The average concentration of mercury in kutum muscle was 0.112 µg/g of fresh weight (0.382 µg/g dry weight) which was less than the allowable amount for human consumption determined by the international organizations such as USEPA, WHO, FAO and the FDA. HQ Index was below 1 (0.48). Also, the calculations indicated that daily and weekly mercury uptake for Iranian consumers, according to FAO (the amount consumed per capita) is lower than the guide values (PTWI and PTDI) provided by WHO, USEPA and JECFA. Therefore, the consumption of the kutum is not a serious threat to the consumer's health and a consumption permitted rate of 62 g is recommended.

Keywords: Allowable fish consumption, Mercury, Kutum (*Rutilus frisii kutum*), Risk assessment

*Corresponding author: Tel:+983113913574 ,Fax: +983113912840 , E-mail: mnorolah@cc.iut.ac.ir