نشریه شیلات، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۲
ص ۲۸۷-۲۹۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۷/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۹/۲۳

تعیین حد مجاز مصرف کنسرو ماهی گیدر (*Thunnus albacares*) از نظر میزان جیوه

❖ **عباس قیطاسی:** کارشناسی، گروه شیلات، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
❖ **سیدولی حسینی*:** استادیارگروه شیلات، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
❖ **زهره احمدی کردستانی:** کارشناسی ارشد،گروه محیط زیست، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
❖ **سیدمصطفی عقیلی‌نژاد:** کارشناسی ارشد، مدیریت امور ماهیان خاویاری استان گلستان، گرگان، ایران
❖ **فرزانه شوقعلی نیری:** کارشناسی ارشد، گروه شیلات، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

چکیده

امروزه، ماهی یکی از مهم‌ترین منابع برای فراهم‌کردن نیازهای غذایی و حمایت از سلامت انسان در سرتاسر جهان است. در عین حال، مصرف غذاهای دریایی به‌منزلهٔ مسیری مهم در مواجههٔ انسان با انواع آلاینده‌های شیمیایی، از جمله فلزات سنگینی نظیر جیوه، گزارش شده است. بنابراین، در این مطالعه ریسک ناشی از مصرف کنسرو ماهی گیدر برای انسان ارزیابی می‌شود. بدین منظور، میزان جیوهٔ کل موجود در ۳۰ عدد کنسرو ماهی گیدر (*Thunnus albacares*)، محصول شرکت فامیلا، اندازه‌گیری سپس، با استانداردهای جهانی مقایسه شد و حد مجاز مصرف هفتگی با توجه به حد مجاز ارائه‌شدهٔ سازمان بهداشت جهانی اعلام شد. نمونه‌ها مطابق دستورالعمل مرجع (AOAC,۱۹۹۵) و از طریق دستگاه ICP-OES آنالیز شدند. نتیجه نشان داد که میانگین غلظت جیوه در کنسرو ماهی گیدر ۰/۱۲۶ میکروگرم در گرم وزن تر بود که این میزان پایین‌تر از حد استاندارد تعیین‌شده از سوی سازمان‌های معتبر جهانی مانند WHO، FAO، USEPA، FDA، EC و MAFF برای جیوه در ماهیان است. شاخص خطر (HQ) کمتر از ۱ بود (۰/۵۴) بنابراین، مصرف این محصول خطری جدی (اثر حاد) برای سلامتی مصرف‌کنندگان از نظر میزان جیوه نخواهد داشت. برای حفظ سلامتی در طولانی‌مدت و جلوگیری از تأثیرات مزمن ناشی از مصرف کنسرو ماهی گیدر از نظر میزان جیوه، میزان مجاز مصرف آن ۵۶ گرم در روز توصیه می‌شود. همچنین، اگر هر وعدهٔ مصرف ماهی ۲۳۰ گرم (بر اساس وزن خام) محسوب شود، بر اساس استانداردهای JECFA و USEPA که حداقل میزان مجاز ورود جیوه را به بدن انسان در نظر می‌گیرند، به ترتیب خوردن ۳ و ۲ وعده کنسرو ماهی گیدر در هفته مجاز است.

واژگان کلیدی: آلودگی، ایمنی غذایی، جیوه، کنسرو ماهی، ماهی گیدر (*Thunnus albacares*).

* نویسندهٔ مسئول تلفن: ۰۲۶-۳۲۲۲۳۰۴۰ فکس: ۰۲۶-۳۲۲۲۹۷۳۱
Email: hosseinisv@ut.ac.ir

۱.مقدمه

در حال حاضر محصولات دریایی نقش درخور توجهی در تأمین غذای مردم جهان دارند که با شناسایی مطلوبیت و برتری غذایی این فرآورده‌ها نسبت به دیگر مواد پروتئینی روزبه‌روز بر مصرف آنها افزوده می‌شود (FAO, 2009). ماهی یک منبع مهم پروتئین با کلسترول پایین، مواد معدنی، ویتامین‌های محلول در چربی، چربی‌های با ارزش زیستی بالا، و اسیدهای چرب غیر اشباع چندتایی (PUFAs)[1] به ویژه امگا ۳ مانند دوکوزا هگزانوییک و ایکوزا پنتانوئیک است (Storelli, 2008; Mortazavi & Sharifian, 2011) و به‌منزلهٔ حامی سلامتی برای انسان‌ها شناخته شده و به طور گسترده در بسیاری از نقاط جهان مصرف می‌شود (Mortazavi & Sharifian, 2011). تحقیقات پزشکی نشان داده‌اند که مصرف غذاهای دریایی خطر بیماری قلبی- عروقی و عروق کرونر قلب، فشار خون، و سرطان را کاهش می‌دهد و از بی‌نظمی‌های قلبی ویژه جلوگیری می‌کند (Storelli, 2008).

بنابراین، با وجود منفعت‌هایی که با مصرف غذاهای دریایی حصول می‌شود، امروزه به سبب حضور آلاینده‌ها از جمله فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی مصرف آن با مخاطراتی همراه است (Carvalho *et al*., 2005; Storelli, 2008)، زیرا آبزیان می‌توانند دارای سطوح برخی از فلزات باشند (Carvalho *et al*., 2005). در این بین جیوه یکی از سمی‌ترین و خطرناک‌ترین فلزات سنگین است که در مقادیر بسیار کم در هوا، آب، و همهٔ موجودات زنده یافت می‌شود (Mortazavi & Sharifian, 2011) و در طبیعت به اشکال متفاوت آلی و معدنی دیده می‌شود (Mortazavi & Sharifian, 2011).

بررسی‌ها نشان می‌دهد که غالب تأثیرات مزمن جیوه در مناطقی مشاهده می‌شود که مصرف بالای ماهی با میزان جیوهٔ پایین دارند. در واقع، طبق گزارش‌های سازمان بهداشت جهانی، هر سطح و مقداری از جیوه می‌تواند مضر باشد و هیچ سطح ویژه‌ای را برای تأثیر جیوه در سلامتی نمی‌توان مشخص کرد (WHO, 1990). بنابراین، هر چند مصرف ماهی با جیوهٔ کمتر از حد استاندارد تعیین‌شده طی زمان کوتاه مخاطراتی از لحاظ سلامتی برای مصرف‌کننده به دنبال نخواهد داشت، اما دربارهٔ میزان مصرف آنها باید پاره‌ای از ملاحظات را رعایت کرد. اهمیت این موضوع برای زنان باردار و کودکان بیشتر است، زیرا جنین، نوزادان شیرخوار، و کودکان زیر ۱۰ سال به سمی‌بودن جیوه حساس‌ترند. بدین منظور، تعیین میزان مجاز مصرف ماهیان مذکور به صورت روزانه یا هفتگی ضروری است (Kojadinovic, *et al.,* 2006).

اگرچه غذا یکی از روش‌های بسیار مهم و عمده در جذب آلودگی در انسان است، اما از آنجا که برخلاف هوا یا آب در جوامع مختلف یا حتی شهرها یکسان نیست (به علت سلیقهٔ متفاوت افراد) بنابراین، میزان جذب آن تابعی از نحوهٔ تغذیه است. از آنجا که فرهنگ غذایی در ایران از نظر وسعت بسیار گسترده و از نظر عادات غذایی بسیار متفاوت است، طبیعی است ارائهٔ الگویی مشخص برای میزان استاندارد در مواد غذایی امکان‌پذیر نیست و اصولاً نمی‌تواند از اعتبار لازم برخوردار باشد. به همین علت، در اغلب

1. Poly uunsaturated fatty acids

کشورهای جهان تفاوت‌هایی در تعیین میزان استاندارد آلاینده‌ها در مواد غذایی وجود دارد که عمدتاً ناشی از عادات غذایی 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؛ به همین علت، دربارهٔ فرآورده‌های دریایی نیز نمی‌توان الگویی 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 شود (Hosseini *et al.*, 2010).

به طور معمول عضلهٔ ماهی از مهم‌ترین بافت‌های ماهی است که جیوه آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد و به علت اینکه این بخش خوراکی است سلامت انسان را به خطر می‌اندازد. افزایش میزان جیوه در عضله می‌تواند در سلامت مصرف‌کننده تأثیر منفی داشته باشد (Khoshnamvand *et al.,* 2010). یکی از اولین مثال‌های عمده در این زمینه فاجعهٔ میناماتا در خلیج disaster در ژاپن است که به مرگ بیش از هزار نفر و برجای‌گذاشتن بیش از ۲۰۰۰ بیمار جدی از غذای دریایی آلوده منجر شد (Harada, 1995; Mortazavi & Sharifian, 2011). جیوه می‌تواند سبب اختلال در عملکرد طبیعی سیستم تنفسی، سیستم عصبی، گردش خون، تولیدمثل، و اختلالات بافتی در موجودات زنده شود (Canli & Atli, 2003). دریافت جیوهٔ بیش از حد ممکن است باعث آسیب دائمی به سیستم اعصاب مرکزی می‌شود (Harada *et al.*, 1998)، مانند اختلالات رفتاری و نقص در سیستم ایمنی و رشد (Harada *et al.,* 1998).

ماهی گیدر (*Thunnus albacares*) یا تون زردباله با نام انگلیسی Yellowfin tuna از خانوادهٔ تون‌ماهیان (Scombridae) است و در حال حاضر جمعیت ماهی گیدر دریای عمان از نظر کمّی بالاترین میزان صید را در پهنهٔ آب‌های جنوبی کشور به خود اختصاص داده است (Darvishi *et al.*, 2004). همچنین، قسمت عمدهٔ سرمایه‌گذاری در بخش صید صنعتی و سنتی را به خود اختصاص داده و ارزش ویژهٔ اقتصادی آن در صنعت کنسروسازی درخور توجه است (Bandani *et al.,* 2006). نظر به ارزش غذایی، اهمیت اقتصادی، و درصد بالای صید آنها نسبت به سایر گونه‌های آبزی خوراکی دریای عمان، بررسی میزان جیوه به منظور ارزیابی ریسک ناشی از مصرف این ماهیان ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین، هدف از پژوهش حاضر اندازه‌گیری میزان جیوهٔ کل در کنسرو حاصل از این گونه و مقایسهٔ آن با استانداردهای جهانی و تعیین حد مجاز مصرف هفتگی آن با توجه به حد مجاز ارائه‌شدهٔ سازمان بهداشت جهانی است.

در زمینهٔ ارزیابی ریسک جذب جیوهٔ ناشی از مصرف غذاهای دریایی در سال ۲۰۰۶، Chen و Chen به بررسی سطح جیوه در ۲۵ گونه غذای دریایی رایج مصرفی در تایوان پرداختند که یکی از این گونه‌ها تون‌ماهیان (*Thunnus* spp.) بودند. در سال ۲۰۱۱، Ruelas-Inzunza و همکاران به بررسی مقدار جیوهٔ کل در کنسرو ماهی گیدر که در شمال غربی مکزیک به بازار عرضه شده بود پرداختند. در سال ۲۰۱۱، Ordiano-Flores و همکاران به پژوهش در مورد تجمع زیستی جیوه در بافت عضلهٔ ماهی تون زردباله (*Thunnus albacares*) در سایت‌های

مختلف جغرافیایی در شرق اقیانوس آرام پرداختند. در سال ۲۰۰۳، Emami-Khansari و همکاران به بررسی میزان فلزات سنگین در کنسرو ماهی تون پرداختند و در سال ۲۰۱۰، Velayatzadeh و همکاران به تعیین میزان فلزات سنگین سمی در کنسرو ماهی تون شهرهای اصفهان، شوشتر، و چابهار پرداختند.

۲. مواد و روش‌ها

از آنجا که مهم‌ترین و عمده‌ترین مسیر ورود جیوه به بدن انسان مصرف ماهیان آلوده به جیوه است (Goldblum *et al.,* 2006)، بنابراین در گام اول (ارزیابی تماس[1] و غلظت تماس[2]) اقدام به تهیهٔ کنسرو ماهی گیدر، نمونه‌برداری از آن و تعیین میزان جیوه شد و میانگین غلظت جیوه در بافت ماهیان به‌منزلهٔ غلظت تماس انتخاب شد.

در این پژوهش ۳۰ عدد کنسرو ماهی گیدر، محصول شرکت فامیلا (Famila)، به صورت تصادفی از سوپرمارکت‌های کرج خریداری شد. سپس، مقدار ۴ تا ۵ گرم گوشت از هر قوطی برداشته شد. بعد از آن وزن هر کدام به‌دقت محاسبه و درون بطری‌های پلاستیکی گذاشته شد و به هر کدام در حدود ۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ اضافه شد. بعد از آن درب بطری‌ها به‌خوبی بسته شد و برای هضم سریع‌تر، نمونه‌ها به مدت ۱ ساعت داخل آون در دمای ۱۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد قرار گرفتند. پس از خروج نمونه‌ها از آون، محلول‌ها روی هیتر گذاشته شدند و تا رسیدن حجم هر کدام به حدود ۱ میلی‌لیتر حرارت داده شدند. بعد از آن محلول با اضافه‌کردن تقریباً ۲۵ میلی‌لیتر آب دیونایز ۱٪ اسید نیتریک به حجم رسانیده شد (مطابق دستورالعمل مرجع AOAC, 1995). در پایان برای اندازه‌گیری میزان جیوهٔ هر یک از نمونه‌ها از تکنیک بخار سرد[3] و دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی[4] (Perkin Elmer, USA) ICP-OES استفاده شد. شایان ذکر است که هم‌زمان با نمونه‌های اصلی، چهار نمونهٔ شاهد یا کنترل[5] (به منظور ارزیابی خطا) و دو نمونه هموژن برای ریکاوری[6] آماده شد. همچنین، همهٔ وسایل و ظروف ۴۸ ساعت قبل از انجام آزمایش‌ها در حمام اسیدی اسید نیتریک غلیظ (۱۰٪) قرار گرفتند و پیش از شروع کار به‌خوبی با آب مقطر شست‌وشو داده شدند.

در گام دوم (ارزیابی سمیت جیوه) با درنظرگرفتن میزان جیوهٔ کل اندازه‌گیری‌شده، به‌منزلهٔ متیل جیوه، جیوه ماده‌ای غیر سرطان‌زا در نظر گرفته شد. در مرحلهٔ آخر (توصیف ریسک) با توجه به میزان جیوهٔ اندازه‌گیری‌شده، همچنین درنظرگرفتن سمیت جیوه، میزان مجاز مصرف ماهی بررسی و شاخص خطر (HQ)[7] محاسبه شد (Kojadinovic *et al.*, 2006; Goldblum *et al*., 2006).

۱.۲. بررسی شاخص خطر

با به‌دست‌آوردن شاخص خطر می‌توان میزان خطر بالقوهٔ ناشی از مصرف هر یک از گونه‌های تحت

1. Exposure assessment
2. Exposure concentration

3 . Cold vapor
4 . Inductively coupled plasma-optical emission spectrometry
5 . Blank
6 . Recovery
7 . Hazard quotient

مطالعه را برای انسان بررسی کرد. این شاخص عبارت است از نسبت تماس یک آلاینده[1] (دوز جذب روزانهٔ آلاینده) به دوز مرجع آن، که از طریق رابطهٔ ۱ محاسبه شد:

معادله(۱) $HQ = \{(MTC \times CR) / BW\} / RFD$

HQ: نسبت خطر (بدون واحد)

MTCC[2]: میانگین غلظت عنصر اندازه‌گیری‌شده در بافت هر گونه (میکروگرم بر گرم یا میلی‌گرم بر کیلوگرم)

CR[3]: میانگین استاندارد مصرف روزانهٔ ماهی برای بزرگ‌سالان (۰/۰۳ کیلوگرم در روز (USEPA, 2000)

BW[4]: وزن بدن (۷۰ کیلوگرم برای یک فرد بالغ)

RFD[5]: دوز مرجع (میلی‌گرم در کیلوگرم)

شایان ذکر است که اگر نتیجهٔ این فرمول کمتر از ۱ باشد، نشان‌دهندهٔ آن است که مصرف ماهی اثر حاد مضری در سلامتی ندارد (Hosseini *et al.*, 2010; Kojadinovic *et al.*, 2006).

۲.۲. حد مجاز مصرف روزانهٔ آبزی

مقدار مجاز مصرف روزانهٔ هر یک از گونه‌های ذکرشده با توجه به میزان جیوهٔ اندازه‌گیری‌شده در بخش خوراکی آن (عضله) از طریق رابطهٔ ۲، که USEPA پیشنهاد کرده است محاسبه شد (USEPA, 2000):

معادله ۲ $CRlim = (RFD \times BW) / Cm$

CRlim[6]: حداکثر میزان مجاز مصرف در روز (گرم یا کیلوگرم در روز)

RFD: دوز مرجع یا مجموع مجاز جذب روزانهٔ آلاینده که برای متیل جیوه برابر ۴-۱۰ × ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز است (Esmaili-Sari, 2003)

BW: وزن بدن (۷۰ کیلوگرم برای یک فرد بالغ)

Cm[7]: غلظت عنصر در گونه (میکروگرم بر گرم یا میلی‌گرم بر کیلوگرم)

۳.۲. میزان جذب روزانه و هفتگی قابل قبول جیوه

به منظور ارزیابی خطر بالقوهٔ آبزیان آلوده به جیوه برای سلامتی انسان‌ها که مصرف‌کنندگان و پذیرندگان نهایی‌اند، میزان جیوه‌ای که به طور روزانه از طریق مصرف گونه‌های مورد بررسی در استان تهران جذب بدن می‌شود (تماس روزانهٔ انسان با جیوه) از طریق رابطهٔ ۳ محاسبه شد (Hosseini *et al.*, 2010; Kojadinovic *et al.*, 2006):

معادله ۳ $DI = Cm \times IR$

DI[8]: میزان جذب جیوه در بدن در روز از طریق مصرف آبزی (میکروگرم بر گرم)

Cm: میزان جیوه در آبزی (میکروگرم بر گرم)

IR[9]: میزان مصرف آبزی مورد نظر در منطقهٔ مورد مطالعه (تهران) (گرم در روز)

در نهایت از آمار توصیفی (دامنهٔ تغییرات، میانگین، میانه، و اشتباه معیار) در نرم‌افزار SPSS 15 و Excel برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد.

1 . Exposure level
2 . Mean tissue contaminant concentration
3 . Consumption rete (mean daily consumption)
4 . Body weight
5 . Reference dose
6 . Consumption rete limited (maximum allowable fish consumption: gr or kg/day) mmeasured concentration
7 . Measured concentration
8 . Daily intake (ddietary mercury exposure)
9 . Ingestion rate

۳. نتایج

نتایج غلظت جیوهٔ کل در بافت عضلهٔ ماهی گیدر کنسروشده در جدول ۱ آمده است. همچنین، نتایج ارزیابی ریسک مصرف کنسرو ماهی گیدر در جدول ۲ بیان شده است.

جدول ۱. نتایج غلظت جیوهٔ کل در بافت عضلهٔ کنسروشدهٔ ماهی گیدر (بر حسب میکروگرم در گرم وزن تر)

شاخص	جیوهٔ موجود در بافت عضلهٔ کنسروشده
حداقل	۰/۰۱۸
حداکثر	۰/۳۰۸
دامنهٔ تغییرات	۰/۲۹۰
میانگین هندسی ± انحراف معیار	۰/۱۲۶ ±۰/۰۷۶
میانه	۰/۱۴۲
مد	۰/۱۹۲

جدول ۲. نتایج ارزیابی ریسک مصرف کنسرو ماهی گیدر

CR (گرم در روز)	تعداد وعده‌های مجاز مصرف* در هفته (هر وعده ۲۳۰ گرم)	تعداد وعده‌های مجاز مصرف**در هفته (هر وعده ۲۳۰ گرم)	DI براساس نرخ مصرف اعلام شده (میکروگرم)	HQ
۵۶	۳	۲	۳/۱۷۶	۰/۵۴

* بر اساس استاندارد((JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) (۱۶ میکروگرم در گرم وزن تر در روز)

** بر اساس استاندارد USEPA (۱۰/۵ میکروگرم در گرم وزن تر در روز)

۴. بحث

به علت افزایش نگرانی‌های مرتبط با تأثیرات جیوه در هنگام توسعهٔ سیستم عصبی در جنین و نوزادان در حال رشد، غلظت‌های مجاز این عنصر مرتباً در حال کاهش است (Hosseini *et al.*, 2010).

حد مجاز جیوه در بافت ماهیان در کشورها و سازمان‌های مختلف بسیار متفاوت است. استانداردهای مربوط به سازمان بهداشت جهانی (WHO)[1] و سازمان خواروبار و کشاورزی (FAO)[2]، آژانس حفاظت محیط زیست امریکا (USEPA)[3]، وزارت کشاورزی، ماهی‌گیری و غذای انگلستان (MAFF)[4]، سازمان دارو و غذای امریکا (FDA)، و کمیسیون اروپا (EC) در جدول ۳ آمده است.

1 . World Health Organization
2 . Food and Agricultural Organization
3 . Environmental Protection Agency
4 . European Commission

جدول ۳. مقایسهٔ میانگین غلظت جیوهٔ موجود در کنسرو ماهی گیدر با حداکثر میزان مجاز استانداردهای مختلف جهانی جیوه بر حسب میکروگرم در گرم وزن تر

استانداردها	حداکثر غلظت مجاز جیوهٔ تجمع‌یافته در بافت ماهی	منبع
WHO	۰/۵	WHO (1990)
FAO	۰/۵	FAO (2009)
MAFF	۰/۳	MAFF (2000)
FDA	۱/۰	FAO (2009)
USEPA	۰/۳	USEPA (2000)
EC*	۰/۳*	Storelli et al., 2005
گیدر	۰/۱۲۶	مطالعهٔ حاضر

* کمیسیون اروپا برای قسمت‌های خوراکی آن دسته از ماهیانی که به دلایل فیزیولوژیکی مقادیر بالایی از جیوه را در خود ذخیره می‌کنند مثل تون ماهیان و ماهیان شکارچی، مقدار حداکثر مجاز را ۰/۵ تا ۱ میکروگرم بر گرم وزن تر تعیین کرده است.

نتایج مقایسهٔ جیوهٔ موجود در ۳۰ نمونهٔ کنسرو ماهی گیدر تولید شرکت فامیلا با استانداردهای ذکرشده در جدول ۳ نشان می‌دهد که به‌رغم آنکه این ماهی از خانوادهٔ تون‌ماهیان است و در رده‌های بالای زنجیرهٔ غذایی قرار دارد، اما میانگین میزان جیوه در این محصول پایین‌تر از استانداردهاست.

در ماهی‌ها ۸۵ درصد جیوهٔ کل را متیل جیوه تشکیل می‌دهد (Esmaili-Sari, 2003)، اما در بدن ماهیانی که نزدیک رأس زنجیره‌های غذایی قرار دارند (از جمله تون‌ماهیان) تقریباً همهٔ جیوهٔ تجمع‌یافته به شکل متیله است که عمدتاً در نتیجهٔ مصرف طعمهٔ آلوده به جیوه است (Khoshnamvand *et al.*, 2010)، اما به طور کل در بحث ارزیابی خطر میزان کل جیوه در ماهی، ۱۰۰ درصد متیل جیوه فرض می‌شود؛ یعنی جیوهٔ کل بررسی می‌شود، اما متیل جیوه در نظر گرفته می‌شود. ضمن اینکه از دیدگاه سلامت بشر، متیل جیوه نسبت به سایر اشکال شیمیایی جیوه از اهمیت بیشتری برخوردار است؛ همچنین، طبق بررسی‌های محققان، جیوه به‌منزلهٔ ماده‌ای غیر سرطان‌زا محسوب می‌شود و با توجه به این دو پارامتر محاسبات ارزیابی ریسک انجام می‌گیرد (Kojadinovic *et al.*, 2006; Goldblum *et al.*, 2006). شواهدی مبنی بر سرطان‌زایی ترکیبات معدنی جیوه وجود ندارد. سازمان حفاظت محیط زیست امریکا متیل جیوه را نگرانی‌ای بزرگ در ایجاد موتاسیون در سلول‌های انسانی تلقی کرده و از نظر سرطان‌زایی در گروه C قرار داده است (Goldblum *et al.*, 2006; Human Health of Canada, 2007).

در مورد دوز مرجع مورد استفاده در فرمول‌های مورد استفاده در بالا باید بیان کرد که، سازمان حفاظت محیط زیست امریکا به منظور تعیین سطوح ایمن تماس انسان با جیوه، دوز مرجع ۰/۰۰۰۱

میکروگرم بر کیلوگرم (۰/۱ میکروگرم بر کیلوگرم) در روز را برای متیل جیوه پیشنهاد کرده که این میزان یک محدودهٔ تماس روزانه با جیوه است (افراد حساس را نیز دربر می‌گیرد)، بدون اینکه احتمالاً اثر مضر محسوسی در آنها طی عمرشان بر جای می‌گذارد. بنابراین، وقتی از دیدگاه غیر سرطان‌زایی به جیوه نگریسته شود، از این میزان دوز مرجع برای محاسبات مربوط به ارزیابی خطر مصرف ماهی استفاده می‌شود (Goldblum *et al*., 2006). در پژوهش حاضر نیز متوسط میزان جیوه در نمونه‌ها ۰/۱۲۶ میکروگرم در گرم وزن تر است که کمتر از سطح ایمنی متیل جیوه در ماهیان است (سطح ایمنی متیل جیوه در ماهیان ۱ است) (Esmaili-Sari, 2003). از طرف دیگر، نتایج این پژوهش در راستای نتایج بررسی‌های Emami-Khansari, و همکاران (۲۰۰۳)، Velayatzadeh و همکاران (۲۰۱۰)، Chen و Chen (۲۰۰۶)، Ruelas-Inzunza و همکاران (۲۰۱۱)، و Ordiano-Flores و همکاران (۲۰۱۱) بود.

از آنجا که میزان HQ برای کنسرو ماهی گیدر کمتر از ۱ محاسبه شد، مصرف این محصول خطر حادی برای سلامتی مصرف‌کنندگان در پی نخواهد داشت، اما به علت خاصیت تجمع‌پذیری متیل جیوه در بدن مصرف مطلوب آن باید محاسبه شود. همان طور که بیان شد، میزان مصرف مطلوب برای کنسرو ماهی گیدر ۵۶ گرم در روز به دست آمد. بدیهی است که این میزان مصرف مطلوب برای افراد با وزن بیشتر و کمتر از ۷۰ کیلوگرم نیز به ترتیب بیشتر و کمتر می‌شود.

از طرف دیگر، سازمان بهداشت جهانی، نشست مشترک سازمان خواروبار و سازمان بهداشت جهانی، و آژانس حفاظت محیط زیست امریکا با درنظرگرفتن میانگین وزن ۷۰ کیلوگرم برای انسان بزرگ‌سال، میزان جیوهٔ کلی را که می‌تواند جذب بدن انسان شود، بدون اینکه هیچ‌گونه اثر منفی طی دورهٔ زندگی برای فرد ایجاد کند، به ترتیب ۵۰، ۱۶ و ۱۰/۵ میکروگرم در روز و ۳۰۰، ۱۱۲ و ۷۳/۵ میکروگرم در هفته در نظر گرفتند (Hosseini *et al.,* 2010; Goldblum *et al*., 2006; Kojadinovic *et al*., 2006). بر اساس محاسبات، میزان جیوه‌ای که طی روز و هفته جذب بدن مصرف‌کنندگان کنسرو ماهی گیدر می‌شود (جدول ۲)، در مقایسه با هر سه سطح استاندارد جذب روزانهٔ قابل تحمل تعیین‌شده به وسیلهٔ سازمان‌های مذکور، کمتر است. با توجه به جدول ۲ و بر اساس استانداردهای JECFA و USEPA به ترتیب خوردن ۳ و ۲ وعده کنسرو ماهی گیدر در هفته بلامانع است. شایان ذکر است ارزیابی ریسک ناشی از حضور سایر عناصر سنگین همچنین، آلاینده‌های آلی در این محصول می‌تواند در تعیین حد مجاز مصرف دقیق‌تر آن استفاده شود.

References

[1]. AOAC, 1995. Official methods of analysis, 16th ed. Arlington, VA, USA: Association of Official Analytical Chemists.

[2]. Bandani, Gh., Akrami, R., Moradiyan, F., 2006. Feeding habits of *Thunnus albacores* in chabahar coastal waters, southeast Iran. Iranian Scientifics Fisheries Journal, 15(1), 33-42. (*In Persian*).

[3]. Canli, M., Atli, G., 2003. The relationship between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. Journal of Environmental Pollution 12, 129-136.

[4]. Carvalho, M. L., Santiago, S., Nunes, M.L., 2005. Assessment of the essential element and heavy metal content of edible fish muscle. Analytical and Bioanalytical Chemistry 382, 426-443.

[5]. Chen, Y.C. Chen, M.H., 2006. Mercury levels of seafood commonly consumed in Taiwan. Journal of Food and Drug Analysis 14(4), 373-378.

[6]. Darvishi, M., Behzadi, S., Salarpur, A. 2004. Estimation of growth and mortality parameters Yellow fin tuna (*Thunnus albacares*) in Hormozgan province waters. Journal of Iran Marine Sciences 2, 29-37. (*In Persian*).

[7]. Emami-Khansari, F., Ghazi-khansari, M., Abdollahi, M., 2003. Heavy metal contamination in canned tuna fish. Journal of School of Public Health and Institute of Public Health Research 1(3), 1-8. (*In Persian*).

[8]. Esmaili-Sari, A. 2003. Pollution, health & environmental standards. Naghsh-e Mehr publication, Tehran, Iran. (*In Persian*).

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

[10]. Goldblum, D.K., Rak, A., Ponnapalli, M.D., Clayton, C.J. 2006. The fort totten mercury pollution risk assessment: A case history. Journal of Hazardous Materials 136, 406-417.

[11]. Harada, M., 1995. Minamata disease: methylmercury poisoning in Japan caused by environmental pollution. Critical Reviews in Toxicology 25, 1-24.

[12]. Harada, M., Nakanishi, J., Konuma, S., Ohno, K., Kimura, T., Yamaguchi, H., Tsuruta, K., Kizaki, T., Ookawara, T., Ohno, H., 1998. The present mercury contents of scalp hair and clinical symptoms inhabitants of the Minamata area. Environmental Research 77, 160-164.

[13]. Hosseini, S.M., Mirghaffari, N., Mahboobi-Soofiani, N., Hosseini, S.V., 2010. Assessment of the mercury contamination in the southern waters of the Caspian Sea (Mazandaran, Iran) using golden mullet (*liza auratus*) and kutum (*Rutilus frisii kutum*), as bio-indicator index. MSc Thesis. Industrial University of Isfahan, Faculty of Natural Resources. (*In Persian*).

[14]. Hosseini, S.M., Mirghaffari, N., Mahboobi Soofiani, N., Hosseini, S.V. 2011. Risk assessment of mercury due to consumption of kutum of the Caspian Sea (*Rutilus frisii kutum*) in Mazandaran province. Journal of Natural Environmental, Iranian Journal of Natural Resources 64(3), 243-257. (In Persian).

[15]. Khoshnamvand, M., Kaboodvandpour, Sh., Ghiasi, F., Bahramnejad, B., 2010. Comparison trends of accumulated total mercury in white and red muscle tissues of *Cyprinus carpio* and *Hypophthlmichthys molitrix* from Sanandaj Gheshlagh reservoir. MSc Thesis. University of Kurdistan, Faculty of Natural Resources. (*In Persian*).

[16]. Kojadinovic, J., Potier, M., Corre, M.L., Cosson, R.P., Bustamante, P. 2006. Mercury content in commercial pelagic fish and its risk assessment in the Western Indian Ocean. Science of the Total Environment 366, 688-700.

[17]. MAFF., 2000. Monitoring and surveillance of non-radioactive contaminants in the aquatic environment and activities regulating the disposal of wastes at sea, 1997. In: Aquatic Environment Monitoring Report No. 52. Center for Environment, Fisheries and Aquaculture Science, Lowestoft, UK.

[18]. Mortazavi, M.S., Sharifian, S., 2011. Mercury bioaccumulation in some commercially valuable marine organisms from Mosa Bay, Persian Gulf. International. Journal of Environmental Research 5(3), 757-762.

[19]. Ordiano-Flores, A., Galván-Magaña, F., Rosiles-Martínez, R., 2011. Bioaccumulation of mercury in muscle tissue of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) of the Eastern Pacific Ocean. Biological Trace Element Research 144, 606-620.

[20]. Ruelas-Inzunza, J., Patino-Mejia, C., Soto-Jiménez, M., Barba-Quintero, G., Spanopoulos-Hernandez, M., 2011. Total mercury in canned yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) marketed in northwest Mexico. Food and Chemical Toxicology 49, 3070-3073.

[21]. Storelli, M.M., Giacominelli-Stuffler R., Storelli A., Marcotrigiano G.O., 2005. Accumulation of mercury, cadmium, lead and arsenic in swordfish and Bluefin tuna from the Mediterranean Sea: A comparative study. Marine Pollution Bulletin 50, 993-1018.

[22]. Storelli, M.M., 2008. Potential human health risks from metals (Hg, Cd, and Pb) and polychlorinated biphenyls (PCBs) via seafood consumption: Estimation of target hazard quotients (THQs) and toxic equivalents (TEQs). Food and Chemical Toxicology 46, 2782-2788.

[23]. United States Environmental Protection Agency (USEPA). 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.

[24]. Usero, J., Izquierdo, C., Morillo, J., Gracia, I. 2003. Heavy metals in fish (*Solea vulgaris*, *Anguilla anguilla* and *Liza aurata*) from salt marshes on the southern Atlantic coast of Spain. Environment International 29, 949-956.

[25]. Velayatzadeh, M., Askari-sari, A., Beheshti, M., hoseyni, M., Mahjoob, S. 2010. Determination of toxic heavy metals in canned tuna in Isfahan, Shoshtar and Chabahar cities. Journal of sciences and food technology, 2(2), 17-23. (In Persian).

[26]. World health organization (WHO) (1990). Methylmercury in environmental health criteria 101. Genivea, Switzerland.