Food Hygiene, Vol. 12, No. 47, Autumn 2022

"Research article" **DOI: 10.30495/JFH.2023.1973710.1383**

Determination of dietary intake of mercury and arsenic in the adult Shiraz population using a Total Diet Study

Hemmati, H.[1], Matloubi Nejad, Z.[2], Mazloomi S.M.[3], Yoosefi nejad, S.[4], Babaali, E.[5], Berizi, E[6*].

1. Ph.D student of Food Safety and Hygiene, Faculty of Nutrition and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
2. M.Sc Graduate of Food Safety and Hygiene, School of Nutrition and Food Sciences, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran.
3. Professor, Department of Food Hygiene and Quality Control, School of Nutrition and Food Sciences, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran.
4. Assistant Professor, Department of Occupational Health, Institute of Health, School of Health, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran.
5. Assistant Professor, Department of Occupational Health and Occupational Safety, Faculty of Health, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran.
6. Assistant Professor, Department of Food Hygiene and Quality Control, School of Nutrition and Food Sciences, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran.

[*]Corresponding author: enayat.berizi@gmail.com

(Received: 2022/12/ 26 Accepted: 2023/01/01)

Abstract

Nowadays, chemical food contaminants are considered among the serious health concerns in various countries. Arsenic and mercury are the most important heavy metals which cause different complications in humans. The present study aimed to determine the dietary intake of mercury and Arsenic using total diet study (TDS) method in the adult population of 20-50 years old in Shiraz. Total of 580 food items were prepared and classified into 129 composite samples. After preparation, the samples were digested. The concentration of mercury and Arsenic were measured using inductively coupled plasma–optical emission spectrometry (ICP-OES). The dietary intake of Arsenic and mercury was calculated based on the mean food intake. Fish had the highest concentration of Arsenic, and the snack samples contained the highest concentration of mercury. But it was found that the heavy metal intake is more affected by the quantity of the food consumed. Therefore, the highest contributor to dietary intake of Arsenic was drinking water and fruit, and the highest contributor to dietary intake of Arsenic was related to raw vegetables and dairy products. However, the mean daily intake of mercury and Arsenic was 0.2-8.65 µg/d and 6.5-81.81 µg/d, respectively, which is lower than the provisional tolerable weekly intakes (PTWI). Therefore, there is no health risk due to Mercury and Arsenic investigated in this research for the total diet in adult population in Shiraz.

Conflict of interest: None declared.

Keywords: Mercury, Arsenic, Total Diet Study, Food analysis, ICP

«مقاله پژوهشی» DOI: 10.30495/JFH.2023.1973710.1383

تعیین میزان دریافت رژیمی فلزات سنگین جیوه و آرسنیک به روش Total Diet Study در جمعیت بزرگسالان شهر شیراز

تعیین میزان دریافت فلزات سنگین جیوه و آرسنیک

فاطمه همتی[۱]، زهرا مطلوبی‌نژاد[۲]، سیدمحمد مظلومی[۳]، الهام باباعلی[۴]، سعید یوسفی‌نژاد[۵]، عنایت‌اله بریزی[۶*]

۱- دانشجوی دکترای تخصصی بهداشت و ایمنی مواد غذایی، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.
۲- کارشناس ارشد بهداشت و ایمنی مواد غذایی، دانشکده تغذیه و علوم غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران.
۳- استاد گروه بهداشت و کنترل کیفی مواد غذایی، دانشکده تغذیه و علوم غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران.
۴- کارشناس ارشد بهداشت و ایمنی مواد غذایی، دانشکده تغذیه و علوم غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران.
۵- استادیار گروه بهداشت حرفه ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران.
۶- استادیار گروه بهداشت و کنترل کیفی مواد غذایی، دانشکده تغذیه و علوم غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران.
نویسنده مسئول مکاتبات: enayat.berizi@gmail.com

(دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۹/۵ پذیرش نهایی: ۱۴۰۱/۱۰/۱۱)

چکیده

امروزه مسئله آلودگی مواد غذایی به آلاینده‌های شیمیایی، از مهمترین مسائل بهداشتی است که سبب نگرانی جوامع مختلف گردیده است. آرسنیک و جیوه از مهمترین فلزات سنگین هستند که سبب عوارض مختلفی در انسان می‌شوند. مطالعه حاضر با هدف تعیین میزان دریافت رژیمی فلزات سنگین جیوه و آرسنیک به روش Total Diet Study در جمعیت بزرگسالان شهر شیراز انجام گرفت. بدین منظور ۵۸۰ ماده غذایی تهیه و پس از آماده‌سازی در ۱۲۹ نمونه غذایی طبقه‌بندی شد. سپس آماده‌سازی و هضم اسیدی نمونه‌ها انجام گرفت و در نهایت میزان جیوه و آرسنیک مواد غذایی با اسپکترومتری نشری پلاسمای جفت شده القایی اندازه‌گیری شد و میزان دریافت رژیمی آرسنیک و جیوه بر اساس میزان مصرف هر یک از مواد غذایی محاسبه گردید. نتایج نشان داد ماهی بالاترین غلظت آرسنیک و اسنک بالاترین غلظت جیوه را داشتند. اما با بررسی میزان مصرف هر ماده غذایی مشخص گردید بالاترین سهم در دریافت آرسنیک مربوط به آب آشامیدنی و میوه و در خصوص جیوه مربوط به گروه سبزیجات خام و لبنیات بود. با این وجود میانگین دریافت روزانه جیوه و آرسنیک در رژیم غذایی مردم شیراز به‌ترتیب برابر ۸/۶۵-۰/۲ میکروگرم در روز و ۸/۸۱-۶/۵ میکروگرم در روز به‌دست آمد که این دریافت رژیمی کمتر از مقدار دریافت قابل تحمل هفتگی (PTWI) استاندارد است. بر اساس نتایج این مطالعه، دریافت رژیمی جیوه و آرسنیک تهدیدی برای سلامتی افراد بزرگسال شهر شیراز محسوب نمی شود.

واژه‌های کلیدی: جیوه، آرسنیک، Total Diet Study، آنالیز مواد غذایی، ICP.

مقدمه

امروزه با پیشرفت صنعت و توسعه جوامع، نگرانی در خصوص موضوع کیفیت و ایمنی مواد غذایی در اکثر نقاط جهان در حال افزایش است. با اینکه توسعه صنایع، پیشرفت تکنولوژی در حوزه کشاورزی و استفاده گسترده از مواد خام سبب بهبود زندگی بشر گردیده است، اما این مسئله با مسائلی همچون افزایش آلودگی محیط زیست و ورود آلاینده های شیمیایی به مواد غذایی همراه بوده است (Abedi *et al*., 2018; Morgan, 1999). فلزات سنگین از مهم‌ترین آلاینده‌های شیمیایی هستند که وجود آن‌ها در مواد غذایی، انسان را به‌طور مستمر در معرض خطرات و عوارض ناشی از آنها قرار می‌دهد (Abbasi Kia *et al*., 2015). به‌رغم این‌که فلزات سنگین از طریق تماس پوستی، استنشاق و مسیرهای گوارشی وارد بدن می‌شوند، مسیر زنجیره غذایی اصلی‌ترین راه مواجهه اکثریت مردم با این آلاینده‌هاست. آرسنیک و جیوه یکی از مهمترین فلزات سنگین هستند که سبب عوارض متعددی در انسان می‌شوند (Pourgheysari *et al*., 2015; Jitaru *et al*., 2019). یکی از مشکلات اصلی در رابطه با فلزات سنگین، عدم متابولیزه شدن در بدن انسان است. این فلزات پس از ورود به بدن در عضلات، چربی، مفاصل و استخوان‌ها رسوب می‌کنند (Ghanavati *et al*., 2022). هم‌چنین، آرسنیک و جیوه سبب گسترش عفونت‌های باکتریایی، ویروسی و قارچی می‌شوند و می‌توانند جایگزین املاح و مواد معدنی در بدن انسان گردند. منابع فلزات سنگین در محیط زیست شامل صنایع استخراج فلزات، استخراج معادن، دفع زباله‌ها و فاضلاب‌های شهری است (Zehra *et al*., 2020; Dhaliwal *et al*., 2020; Abbasi Kia *et al*., 2015). به‌علاوه، این فلزات از طریق سموم کشاورزی وارد محیط زیست می‌شوند و به‌دلیل تجزیه‌ناپذیری، در محیط باقی می‌مانند و به‌آسانی وارد زنجیره غذایی می‌شوند (Abbasi Kia *et al*., 2015; Ashot *et al*., 2020; Li *et al*., 2020).

تعیین میزان دریافت غذایی فلزات سنگین به‌منظور ارزیابی خطر و برآورد ارتباط بین عوارض نامطلوب مشاهده شده در انسان و دریافت رژیمی این آلاینده‌ها ضروری است (Noël *et al*., 2012). سازمان بهداشت جهانی روش Total Diet Study (TDS) را به‌عنوان یکی از مؤثرترین و دقیق‌ترین روش‌ها برای ارزیابی میزان مواجهه با مواد شیمیایی سمی از طریق غذا معرفی کرده است (Koh *et al*., 2012; Chekri *et al*., 2019; González *et al*., 2021). بر این اساس، مواد غذایی که مصرف رایج دارند، انتخاب می‌شوند و به شیوه مشابه آماده‌سازی و طبخ می‌شوند. در نتیجه تأثیر پخت و پز بر تشکیل مواد جدید یا تجزیه مواد با پایداری کم طی فرآیند پخت و پز در نظر گرفته می‌شود (Noël *et al*., 2012). از این نظر روش TDS میزان دریافت دقیق‌تری از مواد شیمیایی در غذاها را منعکس می‌کند (Koh *et al*., 2012).

با توجه به اهمیت بررسی میزان دریافت فلزات سنگین در جوامع، مطالعات مختلفی در کشورهای مختلف به روش TDS انجام گرفته است. در مطالعه‌ای میزان دریافت رژیمی آرسنیک توسط جمعیت ایتالیا به روش TDS بررسی شد که نتایج آن بیانگر میزان دریافت کمتر از میزان به‌دست آمده توسط سایر کشورهای اروپایی بود (Cubbada *et al*., 2016). همچنین در دو مطالعه دیگر، میزان دریافت رژیمی جیوه به‌ترتیب در جمعیت کره و هنگ کنک کمتر از

میزان دریافت توصیه شده استاندارد به‌دست آمد. بر اساس نتایج این دو مطالعه، بالاترین میزان دریافت جیوه مربوط به گروه ماهی و فرآورده‌های دریایی بود (Chen *et al.*, 2014 ; Koh *et al.*, 2012). هدف مطالعه حاضر تعیین میزان دریافت رژیمی فلزات سنگین آرسنیک و جیوه در رژیم غذایی جمعیت بزرگسال شهر شیراز به روش TDS و با استفاده از تکنیک ICP-OES است.

مواد و روش‌ها

- اطلاعات مصرف مواد غذایی

اطلاعات میزان مصرف مواد غذایی از برآورد تغذیه‌ای یک مطالعه قبلی که در فاصله زمانی آبان تا اسفند ۱۳۹۲ در شهر شیراز انجام شده بود، به‌دست آمد (Akhlaghi *et al.*, 2016). دریافت رژیمی در نمونه‌های بزرگسالان شیراز متشکل از ۴۳۸ نفر (۱۹۹ مرد و ۲۳۹ زن) در سن ۵۰-۲۰ سال با استفاده از پرسشنامه بسامد خوراک (FFQ) اندازه‌گیری شد. پاسخ‌دهندگان مصاحبه از میان خانوارهایی که در ۹ منطقه شهرداری طبقه‌بندی شده بودند، با استفاده از نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌ای، چندمرحله‌ای انتخاب شدند. نسبت مرد به زن در نمونه مورد مطالعه تقریباً با توزیع جنسیتی در جمعیت عمومی شهر شیراز (کل جمعیت بالغ غیر مسن ~۷۹۰۰۰۰) مطابقت داشت. مواد غذایی با میانگین مصرف بیشتر از یک گرم در روز و مواد غذایی که حاوی مقادیر بالای این فلزات شناخته می‌شدند، به‌عنوان محصولات غذایی منتخب شناسایی شدند. در مجموع ۱۱۶ ماده غذایی اصلی انتخاب گردید و به ۲۰ گروه طبقه‌بندی شدند که شامل انواع زیر بودند: نان، غلات و فرآورده‌های غلات، حبوبات، گوشت قرمز و فرآورده‌های گوشتی، مرغ، ماهی، تخم‌مرغ، شیر و فرآورده‌های لبنی، سبزیجات خام، سبزیجات پخته، سیب‌زمینی، میوه‌ها، آب‌میوه‌ها و نوشیدنی‌های گازدار، آجیل و میوه‌های خشک، کلوچه، کیک و شیرینی، تنقلات، چربی‌ها و روغن‌ها، عسل و شکر، چاشنی‌ها و آب آشامیدنی.

- جمع آوری نمونه‌ها و آماده‌سازی

تعداد ۵۸۰ نمونه غذایی (۵ نمونه از هر ماده غذایی) به‌صورت تصادفی از مغازه‌های خرده‌فروشی، فروشگاه‌ها و نانوایی‌های واقع در پنج منطقه جغرافیایی شیراز در فاصله زمانی مهرماه ۱۳۹۴ تا خرداد ماه ۱۳۹۵ خریداری شدند. نمونه‌برداری مواد غذایی فله‌ای در بسته‌های ۲۵۰ گرمی انجام شد. مواد غذایی بسته‌بندی از برندهای مختلف با تاریخ تولید یکسان خریداری شدند. نمونه‌های آب مربوط به هر منطقه از سیستم لوله‌کشی آب آشامیدنی خانگی جمع‌آوری شد.

در هر روز نمونه‌برداری، اقلام غذایی به‌صورت جداگانه و بر اساس عادات غذایی مردم شیراز اما بدون افزودن نمک یا افزودنی تهیه می‌شد. در صورت نیاز، یک نمونه آب ترکیبی از پنج منطقه برای آماده‌سازی غذا مورد استفاده قرار می‌گرفت. به‌منظور جلوگیری از آلودگی ثانویه در هنگام پخت پز، از ظروف استیل استفاده گردید. پنج نمونه غذایی از یک نوع با شیوه آماده‌سازی یکسان در مقادیر مساوی (۱۰۰ گرم) با هم ترکیب و در مخلوط‌کن با تیغه‌های فولادی ضدزنگ (JTC Electronics Corp., OmniBlend I series, Model TM-767, Zhongshan, Guangdong, China) همگن شدند. در نهایت ۱۲۹ نمونه غذایی

تهیه گردید و تا زمان انجام آزمایش در دمای ۲۰- درجه سلسیوس نگهداری شد.

- آنالیز شیمیایی

- مواد شیمیایی مورد استفاده

تمامی مواد و محلول‌های مورد استفاده از شرکت مرک آلمان خریداری گردید.

- هضم نمونه

مقدار ۵۰۰ میلی‌گرم نمونه غذایی در سل مخصوص دستگاه هضم مایکروویو قرار داده شد. سپس ۳/۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۶۵ درصد و ۱/۵ میلی‌لیتر آب اکسیژنه به سل محتوی نمونه اضافه شد. هضم نمونه با استفاده از دستگاه هضم مایکروویو انجام گردید. نمونه‌های هضم شده پس از سرد شدن، در بالن حجمی با استفاده از آب دو بار تقطیر دیونیزه به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد و با استفاده از کاغذ صافی واتمن ۴۰ صاف شد. نمونه شاهد تحت شرایط مشابه اما بدون افزودن نمونه غذایی تهیه گردید (Babaali *et al.*, 2020).

- آنالیز ICP-OES

غلظت جیوه و آرسنیک نمونه‌های غذایی با اسپکترومتری نشری پلاسمای جفت‌شده القایی ICP-OES (Spectro Arcos, SPECTRO Analytical Instruments GmbH, Kleve, Germany) تحت شرایط ذکر شده در جدول (۱) تعیین شد. خطی بودن منحنی کالیبراسیون با استفاده از ضریب تبیین R^2= ۰/۹۹۹ به‌دست آمد. انحراف معیار نسبی (RSD) هر دو فلز کمتر از ۲۰ درصد بدبرآورد شد. حد تشخیص (LOQ) و حد شناسایی (LOD) آرسنیک به‌ترتیب ۱/۱۸۷ و ۳/۹۵۵ میکروگرم در کیلوگرم و جیوه به‌ترتیب ۰/۳۵۱ و ۱/۱۷ میکروگرم در کیلوگرم به‌دست آمد.

جدول (۱)- مشخصات و شرایط مورد استفاده برای دستگاه ICP-OES جهت اندازه‌گیری فلزات جیوه و آرسنیک

پارامتر	مقدار/ نوع
توان دستگاه (وات)	۱۴۰۰
گاز نئوبلایزر	آرگون
سرعت جریان گاز پلاسما (لیتر/ دقیقه)	۱۴/۵
سرعت جریان گاز کمکی (لیتر/ دقیقه)	۰/۹
سرعت جریان گاز نئوبلایزر (لیتر/ دقیقه)	۰/۸۵
زمان مکش نمونه (ثانیه)	جمعاً ۲۴۰
زمان شست و شو (ثانیه)	۶۰
زمان ثبات اولیه (ثانیه)	۶۰
تعداد تکرار	۳
فرکانس ژنراتور دستگاه (مگاهرتز)	۲۷/۱۲
نوع سیلیکون محفظه اسپری	Cross flow

- محاسبه میزان دریافت رژیمی فلزات

میزان دریافت رژیمی فلزات (بر حسب میکروگرم در کیلوگرم) از هر گروه غذایی بر اساس غلظت فلز مورد نظر و اطلاعات مصرف ماده غذایی محاسبه شد. در نهایت سهم گروه‌های غذایی در دریافت کلی فلزات محاسبه گردید (Sirot *et al*., 2018).

- آنالیز آماری

آنالیز آماری داده‌ها با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ و مقایسه داده‌ها با آزمون آنالیز واریانس یک طرفه با استفاده از آزمون دانکن انجام شد. سطح معناداری در حد ۰/۰۵ تعریف گردید.

یافته‌ها

در جدول (۲) و (۳) میانگین، کم‌ترین و بیش‌ترین میزان غلظت و دریافت روزانه، به‌ترتیب برای آرسنیک و جیوه در گروه‌های مختلف غذایی در شهر شیراز نشان داده شده است. با توجه به اینکه در این پژوهش، سطوح فلزات جیوه و آرسنیک در ۸۰ درصد موارد کمتر از LOD بود، بنابراین بر اساس استاندارد ارائه شده در خصوص مواد غذایی که میزان غلظت فلز به‌دست آمده کمتر از LOD بود، از دو مقدار صفر و LOD برای تعیین میزان غلظت استفاده گردید و بدین ترتیب، سایر محاسبات جهت برآورد دریافت روزانه و هفتگی بر اساس دو مقدار گزارش شده محاسبه گردید (GEMS, 1995). بر اساس نتایج به‌دست آمده از این مطالعه، غلظت آرسنیک موجود در مواد غذایی در محدوده ۴۶۶/۷۰ - ۰ میکروگرم در کیلوگرم ماده غذایی بود که بالاترین میزان غلظت آرسنیک مربوط به ماهی با میانگین ۲۶۳/۰۲-۲۳۳/۳۵ میکروگرم در کیلوگرم ماده غذایی است. در خصوص جیوه، میزان غلظت موجود در نمونه‌های غذایی در محدوده ۱۰۳۲/۴۵ -۰ میکروگرم در کیلوگرم ماده غذایی است که بالاترین میزان غلظت مربوط به اسنک با میانگین غلظت ۸۹۷/۶۵ میکروگرم در کیلوگرم می‌باشد.

جدول (۲)- میانگین، کمترین و بیشترین میزان غلظت و دریافت روزانه آرسنیک از گروه‌های مختلف غذایی به روش TDS در جمعیت بزرگسالان شیراز

گروه غذایی	نحوه برآورد غلظت بر اساس استاندارد GEMS**	غلظت (میکروگرم/ کیلوگرم وزن ماده غذایی)		دریافت روزانه (میکروگرم در روز)	
		Mean ± SE	Min – Max	Mean ± SE	Min - Max
نان	۱	۰/۰۰ ± ۰/۰۰^{a}	۰/۰۰ – ۰/۰۰	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ ^{a}	۰/۰۰ – ۰/۰۰
نان	۲	۵۹/۳۵ ± ۰/۰۰^{a}	۵۹/۳۵ – ۵۹/۳۵	۷/۵۲ ± ۰/۲۵^{a}	۰/۴۳– ۷۰/۴۵
غلات و فرآورده‌های آن	۱	۰/۰۰ ± ۰/۰۰^{a}	۰/۰۰ – ۰/۰۰	۰/۰۰ ± ۰/۰۰^{a}	۰/۰۰ – ۰/۰۰
غلات و فرآورده‌های آن	۲	۵۹/۳۵ ± ۰/۰۰ ^{a}	۵۹/۳۵ – ۵۹/۳۵	۱۵/۶۲ ± ۰/۳۷^{b}	۰/۴۱ – ۴۸/۶۶
حبوبات	۱	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ ^{a}	۰/۰۰ – ۰/۰۰	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ ^{a}	۰/۰۰ – ۰/۰۰
حبوبات	۲	۵۹/۳۵ ± ۰/۰۰ ^{a}	۵۹/۳۵ – ۵۹/۳۵	۱/۸۸ ± ۰/۰۷^{cde}	۰/۱۱ – ۱۴/۴۶
گوشت و فرآورده‌های آن	۱	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ ^{a}	۰/۰۰ – ۰/۰۰	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ ^{a}	۰/۰۰ – ۰/۰۰
گوشت و فرآورده‌های آن	۲	۵۹/۳۵ ± ۰/۰۰ ^{a}	۵۹/۳۵ – ۵۹/۳۵	۲/۵۶ ± ۰/۱۱^{e}	۰/۰۵ – ۲۶/۷۲
ماکیان	۱	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ ^{a}	۰/۰۰ – ۰/۰۰	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ ^{a}	۰/۰۰ – ۰/۰۰
ماکیان	۲	۵۹/۳۵ ± ۰/۰۰ ^{a}	۵۹/۳۵ – ۵۹/۳۵	۱/۸۰ ± ۰/۰۶^{cde}	۰/۰۰ – ۱۰/۵۴
ماهی	۱	۲۳۳/۳۵ ± ۲۳۳/۳۵^{b}	۰ – ۴۶۶/۷۰	۴/۰۳ ± ۰/۲۳^{b}	۰/۰۰ – ۳۹/۸۹
ماهی	۲	۲۶۳/۰۲ ± ۲۰۳/۶۷^{b}	۵۹/۳۵ – ۴۶۶/۷۰	۴/۱۳ ± ۴/۹۳^{f}	۰/۰۰ – ۴۰/۰۴

تخم‌مرغ	۱	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ [a]	۰/۰۰ – ۰/۰۰	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ [a]	۰/۰۰ – ۰/۰۰
تخم‌مرغ	۲	۵۹/۳۵ ± ۰/۰۰ [a]	۵۹/۳۵ – ۵۹/۳۵	۲/۳۵ ± ۰/۱۷ [de]	۰/۰۰– ۳۵/۶۱
شیر و فرآورده‌های لبنی	۱	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ [a]	۰/۰۰ – ۰/۰۰	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ [a]	۰/۰۰ – ۰/۰۰
شیر و فرآورده‌های لبنی	۲	۵۹/۳۵ ± ۰/۰۰ [a]	۵۹/۳۵ – ۵۹/۳۵	۱۶/۲۸ ± ۰/۵۷ [b]	۰/۱۰۸–۹۳/۶۲
سبزیجات خام	۱	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ [a]	۰/۰۰ – ۰/۰۰	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ [a]	۰/۰۰ – ۰/۰۰
سبزیجات خام	۲	۵۹/۳۵ ± ۰/۰۰ [a]	۵۹/۳۵ – ۵۹/۳۵	۱۶/۸۳ ± ۰/۵۳ [b]	۰/۹۱ – ۹۴/۵۴
سبزیجات پخته	۱	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ [a]	۰/۰۰ – ۰/۰۰	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ [a]	۰/۰۰ – ۰/۰۰
سبزیجات پخته	۲	۵۹/۳۵ ± ۰/۰۰ [a]	۵۹/۳۵ – ۵۹/۳۵	۴/۱۹ ± ۰/۱۲ [f]	۰/۱۸ – ۱۸/۵۳
سیب زمینی	۱	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ [a]	۰/۰۰ – ۰/۰۰	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ [a]	۰/۰۰ – ۰/۰۰
سیب زمینی	۲	۵۹/۳۵ ± ۰/۰۰ [a]	۵۹/۳۵ – ۵۹/۳۵	۱/۷۱ ± ۰/۱۴ [cdeh]	۰/۰۰– ۵۴/۵۴
میوه‌ها	۱	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ [a]	۰/۰۰ – ۰/۰۰	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ [a]	۰/۰۰ – ۰/۰۰
میوه‌ها	۲	۵۹/۳۵ ± ۰/۰۰ [a]	۵۹/۳۵ – ۵۹/۳۵	۳۰/۹۹ ± ۰/۸۶ [g]	۰/۰۰ – ۱۳۸/۲۸
آبمیوه‌ها	۱	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ [a]	۰/۰۰ – ۰/۰۰	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ [a]	۰/۰۰ – ۰/۰۰
آبمیوه‌ها	۲	۵۹/۳۵ ± ۰/۰۰ [a]	۵۹/۳۵ – ۵۹/۳۵	۱/۸۲ ± ۰/۱۲ [cde]	۰/۰۰– ۲۴/۳۶
خشکبار و مغزها	۱	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ [a]	۰/۰۰ – ۰/۰۰	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ [a]	۰/۰۰ – ۰/۰۰
خشکبار و مغزها	۲	۵۹/۳۵ ± ۰/۰۰ [a]	۵۹/۳۵ – ۵۹/۳۵	۰/۷۰ ± ۰/۰۵ [ch]	۰/۰۰– ۱۲/۴۲
کیک و شیرینی	۱	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ [a]	۰/۰۰ – ۰/۰۰	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ [a]	۰/۰۰ – ۰/۰۰
کیک و شیرینی	۲	۵۹/۳۵ ± ۰/۰۰ [a]	۵۹/۳۵ – ۵۹/۳۵	۱/۷۳ ± ۰/۰۹ [cdeh]	۰/۰۰– ۱۸/۵۳
اسنک	۱	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ [a]	۰/۰۰ – ۰/۰۰	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ [a]	۰/۰۰ – ۰/۰۰
اسنک	۲	۵۹/۳۵ ± ۰/۰۰ [a]	۵۹/۳۵ – ۵۹/۳۵	۰/۱۹ ± ۰/۰۳ [h]	۰/۰۰– ۱۱/۸۷
روغن و چربی	۱	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ [a]	۰/۰۰ – ۰/۰۰	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ [a]	۰/۰۰ – ۰/۰۰
روغن و چربی	۲	۵۹/۳۵ ± ۰/۰۰ [a]	۵۹/۳۵ – ۵۹/۳۵	۱/۴۵ ± ۰/۰۷ [cdeh]	۰/۰۰– ۲۶/۰۰
قند و فرآورده‌ها	۱	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ [a]	۰/۰۰ – ۰/۰۰	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ [a]	۰/۰۰ – ۰/۰۰
قند و فرآورده‌ها	۲	۵۹/۳۵ ± ۰/۰۰ [a]	۵۹/۳۵ – ۵۹/۳۵	۰/۸۵ ± ۰/۰۳ [cdh]	۰/۰۰– ۶/۲۶
چاشنی‌ها	۱	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ [a]	۰/۰۰ – ۰/۰۰	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ [a]	۰/۰۰ – ۰/۰۰
چاشنی‌ها	۲	۵۹/۳۵ ± ۰/۰۰ [a]	۵۹/۳۵ – ۵۹/۳۵	۴/۱۲ ± ۰/۱۳ [f]	۰/۰۰– ۲۲/۵۹
آب آشامیدنی	۱	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ [a]	۰/۰۰ – ۰/۰۰	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ [a]	۰/۰۰ – ۰/۰۰
آب آشامیدنی	۲	۵۹/۳۵ ± ۰/۰۰ [a]	۵۹/۳۵ – ۵۹/۳۵	۵۶/۲۸ ± ۱/۸۱ [i]	۰/۰۰– ۴۰۹/۵۲

* در بخش میانگین، حروف انگلیسی متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنادار بین گروه‌های غذایی است (P<0.05).

** عدد ۱ مربوط به حالتی است که در صورتی‌که غلظت ماد غذایی که کمتر از LOD باشد، غلظت آن ماده صفر در نظر گرفته شده است و عدد ۲ مربوط به حالتی است که در صورتی‌که غلظت ماده غذایی کمتر از LOD باشد، غلظت آن ماده معادل LOD در نظر گرفته شده است.

بر اساس نتایج، بالاترین میزان دریافت روزانه آرسنیک و جیوه به‌ترتیب مربوط به آب آشامیدنی و سبزیجات خام با میانگین دریافت روزانه ۵۶/۲۸ و ۱۱۱/۹۹ میکروگرم در روز می‌باشد که به‌طور معناداری بالاتر از سایر گروه‌های غذایی بود.

جدول (۳)- میانگین، کمترین و بیشترین میزان غلظت و دریافت روزانه جیوه از گروه‌های مختلف غذایی به روش TDS در جمعیت بزرگسالان شیراز

گروه غذایی	نحوه برآورد غلظت بر اساس استاندارد GEMS**	غلظت (میکروگرم/ کیلوگرم وزن ماده غذایی)		دریافت روزانه (میکروگرم در روز)	
		Mean ± SE	Min – Max	Mean ± SE	Min - Max
نان	۱	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ a	۰/۰۰ – ۰/۰۰	۰/۰۰ ± ۰/۰۰a	۰/۰۰ – ۰/۰۰
نان	۲	۱۷/۵۵ ± ۰/۰۰ a	۱۷/۵۵ – ۱۷/۵۵	۲/۲۲ ± ۰/۰۷ab	۰/۱۳ – ۲۰/۸۳
غلات و فرآورده‌های آن	۱	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ a	۰/۰۰ – ۰/۰۰	۰/۰۰ ± ۰/۰۰a	۰/۰۰ – ۰/۰۰
غلات و فرآورده‌های آن	۲	۱۷/۵۵ ± ۰/۰۰ a	۱۷/۵۵ – ۱۷/۵۵	۴/۶۱ ± ۰/۱۱b	۰/۱۲ – ۱۴/۳۹
حبوبات	۱	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ a	۰/۰۰ – ۰/۰۰	۰/۰۰ ± ۰/۰۰a	۰/۰۰ – ۰/۰۰
حبوبات	۲	۱۷/۵۵ ± ۰/۰۰ a	۱۷/۵۵ – ۱۷/۵۵	۰/۵۵ ± ۰/۰۲a	۰/۰۳ – ۴/۲۸
گوشت و فرآورده‌های آن	۱	۱/۲۵ ± ۱/۲۵ a	۰ – ۸/۸۰	۰/۰۳ ± ۰/۰۰a	۰/۰۰ – ۲/۶۴
گوشت و فرآورده‌های آن	۲	۱۷/۵۵ ± ۰/۰۰ a	۱۷/۵۵ – ۱۷/۵۷	۰/۷۵ ± ۰/۰۳a	۰/۰۲– ۷/۹۱
ماکیان	۱	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ a	۰/۰۰ – ۰/۰۰	۰/۰۰ ± ۰/۰۰a	۰/۰۰ – ۰/۰۰
ماکیان	۲	۱۷/۵۵ ± ۰/۰۰ a	۱۷/۵۵ – ۱۷/۵۵	۰/۵۳ ± ۰/۰۲a	۰/۰۰ – ۳/۱۲
ماهی	۱	۱۰/۹۳ ± ۹/۲۸ a	۱/۶۵ – ۲۰/۲۲	۰/۱۷ ± ۰/۰۱a	۰/۰۰ – ۱/۷۳
ماهی	۲	۱۵/۳۲ ± ۴/۹۰ a	۱۰/۴۲ – ۲۰/۲۲	۰/۱۹ ± ۰/۰۱a	۰/۰۰ – ۱/۷۵
تخم‌مرغ	۱	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ a	۰/۰۰ – ۰/۰۰	۰/۰۰ ± ۰/۰۰a	۰/۰۰ – ۰/۰۰
تخم‌مرغ	۲	۱۷/۵۵ ± ۰/۰۰ a	۱۷/۵۵ – ۱۷/۵۵	۰/۶۹ ± ۰/۰۵a	۰/۰۰ – ۱۰/۵۳
شیر و فرآورده‌های لبنی	۱	۴۱/۶۹ ± ۴۱/۶۹ a	۰/۰۰ – ۴۵۸/۶۰	۱۵/۹۶ ± ۱/۹۵b	۰/۰۰ – ۴۲۱/۹۱
شیر و فرآورده‌های لبنی	۲	۵۷/۶۴ ± ۴۰/۰۹ a	۱۷/۵۵ – ۴۵۸/۶۰	۲۰/۱۶ ± ۱/۹۶c	۰/۲۷ – ۴۳۲/۳۹
سبزیجات خام	۱	۱۱۴/۷۱ ± ۱۱۴/۷۱ a	۰ – ۱۰۳۲/۴۵	۱۰۸/۸۶ ± ۴/۴۵c	۰/۰۰ – ۷۲۲/۷۱
سبزیجات خام	۲	۱۳۰/۳۱ ± ۱۱۲/۷۶ a	۱۷/۵۵ – ۱۰۳۲/۴۵	۱۱۱/۹۹ ± ۴/۵۰d	۰/۲۷ – ۷۲۶/۴۲
سبزیجات پخته	۱	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ a	۰/۰۰ – ۰/۰۰	۰/۰۰ ± ۰/۰۰a	۰/۰۰ – ۰/۰۰
سبزیجات پخته	۲	۱۷/۵۵ ± ۰/۰۰ a	۱۷/۵۵ – ۱۷/۵۵	۱/۲۳ ± ۰/۰۳ab	۰/۰۵ – ۵/۴۸
سیب زمینی	۱	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ a	۰/۰۰ – ۰/۰۰	۰/۰۰ ± ۰/۰۰a	۰/۰۰ – ۰/۰۰
سیب زمینی	۲	۱۷/۵۵ ± ۰/۰۰ a	۱۷/۵۵ – ۱۷/۵۵	۰/۵۰ ± ۰/۰۴a	۰/۰۰ – ۱۶/۱۳
میوه‌ها	۱	۳/۶۸ ± ۲/۰۶ a	۰/۰۰ – ۳۵/۵۰	۲/۰۷ ± ۰/۰۸a	۰/۰۰ – ۱۲/۳۹
میوه‌ها	۲	۱۹/۳۲ ± ۱/۰۵ a	۱۷/۵۵ – ۳۵/۵۰	۱۰/۱۹ ± ۰/۲۹e	۰/۰۰ – ۴۸/۳۹
آبمیوه‌ها	۱	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ a	۰/۰۰ – ۰/۰۰	۰/۰۰ ± ۰/۰۰a	۰/۰۰ – ۰/۰۰
آبمیوه‌ها	۲	۱۷/۵۵ ± ۰/۰۰ a	۱۷/۵۵ – ۱۷/۵۵	۰/۵۴ ± ۰/۰۳a	۰/۰۰ – ۷/۲۰
خشکبار و مغزها	۱	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ a	۰/۰۰ – ۰/۰۰	۰/۰۰ ± ۰/۰۰a	۰/۰۰ – ۰/۰۰
خشکبار و مغزها	۲	۱۷/۵۵ ± ۰/۰۰ a	۱۷/۵۵ – ۱۷/۵۵	۰/۲۰ ± ۰/۰۱a	۰/۰۰ – ۳/۶۷
کیک و شیرینی	۱	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ a	۰/۰۰ – ۰/۰۰	۰/۰۰ ± ۰/۰۰a	۰/۰۰ – ۰/۰۰
کیک و شیرینی	۲	۱۷/۵۵ ± ۰/۰۰ a	۱۷/۵۵ – ۱۷/۵۵	۰/۵۱ ± ۰/۰۲a	۰/۰۰ – ۵/۴۸
اسنک	۱	۸۷۹/۶۵ ± ۰/۰۰b	۸۷۹/۶۵ – ۸۷۹/۶۵	۲/۸۷ ± ۰/۴۹a	۰/۰۰ – ۱۷۵/۹۳
اسنک	۲	۸۷۹/۶۵ ± ۰/۰۰b	۸۷۹/۶۵ – ۸۷۹/۶۵	۲/۸۷ ± ۰/۴۹ab	۰/۰۰ – ۱۷۵/۹۳
روغن و چربی	۱	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ a	۰/۰۰ – ۰/۰۰	۰/۰۰ ± ۰/۰۰a	۰/۰۰ – ۰/۰۰
روغن و چربی	۲	۱۷/۵۵ ± ۰/۰۰ a	۱۷/۵۵ – ۱۷/۵۵	۰/۴۲ ± ۰/۰۲a	۰/۰۰ – ۷/۶۹
قند و فرآورده‌ها	۱	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ a	۰/۰۰ – ۰/۰۰	۰/۰۰ ± ۰/۰۰a	۰/۰۰ – ۰/۰۰

قند و فرآورده‌ها	۲	۱۷/۵۵ ± ۰/۰۰ [a]	۱۷/۵۵ – ۱۷/۵۵	۰/۰۰ – ۱/۸۵
چاشنی‌ها	۱	۱/۹۵ ± ۱/۹۵ [a]	۰۰/۰۰ – ۱۱/۷۰	۰/۰۰ – ۰/۳۵
چاشنی‌ها	۲	۱۶/۵۷ ± ۰/۹۷ [a]	۱۱/۷۰ – ۱۷/۵۵	۰/۰۰ – ۶/۶۲
آب آشامیدنی	۱	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ [a]	۰/۰۰ – ۰/۰۰	۰/۰۰ – ۰/۰۰
آب آشامیدنی	۲	۱۷/۵۵ ± ۰/۰۰ [a]	۱۷/۵۵ – ۱۷/۵۵	۰/۰۰ – ۱۲۱/۱۰
		۰/۲۵ ± ۰/۰۱[a]		
		۰/۰۶ ± ۰/۰۰[a]		
		۱/۱۸ ± ۰/۰۳[ab]		
		۰/۰۰ ± ۰/۰۰[a]		
		۱۶/۶۴ ± ۰/۵۳[f]		

* در بخش میانگین، حروف انگلیسی متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنادار بین گروه‌های غذایی است (P<0.05).

** عدد ۱ مربوط به حالتی می‌باشد که در صورتی‌که غلظت ماد غذایی که کمتر از LOD باشد، غلظت آن ماده صفر در نظر گرفته شده است و عدد ۲ مربوط به‌حالتی است که در صورتی‌که غلظت ماده غذایی کمتر از LOD باشد، غلظت آن ماده معادل LOD در نظر گرفته شده است.

بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به‌دست آمده از این مطالعه بالاترین میزان غلظت آرسنیک در ماهی مشاهده شد (۲۶۳/۰۲ –۲۳۳/۳۵ میکروگرم در کیلوگرم) که نتایج آن مشابه نتایج به‌دست آمده توسط سایر مطالعات است (Chekri *et al*., 2019; Ahmed *et al*., 2015; Gimou *et al*., 2014; Jitaru *et al*., 2019; Gimou *et al*., 2013). در گروه ماهی، بالاترین غلظت مربوط به ماهی کباب شده (۵۳۶/۳ میکروگرم در کیلوگرم) و پس از آن به‌ترتیب مربوط به ماهی سرخ‌شده (۳۹۷/۱ میکروگرم در کیلوگرم) و تن ماهی (۵۹/۳۵ – ۰ میکروگرم در کیلوگرم) بود. آرسنیک به‌طور نسبی محلول در آب است و میزان آن در محیط‌های آبی بیشتر از محیط‌های خشکی است. به‌دلیل جذب آرسنیک موجود در آب توسط ماهی و سایر موجودات دریایی، غلظت این آلاینده در ماهی و محصولات دریایی بالا است. سمیت آرسنیک بستگی به‌شکل شیمیایی آن دارد. اکثر آرسنیک در رژیم غذایی فرم آلی آرسنیک است که سمیت کم‌تری دارد. در حالی‌که شکل معدنی آرسنیک سمی‌تر است و جزو ترکیبات سرطان‌زاست (Ysart *et al*., 2000). ماهی و فرآورده‌های دریایی عمدتاً حاوی فرم آلی آرسنیک هستند، در حالی‌که شکل غیرآلی آن در غلظت‌های خیلی کم (۰/۰۱> میکروگرم در کیلوگرم) در این فرآورده‌ها وجود دارد (El-Kady and Abdel-Wahhab, 2018). در مطالعه حاضر، میزان آرسنیک کل اندازه‌گیری شد و با توجه به این‌که میزان سمیت آرسنیک به شکل آلی و معدنی متفاوت است، لازم است در مطالعات آینده فرم‌های مختلف آن در مواد غذایی جهت برآورد دقیق تر اثرات سمی ناشی از آن اندازه‌گیری شود.

اگرچه میزان آرسنیک در ماهی به‌طور معناداری نسبت به سایر گروه‌های غذایی بالاتر بود، اما پنجمین رتبه را در دریافت روزانه آرسنیک داشت (۴/۱۳ میکروگرم در روز). با توجه به این‌که در میزان دریافت روزانه، علاوه بر میزان غلظت فلزات، میزان مصرف ماده غذایی توسط جمعیت نیز دخیل است، بالاترین میزان دریافت روزانه آرسنیک در آب آشامیدنی (۵۶/۲۸ میکروگرم در روز) و میوه (۳۰/۹۹ میکروگرم در روز) مشاهده گردید که به‌طور معناداری بالاتر از میزان دریافت روزانه توسط سایر گروه‌های غذایی بود. در حالی‌که کم‌ترین میزان دریافت روزانه در گروه اسنک (۰/۱۹ میکروگرم در روز) مشاهده شد. آرسنیک به‌عنوان یک ماده شیمیایی می‌تواند از طریق پوسته زمین و فعالیت‌های معدن کاری وارد منابع آب زیرزمینی شود و با توجه به این‌که آرسنیک به‌میزان

زیادی محلول در آب است، سبب آلودگی آب‌های زیرزمینی با آرسنیک گردد (Pirsaheb *et al.*, 2013). از طرفی استفاده از آب‌های سطحی و زیرزمینی آلوده به آرسنیک جهت آبیاری مزارع کشاورزی باعث افزایش غلظت این آلاینده در خاک شده و انتقال آن به بخش‌های مختلف گیاه را افزایش می دهد (Kolahkaj *et al.*, 2017). ضمن این‌که آرسنیک در سموم کشاورزی و حشره‌کش‌ها استفاده می‌شود که این مسئله نیز عاملی جهت توجیه میزان بالای دریافت آرسنیک از طریق میوه‌ها است (Hatami Manesh *et al.*, 2014).

نتایج این مطالعه نشان داد، میانگین میزان دریافت روزانه آرسنیک از کل مواد غذایی ۸/۶۵ – ۰/۲ میکروگرم در روز است که میزان به‌دست آمده در مطالعه حاضر نسبت به مطالعات انجام شده در شیلی (۷۷ میکروگرم در روز)، انگلستان (۶۵ میکروگرم در روز)، فرانسه (۶۲ میکروگرم در روز) و اسپانیا (۲۶۱ میکروگرم در روز) کم‌تر بود (Ysart *et al.*, 2000; Leblanc *et al.*, 2005; Martí-Cid *et al.*, 2008; Muñoz *et al.*, 2005). علت این مسئله می تواند ناشی از تفاوت در الگوی مصرف مواد غذایی و در نتیجه تفاوت در میزان آرسنیک دریافتی از طریق مواد غذایی مختلف باشد. در این مطالعه، میانگین میزان دریافت هفتگی فلز آرسنیک ۰/۸۳ – ۰/۰۱ میکروگرم در کیلوگرم وزن بدن در هفته به‌دست آمد. PTWI استاندارد تعیین شده توسط JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) برای آرسنیک ۱۵ میکروگرم در کیلوگرم وزن بدن است (Organization, 1985). بنابراین، مقادیر حاصله در مطالعه حاضر کمتر از میزان استاندارد است.

بالاترین میزان غلظت جیوه در این مطالعه مربوط به گروه اسنک (۸۷۹/۶۵ میکروگرم در کیلوگرم ماده غذایی) و سبزیجات خام (۱۳۰/۳۱ میکروگرم در کیلوگرم ماده غذایی) بود که به‌طور معناداری بالاتر از سایر گروه‌های غذایی بود. به‌طور مشابهی، مطالعات انجام شده در سایر کشورها بیانگر میزان بالای جیوه در محصولات گیاهی و سبزیجات بودند (Perello *et al.*, 2008; Khanna, 2011). این مسئله ناشی از رسوب جیوه اتمسفر و جذب جیوه از خاک در اثر کاربرد جیوه به عنوان قارچ‌کش و آفت‌کش می‌باشد (El-Kady and Abdel-Wahhab, 2018). میانگین میزان دریافت روزانه جیوه در این مطالعه بین ۰/۱۹ تا ۱۱۱/۹۹ میکروگرم در روز متغیر بود که گروه سبزیجات خام (۱۱۱/۹۹ میکروگرم در روز)، لبنیات (۲۰/۱۶ میکروگرم در روز)، آب آشامیدنی (۱۶/۴۶ میکروگرم در روز) و میوه (۱۰/۱۹) بالاترین میزان دریافت روزانه را در مقایسه با سایر گروه‌ها داشتند. برای سایر گروه‌های غذایی، میانگین دریافت روزانه کمتر از ۴ میکروگرم در روز بود. در واقع عادات غذایی عامل مؤثری بر میزان دریافت جیوه از طریق رژیم غذایی است. در تأیید این مسئله، در مطالعه‌ای، ارتباط معناداری بین تعداد وعده‌های مصرف ماهی و فرآورده‌های دریایی و سطح جیوه در موی انسان مشاهده شد (Renzoni *et al.*, 1998).

بر اساس نتایج پژوهش حاضر، میانگین میزان دریافت روزانه جیوه از کل رژیم غذایی ۸/۸۱ – ۶/۵۰ میکروگرم در روز بود که بالاتر از مقادیر به‌دست آمده در کره (۳/۱ میکروگرم در روز)، انگلستان (۳/۵ میکروگرم در روز) و شیلی (۵ میکروگرم در روز) و

پایین تر از مقدار به‌دست آمده در ژاپن (۹ میکروگرم در روز)، چین (۱۰/۳ میکروگرم در روز) و اسپانیا (۲۱/۲ میکروگرم در رزو) می‌باشد (Koh *et al.*, 2012; Rose *et al.*, 2010; Maitani, 2004; Muñoz *et al.*, 2005; Chen and Gao, 1993; Llobet *et al.*, 2003). میزان دریافت هفتگی جیوه از کل رژیم غذایی در این مطالعه ۰/۸۵ – ۰/۶۳ میکروگرم در کیلوگرم وزن بدن در هفته به‌دست آمد. PTWI استاندارد تعیین شده توسط JECFA برای جیوه ۵ میکروگرم در کیلوگرم وزن بدن است (Organization, 1985) که در این مطالعه میزان دریافت جیوه کمتر از میزان استاندارد می‌باشد و نشانگر عدم خطر ناشی از مصرف جیوه توسط بزرگسالان شهر شیراز می‌باشد.

نتایج این مطالعه نشان داد که میزان دریافت رژیمی فلزات سنگین آرسنیک و جیوه توسط جمعیت بزرگسال شهر شیراز کمتر از میزان توصیه شده توسط کمیته مشترک FAO/WHO بود و دریافت رژیمی جیوه و آرسنیک تهدیدی برای سلامتی افراد بزرگسال شهر شیراز محسوب نمی‌شود. البته با توجه به سمیت بالای آرسنیک معدنی در مقایسه با آرسنیک آلی و سمیت بالاتر متیل مرکوری در مقایسه با سایر فرم‌های جیوه، لازم است در مطالعات آینده فرم‌های مختلف این فلزات سنگین به‌منظور ارزیابی دقیق‌تر خطرات سلامتی ناشی از آنها اندازه‌گیری شود.

سپاسگزاری

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی به‌شماره ۸۹۷۲ می‌باشد که بدین‌وسیله از دانشگاه علوم پزشکی شیراز به‌دلیل حمایت‌های مالی در انجام این پژوهش، صمیمانه قدردانی می‌شود.

تضاد منافع

نویسندگان این مطالعه هیچ گونه تضاد منافعی ندارند.

منابع

- Abbasi kia, S., Jahed Khaniki, G., Shariatifar, N., Nazmara, S. and Akbarzadeh, A. (2015). Contamination of chicken eggs supplied in Tehran by heavy metals and calculation of their daily intake. Journal of Health in the Field, 2: 44-51. [In Persian]
- Abedi, A., Zabihzadeh ,M., Hosseini, H., Eskandari, S. and Ferdowsi, R. (2018). Determination of Lead, Cadmium, Iron and Zinc contents in the meat products supplied in Tehran. Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology, 13: 93-102. [In Persian]
- Ahmed, M.K., Shaheen, N., Islam, M.S., Habibullah-al-mamun, M., Islam, S., Mohiduzzaman, M. et al. (2015). Dietary intake of trace elements from highly consumed cultured fish (*Labeo rohita*, *Pangasius pangasius* and *Oreochromis mossambicus*) and human health risk implications in Bangladesh. Chemosphere, 128: 284-292.
- Akhlaghi, M., Kamali, M., Dastsouz, F., Sadeghi, F. and Amanat, S. (2016). Increased waist-to-height ratio may contribute to age-related increase in cardiovascular risk factors. International Journal of Preventive Medicine, 7.
- Ashot, D.P., Sergey, A.H., Radik, M.B., Arthur, S.S. and Mantovani, A. (2020). Risk assessment of dietary exposure to potentially toxic trace elements in emerging countries: A pilot study on intake via flour-based products in Yerevan, Armenia. Food and Chemical Toxicology, 146: 111768.

- Babaali, E., Rahmdel, S., Berizi, E., Akhlaghi, M., Götz, F. and Mazloomi, S. M. (2020). Dietary intakes of zinc, copper, magnesium, calcium, phosphorus, and sodium by the general adult population aged 20–50 years in Shiraz, Iran: A total diet study approach. Nutrients, 12: 3370.
- Chekri, R., LE Calvez, E., Zinck, J., Leblanc, J.-C., Sirot, V., Hulin, M., Noël, L. and Guérin, T. (2019). Trace element contents in foods from the first French Total Diet Study on infants and toddlers. Journal of Food Composition and Analysis, 78: 108-120.
- Chen, J. and Gao, J. (1993). The Chinese total diet study in 1990. Part I. Chemical contaminants. Journal of AOAC international, 76: 1193-1205.
- Chen, M., Chan, B., Lam, C., Chung, S., Ho, Y. and Xiao, Y. (2014). Dietary exposures to eight metallic contaminants of the Hong Kong adult population from a total diet study. Food Additives & Contaminants: Part A, 31: 1539-1549.
- Cubadda, F., D'amato, M., Aureli, F., Raggi, A. and Mantovani, A. (2016). Dietary exposure of the Italian population to inorganic arsenic: The 2012–2014 Total Diet Study. Food and Chemical toxicology, 98: 148-158.
- Dhaliwal, S.S., Singh, J., Taneja, P.K. and Mandal, A. (2020). Remediation techniques for removal of heavy metals from the soil contaminated through different sources: a review. Environmental Science and Pollution Research, 27: 1319-1333.
- El-Kady, A.A. and Abdel-Wahhab, M.A. (2018) .Occurrence of trace metals in foodstuffs and their health impact. Trends in Food Science & Technology, 75: 36-45.
- Gems, W. (1995). Food–EURO second workshop on reliable evaluation of low-level contamination of food: report on a workshop in the frame of GEMS. Food-EURO. Kulmbach Germany.
- Ghanavati, B., Bozorgian, A. and Esfeh, H.K. (2022). Thermodynamic and kinetic study of adsorption of Cobalt II using adsorbent of Magnesium oxide nanoparticles deposited on chitosan. Progress in Chemical and Biochemical Research, 5.
- Gimou, M.M., Charrondière, U., Leblanc, J.C., Noël, L., Guérin, T. and Pouillot, R. (2013). Dietary exposure and health risk assessment for 11 minerals and trace elements in Yaoundé: The Cameroonian total diet study. Food Additives & Contaminants: Part A, 30: 1556-1572.
- Gimou, M.-M., Charrondière, U. R., Leblanc, J.-C., Pouillot, R., Noël, L. and Guérin, T. (2014). Concentration data for 25 elements in foodstuffs in Yaoundé: the Cameroonian Total Diet Study. Journal of Food Composition and Analysis, 34: 39-55.
- González, N., Marques, M., Nadal, M. and Domingo, J.L. (2021). Temporal trend of the dietary exposure to metals/metalloids: A case study in Tarragona County, Spain. Food Research International, 147, 110469.
- Hatami Manesh, M., Mirzayi, M., Bandegani, M., Sadeghi, M. and Nazsabet, F. (2014). Determination of mercury, lead, arsenic, cadmium and chromium in salt and water of Maharloo Lake, Iran, in different seasons. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences, 23: 91-98. [In Persian]
- Jitaru, P., Ingenbleek, L., Marchond, N., Laurent, C., Adegboye, A., Hossou, S.E., *et al*. (2019). Occurrence of 30 trace elements in foods from a multi-centre Sub-Saharan Africa total diet study: focus on Al, as, Cd, Hg, and Pb. Environment International, 133: 1-12.
- Khanna, P. (2011). Assessment of heavy metal contamination in different vegetables grown in and around urban areas. Research Journal of Environmental Toxicology, 5: 162.
- Koh, E., Shin, H., Yon, M., Nam, J.W., Lee, Y., Kim, D., et al. (2012). Measures for a closer-to-real estimate of dietary exposure to total mercury and lead in total diet study for Koreans. Nutrition Research and Practice, 6: 436-443.
- Kolahkaj, M., Battaleblooie, S., Amanipoor, H. and Modabberi, S. (2017). Study of Arsenic accumulation in rice and its exposure dose in residents of Meydavood area, Khoozestan province. Iranian Journal of Health & Environment, 9: 537-544. [In Persian]
- Leblanc, J.-C., Guérin, T., Noël, L., Calamassi-tran, G., Volatier, J.-L. and Verger, P. (2005). Dietary exposure estimates of 18 elements from the 1st French Total Diet Study. Food additives and contaminants, 22: 624-641.

- Li, L., Feng, H. and Wei, J. (2020). Toxic element (As and Hg) content and health risk assessment of commercially available rice for residents in Beijing based on their dietary consumption. Environmental Science and Pollution Research, 27: 13205-13214.
- Llobet, J., Falco, G., Casas, C., Teixido, A. and Domingo, J. (2003). Concentrations of arsenic, cadmium, mercury, and lead in common foods and estimated daily intake by children, adolescents, adults, and seniors of Catalonia, Spain. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51: 838-842.
- Maitani, T. (2004). Evaluation of exposure to chemical substances through foods-exposure to pesticides, heavy metals, dioxins, acrylamide and food additives in Japan. Journal of Health Science, 50: 205-209.
- Martí-cid, R., Llobet, J.M., Castell, V. and Domingo, J.L. (2008). Dietary intake of arsenic, cadmium, mercury, and lead by the population of Catalonia, Spain. Biological Trace Element Research, 125: 120-132.
- Morgan, J.N. (1999). Effects of processing on heavy metal content of foods. Impact of Processing on Food Safety, 195-211.
- Muñoz, O., Bastias, J.M., Araya, M., Morales, A., Orellana, C., Rebolledo, R., *et al*. (2005). Estimation of the dietary intake of cadmium, lead, mercury, and arsenic by the population of Santiago (Chile) using a Total Diet Study. Food and Chemical Toxicology, 43: 1647-1655.
- Noël, L., Chekri, R., Millour, S., Vastel, C., Kadar, A., Sirot, V., *et al*. (2012). Li, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Se and Mo levels in foodstuffs from the Second French TDS. Food Chemistry, 132: 1502-1513.
- Organization, W.H. (1985). Guidelines for the study of dietary intakes of chemical contaminants. Guidelines for the study of dietary intakes of chemical contaminants.
- Perello, G., Marticid, R., Llobet, J.M. and Domingo, J.L. (2008). Effects of various cooking processes on the concentrations of arsenic, cadmium, mercury, and lead in foods. Journal of agricultural and food chemistry, 56: 11262-11269.
- Pirsaheb, M., Dargahi, A. and Golestanifar, H. (2013). Determination of arsenic in agricultural products, animal products and drinking water of rural areas of Bijar and Gharve, Kurdestan Province. Food Hygiene, 2: 33-42. [In Persian]
- Pourgheysari, H., Moazeni, M., Ebrahimi, A. and Khodabakhshi, A. (2015). Determining contamination of heavy metals in edible salts of Isfahan market in 2011. 14, 1-10. [In Persian]
- Renzoni, A., Zino, F. and Franchi, E. 1998. Mercury levels along the food chain and risk for exposed populations. Environmental Research, 77: 68-72.
- Rose, M., Baxter, M., Brereton, N. and Baskaran, C. (2010). Dietary exposure to metals and other elements in the 2006 UK Total Diet Study and some trends over the last 30 years. Food Additives and Contaminants, 27: 1380-1404.
- Sirot, V., Traore, T., Guérin, T., Noël, L., Bachelot, M., Cravedi, J.-P., *et al*. (2018). French infant total diet study: Exposure to selected trace elements and associated health risks. Food and Chemical Toxicology, 120:625-633.
- Ysart, G., Miller, P., Croasdale, M., Crews, H., Robb, P., Baxter, M., *et al*. (2000). 1997 UK Total Diet Study dietary exposures to aluminium, arsenic, cadmium, chromium, copper, lead, mercury, nickel, selenium, tin and zinc. Food Additives & Contaminants, 17: 775-786.
- Zehra, A., Meena, M., Swapnil, P., Raytekar, N.A. and Upadhyay, R. (2020). Sustainable approaches to remove heavy metals from water. Microbial biotechnology: Basic Research and Applications, 127-146.