مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره پانزدهم، شماره اول، بهار ۱۴۰۱، صفحات ۱۵۳ تا ۱۶۸

Available online: https://ijhe.tums.ac.ir
مقاله پژوهشی

بررسی سمیت بالقوه فلزات سنگین آرسنیک، سرب، مس، جیوه و کادمیوم موجود در چای وارداتی به ایران: یک مطالعه ارزیابی ریسک

غلامعلی جاودان[۱،۲]، حمیدرضا غفاری[۱]، ضحی حیدری نژاد[۳،*]، ناهید زراعی[۱]، سمیه حسینوند تبار[۴]، فاطمه پوررمضانی[۱]، مهرداد احمدی[۱]

۱- مرکز تحقیقات سلامت مواد غذایی، دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان، بندرعباس، ایران
۲- گروه پزشکی اجتماعی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی هرمزگان، بندرعباس، ایران
۳- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران
۴- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۰۷
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۰۲/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۲۱
تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۰۳/۲۱

واژگان کلیدی: فلزات سنگین، چای، ارزیابی ریسک سلامتی

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
z_heidarinejad@yahoo.com

چکیده

زمینه و هدف: چای به‌دلیل عطر، طعم و خواص دارویی مفیدی که دارد به‌عنوان یکی از محبوب‌ترین و پرمصرف‌ترین نوشیدنی‌ها در جهان شناخته شده است. آلودگی چای با فلزات سنگین ممکن است تهدید جدی برای سلامتی انسان باشد. هدف از این مطالعه بررسی غلظت عناصر بالقوه سمی (آرسنیک، سرب، مس، کادمیوم و جیوه) در چای سیاه وارداتی به جنوب ایران و ارزیابی ریسک سرطان‌زایی و غیر سرطان‌زایی مواجهه با آنها برای مصرف‌کنندگان بود.

روش بررسی: بدین منظور ۹۴ نمونه چای سیاه از ۱۵ برند وارداتی از هندوستان در سال ۱۳۹۹ انتخاب شدند. غلظت فلزات سنگین با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. بعد از تعیین غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های چای سیاه ارزیابی ریسک سلامتی با استفاده از تکنیک شبیه‌سازی مونت کارلو تعیین گردید.

یافته‌ها: براساس نتایج میانگین غلظت فلزات سنگین آرسنیک، سرب، مس، کادمیوم و جیوه به ترتیب برابر با ۰/۰۲±۰/۰۳، ۰/۱۶±۰/۲۲، ۷/۶۹±۱۵/۶۷، ۰/۰۱±۰/۰۲ و ۰/۰۰۵±۰/۰۰۶ mg/kg بود. مقادیر شاخص خطر غیر سرطان‌زایی (HQ) فلزات سنگین آرسنیک، سرب، مس، کادمیوم و جیوه به ترتیب برابر با $۱/۰۷\times۱۰^{-۲}$، $۶/۳۷\times۱۰^{-۳}$، $۳/۴۵\times۱۰^{-۵}$، $۲/۰۵\times۱۰^{-۲}$ و $۷/۱۹\times۱۰^{-۴}$ بود.

نتیجه‌گیری: بنابراین با توجه به یافته‌ها می‌توان نتیجه‌گیری کرد که مقادیر غلظت عناصر بالقوه سمی (آرسنیک، سرب، مس، جیوه و کادمیوم) در چای سیاه با سطح استاندارد ایران و رهنمود سازمان جهانی بهداشت سازگار بود. همچنین میانگین شاخص خطر سرطان‌زایی برای فلز آرسنیک $۴/۴۹\times۱۰^{-۶}$ بود که بسیار پایین‌تر از سطح قابل قبول خطر سرطان‌زایی است ($۱۰^{-۶}$). بنابراین مقادیر غلظت پنج عنصر بالقوه سمی در چای سیاه مورد مطالعه هیچ خطر قابل ملاحظه‌ای را برای مصرف‌کنندگان نشان ندادند.

Please cite this article as: Javedan Gh, Ghaffari HR, Heidarinezhad Z, Zeraei N, Hoseinvandtabar S, Pourramezani F, et al. Concentration of potentially toxic elements in black tea imported to Iran: a potential risk assessment study. Iranian Journal of Health and Environment. 2022;15(1):153-68.

Copyright © 2022 Iranian Association of Environmental Health, and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-09-29]

مقدمه

چای، یکی از نوشیدنی‌هایی است که به دلیل عطر، طعم و خواص دارویی مفیدی که دارد بعد از آب جزء محبوب‌ترین و پرمصرف‌ترین نوشیدنی‌ها شناخته شده است. منبع اصلی چای از برگ گیاه Camellia sinensis است. درختان چای عمدتا در برخی از کشورهای آسیایی و آفریقایی مانند چین، هند، سریلانکا، کنیا و زیمبابوه و غیره رشد می‌کنند. دمای مطلوب هوا و خاک برای کشت محصولات چای و عملکرد بالای آن به ترتیب ۳۰-۱۸ و ^{o}C ۲۵-۲۰ است. چای در طیف وسیعی از انواع خاک‌ها مانند خاک‌های آبرفتی، ذغال سنگ، خاک‌های رسوبی و خاک‌های حاصل از خاکستر آتشفشانی کشت می‌شود. چای یک نوشیدنی بدون الکل و کافئین است و حاوی پلی فنول‌ها (کاتچین)، اسیدهای آمینه، اسید تانیک و سایر آنتی اکسیدان‌ها است. چای دارای خواص دارویی زیادی است و در پیشگیری از بسیاری از بیماری‌ها از جمله سرطان، پارکینسون، سکته قلبی و بیماری عروق کرونر نقش دارد. همچنین از چای به منظور رفع سردرد، هضم، تقویت سیستم ایمنی، افزایش طول عمر و محرک و نیرو بخش استفاده می‌شود (۱-۴). همچنین مطالعات نشان داده است که چای عملکرد آنتی اکسیدانی دارد و به کاهش قند خون و سطح چربی خون کمک می‌کند (۵). برخی از عناصر معدنی ضروری منگنز، استرانسیوم، بور، سلنیوم، منگنز، مس و روی در چای وجود دارد که برخی از این عناصر در فعال شدن آنزیم‌های خاصی اهمیت دارند (۶) به طور متوسط روزانه ۱۸ تا ۲۰ میلیارد فنجان چای در جهان مصرف می‌شود که مصرف کنندگان این نوشیدنی عمدتا کشورهای آسیایی و برخی از کشورهای شمال آفریقا و خاورمیانه هستند (۷).

آلودگی محیط زیست توسط فلزات سنگین سمی یک پدیده جهانی است که در اثر فعالیت‌های صنعتی به وجود می‌آید (۸). اخیرا آلودگی چای توسط برخی از عناصر بالقوه سمی مانند آرسنیک، کادمیوم، سرب، مس و جیوه توجه جهانی را به خود جلب کرده است (۲، ۹). مطالعات بسیاری نشان داده است که فلزات سنگین در چای به دلیل کشت گیاه چای در خاک‌های اسیدی و آلوده به فلزات سنگین است و منبع اصلی جذب فلزات سنگین توسط بوته‌ها و محیط رشد آنها صورت می‌گیرد. مصرف غذا و نوشیدنی‌هایی مانند چای یک مسیر اصلی برای ورود فلزات سنگین و مواد سمی به بدن انسان است (۷، ۱۰). قرار گرفتن در معرض آرسنیک منجر به بیماری‌هایی مانند سرطان ریه، سرطان پوست، مشکلات سیستم عصبی می‌شود (۱۱). فلز کادمیوم می‌تواند در کلیه و استخوان‌ها انباشته شود (۹). مواجهه با کادمیوم و سرب منجر به عوارض جانبی قابل ملاحظه‌ای بر سلامت انسان از جمله اثرات نامطلوب بر کلیه‌ها، سیستم شنوایی، ایجاد عقب ماندگی ذهنی در کودکان، فشار خون بالا و سرطان‌زایی می‌شود (۱۲). مس از جمله فلزات ضروری است که کمبود آن ممکن است مشکلاتی برای سلامتی انسان ایجاد کند، اما درصورتی‌که به مقدار بیش از حد مجاز بلعیده شود اثرات نامطلوبی بر سلامتی انسان داد (۱۳).

ارزیابی ریسک یک فرایند علمی جهت تخمین اثرات بالقوه عوامل مختلف خطر برای انسان است. تکنیک‌های ارزیابی ریسك ممکن است شامل رویکردهای کاملا کیفی، تا انواع نیمه کیفی و انواع کمی طبقه‌بندی می‌شوند. شناسایی خطر اولین مرحله ارزیابی ریسک است که در آن هر ماده یا فرایندی که بر سلامتی افراد در معرض مواجهه (کارگران، عموم مردم و یا دیگر افراد) تأثیر نامطلوب داشته باشد را شناسایی می‌کند. ارزیابی رابطه دوز-پاسخ نشان می‌دهد که احتمال وقوع و شدت اثرات سوء بر سلامت با چه دوزی از یک عامل مربوط می‌شود به‌عبارت‌دیگر نشان می‌دهد در چه غلظتی اثر سوء به وجود می‌آید و درنهایت ارزیابی مواجهه فرایند اندازه‌گیری مقدار، فرکانس و مدت زمان مواجهه انسان با یک عامل است (۱۴-۱۶). با توجه به اهمیت حفظ سلامتی مواد غذایی و ضرورت بررسی غلظت فلزات سنگین در چای سیاه، این مطالعه با هدف اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین در چای سیاه وارداتی به شهر بندرعباس و ارزیابی ریسک سرطان‌زایی و غیر سرطان‌زایی آنها انجام شد.

مواد و روش‌ها

_ نمونه برداری

این مطالعه توصیفی-مقطعی در سال ۱۳۹۹ در شهر بندرعباس

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-09-29]

انجام شد. نمونه‌های چای سیاه خشک، از فروشگاه‌ها و سوپرمارکت‌های شهر بندرعباس جمع آوری شدند. به منظور این هدف، تعداد ۹۴ نمونه چای سیاه خشک از ۱۵ برند وارداتی از کشور هندوستان به روش نمونه‌برداری تصادفی از فروشگاه‌ها و سوپرمارکت‌های سطح شهر بندرعباس انتخاب شدند (معادله ۱). سپس ۲۵ g از هر نمونه چای سیاه خشک در یک کیسه پلی‌اتیلنی نگهداری شد و نمونه‌ها جهت تعیین غلظت عناصر بالقوه سمی، آرسنیک، سرب، کادمیوم، مس و جیوه به آزمایشگاه انتقال داده شدند (۱۷، ۱۸) .

محاسبه حجم نمونه چای سیاه خشک مطابق با معادله ۱ انجام گرفت.

با توجه به پژوهش‌های گذشته انحراف معیار ۹ mg/kg و سطح اطمینان ۹۵ درصد (Z= ۱/۹۶) و دقت برابر با ۱/۸۱ بود.

$$n = \frac{Z^2_{1-\frac{\propto}{2}} \times \sigma^2}{d^2} \quad (1)$$

_ آماده‌سازی نمونه‌ها و اندازه‌گیری فلزات سنگین

جهت تعیین غلظت عناصر بالقوه سمی، سرب، کادمیوم و مس در چای سیاه، مقدار g ۵ از نمونه چای توسط کوره الکتریکی در دمای ۴۵۰ °C به مدت ۸ h سوزانده شد. پس از سوختن کامل نمونه و بدست آمدن خاکستر سفید، نمونه از کوره خارج و در هوای آزاد خنک شد. سپس به خاکستر مقدار ۵ mL اسیدکلریدریک ۶ M اضافه شد و بر روی هیتر قرار داده شد تا اسید آن کاملا تبخیر شد. بعد از اضافه کردن مقداری اسیدنیتریک ۰/۱ N به باقیمانده خاکستر، به مدت ۱ h نمونه در حالت سکون قرار داده شد و درنهایت محلول به دست آمده به بالن ژوژه ۵۰ mL منتقل شد و به حجم رسانده شد. محتوای سرب و کادمیوم نمونه‌ها با دستگاه طیف سنجی جذب اتمی مجهز به کوره گرافیتی با دقت ۰/۰۰۱ ± اندازه گیری شد. محتوای مس نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی شعله آنالیز شد (۱۹).

برای تعیین آرسنیک در نمونه‌های چای سیاه، g ۵ از هر نمونه با $8MgO\ 6H_2O$ و $MgNO_3$ و اسید نیتریک ۳۲ درصد به نسبت ۲۰:۵ مخلوط شد و بر روی هیتر با دمای ۱۰۰ °C قرار داده شد. سپس مخلوط در کوره الکتریکی با دمای ۴۲۵±۲۵ °C به مدت ۱۲ h قرار داده شد. آنگاه به مدت ۲ تا ۳ h، حرارت دادن توسط کوره الکتریکی همراه با افزودن ۵ mL اسید نیتریک ادامه یافت. درنهایت نمونه خشک شده با آب مقطر و مخلوط اسید اسکوربیک و یدید پتاسیم در اسید کلریدریک ۶ M مخلوط شدند و محلول بدست آمده توسط فیلتر غشایی ۰/۴۵ µm فیلتر شد و با استفاده از اسید کلریدریک ۶ M رقیق شد. اندازه‌گیری آرسنیک کل در نمونه‌ها با دستگاه تولید هیرید مدل GBC HG ۳۰۰۰ انجام شد (۱۹).

جهت تعیین مقدار جیوه موجود در نمونه‌های چای سیاه، مقدار ۱۰ g از نمونه چای توزین شد، سپس به نمونه‌ها ۲۰ mL محلول اسید نیتریک ۷ M و ۲۵ mL محلول اسید سولفوریک ۹ M و ۱ mL محلول سدیم مولیبدات ۲ درصد اضافه شد. آنگاه بالن حاوی نمونه را به مدت ۱ h به آرامی جوشانده شد و بعد از خنک شدن نمونه، به آن ۲۰ mL محلول اسیدنیتریک و اسید پرکلریک ۱:۱ اضافه شد و به مدت ۱۰ min جوشانده شد. سپس نمونه را خنک کرده و به آن ۱۰ mL آب دیونیزه اضافه شده و به مدت ۱۰ min حرارت داده شد. سپس نمونه خنک شده در بالن ۱۰۰ mL توسط کاغذ صافی واتمن صاف شد و با محلول اسید سولفوریک ۰/۵ M به حجم رسانده شد. درنهایت محتوای جیوه نمونه‌های چای توسط دستگاه طیف سنج جذب اتمی تعیین شد.

همچنین مقادیر حد تشخیص روش (LOD) دستگاه برای فلزات سنگین آرسنیک، سرب، مس، جیوه و کادمیوم به ترتیب برابر با ۰/۰۰۰۲۱، ۰/۰۰۱۳، ۰/۰۳۳، ۰/۰۰۰۰۶۱ و ۰/۰۰۰۲۱ بود و میزان حد تعیین مقدار (LOQ) دستگاه برای فلزات سنگین آرسنیک، سرب، مس، جیوه و کادمیوم به ترتیب برابر با ۰/۰۰۳، ۰/۰۰۱، ۰/۰۱۲، ۰/۰۰۲ و ۰/۰۰۱ بود.

_ ارزیابی ریسک سلامتی

ارزیابی مواجهه ریسک غیرسرطان‌زایی

ارزیابی ریسک فرایند شناسایی، تجزیه و تحلیل و ارزشیابی ریسک است. فرایند ارزیابی ریسک طی چهار مرحله شامل: تعیین خطر، ارزیابی دوز-پاسخ، ارزیابی مواجهه و مشخص کردن ریسک انجام می‌شود (۲۰). ارزیابی ریسک غیر سرطان‌زایی

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-09-29]

فلزات سنگین در نمونه‌های چای مطابق با روش ضریب خطر (HQ) ارائه شده توسط USEPA 2007 انجام شد (۲۱). بدین منظور برآورد مصرف روزانه (EDI) و مقدار نسبت خطر (HQ) مطابق با معادلات ۲ و ۳ محاسبه شد.

$$EDI = \frac{(EF \times ED \times FI \times MC)}{(BW \times AT)} \quad (۲)$$

$$HQ = \frac{EDI}{RfD} \quad (۳)$$

در این معادلات، EDI برآورد مصرف روزانه (mg/kg.day)، EF فرکانس در معرض قرارگیری (days/year)، ED طول مدت مواجهه (years) و FI میزان مصرف چای (g/n.day)، AT متوسط زمان (years × days)، BW متوسط وزن مصرف‌کنندگان (kg) و MC غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های چای (mg/kg dry weight) است و غلظت‌های مشاهده نشده نمونه‌ها را برابر با نصف LOD در نظر گرفته شد. مقادیر نسبت خطر (HQ) کمتر از ۱ نشان دهنده عدم وجود احتمال بروز اثرات غیرسرطان‌زایی برای مصرف کنندگان است و اگر HQ بزرگ‌تر از ۱ باشد، اثرات غیر سرطان‌زایی ممکن است در مصرف کنندگان ایجاد شود (۱۹، ۲۲، ۲۳).

در مطالعه حاضر، میزان مصرف سرانه چای در ایران مطابق با مطالعات انجام شده توسط Naghipour و همکاران، Ghale Askari و همکاران، Pourramezani و همکاران برابر با g/n.day ۶ در نظر گرفته شد (۱۹، ۲۴، ۲۵).

ـ ارزیابی مواجهه ریسک سرطان‌زایی

ارزیابی ریسک سرطان‌زایی آرسنیک مطابق با معادله ۴ محاسبه شد.

$$LTCR = EDI \times SF \quad (۴)$$

که EDI برآورد مصرف روزانه (mg/kg.day) و SF فاکتور شیب عنصر سرطان‌زا $(mg/kg\ day)^{-1}$ است. مقدار فاکتور شیب سرطان‌زایی طبق گزارشات USEPA برابر با ۱/۵ mg/kg.day است.

مشخصات آماری پارامترهای ریسک جهت محاسبه HQ و LTCR عناصر بالقوه سمی (آرسنیک، سرب، مس، کادمیوم و جیوه) در جدول ۱ نشان داده شده است. براساس رهنمودهای USEPA درصورتی‌که مقادیر تخمین زده ریسک سرطان‌زایی (LTCR) کمتر از 10^{-6} باشد، ریسک سرطان‌زایی ناچیز یا قابل چشم‌پوشی است. چنانچه در محدوده 10^{-4} تا 10^{-6} باشد، ریسک سرطان‌زایی قابل قبول و در صورتی‌که مقدار آن از 10^{-4} بیشتر باشد، ریسک سرطان‌زایی غیرقابل قبول است (۱۸). همانطور که در جدول ۱ مشخص است، غلظت فلزات سنگین آرسنیک و مس از توزیع آماری Lognormal پیروی می‌کند، که میانگین و انحراف معیار غلظت‌ها برای آرسنیک و کادمیوم به ترتیب برابر با ۰/۰۲±۰/۰۴ و ۴/۱۸±۱۵/۹۳ بود. درحالی‌که غلظت فلزات سنگین کادمیوم، جیوه و سرب از توزیع آماری بتا تبعیت می‌کرد.

به دلیل عدم قطعیت و تغییرپذیری مربوط به مقادیر ثابت پارامترها در معادله شاخص ارزیابی ریسک، محاسبه HQ با استفاده از شبیه‌سازی Monte-Carlo با ۱۰۰۰۰ تکرار با استفاده از نرم افزار Oracle Crystal ball (ورژن۱۱.۱.۲.۴, Oracle, Inc., US) انجام گردید.

یافته‌ها

نتایج آمار توصیفی ارزیابی خطر سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی فلزات سنگین (As، Cd، Pb، Cu و Hg) در چای سیاه وارداتی به ایران در جدول ۲ نشان داده شده است.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-09-29]

جدول ۱- پارامترهای ریسک اعمال شده برای محاسبه HQ و LTCR برای عناصر کمیاب در چای وارداتی به ایران

پارامترها	توزیع آماری	مقادیر	منبع
غلظت آرسنیک	Lognormal	Mean:۰/۰۴ STD: ۰/۰۲	مطالعه حاضر
غلظت سرب	Beta distribution	Minimum: ۰/۰۰ Maximum: ۱۰/۹۸ Alpha: ۲/۴۸ Beta: ۱۰۰	مطالعه حاضر
غلظت کادمیوم	Beta distribution	Minimum: ۰/۰۰ Maximum: ۰/۱۱ Alpha: ۲/۵۳ Beta: ۹/۱۹	مطالعه حاضر
غلظت مس	Lognormal	Mean: ۱۵/۹۳ STD: ۴/۱۸	مطالعه حاضر
غلظت جیوه	Beta distribution	Minimum: ۰/۰۰ Maximum: ۰/۰۲ Alpha: ۰/۵۶ Beta:۱/۲۰	مطالعه حاضر
فرکانس در معرض قرارگیری (day/year)	-	۳۶۵	(۱۸)
طول مدت مواجهه (year)	-	۶۵	(۲۶)
میزان مصرف چای (g/day)	-	۶	(۲۴)
دوز مرجع (mg/kg.day)	-	۰/۰۰۰۳ for As ۰/۰۰۰۱ for Cd ۰/۰۰۶ for Pb ۴۰ for Cu ۵ for Hg	(۱۸)
متوسط وزن مصرف‌کنندگان (kg)	-	۷۰	(۱۸)
متوسط زمان (day)	-	۲۳۷۲۵* ۲۵۵۵۰**	(۲۶)

* متوسط زمان در معرض قرارگیری (days) برای غیرسرطان‌زا = ۳۶۵ days per year × (۶۵ years)

** متوسط زمان در معرض قرارگیری (days) برای سرطان‌زا = ۳۶۵ days per year × (۷۰ years)

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-09-29]

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-09-29]

جدول ۲- آمار توصیفی ارزیابی خطر سرطان‌زایی و غیر سرطان‌زایی فلزات سنگین (As، Cd، Pb، Cu و Hg) در چای وارداتی به ایران

STATISTICS	As				Cd		Pb		Cu		Hg	
	EDI-C (mg/kg.day)	EDI-NC (mg/kg.day)	HQ	LTCR	EDI (mg/kg.day)	HQ	EDI (mg/kg.day)	HQ	EDI (mg/kg.day)	HQ	EDI (mg/kg.day)	HQ
MEAN	۲/۹۹×۱۰ $^{-۶}$	۳/۲۲×۱۰ $^{-۶}$	۱/۰۷×۱۰ $^{-۲}$	٤/٤۹×۱۰ $^{-٦}$	۲/۰٥×۱۰ $^{-٦}$	۲/۰٥×۱۰ $^{-۲}$	۱/٥۹×۱۰ $^{-۱}$	٦/۳۷×۱۰ $^{-۳}$	۱/۳۸×۱۰ $^{-۳}$	۳/٤٥×۱۰ $^{-٥}$	۳/٥۹×۱۰ $^{-۳}$	۷/۱۹×۱۰ $^{-٤}$
MEDIAN	۲/٦۳×۱۰ $^{-٦}$	۲/۸۳×۱۰ $^{-٦}$	۹/٤۳×۱۰ $^{-۳}$	۳/۹٤×۱۰ $^{-٦}$	۱/۹۰×۱۰ $^{-٦}$	۱/۹۰×۱۰ $^{-۲}$	۱/۳۹×۱۰ $^{-۱}$	٥/٥٦×۱۰ $^{-۳}$	۱/۳۸×۱۰ $^{-۳}$	۳/٤٥×۱۰ $^{-٥}$	۲/۷۳×۱۰ $^{-۳}$	٥/٤٦×۱۰ $^{-٤}$
STD	۱/۹۱×۱۰ $^{-٦}$	۲/۰٦×۱۰ $^{-٦}$	٦/۸٥×۱۰ $^{-۳}$	۲/۸٦×۱۰ $^{-٦}$	۱/۰۸×۱۰ $^{-٦}$	۱/۰۸×۱۰ $^{-۲}$	۹/۹۷×۱۰ $^{-۲}$	۳/۹۹×۱۰ $^{-۳}$	٦/٤٥×۱۰ $^{-٤}$	۱/٦۱×۱۰ $^{-٥}$	۳/۱٥×۱۰ $^{-۳}$	٦/۳۱×۱۰ $^{-٤}$
P_{10}	۹/۸۷×۱۰ $^{-۷}$	۱/۰٦×۱۰ $^{-٦}$	۳/٥٤×۱۰ $^{-۳}$	۱/٤۸×۱۰ $^{-٦}$	۷/٦٤×۱۰ $^{-٦}$	۷/٦٤×۱۰ $^{-۳}$	٥/۱۲×۱۰ $^{-۲}$	۲/۰٥×۱۰ $^{-۳}$	٦/۰۱×۱۰ $^{-٤}$	۱/٥۰×۱۰ $^{-٥}$	۱/٦٦×۱۰ $^{-٤}$	۳/۳۱×۱۰ $^{-٥}$
P_{20}	۱/٤٤×۱۰ $^{-٦}$	۱/٥٥×۱۰ $^{-٦}$	٥/۱۸×۱۰ $^{-۳}$	۲/۱٦×۱۰ $^{-٦}$	۱/۰۹×۱۰ $^{-٦}$	۱/۰۹×۱۰ $^{-۲}$	۷/٥۱×۱۰ $^{-۲}$	۳/۰۰×۱۰ $^{-۳}$	۸/۸۳×۱۰ $^{-٤}$	۲/۲۱×۱۰ $^{-٥}$	٥/٤۰×۱۰ $^{-٤}$	۱/۰۸×۱۰ $^{-٤}$
P_{30}	۱/۸٥×۱۰ $^{-٦}$	۱/۹۹×۱۰ $^{-٦}$	٦/٦۳×۱۰ $^{-۳}$	۲/۷۷×۱۰ $^{-٦}$	۱/۳۷×۱۰ $^{-٦}$	۱/۳۷×۱۰ $^{-۲}$	۹/٦۲×۱۰ $^{-۲}$	۳/۸٥×۱۰ $^{-۳}$	۱/۰۸×۱۰ $^{-۳}$	۲/۷۰×۱۰ $^{-٥}$	۱/۱۲×۱۰ $^{-۳}$	۲/۲٥×۱۰ $^{-٤}$
P_{40}	۲/۲۲×۱۰ $^{-٦}$	۲/۳۹×۱۰ $^{-٦}$	۷/۹۷×۱۰ $^{-۳}$	۳/۳۳×۱۰ $^{-٦}$	۱/٦۳×۱۰ $^{-٦}$	۱/٦۳×۱۰ $^{-۲}$	۱/۱۷×۱۰ $^{-۱}$	٤/٦۷×۱۰ $^{-۳}$	۱/۲۳×۱۰ $^{-۳}$	۳/۰۸×۱۰ $^{-٥}$	۱/۸۳×۱۰ $^{-۳}$	۳/٦۷×۱۰ $^{-٤}$
P_{50}	۲/٦۳×۱۰ $^{-٦}$	۲/۸۳×۱۰ $^{-٦}$	۹/٤۳×۱۰ $^{-۳}$	۳/۹٤×۱۰ $^{-٦}$	۱/۹۰×۱۰ $^{-٦}$	۱/۹۰×۱۰ $^{-۲}$	۱/۳۹×۱۰ $^{-۱}$	٥/٥٦×۱۰ $^{-۳}$	۱/۳۸×۱۰ $^{-۳}$	۳/٤٥×۱۰ $^{-٥}$	۲/۷۳×۱۰ $^{-۳}$	٥/٤٦×۱۰ $^{-٤}$
P_{60}	۳/۰۸×۱۰ $^{-٦}$	۳/۳۱×۱۰ $^{-٦}$	۱/۱۰×۱۰ $^{-۲}$	٤/٦۱×۱۰ $^{-٦}$	۲/۱۹×۱۰ $^{-٦}$	۲/۱۹×۱۰ $^{-۲}$	۱/٦٤×۱۰ $^{-۱}$	٦/٥٤×۱۰ $^{-۳}$	۱/٥۱×۱۰ $^{-۳}$	۳/۷۹×۱۰ $^{-٥}$	۳/۸۱×۱۰ $^{-۳}$	۷/٦۱×۱۰ $^{-٤}$
P_{70}	۳/٦۰×۱۰ $^{-٦}$	۳/۸۸×۱۰ $^{-٦}$	۱/۲۹×۱۰ $^{-۲}$	٥/٤۰×۱۰ $^{-٦}$	۲/٥۲×۱۰ $^{-٦}$	۲/٥۲×۱۰ $^{-۲}$	۱/۹۳×۱۰ $^{-۱}$	۷/۷۱×۱۰ $^{-۳}$	۱/٦۷×۱۰ $^{-۳}$	٤/۱۸×۱۰ $^{-٥}$	٥/۱۲×۱۰ $^{-۳}$	۱/۰۲×۱۰ $^{-۳}$
P_{80}	٤/۳۱×۱۰ $^{-٦}$	٤/٦٤×۱۰ $^{-٦}$	۱/٥٥×۱۰ $^{-۲}$	٦/٤٦×۱۰ $^{-٦}$	۲/۹٤×۱۰ $^{-٦}$	۲/۹٤×۱۰ $^{-۲}$	۲/۳۲×۱۰ $^{-۱}$	۹/۲۸×۱۰ $^{-۳}$	۱/۸۷×۱۰ $^{-۳}$	٤/٦۷×۱۰ $^{-٥}$	٦/٦۹×۱۰ $^{-۳}$	۱/۳٤×۱۰ $^{-۳}$
P_{90}	٥/۳۷×۱۰ $^{-٦}$	٥/۷۹×۱۰ $^{-٦}$	۱/۹۳×۱۰ $^{-۲}$	۸/۰٦×۱۰ $^{-٦}$	۳/٥٦×۱۰ $^{-٦}$	۳/٥٦×۱۰ $^{-۲}$	۲/۹٤×۱۰ $^{-۱}$	۱/۱۸×۱۰ $^{-۲}$	۲/۱٦×۱۰ $^{-۳}$	٥/٤۱×۱۰ $^{-٥}$	۸/٥٤×۱۰ $^{-۳}$	۱/۷۱×۱۰ $^{-۳}$

دوره یازدهم/ شماره اول/ بهار ۱۴۰۱
فصلنامه علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران
ijhe.tums.ac.ir

غلظت فلزات سنگین در چای مصرفی

میانگین غلظت فلزات سنگین در چای سیاه مورد مطالعه و مقایسه مقادیر غلظت فلزات سنگین با رهنمودهای سازمان جهانی بهداشت و استاندارد ملی ایران در جدول ۳ ذکر شده است.

جدول ۳- میانگین غلظت فلزات سنگین و مقایسه آن با استانداردهای چای (mg/kg)

فلزات سنگین	میانگین± انحراف معیار	رهنمود WHO	استاندارد ملی ایران
As	۰/۰۳۷ ± ۰/۰۲۳	۲/۲	۰/۱۵
Cd	۰/۰۲۱ ± ۰/۰۱۳	۳	۰/۱
Pb	۰/۲۲۵ ± ۰/۱۶۶	۱۰	۱
Cu	۱۵/۶۷۶ ± ۷/۶۹۴	-	۵۰
Hg	۰/۰۰۶± ۰/۰۰۵	-	۰/۰۲

_ آرسنیک

میانگین و انحراف استاندارد غلظت فلز آرسنیک (As) در چای سیاه برابر با mg/kg ۰/۰۲ ± ۰/۰۳ مشاهده شد (جدول ۳). در مطالعه حاضر شاخص EDI و HQ برای فلز آرسنیک در چای‌های وارداتی به ایران به ترتیب mg/kg.day $۱/۹۱\times۱۰^{-۶}\pm۲/۹۹\times۱۰^{-۶}$ و $۶/۸۵\times۱۰^{-۳}\pm۱/۰۷\times۱۰^{-۲}$ بود. ریسک غیر سرطان‌زایی شاخص EDI برای فلز آرسنیک mg/kg.day $۲/۰۶\times۱۰^{-۶}\pm۳/۲۲\times۱۰^{-۶}$ بود (شکل ۱). همچنین شاخص ریسک سرطان‌زایی (LTCR) برای غلظت آرسنیک در مطالعه $۲/۸۶\times۱۰^{-۶}\pm۴/۴۹\times۱۰^{-۶}$ محاسبه شد (شکل ۳).

_ کادمیوم

در مطالعه حاضر شاخص EDI و HQ برای فلز کادمیوم در چای‌های وارداتی به ایران به ترتیب mg/kg.day $\times۱۰^{-۶}$ $۱/۰۸\times۱۰^{-۶}\pm۲/۰۵\times۱۰^{-۶}$ و $۱/۰۸\times۱۰^{-۲}\pm۲/۰۵\times۱۰^{-۲}$ بود. همچنین میانگین غلظت کادمیوم برابر با mg/kg ۰/۰۱۳±۰/۰۲۱ مشاهده شد (جدول ۳).

_ سرب

میانگین غلظت فلز سرب (Pb) در نمونه‌های اندازه‌گیری شده برابر با mg/kg ۰/۱۶۶±۰/۲۲۵ بود (جدول ۳). در مطالعه حاضر شاخص EDI و HQ برای فلز سرب در چای‌های وارداتی به ایران به ترتیب mg/kg.day $۹/۹۷\times۱۰^{-۲}\pm۱/۵۹\times۱۰^{-۱}$ و

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-09-29]

$۶/۳۷\times۱۰^{-۳}\pm۳/۹۹\times۱۰^{-۳}$ بود.

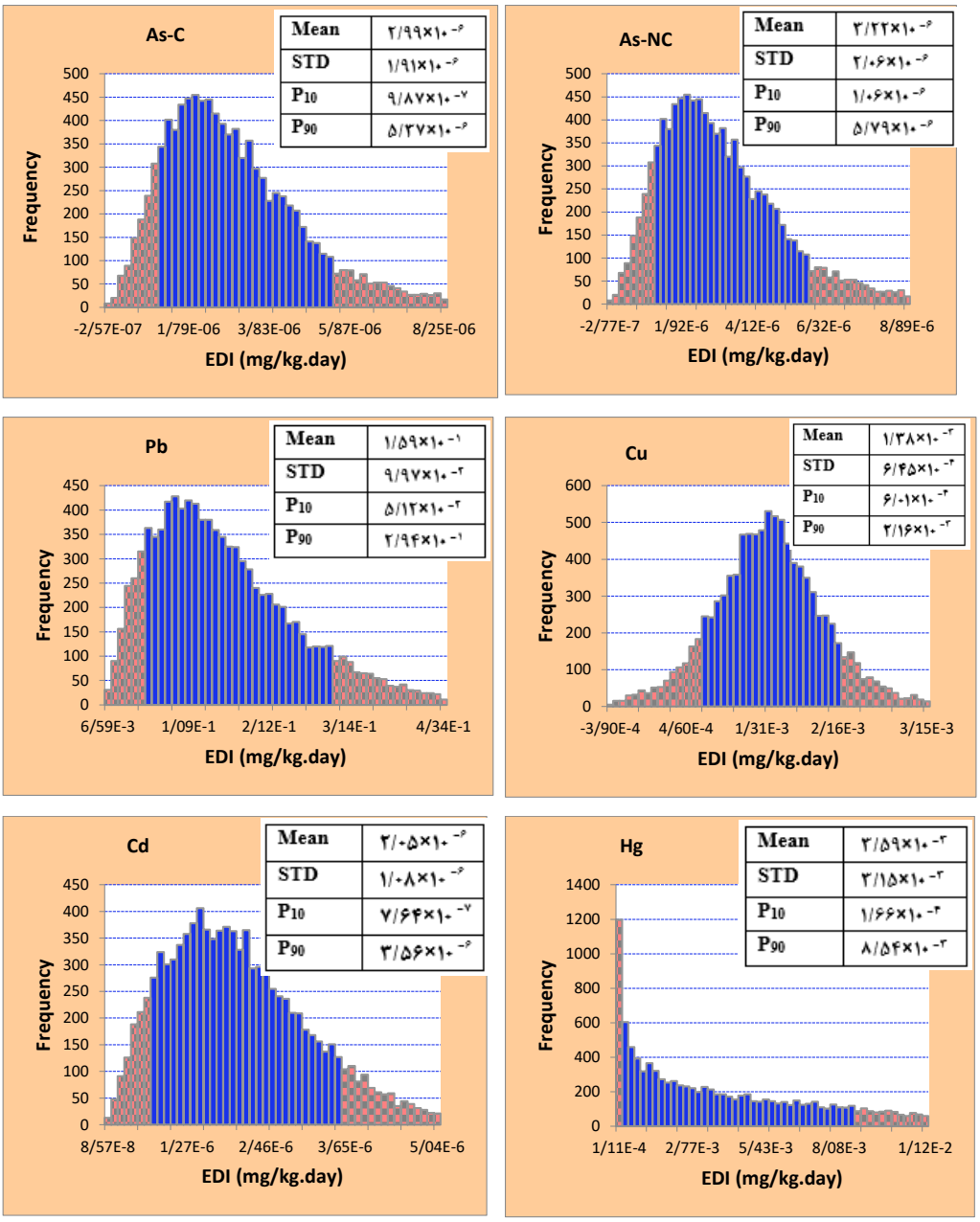
ـ مس

همانطور که در جدول ۳ نشان داده شده است، میانگین و انحراف استاندارد غلظت مس در نمونه‌های چای mg/kg ۱۵/۶۷۶±۷/۶۹۴ بود. در این مطالعه شاخص EDI و HQ برای فلز مس در چای‌های وارداتی به ایران به ترتیب mg/kg.day $۱/۳۸\times۱۰^{-۳}\pm۶/۴۵\times۱۰^{-۴}$ و $۱/۶۱\times۱۰^{-۵}\pm$

$۳/۴۵\times۱۰$ بود (شکل ۱ و ۲).

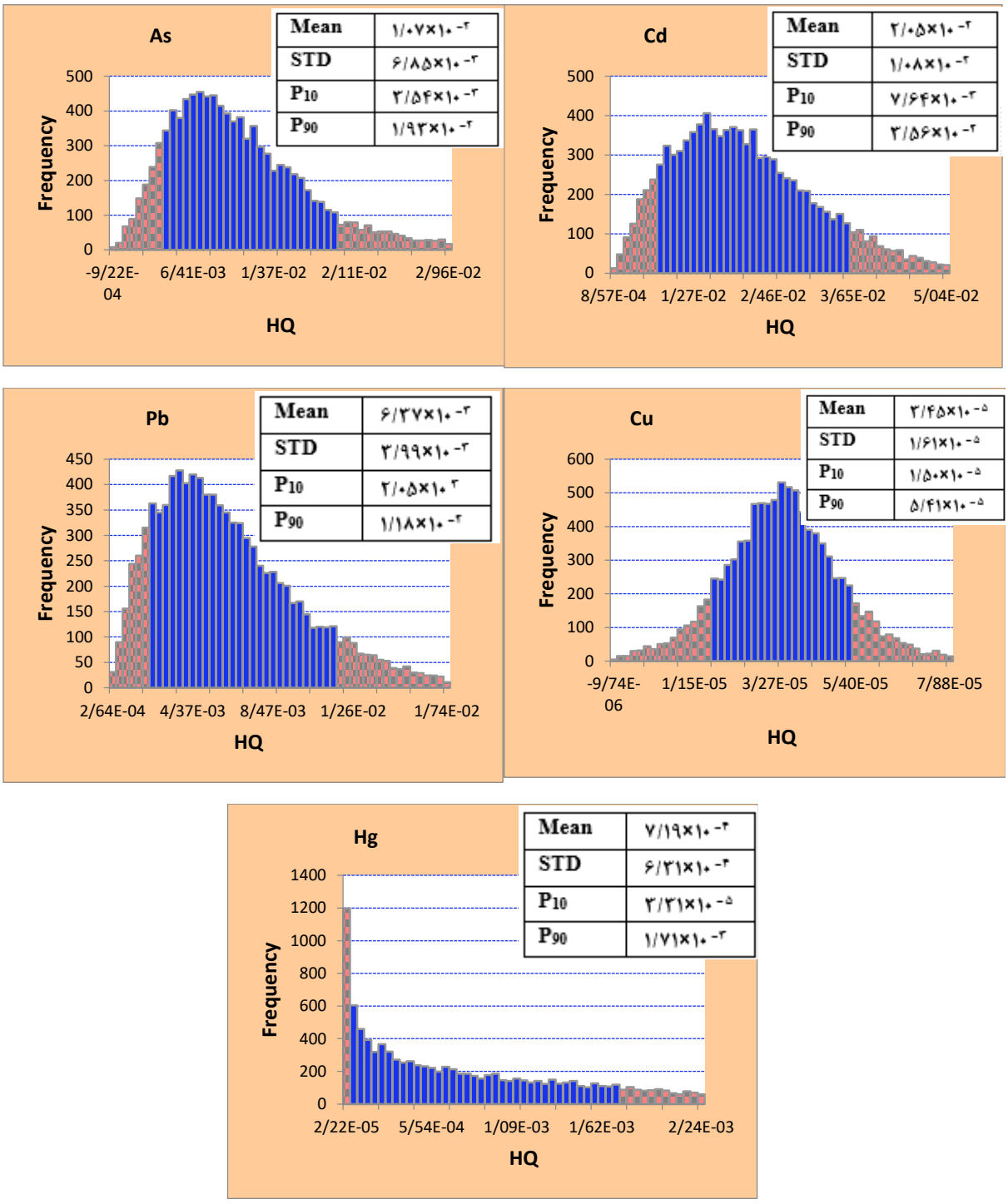
- جیوه

مقادیر شاخص EDI و HQ برای فلز جیوه در چای‌های وارداتی به ایران به ترتیب mg/kg.day $۳/۱۵\times۱۰^{-۳}\pm$ و $۳/۵۹\times۱۰^{-۳}$ و $۶/۳۱\times۱۰^{-۴}\pm$ $۷/۱۹\times۱۰^{-۴}$ بود. همچنین میانگین غلظت فلز جیوه در نمونه‌های چای mg/kg ۰/۰۰۶±۰/۰۰۵ مشاهده شد.



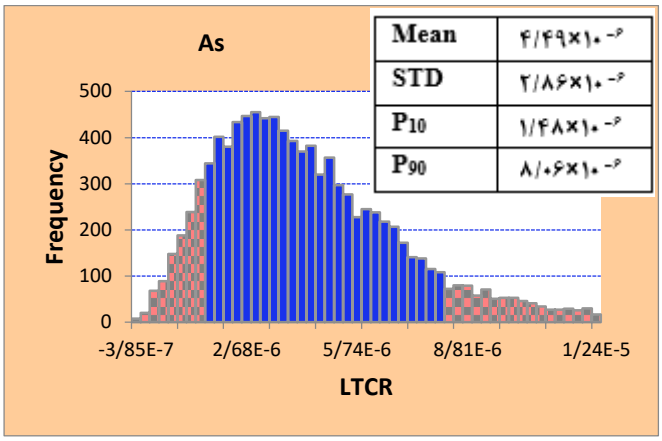
شکل ۱- مقادیر EDI شبیه سازی شده برای فلزات سنگین(As، Cd، Pb، Cu و Hg)

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-09-29]



شکل ۲- مقادیر HQ شبیه سازی شده برای فلزات سنگین(As، Cd، Pb، Cu و Hg)

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-09-29]



شکل ۳- مقادیر LTCR شبیه سازی شده برای As

بحث

غلظت فلزات سنگین در چای مصرفی

_ آرسنیک

فلز آرسنیک در خاک رس، خاکسترهای آتشفشانی، اکسیدهای آهن و موادی با خاصیت آلی و معدنی وجود دارد (۲۷). همچنین استفاده از کودهای شیمیایی، قارچ کش‌ها و حشره‌کش‌ها منبع مهمی برای افزایش غلظت فلزات سنگین و عناصر موجود در خاک و محصولات کشاورزی است.

براساس رهنمودهای USEPA، در صورتی‌که مقدار شاخص HQ کمتر از ۱ باشد بیانگر این است که احتمال ریسک غیرسرطان‌زایی ناشی از مصرف چای سیاه در جمعیت مصرف کننده وجود ندارد در صورتی‌که مقدار این شاخص بیش از یک باشد، ممکن است نگرانی ناشی از اثرات غیرسرطان‌زایی وجود داشته باشد (۱۸). با توجه به اینکه مقدار شاخص HQ برای فلز سنگین آرسنیک در چای سیاه در مطالعه حاضر کمتر از ۱ بود می‌توان نتیجه گرفت که نگرانی ناشی از اثرات غیر سرطان‌زایی از مصرف چای سیاه وجود ندارد.

همچنین براساس رهنمودهای USEPA، چنانچه ریسک سرطانی کمتر از 10^{-6} باشد، ریسک سرطان‌زایی ناچیز یا قابل چشم‌پوشی است. چنانچه ریسک سرطان‌زایی در محدوده 10^{-4} تا 10^{-6} باشد، ریسک سرطان‌زایی قابل قبول و چنانچه مقدار آن از 10^{-4} بیشتر باشد، ریسک سرطان‌زایی غیرقابل قبول است (۱۸). با توجه به اینکه مقدار شاخص ریسک سرطان‌زایی (LTCR) برای غلظت آرسنیک در نمونه‌های چای مطالعه حاضر پایین‌تر از سطح غلظت قابل قبول قرار داشت، بنابراین ریسک سرطان‌زایی ناشی از مصرف چای سیاه در مصرف‌کنندگان بسیار ناچیز و قابل چشم‌پوشی است.

حد مجاز فلز آرسنیک در چای‌های مصرفی توسط رهنمود WHO و استاندارد ملی ایران به ترتیب برابر با ۲/۲ و ۰/۱۵ mg/kg اعلام گردیده است (۱۸، ۱۹، ۲۸) و مشاهده شد که غلظت فلز آرسنیک در چای‌های مورد مطالعه از سطح استاندارد پایین‌تر بود. از جمله عوارض بهداشتی آرسنیک شامل سرطان‌های ریه، مثانه، کلیه، پوست و پروستات، ملانوز، هایپرکراتوز، بیماری محدود کننده ریه، بیماری عروق محیطی، گانگرن، دیابت قندی، فشار خون بالا و بیماری ایسکمیک قلب است (۲۹). مطالعه Cao و همکاران نشان داد که غلظت فلز آرسنیک در نمونه چای خام mg/kg.day ۰/۱۶±۰/۰۶ بود و غلظت آن نسبت به چای تخمیر شده کمتر بود. این مطالعه همچنین نشان داد که تخمیر باعث افزایش غلظت تمام فلزات سنگین به جز کادمیوم می‌شود. در این مطالعه شاخص HQ برای فلز آرسنیک در شهر Puer برابر با $8/02\times10^{-2}\pm8/33\times10^{-2}$ محاسبه شد، که بیشتر از مقدار غلظت آرسنیک در نمونه‌های چای مطالعه حاضر بود (۳۰). همچنین مطالعه Zhang و همکاران در چین نشان داد که میانگین

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-09-29]

شاخص EDI فلز آرسنیک در برگ‌های جوان و پیر چای به ترتیب $۲/۰۸\times۱۰^{-۶}$ و $۹/۴۸\times۱۰^{-۶}$ mg/kg.day بود و نشان داد که غلظت فلز آرسنیک در برگ‌های تازه چای کمتر بود (۳۱).

_ *کادمیوم*

کادمیوم یکی از سمی‌ترین فلزات سنگین است که باعث ایجاد اختلالات کلیوی، ضایعات استخوانی، افزایش فشار خون و سرطان در انسان می‌شود (۳۲). با توجه به مقدار شاخص HQ در چای سیاه مورد مطالعه (HQ<۱)، احتمال ریسک غیرسرطان‌زایی ناشی از مصرف چای سیاه در جمعیت مصرف‌کننده وجود ندارد. حد مجاز فلز کادمیوم در چای‌های مصرفی توسط رهنمود WHO و استاندارد ملی ایران به ترتیب برابر با ۳ و ۰/۱mg/kg اعلام گردیده است (۱۸). با توجه به اینکه میانگین غلظت کادمیوم برابر با $۰/۰۱۳\pm۰/۰۲۱$ mg/kg بود (جدول ۳)، بنابراین کمتر از مقادیر رهنمود WHO و استاندارد ملی ایران بود. مطالعه Cao و همکاران نشان داد که غلظت فلز کادمیوم در نمونه چای خام $۰/۰۳۲\pm۰/۰۸۸$ mg/kg.day بود و غلظت آن نسبت به چای تخمیر شده بیشتر بود (۳۰). همچنین مطالعه Ashraf و همکاران در عربستان نشان داد که بیشترین غلظت فلز کادمیوم در چای سیاه ۲/۲ µg/g و مربوط به برند Al-Diafa بود (۳۳). پژوهش Zhang و همکاران در چین نشان داد که میانگین شاخص EDI فلز کادمیوم در برگ‌های جوان و پیر چای به ترتیب $۱/۸۰\times۱۰^{-۶}$ و $۲/۶۷\times۱۰^{-۶}$ mg/kg.day بود و نشان داد که غلظت فلز کادمیوم در برگ‌های تازه چای کمتر بود (۳۱). مطالعه Li و همکاران نشان داد که غلظت، شاخص EDI و HQ فلز کادمیوم در چای سبز به ترتیب $۰/۰۲۰\pm۰/۰۵۵$ mg/kg، $۷/۳۲\times۱۰^{-۶}$ mg/kg.day و $۷/۳۲\times۱۰^{-۳}$ بود (۳۴).

_ *سرب*

سرب یکی از عناصر ضروری برای بدن است اما اگر مصرف آن بیش از حد نرمال باشد برای سلامتی خطرناک است. قرار گرفتن در معرض فلز سرب برای مدت زمان طولانی باعث اختلال در فرایندهای طبیعی فیزیولوژیکی و رشد عصبی کودکان می‌شود (۳۵). در مطالعه حاضر شاخص EDI و HQ برای فلز سرب در چای‌های وارداتی به ایران به ترتیب $۹/۹۷\times۱۰^{-۲}\pm۱/۵۹\times۱۰^{-۱}$ و $۳/۹۹\times۱۰^{-۳}\pm۶/۳۷\times۱۰^{-۳}$ mg/kg.day بود (شکل ۱ و ۲). مقدار شاخص HQ فلز سنگین سرب در نمونه‌های چای مورد مطالعه کمتر از ۱ بود که بیانگر این است که احتمال ریسک غیر سرطان‌زایی این فلز در چای مصرفی توسط جمعیت مصرف‌کننده وجود ندارد. حد مجاز فلز سرب در چای‌های مصرفی توسط رهنمود WHO و استاندارد ملی ایران به ترتیب برابر با ۱۰ و ۱ mg/kg اعلام گردیده است (۱۸، ۱۹). که در مطالعه حاضر مقادیر سرب در نمونه‌های چای کمتر از مقادیر این استانداردها بود. مطالعه Ashraf و همکاران در عربستان نشان داد که بیشترین غلظت فلز سرب در چای سیاه ۲/۲ µg/g و مربوط به برند Manasul بود (۳۳). مطالعه Zhang و همکاران در چین نشان داد که میانگین شاخص EDI فلز سرب در برگ‌های جوان و پیر چای به ترتیب $۳/۱۰\times۱۰^{-۶}$ و $۲/۳۹\times۱۰^{-۵}$ mg/kg.day بود و نشان داد که غلظت فلز سرب در برگ‌های تازه چای بیشتر بود (۳۱). همچنین مطالعه Li و همکاران نشان داد که غلظت، شاخص EDI و HQ فلز سنگین سرب در چای سبز به ترتیب $۰/۰۴۲\pm۰/۹۲$ mg/kg، $۱/۲۳\times۱۰^{-۴}$ mg/kg.day و $۳/۴۱\times۱۰^{-۲}$ بود (۳۴).

_ *مس*

مس یک عنصری اساسی برای افراد و محیط‌زیست است، اما مقادیر زیاد آن می‌تواند سلامت انسان را تهدید کرده و تأثیرات نامطلوبی بر رشد حیوانات و گیاهان داشته باشد. قرار گرفتن در معرض محیط‌های آلوده به مس مانند کار در معادن نیز می‌تواند خطر سلامتی افراد را تهدید کند (۳۵). با توجه به اینکه حد مجاز فلز مس در چای‌های مصرفی توسط استاندارد ملی ایران به ترتیب برابر با ۵۰ mg/kg اعلام گردیده است (۱۸، ۲۸) و مشاهده شد که غلظت فلز مس در نمونه‌های چای مطالعه حاضر از سطح استاندارد پایین‌تر بود. مقادیر شاخص HQ فلز مس در نمونه چای مورد مطالعه نشان داد که احتمال ریسک غیر سرطان‌زایی مس ناشی از مصرف چای در جمعیت مصرف‌کننده وجود ندارد. مطالعه Cao و همکاران نشان داد که غلظت فلز مس در نمونه چای خام $۱۵/۵\pm۱/۷۸$ mg/kg بود و غلظت آن نسبت به چای تخمیر شده کمتر بود. همچنین در این مطالعه شاخص EDI و HQ برای فلز مس در شهر Puer

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-09-29]

به ترتیب µg/kg.day ۲/۵۴±۲/۶۹ و $۶/۳۵\times۱۰^{-۲}\pm$ $۶/۷۳\times۱۰^{-۲}$ محاسبه شد (۳۰). مطالعه Ashraf و همکاران در عربستان نشان داد که بیشترین غلظت فلز مس در چای سیاه ۲۷/۸ µg/g و مربوط به برند Manasul بود (۳۳). مطالعه Korkmaz Görür و همکاران در ترکیه نشان داد که غلظت فلز مس در چای خام ۰/۳۹±۴/۹۴ و در چای دم شده ۰/۴۸±۴/۷۹ µg/g بود و شاخص EDI برای فلز مس ۰/۷±۰/۹ mg/kg.day محاسبه شد (۳۶). همچنین مطالعه Li و همکاران نشان داد که غلظت، شاخص EDI و HQ فلز سنگین مس در چای سبز به ترتیب ۴/۶۹±۱۷/۰۴ mg/kg، $۲/۲۷\times۱۰^{-۳}$ mg/kg.day و $۵/۶۸\times۱۰^{-۲}$ بود (۳۴).

_ جیوه

فلز جیوه یکی از فلزات تهدید کننده انسان و محیط زیست است. ترکیبات جیوه در اشکال مختلف عنصری، معدنی و آلی وجود دارند. قرار گرفتن طولانی مدت در معرض ترکیبات جیوه از منابع مختلف مانند آب، غذا، خاک و هوا می‌تواند منجر به اثرات سمی بر روی پوست، سیستم قلبی عروقی، ریوی، ادراری، دستگاه گوارش و سیستم عصبی شود (۳۷). با توجه به اینکه شاخص HQ فلز جیوه در نمونه‌های چای کمتر از ۱ هست، نشان دهنده آن است که احتمال بروز اثرات غیر سرطان‌زایی ناشی از مصرف چای در جمعیت مصرف‌کننده وجود ندارد. حد مجاز فلز جیوه در چای‌های مصرفی توسط استاندارد ملی ایران به ترتیب برابر با ۰/۰۲ mg/kg اعلام گردیده است (۱۹، ۲۸) و با توجه به اینکه میانگین غلظت فلز جیوه در نمونه‌های چای ۰/۰۰۵±۰/۰۰۶ mg/kg بود بنابراین غلظت این فلز در چای سیاه کمتر از محدوده استاندارد ملی ایران بود. مطالعه Zhang و همکاران در چین نشان داد که میانگین شاخص EDI فلز جیوه در برگ‌های جوان و پیر چای به ترتیب $۴/۸۷\times۱۰^{-۷}$ و $۸/۷۵\times۱۰^{-۶}$ mg/kg.day بود و نشان داد که غلظت فلز جیوه در برگ‌های تازه چای کمتر بود (۳۱).

نتیجه‌گیری

در ایران و بسیاری از کشورهای جهان، چای یکی از نوشیدنی‌های محبوب و پر طرفدار در میان بسیاری از خانواده‌ها است. آلودگی چای به فلزات سنگین اثرات نامطلوب بهداشتی بر سلامتی انسان دارد. بنابراین در این مطالعه غلظت فلزات سنگین (آرسنیک، کادمیوم، سرب، مس و جیوه) در چای سیاه خشک وارداتی به شهر بندرعباس تعیین گردید و همچنین احتمال ریسک سرطان‌زایی و غیر سرطان‌زایی فلزات سنگین ناشی از مصرف چای سیاه خشک نیز محاسبه شد. نتایج مطالعه نشان داد که غلظت فلزات سنگین مورد بررسی در نمونه‌های چای سیاه خشک در تمامی نمونه‌ها با استاندارد ملی ایران و رهنمودهای WHO مطابقت داشت. همچنین براساس ارزیابی پتانسیل سرطان‌زایی و غیر سرطان‌زایی برای فلزات سنگین در این مطالعه و براساس یافته‌ها، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که نوشیدن مقدار متوسط چای سیاه مصرفی این مطالعه (۴ فنجان در روز) هیچ ریسک سرطان‌زایی و غیر سرطان‌زایی برای انسان ندارد. نتایج این مطالعه می‌تواند به متخصصان مراقبت‌های بهداشتی و سیاستمداران کمک کند تا دستورالعمل جامعی برای چای سیاه خشک وارداتی تهیه کنند تا خطر سلامتی مصرف‌کنندگان را به حداقل برساند. همچنین با توجه به اینکه استان هرمزگان یکی از مبادی ورود عمده واردات کشور است، بنابراین توصیه می‌شود که چای سیاه وارداتی به منظور تامین سلامت مصرف‌کنندگان به طور دائم پایش و بررسی گردد.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. کد اخلاق IR.HUMS.REC.1398.087 است.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی با عنوان "بررسی خصوصیات کیفی چای سیاه وارداتی به گمرک شهید رجایی و ارزیابی ریسک سلامتی محتوای فلزات سنگین" مصوب دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی هرمزگان در سال ۱۳۹۸ با کد طرح ۹۸۰۰۲۵ است که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی هرمزگان اجرا شده است.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-09-29]

References

1. Karimi G, Hasanzadeh M, Nili A, Khashayarmanesh Z, Samiei Z, Nazari F, et al. Concentrations and health risk of heavy metals in tea samples marketed in Iran. Pharmacology. 2008;3:164-74.

2. Zhang J, Yang R, Chen R, Peng Y, Wen X, Gao L. Accumulation of heavy metals in tea leaves and potential health risk assessment: a case study from Puan county, Guizhou province, China. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2018;15(1):133.

3. Brzezicha-Cirocka J, Grembecka M, Szefer P. Monitoring of essential and heavy metals in green tea from different geographical origins. Environmental Monitoring and Assessment. 2016;188(3):183.

4. Mehra A, Baker CL. Leaching and bioavailability of aluminium, copper and manganese from tea (Camellia sinensis). Food Chemistry. 2007;100(4):1456-63.

5. Cao H, Qiao L, Zhang H, Chen J. Exposure and risk assessment for aluminium and heavy metals in Puerh tea. Science of the Total Environment. 2010;408(14):2777-84.

6. Idrees M, Jan FA, Hussain S, Salam A. Heavy Metals Level, Health Risk Assessment Associated with Contamination of Black Tea; A Case Study from Khyber Pakhtunkhwa (KPK), Pakistan. Biological Trace Element Research. 2020;198(1).

7. Li L, Fu Q-L, Achal V, Liu Y. A comparison of the potential health risk of aluminum and heavy metals in tea leaves and tea infusion of commercially available green tea in Jiangxi, China. Environmental Monitoring and Assessment. 2015;187(5):1-12.

8. Ahluwalia S, Goyal D. Removal of heavy metals by waste tea leaves from aqueous solution. Engineering in Life Sciences. 2005;5(2):158-62.

9. Heshmati A, Mehri F, Karami-Momtaz J, Khaneghah AM. The concentration and health risk of potentially toxic elements in black and green tea—both bagged and loose-leaf. Quality Assurance and Safety of Crops & Foods. 2020;12(3):140-50.

10. Ashraf W, Mian AA. Levels of selected heavy metals in black tea varieties consumed in Saudi Arabia. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 2008;81(1):101-04.

11. Heshmati A, Mehri F, Karami-Momtaz J, Khaneghah AM. Concentration and risk assessment of potentially toxic elements, lead and cadmium, in vegetables and cereals consumed in Western Iran. Journal of Food Protection. 2020;83(1):101-07.

12. Hashemi M, Salehi T, Aminzare M, Raeisi M, Afshari A. Contamination of toxic heavy metals in various foods in Iran: a review. Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. 2017;9(10):1692-97.

13. Sanaei F, Amin MM, Alavijeh ZP, Esfahani RA, Sadeghi M, Bandarrig NS, et al. Health risk assessment of potentially toxic elements intake via food crops consumption: Monte Carlo simulation-based probabilistic and heavy metal pollution index. Environmental Science and Pollution Research. 2021;28(2):1479-90.

14. Naseri M, Vazirzadeh A, Kazemi R, Zaheri F. Concentration of some heavy metals in rice types available in Shiraz market and human health risk assessment. Food Chemistry. 2015;175:243-48.

15. Salgado EG, dos Anjos FH, da Silva VN, de Souza M, Sant'Ana TD, de Souza Bermejo PH, et al., editors. Systematic Literature Review of the Risk Management Process Literature for the Public Sector. Third International Congress on Information and Communication Technology; 2019. Springer

16. Fatemi AS, Sabbaghian A. The Role of Information Technology on Management of Risks in the Capital Market (Case Study: Companies Listed in Tehran

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-09-29]

in Markets of Tehran. Iranian Journal of Health & Environment. 2016;9(1). (in Persian)

24. Naghipour D, Amouei A, Dadashi M, Zazouli MA. Heavy metal content in black tea and their infusions in North of Iran and estimation of possible consumer health risk. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 2016;26(143):211-23. (in Persian)

25. Ghale Askari S, Oskoei V, Abedi F, Motahhari Far P, Naimabadi A, Javan S. Evaluation of heavy metal concentrations in black tea and infusions in Neyshabur city and estimating health risk to consumers. International Journal of Environmental Analytical Chemistry. 2020:1-10.

26. Shekoohiyan S, Ghoochani M, Mohagheghian A, Mahvi AH, Yunesian M, Nazmara S. Determination of lead, cadmium and arsenic in infusion tea cultivated in north of Iran. Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering. 2012;9(1):1-6.

27. Rebelo FM, Caldas ED. Arsenic, lead, mercury and cadmium: Toxicity, levels in breast milk and the risks for breastfed infants. Environmental Research. 2016;151:671-88.

28. ISIRI. Foods – Determination of Lead, Cadmium, Copper, Iron, and Zinc – Atomic absorption spectrophotometry. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 2007:9266.

29. Kongsri S, Srinuttrakul W, Sola P, Busamongkol A. Instrumental neutron activation analysis of selected elements in Thai jasmine rice. Energy Procedia. 2016;89:361-65.

30. Cao H, Qiao L, Zhang H, Chen J. Exposure and risk assessment for aluminium and heavy metals in Puerh tea. Science of The Total Environment. 2010;408(14):2777-84.

31. Zhang J, Yang R, Li YC, Peng Y, Wen X, Ni X. Distribution, accumulation, and potential risks of heavy metals in soil and tea leaves from

Stock Exchange). Preprints (www.preprints.org) 2019.

17. Nejatolahi M, Mortazavi S, Ildoromi A. Levels of Cu, Zn, Pb, and Cd in the leaves of the tea plant (Camellia sinensis) and in the soil of Gilan and Mazandaran farms of Iran. Journal of Food Measurement and Characterization. 2014;8(4):277-82.

18. Seyyedi Bidgoli NS, Mostafaii GR, Akbari H, Chimehi E, Miranzadeh MB. Determination of the concentration of heavy metals and their assessment of related potential health risk for dry black teas in kashan, iran. Journal of Chemical Health Risks. 2020;10(2):103-15.

19. Pourramezani F, Akrami Mohajeri F, Salmani MH, Dehghani Tafti A, Khalili Sadrabad E. Evaluation of heavy metal concentration in imported black tea in Iran and consumer risk assessments. Food Science & Nutrition. 2019;7(12):4021-26.

20. Dorne J, Kass G, Bordajandi LR, Amzal B, Bertelsen U, Castoldi AF, et al. Human risk assessment of heavy metals: principles and applications. Metal Ions in Life Sciences. 2011;8(4):27-60.

21. USEPA. Concepts, Methods and Data Sources for Cumulative Health Risk Assessment of Multiple Chemicals, Exposures and Effects: A Resource Document, EPA/600/R-06/013F. In: editor.^editors. ed.: National Center for Environmental Assessment, Office of Research and …; 2007. p.

22. Mesdaghinia, Nasseri. Assessment of Carcinogenic Risk and Non-Carcinogenic Hazard Quotient of Chromium in Bottled Drinking Waters in Iran. Iranian Journal of Health & Environment. 2016;9(3). (in Persian)

23. Khalili, Mahvi, Nasseri, Yunesian, Djahed, Yaseri. Risk Assessment of Non-Carcinogenic Heavy Metals (Barium, Cadmium, and Lead) in Hair Color

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-09-29]

geologically different plantations. Ecotoxicology and Environmental Safety. 2020;195:110475.

32. Huang Z, Pan XD, Wu PG, Han JL, Chen Q. Health risk assessment of heavy metals in rice to the population in Zhejiang, China. PLoS One. 2013;8(9):e75007.

33. Ashraf W, Mian AA. Levels of selected heavy metals in black tea varieties consumed in Saudi Arabia. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 2008;81(1):101-4.

34. Li L, Fu QL, Achal V, Liu Y. A comparison of the potential health risk of aluminum and heavy metals in tea leaves and tea infusion of commercially available green tea in Jiangxi, China. Environmental Monitoring and Assessment. 2015;187(5):228.

35. Hu Y, Zhou J, Du B, Liu H, Zhang W, Liang J, et al. Health risks to local residents from the exposure of heavy metals around the largest copper smelter in China. Ecotoxicology and Environmental Safety. 2019;171:329-36.

36. Korkmaz Görür F, Keser R, Akçay N, Dizman S, Okumuşoğlu NT. Radionuclides and heavy metals concentrations in Turkish market tea. Food Control. 2011;22(12):2065-70.

37. Kim K-H, Kabir E, Jahan SA. A review on the distribution of Hg in the environment and its human health impacts. Journal of Hazardous Materials. 2016;306:376-85.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-09-29]

Available online: https://ijhe.tums.ac.ir

Orginal Article

Concentration of potentially toxic elements in black tea imported to Iran: a potential risk assessment study

Gholamali Javedan[1,2], Hamid Reza Ghaffari[1], Zoha Heidarinejad[3,*], Nahid Zeraei[1], Somayeh Hoseinvandtabar[4], Fateme Pourramezani[1], Mehrdad Ahmadi[1]

1- Food Health Research Center, Hormozgan University of Medical Sciences, Bandar Abbas, Iran
2- Department of Social Medicine, Hormozgan University of Medical Sciences, Bandar Abbas, Iran
3- Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
4- Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 26 February 2022
Revised: 08 May 2022
Accepted: 11 May 2022
Published: 11 June 2022

Keywords: Heavy metals, Tea, Health risk assessment

ABSTRACT

Background and Objective: The aim of this study was to investigate the concentration of potentially toxic elements (arsenic, lead, copper, cadmium and mercury) in black tea imported to southern Iran and to assess the risk of carcinogenic and non-carcinogenic exposure to consumers.

Materials and Methods: For this purpose, 94 samples of black tea from 15 brands imported from India in 2021 were selected. Heavy metals concentrations were measured using an atomic absorption spectrometer (GBC model SAVANTAA). After determining the concentration of heavy metals in black tea samples, health risk assessment was determined using Montocarlo simulation technique.

Results: According to the results, the average concentrations of heavy metals namely arsenic, lead, copper, cadmium and mercury were 0.03±0.02, 0.02±0.16, 15.67±7.69, 0.02±0.01 and 0.006±0.005 mg/kg, respectively. The hazard quotient (HQ) of the heavy metals arsenic, lead, copper, cadmium and mercury were 1.07×10^{-2}, 6.37×10^{-3}, 3.45×10^{-5}, 2.05×10^{-2} and 7.19×10^{-4}, respectively.

Conclusion: Therefore, according to the findings, it can be concluded that the concentrations of potentially toxic elements (arsenic, lead, copper, mercury and cadmium) in black tea were consistent with the standard level of Iran and World Health Organization. Additionally, the average carcinogenic risk index for arsenic metal was 4.49×10^{-6}, which is much lower than the acceptable level of carcinogenic risk (10^{-6}). Therefore, the concentrations of five potentially toxic elements in the studied black tea did not show any significant risk for consumers.

***Corresponding Author:**
z_heidarinejad@yahoo.com

Please cite this article as: Javedan Gh, Ghaffari HR, Heidarinezhad Z, Zeraei N, Hoseinvandtabar S, Pourramezani F, et al. Concentration of potentially toxic elements in black tea imported to Iran: a potential risk assessment study. Iranian Journal of Health and Environment. 2022;15(1):153-68.

Copyright © 2022 Iranian Association of Environmental Health, and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-09-29]