ORIGINAL ARTICLE

Heavy Metal Content in Black Tea and their Infusions in North of Iran and Estimation of Possible Consumer Health Risk

Dariush Naghipour[1],
Abdoliman Amouei[2],
Maedeh Dadashi[3],
Mohammad Ali Zazouli[4]

[1] Assisstant Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Guilan University of Medical Sciences, Rasht, Iran
[2] Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, Environmental Health Research Center (EHRC), Babol University of Medical Sciences, Babol, Iran
[3] MSc of Environmental Health Engineering, School of Health, Guilan University of Medical Sciences, Rasht, Iran
[4]Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, Health Sciences Research Center, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

(Received May 29, 2016, Accepted September 25, 2016)

Abstract

Background and purpose: Heavy metals in tea causes harmful effects on the health of consumers. The aim of this study was to determine the concentrations of arsenic, lead, cadmium, chromium, cobalt and nickel in black tea and their infusions, and evaluation of their health hazards in Rasht, Iran.

Materials and methods: A cross-sectional study was carried out in 54 samples of nine brands of black tea and their infusions including six Iranian and three foreign products that were selected randomly in 2014. After sample preparation, the concentration of heavy metals were determined by inductively coupled plasma atomic emission spectrometer (ICP-AES).

Results: The range of concentrations of arsenic, lead, cadmium, chromium, cobalt, and nickel in black tea were 0.03-0.1, 0.5-3.5, 0.07-0.6, 0.9-3.9, 1.8-6.7, and 1.7 to 8.9 mg per kg and in their infusions were 0.01-0.03, 0.1-0.4, 0.04-0.2, 0.4-0.8, 0.2-1.2, and 0.6-2.1 mg per kg, respectively. The concentrations of arsenic and cadmium (22%) and lead (11%) were reported to be below the detection limit in black tea samples.

Conclusion: Despite the high concentration of heavy metals in some samples of tea and their infusions, the estimated values of PTWI and THQ cause no consumer health risks according to the guidelines suggested by WHO and FAO. Nevertheless, continuous monitoring of heavy metals contamination in black tea and their infusions is highly necessary.

Keywords: black tea, infusion, heavy metals, PTDI, PTWI, THQ

J Mazandaran Univ Med Sci 2016; 26(143): 211-223 (Persian).

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-24]

پژوهشی

مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران
دوره بیست و ششم شماره ۱۴۳ آذر سال ۱۳۹۵ (۲۲۳-۲۱۱)

ارزیابی میزان غلظت فلزات سنگین در انواع چای سیاه و دم نوش مصرفی شمال ایران و برآورد خطر سلامت در مصرف کنندگان

داریوش نقی پور[۱]
عبدالایمان عموئی[۲]
مائده داداشی[۳]
محمدعلی زززولی[۴]

چکیده

سابقه و هدف: فلزات سنگین در چای، اثرات زیان باری بر سلامت مصرف‌کنندگان ایجاد می‌نمایند. هدف از این مطالعه، تعیین غلظت فلزات سنگین در چای سیاه و دم نوش تولیدی در شهر رشت و برآورد شاخص خطر سلامت دم نوش بوده است.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه توصیفی- مقطعی که در سال ۱۳۹۳ در شهرستان رشت انجام شد، ۵۴ نمونه چای از ۶ برند داخلی و ۳ برند خارجی و دم نوش آن‌ها به طور تصادفی مورد بررسی قرار گرفت. پس از آماده سازی نمونه‌ها، اندازه‌گیری فلزات سنگین با دستگاه ICP-AES انجام شد.

یافته‌ها: گستره غلظت آرسنیک، سرب، کادمیوم، کروم، کبالت و نیکل در چای سیاه به ترتیب ۰/۰۳ تا ۰/۱، ۰/۵ تا ۳/۵، ۰/۰۷ تا ۰/۶، ۰/۹ تا ۳/۹، ۱/۸ تا ۶/۷ و ۱/۷ تا ۸/۹ میلی گرم بر کیلوگرم و دم نوش تولیدی به ترتیب ۰/۰۱ تا ۰/۰۳، ۰/۱ تا ۰/۴، ۰/۰۴ تا ۰/۲، ۰/۴ تا ۰/۸، ۰/۲ تا ۱/۲ و ۰/۶ تا ۲/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد. میزان آرسنیک و کادمیوم در ۲۲ درصد و سرب در ۱۱ درصد از نمونه‌های چای زیر حد تشخیص گزارش گردید.

استنتاج: علی‌رغم بالا بودن غلظت برخی از فلزات سنگین در نمونه‌های چای و دم نوش تولیدی، برآورد شاخص‌های PTWI و THQ و مقایسه آن‌ها با حدود پیشنهادی WHO و FAO، هیچ‌گونه اثرات نامطلوبی را بر سلامت مصرف‌کنندگان چای نشان نمی‌دهد. با این وجود نظارت و پایش مستمر بر میزان غلظت فلزات سمی در نمونه‌های چای اهمیت دارد.

واژه های کلیدی: چای سیاه، دم نوش، فلزات سنگین، میزان دریافت روزانه و هفتگی، شاخص خطر سلامت

مقدمه

چای یکی از قدیمی‌ترین نوشیدنی‌های پرمصرف در سراسر دنیا می‌باشد. تقریباً ۹۸ درصد از مردم جهان، چای را به عنوان اولین نوشیدنی قابل دسترس تلقی می‌نمایند(۱). روزانه تقریباً ۱۸ تا ۲۰ میلیارد فنجان چای در دنیا مصرف می‌شود(۲). گیاه چای در بیش‌تر از ۴۵ کشور دنیا و در گستره طول جغرافیایی ۴۵ درجه شمالی تا ۳۴ درجه جنوبی کره زمین کشت می‌شود(۳). ایران یکی از تولیدکنندگان مهم چای در دنیا می‌باشد. مصرف سرانه چای در ایران بیش از ۱/۶ کیلوگرم در سال است که این میزان بالاترین رقم سرانه مصرف چای در دنیا را

مولف مسئول: عبدالایمان عمویی- بابل: مرکز تحقیقات سلامت محیط، دانشگاه علوم پزشکی بابل E-mail: iamouei1966@gmail.com
۱ استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی گیلان، رشت، ایران
۲. دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات سلامت محیط، دانشگاه علوم پزشکی بابل، بابل، ایران
۳. کارشناسی ارشد بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی گیلان، رشت، ایران
۴. دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
تاریخ دریافت : ۱۳۹۵/۳/۹ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات : ۱۳۹۵/۳/۱۶ تاریخ تصویب : ۱۳۹۵/۷/۴

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-24]

به خود اختصاص می‌دهد(۴). هر ساله تقریباً ۳۴ هزار هکتار از زمین‌های استان های گیلان و مازندران به زیر کشت گیاه چای قرار می‌گیرند که نیمی از آن به مصرف داخلی و بقیه به کشورهای دیگر صادر می‌شود(۵).

مطالعات گسترده دانشمندان مختلف مبین این موضوع است که مصرف گیاه چای، تاثیرات مثبت زیادی بر سلامت انسان دارد. از جمله می‌توان به پیش‌گیری از بروز بیماری‌های قلبی- عروقی، جلوگیری از ابتلا به بیماری پارکینسون، کنترل انواع سرطان و جلوگیری از اختلالات سیستم ایمنی بدن(۸-۶) اشاره نمود. مهم‌ترین علت انتشار و ورود فلزات سنگین در محیط زیست و مواد غذایی شامل انجام فعالیت‌های صنعتی، استفاده از سموم کشاورزی و سوخت‌های فسیلی می‌باشد(۹). ورود فلزات سنگین به بدن انسان از طریق استنشاق هوا، آشامیدن آب، خوردن غذا و کشیدن سیگار انجام می‌گیرد(۱۰). مهم‌ترین راه‌های ورود فلزات سنگین در برگ چای شامل ورود آلودگی از طریق خاک‌های آلوده به فلزات سنگین، کاربرد فاضلاب‌های شهری در آبیاری مزارع چای، استفاده بی‌رویه از سموم و کودهای شیمیایی و سرانجام فرآوری و تولید چای در کارخانه‌های چای می‌باشد(۱۱). یکی از اساسی‌ترین مشکلات فلزات سنگین، عدم وجود مسیر متابولیسمی در سلول‌های بدن انسان و سایر موجودات زنده می‌باشد(۱۲). هم‌چنین در طبیعت نیز این گونه آلاینده‌ها از طریق فرآیندهای شیمیایی و زیستی تجزیه نمی‌شوند. ورود این گونه از ترکیبات سمی به زنجیره غذایی و رسیدن به غلظت‌های بحرانی، اثرات زیان بار متابولیکی و فیزیولوژیکی بر موجودات زنده به ویژه انسان برجای می‌گذارد(۱۳). فلزات سنگین پس از ورود به بدن از بدن دفع نشده و در بافت‌هائی نظیر چربی، عضلات، استخوان‌ها و مفاصل انباشته شده و موجب اختلال در سیستم‌های استخوانی، عصبی، گوارشی، کلیوی و گردش خون می‌شوند(۱۲،۱۰). در صورتی که افراد از چای حاوی فلزات سنگین مصرف نمایند، مقدار قابل توجهی از فلزات سنگین وارد بدن‌شان می‌شود(۱۳،۹). مصرف بالای فلزات سنگین می‌تواند شانس مبتلا شدن به سرطان‌های ریه، بینی، حنجره و پروستات را افزایش دهد(۱۵،۱۴). آرسنیک یک ماده شیمیایی سمی است که به‌طور وسیع در محیط پراکنده شده و در فرم‌های ترکیبات معدنی و آلی وجود دارد. این عنصر کارسینوژن بوده و مصرف آن ممکن است بر دستگاه گوارش، سیستم‌های قلبی- عروقی و عصبی اثر بگذارد(۱۶). کادمیوم پس از ورود به بدن باعث آسیب به کبد، کلیه، اسکلت بدن و نیز بروز پوکی استخوان شود(۱۷). سازمان بهداشت جهانی، حداکثر مجاز کادمیوم در آب آشامیدنی را ۰/۰۰۳ میلی‌گرم در لیتر توصیه می‌نماید(۱۸). در نشست مشترک سازمان بهداشت جهانی و سازمان خواربار و کشاورزی، میزان دریافت قابل تحمل هفتگی کادمیوم را ۰/۰۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن برآورد نمودند(۱۹).

کروم شش ظرفیتی از جمله فلزات سنگین خطرناک است که از طریق دهان، پوست و سیستم تنفس وارد بدن انسان می‌شود و عوارض گوناگونی از قبیل درماتیت، زخم و التهاب در معده، خونریزی سیستم گوارشی، التهاب در بینی، گلو و ریه را ایجاد می‌کند(۱۴). میزان رهنمون کروم در آب و آشامیدنی‌ها توسط سازمان بهداشت جهانی ۰/۰۵ میلی‌گرم در لیترگزارش گردید(۱۸). سرب سبب آسیب به کلیه، کبد، عقب‌ماندگی ذهنی، قلنج‌های شکمی، نازایی و نیز کاهش تشکیل هموگلوبین در خون می‌شود(۱۲). میزان مجاز سرب برای غذا و آشامیدنی‌ها در استاندارد اروپا و چین ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم در کشورهای استرالیا، کانادا و هند ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در ژاپن ۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد(۱۹). بر اساس استاندارد ۶۲۳ ایران، حدود مجاز فلزات سنگین سرب، آرسنیک، کادمیوم و جیوه به ترتیب ۱، ۰/۵، ۰/۱ و ۰/۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم تعیین گردیده است(۲۱،۲۰). نیکل باعث حساسیت پوستی، فیبروز ریه، امراض قلبی و کلیوی، سرطان ریه و استخوان می‌گردد(۹). کبالت یکی از عناصر ضروری

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-24]

بدن انسان است که در ساختار ویتامین B12 حضور دارد. این فلز سیستم خون‌سازی بدن را تحریک کرده و تولید هموگلوبین را افزایش می‌دهد. اثرات حاد مسمومیت با کبالت شامل آسم، التهاب ریه‌ها و خس خس کردن سینه می‌باشد(۶).

در مطالعه شکوهیان و همکاران، غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیوم و آرسنیک در ۱۰۵ نمونه چای سیاه و دم نوش آن‌ها در استان‌های مازندران و گیلان مورد مطالعه قرار گرفت. این پژوهش نشان داد که موقعیت جغرافیایی و مدت زمان عمل‌آوری چای بر افزایش میزان غلظت این عناصر در نمونه ها موثر می‌باشد(۴). زززولی و همکاران، میزان غلظت سرب و کادمیوم را در چندین نمونه چای سیاه تجارتی مورد مطالعه قرار دادند. در این مطالعه مشخص گردید که در صورت افزایش مدت زمان عمل‌آوری چای از ۱۵ دقیقه به ۳۰ دقیقه، غلظت کادمیوم و سرب در نمونه‌ها افزایش چشم‌گیری خواهد داشت(۲۲).

در مطالعه انصاری و همکاران در زمینه تعیین میزان غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیوم، نیکل و آلومینیوم در ۳۰ نمونه چای داخلی و ۳۰ نمونه چای وارداتی، میزان آلومینیوم در نمونه چای ایرانی و وارداتی به ترتیب ۶۹۹/۲ و ۳۸۸/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد. در حالی که غلظت سایر عناصر مورد مطالعه به روش جذب اتمی، غیر قابل تشخیص بوده است(۲۳). در مطالعه Zhong و همکاران روی ۲۵ نمونه از انواع چای مصرفی در کشور چین به روش اسپکترومتری جذب اتمی با کوره گرافیتی، گستره غلظت فلزات سرب، کادمیوم، کروم، مس و نیکل به ترتیب ۰/۴۸ تا ۱۰/۵۷، ۰/۰۱ تا ۰/۳۹، ۰/۲۷ تا ۲/۴۵، ۷/۷۳ تا ۶۳/۷۱ و ۲/۷ تا ۱۳/۴۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد(۲۴). Seenivasan و همکاران، نقش ابزارهای خرد کننده برگ چای در کارخانه‌های تولید و فرآوری چای را در افزایش غلظت کروم در این گونه محصولات بسیار موثر دانستند(۱۱).

با توجه به این که گیاه چای و دم نوش آن، رایج‌ترین نوشیدنی مردم استان گیلان است، هدف از این مطالعه بررسی میزان غلظت فلزات سنگین آرسنیک، سرب، کادمیوم، کروم، کبالت و نیکل در چای سیاه و دم نوش مصرفی شهر رشت و میزان دریافت قابل تحمل تقریبی روزانه و هفتگی و نیز مقدار شاخص خطر سلامت فلزات مورد مطالعه از راه نوشیدن چای در ساکنین این منطقه بوده است.

مواد و روش ها

این مطالعه توصیفی- مقطعی در سال ۱۳۹۳ در شهرستان رشت بزرگ‌ترین شهر و مرکز استان گیلان انجام گرفته است. نمونه‌های چای به صورت تصادفی از ۹ برند داخلی و خارجی (گلستان، لنگر، خرم، بهار، علی‌نیا، سحر، نوری، سیلان، محمود و احمد) و دم نوش آن‌ها به همراه یک نمونه شاهد با ۳ تکرار مجموعاً به تعداد ۵۴ نمونه انتخاب گردید. ۱ گرم از نمونه‌های چای خشک، دقیقاً توزین گردیده و بعد از افزودن ۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ جهت پیش هضم به مدت ۱۲ ساعت در دمای اتاق نگهداری شد. سپس کلیه نمونه‌ها به مدت ۰/۵ ساعت تا دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد روی هات پلیت حرارت داده شده و ۱ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ به همراه ۵ میلی لیتر اسید پرکلریک غلیظ به آن‌ها اضافه گردید. عملیات هضم نمونه‌ها به مدت ۱ ساعت در دمای ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد به منظور خروج بخارات اسیدهای نیتریک و پرکلریک و شفاف شدن نمونه ها ادامه یافت. سپس نمونه‌ها از کاغذ صافی واتمن شماره ۱ عبور داده و با آب مقطر در داخل بالن ژوژه به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانیده شد(۲۴). در این مطالعه نمونه‌های شاهد شامل آب مقطر و بدون استفاده از چای خشک نیز به همین روش تهیه گردید. آماده‌ازی نمونه‌های دم‌نوش نیز با اضافه نمودن ۵۰ میلی‌لیتر آب داغ به ۱ گرم چای خشک و صاف‌سازی نمونه‌ها بعد از ۱۰ دقیقه و تنظیم pH= ۲ با ۱ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ انجام شد. به علت کاهش حجم نمونه‌های دم نوش در زمان دم‌کشی،

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-24]

حجم هر یک از نمونه‌ها با آب مقطر در داخل بالن ژوژه به ۵۰ میلی‌لیتر رسید. محلول‌های استاندارد آرسنیک، سرب، کادمیوم، کروم، کبالت و نیکل در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ازمحصولات شرکت مرک آلمان تهیه و جهت رقیق‌سازی نمونه‌های مورد نظر و کالیبراسیون دستگاه از آن‌ها استفاده گردید. مقادیر غلظت فلزات سنگین آرسنیک، سرب، کادمیوم، کروم، کبالت و نیکل در نمونه‌های مختلف به روش اسپکترومتری جذب اتمی (Inductively Coupled Plasma- Atomic Spectrometry (Emission ICP-AES)، پس از تهیه منحنی‌های استاندارد در طول موج‌های ۱۸۹، ۲۸۳/۵، ۲۲۸/۸، ۲۶۷/۷، ۲۲۸/۶ و ۲۳۱/۶ نانومتر و حدود تشخیص ۱/۲، ۲/۱، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۰۵ و ۰/۳ میکروگرم برکیلوگرم تعیین شد(۱۱).

در این مطالعه مقادیر PTDI (Provisional Tolerable Daily Intake) یا میزان دریافت تقریبی قابل تحمل روزانه و PTWI (Provisional Tolerable Weekly Intake) یا میزان دریافت تقریبی قابل تحمل هفتگی فلزات سنگین در نمونه‌های چای خشک و دم نوش مورد بررسی قرار گرفت. هم‌چنین میزان ارزیابی خطر سلامت بر اساس شاخص برآورد سیبل خطر یا THQ (Target Hazard Quotient) در فلزات سنگین مورد مطالعه با استفاده از معادلات زیر انجام شد.

رابطه (۱)

$$PTDI = \frac{\text{سرانه مصرف چای} \times \text{غلظت فلز}}{\text{میانگین وزن بدن}}$$

در رابطه (۱) PTDI بر حسب $mg\ kg^{-1}day^{-1}$، غلظت فلز سنگین در چای بر حسب $mg\ kg^{-1}$، میزان سرانه مصرف چای بر حسب گرم در روز (۶ گرم در روز) و میانگین وزن مصرف‌کنندگان چای بر حسب (kg) ۶۵ کیلوگرم می‌باشد. در رابطه (۲)، میزان THQ برای هر فلز سنگین از تقسیم میزان دوز مورد مواجهه فلز سنگین بر میزان دوز مرجع آن فلز حاصل می‌گردد. از این شاخص به عنوان یک معیار ارزیابی و برآورد میزان خطرات بهداشتی بالقوه و درازمدت فلزات سنگین در مصرف‌کنندگان مواد غذایی استفاده می‌شود. اگر میزان THQ<۱باشد، در آن صورت اثرات سرطان‌زایی در مصرف‌کننده غیر محتمل می‌باشد. اگر میزان THQ >۱ باشد، اثرات نامطلوب بهداشتی ممکن است. در صورتی که THQ >۱۰ باشد، خطر بالای سمیت مزمن پیشنهاد می‌گردد(۲۵).

رابطه (۲)

$$THQ = \frac{\text{میزان دوز مورد مواجهه}}{\text{میزان دوز مرجع}}$$

رابطه(۳)

$$\text{میزان دوز مورد مواجهه} = \frac{\text{مدت زمان مصرف چای} \times \text{سرانه مصرف چای} \times \text{غلظت فلز}}{\text{میانگین طول عمر} \times \text{میانگین وزن بدن}}$$

طبق رابطه (۳)، در این مطالعه سرانه مصرف چای ۶ گرم در روز، مدت زمان مصرف چای ۶۰ سال، میانگین وزن بدن مصرف‌کنندگان چای ۶۵ کیلوگرم و میانگین طول عمر افراد ۷۰ سال در نظر گرفته شده است(۴).

میزان دوز مرجع (RFD=Reference Dose)، در واقع میزان حداکثر دریافت روزانه یک فلز سنگین در چای یا ماده غذایی است که در آن میزان، ایجاد بیماری یا سمیت در مصرف‌کننده غیرمحتمل باشد. به همین علت در این مطالعه RFD برای هر فلز سنگین معادل میزان تقریبی دریافت روزانه قابل تحمل PTDI (Provisional Tolerable Daily Intake) در نظر گرفته شده است. از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۱۹ به منظور تعیین میانگین و انحراف‌معیار و سطح معنی‌داری آماری انواع نمونه‌های چای و دم‌نوش استفاده گردیده است. در این مطالعه سطح معنی‌داری آماری $p<0/05$ در نظر گرفته شده است.

یافته ها

الف- تعیین میزان غلظت فلزات سنگین آرسنیک، سرب، کادمیوم، کروم، کبالت و نیکل درنمونه های چای خشک

در جدول شماره ۱، میانگین و انحراف معیار غلظت فلزات سنگین آرسنیک، سرب، کادمیوم، کروم، کبالت و نیکل در انواع چای خشک با برندهای داخلی و خارجی ارائه شده است.

۱- آرسنیک

نتایج جدول شماره ۱ نشان می‌دهد که میانگین غلظت آرسنیک در انواع چای خشک داخلی و خارجی

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-24]

مورد مطالعه ۰/۰۳±۰/۰۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم، حد کمینه و بیشینه این عنصر به ترتیب زیر حد تشخیص و ۰/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. میزان غلظت آرسنیک در نمونه‌های چای خشک با کد A (۰/۰۵±۰/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) حداکثر بوده است. در ۲۲/۲ درصد از نمونه‌ها، میزان آرسنیک زیر حد تشخیص می باشد.

۲- *سرب*

در این مطالعه میانگین میزان غلظت سرب در نمونه‌های مورد نظر ۱/۷±۱/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم، حد کمینه و بیشینه این فلز به ترتیب زیر حد تشخیص و ۳/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم و میزان غلظت حداکثر آن به نمونه‌های چای با کد H (۳/۵±۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) مربوط می‌باشد (جدول شماره ۱). در ۱۱ درصد از نمونه‌های مورد مطالعه میزان سرب کم‌تر از حد تشخیص بوده است.

۳- *کادمیوم*

مطابق جدول شماره ۱، میانگین غلظت کادمیوم در انواع چای خشک۰/۲±۰/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم، حد کمینه و بیشینه این فلز به ترتیب زیر حد تشخیص و ۰/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در ۲۲/۲ درصد از نمونه‌های مورد مطالعه میزان کادمیوم کم‌تر از حد تشخیص بوده است.

میزان غلظت این فلز در نمونه‌های چای با کد C (۰/۶±۰/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) حداکثر و در نمونه‌های با کد F (۰/۰۷±۰/۰۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) حداقل بوده است (جدول شماره ۱).

۴- *کروم*

در این مطالعه، میانگین میزان غلظت کروم در نمونه‌های مورد نظر۲±۱/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم، حد کمینه و بیشینه این فلز به ترتیب ۰/۹ و ۳/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد (جدول شماره ۱). میزان غلظت این فلز در نمونه های با کد C (۳/۹±۱/۵ میلی گرم بر کیلوگرم) حداکثر و در نمونه های با کد H (۰/۹±۰/۵ میلی گرم بر کیلوگرم) حداقل می باشد.

۵- *کبالت*

نتایج جدول شماره ۱ نشان می‌دهد که میانگین غلظت کبالت در انواع چای خشک داخلی و خارجی مورد مطالعه ۴/۲±۲/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم، حد کمینه و بیشینه این عنصر به ترتیب ۱/۸ و ۶/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. میزان غلظت این فلز در نمونه‌های با کد H (۶/۷±۳/۵ میلی گرم بر کیلوگرم) حداکثر و در نمونه‌های با کد E (۱/۸±۰/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) حداقل است (جدول شماره ۱).

جدول شماره ۱: میزان غلظت فلزات سنگین بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم و میزان دریافت روزانه و هفتگی در برگ چای سیاه

کد	تعداد نمونه	آرسنیک میانگین± انحراف معیار	سرب میانگین± انحراف معیار	کادمیوم میانگین± انحراف معیار	کروم میانگین± انحراف معیار	کبالت میانگین± انحراف معیار	نیکل میانگین± انحراف معیار
A	۳	۰/۱± ۰/۰۵	۱/۸± ۱/۵	۰/۴± ۰/۱	۲/۶±۱/۵	۳/۲± ۱/۵	۵/۳± ۲/۵
B	۳	ND*	۰/۷± ۰/۴	۰/۲ ±۰/۱	۱/۵± ۰/۸	۴/۱±۲/۴	۵/۸± ۲/۶
C	۳	۰/۰۹± ۰/۰۷	۱/۵± ۱/۳	۰/۶± ۰/۳	۳/۹± ۱/۵	۲/۶± ۱/۵	۷/۳± ۳/۵
D	۳	ND	۲/۳± ۱/۵	ND	۲/۳±۱/۲	۳/۸±۱/۹	۵/۶± ۲/۴
E	۳	۰/۰۶± ۰/۰۴	ND	۰/۲± ۰/۰۵	۱/۴± ۰/۹	۱/۸± ۰/۹	۸/۹± ۴/۷
F	۳	۰/۰۴± ۰/۰۳	۲/۱± ۱/۴	۰/۰۷± ۰/۰۳	۱/۵± ۱/۱	۴/۴±۲/۵	۳/۸± ۲/۶
G	۳	۰/۰۵± ۰/۰۲	۱/۲± ۰/۸	۰/۳± ۰/۱	۲/۲± ۱/۵	۵/۸± ۳/۱	۶/۵± ۲/۵
H	۳	۰/۰۳± ۰/۰۲	۳/۵±۲	۰/۰۸± ۰/۰۵	۰/۹± ۰/۵	۶/۷±۳/۵	۵/۵± ۱/۶
J	۳	۰/۰۴± ۰/۰۱	۰/۵± ۰/۳	ND	۱/۶± ۱/۴	۵/۳±۲/۳	۱/۷± ۰/۵
دامنه تغییرات		۰/۰۳–۰/۱	۰/۵ –۳/۵	۰/۰۷ –۰/۶	۰/۹ –۳/۹	۱/۸–۶/۷	۱/۷ –۸/۹
سطح معنی داری (Pvalue)		۰/۰۱	۰/۰۱۵	۰/۰۱۲	۰/۰۲	۰/۰۲۴	۰/۰۲۷
PTDI** ($micg.kg^{-1}.d^{-1}$)		۰/۰۰۶	۰/۱۶	۰/۰۱۸	۰/۱۸	۰/۳۹	۰/۵۱
PTWI*** ($micg.kg^{-1}.w^{-1}$)		۰/۰۴۲	۱/۱	۰/۱۳	۱/۳	۲/۷	۳/۶
$PTWI_{WHO}$ ($micg.kg^{-1}.w^{-1}$)		۲/۱	۲/۸	۳/۵	۳۵	———	۳۵

* ND= Non Detectable ** PTDI= Provisional Tolerable Daily Intake *** PTWI= Provisional Tolerable Weekly Intake

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-24]

۶- نیکل

در این مطالعه، میانگین میزان غلظت نیکل در نمونه‌های موردنظر۲/۴±۵/۶ میلی گرم بر کیلوگرم، حد کمینه و بیشینه این فلز به ترتیب ۱/۷ و ۸/۹ میلی گرم بر کیلوگرم به دست آمد. میزان غلظت این فلز در نمونه‌های با کد E (۴/۷±۸/۹ میلی گرم بر کیلوگرم) حداکثر و در نمونه‌های با کد J (۰/۵±۱/۷ میلی گرم بر کیلوگرم) حداقل بوده است (جدول شماره ۱).

ب- تعیین میزان غلظت فلزات سنگین آرسنیک، سرب، کادمیوم، کروم، کبالت و نیکل در نمونه های دم نوش

در جدول شماره ۲، میانگین میزان غلظت فلزات آرسنیک، سرب، کادمیوم، کروم، کبالت و نیکل در کلیه نمونه‌های دم نوش تولیدی به ترتیب ۰/۰۱±۰/۰۱۷، ۰/۰۱±۰/۰۶، ۰/۰۱±۰/۲۵، ۰/۳±۰/۶۴، ۰/۴±۰/۸۲ و ۰/۷±۱/۴ میلی گرم بر کیلوگرم، حداکثر غلظت این فلزات به ترتیب ۰/۰۳، ۰/۴، ۰/۲، ۰/۸، ۱/۴ و ۲/۱ میلی گرم بر کیلوگرم به دست آمد. حداکثر میزان غلظت آرسنیک، سرب و کادمیوم به نمونه‌های چای با کدهای A، H و A و حد بیشینه غلظت کروم، کبالت و نیکل در دم نوش نیز به کد F مربوط بوده است. در این مطالعه میزان غلظت آرسنیک، سرب، کادمیوم و سایر عناصر مورد مطالعه (کروم، کبالت و نیکل) به ترتیب در ۷۸ درصد، ۶۷ درصد، ۵۶ درصد و ۳۳/۳ درصد از نمونه ها زیر حد تشخیص بوده است.

ج- برآورد میزان دریافت تقریبی قابل تحمل روزانه و هفتگی و میزان سیبل خطر فلزات سنگین در چای خشک و دم نوش تولیدی

در این بررسی میزان دریافت تقریبی قابل تحمل روزانه (PTDI) فلزات سنگین آرسنیک، سرب، کادمیوم، کروم، کبالت و نیکل در چای خشک بر حسب $micg.kg^{-1}.d^{-1}$ به ترتیب ۰/۰۰۶، ۰/۱۶، ۰/۰۱۸، ۰/۱۸، ۰/۳۹ و ۰/۵۱ و میزان تقریبی قابل تحمل هفتگی (PTWI) بر حسب $micg.kg^{-1}.w^{-1}$ به ترتیب ۰/۴۲، ۱/۱، ۰/۱۳، ۱/۳، ۲/۷ و ۳/۶ تعیین گردید (جدول شماره ۱). در جدول شماره ۲، مقادیر PTDI و PTWI برای فلزات سنگین مورد مطالعه در دم نوش حاصل از چای خشک نیز به دست آمد. در این جدول میزان PTDI در آرسنیک، سرب، کادمیوم، کروم، کبالت و نیکل به ترتیب ۰/۰۰۱، ۰/۰۰۲، ۰/۰۰۹، ۰/۰۶، ۰/۰۷۳ و ۰/۱۳ $micg.kg^{-1}.d^{-1}$ و میزان PTWI به ترتیب ۰/۰۰۹، ۰/۰۱۶، ۰/۰۶۴، ۰/۴۲، ۰/۵۱ و ۰/۹۱ $micg.kg^{-1}.w^{-1}$ تعیین گردید.

در این مطالعه با محاسبه میزان دوز مواجهه توسط رابطه (۳) در بخش مواد و روش‌ها و با برابر فرض کردن میزان PTDI و میزان دوز مرجع، اندازه شاخص سیبل خطر

جدول شماره ۲: غلظت فلزات سنگین بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم و میزان دریافت تقریبی قابل تحمل روزانه و هفتگی در دم نوش چای

کد	تعداد نمونه	آرسنیک میانگین±انحراف معیار	سرب میانگین±انحراف معیار	کادمیوم میانگین±انحراف معیار	کروم میانگین±انحراف معیار	کبالت میانگین±انحراف معیار	نیکل میانگین±انحراف معیار
A	۳	۰/۰۱± ۰/۰۳	۰/۰۵± ۰/۱	۰/۰۵± ۰/۱	۰/۴± ۰/۴	۰/۲± ۰/۵	۰/۴± ۰/۸
B	۳	ND	ND	ND	۰/۲± ۰/۵	۰/۱± ۰/۲	۰/۳± ۰/۶
C	۳	ND	ND	۰/۱± ۰/۲	۰/۵± ۰/۸	۰/۵± ۰/۴	۰/۶± ۱/۸
D	۳	ND	۰/۱± ۰/۲	ND	ND	ND	ND
E	۳	ND	ND	۰/۰۷± ۰/۱	۰/۴± ۰/۷	۰/۳± ۰/۵	۱/۷± ۲/۱
F	۳	۰/۰۱± ۰/۰۱	ND	ND	۰/۳± ۰/۶	۰/۵± ۰/۹	۰/۶± ۱/۲
G	۳	ND	ND	ND	ND	ND	ND
H	۳	ND	۰/۲± ۰/۴	۰/۰۴± ۰/۰۶	۰/۲± ۰/۴	۰/۸± ۱/۲	۰/۶± ۱/۷
J	۳	ND	ND	ND	ND	ND	ND
دامنه تغییرات		۰/۰۳-۰/۰۱	۰/۴-۰/۱	۰/۲-۰/۰۴	۰/۸-۰/۵	۱/۴-۰/۲	۲/۱-۰/۶
سطح معنی داری (Pvalue)		۰/۰۳۲	۰/۰۳۸	۰/۰۳۴	۰/۰۴	۰/۰۴۱	۰/۰۴۲
PTDI ($micg.kg^{-1}.d^{-1}$)		۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۲۳	۰/۰۰۹۲	۰/۰۶	۰/۰۷۳	۰/۱۳
PTWI ($micg.kg^{-1}.w^{-1}$)		۰/۰۰۹	۰/۰۱۶	۰/۰۶۴	۰/۴۲	۰/۵۱	۰/۹۱
$PTWI_{WHO}$ ($micg.kg^{-1}.w^{-1}$)		۲/۱	۲۵	۷	۶۳۷	-------	------

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-24]

سلامت (THQ) مربوط به هر یک از فلزات سنگین برآورد گردید. بر این اساس میزان THQ برای آرسنیک، سرب، کادمیوم، کروم، کبالت و نیکل در نمونه‌های چای سیاه به ترتیب ۰/۷۸، ۰/۸۱، ۰/۸۳، ۰/۸۸، ۰/۸۵ و ۰/۸۶ و در دم نوش تولیدی به ترتیب ۰/۸۰، ۰/۸۷، ۰/۸۸، ۰/۸۷، ۰/۸۸ و ۰/۸۵ به دست آمد.

بحث

آرسنیک یک عنصر جهش‌زا، سرطان‌زا و بسیار سمی برای گیاهان و حیوانات می‌باشد(۱۵،۳). مطالعات فراوانی در زمینه وجود آرسنیک در مواد غذایی و آشامیدنی انجام شده است. در این مطالعه میزان آرسنیک در ۲۲ درصد از نمونه‌های چای خشک زیر حد تشخیص این عنصر (۱/۲ میکروگرم بر کیلوگرم) می‌باشد. میانگین غلظت آرسنیک در نمونه‌های برگ چای ۰/۳±۱/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم و حداکثر آن در نمونه‌های چای با کد C (۰/۵±۱/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) به دست آمد. در مطالعه حمیدی و همکاران میزان آرسنیک در کلیه نمونه‌های چای خشک زیر حد تشخیص بوده است(۲۶). در مطالعه Shi و همکاران روی برگ‌های سبز و جوان چای میزان غلظت آرسنیک در گستره ۰/۰۲ تا ۰/۰۷ گزارش شد(۲۷).

در مطالعه Cao و همکاران روی برگ تازه چای، میزان آرسنیک در نمونه‌های مختلف در دامنه غلظت ۰/۰۲ تا ۰/۰۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم بوده است(۲۸) به‌طوری که غلظت این عنصر در مطالعه حاضر، بالاتر از مقادیر به دست آمده در چهار مطالعه مزبور است. در مطالعه حاضر میزان آرسنیک در ۷۸ درصد از نمونه‌های دم‌نوش در مدت ۱۰ دقیقه زیر حد تشخیص بوده است. میانگین غلظت آرسنیک در نمونه‌های دم نوش ۰/۰۱±۰/۰۲ میلی‌گرم برکیلوگرم و۳۳ درصد مقدار موجود درنمونه‌های چای خشک می‌باشد. در مطالعه شکوهیان و همکاران، میانگین غلظت آرسنیک در نمونه‌های دم نوش بعد از ۱۵ دقیقه، ۰/۴۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد(۴).

Yuan و همکاران گزارش کردند که در خروج و انتقال آرسنیک از چای خشک به داخل دم نوش، دو عامل مدت زمان و درجه حرارت آب بسیار موثر می‌باشند(۲۹). به‌طوری که در درجه حرارت زیاد، آرسنیک در داخل برگ چای باقیمانده و به داخل دم نوش مایع منتقل نمی‌گردد(۳). سرب به عنوان یکی از آلاینده‌های مهم محیط زیست و خاک مطرح می باشد. پیامدهای نامطلوب بهداشتی سرب بر سلامت انسان در غلظت های کم سبب گردیده تا سازمان‌های مختلف، حد مجاز سرب را در مواد غذایی و آشامیدنی‌ها به عنوان یکی از منابع مهم ورود این فلز سنگین به بدن انسان تعیین نمایند(۱۲،۱۰). در این مطالعه میانگین میزان سرب در انواع نمونه‌های چای ۱/۲±۱/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم و گستره غلظت آن ۰/۵ تا ۳/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد. در این مطالعه مقدار حداکثر فلز سرب در نمونه‌ها بیش‌تر از ۱۰ برابر غلظت حداقل آن بوده است. در کلیه نمونه‌های چای مورد مطالعه میزان سرب پایین تر از حد مجاز وزارت بهداشت ایران (۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود.

Chen و همکاران در سال ۲۰۰۷ میلادی میزان سرب در ۵۷ نمونه از انواع چای مصرفی در شهر پکن را در حدود ۰/۲ تا ۶/۳۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش کردند(۳۰). در مطالعه زرولی و همکاران حداکثر میزان سرب به چای شریعت (۱۵/۴۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و حداقل آن به چای شهرزاد (۰/۵۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) مربوط بوده است(۲۲). در مطالعه‌ای دیگر توسط صلاحی‌نژاد و همکاران، میانگین میزان غلظت فلز سرب در نمونه های چای خشک داخلی ۱/۹۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد(۵). در زمینه مطالعات روی میزان غلظت سرب در نمونه‌های دم نوش چای، گزارش‌های زیادی وجود ندارد. یکی از دلایل این موضوع، قابلیت انحلال کم ترکیبات سرب در نمونه‌های برگ چای و عدم آزاد شدن این عنصر در دم نوش تولیدی است. در مطالعه حاضر میانگین غلظت سرب در نمونه‌های دم

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-24]

نوش ۰/۱±۰/۲۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم و برابر ۱۳/۵ درصد میزان سرب در نمونه‌های چای خشک می‌باشد. در ۶۷ درصد از نمونه‌های دم نوش، میزان سرب زیر حد تشخیص بوده است. در مطالعه شکوهیان و همکاران، میزان غلظت سرب در دم نوش بعد از ۱۵ دقیقه ۰/۷±۰/۹۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد(۴). یکی از دلایل تفاوت میزان غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های مختلف دم‌نوش علاوه بر شرایط خاک و هوای منطقه، مدت زمان دم‌کشی و عمل‌آوری دم‌نوش می‌باشد(۴). در مطالعه حاضر نیز مدت زمان دم کشی ۱۰ دقیقه بوده که این کاهش زمان می‌تواند یکی از دلایل کاهش غلظت سرب در نمونه‌های دم نوش تولیدی باشد. کادمیوم از قدیم‌الایام به عنوان یک ماده سرطان زا در انسان و هم‌چنین در حیوانات نیز به عنوان عامل سرطان‌زا در اندام‌های مختلف شناخته شده است(۳). کاربرد کودهای فسفات دار یکی از منابع آلودگی گیاهان و محصولات کشاورزی می‌باشد. بر اساس یک مطالعه بیش از ۵۰ درصد مقدار کادمیوم ورودی در مناطق کشاورزی از طریق مصرف کودهای شیمیایی بوده است(۱۷). در این مطالعه میانگین میزان کادمیوم در انواع نمونه های چای ۰/۲±۰/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم و گستره غلظت آن از ۰/۰۷ تا ۰/۴ میلی‌گرم برکیلوگرم بوده است. میزان کادمیوم در ۲۲ درصد از نمونه‌های چای زیر حد تشخیص این عنصر می‌باشد. در مطالعه حاضر در بیش از ۷۸ درصد از نمونه‌های چای، میزان کادمیوم کم‌تر از حد سمیت در مواد غذایی و چای (۰/۳ میلی گرم بر کیلوگرم) بود. در مطالعه ززولی و همکاران حداکثر میزان کادمیوم در چای شریعت (۱/۹۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و حداقل آن در چای احمد (۰/۰۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) به‌دست آمد(۲۲). در مطالعه صلاحی نژاد و همکاران، میزان غلظت کادمیوم در نمونه‌های چای خشک کم‌تر از ۰/۷۶ میلی گرم بر کیلوگرم بوده است(۵).

در مطالعه Cao و همکاران، میزان غلظت کادمیوم در نمونه‌ها از زیر حد تشخیص تا ۰/۰۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد(۲۸). در این مطالعه میانگین غلظت کادمیوم در نمونه‌های دم نوش ۰/۰۶±۰/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در ۵۶ درصد از نمونه ها زیر حد تشخیص می‌باشد. در مطالعه شکوهیان و همکاران میزان غلظت کادمیوم در نمونه های دم نوش چای بعد از ۱۵ دقیقه ۰/۴۶±۰/۲۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد(۴). اگرچه که عنصر کروم یک ماده ریز مغذی اساسی برای رشد و نمو موجودات زنده و حیوانات است اما ورود آن به داخل زنجیره غذایی سبب اثرات نامطلوب بر سلامت انسان خواهد شد. این عنصر معمولاً به دو صورت کروم ۳ و ۶ ظرفیتی در طبیعت یافت می‌شود. کروم ۳ ظرفیتی کم محلول و سمیت آن کم است در حالی که کروم ۶ ظرفیتی محلول در آب بوده و برای موجودات زنده و انسان بسیار سمی می‌باشد(۳). در این مطالعه میانگین غلظت کروم در نمونه‌های چای خشک ۲±۱/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم و گستره غلظت ۰/۹ تا ۳/۹ میلی‌گرم برکیلوگرم به دست آمد. درمطالعه Tokalioglu و همکاران میزان کروم در برگ تازه چای در گستره ۱/۱۶ تا ۲/۸۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم بوده است(۳۱). در مطالعه Narin و همکاران مقدار این عنصر در برگ چای در حدود غلظت کم‌تر از ۱۰ تا ۱۴/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد(۱۸). Zhong و همکاران غلظت کروم را در گستره ۰/۲۷ تا ۲/۴۵ میلی گرم بر کیلوگرم گزارش نمودند(۲۴). در مطالعه صلاحی‌نژاد و همکاران میزان غلظت کروم در نمونه‌های چای خشک کم‌تر از ۱/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم بوده است(۵). در مطالعه حاضر میزان غلظت کروم در نمونه‌های دم‌نوش، ۰/۳±۰/۶۴ و حد بیشینه آن ۰/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. در این پژوهش، میزان غلظت کروم موجود در چای خشک ورودی به دم‌نوش در مدت زمان ۱۰ دقیقه، ۳۳ درصد بوده است. بر اساس مطالعه Natesan و همکاران ۱۶/۵ درصد از غلظت کروم موجود در چای خشک در مدت زمان ۱ دقیقه به داخل دم نوش منتقل گردیده به طوری که با افزایش این مدت به ۱۰ دقیقه، این میزان به ۴۲/۲

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-24]

درصد افزایش یافت(۳۲). در مطالعه Marbaniang و همکاران میزان غلظت کروم در دم نوش تولیدی ۰/۲±۰/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بوده است(۳۳).

کبالت یکی از عناصر ضروری بدن انسان است که در ساختار ویتامین B12 حضور دارد. این فلز سیستم خون‌سازی بدن را تحریک کرده و تولید هموگلوبین را افزایش می‌دهد(۳). در این مطالعه میانگین غلظت کبالت در انواع چای ۴/۲±۲/۲ و گستره آن ۱/۸ تا ۶/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم با کمینه غلظت در چای با کد E و بیشینه غلظت در کد H به‌دست آمد. درمطالعه Chen و همکاران، میزان غلظت کبالت در چای سیاه ۰/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش گردید(۳۰). در مطالعات Waqar و همکاران، حداکثر غلظت کبالت در برگ چای ۱۱±۳/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد(۳۴). میانگین میزان کبالت در دم نوش تولیدی ۰/۸۲±۰/۴، حداقل و حداکثر آن به‌ترتیب زیر حد تشخیص و ۱/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم بوده است. در این مطالعه میزان غلظت کبالت موجود در چای خشک انتقالی به دم نوش در مدت زمان ۱۰ دقیقه، ۳۳ درصد تعیین شد. در مطالعه Marbaniang و همکاران میزان غلظت کبالت در نمونه‌های برگ چای و دم نوش آن‌ها به ترتیب ۱/۹±۰/۳ و ۱/۳±۰/۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش گردید(۳۳).

اهمیت نیکل در مقادیر کم به عنوان یک ماده مغذی در رشد و نمو گیاهان مشخص شده است. با این وجود این عنصر در غلظت‌های بالا به عنوان یک ماده سمی و آلاینده برای اکثر موجودات زنده و گیاهان مطرح می‌باشد(۳). در این مطالعه میانگین غلظت نیکل ۵/۶±۲/۴ و دامنه تغییرات آن از ۱/۷ تا ۸/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد.

در مطالعه صلاحی نژاد و همکاران میزان غلظت نیکل در نمونه‌های چای خشک ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بوده است(۵). در مطالعه Tokalioglu و همکاران میزان نیکل در نمونه‌های برگ تازه چای در گستره ۶/۶ تا ۱۱/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد(۳۱). بر طبق یک مطالعه توسط Waqar و همکاران میانگین غلظت نیکل در نمونه‌های چای در عربستان سعودی ۹/۸±۴/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم بوده است(۳۴).

در مطالعه Narin و همکاران در ترکیه حداکثر میزان غلظت نیکل در چای خشک ۱۶/۵±۱/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شد(۱۸). در این مطالعه میانگین غلظت نیکل در نمونه‌های دم نوش ۰/۷ ±۱/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد. در این مطالعه میزان غلظت کروم موجود در چای خشک انتقالی به دم نوش در مدت زمان ۱۰ دقیقه، ۳۳ درصد بوده است. در مطالعه Marbaniang و همکاران میزان علظت نیکل در دم نوش تولیدی ۱/۷±۰/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد(۳۳). در این مطالعه رتبه بندی مقادیر فلزات سنگین در نمونه‌های چای و دم نوش تولیدی آن‌ها به صورت Ni> Co> Cr> Pb> Cd> As می‌باشد.

با توجه به مقایسه مقادیر به دست آمده PTWI فلزات سنگین مورد نظر در این مطالعه با مقادیر PTWI پیشنهادی از سوی WHO این نتیجه به دست می‌آید که مقادیر PTWI مربوط به هر یک از فلزات سنگین در نمونه‌های چای خشک و دم نوش تولیدی از میزان‌های توصیه شده سازمان بهداشت جهانی پایین‌تر است(۱۹). به طوری که علی‌رغم بالا بودن میزان غلظت آرسنیک و کادمیوم از حد مجاز در برخی از نمونه‌های چای خشک و دم‌نوش تولیدی در این مطالعه به علت پایین بودن مقادیر PTWI محاسبه شده، هیچ‌گونه خطری بر سلامت مصرف کنندگان ایجاد نخواهد شد.

میزان THQ یا شاخص خطر سلامت برای آرسنیک، سرب، کادمیوم، کروم، کبالت و نیکل در نمونه‌های چای سیاه در این مطالعه به ترتیب ۰/۷۸، ۰/۸۱، ۰/۸۳، ۰/۸۸، ۰/۸۵ و ۰/۸۶ و در دم نوش تولیدی به ترتیب ۰/۸۰، ۰/۸۷، ۰/۸۸، ۰/۸۷، ۰/۸۸ و ۰/۸۵ به دست آمد. به طور کلی مقادیر THQ کم‌تر از ۱ بدین مفهوم است که میزان مواجهه هر یک از آلاینده‌های فلزی مورد مطالعه کم‌تر از دوز مرجع آن می‌باشد. به طوری که

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-24]

می‌توان استنتاج نمود که مقادیر دوز روزانه دریافتی این فلزات از طریق مصرف چای خشک و دم‌نوش آن‌ها، هیچ‌گونه اثر نامطلوبی بر سلامت مصرف کنندگان در طول دوره زندگی آن‌ها نخواهد داشت.

در این مطالعه میزان غلظت فلزات‌سنگین (آرسنیک، سرب، کادمیوم، کروم، کبالت و نیکل) در ۹ برند از چای سیاه داخلی و خارجی و دم نوش تولیدی آن‌ها (A, B, C, D, E, F, G, H, J) در مرکز استان گیلان به شیوه اسپکترومتری جذب اتمی مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه حداکثر میزان آرسنیک، کادمیوم، سرب، کروم، کبالت و نیکل به ترتیب در نمونه‌های چای و دم نوش تولیدی در کدهای A، C، H، C، H و E گزارش گردید. میزان غلظت آرسنیک و کادمیوم در ۲۲ درصد و سرب در ۱۱ درصد از نمونه‌های چای سیاه زیر حد تشخیص بوده است. در حالی که غلظت آرسنیک در ۷۸ درصد، سرب در ۶۷ درصد، کادمیوم در ۵۶ درصد، و کروم، کبالت و نیکل در ۳۳/۳ درصد از دم نوش هر یک از نمونه‌های مزبور زیر حد تشخیص گزارش شد.

در این مطالعه غلظت آرسنیک و کادمیوم در برخی از نمونه‌های چای و دم نوش از حد مجاز بالاتر بوده اما به علت کاهش قابل توجه مقادیر شاخص‌های PTWI و THQ حاصله از کلیه فلزات سنگین مورد مطالعه در نمونه‌های مختلف چای سیاه و دم نوش آن‌ها در مقایسه با حدود پیشنهادی WHO و FAO، مصرف چای و دم نوش تولیدی تمامی نمونه‌ها، هیچ گونه اثر نامطلوبی بر سلامت مصرف‌کنندگان در طول دوره زندگی آن‌ها نخواهد داشت. با این وجود نظارت و پایش مستمر بر میزان غلظت این‌گونه از آلاینده‌های سمی و جلوگیری از ورود آن‌ها به زنجیره عملیات کاشت، داشت و برداشت چای و نیز نحوه عمل‌آوری و استفاده از برگ و انفوزیون آن‌ها اهمیت دارد.

سپاسگزاری

از حمایت‌های بی‌دریغ رئیس و کارشناسان محترم آزمایشگاه شیمی مواد غذایی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی گیلان، تقدیر و تشکر می‌گردد.

References

1. Dufresne CJ, Famworth ER. A review of latest research findings on the health promotion properties of tea. J Nut Biochem 2001; 12(7): 404- 421.
2. Demirak A, Yilmaz F, Tuna AL, Ozdemir N. Heavy metals in water, sediment and tissues of Leuciscus cephalus from a stream in southwestern Turkey. Chemosphere 2006; 63(9): 1451-1458.
3. Karak T, Bhagat RM. Trace elements in tea leaves, made tea and tea infusion: A review. Food Res Int 2010; 43(9): 2234-2252.
4. Shekoohian 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 J Environ Health Sci Eng 2012; 9(1): 37 (Persian).
5. Salahinejad M, Aflaki F. Toxic and essential mineral elements contents of black tea levels and their tea infusions consumed in Iran. Biol Trace Elem Res 2010; 134(1): 118-121.
6. Yemane M, Chandravanshi BS, Wondimu T. Levels of essential and non-essential metals in leaves of the tea plant (Camellia sinensis L.) and soil of Wushwush farms, Ethiopia. Food Chemistry 2008; 107(3): 1236-1243.
7. Kumar A, Nair AGC, Reddy AVR, Garg AN. Availability of essential elements in Indian and US tea brands. Food Chemistry 2005; 89(3): 441-448.
8. Hussain I, Khan F. Investigation of heavy metals in commercial tea brands. J Chem Soc Pak 2006; 28(3): 246-253.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-24]

9. Huang YF, Peng LX, Liu Y, Zang ZF, Lv LY, Zhao G. Evaluation of essential and toxic elements concentrations in different parts of Buckwheat. Czech J Food Sci 2013; 31(3): 249-255.
10. Amouei AI, Yousefi Z, Mahvi AH, Naddafi K, Tahmasbizadeh M. Heavy metal concentrations in industrial, agricultural and highway soils in northern Iran. Environmental Justice 2012; 5(3):153- 157.
11. Seenivasan S, Manikandan N, Nair Muraleedharan. Chromium contamination in black tea and its transfer into tea brew. Food Chemistry 2008; 106(3): 1066-1069.
12. Achudume A, Owoeye D. Quantitative assessment of heavy metals in some tea marketed in Nigeria. Health 2010; 9(2): 1097-1100.
13. Soomro MT, Zahir E, Mohiuddin S, Khan AN, Naqvi II. Quantitative assessment of metals in local brands of tea in Pakistan. Pak. J Biol Sci 2008; 11(2): 285-289.
14. Sofuoglu SC, Kavcar P. An exposure and risk assessment for fluoride and trace metals in black tea. J Hazard Mater 2008; 158(2-3): 392-400.
15. Wong MH, Zhang ZQ, Wong JW, Lan CY. Trace metal contents (Al, Cu, Zn) of tea and soil from two tea plantations, and tea products from different provinces of China. Environ Geochem Health 1998; 20(2): 87-94.
16. Mandal BK, Suzuki KT. Arsenic round the world: a review. Talanta 2002; 58(1): 201-235.
17. de Meeûs C[1], Eduljee GH, Hutton M. Assessment and management of risks arising from exposure to cadmium in fertilizers. Sci Total Environ 2002; 291(1-3): 189-206.
18. Narin J, Colak H, Torkoglu O, Soylak M, Dogan M. Heavy metals in black tea samples produced in Turkey. Bulltin of Contamination and Toxicology 2004; 72(4): 744-749.
19. FAO/WHO. Evaluation of certain food additives and contaminants. 73rd ed report of the joint FAO/WHO int/trs/ TRS. 2013.
20. Institute of Standards and industrial research of Iran (ISIRI). Black tea specification and test methods. No.623. 2nd ed. 2007; ICS: 67, 140.10. (Persian).
21. Karimzadeh L, Bagheri GA, Pour Ali A, Gholipour M, Mohammadi Z, Moshrefi B, et al. Evaluation of lead, cadmium and copper in black tea leaves in Mazandaran factories, spring and summer 2011. J Mazand Univ Med Sci 2013; 23(99): 2-10 (Persian).
22. Zazouli MA, Mohseni Bandpei A, Maleki A, Saberian M, Izanloo H. Determination of cadmium and lead contents in black tea and tea liquor from Iran. Asian J Chem 2010; 22(2): 1387-1393 (Persian).
23. Ansari F, Norbakhsh R, Daneshmandirani K. Determination of heavy metals in Iranian and imported black tea. Iran J Environ Health Sci Eng 2008; 4(4): 243-248 (Persian).
24. Zhong WS, Ren T, Zhao LJ. Determination of lead, cadmium, chromium, copper and nickel in Chinese tea with high- resolution continuum source graphite furnace atomic absorption spectrometry. Journal of Food and Drug Analysis 2016; 24(1): 46-55 (Persian).
25. Rezaee E, Mirlohi M, Fallah A, Babashahi M. A systematic review on exposure to toxic and essential elements through black tea consumption in Iran: Could It be a Major Risk for Human Health? Int J Prev Med 2014; 5(11): 1351- 1359.
26. Hamidi R, Daneshpajooh M. Measuring the lead, arsenic, copper, zinc, selenium, sodium, potassium, nickel, and magnesium ions in

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-24]

black tea. Feyz, J Kashan Univ Med Sci 2009; 13(13): 242-248 (Persian).

27. Shi YZ, Jin LM, Zhu YS. The contents status quo and the accumulation characteristic of heavy metal in tea. China Tea 2007; 6: 7-19.
28. Cao H, Qiao L, Zhang H, Chen J. Exposure and risk assessment for alluminium and heavy metals in Pureh tea. Sci Total Environ 2010; 408(14): 2777-2784.
29. Yuan C, Cao E, He B, Jiang G. Arsenic species and leaching characters in tea (Camellia sinensis). Food Chemical Toxicol 2007; 45 (12): 2381-289.
30. Chen Y, Xu J, Yu M, Chen X, Shi J. Lead contamination in different varieties of tea plant (Camellia sinensis) and factors affecting lead bioavailability. J Sci Food Agric 90(9): 1501-1507.
31. Tokalioglu S, Kartal S. Bioavailability of soil- extractable metals to tea plant by BCR sequential extraction procedure. Instrumentation Science and Technology 2004; 32(4): 387-400.
32. Natesan S, Ranganathan V. Contents of various elements in parts of the tea plant and in infusion of black tea from southern India. J Sci Food Agric 1990; 51 (1): 125- 139.
33. Marbaniang DG, Baruah P, Decruse R, Dkhar ER, Diengdoh DE, Nongpiru CL. Study of trace metals (Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd) composition in tea available at Shillong, Meghalaya, India. International Journal of environmental Protection (IJEP) 2011; 1(1): 13- 21.
34. Waqar A, Mian AA. Levels of selected heavy metals in black tea varieties consumed in Saudi Arabia. Bull Environ Contam Toxicol 2008; 81 (1): 101-104.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-24]