Journal of Health

Vol. 12, No. 2, Summer 2021, Pages 167-177

Assessment of Some Heavy Metals in Broken Dark Tea in Alborz Province and Estimation of Consumer Health Risk at 2019

Keshavars Lelekami A[1], Shakerian A*[2]

1. M.Sc Graduate of Veterinary Medicine, Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran
2. Research Center of Nutrition and Organic Products (RCNOP), Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran

**** Corresponding author.*** Tel: +983833361045, Fax: +983833361031, E-mail: Amshakerian@yahoo.com, amshakerian@iaushk.ac.ir

Received: Jun 9, 2019 Accepted: Jul 12, 2020

ABSTRACT

Background & objectives: Tea is one of the most popular beverages in the world and contains several important essential micro nutrients that are beneficial to human health. The contamination of tea leaves by heavy metals may pose serious problems to human health. The aim of this study was to determine the concentrations of some heavy metals in broken black tea and also evaluation of their health hazards in Alborz province, Iran.

***Methods*:** In this study, the concentration of heavy metals of Pb, Cd and Hg were measured by atomic absorption spectrometry (GFAAS) according to AOAC method of analysis on 15 samples of broken black tea available in stores of Alborz province and selected by simple random sampling in 2019. Upper limits of these heavy metals were 1 ppm, 0.1 ppm and 0.02 ppm for Cd, Pb and Hg, respectively.

Results: The results of analysis showed that the mean levels of Pb, Cd and Hg were 0.255±0.06, 0.046±0.069 and 0.014±0.002 ppm, respectively.

***Conclusion*:** Lead, cadmium and mercury concentrations in the sampled brands of broken black tea were lower in comparison with their upper limits. Therefore, it be concluded that there are not any health problems concerned with broken dark tea consumption for these elements.

Keywords*:* Beverages; Heavy Metals; Broken Black Tea

ارزیابی میزان برخی فلزات سنگین در چای سیاه شکسته در استان البرز در سال ۱۳۹۷ و برآورد خطر سلامت در مصرف کنندگان

علی کشاورز للکامی[۱]، امیر شاکریان[۲]*

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد بهداشت و کنترل کیفی مواد غذایی، گروه بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران

۲. مرکز تحقیقات تغذیه و محصولات ارگانیک، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران

* نویسنده مسئول. تلفن: ۰۳۸۳۳۳۶۱۰۴۵ فکس:۰۳۸۳۳۳۶۱۰۳۱ ایمیل: amshakerian@yahoo.com , amshakerian@iaushk.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: چای محبوب‌ترین نوشیدنی در جهان است و حاوی مواد ضروری می‌باشد که برای سلامت انسان مفید است. آلودگی برگ چای با فلزات سنگین ممکن است یک تهدید جدی برای انسان باشد. هدف از این پژوهش تعیین میزان برخی فلزات سنگین در چای سیاه شکسته و همچنین ارزیابی خطر سلامت در استان البرز بود.

روش کار: در این مطالعه غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیوم و جیوه از طریق طیف سنجی جذب اتمی با کوره مطابق دستورالعمل AOAC بر روی ۱۵ نمونه انواع چای سیاه شکسته موجود در فروشگاه‌های استان البرز در سال ۱۳۹۷ بصورت تصادفی ساده انجام گرفت. حد مجاز فلزات سنگین سرب،کادمیوم و جیوه طبق استاندارد ملی ایران به ترتیب برابر ۱، ۰/۱ و ۰/۰۲ میلی گرم بر کیلوگرم است.

یافته ها : نتایج این بررسی نشان داد میانگین غلظت سرب، کادمیوم و جیوه در نمونه ها به ترتیب ۰/۲۵۵ ±۰/۰۶۰ ppm، ۰/۰۴۶±۰/۰۶۹ ppm و ۰/۰۱۴±۰/۰۰۲ ppm می‌باشد.

نتیجه‌گیری: میزان فلزات سنگین سرب، کادمیوم و جیوه موجود در چای سیاه شکسته کمتر از حد مجاز استاندارد ملی ایران بود. بنابراین خطری برای مصرف‌کننده چای سیاه شکسته ندارد.

واژه‌های کلیدی: نوشیدنی، فلزات سنگین، چای سیاه شکسته

دریافت: ۱۳۹۸/۳/۱۹ **پذیرش:** ۱۳۹۹/۴/۲۲

مقدمه

چای (*Camellia sinensis*) یکی از قدیمی‌ترین نوشیدنی‌های پرمصرف در سراسر جهان می‌باشد. ایران یکی از تولیدکنندگان و هم‌چنین مصرف‌کنندگان مهم چای در جهان می‌باشد، به طوری که هرساله بیش از ۴۰ هزار هکتار چای در ایران تولید می‌شود و از طرف دیگر مصرف سرانه چای در ایران برابر با ۱/۴کیلوگرم در سال است، لذا ایران به عنوان چهارمین کشور مصرف‌کننده چای در دنیا شناخته شده است (۱). چای حاوی مواد معدنی و ضروری می‌باشد که برای سلامت انسان مفید است، بر اساس مطالعات انجام شده، چای به دلیل داشتن ترکیباتی همچون فلاونوییدها، آلکالوییدها، آنزیم‌ها، املاح و عناصر کمیاب، قادر به مهار و پیشگیری از بروز بسیاری از بیماری‌ها از جمله بیماری‌های قلبی و عروقی، کنترل انواع سرطان و جلوگیری از اختلالات سیستم ایمنی بدن است (۳،۲).

فلزات سنگین از جمله سرب، کادمیوم و جیوه به‌واسطه تحریک و خاصیت تجمع‌پذیری، سرطان‌زایی و جهش‌زایی، حتی در غلظت‌های پایین نیز برای موجودات زنده تهدید جدی به شمار می‌روند. این فلزات غیرقابل تجزیه بوده و نسبت به تجزیه بیولوژیکی بسیار مقاوم هستند (٤). از عوارض نامطلوب ورود و حضور آنها در بدن انسان می‌توان به اسهال، شکم درد و استفراغ شدید، شکستگی استخوان، عقیم شدن، آسیب به سیستم عصبی مرکزی، آسیب به سیستم ایمنی، ناهنجاری‌های روانی و آسیب احتمالی به DNA و سرطان اشاره نمود (۵). آلودگی انواع چای به فلزات سنگین از جمله سرب، کادمیوم و جیوه ممکن است ناشی از آلودگی خاک،آب و هوا باشد (۶). زمانی که گیاه چای در زمین‌های آلوده مثلاً در مجاورت بزرگراه‌ها، در کنار معادن و صنایع ذوب فلزات رشد می‌نماید، ممکن است به انواع فلزات سنگین آلوده گردد (۷). هم‌چنین ورود فاضلاب‌های صنعتی و شهری به محیط و استفاده از کودهای شیمیایی حاوی فلز کادمیوم، انواع علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌های حاوی سرب و جیوه، استفاده از آب‌های آلوده در مزارع چای و در نهایت تولید، فرآوری و بسته‌بندی چای در کارخانه‌های چای می‌تواند باعث آلودگی انواع گیاه چای به فلزات سنگین شود (۸). در صورتی که افراد از چای حاوی فلزات سنگین مصرف نمایند، مقدار قابل توجهی از این فلزات سنگین وارد بدنشان می‌شود، لذا مصرف زیاد فلزات سنگین می‌تواند احتمال ابتلا به سرطان‌های دستگاه‌های تنفسی و گوارشی را افزایش دهد (۹).

سرب سبب آسیب به کلیه‌ها، کبد، مغز و ایجاد عقب‌ماندگی ذهنی و حتی نازایی خواهد شد. میزان مجاز سرب برای مواد غذایی و آب آشامیدنی در استاندارد اتحادیه اروپا و کشور چین برابر با ٤ میلی‌گرم برکیلوگرم و در کشورهای استرالیا، کانادا برابر با ۱۰ میلی‌گرم برکیلوگرم است (۱۰).

کادمیوم پس از ورود به بدن باعث آسیب به کبد، کلیه، اسکلت بدن و نیز بروز پوکی استخوان می‌شود. سازمان بهداشت جهانی، حداکثر مجاز کادمیوم در آب آشامیدنی را ۰/۰۰۳ میلی‌گرم در لیتر توصیه می‌نماید. در نشست مشترک سازمان بهداشت جهانی و سازمان خواربار و کشاورزی، میزان دریافت قابل‌تحمل هفتگی کادمیوم را ۰/۰۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن برآورد نمودند (۱۱).

جیوه باعث ضایعات عصبی، اختلال در سیستم کروموزومی، آسیب به کلیه‌ها و روده‌ها، دستگاه بینایی و شنوایی و عدم تعادل می‌شود. حداکثر غلظت جیوه بر اساس استانداردهای سازمان بهداشت جهانی برای آب آشامیدنی یک میکروگرم در لیتر و در غذا ۰/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم تعیین شده است (۱۲). بر اساس استاندارد ۶۲۱ ایران، حدود مجاز فلزات سنگین سرب، کادمیوم و جیوه در چای به ترتیب ۱، ۰/۱ و ۰/۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم تعیین گردیده است (۱۳). نقی پور و همکاران در سال ۱۳۹۵ غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم را در چای سیاه و دمنوش مصرفی در شمال کشور مورد بررسی قرار دادند و عنوان نمودندکه غلظت برخی از فلزات سنگین از جمله کادمیوم در نمونه‌های چای و دمنوش تولیدی بالاتر از حد مجاز استاندارد ملی ایران می‌باشد. این پژوهش نشان داد که موقعیت جغرافیایی و نحوه برداشت و فرآیند محصول نهایی، بر افزایش میزان غلظت فلزات سنگین در چای مؤثر است (١٤). حسینی و همکاران، غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم را در انواع چای تولید داخلی و انواع چای وارداتی مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که محتوای غلظت این فلزات در نمونه‌های چای تولیدی در کشور بالاتر از نمونه‌های چای وارداتی می‌باشد (۱). در بررسی البجرمی[1] و همکاران در کشور لیبی بر روی نمونه‌های چای، میزان سرب، کادمیوم و جیوه را مورد آزمایش قرار دادند و گزارش نمودند که این

[1] Elbagermi

مقادیر در حد مجاز استانداردهای بین‌المللی است (۱۵). میلانی و همکاران در کشور برزیل میزان غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم را در برگ چای موجود در فروشگاه‌ها، در حد مجاز استاندارد ملی آمریکا عنوان نمودند (۱۶). روش‌های متعددی برای برآورد ارزیابی خطر از طریق مصرف مواد غذایی حاوی فلزات سنگین سمی برای سلامت انسان پیشنهاد شده است که یکی از این روش‌ها، ارزیابی میزان خطر (THQ)[1] است که توسط اداره حفاظت محیط زیست آمریکا (USEPA) پیشنهاد شده است. در حقیقت این فاکتور، نسبتی است میان در معرض قرارگیری مواد سمی از جمله فلزات سنگین و دوز مرجع آن‌ها (RFD)[2] که برای بیان اثرات سمی به‌کار می‌رود. مقادیر THQ کوچکتر از عدد یک بیانگر آن است که مصرف ماده غذایی اثر سوءِ بهداشتی و خطر قابل‌مشاهده‌ای برای مصرف‌کننده ندارد، اما اگر این نسبت برابر یا بزرگتر از ۱ باشد خطراتی را برای سلامتی مصرف‌کنندگان به دنبال دارد (۱۷). در یک مطالعه در تایوان به منظور تعیین غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم ناشی از مصرف انواع چای مشخص شد که شاخص مخاطره سلامت عناصر، کوچکتر از عدد یک می‌باشد (۱۸).

با توجه به اینکه گیاه چای رایج‌ترین نوشیدنی در میان مردم استان البرز است و گزارشی در مورد نحوه اندازه‌گیری فلزات سنگین سمی و ارزیابی میزان خطر در ارتباط با مصرف چای شکسته در این استان مشاهده نشده است، لذا هدف از مطالعه حاضر تعیین میزان فلزات سنگین سرب،کادمیوم و جیوه در چای سیاه شکسته در استان البرز در سال ۱۳۹۷ و همچنین ارزیابی میزان خطر و برآورد میزان دریافت تقریبی قابل تحمل روزانه این فلزات در چای سیاه شکسته بود.

روش‌کار

تهیه نمونه‌های چای سیاه شکسته

برای انجام این پژوهش توصیفی- مقطعی تعداد ۱۵ نمونه چای سیاه شکسته موجود در فروشگاه‌های (به‌صورت تصادفی) شهرستان‌کرج، بزرگترین شهر و مرکز استان البرز در مناطق مختلف شهر در سال ۱۳۹۷ و در طی ۳ ماه به روش تصادفی ساده از نشان‌های تجاری (برند) مختلف جمع‌آوری گردیده و برای اندازه‌گیری فلزات سنگین سرب، کادمیوم و جیوه به آزمایشگاه منتقل شدند.

آماده سازی نمونه‌های چای سیاه شکسته

ابتدا طبق روش مرجع AOAC، مقدار ۲ گرم چای سیاه شکسته به مدت ۱۲ ساعت درگرمخانه ۹۰ درجه سلسیوس قرار داده شد تا رطوبت آن گرفته شد. در مرحله بعد، ظروف پس از انتقال یافتن به کپسول روی شعله حرارت داده شدند و سپس در کوره الکتریکی ۲۵۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند و در هر ساعت ۵۰ درجه سلسیوس به حرارت کوره افزوده شد تا درجه حرارت به ۵۵۰ درجه سلسیوس برسد. در این مرحله ظروف از کوره خارج گردیده و به مدت ۶ ساعت در محیط قرار داده شد. در آخرین مرحله و پس از سردشدن ظروف، خاکستر حاصله از نمونه‌ها در محلول اسید نیتریک (ساخت شرکت مرک آلمان) حل گردیده و محلول حاصله به ارلن ۲۵۰ میلی لیتر منتقل گردید (۱).

تهیه محلول‌های استاندارد سرب، کادمیوم و جیوه

از محلول استاندارد سرب (شرکت مرک آلمان) در غلظت‌های ۰/۲، ۰/٤، ۰/۶ و ۰/۸ میلی گرم در لیتر و از محلول استاندارد کادمیوم (شرکت مرک آلمان) در غلظت‌های۲۰،۱۰،۳۰ و ٤۰ میلی‌گرم در لیتر و از محلول استاندارد جیوه (شرکت مرک آلمان) در غلظت‌های ۱/۵،۰،۲ و ٤ میلی گرم در لیتر تهیه گردید (۱).

[1] Target Hazard Quotient
[2] Reference Dose

مرحله استخراج

در یک قیف جداگانه به محلول آماده شده نمونه، ۵ میلی‌لیتر اسیدسیتریک ۱۰٪ بعنوان تامپون و در ازاءِ هر ۱۰ میلی لیتر محلول یک قطره بروموکروزول گرین ۱ ٪ الکلی اضافه گردید و محلول با استفاده از محلول غلیظ و رقیق آمونیاک ٤٪ روی pH=۵/٤ تنظیم گردید. سپس ۵ میلی لیتر محلول آمونیوم پیرولیدین دی تیوکربوکسیلیک اسید (ساخت شرکت مرک آلمان) ۲٪ به مخلوط اضافه گردید و ظروف حاوی مخلوط به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه تکان داده شد تا فلزات سرب، کادمیوم و جیوه با محلول فوق بصورت کمپلکس در آیند. سپس ۵ تا ۱۰ میلی لیتر محلول بوتیل استات نرمال (ساخت شرکت مرک آلمان) به محتوای ظروف افزوده و مجدداً محلول‌ها به مدت یک دقیقه در قیف جداکننده تکان داده شدند. در این مرحله فاز آبی دور ریخته شده و فاز آلی حاوی کمپلکس سرب،کادمیوم و جیوه مورد آزمایش قرار گرفت (٤،۱).

رسم منحنی کالیبراسیون

در این مرحله فاز آلی حاوی کمپلکس سرب، کادمیوم و جیوه در سل‌های مخصوص دستگاه جذب اتمی ریخته شده، آنگاه دستگاه بطور اتوماتیک از بلانک و استانداردها برداشته و منحنی مربوطه رسم گردید. پس از رسم منحنی کالیبراسیون نمونه‌ها بصورت اتوماتیک توسط دستگاه برداشته شده و با استفاده از منحنی میزان آنها بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم محاسبه گردید. در این مطالعه از دستگاه جذب اتمی مدل Varian AA 240 FS و کوره گرافیکی GTA120 مدل Varian ساخت کشور استرالیا استفاده شد. برای اندازه‌گیری جیوه از دستگاه جذب اتمی متصل به دستگاه هیدرید (ساخت کشور استرالیا) استفاده شد (۱۶).

برای اطمینان از دقت[1] آزمایش، هر نمونه چای در سه نوبت مورد آزمایش قرار گرفت و آنگاه میانگین مقادیر، مشخص گردید و برای اطمینان از صحت[2] آزمایش، درصد بازیافت[3] به صورت زیر انجام گرفت: ابتدا غلظت‌های ۱۰۰،۲۰۰ و ۳۰۰ میکروگرم در لیتر استانداردهای سرب، کادمیوم و جیوه در مقادیر ۱، ۲ و ۳ میلی‌لیتر به ۱۰ میلی لیتر چای که مقدار سرب، کادمیوم و جیوه آن توسط آزمایشگاه مرجع مشخص شده بود، اضافه گردید و مجدداً اندازه‌گیری مقدار این فلزات انجام شد، در نهایت درصد بازیافت برای سرب، کادمیوم و جیوه در نمونه چای به ترتیب برابر با ۱±۹۷/۸، ۱/۵±۹۸/٤ و ۱±۹۹/۲ درصد برآورد گردید.

برای اندازه گیری حد تشخیص دستگاه[4]، از استانداردهای مختلف سرب، کادمیوم و جیوه در حد ۱، ۲، ٤، ۸، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ پیکوگرم استفاده شد. هر استاندارد در ۳ نوبت به دستگاه تزریق گردید و این عمل ۵ مرتبه تکرار شد. در نهایت حد تشخیص دستگاه برای فلز سرب، کادمیوم و جیوه به ترتیب برابر با ٤، ۰/۵ و ۲ پیکوگرم به‌دست آمد (۱).

در این مطالعه مقادیر PTDI[5] یا میزان دریافت تقریبی قابل تحمل روزانه فلزات سنگین در چای سیاه شکسته مورد بررسی قرار گرفت. همچنین میزان ارزیابی خطر (THQ) در فلزات سنگین سرب، کادمیوم و جیوه با استفاده از رابطه‌های ۱ و ۲ بدست آمد:

رابطه ۱)

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

در رابطه ۱، PTDI بر حسب mg/kg/day، میزان سرانه مصرف چای بر حسب گرم در روز (۶ گرم در روز) و میانگین وزن مصرف‌کنندگان چای بر حسب کیلوگرم برابر با ۶۵ است (١٤).

[1] Precision

[2] Accuracy
[3] Recovery Rate
[4] Detection of Limit
[5] Provisional Tolerable Daily Intake

رابطه ۲)

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

در رابطه ۲، THQ برای فلزات سنگین سرب، کادمیوم و جیوه از تقسیم میزان دوز مورد مواجهه فلز سنگین بر میزان دوز مرجع آن فلز به دست می‌آید. از این رابطه به عنوان یک معیار ارزیابی میزان خطرهای بهداشتی بالقوه و در طی مدت طولانی فلزات سنگین در مصرف‌کنندگان مواد غذایی استفاده می‌شود. اگر مقدار THQ<۱ باشد، اثرات ایجاد سرطان در مصرف‌کننده امکان‌پذیر نمی‌باشد ولی اگر مقدار THQ>۱ باشد، امکان خطر بهداشتی وجود دارد. اگر THQ>۱۰ باشد، خطر بالای مسمومیت مزمن در خصوص فلزات سنگین سرب، کادمیوم و جیوه پیشنهاد می‌گردد (۱۷).

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

در رابطه ۳، سرانه مصرف چای، ۶ گرم در روز، مدت‌زمان مصرف چای، ۶۰ سال، میانگین وزن بدن افراد مصرف‌کننده ۶۵ کیلوگرم و میانگین طول عمر افراد مصرف‌کننده برابر با ۷۰ سال در نظر گرفته شده است (۱۴).

میزان دوز مرجع در این مطالعه، معادل با میزان دریافت تقریبی قابل تحمل روزانه فلزات سنگین در چای سیاه شکسته در نظر گرفته شد، چون میزان دوز مرجع در واقع میزان حداکثر دریافت روزانه فلز سنگین می‌باشد (۱۴).

جدول ۱. شرایط دستگاه جذب اتمی مورد استفاده مدل واریان جهت اندازه گیری سرب، کادمیوم و جیوه در انواع چای سیاه شکسته

شرایط دستگاه	سرب	کادمیوم	جیوه
طول موج (نانومتر)	۲۸۳/۳	۲۲۸/۸	۲۵۳/۷
سیستم اتمیزه نمودن (Atomization System)	پلات فورم	پلات فورم	پلات فورم به همراه هیدرید
دمای خاکستر (درجه سانتی گراد)	۸۰۰	۷۰۰	۸۰۰
حجم تزریق شده (میکرولیتر)	۱۰	۱۰	۱۰

تجزیه و تحلیل آماری

کلیه داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS-20 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. به منظور مقایسه میانگین غلظت عناصر با رهنمود سازمان‌های بهداشت جهانی و ملی استاندارد ایران از آزمون تی تک‌نمونه‌ای با سطح معنی‌داری ۰/۰۵ استفاده گردید.

یافته ها

در جدول ۲، میانگین فلزات سنگین سرب، کادمیوم و جیوه در چای سیاه شکسته موجود در فروشگاه‌های استان البرز آمده است.

۱- سرب

بر اساس نتایج جدول ۲، میانگین غلظت سرب در نمونه‌های چای سیاه شکسته برابر با ۰/۰۶±۰/۲۵۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش گردید. حداقل و حداکثر مقدار این فلز به ترتیب برابر با ۰/۰۳ و ۰/۸ میلی‌گرم برکیلوگرم بود.

۲- کادمیوم

بر اساس نتایج جدول ۲، میانگین غلظت کادمیوم در نمونه‌های چای سیاه شکسته برابر با ۰/۰۰۶±۰/۰۴۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد. حداقل و حداکثر مقدار این فلز به ترتیب برابر با ۰/۰۱ و ۰/۱۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود.

۳- جیوه

مطابق با جدول ۲، میانگین غلظت جیوه در نمونه‌های چای سیاه شکسته برابر با ۰/۰۱٤±۰/۰۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش گردید. حداقل و حداکثر مقدار این فلز به ترتیب برابر با ۰/۰۱ و ۰/۰٤ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود.

با توجه به نتایج جدول ۲، با استفاده از آزمون تی تک‌نمونه‌ای، بین میزان سرب در نمونه‌های چای سیاه شکسته با میزان کادمیوم و جیوه در نمونه‌های چای سیاه شکسته موجود در استان البرز اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده شد ($p<۰/۰۱$).

برآورد میزان دریافت تقریبی قابل تحمل روزانه فلزات سنگین در چای سیاه شکسته

در این بررسی میزان دریافت تقریبی قابل تحمل روزانه فلزات سنگین سرب، کادمیوم و جیوه در چای سیاه شکسته موجود در فروشگاه‌های استان البرز در سال ۱۳۹۷ بر حسب mg/kg/day به ترتیب برابر با ۰/۰۲۳، ۰/۰۰۰٤ و ۰/۰۰۱۲ و میزان دریافت تقریبی قابل تحمل هفتگی فلزات سنگین در چای سیاه شکسته سرب، کادمیوم و جیوه در چای سیاه شکسته موجود در فروشگاه‌های استان البرز در سال ۱۳۹۷ بر حسب mg/kg/Week به‌ترتیب برابر با ۰/۱۶۱، ۰/۰۰۲۸ و ۰/۰۰۰۸٤ گزارش گردید. در این بررسی میزان THQ برای فلزات سنگین سرب، کادمیوم و جیوه به‌ترتیب برابر با ۰/۸۷، ۰/۰۱ و ۰/۹ به دست آمد (جدول ۲).

جدول ۲. میانگین فلزات سنگین سرب، کادمیوم و جیوه بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم در چای سیاه شکسته موجود در فروشگاه‌های استان البرز در سال ۱۳۹۷

فلز سنگین / پارامترها	سرب	کادمیوم	جیوه
میانگین	۰/۲۵۵±۰/۰۶	۰/۰٤۶±۰/۰۰۶	۰/۰۱٤±۰/۰۰۲
دامنه تغییرات	۰/۸-۰/۰۳	۰/۱۸ -۰/۰۱	۰/۰٤ -۰/۰۱
PTDI*	۰/۰۲۳	۰/۰۰۰٤	۰/۰۰۱۲
PTWI**	۰/۱۶۱	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۰۸٤
PTWI WHO	۲/۸	۳/۵	۰/۳

* PTDI=Provisional Tolerable Daily Intake
** PTWI=Provisional Tolerable Weekly Intake

بحث

مطالعه حاضر به منظور بررسی و تعیین میزان فلزات سنگین سمی سرب، کادمیوم و جیوه در چای سیاه شکسته موجود در فروشگاه‌های استان البرز در سال ۱۳۹۷ صورت گرفت. بطور کلی فلزات سنگین موجود در محیط زیست یک خطر بالقوه برای موجودات زنده به‌شمار می‌آید. انسان و حیوانات همیشه در معرض آلودگی با فلزات سنگین می‌باشند. این‌گونه فلزات با ترکیبات ضروری بدن از قبیل اکسیژن، گوگرد و ازت، پیوند برقرار می‌نمایند. با توجه به اینکه بیشتر ترکیبات ضروری بدن از جمله آنزیم‌ها و پروتئین‌ها دارای چنین گروه‌هایی می‌باشند، در نتیجه فلزات موجب وقفه فعالیت آنزیم‌ها و اختلال در سنتز ترکیبات ضروری بدن می‌شوند (۱). فلزات سنگین سرب، کادمیوم و جیوه به عنوان آلاینده‌های مهم آب، خاک و محیط زیست در دنیا مطرح می‌باشند. لذا پیامدهای نامطلوب بهداشت این فلزات سنگین بر سلامت افراد جامعه، حتی در مقادیر پایین کم، سبب شده تا سازمان‌های ذیربط، حد مجاز استانداردهای این فلزات را مواد غذایی از جمله چای و آب آشامیدنی به عنوان یکی از منابع مهم ورود فلزات

سنگین به بدن انسان گزارش نمایند (۱۰). در مطالعه حاضر میزان سرب، کادمیوم و جیوه در چای سیاه شکسته موجود در فروشگاه‌های استان البرز در سال ۱۳۹۷ کمتر از حد مجاز استاندارد ملی ایران (سرب 1ppm، کادمیوم ۰/۱ ppm و جیوه ppm ۰/۰۲) بود. بررسی‌ها و مطالعات متفاوتی در خصوص میزان فلزات سنگین در چای در دنیا انجام شده است به‌طوری‌که در بررسی سینیواسان[1] و همکاران در جنوب هند بر روی ۱۰۰ نمونه چای جمع‌آوری شده، میزان سرب مورد ارزیابی قرار گرفت که میزان سرب در نمونه‌های چای بین ۰/٤–۱/۳۶mg/kg متغیر بود (۱۹)، که در مقایسه با مطالعه حاضر بیشتر بودند. اشرف و همکاران در کشور عربستان صعودی مقدار غلظت سرب در ۱۷ نمونه چای را مورد بررسی قرار دادند که مقدار غلظت بدست آمده بین ۰/۳-۳/۲mg/kg بود که پائین‌تر از حد مجاز استاندارد آمریکا می‌باشد (۲۰)، که در مقایسه با مطالعه حاضر بیشتر بودند. چهار برند و نشان تجاری معروف چای توسط آلبرت[2] و همکاران در کشور نیجریه مورد بررسی قرار گرفت که میانگین سرب ۰/۰۲±۰/۱۹ و برای کادمیوم ۰/۰۲±۰/۱۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود (۲۱)، که در مقایسه با مطالعه حاضر کمتر بودند. در بررسی ترویسیا[3] و همکاران در کشور ایتالیا میزان جیوه در چای سیاه برابر با ۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش گردید که مقادیر گزارش شده کمتر از حد مجاز استاندارد اتحادیه اروپا بود (۲۲)، ولی در مقایسه با مطالعه حاضر بیشتر بود. در مطالعه‌ای دیگر توسط ژانگ[4] و همکاران، در برگ گیاه چای سیاه در کشور چین، میانگین سرب، کادمیوم و جیوه به ترتیب برابر با ۰/۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم، ۰/۰۶۱ میلی‌گرم برکیلوگرم و ۰/۰٤۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم مورد ارزیابی قرار دادند (۹)، که میانگین مقادیر گزارش شده، شبیه مطالعه حاضر در استان البرز بود.

بر اساس نتایج تحقیقات و گزارشات مشابه که در آنها اختلاف معنی‌دار در مقادیر عناصر ارزیابی شده در چای‌های حاصل از نواحی مختلف جهان مشاهده گردیده است، اختلافات به دست آمده در مقدار عناصر موجود در چای‌های داخلی، خارجی، مخلوط و کیسه‌ای که قطعاً محل کشت آنها نیز با یکدیگر متفاوت است نظیر چای هند، سیلان و ایران را می‌توان به عواملی همچون سن برگ‌های مورد استفاده در تهیه نمونه‌های چای خشک، شرایط خاک نظیر pH خاک و کودهای مورد استفاده، شرایط جوی از نظر میزان بارندگی، ارتفاع محل کشت و خصوصیات ژنتیکی گیاه چای نسبت داد. با افزایش سن برگ‌های چای، میزان تجمع فلزات سنگین در برگ‌ها افزایش می‌یابد، از این‌رو کمترین مقدار عناصر در جوانه چای و برگ‌های جوان مشاهده می‌شود. به‌طوریکه در برگ‌های چای سیاه مسن، میزان فلزات سنگین نظیر سرب، کادمیوم و جیوه خیلی بیشتر از برگ‌های چای سیاه جوان می‌باشد، چون در تماس بیشتر با محیط و همچنین شرایط جوی و نحوه تولید و فرآوری محصول اهمیت دارد. لذا با تهیه چای خشک از جوانه و برگ‌های جوان چای می‌توان انتظار داشت که مقدار عناصر در چای نسبت به حالتی که از برگ‌های مسن به این منظور استفاده می‌شود، کمتر باشد (۱۵). همچنین تفاوت در مقادیر عناصر چای‌های مختلف می‌تواند ناشی از تفاوت در میزان آلودگی مناطق و باران‌های اسیدی باشد. اسیدی‌بودن محیط کشت چای که می‌تواند ناشی از بارش باران‌های اسیدی و یا اسیدی‌بودن خاک (pH پایین) باشد، موجب بهبود حلالیت ترکیبات عناصر مختلف در آب و تسهیل انتقال عناصر به گیاه چای می‌گردد (۲۳). در تحقیقات دیگر نیز غلظت عناصر در گیاه چای به میزان قابل توجهی به pH محیط رشد، وجود عوامل ترکیب شونده با فلزات در خاک و گونه و خصوصیات

[1] Seenivasan
[2] Albert
[3] Troisia
[4] Zhang

ژنتیکی گیاه چای بستگی داشته است (۱٤،۹،۸)، با توجه به این عوامل، فرناندز[1] و همکاران در تحقیقی، اقدام به تفکیک نواحی مختلف جغرافیایی بر اساس میزان عناصر تعیین شده در گونه‌های چای به دست آمده از آن نواحی نمودند. استفاده از کودهای مختلف نیز می تواند اسیدیته خاک و در نتیجه میزان جذب عناصر مختلف توسط گیاه چای را تغییر دهد. افزایش میزان استفاده از کودهای نیتروژنی، اسیدیته خاک را افزایش می‌دهد، و از طرف دیگر باکتری‌های خاک نیز باعث افزایش اسیدیته خاک می‌گردند. بنابراین باعث تغییر در میزان فلزات سنگین در خاک و گیاهان می‌گردند (۲٤،۸). از طرف دیگر استفاده از کودهای شیمیایی فسفات‌دار در مزارع کشاورزی برای حاصلخیزی خاک، یکی از مهمترین منابع آلودگی خاک و گیاهان به فلز سنگین کادمیوم است که حتی مشخص شده که بیش از ۵۰ درصد از کادمیوم ورودی به مناطق کشاورزی و محصولات آنها از طریق مصرف کودهای شیمیایی فسفاته بوده است (۲۵).

با توجه به مقایسه مقادیر به دست آمده در خصوص میزان دریافت تقریبی قابل تحمل روزانه فلزات سنگین سرب، کادمیوم و جیوه در چای سیاه شکسته موجود در فروشگاه‌های استان البرز در سال ۱۳۹۷ بر حسب mg/kg/day با مقادیر PTWI اعلام شده از طرف سازمان بهداشت جهانی، این نتیجه حاصل می‌شود که مقادیر PTWI مربوط به هرکدام از فلزات سنگین در نمونه‌های چای سیاه شکسته، از میزان‌های پیشنهادشده سازمان بهداشت جهانی پایین‌تر است، لذا هیچ‌گونه خطری برای مصرف‌کنندگان ایجاد نمی‌نماید.

میزان THQ یا شاخص خطر سلامت برای فلزات سنگین سرب، کادمیوم و جیوه موجود در نمونه‌های چای سیاه شکسته به ترتیب برابر با ۰/۸۷، ۰/۰۱ و ۰/۹ به دست آمد. به طورکلی مقادیر THQ کمتر از ۱، به این معنی است که میزان مواجهه این فلزات سنگین کمتر از میزان دوز مرجع آن است، لذا می‌توان عنوان نمود که مقادیر دوز روزانه دریافتی این فلزات از طریق مصرف چای سیاه شکسته، اثر جانبی و نامطلوب بر سلامت مصرف‌کنندگان در طول زندگی آنها ایجاد نمی‌نماید، که با نتایج شن[2] و همکاران در کشور تایوان در ارتباط با غلظت فلزات سنگین سمی سرب و کادمیوم ناشی از مصرف انواع چای، شاخص خطر سلامت کمتر از عدد ۱، گزارش گردید که با نتایج بررسی حاضر همسو است (۱۸).

مطالعه حاضر محدودیت‌هایی را به همراه داشت که از آن جمله می‌توان به تعداد کم نمونه و نمونه‌برداری فصلی آن اشاره نمود. برای ارائه تحلیل دقیق‌تر پیشنهاد می‌شود تعداد نمونه‌های بیشتر و در مقاطع زمانی طولانی‌تر و همچنین مقایسه با دو روش دستگاهی مورد بررسی قرار گیرند.

نتیجه گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد میزان سرب، کادمیوم و جیوه در چای سیاه شکسته موجود در فروشگاه‌های استان البرز در سال ۱۳۹۷ کمتر از حد مجاز استاندارد ملی ایران است. هم‌چنین مقایسه میزان جذب روزانه و هفتگی این فلزات با مقادیر مجاز ارائه شده توسط سازمان بهداشت جهانی و سازمان خوار و بار کشاورزی، پایین‌تر است. نتایج آزمایشات چای‌های نواحی مختلف در تحقیقات متعدد کاملاً با یکدیگر متفاوت است که به عوامل متعددی شامل واریته چای، شرایط جوی محل کاشت، شرایط خاک و ارتفاع، سن برگ‌های مورد استفاده در تهیه چای و نوع چای بستگی دارد. به طور کلی، میزان عناصر اندازه‌گیری‌شده در نمونه‌های چای داخلی یا خارجی موجود در بازار حاوی فلزات سنگین سرب، کادمیوم و جیوه می‌باشد که در نهایت نتیجه‌گیری می‌شود که تولید چای در کشور و واردات آن از سایر کشورها

[1] Fernandez

[2] Shen

نیاز به توجه بیشتری دارد و هم‌چنین نیاز به نظارت و پایش مستمر بر میزان غلظت فلزات سنگین و جلوگیری از ورود آنها به زنجیره تولید چای می‌باشد.

تضاد منافع

در این پژوهش هیچ‌گونه تعارض منافعی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

References

1- Hosseni SM, Shakerian A, Moghimi A. Cadmium and Lead Content in Several Brands of Black Tea (Camellia sinensis) in Iran. J Food Biosci Technol. 2013; 3: 67-72.

2- Karak T, Bhagat RM. Trace elements in tealeaves, made tea and tea infusion: A review. Food Res Int. 2010;43(9): 2234-2252.

3- 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): 236-1243.

4- Soliman NF. Health Economics &Outcome Research: Metals Contents in Black Tea and Evaluation Of Potential Human Health Risks To Consumers. Health Economics Outcome Res. 2016; 2(1): 2-5.

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

6- Satsananan C. The Study of The Amounts of Heavy Metals in Green Teas Determine by Using Atomic Absorption. Int J Systems Applic Engineer Develop. 2016;10 (1): 20-24.

7- Rashid MH, Fardous Z, Chowdhury MA, Alam MK, Bari ML. Determination of Heavy Metals in The Soils of Tea Plantations and In Fresh And Processed Tea Leaves: An Evaluation of Six Digestion Methods. Chemist Central J. 2016; 10(7): 1-13.

8- Elbagermi MA, Alajtal AI, Edwards HGM. Quantitative Determination of Heavy Metal Concentrations in Herbal Teas Marketed in Various Countries Including Libya. Asian J Res Biochemist. 2017; 1(1): 1-10.

9- Zhang J, Ruidong Y, Rong C, Yishu P, Xuefeng W, Lei G. Accumulation of Heavy Metals in Tea Leaves and Potential Health Risk Assessment: A Case Study from Puan County, Guizhou Province, China. Int. J. Environ. Res. Public Health. 2018;15,133(1-22).

10-WHO. Lead in drinking-water, background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality. Geneva: World Health Organization. 2003. (WHO/SDE/WSH/03.04/9).

11-FAO/WHO. Evaluation of certain food additives and contaminants. 73rd ed report of the joint FAO/WHO int/trs/ TRS. 2013.

12-Almeida LLS, Oliveira MDR, Silva JBB, Coelho NMM. Suitable extraction of soils and sediments for mercury species and determination combined with the cold vapor generation atomic absorption spectrometry technique. Microchem. J. 2016;124, 326–330.

13-Institute of Standards and industrial research of Iran (ISIRI). Black tea specification and test methods. No.623. 2nd ed. ICS. 2007: 67. (Persian).

14-Naghipour D, Amouei A, Dadashi M, Zazouli M A. Heavy Metal Content in Black Tea and their Infusions in North of Iran and Estimation of Possible Consumer Health Risk. J Mazandaran Uni Med Sci. 2016; 26 (143) :211-223.

15-Elbagermi MA, Alajtal AI, Edwards HGM. Quantitative Determination of Heavy Metal Concentrations in Herbal Teas Marketed in Various Countries Including Libya. Asian J Res Biochemist. 2017; 1(1): 1-10.

16-Milani RF, Morgano MA, Cadore S. Trace elements in *Camellia sinensis* marketed in southeastern Brazil: extraction from tea leaves to beverages and dietary exposure. LWT-Food Sci Technol. 2016;68:491-498.

17-United States Environmental Protection Agency. United States Environmental Protection Agency Integrated Risk Information System (IRIS) Glossary. 2011. Available at: http://ofmpub.epa.gov/sor_internet/registry/termreg/searchandretrieve/glossariesandkeywordlists/search.do?details=&glossaryName=IRIS%20 Glossary (2011).

18-Shen F, Chen H. Element composition of tealeaves and tea infusions and its impact on health. Bull Environ Contam Toxicol. 2008; 80: 300-304.
19-Seenivasan S, Manikandan N, Muraleedharan NN, Selvasundaram R. Heavy metal content of black teas from south India. Food Control. 2008; 19(8): 746−749.
20-Ashraf W, Mian AA. Levels of selected heavy metals in black tea varieties consumed in Saudi Arabia. Bull Environ Contamin Toxicol. 2008; 81: 101−104.
21-Albert CA, Dayo O. Quantitative assessment of heavy metals in some tea marketed in Nigeria.Obafemi Awolowo University, Ile-Ife. 2010;9:1097-1100.
22-Troisia J, Richards S, Symes S, Ferrett V, Di Maioh A, Amoresanog A, Daniele B, Alibertij F, Guida M. A comparative assessment of metals and phthalates in commercial tea infusions: A starting point to evaluate their tolerance limits. Food Chemist. 2019; 288:193–200.
23-Street R, Drabek O, Szakova J, Mladkova L. Total content and speciation of aluminium in tea leaves and tea infusions. Food Chemistry. 2007;104: 1662-1669.
24-Fernandez-Caceres PL, Martin MJ, Pablos F, Gonzalez G. Differentiation of tea (Camellia sinensis) varieties and their geographical origin according to their metal content. J.Agric. Food Chem. 2001;49, 4775-4779.
25-Meeûs C, 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.