

ارزیابی غلظت فلزات سنگین (مس، سرب و آرسنیک) در چای لاهیجان و چای هندوستان

شیرین هوشمندزاده^a، عبدالله عزیزاده کارسالاری^{b*}، داریوش خادمی شورمستی^c

^a دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه کشاورزی، واحد سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، سوادکوه، ایران

^b استادیار گروه شیمی، واحد سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، سوادکوه، ایران

^c دانشیار گروه کشاورزی، واحد سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، سوادکوه، ایران

چکیده

مقدمه: چای یکی از محبوب‌ترین نوشیدنی‌ها در جهان است. مخاطرات آلودگی برگ چای با فلزات سنگین موجب نگرانی مصرف‌کنندگان و سلامت جهانی است. ارزیابی غلظت فلزات سنگین (مس، سرب و آرسنیک) به منظور پایش مستمر وضعیت آلودگی احتمالی ضروری به نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها: به روش طیف‌سنجی جذب اتمی با کوره نمونه‌های چای سیاه کشت شده در ایران (چای لاهیجان) و وارداتی (چای هندوستان) غلظت مس، سرب و آرسنیک اندازه‌گیری شد. غلظت عناصر تعیین شده با استفاده از آمار توصیفی و استنباطی با استفاده از ۶ تکرار از هر نمونه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. میانگین غلظت هر عنصر با حدود استاندارد ملی ایران و نیز در بین دو نمونه چای مورد مقایسه قرار گرفت ($P < 0.05$).

یافته‌ها: نتایج نشان که محتوای عناصر مس، سرب و آرسنیک (میلی‌گرم در کیلوگرم) در هر یک از نمونه‌های چای هندوستان (به‌ترتیب ۱۱/۳، ۰/۱۸۰ و ۰/۱۲۵) و چای لاهیجان (به‌ترتیب ۱۰/۱، ۰/۱۰۸ و ۰/۰۷۷) پایین‌تر از حدود استاندارد ملی ایران بودند و همچنین اختلاف آماری معنی‌داری بین غلظت هر یک از عناصر در بین نمونه‌های وارداتی و داخلی دیده نشد.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد چای ایرانی (لاهیجان) و وارداتی (هندوستان) از نظر آلودگی به عناصر مس، سرب و آرسنیک در محدوده‌ی بی‌خطر قرار دارند. در عین حال پایش مستمر غلظت عناصر سنگین و خطرناک ضروری به‌نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: آرسنیک، چای، حد مجاز، سرب، مس

مقدمه

چای (*Camellia sinensis* L)، یکی از محبوب‌ترین نوشیدنی‌های گرم، در بیش از ۴۵ کشور در سراسر جهان به‌ویژه در آسیا کشت می‌شود. چای دومین نوشیدنی پرمصرف در جهان (بعد از آب) است و مصرف‌کنندگان هم به‌خاطر طعم و هم خواص مفید متعددش از آن استقبال می‌کنند. نتایج مطالعات متعدد نشان داد که مصرف مناسب چای با کاهش کلسترول سرم، جلوگیری از اکسیداسیون لیپوپروتئین با چگالی کم و کاهش خطر بیماری‌های قلبی عروقی و سرطان مرتبط است. این به دلیل وجود ترکیبات شیمیایی مختلف مانند پلی‌فنل‌ها، کافئین، املاح ضروری است که تأثیر مثبتی بر بدن انسان دارد (Smith & Doe, 2022). علیرغم مزایای سلامت‌بخشی که برای چای متصور است، بوته چای به جذب و تجمع عناصر بالقوه سمی (مانند آرسنیک و سرب) از خاک معروف است که می‌تواند در برگ‌های چای انباشته شود (de Oliveira et al., 2020) و منجر به اثرات مضر سلامتی در مصرف‌کنندگان چای شود. آلودگی به عناصر بالقوه سمی خاک کشاورزی یک نگرانی زیست محیطی در سراسر جهان محسوب می‌شود. نگرانی از تجمع عناصر بالقوه سمی و عناصر کمیاب در چای برای تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان وجود دارد و به یک شاخص مهم برای ارزیابی کیفیت چای تبدیل شده است (Zhang et al., 2018). بنابراین، عناصر بالقوه سمی در چای مورد توجه روزافزون قرار گرفته‌اند و تحقیقات قابل توجهی در سرتاسر جهان، به‌ویژه در کشورهای آسیایی، که مناطق اصلی تولید چای هستند، انجام شده است. علاوه بر عناصر کم‌مصرف و پرمصرف ضروری، مطالعات تجربی نشان داده‌اند که تجمع مقدار قابل توجهی از عناصر کمیاب غیر ضروری اضافی در برگ‌های چای ممکن است در نهایت باعث افزایش بار فلزی در انسان شود. همچنین گزارش شده است که در برخی از دمنوش‌های چای، فلزات سمی از حداکثر حد مجاز مقرر برای کشورهای مختلف فراتر می‌روند (Karak & Bhagat, 2010). نتایج مطالعه‌ای نشان داد که وجود عناصر کمیاب (فلز با جرم اتمی نسبی بالا) در چای به این دلیل است که گیاه چای به‌طور معمول در خاک‌های بسیار اسیدی رشد می‌کنند، جایی که عناصر کمیاب به‌طور بالقوه برای جذب ریشه در دسترس هستند. محتویات عناصر

کمیاب چای ممکن است اثرات مفید و نیز نامطلوب بر سلامت انسان داشته باشد. مصرف منظم چای می‌تواند نیازهای غذایی روزانه برخی از این عناصر را تأمین کند (Han et al., 2007). علاوه بر آلومینیوم، آلودگی مس در برگ چای نیز موجب نگرانی است و باید از ایمنی مواد غذایی در برابر آلودگی بیش از حد مس اطمینان حاصل کرد. به‌همین ترتیب محتوای سایر عناصر کمیاب (مانند آرسنیک، کادمیوم، کروم، فلوراید، سرب، منگنز و نیکل) چای در بسیاری از کشورهای آسیای جنوبی بررسی شده است (Karak & Bhagat, 2010). تعیین عناصر کمیاب در چای از دو جنبه؛ برای قضاوت در مورد ارزش غذایی آنها و نیز برای محافظت در برابر هرگونه عوارض احتمالی مهم است

سرب (Pb) به‌عنوان یکی از شایع‌ترین آلاینده‌های موجود در محیط شناسایی شده است. اثرات نامطلوب سلامتی ناشی از قرارگیری در معرض سرب در سطح پایین به‌طور گسترده‌ای گزارش شده است و بنابراین، اکثر کشورها سطوح مجاز سرب را در غذاها و نوشیدنی‌ها تعیین کرده‌اند. امروزه غلظت سرب در برگ‌های چای تجاری باعث نگرانی مصرف‌کنندگان شده است. حد مجاز سرب برای غذاها و نوشیدنی‌ها در اروپا و چین ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، در ژاپن ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم و در استرالیا، کانادا و هند ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم لحاظ شده است (WHO, 2003). گیاه چای می‌تواند سرب را از خاک جذب کنند و قسمتی از آن به برگ‌های چای منتقل می‌شود. آلودگی برگ‌های چای می‌تواند تحت تأثیر فاصله محل کشت از جاده و نیز شستشو قبل از مصرف قرار گیرد (Jin et al., 2005). در میان ۱۰۰ نمونه چای جمع‌آوری شده از جنوب هند، Seenivasan و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که محتوای سرب در نمونه‌های چای بین ۱/۳۶ – ۰/۰۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم متغیر بود. نتایج تحقیق Chen و همکاران (۲۰۰۹) نیز نشان داد که در میان فلزات سنگین سمی آزمایش شده، فراوانترین فلز موجود در برگ‌های چای، سرب بود که بیشترین نگرانی را در بین مصرف‌کنندگان چای ایجاد می‌کند.

آرسنیک (As) یک عنصر جهش‌زا و سرطان‌زا است و برای گیاهان و حیوانات بسیار سمی است. در آزمایش‌هایی بر روی تجمع آرسنیک در چای رشد یافته در مزارع غیر

نمونه‌های چای سیاه خشک و دم‌کرده در بازار نیشابور در سال ۱۳۹۸ مشخص شد که غلظت کروم، آلومینیوم، نیکل و سرب بیش از دستورالعمل سازمان استاندارد ایران بود. بنابراین، نظارت مستمر برای تعیین غلظت فلزات سمی در نمونه‌های چای توصیه شد (Askari et al., 2020). غلظت سرب، کادمیوم، مس و جیوه برگ‌های چای سیاه وارداتی به استان هرمزگان بررسی شد. نتایج نشان داد غلظت تمامی عناصر مذکور در چای هندی بیش از چای سریلانکایی و کمتر از حد مجاز استاندارد بود (Pourramezani et al., 2019). جهت تعیین و مقایسه فلزات سنگین و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی در دو دسته چای صادراتی و وارداتی ۴۸ نمونه به‌صورت تصادفی در طول سال ۱۳۹۳ مطابق با استاندارد ملی ایران بررسی شد. نتایج نشان داد میانگین داده‌ها در اغلب ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و فلزات آرسنیک و سرب در دسته واردات بیش از صادرات بود (Zaree et al., 2018). در بررسی میزان غلظت فلزات سنگین در انواع چای سیاه و دمنوش مصرفی شمال ایران غلظت آرسنیک، سرب، کادمیوم، کروم، کبالت و نیکل در چای سیاه تعیین و مشخص شد علیرغم بالا بودن غلظت برخی از فلزات سنگین در نمونه‌های چای و دمنوش تولیدی، هیچ‌گونه اثرات نامطلوب سلامت مصرف‌کنندگان را تهدید نمی‌کرد (Naghypour et al., 2016).

فلزات سنگین مانند مس، سرب و آرسنیک می‌توانند عوارض جدی بر سلامت انسان داشته باشند. فلزات سنگین می‌توانند از طریق خاک و آب به گیاهان، از جمله چای، منتقل شوند. دریافت فراتر از حد مجاز موجب بروز آسیب‌های جدی به کبد و کلیه، اختلالات عصبی، گوارشی و حتی رفتاری خواهد شد.

علیرغم مطالعات متعدد انجام شده در رابطه با تعیین و مقایسه غلظت عناصر سمی در چای، اما، نظارت و پایش مستمر میزان غلظت این فلزات سمی در نمونه‌های غذایی از جمله چای از اهمیت خاصی برخوردار بوده و ضروری است. لذا این مطالعه با هدف سنجش و ارزیابی میزان سرب، آرسنیک و مس در نمونه‌های چای داخلی (لاهیجان) و چای وارداتی (هندوستان) اجرا شد.

آلوده و خاک آلوده شبیه‌سازی شده توسط نمک‌های آرسنیک گزارش گردید که غلظت آرسنیک در برگ‌های چای تا حد زیادی متفاوت بوده و به ارقام چای وابسته است. در آزمایش گلدانی مشاهده شد که جذب آرسنیک توسط گیاه چای با افزودن نمک آرسنیک به میزان قابل توجهی افزایش یافت (Liu et al., 2020; Whang et al., 2023).

مس (Cu) یک ریز مغذی برای گیاهان است، اما در غلظت‌های بالا برای گیاه بسیار سمی است. مصرف بیش از حد مس از غذا و نوشیدنی برای سلامت انسان نیز مضر است. بنابراین، محتوای مس در آب، غذا و نوشیدنی باید به‌طور روزانه ردیابی و کنترل شود (Kawada et al., 2002). مس کوفاکتور آنزیم پلی فنل اکسیداز در چای است. نتایج مطالعه‌ای در رابطه با ارزیابی تجمع فلزات سنگین در برگ‌های چای از مناطق مختلف در کشور چین نشان داد که محتوای مس در برخی نمونه‌ها به طور قابل توجهی بالاتر از حد مجاز بود (۶۰-۸۰ میلی‌گرم در کیلوگرم). همچنین، این مطالعه تأکید کرد که تجمع مس می‌تواند بر فعالیت آنزیم‌های مختلف از جمله پلی‌فنل اکسیداز تأثیر بگذارد و کیفیت نهایی چای را تحت تأثیر قرار دهد (Zhang & Sun, 2021). نمونه‌هایی با محتوای مس بالای ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، تأثیر منفی بر طعم و عطر چای دارند (Chen et al., 2023).

نتایج مطالعه Seenivasan و همکاران (۲۰۰۸) در هند نشان داد که محتوای مس در تمام نمونه‌های چای تهیه شده کمتر از ۳۵ میلی‌گرم در کیلوگرم که بسیار کمتر از حد مجاز (۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بر اساس قانون پیشگیری از تقلب غذایی کشور هند است.

با توجه به اهمیت موضوع، اندازه‌گیری و پایش غلظت عناصر بالقوه سمی در چای مورد توجه قرار گرفت و مطالعات متعددی در سراسر جهان به‌خصوص کشورهای آسیایی از جمله کشورمان انجام شد. در بررسی غلظت عناصر بالقوه سمی (آرسنیک، سرب، مس، کادمیوم و جیوه) در چای سیاه وارداتی به جنوب ایران، جاودان و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند؛ غلظت عناصر مذکور در چای سیاه با سطح استاندارد ایران و رهنمود سازمان جهانی بهداشت سازگار بود. در مطالعه‌ای با هدف بررسی سطوح سرب، کروم، نیکل، کادمیوم، آلومینیوم و ... و آرسنیک در

مواد و روش‌ها

- آماده‌سازی نمونه‌ها

چای داخلی، محصول بهاره چای کشت شده در مزارع شهرستان املش در استان گیلان بود که برای فروش به بازار محلی ارسال شد و نوع وارداتی، چای‌های وارداتی (هندوستان) موجود در بازار املش بود. نمونه‌گیری به صورت تصادفی طبقه‌ای از ۵ مرکز فروش معتبر انجام شد. نمونه‌های هر نوع چای با یکدیگر مخلوط شده و از آنها نمونه همگن تهیه شد. برای اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین موجود در نمونه‌ها، مطابق روش مرجع AOAC ابتدا مقدار ۲ گرم از هر نمونه به مدت ۱۲ ساعت در گرمخانه ۹۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا خشک شود. وزن مشخصی از هر نمونه پس از سوختن ابتدایی با شعله در کوره الکتریکی با دمای ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و در هر ساعت ۵۰ درجه سانتی‌گراد به حرارت کوره افزوده شد تا درجه حرارت به ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد برسد. در این مرحله ظروف محتوی خاکستر نمونه از کوره خارج گردیده و به مدت ۶ ساعت در دسیکاتور در دمای محیط قرار داده شد. در آخرین مرحله و پس از سرد شدن ظروف، خاکستر حاصله از نمونه‌ها در محلول اسید نیتریک (شرکت مرک، آلمان) حل گردیده و محلول حاصله به ارلن ۲۵۰ میلی‌لیتر منتقل و به حجم رسانده شد (Hossemi et al., 2013).

- اندازه‌گیری عناصر

جهت اندازه‌گیری عناصر بالقوه سمی سرب و مس در چای سیاه، مقدار ۵ گرم از نمونه چای توسط کوره الکتریکی در دمای ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۸ ساعت سوزانده شد. پس از سوختن کامل نمونه و به دست آمدن خاکستر سفید، نمونه از کوره خارج و در هوای آزاد خنک شد. سپس به خاکستر مقدار ۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۶ مولار اضافه و بر روی هیتر قرار داده شد تا اسید آن کاملاً تبخیر شود. بعد از اضافه کردن مقداری اسید نیتریک ۰٫۱ نرمال به باقیمانده خاکستر به مدت ۱ ساعت نمونه در حالت سکون قرار داده و در نهایت محلول بدست آمده به بالن ژوژه ۵۰ میلی‌لیتر منتقل و به حجم رسانده شد. محتوای سرب و مس نمونه‌ها با دستگاه طیف‌سنجی جذب اتمی مجهز به کوره گرافیتی با دقت ± 0.001

اندازه‌گیری شد. (Pourramezani et al., 2019). برای تعیین آرسنیک نمونه، ۵ گرم از هر نمونه با $MgNO_3$ و $8MgO, 6H_2O$ و اسید نیتریک ۳۲ درصد به نسبت ۲۰:۵ مخلوط شد و بر روی هیتر با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. سپس مخلوط در کوره الکتریکی با دمای 425 ± 25 درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ ساعت قرار داده شد. آنگاه به مدت ۲ تا ۳ ساعت حرارت دادن توسط کوره الکتریکی همراه با افزودن ۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک ادامه یافت. در نهایت نمونه خشک شده با آب مقطر و مخلوط اسید اسکوربیک و یدید پتاسیم در اسید کلریدریک ۶ مولار مخلوط شدند و محلول بدست آمده توسط فیلتر غشایی $0.45 \mu m$ میکرومتر فیلتر شد و با استفاده از اسید کلریدریک ۶ مولار رقیق شد. اندازه‌گیری آرسنیک کل در نمونه‌ها با دستگاه تولید هیپرید مدل 30000 GBC HG انجام شد (Javedan et al., 2022). اسید نیتریک و اسید کلریدریک و دیگر حلال‌ها و مواد شیمیایی با درجه تجزیه‌ای (درجه خلوص بالاتر از ۹۵ درصد) از نمایندگی‌های شرکت سیگما (امریکا) و مرک (آلمان) خریداری شد.

- تجزیه و تحلیل آماری

به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از آمار توصیفی و استنباطی استفاده شد. از آمار توصیفی برای محاسبه شاخص‌های توصیفی و از آمار استنباطی برای آزمون فرضیه‌های پژوهش استفاده گردید. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگوروف-اسمیرنوف استفاده شد. به منظور مقایسه میانگین میزان فلزات سنگین با حد استاندارد از آزمون تی-تک‌نمونه‌ای و جهت مقایسه میانگین فلزات سنگین بین چای وارداتی و چای داخلی از آزمون تی-نمونه‌های مستقل استفاده شد. داده‌ها توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت ($P < 0.05$). نمونه‌ها با ۶ تکرار آزمایش شدند.

یافته‌ها

- مقایسه میزان مس موجود در چای با حد استاندارد

میانگین مس موجود در چای‌های وارداتی (هندوستان) و داخلی (لاهیجان) در برابر حد استاندارد، ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، در جدول ۱ آمده است. میانگین مقدار مس موجود

در برابر حد استاندارد، ۱ میلی گرم در کیلوگرم، در جدول ۲ آمده است. میانگین سرب موجود در چای هندوستان (0.117 ± 0.180 میلی گرم در کیلوگرم) و چای لاهیجان (0.094 ± 0.108 میلی گرم در کیلوگرم) همانند آنچه در مورد مقدار مس اندازه گیری شده بود، به طور معنی داری پایین تر از حد استانداردش بود ($P < 0.001$). به عبارتی دیگر، فاصله اطمینان برای میزان سرب موجود در چای های هندوستان و لاهیجان حد استاندارد را در بر نگرفته و پایین تر از آن بود (شکل ۲).

در چای هندوستان (11.34 ± 3.48 میلی گرم در کیلوگرم) و لاهیجان (10.1 ± 2.79 میلی گرم در کیلوگرم) به طور معنی داری پایین تر از حد استاندارد بود ($P < 0.001$). به عبارتی دیگر، فاصله اطمینان برای میزان مس موجود در چای های هندوستان و لاهیجان حد استاندارد را در بر نگرفته و پایین تر از آن است (شکل ۱).

– مقایسه میزان سرب موجود در چای با حد استاندارد

میانگین سرب موجود در چای های هندوستان و لاهیجان

جدول ۱- مقایسه میانگین مس (میلی گرم در کیلوگرم) موجود در چای های هندوستان و لاهیجان با حد استاندارد

Table 1- Comparison of Indian and Lahijan teas Cu (mg/kg) mean with the standard limit

Tea	Mean $\pm$ SE	Standard limit (mg/kg)	P-value
Indian	11.3 $\pm$ 3.48	50	<0.001
Lahijan	10.1 $\pm$ 2.792	50	<0.001

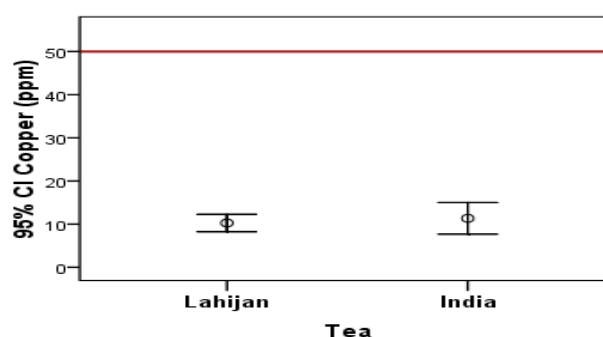


Figure 1- 95% confidence interval (CI) for Cu content in Indian and Lahijan teas.

شکل ۱- فاصله اطمینان ۹۵ درصدی برای میزان مس موجود در چای های هندوستان و لاهیجان.

جدول ۲- مقایسه میانگین سرب (میلی گرم در کیلوگرم) موجود در چای های هندوستان و لاهیجان با حد استاندارد

Table 2- Comparison of Indian and Lahijan teas Pb (mg/kg) mean with the standard limit

Tea	Mean $\pm$ SE	Standard limit (mg/kg)	P-value
Indian	0.180 $\pm$ 0.117	1	<0.001
Lahijan	0.108 $\pm$ 0.094	1	<0.001

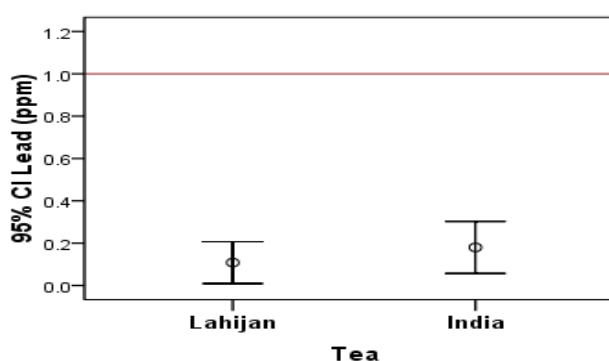


Figure 2- 95% confidence interval (CI) for Pb content in Indian and Lahijan teas.

شکل ۲- فاصله اطمینان ۹۵ درصدی برای میزان سرب موجود در چای های هندوستان و لاهیجان.

مقایسه میزان آرسنیک موجود در چای با حد استاندارد

میانگین آرسنیک موجود در چای‌های هندوستان و لاهیجان در برابر حد استاندارد آن (۱ میلی‌گرم در کیلوگرم)، که در جدول ۳ آمده، نشان داد؛ میانگین آرسنیک موجود در چای هندوستان 0.125 ± 0.099 میلی‌گرم در کیلوگرم و چای لاهیجان 0.077 ± 0.034 میلی‌گرم در کیلوگرم) همانند آنچه در مورد مقدار مس و سرب اندازه‌گیری شده بود، به‌طور معنی‌داری پایین‌تر از حد استانداردش بود ($P < 0.001$). فاصله اطمینان برای میزان آرسنیک موجود در چای‌های هندوستان و لاهیجان نیز حد استاندارد را در بر نگرفته و پایین‌تر از آن بود (شکل ۳).

مقایسه مقادیر عناصر مس، سرب و آرسنیک در

دو نوع چای هندوستان و لاهیجان

مطابق داده‌های به‌دست آمده تفاوت آماری معنی‌داری بین میانگین میزان مس (میلی‌گرم در کیلوگرم) چای هندوستان ($11/3 \pm 34/48$) و چای لاهیجان ($10/27 \pm 1/92$) وجود ندارد ($P = 0.522$) (شکل ۴).

مقادیر میانگین سرب موجود در چای هندوستان و چای لاهیجان نیز شرایط مشابهی را نشان داد و تفاوت آماری معنی‌داری ($P = 0.269$) در میانگین میزان سرب (میلی‌گرم در کیلوگرم) چای هندوستان (0.117 ± 0.180 میلی‌گرم در کیلوگرم) و چای لاهیجان (0.094 ± 0.108 میلی‌گرم در کیلوگرم) مشاهده نشد، میانگین میزان آرسنیک در دو چای مورد مطالعه نیز شرایط مشابهی را نشان داد؛ اختلاف میانگین آرسنیک در چای هندوستان (0.125 ± 0.099) و لاهیجان (0.077 ± 0.034) از نظر آماری معنی‌دار نبود ($P = 0.297$) (شکل ۵).

جدول ۳- مقایسه میانگین آرسنیک (میلی‌گرم در کیلوگرم) موجود در چای‌های هندوستان و لاهیجان با حد استاندارد

Table 3- Comparison of Indian and Lahijan teas As (mg/kg) mean with the standard limit

Tea	Mean $\pm$ SE	Standard limit (mg/kg)	P-value
Indian	0.125 $\pm$ 0.099	1	<0.001
Lahijan	0.077 $\pm$ 0.034	1	<0.001

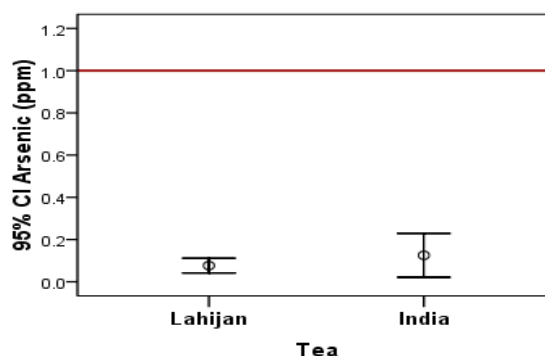


Figure 3- 95% confidence interval (CI) for As content in Indian and Lahijan teas.

شکل ۳- فاصله اطمینان ۹۵ درصدی برای میزان آرسنیک موجود در چای‌های هندوستان و لاهیجان.

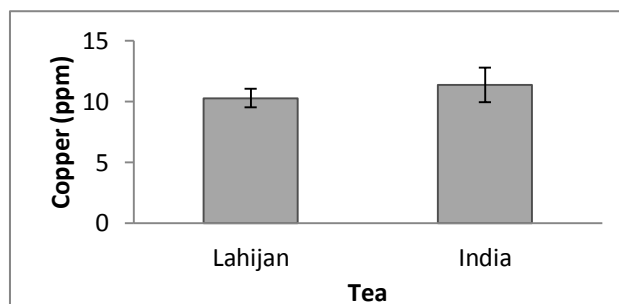


Figure 4- Comparison of Cu (mg/kg) mean between Indian and Lahijan teas.

شکل ۴- مقایسه میانگین میزان مس (میلی‌گرم در کیلوگرم) در چای هندوستان و چای لاهیجان.

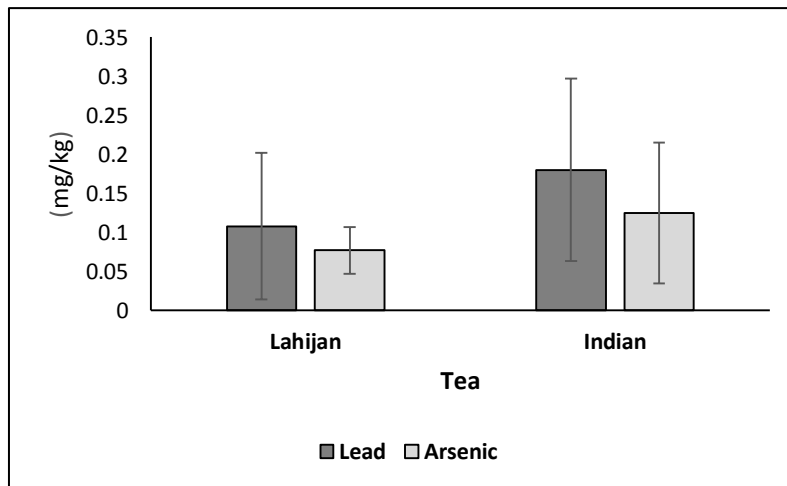


Figure 5- Comparison of Pb and As (mg/kg) mean between Indian and Lahijan teas.

شکل ۵- مقایسه میانگین میزان سرب و آرسنیک (میلی گرم در کیلوگرم) در چای هندوستان و چای لاهیجان.

بحث

نتایج این پژوهش نشان داد همه‌ی فلزات اندازه‌گیری شده (مس، سرب و آرسنیک) پایین‌تر از حدود استاندارد ایران بودند و همچنین اختلاف آماری معنی‌داری بین مقادیر عناصر در بین چای ایرانی و وارداتی نیست. فلزات سنگین موجود در محیط زیست یک خطر بالقوه برای موجودات زنده به شمار می‌آیند، این گونه 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 عناصری هستند، نگرانی در مورد خطرات ناشی از مقادیر بیش از حد مجاز آنها در محصولات غذایی از جمله چای وجود دارد (Hussain et al., 2021). با توجه به نتایج مطالعه حاضر خوشبختانه مصرف چای ایرانی و وارداتی مورد بررسی از نظر این سه فلز سنگین فاقد خطر بود. بررسی‌ها و مطالعات متفاوتی در خصوص میزان فلزات سنگین در چای در دنیا انجام شده است. در پژوهشی، میزان سرب موجود در ۱۰۰ نمونه چای جمع‌آوری شده از جنوب هند مورد بررسی قرار گرفت، نتایج نشان داد غلظت سرب مورد ارزیابی در محدوده‌ی $1/3 - 0/4$ میلی‌گرم در کیلوگرم بود که بیش از مقادیر به‌دست آمده در مطالعه حاضر بود (Seenivasan et al., 2008). همچنین غلظت سرب در ۱۷ نمونه چای مورد استفاده در عربستان نیز در محدوده‌ی $3/2 - 0/3$ میلی‌گرم در کیلوگرم بالاتر از مقادیر این تحقیق بود (Ashraf et al., 2008). در مطالعه‌ای که در سال ۱۳۸۸ به منظور

بررسی میزان سرب، کروم، نیکل و مس در چای سیاه مصرفی تهران انجام شد، ۱۱ نمونه چای سیاه پرمصرف شهر تهران مورد ارزیابی قرار گرفت و غلظت فلزات سنگین آن با کمک دستگاه طیف‌سنجی جذب اتمی با شعله تعیین شد؛ نتایج نشان داد که میزان سرب و نیکل بیش از مقدار مشخص شده و کروم و مس کمتر از حد مشخص شده توسط وزارت بهداشت ایران در نمونه‌های چای خشک بود (Malakootian et al., 2011). در پژوهشی با هدف ارزیابی مقادیر سرب در نمونه‌های وارداتی چای سیاه و سبز و تعیین عامل زمان دم کردن نمونه‌ها، ۴۵۰ نمونه از چای سبز و سیاه وارداتی و دم‌کرده نوشیدنی هر دو چای مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در دم‌کرده نمونه‌های چای سیاه و سبز خشک، مقدار سرب کمتر از حد مجاز نمونه چای خشک بود (Ehsani et al., 2021). در بررسی غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیوم و جیوه از طریق طیف‌سنجی جذب اتمی بر روی ۱۵ نمونه انواع چای سیاه شکسته موجود در فروشگاه‌های استان البرز، گزارش شد که میزان فلزات سنگین سرب، کادمیوم و جیوه موجود در چای سیاه شکسته کمتر از حد مجاز استاندارد ملی ایران بود (Shakerian & Keshavarz, 2021). در بررسی سمیت بالقوه فلزات سنگین آرسنیک، سرب، مس، جیوه و کادمیوم موجود در ۱۵ برند چای وارداتی از هندوستان به کشورمان با استفاده از دستگاه جذب اتمی مشخص شد که مقادیر غلظت عناصر بالقوه سمی (آرسنیک، سرب، مس، جیوه و کادمیوم) در چای سیاه با سطح استاندارد ایران و

quality. Food Chemistry, 405, 134693. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134693>.

Chen, Y., Yu, M., Xu, J., Chen, X. & Shi, J. (2009). Differentiation of eight tea (*Camellia sinensis*) cultivars in China by elemental fingerprint of their leaves. Journal of the Science of Food and Agriculture, 89, 2350-2355. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3716>.

De Oliveira, L.M., Das, S., da Silva, E.B., Gao, P., Gress, J., Liu, Y.G. & Ma, L.Q. (2018). Metal concentrations in traditional and herbal teas and their potential risks to human health. Sci. Total Environ. 633, 649-657. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.215>.

Ehsani, N., Ziarati, P. & Salami, M. (2021). Study on lead levels in infusion time of imported green and black tea (*Camellia sinensis* L.) Medical Science Journal of Islamic Azad University, 31 (2). [In Persian].

Han, W., Shi, Y., Ma, L., Ruan, J. & Zhao, F. (2007). Effect of liming and seasonal variation on lead concentration of tea plant (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze). Chemosphere, 66, 84-90. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.05.017>.

Hosseni, S.M., Shakerian, A. & Moghimi, A. (2013). Cadmium and Lead Content in Several Brands of Black Tea (*Camellia sinensis*) in Iran. Journal of Food Biosciences and Technology, 3, 67-72.

Hussain, S., Shafique, M., Ali, S. & Ullah, N. (2021). Occurrence and health risk assessment of heavy metals in tea: A systematic review. Journal of Hazardous Materials, 402, 123487. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123487>.

Javedan, G., Ghaffari, H.R., Heidarinejad, Z., Zeraei, N., Hoseinvandtabar, S., Pourramezani F. & Ahmadi, M. (2022). Concentration of potentially toxic elements in black tea imported to Iran: a potential risk assessment study. Iranian Journal of Health and Environment, 15, (1). <https://ijhe.tums.ac.ir/article-1-6640-en.html>.

Jin, C.W., Zheng, S.J., He, Y.F., Zhou, G.D. & Zhou, Z.X. (2005). Lead contamination in tea garden soils and factors affecting its bioavailability. Chemosphere, 59, 1151-1159. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2004.11.058>.

رهنمود سازمان جهانی بهداشت سازگار بود (Heydarinejad et al., 2022) که در تطابق با نتایج آزمایش حاضر است. در عین حال بررسی و مقایسه ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و فلزات سنگین در چای صادراتی و وارداتی که با مطالعه ۴۸ نمونه به صورت تصادفی در طول سال ۱۳۹۳ انجام شد نشان داد که میانگین داده‌ها در اغلب ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و فلزات آرسنیک و سرب در دسته واردات بیش از صادرات بود (Zarei et al., 2018).

نتیجه‌گیری

نتایج بررسی حاضر با مطالعات انجام شده پیشین در اغلب موارد در تطابق بوده و بیانگر وضعیت مطلوب غلظت عناصر سنگین (مس، سرب و آرسنیک) در نمونه‌های چای داخلی و وارداتی است. در عین حال پایش مستمر غلظت این عناصر برای پیشگیری از خطرات احتمالی مرتبط ضروری است. در عین حال به موازات نهادهای نظارتی، پایش تمامی عناصر خطرناک و سمی و نیز سایر فرآورده‌های بهداشتی در تمامی نهادهای اولیه و محصولات غذایی توسط محققان توصیه می‌شود.

منابع

Askari, S.G., Oskoei, V., Abedi, F., Far, P.M., Naimabadi, A. & Javan, S. (2020). 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. <https://doi.org/10.1080/03067319.2020.1842388>.

Ashraf, W. & Mian, A.A. (2008). Levels of selected heavy metals in black tea varieties consumed in Saudi Arabia. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 81, 101-104. <https://doi.org/10.1007/s00128-008-9402-0>.

Cabrera, C., Giménez, R. & López, M.C. (2003). Determination of tea components with antioxidant activity. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51, 4427-4435. <https://doi.org/10.1021/jf0300801>.

Chen, L., Wang, Y. & Xu, H. (2023). Trace elements in tea: Implications for health and

Karak, T. & Bhagat, R.M. (2010). Trace elements in tea leaves, made tea and tea infusion: A review. *Food Research International*, 43, 2234-2252. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.08.010>.

Kawada, T., Lee, Y., Suzuki, S. & Rivai, I. F. (2002). Copper in carrots by soil type and area in Japan: A baseline study. *Journal of Trace Element and Medical Biology*, 16, 179-182. [https://doi.org/10.1016/S0946-672X\(02\)80022-0](https://doi.org/10.1016/S0946-672X(02)80022-0).

Keshavars Lelekami, A. & Shakerian, A. (2021). Assessment of Some Heavy Metals in Broken Dark Tea in Alborz Province and Estimation of Consumer Health Risk at 2019, 12 (2), 167-177. <http://healthjournal.arums.ac.ir/article-1-2406-en.html>.

Liu, Y., Chen, C. & Zhou, Q. (2020). Effects of arsenic exposure on the growth and physiological responses of tea plants (*Camellia sinensis*). *Journal of Hazardous Materials*, 392, 122267. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122267>.

Malakootian, M., Mesreghani, M. & Danesh Pazhoo, M. A. (2011). Survey on Pb, Cr, Ni and Cu Concentrations in Tehran Consumed Black Tea: A Short Report. *JRUMS*; 10, 138-143.

Naghipour, D., Amouei, A., Dadashi, M. & Zazouli, M.A. (2016). 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*, 26(143), 211-223. <http://jmums.mazums.ac.ir/article-1-9038-en.html>. (In Persian).

Pourramezani, F., Akrami Mohajeri, F., Salmani, M.H., Dehghani Tafti, A. & Khalili Sadrabad, E. (2019). Evaluation of heavy metal concentration in imported black tea in

Iran and consumer risk assessment. *Food Science & Nutrition*, 7, 4021-4022. <https://doi.org/10.1002/fsn3.126>.

Seenivasan, S., Manikandan, N., Muraleedharan, N. & Selvasundaram, R. (2008). Heavy metal content of black teas from south India. *Food Control*, 19(8), 746-749. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2007.07.012>.

Smith, J. A., & Doe, R. (2022). Chemical Compounds and Their Health Benefits: A Comprehensive Review. *Journal of Nutritional Science*, 15(3), 123-145. <http://doi.org/10.1017/jns.2022.15>

Wang, X., Yu, Y. & Zhang, Q. (2023). Impact of soil arsenic contamination on the quality of tea: A case study in southern China. *Food Chemistry*, 393, 133426. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133426>.

Zhang, X., Li, Q. & Sun, Y. (2021). Assessment of heavy metal accumulation in tea leaves from different regions and its potential health risks. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(12), 14876-14885. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-12901-2>.

Zhang, J., Yang, R. D., Chen, R., Peng, Y. S., Wen, X. F., & Gao, L. (2018). 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*, 15(1), 133. <https://doi.org/10.3390/ijerph15010133>.

Zaree, P., Faraji, H., Tabatabaee Yazdi, F., Karimifar, P., Bidkhori, H. & Faraji Heriss, M. (2018). Survey and comparison of physicochemical and heavy metals properties in exported and imported tea. *Journal of Food Science and Technology*, 73(14), 343-349. <http://fsct.modares.ac.ir/> [In Persian]

Evaluation of the Heavy Metals Concentrations (Copper, Lead and Arsenic) in Lahijan and Indian Teas

Sh. Hoshmandzadeh ^a, A. Alizadeh Karsalari ^{b*}, D. Khademi Shurmasti ^c

^a M.Sc. Graduated of the Department of Agriculture, Sava.C., Islamic Azad University, Savadkooh, Iran.

^b Department of Agriculture, Sava.C., Islamic Azad University, Savadkooh, Iran.

^c Department of Chemistry, Sava.C., Islamic Azad University, Savadkooh, Iran.

Received: 13 April 2025

Accepted: 5 November 2025

7

Abstract

Introduction: Tea is one of the most popular drinks in the world. The risks of contamination of tea leaves with heavy metals cause concern for consumers and global health. It is essential and necessary to evaluate the concentrations of heavy metals (copper, lead and arsenic) continuously and monitor the situation.

Materials and Methods: copper, lead and arsenic concentrations of black tea from Lahijan and imported Indian tea samples were measured by atomic absorption spectrometry with the furnace. The determined concentrations were analysed using descriptive and inferential statistics using 6 replicates of each sample. The concentration of each element mean value was compared with the Iranian national standard ($P < 0.05$).

Results: The results showed that the concentrations of copper, lead and arsenic elements (mg/kg) in samples of Indian tea (11.3, 0.180 and 0.125 respectively) and Lahijan tea (10.1, 0.108 and 0.077 respectively) were lower than the Iran national standard. There were no significant differences between the elements concentrations in imported and domestic samples.

Conclusion: The results showed that Iranian tea (Lahijan) and imported tea (India) are in the safe range in terms of copper, lead and arsenic contaminations. At the same time, it seems necessary to continuously monitor the concentration of heavy and dangerous elements.

Keywords: Arsenic, Copper, Lead, Limit, Tea.

* Corresponding Author: a.alizadeh@iau.ac.ir