

Assessment of lead and cadmium levels in flour supplied in Chaharmahal and Bakhtiari province

Salehi, M.^{*1}, Yazdanian Ghahfarokhi, E.¹

1. Department of Food Hygiene, Faculty of Veterinary Medicine, Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran

*Corresponding author: mahsasalehi0782@gmail.com
(Received: 2024/4/21 Accepted: 2024/9/21)

Abstract

Heavy metals are among the most persistent and complex pollutants in nature. Cereals and cereal-based products account for 47% of the world's total food energy intake. This study aimed to evaluate the levels of lead and cadmium in flour supplied in Chaharmahal and Bakhtiari province using the atomic absorption method. Forty wheat flour samples were collected from production centers. After preparation, lead and cadmium concentrations were measured using a Varian 240 atomic absorption spectrometer. The results showed that the highest and lowest average lead concentrations were observed in September (0.012 ± 0.064 mg/kg) and in November and June (0.0063 ± 0.022 mg/kg), respectively. The highest and lowest average cadmium concentrations were recorded in June (0.035 ± 0.0019 mg/kg) and November (0.01 ± 0.0057 mg/kg), respectively. The average concentration of cadmium across the four months was 0.021 ± 0.0030 mg/kg, while the average lead concentration was 0.0089 ± 0.028 mg/kg. The results indicated no significant correlation between the levels of lead and cadmium in flour samples from different months of the year. Furthermore, the concentrations of both lead and cadmium were found to be below the permissible limits set by Iran's national standards, suggesting that there is no risk to consumers.

Conflict of interest: None declared.

Keywords: Heavy metals, Flour, Chaharmahal and Bakhtiari

DOI: 10.71876/jfh.2024.4011436

«مقاله پژوهشی»

ارزیابی میزان سرب و کادمیوم در آردهای عرضه شده در استان چهارمحال و بختیاری

ارزیابی سرب و کادمیوم در آرد

مهسا صالحی*^۱، الهه یزدانیان قهفرخی^۱

۱- گروه بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران

*نویسنده مسئول مکاتبات: mahsasalehi0782@gmail.com

(دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۲/۲ پذیرش نهایی: ۱۴۰۳/۶/۳۱)

چکیده

فلزات سنگین، پایدارترین و پیچیده‌ترین آلاینده‌ها در طبیعت هستند. مصرف غلات و محصولات مبتنی بر آن ۴۷ درصد از کل انرژی دریافتی غذا در دنیا را تشکیل می‌دهد. هدف از مطالعه حاضر ارزیابی سرب و کادمیوم در آردهای عرضه شده در استان چهارمحال و بختیاری به روش جذب اتمی است. تعداد ۴۰ نمونه آرد گندم از مراکز تولید این محصول در استان چهارمحال و بختیاری نمونه‌گیری و پس از آماده‌سازی به آزمایشگاه انتقال یافت و با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل Varian 240 میزان کادمیوم و سرب اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل از مطالعه نشان داد که بیشترین و کمترین میانگین آلودگی به سرب، به ترتیب در شهرپور (0.12 ± 0.064 میلی‌گرم بر کیلوگرم) و آذر و خرداد (0.22 ± 0.063 میلی‌گرم بر کیلوگرم) و بیشترین و کمترین میانگین آلودگی به کادمیوم به ترتیب در خرداد (0.019 ± 0.035 میلی‌گرم بر کیلوگرم) و آذر (0.057 ± 0.01 میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود. همچنین میانگین غلظت کادمیوم در چهار ماه (0.030 ± 0.021 میلی‌گرم بر کیلوگرم) و سرب (0.028 ± 0.089 میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود. نتایج نشان داد بین میزان سرب و کادمیوم در ماه‌های مختلف سال ارتباط معنی‌داری وجود ندارد ($p > 0.05$). یافته‌ها نشان داد که میزان سرب و کادمیوم در نمونه‌های آرد کمتر از حد مجاز استاندارد ملی ایران بود و برای مصرف‌کنندگان خطری وجود ندارد.

واژه‌های کلیدی: فلزات سنگین، آرد، چهارمحال و بختیاری

مقدمه

آلودگی خاک کشاورزی ناشی از فلزات سنگین جدی است و باعث مشکلات زیست‌محیطی و بهداشت عمومی در سراسر جهان می‌شود. خاک کشاورزی آلوده به فلزات سنگین شامل دو یا سه دسته هستند: عناصر سمی مانند کادمیوم (Cd)، سرب (Pb) و جیوه (Hg) که حتی در غلظت‌های بسیار کم برای سلول‌های زنده بسیار سمی هستند (Liu et al., 2021). در سال‌های اخیر موضوع تجمع بیش‌ازحد فلزات سنگین در محصولات کشاورزی به دلیل آلودگی فلزات سنگین خاک‌های کشاورزی و اثرات مخربی که بر موجودات زنده می‌گذارد، بیش‌ازپیش موردتوجه قرار گرفته است (Zhou and Zheng, 2022). با گسترش روزافزون استفاده از فلزات در صنعت و زندگی روزمره، مشکلات ناشی از آلودگی فلزات سمی محیط‌زیست ابعاد جدی به خود گرفته است. فلزات سمی تا حد زیادی از طریق پساب‌های صنعتی، پسماندهای آلی، سوزاندن زباله، حمل‌ونقل و تولید برق در محیط پراکنده می‌شوند. آلاینده‌های فلزی در نهایت از هوا به خشکی یا آبراهه شسته می‌شوند؛ بنابراین هوا نیز مسیری برای آلودگی محیط‌زیست به فلزات سنگین است (Mahurpawar, 2015). فلزات سنگین اضافی از طریق افزایش عوامل اکسیدکننده، تولید بیش‌ازحد پراکسیداسیون لیپیدی و تولید سمیت ژنتیکی، اثرات مضر بر گیاهان گندم در سطوح سلولی و مولکولی نشان می‌دهند (Zhang et al., 2022). برای انسان، مصرف بیش‌ازحد فلزات سنگین به کلیه‌ها، کبد، قلب، تیروئید و استخوان‌ها آسیب می‌رساند و تجمع آن‌ها در اندام‌های انسان باعث بیماری‌های مختلفی مانند آمفیوزم، اختلال عملکرد کلیه و کبد، پوکی

استخوان و بیماری‌های قلبی عروقی می‌شود (Hernández-Cruz et al., 2022). به‌عنوان مثال سرب و کادمیوم سبب بروز اختلالات جدی در خون، کبد و کلیه‌ها می‌شود (Chen et al., 2019).

کادمیوم (Cd)، یکی از ترکیبات سرطان‌زای گروه یک، در خاک‌ها گسترده است و از سمی‌ترین مواد آزادشده در محیط است. از آنجایی که کادمیوم در کلیه‌های انسان با نیمه‌عمر ۱۰ تا ۳۰ سال باقی می‌ماند، حتی مواجهه مزمن در سطح پایین با کادمیوم می‌تواند تهدیدات جدی برای سلامتی مانند دمینرالیزاسیون استخوان، سمیت کلیوی و سرطان ایجاد کند. مسیر اصلی قرار گرفتن در معرض برای افراد غیر سیگاری معمولی، دریافت کادمیوم از طریق مواد غذایی گیاهی (به‌ویژه محصولات مشتق شده از گندم) است (Xu et al., 2022).

سرب مهم‌ترین عنصر سنگین سمی در محیط است. در سطح جهانی، این یک ماده شیمیایی زیست‌محیطی بسیار مهم و درعین‌حال خطرناک است. به دلیل ماهیت تجزیه‌ناپذیر و استفاده مداوم، غلظت آن در محیط با خطرات فزاینده‌ای تجمع می‌یابد. اثرات سرب روی سیستم عصبی را آنسفالوپاتی سرب می‌گویند که شامل: سرگیجه، عدم تعادل، بی‌خوابی و تحریک‌پذیری است. همچنین نشان داده‌شده که ۲۵ درصد از افرادی که درگیر آنسفالوپاتی هستند می‌میرند و ۵۰ درصد آن‌هایی که نجات می‌یابند دچار علائم عصبی ماندگار می‌شوند (Goodman, 1996).

گندم با تولید سالانه ۷۵۰ میلیون تن در سطح جهان، غذای اصلی بیش از نیمی از جمعیت جهان است. آلودگی و تجمع کادمیوم در گندم نتیجه توزیع

دمای اتاق به ۴۵۰ درجه سلسیوس افزایش داده شد تا نمونه‌ها به یک خاکستر سفید تبدیل شدند. پس از آن بوته‌های چینی در داخل دسیکاتور خنک شده و پودر به دست آمده با استفاده از مخلوطی از اسید نیتریک و پراکسید هیدروژن به نسبت ۱:۲ هضم شدند. در ادامه کار این مخلوط به مدت ۴ ساعت با هیتر خشک شد و سپس با آب مقطر به حجم ۱۰ میلی‌لیتر رسانده شد و جهت تعیین فلزات سنگین به دستگاه جذب اتمی مدل Varian 240 ساخت کشور استرالیا تزریق گردید. محلول استاندارد مربوط به هر فلز ساخته و به دستگاه داده شد سپس نمونه‌های اصلی به دستگاه تزریق شد و به صورت جداگانه مقادیر هر عنصر برحسب میلی‌گرم در لیتر به دست آمد و برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک معادل‌سازی شدند. برای اندازه‌گیری حد تشخیص دستگاه، از استانداردهای مختلف سرب و کادمیوم در حد ۱، ۲، ۴، ۸، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ میکروگرم استفاده شد. هر استاندارد در سه نوبت به دستگاه تزریق گردید و این عمل پنج مرتبه تکرار شد. در نهایت حد تشخیص دستگاه برای فلز سرب و کادمیوم برابر با ۴ و ۶ میکروگرم به دست آمد (Khodabakhshi et al., 2016; Moogouei and Sadjadi, 2020).

-آنالیز آماری

پس از آنکه نرمال بودن توزیع داده‌ها با آزمون کولموگوروف-اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov) در این مطالعه مشخص گردید، میانگین غلظت فلزات موردبررسی در آردهای مختلف با نرم‌افزار آماری SPSS 16.0 (Chicago, IL) و با روش آنالیز واریانس یک‌طرفه

گسترده و در دسترس بودن زیاد کادمیوم در خاک است که عمدتاً از استخراج و ذوب فلزات غیرآهنی و کاربرد کودهای شیمیایی ناشی می‌شود (Xu et al., 2022). حضور فلزات سنگین همچون کادمیوم و سرب فراتر از استاندارد می‌تواند سبب بروز عوارض ناشی از آن‌ها شود که مواجهه مزمن با آن‌ها بسیار خطرناک است؛ بنابراین هدف از مطالعه حاضر ارزیابی میزان سرب و کادمیوم در آردهای عرضه‌شده در استان چهارمحال و بختیاری بود.

مواد و روش‌ها

-روش نمونه‌گیری

۴۰ نمونه آرد گندم از ۴ کارخانه تولید آرد گندم در استان چهارمحال و بختیاری نمونه‌گیری و به آزمایشگاه بهداشت و کنترل کیفی مواد غذایی انتقال داده شد. نمونه‌ها در بسته‌های پلی‌اتیلنی ۱۰۰ گرمی قرار داده شدند و تا زمان انجام آزمایش در شرایط سرما نگهداری شدند. نمونه‌گیری‌ها در ماه‌های آخر هر فصل از هر کارخانه به تعداد ۱۰ نمونه انجام شد. به این ترتیب در خرداد، شهریور، آذر و اسفند نمونه‌گیری از مراکز تولید آرد گندم انجام شد.

-روش اندازه‌گیری سرب و کادمیوم

برای آماده‌سازی و کاهش رطوبت نمونه‌ها از دستگاه آون با دمای ۸۰ درجه سلسیوس استفاده شد. پس از آن جهت خشک‌کردن، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس در آون قرار داده شدند. پس از اتمام خشک‌کردن نمونه‌های آرد، در بوته چینی توزین و در کوره الکتریکی (GTA, 120) قرار گرفتند؛ سپس طی مدت یک ساعت دما به آرامی از

داده‌ها و آزمون دانکن جهت بررسی اختلاف آماری بین نمونه‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها

نتایج حاصل از مطالعه حاضر نشان داد، که بیشترین و کمترین میانگین غلظت سرب به ترتیب مربوط به ماه‌های شهریور، اسفند، خرداد و آذر؛ و برای کادمیوم مربوط به خرداد، اسفند، شهریور و آذرماه بود. بنابراین غلظت سرب در خردادماه ($0/0063 \pm 0/022$) میلی‌گرم بر کیلوگرم، شهریورماه ($0/012 \pm 0/064$) میلی‌گرم بر کیلوگرم، آذرماه ($0/0063 \pm 0/022$) میلی‌گرم بر کیلوگرم،

میلی‌گرم بر کیلوگرم) و اسفندماه ($0/0068 \pm 0/011$) میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود و میانگین غلظت سرب در چهار ماه ($0/028 \pm 0/089$) میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود. همچنین نتایج نشان داد که میانگین غلظت کادمیوم، در خردادماه ($0/0019 \pm 0/035$) میلی‌گرم بر کیلوگرم، شهریورماه ($0/0016 \pm 0/012$) میلی‌گرم بر کیلوگرم، آذرماه ($0/0057 \pm 0/010$) میلی‌گرم بر کیلوگرم) و اسفندماه ($0/0015 \pm 0/027$) میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود. میانگین غلظت کادمیوم در چهار ماه سال ($0/0030 \pm 0/021$) میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود (جدول ۱).

جدول (۱) - نتایج میزان آلودگی به سرب و کادمیوم آرد در ماه‌های مختلف سال (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

فلز سنگین	ماه	تعداد نمونه	کمینه	بیشینه	میانگین \pm انحراف معیار
سرب	خرداد	۱۰	۰/۰۰۰۶	۰/۰۱	$0/0063 \pm 0/022$
	شهریور	۱۰	۰/۰۰۹	۰/۰۲	$0/012 \pm 0/064$
	آذر	۱۰	۰/۰۰۰۶	۰/۰۱	$0/0063 \pm 0/022$
	اسفند	۱۰	۰/۰۰۰۸	۰/۰۳	$0/011 \pm 0/068$
	میانگین کلی	۴۰			$0/0089 \pm 0/028$
کادمیوم	خرداد	۱۰	۰/۰۶۹	۰/۰۲	$0/035 \pm 0/019$
	شهریور	۱۰	۰/۰۵۳	۰/۰۲	$0/012 \pm 0/016$
	آذر	۱۰	۰/۰۰۶	۰/۰۲	$0/010 \pm 0/057$
	اسفند	۱۰	۰/۰۵۸	۰/۰۱	$0/027 \pm 0/015$
	میانگین کلی	۴۰			$0/021 \pm 0/030$

نمودار (۱)، وضعیت آلودگی به سرب و کادمیوم در آرد گندم تولیدشده در استان چهارمحال و بختیاری در فصول مختلف سال را نشان می دهد.



نمودار (۱)- میزان سرب و کادمیوم در نمونه های آرد در ماه های مختلف سال (میلی گرم بر کیلوگرم)

جدول (۲)، تحلیل واریانس نمونه های مورد مطالعه از نظر غلظت فلزات سنگین در نمونه های آرد گندم را نشان می دهد.

جدول (۲)- تحلیل واریانس نمونه های آرد از نظر غلظت فلزات سنگین در نمونه های آرد گندم در ماه های مختلف سال ۱۴۰۲

کادمیوم		سرب				درجه آزادی		منبع	
خرداد	شهریور	آذر	اسفند	خرداد	شهریور	آذر	اسفند		
۰/۰۳۵	۰/۰۱۲	۰/۰۱۰	۰/۰۲۷	۰/۰۰۶۳	۰/۰۱۲	۰/۰۰۶۳	۰/۰۱۱	۹	خطای نمونه ها
۱/۰۶	۰/۶۴	۰/۱۵	۰/۴۱	۰/۹۴	۰/۳۶	۰/۱۹	۰/۱۱	۱۴	

جدول (۳)، مقایسه میانگین مقادیر کادمیوم و سرب را نشان می دهد.

جدول (۳)- مقایسه میانگین مقادیر سرب و کادمیوم در نمونه های A و B آرد گندم در ماه های مختلف سال ۱۴۰۲

سرب				کادمیوم				نمونه ها
اسفند	آذر	شهریور	خرداد	اسفند	آذر	شهریور	خرداد	
۲/۲ ^d	۱/۴ ^f	۴/۲ ^a	۳/۱ ^b	۳/۴ ^b	۲/۳ ^d	۱/۹ ^e	۲/۸ ^e	نمونه آرد A
۱/۹ ^e	۱/۱ ^g	۴/۱ ^a	۳/۲ ^b	۳/۳ ^b	۲/۰ ^e	۱/۷ ^f	۲/۲ ^d	نمونه آرد B

حروف غیرمشابه نشان دهنده اختلاف معنی دار هستند.

بحث و نتیجه گیری

با انجام آزمون کولموگروف اسمیرنوف مشخص گردید که مقدار سرب در ماه شهریور دارای توزیع نرمال است ($p=0/200$)؛ ولی مقدار سرب سایر ماه‌ها دارای توزیع نرمال نیست ($p>0/05$). همچنین نتایج نشان داد که مقدار کادمیوم در ماه‌های خرداد، شهریور، آذر و اسفند توزیع نرمالی را نشان ندادند.

نتایج نشان داد که بین میزان سرب و کادمیوم در ماه‌های مختلف سال ارتباط معنی داری وجود ندارد ($p=0/064$). همچنین بین ماه‌های مختلف سال و کارخانه‌ها نمونه‌گیری شده، ارتباط معنی داری وجود نداشت. نتایج مقایسه آنالیزهای آماری نشان داد که هیچ‌کدام از آردهای نمونه‌گیری شده در استان چهارمحال و بختیاری فراتر از استاندارد ملی و بین‌المللی به سرب و کادمیوم آلوده نبودند و خطری متوجه مصرف‌کنندگان نیست. حد مجاز کادمیوم و سرب مطابق بیشینه رواداری فلزات سنگین در ایران برای سرب و کادمیوم به ترتیب ۰/۱۵ و ۰/۰۳ است (ISIR, 968/2009).

بر اساس استاندارد کدکس (Codex Alimentarius) ۰/۲ و ۰/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم، استاندارد چین ۰/۲ و ۰/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم، ایرلند ۰/۲ و ۰/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم، استاندارد استرالیا ۰/۲ و ۰/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم و اتحادیه اروپا ۰/۲ و ۰/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم است؛ بنابراین نتایج نشان داد که هیچ‌کدام از نمونه‌های آرد گندم تولیدشده در استان چهارمحال و بختیاری فراتر از حد مجاز نیست (Commissioin, 1995; EC, 2008; Ireland, 2009; FSANZS, 2010 and NSPRC, 2011).

تحقیقی در نیجریه روی ارزیابی به فلزات سنگین در آرد گندم انجام شد، که میزان آلودگی به کادمیوم ۰/۰۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود که با نتایج حاصل از تحقیق حاضر مطابقت و همسویی دارد، در مطالعه حاضر غلظت هیچ‌کدام از فلزات سنگین فراتر از استاندارد داخلی و بین‌المللی نبود (Edem et al., 2009). مطالعه‌ای در چین روی غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های آرد گزارش دادند که میزان کادمیوم ۰/۰۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم و سرب ۲۷/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شد که با نتایج حاصل از تحقیق حاضر در خصوص کادمیوم مطابقت داشته اما در خصوص سرب مطابقت ندارد (Lei et al., 2015).

مطالعه‌ای روی فلزات سنگین موجود در آردهای تولیدشده شهرستان رشت نشان داد که غلظت سرب ۱/۰۲ و کادمیوم ۰/۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود و گزارش دادند محتوای بالای مصرف روزانه کروم، سرب، کادمیوم و جیوه توسط نان‌ها اثرات نامطلوبی بر سلامتی افراد دارد (Naghypour et al., 2014). محققین در گزارشی نشان دادند که از مجموع ۴۰ نمونه آرد تولیدشده در کارخانه‌ها استان گلستان، غلظت سرب ۰/۰۱۳ و کادمیوم ۰/۰۳۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم بوده است. غلظت فلزات سنگین در تمامی نمونه‌های آرد گندم کمتر از حد مجاز تعیین‌شده توسط سازمان خواربار و کشاورزی جهان/سازمان جهانی بهداشت و سازمان ملی استاندارد ایران بوده و سلامت مصرف‌کنندگان را تهدید نمی‌کند، در این مطالعه میزان غلظت کادمیوم و سرب پایین‌تر از استاندارد ملی ایران و سازمان بهداشت جهانی بود (Nejabat et al., 2017). پژوهشگران در مطالعه‌ای مشابه گزارش دادند که غلظت

نشان داده شد که کمترین میزان غلظت آلودگی مربوط به کادمیوم و بیشترین میزان مربوط به سرب بوده است، که مطابق با نتایج این مطالعه است (Siddque *et al.*, 2023). تاکنون مطالعات مختلفی در زمینه اندازه‌گیری فلزات سنگین سمی در انواع غلات و فرآورده‌های آن انجام شده است. قابل توجه است که فلزات سمی توسط گندم از طریق خاک جذب می‌شوند و برخی فلزات سنگین نیز ممکن است در مرحله آسیاب گندم به آرد اضافه شوند (Thalassinos and Antoniadis, 2021)؛ بنابراین تفاوت در نوع خاکی که بذر گندم در آن کاشته می‌شود یا تجهیزات مورد استفاده در تهیه آرد، خطای آزمایشگر، خطای دستگاه‌ها و اختلاف روش کار شده نسبت به سایر آزمایش‌ها را می‌توان دلیل مهمی برای عدم هم‌خوانی میزان آلودگی آرد به فلزات سنگین در مطالعه حاضر با مطالعات مختلف ذکر شده دانست.

آلودگی فلزات سنگین یکی از شایع‌ترین نگرانی‌ها در جهان است زیرا در اکثر محیط‌ها رخ می‌دهد. کادمیوم و سرب به دلیل دوام و سمیت بالا از مهم‌ترین فلزات سنگین هستند. از آنجایی که نان پرمصرف‌ترین محصول در کشورهای مختلف از جمله ایران است، عواملی که بر ایمنی آن تأثیر می‌گذارد باید کنترل شود. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر و در محدوده استاندارد بودن غلظت فلزات سرب و کادمیوم در آردهای گندم عرضه‌شده در استان چهارمحال و بختیاری، استفاده از این آردها، برای مصارف خوراکی قابل قبول بوده و هیچ‌گونه خطری متوجه مصرف‌کنندگان نیست، اما با توجه به خطرات فلزات سنگین سمی برای سلامت انسان در مواجهه طولانی‌مدت و همچنین مصرف زیاد آرد در تهیه انواع

فلزات سنگین در آردهای نمونه‌گیری شده در جنوب آفریقا کمتر از میانگین استانداردهای بین‌المللی بود. در همین راستا غلظت سرب ۰/۰۵، منگنز ۴۷/۳۰ و مس ۷۸/۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شد (Irogbeyi *et al.*, 2019). محققان، در مطالعه‌ای نشان دادند که میزان فلزات سنگین در نمونه‌های آرد تولیدشده در شهرهای گلستان، کردستان و آذربایجان غربی در محدوده تعیین‌شده استانداردهای بین‌المللی و داخلی بوده، آن‌ها گزارش دادند که میانگین آلودگی در گلستان، کردستان و آذربایجان غربی برای سرب ۰/۰۴۴ و کادمیوم ۰/۰۱۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود، که مطابق با نتایج مطالعه حاضر است (Ghanati *et al.*, 2019). تحقیقی در اسپانیا که روی آلودگی به فلزات سنگین در آرد غلات انجام دادند دریافتند که محتوای سرب در آرد گندم ۰/۰۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم بوده است (Rubio-Armendáriz *et al.*, 2021). در مطالعه‌ای در ترکیه، غلظت فلزات سنگین در آرد گندم برای سرب ۰/۰۱۳ و کادمیوم ۰/۰۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شد، که فراتر از نتایج حاصل از تحقیق حاضر است (Basaran, 2022). در تحقیقی روی فلزات سنگین در پاکستان، نشان داده شد که در آردهای گندم نمونه‌گیری شده غلظت سرب و کادمیوم به ترتیب ۰/۱۹ و ۰/۱۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود و از استانداردهای بین‌المللی فراتر بود (Atta *et al.*, 2023). در استان گیلان پژوهشگران گزارش دادند که میزان سرب کادمیوم نمونه‌ها پایین‌تر از استاندارد ایران و استانداردهای بین‌المللی است، که با نتایج حاصل از مطالعه حاضر مطابقت دارد (Hasheminasab Zavareh *et al.*, 2021). در مطالعه‌ای روی فلزات سنگین در نمونه‌های آرد،

سپاسگزاری

نان، غلظت فلزات سنگین باید به دقت اندازه گیری شود
تا از ایمنی آرد اطمینان حاصل شود.
بدین وسیله از تمامی کسانی که نهایت همکاری را
در انجام این پروژه داشتند، تشکر به عمل می آید.

تعارض منافع

نویسندگان تعارض منافی برای اعلام ندارند.

منابع

- Atta, M.I., Zehra, S.S., Dai, D.Q., Ali, H., Naveed, K., ali, Iftikhar., et al. (2023). Amassing of heavy metals in soils, vegetables, and crop plants irrigated with wastewater: Health risk assessment of heavy metals in Dera Ghazi Khan, Punjab, Pakistan. *Frontiers in plant science*, 13(1): 108-119.
- Basaran, B. (2022). Comparison of heavy metal levels and health risk assessment of different bread types marketed in Turkey. *Journal of Food Composition and Analysis*, 108(5): 104-114.
- Chen, Y., Xu, X., Zeng, Z., Lin, X., Qin, Q. and xia, Ho. (2019). Blood lead and cadmium levels associated with hematological and hepatic functions in patients from an e-waste-polluted area. *Chemosphere*, 220(12): 531-538.
- Commission, C.A. (1995). Codex stan 193-1995. Codex general standard for contaminants and toxins in food and feed. 1-77. Available at: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/en/>
- EC. (2008). Commission Regulation (EC) No 1881- 2006-"Setting maximum levels for criteria contaminations in foodstuffs". European Commission, Commission Regulation (EC) No.466/2001 Setting Maximum Levels for Certain Contaminants in Foodstuffs. <https://eur-lex.europa.eu>
- Edem, C., Iniama, G., Osabor, V., Etiuma, R., Ochelebe, M. (2009). A comparative evaluation of heavy metals in commercial wheat flours sold in Calabar-Nigeria. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(5): 585-587.
- Fsanza. (2010). Food Standards Australia and New Zealand Standard 1.4.1 (FSANZS), Contaminants, and Natural Toxicants laid down maximum levels of five heavy metals in specified food. Available at: <https://www.foodstandards.gov.au>
- Ghanati, K., Zayeri, F. and Hosseini, H., (2019). Potential health risk assessment of different heavy metals in wheat products. *Iranian journal of pharmaceutical research*, 187(2): 209-223.
- Goodman, L.S. (1996). Goodman and Gilman's the pharmacological basis of therapeutics. 7th Edition, McGraw-Hill New York, pp.1361-1371
- Hasheminasab, K.S., Shahbazi, K. and Bazargan, K., (2021). Investigation on the concentration of heavy metals, lead and cadmium, and zinc concentration in the wheat produced in Iran. *Journal of Environmental Science and Technology*, 23(5): 165-174.
- Hernández, E.Y., Amador-Martínez, I., Aranda-Rivera, A.K., Cruz-Gregorio, A. and Chaverri, J.P., (2022). Renal damage induced by cadmium and its possible therapy by mitochondrial transplantation. *Chemico-Biological Interactions*, 361(12): 199-209.
- Ireland, F.S.A.O. (2009). Food Safety Authority of Ireland. Mercury, Lead, Cadmium, Tin, and Arsenic in Food, Food Safety Authority of Ireland. Available at: <https://www.fsai.ie>
- Irogbeyi, L.A., Nweke, I.N., Akuodor, G.C. and Unekwe, P.C. (2019). Evaluation of Levels of Potassium Bromate and Some Heavy Metals in Bread and Wheat Flour Sold in Aba Metropolis, South Eastern Nigeria. *Asia Pacific Journal of Medical Toxicology*, 8(12): 512-525.

- Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (ISIRI). 2009. Food & Feed Maximum limit of heavy metals. 1st Revision, ISIRI NO. 12968. [In Persian]
- Khodabakhshi, A., Sedehi, M. and Shakeri, K. (2016). Investigation of heavy metals in edible mushrooms consumed in Shahrekord. *Journal of Shahrekord University of Medical Sciences*, 18(1): 54-62. [In Persian]
- Lei, L., Liang, D., Yu, D., Chen, Y., Song, W. and Li, J. (2015). Human health risk assessment of heavy metals in the irrigated area of Jinghui, Shaanxi, China, in terms of wheat flour consumption. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(1): 1-13.
- Liu, Y., Chen, Y., Yang, Y., Zhang, Q., Fu, B., Cai, J., et al. (2021). A thorough screening based on QTLs controlling zinc and copper accumulation in the grain of different wheat genotypes. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(9): 15043-15054.
- Mahurpawar, M. (2015). Effects of heavy metals on human health. *International Journal Research Granthaalayah*, 530(1): 1-7.
- Moogoei, R., and Sadjadi, N. (2020). Investigating the concentration of toxic metals (arsenic, cadmium, and lead) in wheat and wheat flour in Golestan and Mazandaran provinces. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 17(5): 131-143. [In Persian]
- Naghipour, D., Amouei, A. and Nazmara, S. (2014). A comparative evaluation of heavy metals in the different breads in Iran: A case study of Rasht city. *Health Scope*, 3(1): 1-5.
- Nejabat, M., Kahe, H., Shirani, K., Ghorbannejad, P., Hadizadeh, F. and Karimi, G. (2017). Health risk assessment of heavy metals via dietary intake of wheat in Golestan Province, Iran. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 23 (12): 1193-1201.
- National Standard of the People's Republic of China (NSPRC). (2011). National Food Safety Standard, Issued by the Ministry of Health of the People's Republic of China. 1-14.
- Rubio-Armendáriz, C., Paz, S., Gutiérrez, Á.J., Gomes Furtado, V., and González-Weller, D. (2021). Toxic metals in cereals in Cape Verde: risk assessment evaluation. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5): 38-44.
- Siddque, N., Waheed, S., Zaman, Q., Aslam, A., Tufail, M., Mrufail, A., et al. (2023). Uptake of heavy metal in wheat from application of different phosphorus fertilizers. *Journal of Food Composition and Analysis*, 115(7): 104-119.
- Thalassinou, G. and Antoniadis, V. (2021). Monitoring potentially toxic element pollution in three wheat-grown areas with a long history of industrial activity and assessment of their effect on human health in Central Greece. *Toxics*, 9 (7): 293-303.
- Xu, J., Hu, C., Wang, M., Zhao, Z., Zhao, X., Sao, lu., et al. (2022). Changeable effects of coexisting heavy metals on transfer of cadmium from soils to wheat grains. *Journal of Hazardous Materials*, 423(9): 127-138.
- Zhang, D., Zhou, H., Shao, L., Wang, H., Zhang, Y., Zhu, T., et al. (2022). Root characteristics critical for cadmium tolerance and reduced accumulation in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Environmental Management*, 305(11): 114-130.
- Zhou, M. and Zheng, S. (2022). Multi-omics uncover the mechanism of wheat under heavy metal stress. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(5): 159-168.