مقاله اماده انتشار می باشد

بررسی میزان آلودگیِ دوغ‌های توزیعی در شهرکرد با فلزات سنگین

آلودگیِ دوغ‌های توزیعی در شهرکرد با فلزات سنگین

حدیثه بهارلو[۱]، مریم عباس‌والی[۲و۳*]، مجتبی بنیادیان[۴]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه بهداشت و کنترل کیفیت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهرکرد، ایران

۲- دانشیار گروه بهداشت و کنترل کیفیت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهرکرد، ایران

۳- دانشیار گروه بهداشت و کنترل کیفیت مواد غذایی، دانشکده تغذیه و علوم غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، ایران

۴- استاد گروه بهداشت و کنترل کیفیت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهرکرد، ایران

*نویسنده مسئول مکاتبات: mabbasvali@sums.ac.ir

(تاریخ دریافت: // تاریخ پذیرش: //)

چکیده

با توجه به اثرات سوء فلزات سنگین در سلامت مصرف‌کنندگان، این مطالعه در زمستان ۱۳۹۶ و تابستان ۱۳۹۷ باهدف اندازه‌گیری میزان آلودگی دوغ‌های سنتی تولیدشده در مناطق مختلف شهرکرد و صنعتی توزیعی در شهرکرد و تولیدشده در کارخانه‌های مختلف کشور، با آرسنیک، کادمیوم، سرب و جیوه انجام پذیرفت. جهت انجام این تحقیق از ۴۰ نمونه دوغ صنعتی بدون گاز و ۴۰ نمونه دوغ سنتی استفاده شد. برای آنالیز عناصر از تکنیک پلاسمای زوج شده القایی– طیف‌سنجی نشر نوری استفاده شد. فقط یک نمونه (۱/۲۵ درصد) آلوده به سرب به مقدار ۱۴۴/۷۲ میکروگرم در لیتر و یک نمونه (۱/۲۵ درصد) آلوده به کادمیوم به میزان ۴۰۰/۶۳ میکروگرم در لیتر بود. میانگین سطح جیوه در کل نمونه‌ها ۱۳/۲۰ ± ۶/۳۵ میکروگرم در لیتر بود. ۱۲ نمونه دوغ صنعتی و ۸ نمونه دوغ سنتی آلودگی بیش از ۱۰ میکروگرم در لیتر به جیوه داشتند. میانگین مقدار جیوه در دوغ‌های صنعتی و سنتی در تابستان به ترتیب ۶/۰۰ ± ۲/۴۱ و ۱۲/۷۴ ± ۷/۸۳ و در زمستان به ترتیب ۱۹/۵۹ ± ۱۳/۶۹ و ۶/۴۶ ±۱/۴۷ میکروگرم در لیتر بود ($p<۰/۰۵$). تفاوت‌های موجود در غلظت عناصر در شیر مصرفی می‌تواند به دلیل تفاوت‌هایی در نوع تغذیه دام در زمستان و تابستان، نوع تغذیه دام در دامداری‌های سنتی و صنعتی، مراحل مختلف تولید و فرآوری، میزان آلودگی محیطی در مناطق مختلف جغرافیایی و میزان آلودگی آب مصرفی در دامداری‌ها باشد.

واژه‌های کلیدی: دوغ، شهرکرد، فلزات سنگین، پلاسمای زوج شده القایی

مقدمه

شیر و فرآورده‌های آن یکی از مغذی‌ترین مواد غذایی مورد مصرف انسان هستند که در رشد، سلامت و تکامل جسم اهمیت زیادی دارند. شیر و فرآورده‌های حاصل از آن جزء جدانشدنی از سبد کالای خانواده‌ها در سراسر دنیا می‌باشند به همین دلیل سلامت آن‌ها و عاری بودن از هرگونه آلودگی فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی امری ضروری است. دوغ نوعی نوشیدنی لبنی تخمیری است و در مناطق مختلف نام‌های متفاوتی دارد (Vesal *et al*., 2013). ایران یکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان و همچنین مصرف‌کنندگان دوغ در جهان است (Foroghinia *et al*., 2008). به‌غیراز ایران دوغ در دیگر کشورها مانند: افغانستان، آذربایجان، ارمنستان، عراق، ترکیه، سوریه و به مقدار کمتری کشورهای خاورمیانه و مرکز آسیا مصرف می‌شود. در روش تولید سنتی، دوغ محصول جانبی تهیه کره از ماست هست که از رقیق‌سازی ماست پرچرب با آب و به هم زدن شدید آن در یک کیسه چرمی مخصوص که مشک نام دارد، تولید می‌شود. در صنعت، تولید دوغ با رقیق‌سازی ماست با آب آشامیدنی، افزودن نمک خوراکی و طعم‌دهنده‌های مجاز انجام می‌گیرد (Fahim *et al*., 2012).

مشکل اصلی فلزات سنگین این است که وقتی در بدن وارد می‌شوند متابولیزه نمی‌شوند یعنی بعد از ورود به بدن به سختی دفع می‌گردند و در اندام‌های مختلف تجمع می‌یابند (در بافت‌های چربی، عضلات، استخوان‌ها و مفاصل رسوب می‌کنند). این فلزات می‌توانند جایگزین سایر املاح و مواد معدنی موردنیاز بدن گردند. منابع ورود فلزات سنگین به محیط‌زیست عمدتاً فعالیت‌های انسانی (فعالیت‌های صنعتی، کودهای شیمیایی، کودهای حیوانی، فاضلاب شهری، کمپوست و آفت‌کش‌ها) و وقایع طبیعی هستند (Tahsini and Gavilian, 2016).

آلودگی محیطی به‌وسیله فلزات سنگین یک نگرانی بسیار بزرگ در مقیاس جهانی است. حضور فلزات سنگین در فرآورده‌های غذایی یک تهدید جدی برای سلامت انسان است (Temiz and Soylu, 2012). فلزات سنگین آلاینده‌های پایدار محیط‌زیست هستند که می‌توانند هوا، آب‌وخاک را آلوده کنند و به دنبال آن وارد چرخه‌ی غذایی شوند. برخی از فلزات سنگین مانند آهن، مس، کبالت، روی و منگنز برای حفظ عملکرد متابولیکی صحیح موجودات زنده ضروری هستند و کمبود هر یک از آن‌ها باعث اختلال در کل سیستم فیزیولوژیکی می‌شود، اما اگر بیشتر از حد مجاز باشند می‌توانند مسمومیت ایجاد کنند. برخی از دیگر فلزات سنگین مانند جیوه، کادمیوم، سرب و آرسنیک غیرضروری‌اند و می‌توانند برای موجودات زنده سمی باشند و باعث مسمومیت غذایی شوند (Abdulkhaliq *et al*., 2012).

در طبیعت جیوه هم به‌طور طبیعی و هم به‌عنوان یک آلاینده ساخته دست بشر وجود دارد. انتشار جیوه می‌تواند منجر به افزایش تدریجی مقدار جیوه اتمسفر شود که وارد چرخه‌های توزیع اتمسفر–خاک–آب می‌شود و می‌تواند سال‌ها در گردش بماند. مسمومیت با جیوه نتیجه قرار گرفتن در معرض جیوه یا ترکیبات جیوه است که درنتیجه اثرات سمی مختلفی ایجاد می‌کند که به فرم شیمیایی و مسیر در معرض قرار گرفتن با آن بستگی دارد. جیوه دارای اثرات سمی سلولی، قلبی عروقی، خونی، ریوی، کلیوی، ایمنی، عصبی، غدد درون‌ریز، تولیدمثلی و جنینی است (Rice *et al*., 2014).

کادمیوم (Cd) یک فلز غیرضروری سمی است که برای سلامتی انسان و حیوانات مخاطره‌آمیز است. به‌طور طبیعی به‌عنوان آلاینده‌ای که از منابع کشاورزی و صنعتی به دست می‌آید در محیط‌زیست وجود دارد. قرار گرفتن در معرض کادمیوم در درجه اول از طریق مصرف غذا و آب آلوده و تا حد قابل‌توجهی از طریق استنشاق و کشیدن سیگار اتفاق می‌افتد. کادمیوم در گیاهان و حیوانات با نیمه‌عمر طولانی در حدود ۲۵ تا ۳۰ سال تجمع می‌یابد. داده‌های اپیدمیولوژیک نشان می‌دهد که قرار گرفتن در معرض کادمیوم ممکن است با انواع مختلف سرطان ازجمله سرطان سینه، ریه، پروستات، پانکراس و کلیه مرتبط باشد. همچنین نشان داده‌شده است که کادمیوم ممکن است یک عامل خطر برای پوکی استخوان باشد. کبد و کلیه‌ها به اثرات سمی کادمیوم بسیار حساس هستند (Genchi *et al*., 2020).

سرب (Pb) یک فلز محیطی است که در همه‌جا حاضر است و رایج‌ترین فلز صنعتی است که می‌تواند هوا، آب، خاک و زنجیره غذایی را آلوده کند. قرار گرفتن در معرض سرب از طریق رژیم غذایی، سیستم عصبی و گردش خون را مختل می‌کند، باعث اختلال عملکرد کلیه، افزایش فشارخون، کم‌خونی، کاهش بهره هوشی، اختلالات رفتاری و بیماری‌های عصبی و ضعف مفاصل می‌شود (Boudebbouz *et al*., 2021).

درگذشته از ترکیبات آرسنیک (As) برای تهیه سموم، آفت‌کش‌ها، حشره‌کش‌های کشاورزی و مرگ موش استفاده می‌شده است. آرسنیک در بدن مسمومیت خودش را با غیرفعال کردن آنزیم‌هایی که در مکانیسم‌های تولید انرژی نقش دارند و همچنین در سنتز و ترمیم DNA و RNA سلول دخیل هستند نشان می‌دهد. علائم مسمومیت حاد با آرسنیک تهوع، درد دستگاه گوارش و اسهال است، و قرار داشتن طولانی‌مدت در معرض آرسنیک باعث ابتلا به سرطان پوست، ریه، مجاری ادراری، مثانه و کلیه می‌شود (Malakutian and Golpaygani, 2012). به جهت چرای دام‌ها در زمین‌های آلوده و تجمعی که در بافت‌ها اتفاق می‌افتد مقدار بالایی از فلزات سنگین در مواد غذایی با منشأ حیوانی (شیر و گوشت) گزارش‌شده است (Shahbazi *et al*., 2016).

به دلیل اهمیت مخاطرات حاصل از وجود فلزات سنگین در سلامت مصرف‌کنندگان، این تحقیق با هدف بررسی میزان باقی‌مانده جیوه، سرب، آرسنیک و کادمیوم در دوغ‌های سنتی و صنعتی موجود در بازار شهرکرد طراحی گردید.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در زمستان ۱۳۹۶ و تابستان ۱۳۹۷ با هدف اندازه‌گیری میزان آلودگی دوغ‌های سنتی تولیدشده در مناطق مختلف شهرکرد و صنعتی تولیدشده در کارخانه‌های مختلف کشور و توزیع‌شده در شهرکرد، با آرسنیک، کادمیوم، سرب و جیوه انجام پذیرفت. جهت انجام این تحقیق از ۴۰ نمونه دوغ صنعتی بدون گاز و ۴۰ نمونه دوغ سنتی استفاده شد. ۴۰ نمونه دوغ صنعتی بدون گاز و گرما دیده (۲۰ نمونه در زمستان و ۲۰ نمونه در تابستان) تولیدشده در کارخانه‌های متفاوت و زمان‌های متفاوت تولید (به‌طوری‌که از هر کارخانه و از هر تولید فقط یک نمونه اخذ شد) موجود در بازار شهرکرد خریداری گردید. نمونه‌های دوغ سنتی از فروشگاه‌های عرضه‌کننده لبنیات سنتی موجود در شهرکرد تهیه شد. برای این منظور شهر به ۴ قسمت تقسیم و از هر منطقه ۵ نمونه از ۵ فروشگاه در زمستان و تابستان خریداری شد.

مجموع نمونه‌های دوغ سنتی، ۴۰ نمونه (شامل ۲۰ نمونه در زمستان و ۲۰ نمونه در تابستان) بود. نمونه‌ها در بطری‌های شیشه‌ای تمیز نگهداری شدند تا از تماس با هرگونه منبع فلزی جلوگیری شود. نمونه‌ها تا زمان آزمایش در یخچال نگهداری شدند.

-آنالیز نمونه‌ها

میزان آلودگی نمونه‌های دوغ به فلزات سنگین با استفاده از دستگاه پلاسمای جفت شده القایی- طیف‌سنج نشری نوری (Inductively coupled plasma optical emission spectroscopy or ICP – OES, Horiba Jobin-Yvon Ultima 2) (CE, Germany اندازه‌گیری شد (Bakircioglu *et al*., 2018). تنظیمات دستگاه و طول‌موج‌های استفاده‌شده برای آنالیز به‌وسیله دستگاه ICP –OES در جدول شماره (۱) درج‌شده است.

جدول(۱)- تنظیمات دستگاه ICP –OES و طول‌موج‌های استفاده‌شده برای اندازه‌گیری عناصر در نمونه‌های دوغ

متغیرها	ویژگی
توان ژنراتور (وات)	۱۴۰۰
فرکانس ژنراتور (مگاهرتز)	۲۷/۱۲
رنج شارژ آرگون نبولایزر (لیتر بر دقیقه)	۰/۹
جریان گاز آرگون پلاسما (لیتر بر دقیقه)	۱۳
جریان گاز آرگون کمکی (لیتر بر دقیقه)	۰/۸
میزان تزریق نمونه (میلی‌گرم بر دقیقه)	۱/۵
تعداد اندازه‌گیری	۳
زمان به ازای هر اندازه‌گیری	۵۰ ثانیه یک‌بار تکرار می‌شود
طول‌موج عنصر (نانومتر)	سرب ۲۶۱/۴۱۸
	آرسنیک ۲۲۸/۸۱۲
	جیوه ۱۹۴/۲۲۷
	کادمیوم ۲۲۸/۸۰۲

برای هضم نمونه‌ها به ۱۰گرم از هر نمونه ۱۰ میلی‌لیتر مخلوط اسید نیتریک ۶۵ درصد و آب اکسیژنه ۳۵ درصد (به نسبت یک‌به‌یک حجمی) اضافه شد، سپس روی صفحه داغ با دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس به مدت ۱۵ دقیقه حرارت داده شد. بعد از تبخیر، ۲ میلی‌لیتر اسید پرکلریک ۷۰ درصد به آن اضافه و هضم در دمای۱۵۰ درجه سلسیوس تا شفاف شدن محلول انجام شد. سپس حجم محلول با آب دیونیزه به ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده و بعد از فیلتر کردن با فیلتر سر سرنگیِ ۰/۴۵ میکرومتر، به دستگاه تزریق شد (Bakircioglu *et al*., 2018).

-تجزیه‌وتحلیل آماری

تجزیه‌وتحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزارSPSS نسخه ۲۳ انجام شد. برای مقایسه میانگین مقدار فلزات سنگین در گروه‌های مختلف از روش آنالیز واریانس یک‌طرفه (One way ANOVA) یا آزمون تی استفاده شد. برای مقایسه فراوانی آلودگی از آزمون فیشر استفاده شد.

یافته‌ها

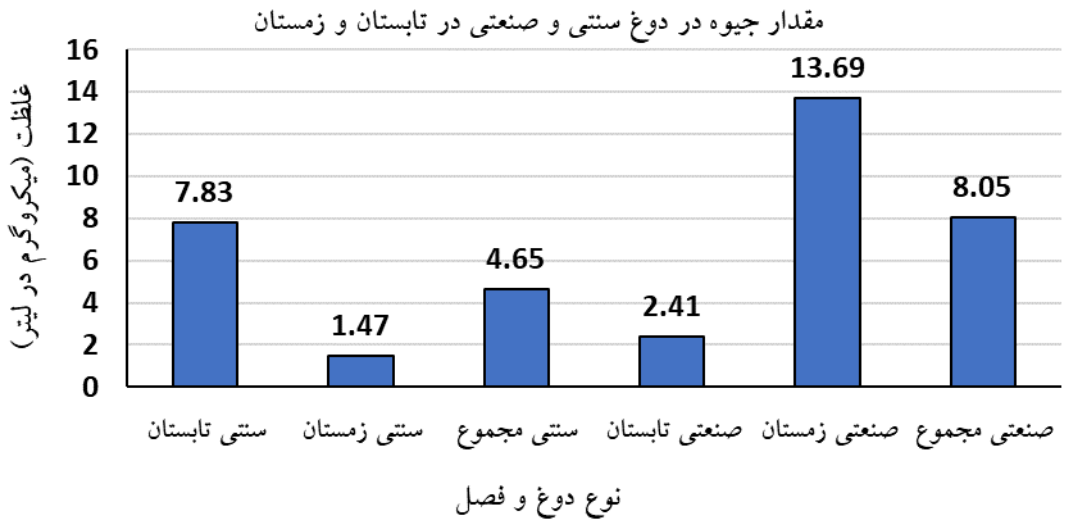
در این مطالعه میزان آرسنیک نمونه‌ها پایین‌تر از حد تشخیص دستگاه بود و درواقع در هیچ‌یک از نمونه‌های دوغ آلودگی به آرسنیک مشاهده نشد.

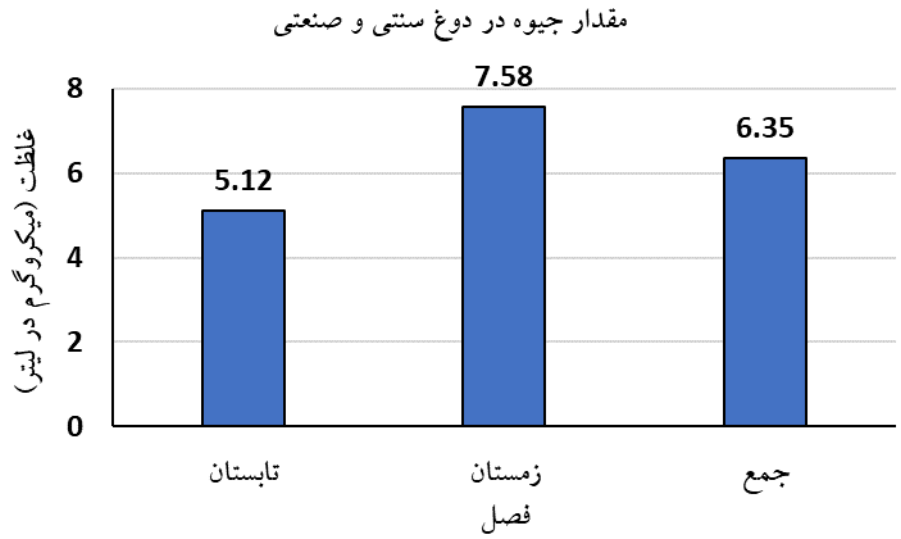
از ۸۰ نمونه مورد مطالعه، فقط یک نمونه دوغ صنعتی (۱/۲۵ درصد) آلوده به ۴۰۰/۶۳ میکروگرم در لیتر کادمیوم بود. از این ۸۰ نمونه فقط یک نمونه دوغ صنعتی (۱/۲۵ درصد) آلوده به سرب بود و میزان آن ۱۴۴/۷۲ میکروگرم در لیتر بود. همچنین تعداد ۲۲ نمونه (۲۷/۵ درصد) آلوده به جیوه بودند و میزان آلودگی بین ۰/۵۴۵ تا ۷۱/۴۶ میکروگرم در لیتر بود.

مطابق نتایج نشان داده‌شده در نمودار ۱، میانگین سطح جیوه در کل نمونه‌ها ۱۳/۲۰ ± ۶/۳۵ میکروگرم در لیتر بود. میانگین سطح جیوه در تابستان ۱۰/۲۱ ± ۵/۱۲ و در زمستان ۱۵/۶۷ ± ۷/۵۸ میکروگرم در لیتر بود که اختلاف آماری معنی‌داری نداشتند (p >۰/۰۵). میانگین سطح جیوه در دوغ سنتی ۱۰/۴۸ ± ۴/۶۵ و در دوغ صنعتی ۱۵/۴۰ ± ۸/۰۵ میکروگرم در لیتر بود که اختلاف آماری معنی‌داری نداشتند (p>۰/۰۵) (نمودار ۱).

در دوغ‌های صنعتی در تابستان ۶/۰۰ ± ۲/۴۱ و در زمستان ۱۹/۵۹ ± ۱۳/۶۹ میکروگرم در لیتر بود که این اختلاف ازنظر آماری معنی‌دار بود (p<۰/۰۵) (نمودار ۱). میانگین مقدار جیوه در دوغ‌های سنتی در تابستان ۱۲/۷۴ ± ۷/۸۳ و در زمستان ۶/۴۶ ± ۱/۴۷ میکروگرم در لیتر بود که اختلاف آماری معنی‌داری داشتند (p<۰/۰۵) (نمودار ۱).

میانگین مقدار جیوه در همه نمونه‌ها در تابستان ۱۰/۲۱ ± ۵/۱۲ میکروگرم در لیتر بود. میانگین مقدار جیوه در دوغ‌های سنتی در تابستان ۱۲/۷۴ ± ۷/۸۳ و در دوغ‌های صنعتی در تابستان ۶/۰۰ ±۲/۴۱ میکروگرم در لیتر بود که اختلاف آماری معنی‌داری نداشتند (p>۰/۰۵). میانگین مقدار جیوه در همه نمونه‌ها در زمستان ۱۵/۶۷ ± ۷/۵۸ میکروگرم در لیتر بود. این مقدار در دوغ‌های سنتی ۶/۴۶ ± ۱/۴۷ و در دوغ‌های صنعتی ۱۹/۵۹ ±۱۳/۶۹ میکروگرم در لیتر بود که اختلاف آماری معنی‌داری داشتند (p<۰/۰۵) (نمودار ۱).

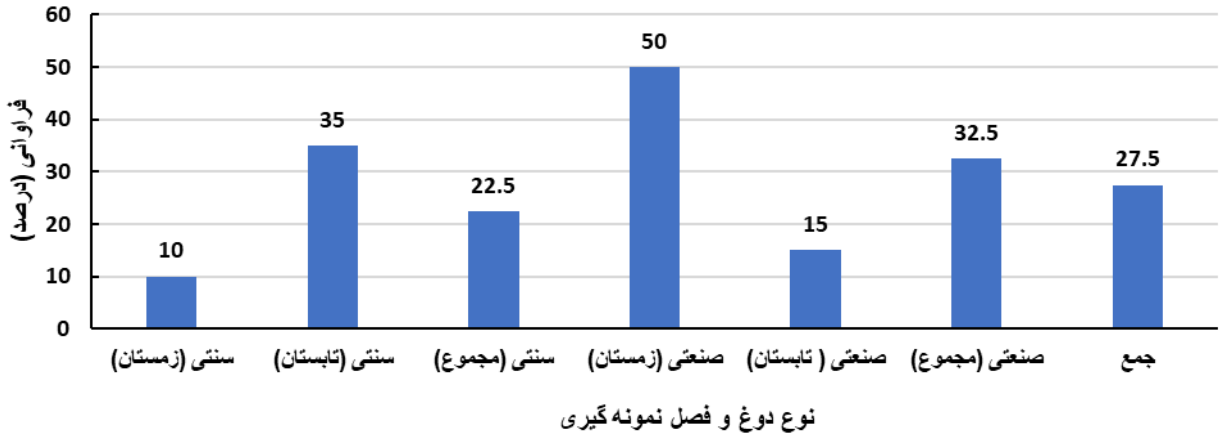




نمودار (۱)- میانگین مقدار جیوه (میکروگرم در لیتر) در نمونه‌های دوغ سنتی و صنعتی در فصول زمستان و تابستان (p> ۰/۰۵).

در استاندارد ملی ایران حد مجازی برای جیوه در شیر و فراورده‌های آن تعیین نشده است همچنین سازمان بهداشت جهانی(WHO) و سازمان خواروبار جهانی (FAO) نیز حد مجاز جیوه در شیر را تعیین نکرده‌اند (Bonyadian *et al.*, 2022). نمودار (۲)، درصد فراوانی آلودگی جیوه را در دوغ‌های سنتی و صنعتی نشان می‌دهد. از ۸۰ نمونه دوغ، ۲۲ نمونه (۲۷/۵درصد) آلودگی به جیوه داشتند. از ۴۰ نمونه دوغ سنتی ۹ نمونه (۲۲/۵درصد) و از ۴۰ نمونه دوغ صنعتی ۱۳نمونه (۳۲/۵درصد) آلودگی داشتند. این فراوانی در دوغ‌های صنعتی و سنتی ازنظر آماری معنی‌دار نبود (p=۰/۴۵، آزمون فیشر). از ۴۰ نمونه دوغ در تابستان، ۱۰ نمونه (۲۵ درصد) آلودگی داشتند.

از ۲۰ نمونه دوغ سنتی در تابستان، ۷ نمونه (۳۵ درصد) و از ۲۰ نمونه دوغ صنعتی ۳ نمونه (۱۵ درصد) آلودگی داشتند. این تفاوت ازنظر آماری معنی‌دار نبود (p=۰/۲۷، آزمون دقیق فیشر). از ۴۰ نمونه دوغ در زمستان، ۱۲ نمونه (۳۰ درصد) آلودگی به جیوه داشتند. از ۲۰ نمونه دوغ سنتی ۲ نمونه (۱۰درصد) و از ۲۰ نمونه دوغ صنعتی ۱۰ نمونه (۵۰ درصد) آلودگی داشتند. این تفاوت ازنظر آماری معنی‌دار بود (p=۰/۰۱۴، آزمون فیشر) (نمودار ۲). از ۲۰ نمونه دوغ سنتی در تابستان، ۷ نمونه (۳۵ درصد) و در زمستان، تنها ۲ نمونه (۱۰درصد) آلودگی داشتند. این تفاوت ازنظر آماری معنی‌دار نبود (p=۰/۱۳، آزمون دقیق فیشر) (نمودار ۲). از ۲۰ نمونه دوغ صنعتی در تابستان، ۳ نمونه (۱۵ درصد) و در زمستان، ۱۰ نمونه (۵۰ درصد) آلودگی داشتند. این تفاوت ازنظر آماری معنی‌دار بود (p=۰/۰۴، آزمون دقیق فیشر) (نمودار ۲).



نمودار (۲)- فراوانی آلودگی به جیوه در نمونه‌های دوغ سنتی و صنعتی در فصول زمستان و تابستان

بحث و نتیجه‌گیری

شیر و فرآورده‌های لبنی از دیرباز به‌عنوان منابع مهم مواد مغذی به‌ویژه برای کودکان موردتوجه بوده‌اند، زیرا حاوی درشت مغذی و ریزمغذی‌ها، ویتامین‌ها و اسیدهای چرب ویژه هستند که برای رشد انسان خصوصاً رشد استخوان‌ها و عملکرد سیستم ایمنی ضروری هستند (Boudebbouz et al., 2021).

فلزات سنگین عناصر طبیعی هستند که دارای وزن اتمی بالا و چگالی حداقل ۵ برابر بیشتر از چگالی آب هستند. برخی از فلزات سنگین مواد مغذی ضروری هستند (آهن، کبالت و روی) و بعضی نسبتاً بی‌ضرر (روتنیوم، نقره و ایندیم) هستند، اما می‌توانند در مقادیر زیاد یا اشکال خاص سمی باشند (Tchounwou et al., 2012). سایر فلزات سنگین، مانند عناصر غیرضروری آرسنیک (As)، کادمیوم (Cd)، سرب (Pb) و جیوه (Hg) حتی در غلظت‌های بسیار کم می‌توانند سمی باشند و عملکرد بیولوژیکی هم نداشته باشند (Varol and Sünbül, 2020). هنگامی که غلظت این فلزات در بدن از حد قابل‌قبول فراتر رود، بیشتر آن‌ها اثرات منفی بر سلامتی دارند. شایع‌ترین بیماری‌ها بیماری‌های

سیستم عصبی، اختلالات ژنتیکی، اختلالات روانی، سرطان، فشارخون بالا، آلرژی‌ها، بیماری‌های قلبی عروقی و بیماری‌های اسکلتی- عضلانی است. قرار گرفتن در معرض فلزات سنگینِ موجود در مواد غذایی تهدیدی برای سلامت انسان است. این آلاینده‌ها به دلیل زمان طولانیِ در معرض قرار گرفتن، عدم تجزیه یا تخریب، سطوح بالای تجمع در طول زنجیره غذایی از سایر انواع آلودگی‌ها متمایز هستند (Nkwunonwo et al., 2020).

هرچند که بدن گاو مانند یک فیلتر بیولوژیک عمل کرده و فلزات سنگینی ازجمله سرب، کادمیوم و جیوه واردشده به بدن را به‌جای آنکه به درون شیر انتقال دهد در بافت استخوان ذخیره می‌کند (Karim et al., 2020)، اما تحقیقات مختلف آلودگی شیر خام به فلزات سنگین را نشان داده‌اند. در ارتباط با منبع آلودگی دوغ، علاوه بر شیر و ماست مصرفی برای تولید آن آب مصرفی و ظروف فراوری نیز می‌توانند مطرح باشند.

تاکنون مطالعات محدودی در رابطه با باقی‌مانده فلزات سنگین در دوغ به انجام رسیده است ولی در مورد آلودگی شیر و دیگر فرآورده‌های لبنی مطالعات بیشتری موجود است. در تحقیقی که در سال ۱۳۸۳ در منطقه شهرکرد انجام شد، ۵۸ درصد نمونه‌های شیر خام دارای کادمیوم بیش‌ازحد مجاز بودند (Emamian, 2005). در سال ۱۳۸۵ تحقیقی با عنوان بررسی میزان سرب و کادمیوم در شیرهای خام و پاستوریزه تولیدشده در منطقه شهرکرد انجام شد. نتایج آن نشان داد میزان آلودگی در تمامی نمونه‌های شیر مورد آزمایش ازنظر محتوای فلز سرب و کادمیوم کمتر از حد مجاز است. همچنین مشاهده گردید که میزان باقیمانده سرب و کادمیوم در شیر خام به‌طور معنی‌داری بیشتر از محصول شیر پاستوریزه است. به‌عبارت‌دیگر مراحل مختلف در تولید شیر پاستوریزه (گرفتن خامه و ...) ممکن است باعث کاهش چشمگیر مقادیر سرب و کادمیوم در آن گردد (Bonyadian *et al.*, 2006). در سال ۱۳۸۲ آلودگی شیر و برخی از فراورده‌های آن به سرب و کادمیوم به روش اسپکتروفوتومتری جذب اتمی با کوره در شهر اصفهان بررسی شد. میانگین غلظت سرب در فراورده‌های شیر، در کلیه نمونه‌های مورد آزمایش کمتر از حد مجاز بود. اما در ۸۳/۳ درصد از نمونه‌های شیر خام میانگین مقادیر کادمیوم بیشتر از حد استاندارد مجاز بود (Shakerian and Karim, 2004).

در مطالعه‌ای در سال ۱۳۹۸ تغییرات میزان جیوه، سرب، کادمیوم و آرسنیک شیر خام در فرآیند تولید شیر خشک مورد بررسی قرار گرفت. نتایج مطالعه نشان داد مقدار فلزات سنگین جیوه، کادمیوم و بخصوص سرب در شیرهای خشک تولیدشده، از حد مجاز کدکس بیشتر است (Bonyadian *et al.*, 2022).

اطلاعات محدودی در مورد باقیمانده جیوه در شیر در مقایسه با فلزات سنگین دیگر وجود دارد. مهم‌ترین منبع انسان-ساخت آلودگی جیوه در محیط‌زیست شامل معادن، احتراق، مواد کشاورزی و فاضلاب‌های صنعتی و شهری است. جیوه یکی از سمی‌ترین فلزات سنگین در محیط‌زیست است. استفاده از سموم قارچ‌کش که حاوی جیوه هستند می‌تواند یکی از راه‌های آلودگی حیوانات مزرعه با جیوه باشد. اضافه‌کردن پودر ماهی به غذای دام‌ها نیز یکی از مهم‌ترین منابع آلودگی آن‌ها به جیوه است (Bellinger, 2005).

در این تحقیق، میانگین مقدار و همچنین فراوانی آلودگی جیوه در دوغ‌های سنتی در تابستان به‌طور معنی‌داری بیشتر از زمستان بود. زیرا در تابستان احتمال چرای دام در مراتع و مصرف آب و علوفه آلوده به سموم حاوی جیوه بیشتر است.

در این مطالعه، در زمستان، میانگین مقدار جیوه و همچنین فراوانی آن، در دوغ‌های صنعتی به‌طور معنی‌داری بیشتر از دوغ‌های سنتی بود. دلیل این حالت می‌تواند این باشد که در زمستان در دامداری‌های صنعتی، نسبت به تابستان که علوفه تازه نیز به مصرف دام می‌رسد، احتمال استفاده بیشتر از خوراک دام حاوی پودر ماهی آلوده به جیوه، وجود دارد. در بررسی منابع، هرچند که در سطح ملی تحقیقات محدودی در زمینه آلودگی شیر به جیوه انجام‌شده است، اما تحقیقی که در مورد آلودگی دوغ و یا ماست به جیوه انجام‌شده باشد یافت نشد. نتایج سه مقاله در مورد آلودگی شیر به جیوه به شرح زیر بود. در تحقیقی که در سال ۱۳۸۴ در مورد میزان آلودگی شیر گاوداری‌های استان اصفهان به جیوه با روش جذب اتمی با بخار سرد انجام شد میزان آلودگی آن‌ها کمتر از ۰/۰۵ میکروگرم در لیتر بود (Javadi *et al.*, 2009). در تحقیق دیگری که در سال ۱۴۰۱ به‌منظور بررسی میزان آلودگی نمونه‌های شیر مخزن گاوداری‌های استان قزوین به جیوه با روش طیف‌سنج جرمی پلاسمای القایی انجام‌شده است میانگین میزان آلودگی نمونه‌ها به جیوه ۰/۳۹ میکروگرم در لیتر بود (Eftekhari *et al.*, 2020). در تحقیقی که سال ۱۴۰۰ در خصوص آلودگی شیر گاوداری‌های استان چهارمحال و بختیاری به برخی فلزات سنگین با دستگاه ICP انجام شد میزان آلودگی شیر خام به جیوه در فصل گرم ۱۳/۴ و در فصل سرد ۱۶/۵ میکروگرم در لیتر بود (Bonyadian *et al.*, 2022). با مقایسه نتایج این تحقیقات می‌توان نتیجه گرفت که آلودگی شیر تولیدی در استان چهارمحال و بختیاری بسیار بیشتر از دو استان دیگر است.

منبع ورود فلزات سنگین به دوغ ممکن است از شیر مورداستفاده، نمک و آب مصرفی برای تهیه دوغ باشد. منبع ورود فلزات سنگین به شیر می‌تواند از آب، خاک و هوای آلوده باشد. آب‌های آلوده‌شده با فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی می‌توانند مستقیم به مصرف دام برسند و یا از طریق آبیاری مزارع با آن‌ها به‌طور غیرمستقیم علوفه مورد مصرف دام را آلوده نمایند. سموم مورد مصرف در کشاورزی ممکن است آلودگی را به علوفه منتقل نمایند. خوراک دام آلوده به فلزات سنگین منبع مهم راه‌یابی آن‌ها به شیر است. تفاوت‌های موجود در غلظت عناصر در شیر مصرفی می‌تواند به دلیل تفاوت‌هایی در نوع تغذیه دام در فصول سرد و گرم، نوع تغذیه دام در دامداری‌های سنتی و صنعتی، مراحل مختلف تولید و فرآوری، میزان آلودگی محیطی در مناطق مختلف جغرافیایی و میزان آلودگی آب مصرفی در دامداری‌ها باشد (Zwierzchowski and Ametaj, 2018; Ziarati *et al.*, 2018; Oliveira Filho *et al.*, 2023).

تحقیقی به‌منظور تعیین غلظت برخی از فلزات سنگین (سرب، کادمیوم، مس، روی و سلنیوم) در محصولات لبنی جمع‌آوری‌شده از پنج منطقه صنعتی ایران (۲۵۰ نمونه) در زمستان و تابستان سال ۲۰۱۳ انجام شد. نمونه‌ها با استفاده از تکنیک ولتامتری با پالس‌های آنود و کاتودی متفاوت آنالیز شدند. نتایج نشان داد تقریباً در تمام موارد غلظت فلزات سنگین زیر محدوده مجاز بین‌المللی بود و نگرانی برای سلامت مصرف شیر و لبنیات در ایران وجود نداشت (Shahbazi *et al.*, 2016).

در سال ۱۳۹۴ یک صد نمونه شیر گاوهای مزارع پنج منطقه‌ی زابل ازنظر سرب و کادمیوم آزمایش شدند و در همه نمونه‌ها سطح سرب و کادمیوم کمتر از حد استاندارد جهانی بود (Moalem Bandani *et al.*, 2014). در مطالعه دیگری ۱۰۰ نمونه شامل شیر خام گاو، گوسفند، بز و محصولات ماست، پنیر سفید و دوغ حاصل از شیر گاو تهیه‌شده در

مراکز تولید محصولات لبنی از شهرستان‌های استان همدان جمع‌آوری و ازنظر باقی‌مانده سرب و کادمیوم بررسی شدند. میانگین عناصر مورد مطالعه در نمونه‌ها پایین‌تر از حد مجاز کدکس به دست آمد (Pajohi-Alamoti *et al.*, 2017).

در مطالعه‌ای مقدار سرب و کادمیوم در شیر خشک صنعتیِ مورداستفاده در صنایع غذایی ۴ کارخانه مختلف انجام شد. و مقدار سرب در همه‌ی نمونه‌ها کمتر از میزان استاندارد و آلودگی به کادمیوم در ۶۸ درصد نمونه‌ها بالاتر از حدمجاز استاندارد بین‌المللی مشاهده شد (Mollaei Parvary *et al.*, 2013).

در سال ۱۳۹۶ آلودگی سربی ۵۴ نمونه پنیر پرمصرف که کارخانه‌های تولیدکننده‌ی آن‌ها در سراسر کشور پراکنده بود، انجام شد. نتایج نشان داد میزان سرب آن‌ها از حد مجاز توصیه‌شده کدکس بالاتر بود (Baseri *et al.*, 2017). غلظت سرب و کادمیوم در شیر بز، گاو، گوسفند و گاومیش که از مناطق مختلف ایران جمع‌آوری‌شده بود، با استفاده از روش طیف‌سنجی جذب اتمی کوره گرافیتی مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد غلظت سرب در ۸/۱ درصد از شیر گوسفند و ۱/۹ درصد از شیر گاو بالاتر از استاندارد کدکس بود. میانگین غلظت کادمیوم و سرب در حیوانات سالم زیر۳ سال، نسبت به حیوانات سالم بالاتر از ۳ سال پایین‌تر بود (Rahimi, 2013). در سال ۱۳۸۹، ۱۰۹ نمونه شیر خام از ۱۲ مرکز جمع‌آوری شیراز نقاط مختلف ایران جمع‌آوری و با استفاده از روش اسپکترومتری جذب اتمی کوره مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج مطالعه نشان داد غلظت کادمیوم در ۹/۱۷ درصد از نمونه‌ها بالاتر از حداکثر مجاز کدکس بود. غلظت کادمیوم در شیرهای آزمایش‌شده اختلاف آماری معنی‌داری را بین شهرهای مختلف نشان داد. نمونه‌ها در ۴ منطقه از ایران شامل تهران، اصفهان، اهواز و قم غلظت‌های بالاتر را نشان دادند (Rahimi and Derakhshesh, 2011).

در سال ۲۰۱۲ مطالعه‌ای بر روی آلودگی‌های فلزات سنگین مشتق شده از انتشار گازهای حاصل از عملیات صنعتی در Tekkekoy، سامسون (Samsun) و ترکیه با استفاده از روش طیف‌سنجی جرمی پلاسما (ICP-MS) انجام شد. در این مطالعه از ۱۴۴ نمونه شیر خام استفاده شد. نتایج نشان داد نمونه‌های شیر خام جمع‌آوری‌شده در تابستان در مقایسه با زمستان مقدار مس، سرب و کادمیوم بالاتری داشتند (Temiz and Soylu, 2012). در سال ۲۰۱۲ مطالعه‌ای با هدف ارزیابی باقی‌مانده ۵ فلز (کادمیوم، مس، سرب، آهن و روی) در شیر گاو جمع‌آوری‌شده از مکان‌های مختلف در استان EL-Qaliubiya مصر انجام شد. در این مطالعه از ۱۰۰ گاو شیری استفاده کردند. بیشترین میانگین برای آهن و بعد از آن روی و سرب بود. درحالی‌که پایین‌ترین میانگین آن به ترتیب برای مس و کادمیوم گزارش شد. نتایج نشان داد که بیشتر نمونه‌های شیر حاوی تمام فلزات مورد مطالعه با غلظت بالاتر از مقادیر توصیه‌شده برای شیر است که توسط استانداردهای بین‌المللی فدراسیون‌های لبنی و کدکس توصیه‌شده است (Malhat *et al.*, 2012).

در سال ۱۳۸۸ مطالعه‌ای بر روی ۲۴ نمونه کشک مایع تهیه‌شده به ۲ روش استفاده از کشک خشک و دیگری از ماست پاستوریزه انجام شد. میزان فلزات مس، آهن، روی، آرسنیک، سرب، کادمیوم و کلسیم در نمونه‌ها به روش اسپکتروفتومتری جذب اتمی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد میزان فلزات مس و آهن در تمامی نمونه‌های مورد بررسی بیشتر از حد مجاز تعیین‌شده از سوی استاندارد ملی ایران بود. مقدار سرب در کشک تهیه‌شده از کشک خشک بیشتر از حد مجاز تعیین‌شده از سوی سازمان کدکس برای فرآورده‌های لبنی بوده اما در کشک تهیه‌شده از ماست پاستوریزه در حد مجاز بود. میزان آرسنیک در هر دو محصول بیشتر از حد مجاز نبود. اختلاف در مقادیر آرسنیک، مس، روی و آهن

کشک تولیدی به دو روش فوق به لحاظ آماری معنی‌دار و در کشک مایع تهیه‌شده از کشک خشک نسبت به نوع تهیه‌شده از ماست پاستوریزه بیشتر بود. می‌توان این‌گونه نتیجه‌گیری کرد که تولید کشک مایع از کشک خشک با توجه به شرایط فرآیند تولید و به‌ویژه شرایط نگهداری، تأثیر زیادی در افزایش فلزات سنگین آن دارد (Mohammad sani *et al.*, 2009).

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که دوغ‌های صنعتی و سنتی مصرفی شهرستان شهرکرد ازنظر فلزات سنگین آرسنیک، سرب و کادمیوم تهدیدی برای سلامت مردم نیستند. اما آلودگی به جیوه در دوغ‌های مصرفی منطقه مشاهده شد. این آلودگی در دوغ‌های صنعتی بیشتر از دوغ‌های سنتی بود و در دوغ سنتی در تابستان و در صنعتی در زمستان به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. جیوه یک عنصر فلزی طبیعی است که می‌تواند در مواد غذایی وجود داشته باشد. مهم‌ترین منابع انسانی آلودگی جیوه در محیط‌زیست، استخراج معادن، مواد مورداستفاده در کشاورزی و فاضلاب‌های صنعتی و شهری است. درمان با قارچ‌کش‌های حاوی جیوه یکی از منابع آلودگی با جیوه برای حیوانات مزرعه است، افزودن پودر ماهی آلوده به جیوه به‌عنوان مکمل غذایی منبع اصلی آلودگی جیوه برای دام است (González-Montaña *et al.*, 2019).

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله تشکر خود را از معاونت پژوهشی دانشگاه شهرکرد به خاطر حمایت‌های مالی این تحقیق اعلام می‌دارند. همچنین از جناب آقای یدالله خسروی سوادجانی کارشناس محترم آزمایشگاه بهداشت و کنترل کیفی مواد غذایی دانشکده دامپزشکی دانشگاه شهرکرد به جهت همکاری تکنیکی در بررسی نمونه‌ها با دستگاه ICP قدردانی می‌گردد.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافعی برای اعلام ندارند.

منابع

- Abdulkhaliq, A., Swaileh, K., Hussein, R. M. and Matani, M., (2012). Levels of metals (Cd, Pb, Cu and Fe) in cow's milk, dairy products and hen's eggs from the West Bank, Palestine. International Food Research Journal 13(3):1089-1094.
- Bakircioglu, D., Topraksever, N., Yurtsever, S., Kizildere, M., and Kurtulus, Y. B. (2018). Investigation of macro, micro and toxic element concentrations of milk and fermented milks products by using an inductively coupled plasma optical emission spectrometer, to improve food safety in Turkey. Microchemical Journal, 136, 133-138.
- Baseri, E., Mohammadi, M.A., Nabizadeh Nodehi, R., Nazm Ara, Sh., Jahed Khaniki G.R. and Mahmoudi, B. (2017). Estimation of weekly human intake of heavy metals (lead, cadmium, chromium, copper, iron, tin, zinc, and nickel) through cheese consumption in Iran. Journal of Health, 8(2): 160-169. [In Persian]
- Bellinger, D. C. (2005). Teratogen update: lead and pregnancy. Birth Defects Research Part A: Clinical and Molecular Teratology, 73(6), 409-420.

- Bonyadian, M., Fallahi, H. , Abasvalli, M. (2022).Assessment of changes in levels of Mercury, Lead, Cadmium, and Arsenic in raw milks during milk powder production. Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology, 16 (4), 77-84. [In Persian]
- Bonyadian, M., Moshtaghi, H. and Soltani, Z. (2006). Determination of lead and cadmium in raw and pasteurized milk in Shahre Kord areas. Iran Journal of Veterinary Medicine, 13, 50-9. [In Persian]
- Boudebbouz, A., Boudalia, S., Bousbia, A., Habila, S., Boussadia, M. I. and Gueroui, Y. (2021). Heavy metals levels in raw cow milk and health risk assessment across the globe: A systematic review. Science of the total Environment, 751, 141830.
- Eftekhari, M., Shahrami, E., Hadi Tavatori, M. H., Atlasbaf, M. (2020). Assessment of milk contamination by some heavy metals (lead, cadmium, chromium, nickel and mercury) of dairy cattle herd in Qazvin province and its effects on human health. Veterinary Researches and Biological Products, 134, 131-137. [In Persian]
- Emamian , S.A. (2005). Detemination of lead and cadmium in milk and dairy products in Share Kord using potentiometric stripping analyzer. Thesis, Faculty of Veterinary Medicine, Share Kord Islamic Azad University. No 273. [In Persian]
- Fahim, N.K., Beheshti, H.R., Feizy, J. and Janati, S.S.F. (2012). LC determination of natamycin in doogh with UV detection. Gida, 37(3), 127-132.
- Foroghinia, S., Abbasi, S. and Hamidi Esfahani, Z. (2008). The effect of single and combined addition of Katira, Thaalab and Guar gums in buttermilk stabilization. Journal of Nutritional Sciences and Food Industries of Iran, 2(2): 15-25. [In Persian]
- Genchi, G., Sinicropi, M.S., Lauria, G., Carocci, A. and Catalano, A. (2020). The effects of cadmium toxicity. International journal of environmental research and public health, 17(11): 3782.
- González-Montaña, J.R., Senís, E., Alonso, A.J., Alonso, M.E., Alonso, M.P. and Domínguez, J.C. (2019). Some toxic metals (Al, As, Mo, Hg) from cow's milk raised in a possibly contaminated area by different sources. Environmental Science and Pollution Research, 26:.28909-28918.
- Javadi, I., Haghighi, B., Abdolahi, A. and Nejat, H. (2009). Evaluation and determination of toxic metals (mercury, lead, cadmiun, and chromium) in cow milk. Isfahan University Research Journal (Basic Sciences) 22 (2): 57-70. [In Persian]
- Karim, G., Kiae, S.M.M.,Rokni, N., Razavi Rouhani, S.M. and Motalebi, A. A. (2012). Status of heavy metal contamination of foods with animal and aquatic animal origin in Iran. JFST, 34 (9): 25-35. [In Persian]
- Malhat, F., Hagag, M., Saber, A. and Fayz, A. E. (2012). Contamination of cows milk by heavy metal in Egypt. Bulletin of environmental contamination and toxicology, 88: 611-613.
- Malakutian, M. and Golpaygani, A.A. (2012). Determining the amount of toxic metals lead, cadmium, aluminum and calcium and zinc inhibitors in milk powder and baby food supplied in Iran. Journal of Nutritional Sciences and Food Industry of Iran, 8(3): 251-259. [In Persian]
- Moalem Bandani, H., Rajabian, M., Ali Malairi, F., Mohammadi, V., Arefi, D. Dehmardeh, S., Mohammadi. S. and Shahrouzian, A. (2014). Determination of lead and cadmium levels in cow's milk by furnace atomic absorption spectroscopy in Zabul city. Scientific Journal of Ilam University of Medical Sciences, 23(3): 178-185. [In Persian]
- Mollaei Parvary, M., Karim, G. and Ahmadi, M. (2013). Determining the amount of lead and cadmium contamination in industrial powdered milk used in food industry in Tehran. Food Hygiene, 4 (16): 69-74. [In Persian]
- Mohammad-Sani A., Nik-Pouyan H. and Moshiri Rudsari R. (2009). Determination of the amount of heavy metals in liquid and dry curd produced in the factories of Razavi Khorasan province. Quarterly Journal of Food Science and Technology. 1 (3):17-22. [In Persian]
- Nkwunonwo, U.C., Odika, P.O. and Onyia, N.I. (2020). A review of the health implications of heavy metals in food chain in Nigeria. The Scientific World Journal: 6594109.
- Oliveira Filho, E.F.D., López-Alonso, M., Vieira Marcolino, G., Castro Soares, P., Herrero-Latorre, C., Lopes de Mendonça, C., de Azevedo Costa, N. and Miranda, M. (2023). Factors affecting toxic and

essential trace element concentrations in cow's milk produced in the state of Pernambuco, Brazil. Animals, 13(15): 2465.

- Pajohi-Alamoti, M., Mahmoudi, R., Sari, A., Valizadeh, S. and Kiani, R. (2017). Lead and cadmium contamination in raw milk and some of the dairy products of Hamadan province in 2013-2014. Journal of Health and Hygiene, 8 (1): 27-34. [In Persian]
- Rahimi, E. (2013). Lead and cadmium concentrations in goat, cow, sheep, and buffalo milks from different regions of Iran. Food Chemistry, 136(2): 389-391.
- Rahimi, E. and Derakhshesh, S.M. (2011). Examining the amount of cadmium in raw cow's milk using atomic absorption spectrometry in different regions of Iran. Veterinary Laboratory Research, 2 (1): 65-73. [In Persian]
- Rice, K.M., Walker Jr, E.M., Wu, M., Gillette, C. and Blough, E.R. (2014). Environmental mercury and its toxic effects. Journal of preventive medicine and public health, 47(2): 74.
- Shahbazi, Y., Ahmadi, F., and Fakhari, F. (2016). Voltammetric determination of Pb, Cd, Zn, Cu and Se in milk and dairy products collected from Iran: An emphasis on permissible limits and risk assessment of exposure to heavy metals. Food Chemistry, 192, 1060-1067.
- Shakerian, A. and Karim, G. (2004). Study on the contamination of milk and some milk products with lead and cadmium in Esfahan and the effect of fat separation using atomic absorption spectrophotometry. Journal of Iran Veterinary Sciences, 2: 29-35. [In Persian]
- Tahsini, H., and Gavilian, H. (2016). Assessment risk food of heavy metals (cadmium, lead, zinc, and copper) from the consumed crops have been distributed in Sanandaj. Zanko Journal of Medical Sciences, 17(54), 62-72. [In Persian]
- Tchounwou, P.B., Yedjou, C.G., Patlolla, A.K. and Sutton, D.J. (2012). Heavy metal toxicity and the environment. Molecular, Clinical and Environmental Toxicology, 3:.133-164.
- Temiz, H., and Soylu, A. (2012). Heavy metal concentrations in raw milk collected from different regions of Samsun, Turkey. International Journal of Dairy Technology, 65(4): 516-522.
- Varol, M. and Sünbül, M.R. (2020). Macroelements and toxic trace elements in muscle and liver of fish species from the largest three reservoirs in Turkey and human risk assessment based on the worst-case scenarios. Environmental Research, 184: 109298.
- Vesal, H., Mortazavian, A., Mohammadi, A. and Esmaeili, S. (2013). Potassium sorbate and sodium benzoate levels in doogh samples consumed by the Tehran market measured using high performance liquid chromatography. Iranian Journal of Nutrition Science and Food Technology, 8 (2):181-190. [In Persian]
- Ziarati, P., Shirkhan, F., Mostafidi, M. and Zahedi, M.T. (2018). An overview of the heavy metal contamination in milk and dairy products. Acta scientific pharmaceutical sciences, 2(7):.1-14.
- Zwierzchowski, G. and Ametaj, B.N. (2018). Minerals and heavy metals in the whole raw milk of dairy cows from different management systems and countries of origin: A meta-analytical study. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 66:.6877-6888.

Investigation of heavy metal contamination in doogh distributed in Shahrekord

Heavy metal contamination of consumed Doogh in Shahrekord

Baharlou, H.[1], Abbasvali, M.[2,3 *], Bonyadian, M.[4]

1- M.Sc. graduate of Food Hygiene and Quality Control, Faculty of Veterinary Medicine, Shahrekord University, Shahrekord-Iran.
2- Corresponding author: Associate professor, Department of Food Hygiene and Quality Control, Faculty of Veterinary Medicine, Shahrekord University, Shahrekord-Iran.
3- Corresponding author: Associate professor, Department of Food Hygiene and Quality Control, School of Nutrition and Food Sciences, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz –Iran.
4- Professor, Department of Food Hygiene and Quality Control, Faculty of Veterinary Medicine, Shahrekord University, Shahrekord-Iran.
*Corresponding author: mabbasvali@sums.ac.ir

(Received: //Accepted: //)

Abstract

Considering the adverse effects of heavy metals on the health of consumers, this study aimed to quantify the contamination level of traditional and industrial Doogh consumed in Shahrekord with arsenic, cadmium, lead, and mercury. Inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES) was used to measure the concentration of the aforementioned metals in 80 Doogh samples (40 industrial and 40 traditional samples), purchased from Shahrekord stores. Arsenic levels in the samples were below the device's detection limit, but two samples were contaminated—one (1.25%) with 400.63 µg/L of cadmium and one (1.25%) with 144.72 µg/L of lead. The average mercury level in all samples was 6.35 ± 13.20 µg/L. A total of 12 samples of industrial Doogh and 8 samples of traditional Doogh were contaminated with more than 10 µg/L of mercury. The average amount of mercury in industrial and traditional Doogh was 2.41 ± 6.00 µg/L and 7.83 ± 12.74 µg/L in summer, respectively, and 13.69 ± 19.59 µg/L and 1.47 ± 6.46 µg/L in winter, respectively ($p<0.05$). Milk, salt, and water could be the source of heavy metals in Doogh. Differences in the type of feed provided to animals during cold and warm seasons, the type of animals feeding in traditional and industrial livestock properties, different stages of production and processing, environmental pollution in various geographic locations, and the degree of contamination of drinking water in animal husbandry facilities can all contribute to variations in the concentration of elements in milk.

Conflict of interest: None declared.

Keywords: Doogh, Shahrekord, Heavy metals**,** Inductively coupled plasma optical emission spectrometry