

## تعیین میزان آلودگی سرب و کادمیوم در شیر خشک صنعتی مورد استفاده در صنایع غذایی در تهران

میترا ملایی پروری<sup>۱</sup>، گیتی کریم<sup>۲\*</sup>، محمد احمدی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، واحد سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، سوادکوه، ایران.

۲- استاد دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۳- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، سوادکوه، ایران.

\*نویسنده مسئول مکاتبات: gkarim@ut.ac.ir

(دریافت مقاله: ۹۳/۳/۲۵ پذیرش نهایی: ۹۴/۲/۱۳)

### چکیده

آلودگی شیر و فرآورده‌های آن به بعضی از فلزات سنگین به خصوص سرب و کادمیوم موجب بروز اثرات سمی و تأثیر سوء بر سلامت انسان می‌گردد. از این رو این مطالعه با هدف تعیین مقدار سرب و کادمیوم در شیر خشک صنعتی مورد استفاده در صنایع غذایی صورت گرفت. در این تحقیق ۲۵ نمونه شیر خشک از ۴ کارخانه مختلف تهیه و بعد از عمل هضم و استخراج برای تعیین میزان سرب و کادمیوم از روش اسپکتروفتومتری جذب اتمی کوره گرافیتی استفاده گردید. نتایج حاصل از آنالیز آماری نشان داد که میانگین مقدار سرب  $57/36$  ppb (کمینه  $18/99$  و بیشینه  $112/90$  ppb) و میانگین مقدار کادمیوم  $14/11$  ppb (کمینه  $5/73$  و بیشینه  $39/43$ ) می‌باشد. کدکس الیمنتاریوس میزان مجاز برای سرب و کادمیوم در شیر را به ترتیب  $1000$  و  $100$  ppb تعیین نموده است. در این تحقیق مقدار سرب در همه نمونه‌های شیر خشک کمتر از میزان استاندارد و آلودگی کادمیوم در  $68$  درصد نمونه‌ها بیش از حد مجاز استاندارد بین‌المللی مشاهده گردید. از آنجایی که در این بررسی درصد آلودگی نمونه‌های مورد مطالعه به کادمیوم بالا بود، لذا پایش مداوم سطوح آلودگی در فرآورده‌های شیر و نیز شناسایی منابع آلودگی و کنترل آن‌ها ضروری است.

واژه‌های کلیدی: شیر خشک، سرب، کادمیوم، تهران

## مقدمه

شیر خشک فرآورده‌ای است که از حذف بخش اعظم آب از شیر با استفاده از روش‌های متفاوت در صنعت به دست می‌آید. آب موجود در شیر خشک بین ۲/۵ تا ۵ درصد متغیر می‌باشد که برای اکثر باکتری‌ها از حداقل میزان لازم برای رشد بسیار کمتر است. شیر مورد مصرف برای تهیه شیر خشک باید عاری از آنتی‌بیوتیک و هر گونه مواد نگهدارنده باشد و قبل از خشک شدن باید پاستوریزه شده باشد. شیر خشک در صنعت مصارف گوناگونی دارد از جمله تهیه سوسیس، کالباس، شیرینی‌پزی، نان، شکلات شیری، غذای کودک، بستنی و خوراک دام (کریم، ۱۳۸۶).

آلاینده‌های شیمیایی و صنعتی به‌طور مستقیم و غیرمستقیم حیات بشر را به مخاطره انداخته است. از جمله این آلاینده‌ها فلزات سنگین می‌باشند. در بین فلزات سنگین، سرب و کادمیوم می‌توانند از طریق مواد غذایی وارد بدن شوند و در صورت تداوم آلودگی در بدن تجمع نموده و باعث بروز مسمومیت‌های حاد یا مزمن در انسان می‌گردند (رحیمی، ۱۳۸۹). غلظت بالای سرب در خون و رسوب آن در عضلات و مفاصل موجب درد در این مناطق می‌شود و همچنین سرب موجب اختلال انتقال در سنتز مولکول آهن و در نتیجه کم خونی می‌گردد (بنیادیان و همکاران، ۱۳۸۵). کادمیوم نیز از جمله فلزاتی است که بطور وسیع در محیط پراکنده است. منبع اصلی این فلز ترکیبات صنعتی و کودهای فسفاته می‌باشد. این فلز توسط گیاهان جذب شده و در بافت‌هایی مانند کبد و کلیه تجمع نموده و باعث بروز کم خونی و افزایش فشار خون می‌گردد. علاوه بر این تغییر شکل استخوان‌ها، شکستگی در

استخوان‌ها و کوتاهی قد از دیگر عوارض تجمع کادمیوم در بدن می‌باشد (جوادی و همکاران، ۱۳۸۴). طبق کدکس ۲۰۰۰ میزان مجاز سرب و کادمیوم در شیر خام به ترتیب ۱ ppm و ۰/۰۱ ppm می‌باشد.

در جهان مطالعات زیادی در زمینه شناسایی و اندازه‌گیری کادمیوم به انجام رسیده است. در سال ۲۰۰۴ در منطقه صنعتی کرواسی با استفاده از روش اسپکتروفتومتری جذب اتمی غلظت سرب و کادمیوم را در ۱۵ نمونه شیر تعیین گردید. بر این اساس مقدار سرب  $۰/۰۶ \pm ۰/۲۷$  میلی‌گرم در کیلوگرم و کادمیوم  $۰/۰۰۷ \pm ۰/۰۳۷$  میلی‌گرم در گرم به دست آمد (Pavlovic, 2004). در پاکستان با استفاده از روش اسپکتروفتومتری جذب اتمی، غلظت سرب و کادمیوم در شیر خشک اندازه‌گیری کردند و نتایج نشان داد که جذب سرب، بیشتر از جذب کادمیوم می‌باشد (Zamir, 2001). در ایران مطالعات کمی در ارتباط با آلودگی شیر خشک صنعتی به فلزات سنگین صورت گرفته است. با توجه به اهمیت استفاده از شیر خشک صنعتی در صنعت غذا، هدف این مطالعه بررسی غلظت سرب و کادمیوم در شیر خشک‌های تهیه شده در تهران می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

در این تحقیق تعداد ۲۵ نمونه به صورت تصادفی طبقه‌ای از ۴ کارخانه تولید شیر خشک صنعتی در تهران و در طی یک دوره چهار ماهه (از مهر تا دی ماه ۱۳۹۲)، جمع‌آوری گردید. برای آنالیز نمونه‌ها از جذب اتمی کوره گرافیتی به دلیل صحت و دقت بالای آن استفاده شد. از دستگاه از جذب اتمی مدل HR-CS

خارج و به مدت ۱ ساعت در دسیکاتور قرار گرفت تا خشک گردد. خاکستر حاصله در ۱۰ میلی لیتر اسید نیتریک حل شد و توسط اسپکتروفتومتری جذب اتمی مورد آزمایش قرار گرفت. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نظر کمی از نرم افزار های SPSS 16 استفاده گردید.

### یافته‌ها

در جدول (۱) و (۲) به ترتیب سطوح آلودگی سرب و کادمیوم در نمونه‌های شیر خشک صنعتی تهیه شده از کارخانجات مختلف نشان داده شده است.

AAS, Contra 700 ساخت شرکت Analytik Jena آلمان و تکنیک کوره گرافیتی طیف‌سنج جذب اتمی منبع پیوسته با قدرت تفکیک بالا استفاده شد. طبق روش مرجع (AOAC, 2000) مقدار ۲۵ گرم شیر خشک صنعتی توزین و به بوته چینی که قبلاً توسط اسید نیتریک شسته شده بود، منتقل گردید. ۱۰ میلی لیتر اسید نیتریک ۶۵٪ (Merck, Germany) به نمونه اضافه گردید و ظرف حاوی نمونه روی شعله حرارت داده شد تا زمانی که همه نمونه کاملاً تبدیل به کربن شد. سپس نمونه‌ها به منظور خاکستر شدن در کوره الکتریکی ۵۰۰ درجه سلسیوس (Thermolyne, Germany) قرار گرفتند. در ادامه بوته چینی حاوی خاکستر از کوره

جدول ۱- میزان آلودگی سرب در نمونه‌های مختلف شیرخشک صنعتی به تفکیک کارخانه تولید کننده

کارخانه	تعداد نمونه	غلظت سرب (ppb)		
		میانگین	انحراف معیار	انحراف معیار نسبی
۱	۷	۲۷/۱۵	۸/۲۶	۳۰/۴۲
۲	۶	۵۳/۱۵	۱۷/۱۷	۳۲/۳۰
۳	۶	۸۱/۳۲	۲۶/۷۵	۳۲/۸۹
۴	۶	۷۲/۸۶	۹۴/۲۲	۳۱/۴۹

جدول ۲- میزان آلودگی کادمیوم در نمونه‌های مختلف شیرخشک صنعتی به تفکیک کارخانه تولید کننده

کارخانه	تعداد نمونه	غلظت کادمیوم (ppb)		
		میانگین	انحراف معیار	انحراف معیار نسبی
۱	۷	۹/۶۴	۳/۵۵	۳۶/۸۳
۲	۶	۲۰/۵۸	۱۱/۲۱	۵۴/۴۷
۳	۶	۱۳/۵۶	۴/۳۷	۳۲/۲۳
۴	۶	۱۳/۴۰	۳/۹۰	۲۹/۱۰

مس و کادمیوم با روش جذب اتمی انجام دادند که نتایج این بررسی در ۲/۸۴ درصد از نمونه‌ها آلودگی به سرب و در ۴/۶۱ درصد آنها آلودگی به کادمیوم را نشان داد. میزان متوسط سرب ۱/۲ ppm، نیکل ۴۲ ppm،

### بحث و نتیجه‌گیری

در سال ۱۳۷۶ چینی کار و همکاران روی چهار نوع شیر (شیر خام، شیر پاستوریزه، شیرخشک و شیر مادر) مطالعه‌ای جهت بررسی آلودگی با فلزات نیکل، سرب،

استاندارد بودند (بنیادیان و همکاران ۱۳۸۵). در مطالعه حیات‌بخش (۱۳۸۵) مقدار آلودگی سرب در ۱۰ نمونه شیر پاستوریزه و ۱۰ نمونه شیر استریلیزه انجام شد. میزان سرب در تمام نمونه‌های مورد مطالعه از حد مجاز استاندارد پایین‌تر برآورد گردید. مطالعه‌ای نیز بر روی شیر خشک (غذای کودک) موجود در بازار از نظر آلودگی به مس و سرب به عمل آمد که در یکی از آن‌ها میزان مس دو نوع شیر خشک به روش آن‌دیک استروپینگ ولتامتری با دستگاه پلاروگراف انجام گرفت و مس موجود در هر دو نوع شیر خشک بالاتر از حد مجاز مشاهده گردید (پورسرتیپ، ۱۳۷۸). در مطالعه دیگری که روی همین دو نوع شیر خشک از نظر آلودگی به سرب انجام شد، میزان سرب نیز بالاتر از حد مجاز تعیین گردید (نواب‌ایرانی، ۱۳۷۹).

در بررسی عبدالخلیق و همکاران سطح فلزات کادمیوم و سرب در ۱۶۰ نمونه شیر گاو (شیر خشک و شیر معمولی) با روش GAAS بررسی کردند و نتایج آماری نشان داد که غلظت سرب و کادمیوم در شیر بیش از حد مجاز بودند (Abdulkhaliq et al., 2012). تحقیق صلاح‌فتحی و همکاران مقدار عناصر کادمیوم و سرب در ۵۰ نمونه شیر خشک در استان داکلیا مصر با روش اسپکتروفتومتری جذب اتمی آنالیز شد. طبق یافته‌های مطالعه، مقدار این عناصر بالاتر از حد مجاز بودند و به اثرات سمی این عناصر سمی بر روی سلامت کودکان و بزرگسال هشدار داده شده بود (Salah Fathy, 2013).

در مطالعه حاضر میزان سرب در محدوده مجاز و میزان کادمیوم بیش از حد مجاز برآورد گردید. نتایج مطالعات داخلی و خارجی در این موضوع حاکی از این

کادمیوم ppm ۱۴ و مس ppm ۳۴ به دست آمد. در بررسی طالبی (۱۳۷۷) نمونه‌های شیر پاستوریزه در شهر صنعتی اراک از نظر سرب، روی و آهن با روش هضم مایکروویو مورد مطالعه قرار گرفتند. طبق نتایج این بررسی مقدار آهن در نمونه‌های شیر بیش از حد مجاز تعیین شده بوسیله سازمان خواربار و کشاورزی (۱۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) مشاهده گردید. در مطالعه پرویز و زمانیان (۱۳۸۰) روی شیرهای مصرفی تولید شده توسط دو کارخانه بزرگ شیر در تهران از نظر آلودگی به سرب و کادمیوم، تمامی نمونه‌ها حاوی سرب و کادمیوم تشخیص داده شدند.

در مطالعه شاکریان و کریم (۱۳۸۳) آلودگی شیر و برخی فرآورده‌های آن با سرب و کادمیوم با روش اسپکتروفتومتری جذب اتمی در اصفهان بررسی گردید. نتایج نشان داد میانگین غلظت سرب در شیر خام ppm ۰/۲۴۵، شیر بدون چربی ppm ۰/۱۱۸ و خامه ppm ۰/۲۹۲ بود. هم‌چنین میانگین غلظت کادمیوم در شیر خام ppm ۰/۰۵۷ در شیر بدون چربی ppm ۰/۰۱۵ و در خامه ppm ۰/۰۳۱ به دست آمد. طبق استاندارد کدکس ۲۰۰۰ حد مجاز سرب در شیر ppm ۱ و کادمیوم ppm ۰/۰۱ می‌باشد و در این بررسی مقدار سرب در تمام نمونه‌ها از حد مجاز استاندارد کدکس که معمولاً در کشور از این استاندارد تبعیت می‌شود کمتر و غلظت کادمیوم بیش از حد مجاز بود.

در مطالعه‌ای در شهرکرد مقدار سرب و کادمیوم در شیر خام و پاستوریزه با استفاده از روش پتانسیومتری اندازه‌گیری گردید. در این مطالعه که بر روی ۱۰۰ نمونه شیر خام و ۵۰ نمونه شیر پاستوریزه انجام شد، تمام نمونه‌ها از نظر آلودگی به سرب و کادمیوم زیر میزان

فرآورده های آن در دستور کار ارگان های بهداشتی و نظارتی قرار گیرد. هم چنین لازم است روشی مناسب با لحاظ حساسیت و سهولت کار و در عین حال هزینه کم آزمون برای اندازه گیری پیوسته مواد غذایی ارایه شود. در حال حاضر استفاده از روش هایی نظیر جذب اتمی کوره و پلاسما بسیار پرهزینه هستند و امکانات و بودجه به کارگیری این روش ها به صورت پیوسته وجود ندارد.

است که سطح آلودگی فرآورده های دامی به فلزات سنگین از جمله کادمیوم، در محدوده شهرهای بزرگ صنعتی به خاطر وجود کارخانجات صنعتی نظیر چرم سازی، باتری سازی، فلزکاری و غیره به مراتب بالاتر از شهرهای غیرصنعتی است. بنابراین ضروری است منابع بالقوه آلودگی مواد غذایی به ویژه شیر و فرآورده های آن، به طور مرتب مورد نظارت و بررسی قرار گیرند. به علاوه پایش سایر فلزات سنگین در شیر و

## منابع

- بنیادیان، مجتبی؛ مشتاقی، حمدالله و سلطانی، زینب (۱۳۸۵). بررسی میزان سرب و کادمیوم در شیرهای خام و پاستوریزه تولید شده در منطقه شهرکرد. مجله دامپزشکی ایران، دوره دوم، شماره ۲، صفحات: ۷۴-۸۰.
- پرویز، محمد و زمانیان، فیروزه (۱۳۸۰). تعیین میزان سرب و کادمیوم در شیر مصرفی تهران (پاک و میهن) دوازدهمین کنگره ملی صنایع غذایی. ۱۹-۱۷ مهر ۱۳۸۰. دانشگاه آزاد اسلامی. تهران، ایران ۲۵-۲۸.
- پور سرتیب، مهشید (۱۳۷۸). اندازه گیری میزان مس موجود در شیر خشک به روش اندیک استریپینگ و لتامتری با دستگاه پولاروگراف. پایان نامه دکتری حرفه ای داروسازی. دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران دانشکده داروسازی، صفحه ۹۰.
- جوادی، ایرج؛ حقیقی، بهرام؛ عبدلهی، آتوسا و نجات، هاشم (۱۳۸۴). بررسی تعیین میزان فلزات سمی جیوه، سرب، کادمیوم، کرم در شیرگاو. مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان علوم پایه. جلد بیست و دوم. شماره ۲. صفحات: ۳۵-۴۰.
- چینی کار، صادق (۱۳۷۶). بررسی میزان فلزات سنگین (سرب، نیکل، کادمیوم و مس) در انواع شیر مصرفی با روش جذب اتمی، چهارمین کنگره بیوشیمی. دانشگاه علوم پزشکی و خدمات درمانی بابل، ۲۷-۳۰ مهر.
- حیات بخش، راحله (۱۳۸۶). بررسی مقادیر سرب موجود در شیر پاستوریزه و استریلیزه برخی از کارخانجات صنایع شیر در تهران به روش کوره گرافیتی. پایان نامه دکتری حرفه ای دامپزشکی دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران، صفحه ۸۵.
- رحیمی، ابراهیم و درخشش، سیدمحمد (۱۳۸۹). بررسی میزان کادمیوم شیرخام گاو با استفاده از روش اسپکترومتری جذب اتمی در مناطق مختلف ایران. مجله دامپزشکی و آزمایشگاه. دوره ۲، شماره ۱، صفحات: ۱۵-۱۸.

- شاکریان، امیر و کریم، گیتی (۱۳۸۲). بررسی میزان آلودگی شیر و برخی فراورده‌های آن به سرب و کادمیوم در منطقه اصفهان و تاثیر جداسازی چربی با استفاده از روش اسپکترومتری جذب اتمی با کوره. مجله علوم دامپزشکی ایران، سال اول، شماره ۲، صفحات: ۲۹-۳۵.
- طالبی، زهرا (۱۳۷۷). اندازه‌گیری و تشخیص عناصر سرب، روی و آهن در نمونه‌های شیر پاستوریزه اراک با استفاده از روش هضم مایکروویو. دومین همایش سراسر علمی کاربردی فراورده های لبنی کشور. دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۰-۱۱.
- کریم، گیتی (۱۳۸۶). بهداشت و فناوری شیر. انتشارت دانشگاه تهران، صفحات: ۲۵۹-۲۷۲.
- نواب ایرانی، مهران (۱۳۷۹). اندازه‌گیری میزان مس موجود در برخی انواع شیر خشک به روش اسپکتروفتومتری. پایان نامه دکتری حرفه‌ای داروسازی. دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران. دانشکده داروسازی، صفحه: ۹۳.
- Abdulkhaliq, A., Swaileh, K.M., 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*, 19 (3): 1089-1094.
- Pavlovic, M., Sikiric, J., Havaraneck, L., Plavjanic, N. and Brajenovic, N. (2004). Lead and cadmium levels in raw cow's milk from an industrialised Croatian region determined by electrothermal atomic absorption spectrometry. *Czech Journal of Animal Science*, (49): 164-168.
- Salah Fathy, A. (2012). Assessment of toxic heavy metals in some dairy products and the effect of storage on its distribution. *Journal of American Science*, 8(8): 665-670.
- Zamir, S. and Altaf, H. (2001). Determination of Lead and Cadmium level in powdered milk in Quetta (Pakistan) by atomic absorption spectrometry. *Journal of Biological Sciences*, 1(5): 412-413.

## **Determination of lead and cadmium contamination levels in industrial milk powders produced in Tehran**

**Mollaei Parvary, M.<sup>1</sup>, karim, G.<sup>2\*</sup>, Ahmadi, M.<sup>3</sup>**

1- Graduate, Savadkooh Branch, Islamic Azad University, Savadkooh, Iran.

2- Professor, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Tehran, Iran.

3- Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Savadkooh Branch, Islamic Azad University, Savadkooh, Iran.

\*Corresponding author email: gkarim@ut.ac.ir  
(Received: 2014/6/15 Accepted: 2015/5/3)

### **Abstract**

Contamination of dairy products with heavy metals, lead (Pb) and Cadmium (Cd) in particular, induces their toxic effects on humans. Therefore, this study aimed to determine the contamination levels of Pb and Cd levels in milk powders produced in Tehran area. In this study, a total of 25 samples of milk powder was obtained from four different dairy establishments. The samples were digested and extracted prior to analysis. Pb and Cd concentrations was determined using atomic absorption method with graphite furnace. The results were showed a mean value 57.36 ppb (18.99 to 112.90 ppb) for Pb and 14.11 ppb (5.73 to 39.43 ppb) for Cd. According to Codex Alimentarius, approved levels for Pb and Cd in milk are 1000 and 100 ppb, respectively. Based on results, Pb level was less than standard limit in all samples, whereas Cd concentration in 68% of the samples was estimated higher than the standard limit. Since the percentage of Cd-contaminated samples was high, there is a necessity for frequent monitoring of the contamination levels in dairy products as well as to discover the potential contamination sources.

**Key words:** Milk powder, Lead, Cadmium, Tehran