بررسی مقادیر کادمیوم در شیر و ارتباط آن با میزان تولید شیر در گاوداری‌های منطقه تبریز

امیرپرویز رضائی صابر

استادیار گروه علوم درمانگاهی دامپزشکی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.
*نویسنده مسئول مکاتبات: aprs_1352@yahoo.com
(دریافت مقاله: ۹۵/۹/۴ پذیرش نهایی: ۹۵/۱۰/۱۸)

چکیده

کادمیوم از جمله فلزاتی می‌باشد که به‌طور 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 یافته و باعث بروز کم‌خونی، افزایش فشار خون، تخریب بافت بیضه و عوارض استخوانی می‌شود. با توجه به عوارض متعدد وجود کادمیوم، لازم است در مناطق مختلف مطالعه‌ای در ارتباط با میزان آلودگی شیر تولیدی گاوها به این فلز صورت گیرد تا در صورتی که میزان آن از حد مجاز بالاتر باشد، تدابیر لازم نسبت به کاهش آلودگی شیر به این فلز، اتخاذ گردد. برای انجام این مطالعه، به اخذ نمونه شیر از منطقه شمال، جنوب، شرق و غرب گاوداری‌های صنعتی و سنتی شهرستان تبریز به تعداد مجموعاً ٤٠٠ نمونه پس از بررسی میزان تولید شیر، اقدام گردید. سپس نمونه‌ها در ۲۱- درجه سلسیوس منجمد گشته و در پایان نمونه‌برداری به اندازه‌گیری مقادیر کادمیوم در نمونه شیر به روش اسپکتروفوتومتری جذب اتمی شعله، اقدام گردید. مقادیر میانگین کادمیوم به ترتیب در منطقه غرب ppm ۰/۰۰۰۵±۰/۰۰۰٦، در منطقه جنوب ppm ۰/۰۰۰۵±۰/۰۰٤، در منطقه شمال ppm ۰/۰۰۰٤± ۰/۰۰۵۹ و در منطقه شرق تبریز ppm ۰/۰۰۰۲± ۰/۰۰۳۷ تعیین گردید. مقایسه آماری میانگین مقادیر کادمیوم شیر در مناطق چهارگانه بررسی‌شده، نشان‌دهندهٔ وجود اختلاف معنی‌داری بود ($p<۰/۰۵$). همچنین در این مطالعه ارتباط آماری معنی‌داری مابین میانگین مقادیر کادمیوم و میزان تولید روزانه شیر مشاهده نگردید. با توجه به اینکه میزان مجاز کادمیوم در شیر خام طبق کدکس ۲۰۰۰ (کمیته بررسی افزودنی‌های مواد غذائی در ژنو) ppm ۰/۰۱ می‌باشد، لذا نتیجه‌گیری می‌گردد که مقادیر کادمیوم شیر در چهار منطقه مورد بررسی پایین‌تر از حد مجاز می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: کادمیوم شیر، تبریز، گاوشیری، اسپکتروفوتومتری جذب اتمی.

مقدمه

با پیشرفت تکنولوژی و مزایای فراوان صنعتی‌شدن جوامع، معایب و مشکلاتی هم در پی آن به وجود آمده است که در بسیاری از موارد، سلامت انسان را به خطر می‌اندازد. به عنوان مثال، ورود آلاینده‌هایی مانند فلزات سنگین در مواد غذایی از جمله شیر و فرآورده‌های لبنی یکی از مواردی است که بسیار اهمیت دارد. برای بالا بردن کیفیت بهداشت شیر و پایین آوردن مقدار آلاینده‌ها در آن راهکارها و اقدامات زیادی صورت گرفته است (Bonyadian *et al*., 2006).

فلزات سنگین از عصر حجر تاکنون به عنوان یکی از سموم کشنده مطرح بوده‌اند که از طریق چرخه‌های بیولوژیکی در بافت‌های گیاهی و حیوانی انباشته شده و از این طریق در سطح جغرافیایی وسیعی پراکنده می‌شوند. بعضی از فلزات سنگین از قبیل سرب و کادمیوم که قدیمی‌ترین پیشینه تاریخی را در ایجاد آلودگی دارند، از طریق هوا نیز منتقل می‌شوند. این ذرات از طریق دودکش کارخانجات و واحدهای صنعتی وارد هوا شده و سبب آلوده شدن محیط زیست می‌شوند. استنشاق هوای آلوده به این ذرات معلق باعث انتقال آن‌ها به ریه و برونش‌ها و سرانجام معده، خون و دیگر بافت‌ها می‌شوند و اثرات نامطلوبی را به وجود می‌آورند. افزون بر این، فلزات سنگین موجود در هوا از طریق جذب توسط گیاهان به طور غیرمستقیم به بدن انسان راه پیدا می‌کنند. به‌دلیل طبیعت و خصوصیات فلزات و عدم تمایل به واکنش با لیگاندهای ارگانیک در چرخه‌های بیولوژیکی، سمیت آن‌ها در مقایسه با دیگر مواد سمی بیشتر است، به‌طوری‌که میزان قابل قبول سرب و کادمیوم در شیر خام بر اساس کدکس ۲۰۰۰ (کمیته بررسی افزودنی‌های موادغذایی در ژنو) به ترتیب ppb ۱۰۰۰ و ppb ۱۰ می‌باشد (Sahu, 2015).

کادمیوم اثرات سمی خود را از طریق دو مکانیسم بیوشیمیایی اعمال می‌کند:

۱- جایگزین شدن و خارج کردن روی از بسیاری از آنزیم‌هایی که این عنصر جزء ساختمانی آن‌ها بوده و یا به عنوان کاتالیزور برای آن‌ها به شمار می‌آید (بیش از ۲۰۰ آنزیم دارای روی است). به همین دلیل برخی از علائم ناشی از سمیت کادمیوم در حیوانات می‌تواند با افزایش مقادیر زیاد روی در رژیم غذایی حیوان بهتر شود.

۲- واکنش با گروه‌های تیول و تغییر در ساختمان و عملکرد آن‌ها (Salaramoli and Aliesfahani, 2015).

یکی از مسائل مهم زیست محیطی، که امروزه به آن توجه ویژه‌ای شده است، تجمع فلزات سنگین مانند کادمیوم، نیکل، سرب و... در خاک‌های کشاورزی و آلوده شدن مواد غذایی می‌باشد، که از آغاز انقلاب صنعتی تاکنون شدت یافته است. این عناصر در خاک تحرک کمی داشته به نحوی که حداکثر در ۳۰ سانتی‌متری سطح خاک باقی می‌مانند. تجمع آنها در خاک می‌تواند موجب کاهش فعالیت و تنوع میکروبی، کاهش حاصلخیزی خاک، کاهش یا از بین رفتن محصول و حتی صدمه به سلامتی انسان و حیوانات از طریق ورود در زنجیره غذایی گردد (Karbasi *et al*., 2009). جذب فلزات سنگین به‌وسیله گیاه در اراضی کشاورزی یکی از روش‌های عمده و غیرمستقیم ورود فلزات سنگین به زنجیره غذایی انسان است (Caney, 1990; Jing and Logan, 1992). بنابراین، یکی از دلایل اصلی مواجهه

انسان با فلزات سنگین مسیر خاک- محصول- غذا (soil-crop-food) است (Fu *et al*., 2008).

این فلزات آلاینده‌های پایداری هستند که از پیامدهای پایداری آن‌ها بزرگ‌نمایی زیستی در زنجیره غذایی می‌باشد، به‌طوری‌که در نتیجه این فرآیند، مقدار آن‌ها در زنجیره غذایی می‌تواند تا چندین برابر مقدار آن‌ها که در آب یا هوا یافت می‌شود، افزایش یابد (Parvane, 1992).

در بین عناصر سنگین، فلزات کادمیوم و سرب به دلیل نیمه عمر طولانی در بدن انسان و دیگر حیوانات و سمی بودن زیاد، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند (Fu *et al*., 2008).

کادمیوم در ساخت باطری‌های کادمیوم- نیکل، آلیاژهای صنعتی، پیگمان‌های رنگی غیرآلی، سلول‌های فوتوالکتریک، لامپ‌های تلویزیون، روکش کابل‌های الکتریکی، پلاستیک‌های ویژه نظیر تفلون، مواد مقاوم-کننده پلاستیک‌ها، کاتالیزورهای شیمیایی، جوهر ماشین‌های فتوکپی، قارچ‌کش‌ها، جواهرسازی، صنعت آب فلزکاری، کودهای شیمیایی و مواد متعدد دیگر استفاده می‌شود (Xuan *et al*., 2002). کودهای فسفردار از مهم‌ترین منابع آلودگی خاک‌های زراعی به کادمیوم می‌باشند، زیرا سنگ فسفاتی که برای ساخت کود استفاده می‌شود، دارای کادمیوم زیادی است. (۱۰ تا ۹۸۰ میلی‌گرم در گرم). عدم کنترل کیفی این کودها به هنگام خرید و نیز مصرف بی‌رویه آنها موجب تجمع کادمیوم در خاک‌های زراعی می‌گردد. بنابر گزارش‌های موجود، تولید کودهای فسفردار در سال ۱۹۵۵ در سطح چهل کشور جهان ۱۳۱ میلیون تن بوده است که با فرض مقدار متوسط ۲۰ میلی‌گرم کادمیوم در کیلوگرم کود، تنها از این طریق بالغ بر ۲۶۰۰ تن کادمیوم به اراضی کشاورزی اضافه شده است (Sepehri *et al*., 2003; Angle and Chaney, 1991).

کادمیوم موجود در خاک از طریق ریشه و برگ جذب گیاه شده و از این طریق وارد زنجیره غذایی می‌شود. جذب کادمیوم توسط گیاه به سیستمی وابسته است که نه تنها از نظر متابولیکی بیشتر حالت واسطه دارد، بلکه با سیستم‌های جذب سایر عناصر نیز رقابت می‌کند. همچنین به نظر می‌رسد که جذب و تحرک کادمیوم در گیاه به گونه گیاه، مرحله رشد، غلظت عناصر غذایی، شرایط رشدی گیاه و ترکیب سایر عناصر فلزی بستگی دارد (Azevedo *et al*., 2005; Dalton, 1995).

سازمان جهانی بهداشت و سازمان غذا و کشاورزی حداکثر میزان قابل تحمل جذب هفتگی کادمیوم را ۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم (در حدود ۶۰ میکروگرم در روز) تعیین کرده‌اند. FDA (سازمان غذا و دارو) حداکثر میزان جذب قابل تحمل روزانه را به میزان ۵۵ میکروگرم در روز پیشنهاد کرده است (Karbasi *et al*., 2009; Rahimi Alashti *et al*., 2011).

حساسیت ویژه نوزادان نسبت به مواد سمی خصوصاً فلزات، به علت شکل‌گیری ساختمان بدن، بالا بودن جذب روده‌ای مواد سمی در آنها، توسعه ذهنی و مصرف انرژی بالاتر در یک‌سال اول زندگی آنها است (Kazi *et al*., 2009; Dabeka *et al*., 2011).

در مطالعات زیادی گزارش کرده‌اند که نوزادان به‌صورت گسترده‌ای نسبت به تماس با فلزات سنگین آسیب‌پذیرند که علت آن عدم تکامل سیستم کلیوی آنها و سطح تحمل پایین نسبت به این آلاینده‌ها است

Ikem *et al*., 2002; Saracoglu *et al*., 2007; Kazi *et al*., 2009).

آلاینده‌های فلزی می‌توانند به‌صورت طبیعی در مواد خام وجود داشته باشند یا طی فعالیت‌هایی از قبیل فرآیند، بسته‌بندی و نگه‌داری، کشاورزی، تقلب در مواد غذایی، انتشارات صنعتی و کم‌توجهی مادران، وارد بدن انسان یا حیوان شوند (Castro *et al*., 2010; Al Khalifa and Ahmad, 2010).

کادمیوم عنصری سرطان‌زا است و در بدن دارای نیمه عمری در حدود ۱۰ تا ۱۵ سال می‌باشد و این نیمه‌عمر زیاد سبب شده است که کادمیوم مستعدترین فلز برای تجمع در بدن محسوب شود. مصرف منظم مواد غذایی آلوده به این فلز در مقادیر کم می‌تواند منشأ پیدایش عوارض نامطلوب مسمومیت به این فلز سمی باشد. به‌طورکلی، از عوارض مسمومیت مزمن با کادمیوم می‌توان به تغییر شکل اسکلت و استخوان‌ها و نیز بروز نارسایی‌های کلیوی، کم‌خونی و اختلالات کبدی اشاره کرد. همچنین کادمیوم در زنان باردار باعث نقص عضو و کاهش وزن جنین می‌شود (Conor, 2002; Nujumi, 2003).

جنین و کودکان در حال رشد در مقایسه با بزرگسالان، بیشتر در معرض خطر فلزات سنگین حتی در غلظت‌های کم می‌باشند و این دو گروه درصد بیشتری از فلزات موجود در مواد غذایی را جذب می‌کنند، زیرا در این سنین رشد و تکامل سریع‌تر صورت می‌پذیرد (Dadfarnia *et al*., 2004).

کادمیوم سرطان‌زا است. به‌ویژه در شش‌ها و پروستات ایجاد تومور می‌کند. از عوارض ناشی از آلودگی کادمیوم در زنان باردار، نقص عضو، کاهش وزن جنین، ناهنجاری‌هایی در DNA و پروتئین‌های نوزاد را می‌توان نام برد که در آلودگی‌های بالا منجر به سقط جنین می‌شود (Ballantyne *et al*., 1999).

با توجه به عوارض متعدد وجود این فلزات در بدن، لازم است در مناطق مختلف مطالعه‌ای در ارتباط با میزان آلودگی شیر به این فلزات و تعیین مقادیر فلزات سنگین صورت گیرد و در صورتی که میزان این فلزات از حد مجاز بالاتر باشد، نسبت به کاهش آلودگی شیر به این فلزات تدابیر لازم اتخاذ گردد.

با توجه به پیشرفت علوم راه‌های جدیدی برای حذف فلزات سنگین و سمی از مواد غذایی وجود دارد که یکی از این روش‌ها استفاده از فناوری نانو می‌باشد. یکی از نانومواد که در این روش برای حذف به‌کار می‌رود، دی‌اکسید تیتانیوم می‌باشد که خاصیت فوتوکاتالیستی دارد و در اثر تابش نور ماوراء بنفش خاصیت اکسیدکنندگی قوی از خود نشان می‌دهد و به‌راحتی این فلزات سنگین را در سطح خود اکسید می‌کند (Hoffmann *et al*., 1995).

هدف از این مطالعه، بررسی مقادیر کادمیوم در شیر و ارتباط آن با میزان تولید شیر در گاوداری‌های منطقه تبریز می‌باشد.

مواد و روش‌ها

برای انجام این مطالعه، در سال ۱۳۹۳ به اخذ نمونه شیر از گاوداری‌های صنعتی و سنتی منطقه شمال، جنوب، شرق و غرب شهرستان تبریز به تعداد ٤٠٠ نمونه (هر نمونه شیر به میزان ۱۰ میلی‌لیتر) اقدام گردید. سپس نمونه‌ها در ۲۱- درجه سلسیوس منجمد گردیده و در پایان نمونه‌برداری، اقدام به اندازه‌گیری مقادیر

کادمیوم در نمونه‌های شیر به روش جذب اتمی شعله‌ای گردید. هم‌زمان با نمونه‌برداری اطلاعات مربوط به تولید شیر روزانه به کیلوگرم نیز اخذ می‌گردید.

در مرحله اول ۲۵ گرم از نمونه در یک بوته پلاتینی یا کوارتزی ریخته شده و در دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس قرار گرفت تا کاملاً خشک شود. سپس بوته در یک کوره با دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس قرار گرفته و محتویات آن خاکستر گردید. در ادامه خاکستر سفید و عاری از کربن در ۵ میلی‌لیتر اسیدنیتریک یک مولار با کمک حرارت در یک حمام آب حل گردید. در مرحله دوم یا مرحله استخراج ۲۰ میلی‌لیتر از محلول‌های نمونه و یا استاندارد در یک قیف جداکننده ریخته شد و به آن ٤ میلی‌لیتر اسید سیتریک ۱۰ درصد و ۲ قطره برموکروزل سبز ۰/۱ درصد اضافه شد تا محلولی زرد رنگ به‌دست آید. به محلول حاصل ٤ میلی‌لیتر از محلول آمونیوم پیرولیدین دی‌تیوکاربامات ۲ درصد اضافه گردید و به مدت ٦۰ ثانیه دیگر به شدت تکان داده شد. سپس مقدار ۵ میلی‌لیتر بوتیل استات به محلول فوق اضافه گردید و به‌مدت ٦۰ ثانیه دیگر به‌شدت تکان داده شد. برای مدتی قیف در حالت سکون گذاشته شد تا دو لایه آن کاملاً از هم جدا گردیدند. سپس لایه پائین (فاز آبی) دور ریخته شد و در نهایت کادمیوم لایه بالایی با دستگاه جذب اتمی (مدل شیماتزو AA ٦۸۰۰ ساخت کشور ژاپن) موجود در دانشگاه ارومیه اندازه‌گیری گردید (Jorhem *et al*., 2000).

تحلیل آماری داده‌ها: جهت بررسی ارتباط بین متغیرها از روش مربع پیرسون و برای مقایسه آماری میانگین کادمیوم شیر در مناطق چهارگانه بررسی شده از آمون آماری آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) استفاده گردید. مقادیر $p<۰/۰۵$ معنی‌دار در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

میانگین مقادیر کادمیوم در شیر گاوداری‌های سنتی و صنعتی اطراف تبریز در جدول ۱ نشان داده شده است. در این مطالعه، میانگین مقادیر کادمیوم شیر مناطق چهارگانه مورد بررسی ppm ٠/٠٠٠٢٦ ±۰/۰۰۵۲ بود. همچنین بیشترین مقدار کادمیوم در منطقه غرب تبریز با میانگین مقدار ppm ۰/۰۰۰۵ ±۰/۰۰٦۱ گزارش گردید. در این مطالعه بر اساس جدول ۲ اختلاف آماری معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) ما بین میانگین مقادیر کادمیوم مناطق مختلف مورد بررسی مشاهده گردید.

جدول ۱- میانگین مقادیر کادمیوم شیر مناطق چهارگانه بررسی شده (ppm)

	میانگین	انحراف معیار	خطای معیار	سطح اطمینان ۹۵٪		کمترین مقدار	بیشترین مقدار
				کمترین محدوده	بیشترین محدوده		
تبریز غرب	۰/۰۰٦۱۳۳	۰/۰۰۲۱۰۵۳	۰/۰۰۰۵٤۳٦	۰/۰۰٤۹٦۷	۰/۰۰۷۲۹۹	۰/۰۰۲۳	۰/۰۰۹٤
تبریز جنوب	۰/۰۰٤۹۳۰	۰/۰۰۲٦۵۵۵	۰/۰۰۰۵۹۳۸	۰/۰۰۳٦۸۷	۰/۰۰٦۱۷۳	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۹٦
تبریز شمال	۰/۰۰۵۹۷۷	۰/۰۰۲۰٦۲	۰/۰۰۰٤۲۷۷	۰/۰۰۵۰۸۸	۰/۰۰٦۸٦۷	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۹٤
نبریز شرق	۰/۰۰۳۷۱۹	۰/۰۰۱۱۹۳٤	۰/۰۰۰۲۹۸٤	۰/۰۰۳۰۸۳	۰/۰۰٤۳۵۵	۰/۰۰۱٦	۰/۰۰۵۵
کل	۰/۰۰۵۲۲۷	۰/۰۰۲۲۵۰۹	۰/۰۰۰۲٦۳٤	۰/۰۰٤۷۰۲	۰/۰۰۵۷۵۳	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۹٦

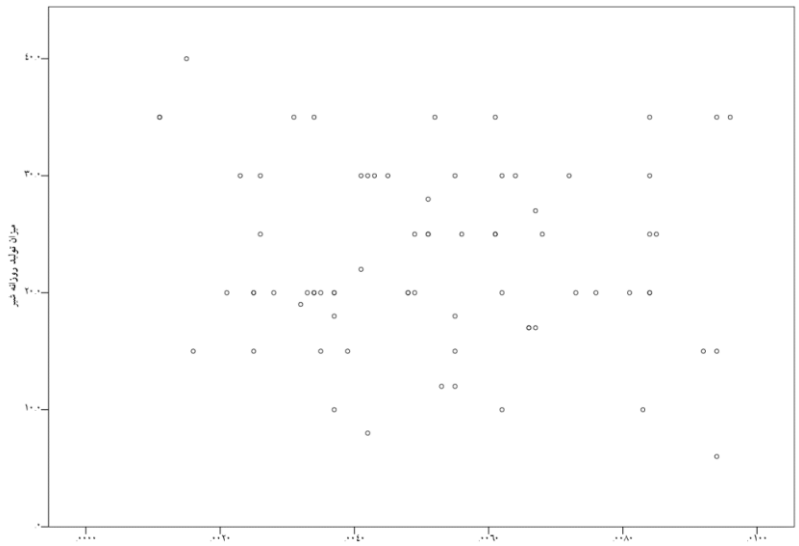
جدول ۲- مقایسه آماری میانگین مقادیر کادمیوم شیر مناطق چهارگانه بررسی شده (ppm) توسط آزمون آماری آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA)

	(مجموع مربعات)	(میانگین مربعات)	F	معنی‌داری
بین گروه‌ها	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	٤/۷۸۹	۰/۰۰٤
داخل گروه‌ها	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰		
کل	۰/۰۰۰			

بر اساس جدول ۳ ارتباط آماری معنی‌داری مابین میزان تولید روزانه شیر و میانگین مقادیر کادمیوم شیر دام‌های مناطق مورد مطالعه مشاهده نگردید. نمودار ۱ پراکندگی میانگین مقادیر کادمیوم شیر با توجه به میزان تولید شیر روزانه را در دام‌های مورد بررسی نشان می‌دهد.

جدول ۳ - ارتباط آماری (مربع پیرسون) مابین میزان تولید روزانه شیر (کیلوگرم) و میانگین مقادیر کادمیوم شیر دام‌های مناطق مورد مطالعه (ppm)

موارد آزمون		کادمیوم (ppm)	میزان تولید روزانه شیر(kg)
کادمیوم	مربع پیرسون (Pearson Correlation)	۱	-۰/۰۹۸
	سطح معنی‌داری Sig. (2-tailed)		۰/٤۰۷
میزان تولید روزانه شیر	مربع پیرسون (Pearson Correlation)	-۰/۰۹۸	۱
	سطح معنی‌داری Sig. (2-tailed)	۰/٤۰۷	



نمودار ۱- پراکندگی میانگین مقادیر کادمیوم شیر دام‌های مورد بررسی با توجه به میزان تولید روزانه شیر (کیلوگرم) در گاوهای مناطق مورد مطالعه (ppm)

بحث و نتیجه‌گیری

در مطالعه‌ای که توسط اردینک و سالدامل در سال ۲۰۰۰ در کشور ترکیه انجام شد، مقدار سرب و کادمیوم را در شیر گاوداری‌های مختلف توسط دستگاه جذب اتمی با کوره گرافیتی اندازه‌گیری نمودند. نتایج این مطالعه نشان داد که غلظت سرب و کادمیوم در نمونه‌های شیر به ترتیب ۱۲/۰۷ و ۱/۸۲ نانوگرم بر میلی‌لیتر می‌باشد (Erdinc and Saldamli, 2000).

چینی‌کار و همکاران در سال ۱۹۹۷ روی چهار نوع شیر (شیر خام، شیر پاستوریزه، شیر خشک و شیر مادر) مطالعه‌ای جهت آلودگی با فلزاتی مثل نیکل، سرب، مس و کادمیوم با روش جذب اتمی انجام دادند که نتایج این بررسی در ۸٤/۲ درصد از نمونه‌ها آلودگی به سرب و در ٦۱/٤ درصد آنها آلودگی به کادمیوم را نشان داد. میزان متوسط سرب ppm ۱/۲، نیکل ppm ٤۲، کادمیوم ppm ۱٤ و مس ppm ۳٤ به‌دست آمد (Chinikar *et al.*,1997).

در مطالعه‌ای که توسط جنج و همکاران در سال ۱۹۹٤ در کشور تایوان انجام شد، غلظت سرب و کادمیوم در ۱۰۷ نمونه شیر گاوداری‌های مختلف به‌وسیله دستگاه جذب اتمی با کوره گرافیتی اندازه‌گیری شد و نتایج نشان داد غلظت سرب و کادمیوم به ترتیب ۲/۰۳ و ۰/۰٤٤ نانوگرم در هر میلی‌متر می‌باشد (Jeng *et al.*, 1994).

بنیادیان و همکاران در سال ۱۳۸۵ در مطالعه‌ای، نمونه‌های شیر خام را از یکی از کارخانجات شهرستان انتخاب کرده و پس از جمع‌آوری و انتقال نمونه با استفاده از دستورالعمل انجمن شیمی آمریکا نمونه‌های شیر را مورد آنالیز قرار دادند. میانگین غلظت سرب و کادمیوم در شیر خام به ترتیب ppb ٦۰/۷۲ و ppb ۲/۸۷ به‌دست آمد (Bonyadian *et al.*, 2006).

نجارنژاد و اکبرآبادی در سال ۲۰۱۳ غلظت سرب و کادمیوم را در شیر گاوهای استان خراسان رضوی به ترتیب ۰/۳±۰/۳ و ٦/۰± ۱۲/۹ نانوگرم بر گرم گزارش کرده‌اند (Najarnezhad and Akbarabadi, 2013). شاکریان در سال ۲۰۰۵ میانگین غلظت سرب و کادمیوم شیر خام در اصفهان را با استفاده از روش جذب اتمی ppm ۰/۲۵ و ppm ۰/۰۳ اعلام کرد (Shakerian, 2005). جوادی و همکاران در سال ۱۳۸٤ در یک مطالعه میزان جیوه، سرب، کادمیوم و کروم را در شیر گاو بررسی کردند. در مطالعه ایشان میزان آلودگی شیر گاو به سرب و کروم بالاتر از حد مجاز و آلودگی به کادمیوم کمتر از حد مجاز به‌دست آمد (Javadi *et al.*, 2005).

همچنین در مطالعه‌ای که توسط افشار و همکاران در سال ۱۳۷۷ انجام شد، میانگین غلظت کادمیوم در نمونه‌های شیر گاو کارخانجات تهران برابر با ppm ۰/۰۰٤-۰/۰۰۱ گزارش شد (Afshar *et al.*, 1998).

در بررسی که توسط میتیوویک و همکاران در سال ۱۹۹۲ در کشور بلغارستان صورت گرفت، مقادیر سرب و کادمیوم در شیر پاستوریزه به ترتیب ppb ۳۰-۲۰ و ppb ۱-۰ گزارش گردید (Mitiovic *et al.*, 1992).

همچنین مورنو و همکاران در کشور اسپانیا در سال ۱۹۹۹ برای اندازه‌گیری مقادیر سرب و کادمیوم در ۱۰ نمونه شیر خام، ۱۰ نمونه شیر پاستوریزه و ۱۰ نمونه شیر استریلیزه با استفاده از دستگاه جذب اتمی با کوره گرافیتی تأثیر حرارت پاستوریزاسیون و استریلیزاسیون را بر محتوای سرب و کادمیوم شیر مورد بررسی قرار

دادند. نتایج نشانگر این بود که هیچ تفاوت معنی‌داری از نظر آماری در سطوح سرب و کادمیوم شیر در طی حرارت پاستوریزاسیون و استریلیزاسیون ایجاد نمی‌شود. بنابراین، عنوان نمودند که حرارت‌دهی تأثیری در کاهش مقادیر سرب و کادمیوم در نمونه‌های شیر نمی‌تواند داشته باشد (Moreno *et al*., 1999).

در مطالعاتی که توسط یاسایی مهرجردی و همکاران در سال ۱۳۸۸ در مناطق مختلف استان یزد صورت گرفته میانگین سرب ۷/۲۰ میکروگرم بر کیلوگرم (۱۲/٦۷– ۲/٥٦) و در مورد کادمیوم ۰/۵۸۲ میکروگرم بر کیلوگرم (۱/۱۲۱–۰/۱۷۵) تعیین گردید. نتایج حاصل نشانگر این است که تفاوت معنی‌داری بین شیر خام مناطق مختلف استان یزد از نظر آلودگی به سرب و کادمیوم وجود ندارد و در تمامی نمونه‌ها مقادیر سرب و کادمیوم اندازه‌گیری شده از حد مجاز تعیین شده در استانداردهای FAO/WHO که برای سرب و کادمیوم به ترتیب ۱۰ و۲۰ میکروگرم بر کیلوگرم می‌باشد، کمتر است (Yasayi Mehrjordi *et al*., 2009)، که با نتایج مطالعه کنونی هم‌خوانی دارد. همچنین در این مطالعه ارتباط معنی‌داری ما بین مقادیر تولید شیر و مقادیر کادمیوم شیر یافت نگردید.

یکی از دلایل بالاتر بودن میزان کادمیوم در شیرهای بعضی از مناطق، وجود مراکز صنعتی متعدد و هم‌چنین بالا بودن تعداد وسایل نقلیه می‌باشد.

باتوجه به عوارض ناشی از جذب رژیمی فلزاتی مانند کادمیوم، ازجمله اختلال در عملکرد کلیه و کبد، افزایش بیماری‌های قلبی و عروقی، کم‌خونی، کاهش میزان بارداری و از همه مهم‌تر افزایش جذب خودبه‌خودی فلزات و این که شیر و فرآورده‌های آن از مهم‌ترین غذاهای انتخابی برای تغذیه کودکان و سایر گروه‌های سنی می‌باشد (Dadfarnia *et al*., 2004). در این بررسی میزان کادمیوم در نمونه‌های شیر خام گاوداری‌های سنتی و صنعتی مناطق مختلف تبریز مورد ارزیابی قرار گرفت. با توجه به نتایج به‌دست آمده و همچنین با توجه به حد استاندارد مجاز کادمیوم در شیر (۰/۰۱ ppm) (Codex Alimentaris commission, 2000)، تمامی نمونه‌های شیر این مناطق از لحاظ آلودگی به فلز کادمیوم کمتر از حد مجاز می‌باشند. در این مطالعه میانگین مقادیر کادمیوم شیر چهارگانه مورد بررسی ppm ۰/۰۰۰۲٦ ±۰/۰۰۵ گزارش گردید و اختلاف آماری معنی‌داری مابین میانگین مقادیر کادمیوم مناطق مختلف مورد بررسی مشاهده شد.

در هر صورت، یافتن و حذف شیر آلوده هم برای بهداشت عمومی انسان مفید بوده و هم روشی برای آگاهی دامداران برای از بین بردن منبع آلودگی و مسمومیت در دام می‌باشد. بنابراین، لازم است در تهیه غذای دام به آنالیز مواد به ویژه میزان آلاینده‌ها توجه گردد تا در حد امکان بتوان راه‌های جذب گوارشی و تنفسی فلزاتی نظیر کادمیوم را به حداقل رساند. با توجه به نتایج به‌دست آمده مقدار این فلز سمی در شیرهایی که در سطح شهر تبریز توزیع می‌شوند، بسیار کمتر از سطح مجاز و استاندارد جهانی می‌باشد و نشان‌دهنده سالم بودن این ماده مغذی بوده و مخاطره‌ای برای سلامتی انسان ندارد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از خدمات ارزنده معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی تبریز که در تأمین بودجه این طرح پژوهشی همکاری نموده‌اند، نهایت تقدیر و تشکر را داریم. نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافعی ندارند.

منابع

- Afshar, M., Taheri, A. and Ra, M. (1998). Cadmium levels in milk consumption in Tehran flameless atomic absorption spectrophotometry. Journal of Legal Medicine Scientific, 4(13): 43-51. [In Persian]
- Al Khalifa, A. and Ahmad, D. (2010). Determination of key elements by ICP-OES in commercially available infant formulae and baby foods in Saudi Arabia. African Journal of Food Science, 4(7): 464-468.
- Angle, J.S. and Chaney, R.L. (1991). Heavy metal effects on soil population and heavy metal tolerance of Rhizobium meliloti, nodulation and growth of alfalfa. Water, Air and Soil Pollution, 57-58: 597-604.
- Azevedo, H., Gomes, C., Pinto, G. and Santos, C. (2005). Cadmium effects in sunflower: Nutritional imbalances in plants and calluses. Journal of Plant Nutrition, 28: 2221-2231.
- Ballantyne, B., Marrs, T.C. and Syversen, T. (1999). General and Applied Toxicology. 2nd ed., Macmillan Publishers, pp: 2052-2062.
- Bonyadian, M., Moshtaghi, H. and Soltani, Z. (2006). Determination of lead and Cadmium in raw and pasteurized milk in ShahreKord areas. Iranian Journal of Veterinary Medicine, 84(2): 74-81. [In Persia]
- Caney, R. (1990). Public health and sludge utilization. Biocycle, 20(31): 68-73.
- Castro, C.S.P.D., Arruda, A.F., Cunha, L.R.D., SouzaDe, J.R., Braga, J.W.B. and Dorea, J.G. (2010). Toxic metals (Pb and Cd) and their respective antagonists (Ca and Zn) in infant formulas and milk marketed in Brasilia. International Journal of Environmental Research Public Health, Brazil, 7(11): 4062-4077.
- Chinikar, S., Amirkhani, A., Smar, M. and Saghiri, R. (1997).The study heavy metal in consumer milk by atomic absorption spectrometry. Paper Presented at the Forth Congressional Biochemistry, Babol University of Medical Sciences, 75(2): 19-22. [In Persia]
- Conor, R. (2002). Metal Contamination of Food. 3rd ed., Oxford: Wiley Blackwell Publishing, pp: 12-40.
- Dabeka, R., Fouquet, A., Belisle, S. and Turcotte, S. (2011). Lead, cadmium and aluminum in Canadian infant formulae, oral electrolytes and glucose solutions. Food Additive Contamination, 28(6): 744-753.
- Dadfarnia, Sh., Hajishabani, A., Salmanzade, A. and Hojjat, P. (2004). Assessed the amount of lead and cadmium in Yazd breast-feeding. Journal of Medical Science of Yazd University, 40(4): 27-39. [In Persian]
- Dalton, D.A. (1995). Oxidative stress and antioxidation defense in biology. In: Antioxidant Defense in Plants and Fungi. Ahamd, S. editor. 1st ed., USA: New York, Chapman & Hall, pp: 356-434.
- Erdinc, B.D. and Saldamli, I. (2000). Variation in some heavy metals during the production of white cheese. International Journal of Dairy Technology, 53(5): 471-472.

- Food and Agriculture Organization. (2000). Evaluation of certain food Additives and contaminant. Export Committee on Food Additives.www.fao.org/DOCREP/ARTICLE.
- Fu, J., Zhou, Q., Liu, J., Liu, W., Wang, T., Zhang, Q., *et al*. (2008). High levels of heavy metals in rice from a typical e-waste recycling area in southeast China and its potential risk to human health. Chemosphere, 71: 1269-1275.
- Hoffmann, M.R., Martin, S.T., Choi, W. and Bahnemann, D.W. (1995). Environmental application of semiconductor photocatalysis. Chemical Reviews, 95: 69-96.
- Ikem, A., Nwankwoala, A., Odueyungbo, S., Nyavor, K. and Egiebor N. (2002). Levels of 26 elements in infant formula from USA, UK, and Nigeria by microwave digestion and ICP-OES. Food Chemistry, 77(4): 439-447.
- Javadi, A., Haghighi, B., Abdollahi, A. and Nejat, H. (2005). Assessment and Determination of levels of toxic metals mercury, lead, cadmium, chromium in cow's milk. Journal of Esfahan University Research, 22(2): 57-70. [In Persian]
- Jeng, S.L., Lee, S.J. and Lin, S.Y. (1994). Determination of cadmium and lead in raw milk by graphite furnace atomic absorption spectrophotometer. Journal of Dairy Science, 77(14): 945-949.
- Jing, J. and Logan, TJ. (1992). Effect of sewage sludge cadmium concentration on chemical extractability and plant Uptake. Journal of Environmental Quality, 21: 73-81.
- Jorhem, L. and Engman, J. (2000). Determination of lead, cadmium, zinc, copper, and iron by atomic absorption spectrometry after microwave digestion: NMKL collaborative study. An International Journal of Analytical Science, 83(5): 189-203.
- Karbasi, A., Bidhendi, Gh., Moattar, F. and Barzegari, Z. (2009). Source and biological availability of heavy metals in the soil of northern west Tehran. Environmental Science and Technology, 11(3): 18-25. [In Persian]
- Kazi, T.G., Jalbani, N., Baig, J.A., Afridi, H.I., Kandhro, G.A., Arain, M.B., *et al*. (2009). Determination of toxic elements in infant formulae by using electrothermal atomic absorption spectrometer. Journal of Food and Chemical Toxicology, 47(7): 1425-1429.
- Mitiovic, R., Zivkovic, D., Nikic, D. and Stojanovic, D. (1992). Lead and cadmium in human, cows and adapted milks. Hrana-I-Ishrana, 33(2): 153-155.
- Moreno, R.R., Sunchez, P.G. and Amaro Lopes, M.A. (1999). Influence of the pasteurization and desiccation processes of milk on it lead and cadmium contents. Journal of Food Additives and Contaminants, 54(4): 210- 212.
- Najarnezhad, V. and Akbarabadi, M. (2013).Heavy metals in raw cow and ewe milk from north east Iran. Journal of Food Additives and Contaminants, 6(3): 158-162.
- Nujumi, M. (2003). Food Poisoning. 1st ed., Iran: Tehran, Fanneroze Press, pp: 72-78. [In Persian]
- Parvane, V. (1992). Quality Control and Chemical Tests of Food. Iran: Tehran University Press, pp: 325. [In Persian]
- Qin, L.Q., Wang, X.P., Li, W., Tong, X. and Tong, W.J. (2009). The minerals and heavy metals in cow's milk from China and Japan. Journal of Health Science, 55(2): 300-305.
- Rahimi Alashti, S., Bahmanyar, M. and Ghajar Sepanlou, M. (2011). The effects of sewage sludge application on pH, EC, O.C, Pb and Cd in soil and lettuce and radish plants. Journal of Water and Soil Conservation, 18(3): 85-90. [In Persian]
- Sahu, S.C. (2015). Editorial nanotoxicology and nanomedicine a special issue of the food and chemical toxicology. Food Chemical Toxicology, 15: 30022-30023.
- Salaramoli, J. and Aliesfahani, T. (2015). Determination of hazardous substances in food basket eggs in Tehran, Iran: A preliminary study. Journal of Veterinary Research Forum, 6: 155-159. [In Persian]
- Saracoglu, S., Saygi, K.O., Uluozlu, O.D., Tuzen, M. and Soylak, M. (2007). Determination of trace element contents of baby foods from Turkey. Food Chemistry, 105(1): 280-285.

- Sepehri, M., Saleh Rastin, N., Asadi Rahmani, H. and Alikhani, H. (2003). Effects of Soil Pollution by Cadmium on nodulation and nitrogen fixation native strains of Sinorhizobium Mlyaty. Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 10(1): 72-78. [In Persian]
- Shakerian, A. (2005). Determination of lead and cadmium contamination in milk and the effects of cooking and separation of fat on then by using atomic absorption spectrophotometry (AAS) and potentiometric analysis. Science Research, 1: 56-70.
- Xuan, Z., Wolfgan, H. and Guichun, Y. (2002). Elimination of cadmium contamination from drinking water. Water Research, 36: 851-858.
- Yasayi Mehrjordi, G.H., Ezzatpanah, H., Yasini ardakani, S. and Dadfarnia, S.H. (2009). Evaluation of lead and cadmium levels in raw milk in different areas of Yazd. Journal of Food and Nutrition, 7(3): 35-43. [In Persia]