

بررسی میزان کادمیوم شیر خام گاو با استفاده از روش اسپکترومتری جذب اتمی در مناطق مختلف ایران

ریحیمی، ا. ^{۱*}، درخشش، س.م. ^۲

دریافت: ۱۳۸۹/۲/۲۰ پذیرش: ۱۳۸۹/۳/۲۵

۶۵

خلاصه:

در طول خرداد ماه تا مهر ماه ۱۳۸۸ در مجموع ۱۰۹ نمونه شیر کامل از ۱۲ مرکز جمع‌آوری شیر از نقاط مختلف ایران شامل اصفهان، تبریز، سنج، تهران، یزد، شیراز، قم، اهواز، یاسوج، مشهد، رشت و کرمان جمع‌آوری شد و با استفاده از روش اسپکترومتری جذب اتمی کوره مورد آزمایش قرار گرفت. میانگین درصد بازیافت روش آزمون در غلظت‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ نانو گرم در میلی لیتر $\pm 1/8$ درصد بود. میانگین و انحراف معیار غلظت کادمیوم در ۱۰۹ نمونه شیر بررسی شده به ترتیب ۰/۰۰۵۹ و ۰/۰۰۳۳ میلی گرم در لیتر به دست آمد. نتایج مطالعه نشان داد میانگین غلظت کادمیوم در نمونه‌های شیر خام پایین‌تر از حداکثر حد مجاز کدکس می‌باشد، اگرچه غلظت کادمیوم در ۹/۱۷ درصد از نمونه‌ها بالاتر از حداکثر مجاز کدکس (۰/۰۱ میلی گرم در لیتر) بود. غلظت کادمیوم در نمونه شیرهای آزمایش شده اختلاف آماری معنی‌داری را بین شهرهای مختلف نشان داد ($P=0/00$). نمونه‌ها در چهار منطقه از ایران شامل تهران، اصفهان، اهواز و قم غلظت‌های بالاتر را نشان داد و لذا توجه و مطالعات بیشتری را می‌طلبد.

واژه‌های کلیدی: شیر، کادمیوم، فلزات سنگین، اسپکترومتری جذب اتمی.

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

۲- دانش آموخته دانشکده دامپزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد، شهرکرد، ایران.

*نویسنده مسؤول: rahimi@iaushk.ac.ir

مقدمه:

شیر و فرآورده‌های آن، بخش مهمی از رژیم غذایی انسان خصوصاً کودکان را تشکیل می‌دهد. لذا حضور آلاینده‌های محیطی از جمله فلزات سنگین به عنوان مهمترین آلاینده‌های شیمیایی مواد غذایی در شیر و فرآورده‌های آن می‌تواند عوارض جبران‌ناپذیری را در طولانی مدت برای مصرف‌کنندگان به همراه داشته باشد. کادمیوم، از جمله مهمترین فلزات سنگین موجود در محیط با اثرات بلاقوه سمی و سرطان‌زا محسوب می‌شود (Rodriguez و همکاران، ۱۹۹۹). منبع اصلی قرار گرفتن در معرض کادمیوم برای عمده مردم جیره غذایی‌شان است، در حالی که سیگار مهمترین منبع کادمیوم برای افراد سیگاری گزارش شده است (Ikeda و همکاران، ۱۹۸۹؛ Lawal و همکاران، ۲۰۰۶).

به طور کلی غلظت کادمیوم شیر پائین است؛ چراکه پستان‌گاو، مانند یک فیلتر بیولوژیک عمل می‌کند و کادمیوم وارد شده به بدن را به جای آن که به درون شیر انتقال دهد، به سوی بافت‌های استخوانی سوق می‌دهد (هاردینگ، ۱۹۹۵). با این وجود مطالعات نشان می‌دهد غلظت کادمیوم شیر دام‌هایی که در مناطق صنعتی و مجاورت اتوبان‌ها و بزرگراه‌ها پرورش یافته‌اند و یا از خوراک آلوده به فلزات سنگین تغذیه شده‌اند به مراتب بالاتر از دام‌هایی بوده است که در مناطق پاک، پرورش یافته‌اند (Patra و همکاران، ۲۰۰۸؛ Pavlovic و همکاران، ۲۰۰۴). علاوه بر آن، کودهای شیمیایی فسفاته حاوی فلزات سنگین از جمله کادمیوم و نیکل می‌باشند؛ بنابراین مصرف بی‌رویه این نوع کودها علاوه بر تجمع آلاینده‌ها در خاک، باعث کاهش فعالیت‌های میکروبی در خاک می‌شوند، توسط گیاه جذب شده، از آن طریق وارد زنجیره غذایی انسان و حیوان می‌شوند (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۰؛ Garcia و همکاران، ۱۹۹۹). قدرت جذب این فلزات از دستگاه گوارش حیوانات حدوداً ۱/۵ تا ۲۰ درصد متغیر می‌باشد (Garcia و همکاران، ۱۹۹۹) و بیشتر از ۹۰ درصد کادمیوم جذب شده در بافت‌های مختلف بدن خصوصاً در کبد، کلیه و استخوان‌ها تجمع می‌یابد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۰) و بتدریج در شیر دفع می‌شود (Miller و همکاران، ۱۹۶۷).

مهمترین و شایع‌ترین آثار مسمومیت با کادمیوم نارسایی کلیه می‌باشد (احمدی زاده، ۱۳۶۷؛ تیمبرل، ۱۳۸۷؛ Jill و همکاران، ۲۰۰۱) که با اختلال در سلول‌های پروکسیمال کلیه پالایش گلوامرولی را کاهش می‌دهد و منجر به پروتئین اورمی، گلیکوزوری و کاهش بازجذب اینولین می‌شود. همچنین اختلال در متابولیسم کلسیم، کم‌خونی، افزایش فشار خون، تخریب بافت بیضه و تنگی نفس از دیگر عوارض مسمومیت با کادمیوم محسوب می‌شود (تیمبرل، ۱۳۸۷؛ Charter، ۲۰۰۰؛ Jill و همکاران، ۲۰۰۱). علاوه بر آن کادمیوم به دلیل نقشش در سرطان ریه، توسط آژانس بین‌المللی تحقیق روی سرطان به عنوان عامل سرطانزا در گروه A عوامل سرطانزا قرار گرفته است (Jill و همکاران، ۲۰۰۱). در ایران مطالعات اندکی در ارتباط با آلودگی شیر و فرآورده‌های آن نسبت به فلزات سنگین صورت گرفته است، لذا با توجه به اهمیت شیر و فرآورده‌های آن در سبد غذایی خانواده‌های ایرانی بر آن شدیم تا غلظت کادمیوم در شیرخام تولید شده در ۱۲ استان کشور را مورد بررسی قرار دهیم.

مواد و روش کار:

در این مطالعه طی خرداد ماه تا مهرماه ۱۳۸۸ در مجموع ۱۰۹ نمونه شیر خام از مراکز جمع‌آوری شیر ۱۲ مرکز استان ایران شامل اصفهان، تبریز، سنج، تهران، یزد، شیراز، قم، اهواز، یاسوج، مشهد، رشت و کرمان جمع‌آوری و تا مرحله انجام آزمایش در دمای 18°C - نگهداری شدند.

ابتدا طبق روش مرجع AOAC، مقدار ۱۰ میلی لیتر از هر نمونه در بوته‌چینی که از قبل با اسید شسته شده بود، منتقل شد. سپس ظروف حاوی نمونه روی شعله حرارت داده شدند و پس از آن در کوره الکتریکی ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و در هر ساعت ۵۰ درجه سانتی‌گراد به حرارت کوره افزوده شد تا درجه حرارت به ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد برسد. در ادامه نمونه‌ها به مدت ۶ ساعت در دسیکاتور خنک و خاکستر حاصله از نمونه‌ها در اسید نیتریک خالص (مرک، آلمان) حل شد (Cunniff، ۱۹۹۵). سپس در یک قیف جداگانه به محلول

استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS/16 تجزیه و تحلیل گردیدند. سطح معنادار برای تحلیل آماری $P < 0.05$ در نظر گرفته شد.

نتایج:

در این مطالعه میانگین درصد بازیافت کادمیوم در نمونه‌های مورد آزمون ۹۳/۸۴ درصد و حد تشخیص دستگاه در اندازه-گیری کادمیوم ۰/۷۰ میکوگرم بود. نتایج مطالعات حاضر نشان داد میانگین و میانه غلظت کادمیوم ۱۰۹ نمونه شیر خام گاو جمع‌آوری شده از ۱۲ مرکز استان ایران به ترتیب ۰/۰۰۵۹ و ۰/۰۰۵۲ میلی‌گرم در لیتر بوده است. از بین مناطق بررسی شده، بالاترین میزان غلظت کادمیوم به ترتیب در نمونه شیرهای اخذ شده از استان‌های تهران، اهواز، اصفهان و قم با بیش از ۰/۰۰۷۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد و پایین‌ترین سطح غلظت کادمیوم به ترتیب در نمونه شیرهای اخذ شده از کرمان و رشت با ۰/۰۰۳ و ۰/۰۰۲۹ میلی‌گرم در لیتر به دست آمد. خلاصه نتایج به دست آمده از مطالعه حاضر در جدول ۱ آورده شده است. نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه نشان داد اختلاف آماری معنی‌داری بین سطح غلظت کادمیوم در شیر خام اخذ شده از تهران با شهرهای تبریز ($P=0.13$)، سنجند ($P=0.00$)، یزد ($P=0.004$)، شیراز ($P=0.002$)، مشهد ($P=0.003$)، رشت ($P=0.001$)، کرمان ($P=0.00$) و یاسوج ($P=0.003$) وجود داشته است. همچنین این اختلاف بین شهر اصفهان با شهرهای رشت ($P=0.022$) و کرمان ($P=0.00$) و اهواز با شهرهای سنجند ($P=0.001$)، یزد ($P=0.037$)، شیراز ($P=0.030$)، رشت ($P=0.009$)، کرمان ($P=0.00$) و یاسوج ($P=0.026$) و قم با شهرهای سنجند ($P=0.004$)، رشت ($P=0.043$) و کرمان ($P=0.00$) وجود داشته است.

آماده شده، ۵ میلی‌لیتر اسید سیتریک ۱۰ درصد به عنوان تامپون و در ازاء هر ۱۰ میلی‌لیتر محلول یک قطره بروموکروزول گرین ۱ درصد الکلی اضافه گردید و pH محلول با استفاده از محلول‌های غلیظ و رقیق آمونیاک روی $pH = 5.4$ تنظیم گردید (pH متر مدل ۴۶۲، ساخت شرکت تجهیزات سنجش ایران). سپس ۵ میلی‌لیتر محلول ۲ درصد آمونیوم پیرولیدین دی تیوکربوکسیلیک اسید به مخلوط اضافه گردید و ظروف حاوی مخلوط به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه تکان داده شد تا عنصر کادمیوم با محلول فوق به صورت کمپلکس درآیند. پس از اضافه نمودن ۵ تا ۱۰ میلی‌لیتر محلول بوتیل استات نرمال به محتوای محلول‌ها به مدت یک دقیقه در قیف جداکننده تکان داده شد و نهایتاً فاز آبی حاوی کمپلکس کادمیوم مورد آزمایش قرار گرفت (Cunnif, ۱۹۹۵). محلول‌های استاندارد کادمیوم در غلظت‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میکروگرم در لیتر تهیه گردید (Ayar و همکاران، ۲۰۰۹) و با استفاده از آن منحنی کالیبراسیون رسم شد. پس از رسم منحنی کالیبراسیون، نمونه‌ها به صورت خودکار توسط دستگاه قرائت با استفاده از منحنی، میزان آنها بر حسب میکروگرم در میلی‌لیتر محاسبه گردید (Cunnif, ۱۹۹۵).

در این مطالعه به منظور سنجش میزان کادمیوم در نمونه‌ها از دستگاه جذب اتمی PERKIN ELMER 4100 ساخت کشور آلمان استفاده شد. برای اطمینان از دقت آزمایش، هر نمونه در سه نوبت آزمایش شدند و برای اطمینان از صحت آزمایش، درصد بازیافت به صورت زیر انجام گرفت: ابتدا غلظت‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ نانوگرم در میلی‌لیتر کادمیوم به ۲۰ میلی‌لیتر شیر خام که مقدار کادمیوم آن مشخص شده بود، اضافه گردید و مجدداً اندازه‌گیری مقدار این فلز انجام شد. نتایج حاصل به وسیله آزمون تحلیل واریانس یک طرفه و با

جدول ۱: میانگین و محدوده غلظت کادمیوم شیرخام اخذ شده از مراکز ۱۲ استان ایران

شهر	تعداد نمونه	میانگین غلظت کادمیوم (mg/l)	انحراف معیار	محدوده آلودگی (mg/l)
اصفهان	۱۲	۰/۰۰۷۴	۰/۰۰۲۲	۰/۰۰۴۳-۰/۰۱۰۷
تبریز	۸	۰/۰۰۵۸	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۲۴-۰/۰۰۹۴
سندج	۶	۰/۰۰۲۹	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۱۵-۰/۰۰۴۳
تهران	۱۰	۰/۰۰۹۲	۰/۰۰۴۰	۰/۰۰۴۷-۰/۰۱۲۹
یزد	۵	۰/۰۰۴۷	۰/۰۰۳۰	۰/۰۰۱۳-۰/۰۰۸۳
شیراز	۹	۰/۰۰۵۱	۰/۰۰۲۳	۰/۰۰۲۶-۰/۰۰۹۹
قم	۱۱	۰/۰۰۷۰	۰/۰۰۳۱	۰/۰۰۲۲-۰/۰۰۸۶
اهواز	۱۰	۰/۰۰۷۹	۰/۰۰۳۳	۰/۰۰۴۱-۰/۰۰۱۴۰
یاسوج	۵	۰/۰۰۴۴	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۲۷-۰/۰۰۶۰
مشهد	۱۸	۰/۰۰۵۸	۰/۰۰۳۵	۰/۰۰۲۶-۰/۰۱۴۵
رشت	۷	۰/۰۰۴۲	۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۱۵-۰/۰۰۷۹
کرمان	۸	۰/۰۰۲۳	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۱۱-۰/۰۰۳۹
مجموع	۱۰۹	۰/۰۰۵۹	۰/۰۰۳۳	۰/۰۰۱۱-۰/۰۱۴۵

بحث:

است. نتایج سایر مطالعات مشابه نیز حاکی از آن است که سطح غلظت فلزات سنگین در شیر دام‌های پرورش یافته در مجاور مناطق صنعتی و بزرگراه‌ها به مراتب بالاتر از مناطق غیرصنعتی و روستایی بوده است (Patra و همکاران، ۲۰۰۸؛ Pavlovic و همکاران، ۲۰۰۴؛ Swarup و همکاران، ۱۹۹۲). Pavlovic و همکاران (۲۰۰۴) در کرونیای میزان غلظت کادمیوم شیر خام جمع‌آوری شده از گاوداری‌های مجاور

در مطالعه حاضر میزان غلظت کادمیوم در شیرخام گاوها از مناطق مختلف ایران به روش اسپکتوفتومتری جذب اتمی کوره در تابستان ۱۳۸۸ مورد آزمون قرار گرفت و نتایج این مطالعه نشان داد غلظت کادمیوم در شیر خام برحسب میلی‌گرم در لیتر در گاوهای پرورش یافته در مناطق پرجمعیت و صنعتی از جمله تهران، اهواز، اصفهان و قم بیشتر از سایر مناطق ایران از جمله سندج، یزد، شیراز، یاسوج، مشهد، رشت و کرمان بوده

همکاران، ۱۹۹۴) مشابه و از کشورهایی چون کروئیا (Pavlovic و همکاران، ۲۰۰۴)، ایتالیا (Fonseca و Lucchetti، ۱۹۸۶) و مجارستان (Bulinski و همکاران، ۱۹۹۳) بالاتر و از کشورهایی چون نیجریه (Lawal و همکاران، ۲۰۰۶)، هند (Patra و همکاران، ۲۰۰۸) و ترکیه (Ayar و همکاران، ۲۰۰۹) پایین تر است. در این راستا Ayar و همکاران (۲۰۰۹)، و Tripathi و همکاران (۱۹۹۹)، میزان غلظت کادمیوم موجود در شیر خام گاو را در ترکیه به ترتیب 0.02 ± 0.019 و 0.07 ± 0.10 میلی گرم در لیتر گزارش کرده اند. براساس گزارش ثبت شده از Pavlovic و همکاران (۲۰۰۴)، میزان غلظت کادمیوم در شیر ۱۵ گاوداری شیری در کروئیا 0.03 تا 0.06 میلی گرم در لیتر با میانگین 0.037 میلی گرم در لیتر بوده است. در مطالعه ای از Lawal و همکاران (۲۰۰۶)، در نیجریه غلظت کادمیوم موجود در شیر گاو بسیار بالا و معادل 0.257 میلی گرم بر لیتر بوده است. از طرفی مطالعه ثبت شده از Lante و همکاران (۲۰۰۶)، در ایتالیا نشان می دهد هیچیک از نمونه های شیر بررسی شده حاوی کادمیوم نبوده است و غلظت کادمیوم شیر نمونه های بررسی شده پایین تر از حد تشخیص دستگاه، گزارش شده است. در بررسی مشابهی از Patra و همکاران (۲۰۰۸) در هند، میزان غلظت کادمیوم در شیر گاو 0.33 تا 0.265 میلی گرم در لیتر گزارش شده است. در این مطالعه بالاترین میزان غلظت کادمیوم مربوط به نمونه های شیرهای اخذ شده از گاوهای اطراف مراکز صنعتی بوده است. در همین راستا میزان غلظت کادمیوم شیر خام گاو در اسپانیا (Rodriguez و همکاران، ۱۹۹۹)، مجارستان (Bulinski و همکاران، ۱۹۹۳)، دانمارک (Rasmussen و Larsen، ۱۹۹۰) و تایوان (Jeng و همکاران، ۱۹۹۴) به ترتیب 0.048 ، 0.002 ، 0.003 و 0.004 میلی گرم در لیتر گزارش شده است. تفاوت موجود بین نتایج گزارش شده از مطالعات مختلف را می توان به میزان آلودگی محیط به فلزات سنگین در مناطق مختلف نمونه گیری، زمان نمونه گیری، تعداد نمونه، روش هضم نمونه ها و سنجش فلزات سنگین نسبت داد (Patra و همکاران، ۲۰۰۸). مقایسه نتایج حاضر با حداکثر حد تعیین شده توسط کدکس ۲۰۰۰ حاکی از آن است که

مناطق صنعتی را 0.064 میکروگرم در لیتر و در مناطق غیرصنعتی 0.003 میلی گرم در لیتر گزارش کرده اند. در مطالعه مشابهی از Patra و همکاران (۲۰۰۸) در هند، نشان می دهد میزان غلظت کادمیوم در شیر گاوهای پرورش یافته در مناطق صنعتی و مجاور کارخانه های ذوب فلزات در بالاترین حد نسبت به سایر مناطق بررسی شده (با میانگین 0.256 میلی گرم در لیتر) بوده است، در حالی که این میزان در مناطق غیر صنعتی و پاک به طور قابل توجهی پایین تر بوده است (با میانگین 0.033 میلی گرم در لیتر).

مطالعات انجام شده در ایران نیز نشان می دهد سطح آلودگی های فراورده های دامی به فلزات سنگین از جمله کادمیوم، در محدوده شهرهای بزرگ و صنعتی ایران به مراتب بالاتر از شهرهای غیرصنعتی بوده است، افشار و همکاران (۱۳۷۷)، میانگین غلظت کادمیوم را در شیر خام گاو تولید شده در تهران 0.1 تا 0.4 میلی گرم در لیتر و چهار برابر حد مجاز اعلام نموده است. شاکریان و کریم (۱۳۸۲)، میانگین میزان آلودگی شیرخام، شیر بدون چربی و خامه را به کادمیوم در منطقه اصفهان به ترتیب 0.057 و 0.15 و 0.31 میلی گرم در لیتر گزارش کرده اند که بالاتر از حد مجاز استاندارد کدکس می باشد. همچنین رحیمی و نیک نشان (۱۳۸۶)، طی مطالعه ای در خصوص تعیین غلظت سرب و کادمیوم در شیر خام منطقه زرین شهر از مناطق صنعتی اصفهان میزان غلظت کادمیوم را 0.065 میلی گرم در لیتر گزارش نموده اند. در مطالعه ای دیگر توسط بنیادیان و همکاران (۱۳۸۵)، میانگین میزان شیر خام گاو تولید شده در شهرستان شهرکرد 0.028 میلی گرم در لیتر گزارش شده است که پائین تر از غلظت کادمیوم نمونه های شیر گزارش شده از مطالعات افشار، شاکریان و رحیمی بوده است و شاید علت آن را بتوان به مراکز صنعتی فراوان و همچنین بالا بودن تعداد وسایل نقلیه در تهران و اصفهان نسبت داد.

نتایج این مطالعه نشان داد میانگین و انحراف معیار کادمیوم شیر خام گاو در ایران به ترتیب 0.059 و 0.033 میلی گرم در لیتر بوده است که مقایسه این نتایج با مطالعات مشابه از سایر کشورها نشان می دهد سطح کادمیوم موجود در شیرخام تولید شده در ایران نسبت به کشورهای چون اسپانیا (Rodriguez و همکاران، ۱۹۹۹) و تایوان (Jeng و

غلظت کادمیوم ۱۰ نمونه از ۱۰۹ نمونه شیر بررسی شده حامل غلظت‌های نزدیک به حداکثر حد استاندارد کدکس (۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر) می‌باشد (Jill و همکاران، ۲۰۰۱)، گرچه میانگین غلظت کادمیوم در کل نمونه‌ها به مراتب پایین‌تر از این میزان می‌باشد. مطالعات نشان می‌دهد پستان گاو به صورت یک فیلتراسیون عمل کرده، مانع از ورود کادمیوم به شیر می‌گردد، لذا مقادیر بسیار کمی از کادمیوم وارد شیر دام می‌شود (هاردینگ، ۱۹۹۵؛ Miller و همکاران، ۱۹۶۷). با

توجه به نتایج مطالعات حاضر و پایین بودن غلظت کادمیوم در نمونه‌های شیر در مقایسه با استانداردهای موجود می‌توان نتیجه گرفت که شیر و فرآورده‌های آن از نظر کادمیوم سالم بوده و این محصولات سهم اندکی را در ارتباط با ورود کادمیوم به بدن انسان بازی می‌کنند. با وجود این از آنجا که کادمیوم فلزی قابل انباشته شدن در بدن می‌باشد و در دراز مدت می‌تواند سلامت انسان را به خطر اندازد، لذا لازم است تا کنترل و پالایش دقیق و منظمی در خصوص حضور این فلز در سایر مواد غذایی صورت گیرد.

تقدیر و تشکر:

نگارندگان مراتب سپاس خود را از آقای منوچهر احمدی بابت همکاری در آنالیز نمونه‌ها، آقای محمدجواد جهانمرد بابت همکاری در تجزیه و تحلیل آماری، و آقایان حمیدرضا کاظمینی و دکتر ایمان آزادخواه بابت همکاری در جمع‌آوری نمونه‌ها اعلام می‌دارد.



Investigation of Cadmium level in cow's raw milk from different regions of Iran

Rahimi, E. ^{1*}, Derakhshesh, S.M. ²

Received: 10.05.2010 Accepted: 15.06.2010

Abstract:

During June to October 2009, 109 raw whole milk were collected from milk tankers arriving at 12 dairy plants in different Iranian regions contain Isfahan, Tabriz, Sanandaj, Tehran, Yazd, Shiraz, Ghom, Ahvaz, Yazd, Mashhad, Rasht, and Kerman and analyzed by the graphite furnace atomic absorption spectrometry. The mean recovery of the analytical method at 10, 20, 30 and 40 ng/ml was $93.84 \pm 1.8\%$. The mean level and standard deviation of cadmium obtained from 109 samples was 0.0059 mg/l and a 0.0033mg/l, respectively. The results of this study showed that the mean concretion of cadmium in raw milk samples was lower than the maximum permitted level in Codex, although cadmium concentration of samples 9.17% was higher than the maximum permitted level in Codex (0.01mg/l). Significant differences in the cadmium concentration were observed between milk samples analyzed in different cities ($P= 0.00$). Four sets of the samples, for Tehran, Isfahan, Ahvaz and Ghom seemed to show a higher level of contamination and need for further studies.

Key Words: Milk, Cadmium, Heavy metals, Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry.

1- Department of Food Hygiene, Faculty of Veterinary Medicine, Islamic Azad University, Shahr-e-kord Branch, Shahr-e-kord, Iran.

2- Graduated of Veterinary Medicine, Faculty of Veterinary Medicine, Islamic Azad University, Shahr-e-kord Branch, Shahr-e-kord, Iran.

*Corresponding author: rahimi@iaushk.ac.ir

- احمدی زاده، م. ۱۳۶۷. سم‌شناسی صنعتی (فلزات سنگین). چاپ اول، نشر هزاران. صفحات ۱۱-۱۶ و ۹۰-۹۵.
- افشار، م.؛ طاهری، ا.؛ زاغ، م. ۱۳۷۷. بررسی سطح فلز سمی کادمیوم در شیر مصرفی شهر تهران به روش اسپکتروفتومتری جذب اتمی بدون شعله. مجله علمی پزشکی قانونی، ۴ (۱۳)، ۴۳-۵۱.
- بنیادیان، م.؛ مشتاقی، ح.؛ سلطانی، ز. ۱۳۸۵. بررسی میزان سرب و کادمیوم در شیر خام و پاستوریزه شده در منطقه شهرکرد. مجله دامپزشکی ایران، ۲ (۲)، ۴۷-۵۱.
- تیمبرل، جی. ۱۳۸۷. مقدمه‌ای بر سم‌شناسی، ترجمه سالار آملی، ج. چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی، تهران، ایران. ۹۰-۹۱ و ۱۳۰-۱۳۶.
- شاکریان، ا.؛ کریم، ک. ۱۳۸۳. بررسی میزان آلودگی شیر برخی از فرآورده‌های آبی به سرب و کادمیوم در منطقه اصفهان، تاثیر جداسازی چربی با استفاده از روش اسپکترومتری جذب اتمی با کوره. مجله علوم دامپزشکی ایران، ۲ (۹۲)، ۷۴-۸۱.
- رحیمی، ا.؛ نیک‌نشان، س.ن. ۱۳۸۶. تعیین غلظت سرب و کادمیوم در شیر خام در منطقه زرین شهر. مجله دامپزشکی دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرمسار، ۳ (۱)، ۲۹-۳۴.
- ملکوتی، م.ج.؛ نفیسی، و.؛ متشعزاده، ب. ۱۳۸۰. عزم ملی برای تولید کود در داخل کشور. چاپ اول، انتشارات نشر آموزش کشاورزی، تهران، ایران. ۳۶۷-۳۸۶.
- হারدینگ، اف. ۱۹۹۵. شیر و کیفیت آن، ترجمه کریم، گ.، دیانی دردشتی، ا.، خلجی، ا. ح. چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ایران. ۱۷۷-۱۷۹.
- Ayar, A., Sert, D., Akin, N. 2009. The trace metal levels in milk and dairy products consumed in middle Anatolia-Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment* **152**, 1-12.
- Bulinski, R., Bloniarz, J., Libelt, B. 1993. Presence of some trace elements in some milk products. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna* **25**, 327-331.
- Charter, M.H. 2000. *Food Safety and Toxicology*. Wolf publication, 50 – 54.
- Cunnif, P. 1995. Official methods of analysis of AOAC (Association of Official published Analytical Chemists). International 16t Edition. Published by AOAC international, Virginia. U.S.A. Chapter **9**, 16.
- Fonseca, G., Lucchetti, C. 1986. Alcune considerazioni sul contenuto in metalli di alcuni latti in polvere per l'alimentazione nella primissima infanzia, *Latte* **11**, 266-269.
- Garcia, E. M., Lusía Lorenzo, M., Carmen, M., Armen, L., Joacuin, S. 1999. Trace element determination in different milk slurries. *Journal of Dairy Research* **66**, 569-578.

Ikeda, M., Watanabe, T., Koizumi, A., Fujita, H., Nakatsuka, H., Kasahara, M. 1989. Dietary intake of lead among Japanese farmers. *Archives of Environmental Health* **44**, 23-29.

Jeng, S.L., Lee, S.J., 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.

Jill, C.M., Hoseph.J.P.M., Stephan,D.S., Metals. In: Wallace, A.H., 2001. Principles and Method of Toxicology, 4th Ed., Taylor and Francis, Philadelphia, 469-683.

Lante, A., Lomonlino, G., Cagnin, M., Spettoli, P. 2006. Content and characterization of minerals in milk and in Cresceza and Squacqurone Italian fresh cheeses by ICP-OES. *Food Control* **17**, 229-233.

Larsen, E. H., Rasmussen, L. 1990. Chromium, lead and cadmium in Danish milk products and cheese determined by Zeeman graphite furnace AAS after direct injection or pressurized ashing. *Zeitschrift fuer Lebensmitteluntersuchung und Forschung* **192**, 136-141.

Lawal, A.O., Mohammad, S.S., Damisa, D. 2006. Assessment of levels of copper, cadmium and lead in secretion of mammary gland of cow grazed on open fields. *Science World Journal* **1**, 8-10.

Miller, W., Lampp, B., Powell, G.W., Salotti, C.A. and Blackman, D.M. 1967. Influence of a high level of dietary cadmium content in milk extraction and cow performance. *Journal of Dairy Science* **50**, 1404 – 1408.

Patra, R.C., Swarup, D., Kumar, P., Nandi, D., Naresh, R., Ali, S. L. 2008. Milk tract elements in lactating cows environmentally exposed to higher level of lead and cadmium around different industrial units. *Science of the Total Environment* **6**, 10-17.

Pavlovic, I., Sikirik, M., Havranek, J., Plavljanic, L., Brajenovic, N. 2004. Lead and cadmium levels in raw cow's milk from an industrialized Croatian region determined by electrothermal atomic absorption spectrometry. *Czech Journal of Animal Science* **49**, 164-168.

Rodriguez, E.M.R., Uertar, E.D., Romero, D.C. 1999. Concentration of cadmium and lead in different type soft milk. *Zeitschrift fuer Lebensmitteluntersuchung und Forschung* **208**, 162-168

Swarup, D., Dwivedi, S. K., Day, S. 1992. Lead and cadmium levels in blood and milk of cow from Kanpur city. *Indian Journal of Animal Sciences* **67(3)**, 222-223.

Tripathi, R. M., Roghunath, R., Sastry, V.N., Krishnamoorthy, T.M. 1999. Daily intakes of heavy metals through milk and milk product. *Science of the Total Environment* **227**, 229-235.

