بررسی عناصر روی، سرب، کادمیوم و مس در شیر خام تولیدی گاوداری‌های صنعتی خرم‌آباد

سهیل سبحان اردکانی[1*]، محسن تیزهوش[2]

۱. دانشیار گروه محیط‌زیست، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران

۲. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد محیط‌زیست، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران

*نویسنده مسئول مکاتبات: s_sobhan@iauh.ac.ir

(دریافت مقاله ۹٤/۸/۸ پذیرش نهایی:۹۵/۳/۲۳)

چکیده

فلزات سنگین از مهم‌ترین آلاینده‌های شیمیایی موادغذایی محسوب می‌شوند. شیر و فرآورده‌های آن به‌دلیل ارزش غذایی بالا و مصرف در تمامی سنین در بسیاری از نقاط جهان بخش مهمی از رژیم غذایی انسان را تشکیل می‌دهد. لذا این پژوهش با هدف بررسی غلظت روی، سرب، کادمیوم و مس در شیر خام تولیدی گاوداری‌های مستقر در شهرک صنعتی دام لرستان در سال ۱۳۹۳ انجام یافت. پس از انتخاب ۸ واحد دامداری و تهیه ۲٤ نمونه شیر خام، در آزمایشگاه نسبت به هضم اسیدی نمونه‌ها مطابق روش استاندارد اقدام شد. سپس غلظت عناصر در نمونه‌ها با استفاده از دستگاه نشر اتمی خوانده شد. برای پردازش آماری نتایج نیز از نرم‌افزار SPSS استفاده گردید. نتایج نشان داد که میانگین غلظت عناصر برای روی، سرب، کادمیوم و مس به‌ترتیب ٦۷٤±۳۰۷۲، ۲۷۹۰±۲۷۲۰، ۱۸/۵±۱۰٤ و ۱٤۹±۱٤۲ میکروگرم در کیلوگرم بود. به‌علاوه میانگین غلظت تجمع‌یافته عناصر مورد بررسی در نمونه‌های شیر بسیار بیش‌تر از رهنمود WHO برآورد شد. با توجه به نتایج که بیانگر تجاوز میانگین غلظت تجمع‌یافته فلزات سنگین روی، سرب، کادمیوم و مس در نمونه‌های شیر از حد مجاز بود، به‌منظور رسیدن به سلامت و ایمنی غذایی مصرف‌کنندگان، در نظر گرفتن تمهیداتی از جمله نظارت بر علوفه مصرفی، آب آشامیدنی، خصوصیات اراضی پیرامون دامداری‌ها و محل کشت علوفه و کنترل آلاینده‌های منتشر شده از مراکز صنعتی مجاور شهرک صنعتی دام لرستان توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: فلزات سنگین، شیر خام، سلامت و ایمنی غذایی، استان لرستان

مقدمه

بشر امروزی به‌واسطه فعالیت‌هایش با جدی‌ترین چالش‌ها و معضلات زیست محیطی در طول حیات چند هزار ساله‌اش مواجه شده است. رشد بی‌رویه جمعیت، رشد نامتوازن صنعتی و بهره‌برداری بیش از حد از منابع، بدون توجه به توان بوم‌سازگان‌ها دست به‌دست یکدیگر داده و بحران‌های پیش روی بشر را عمیق‌تر و صدماتی که به محیط‌زیست وارد می‌شود را شدیدتر کرده است. یکی از این بحران‌ها، آلودگی محیط‌زیست است که می‌تواند تعادل بوم‌سازگان‌ها را برهم زند، سلامت انسان و سایر موجودات را با تهدید مواجه سازد و هدر رفت منابع حیاتی را شدت بخشد (دبیری، ۱۳۸۹).

امروزه سلامت و ایمنی غذایی یکی از مهم‌ترین مسایل مورد توجه بشر است. آلودگی مواد غذایی مورد استفاده انسان به سموم شیمیایی، فلزات سمی، مواد نگهدارنده و نظایر آن از جمله معضلات رو به رشد دنیای کنونی است، که در این میان شیر به‌عنوان مغذی‌ترین ماده غذایی حاوی برخی عناصر ضروری همچون کلسیم، منیزیم، آهن، روی و مس، به‌دلیل مصرف در تمام سنین و به‌ویژه دوران نوزادی و کودکی و همچنین به‌عنوان ماده خام در تهیه بسیاری از فرآورده‌های شیر بیش‌تر از سایر مواد غذایی مورد توجه قرار گرفته است و یک عنصر کلیدی در زمینه امنیت غذایی محسوب می‌شود (van Dokkum *et al*., 2015; Suturović *et al*., 1989; Valiukenaite *et al*., 2006; Ghezelbash *et al*., 2014).

فلزات سنگین از مهم‌ترین آلاینده‌های شیمیایی موادغذایی محسوب می‌شوند و وجود آن‌ها در مواد غذایی با منشأ دامی امکان قرار گرفتن انسان در معرض عوارض ناشی از فلزات را افزایش می‌دهد. امروزه یکی از مسایل بهداشتی و زیست محیطی جوامع صنعتی، کنترل آلایندگی فلزات سنگین می‌باشد که از میان آن‌ها آرسنیک، سرب، کادمیوم، جیوه و روی برای انسان و حیوان از اهمیت بهداشتی بیش‌تری برخوردار است (Watson, 2011). تقریباً تمامی فلزات سنگین در بدن در غلظت‌های بیش‌تر از حد مجاز، عوارض سوئی برجای می‌گذارند، که از شایع‌ترین آن‌ها می‌توان به اختلال در سیستم عصبی، ایجاد جهش ژنتیکی، اختلالات ذهنی و سرطان‌زایی اشاره کرد. از آن‌جا که فلزات سنگین نمی‌توانند مانند آلاینده‌های آلی از طریق فرآیندهای شیمیایی یا زیستی در طبیعت تجزیه شوند، پایداری آن‌ها این امکان را فراهم می‌کند که در فواصل قابل‌توجه توسط آب یا هوا منتقل شوند. در نتیجه، سطوح آن‌ها در حلقه‌های بالاتر زنجیر غذایی تا چندین برابر می‌تواند افزایش یابد (رکنی، ۱۳۸۹).

یکی از مهم‌ترین معضلات فلزات سنگین، قابلیت تجمع‌زیستی آن‌ها و اختلال در سیستم ایمنی بدن می‌باشد (Malhat *et al*., 2012). روی به‌عنوان یک عامل مهم در ارتقاء و تنظیم رشد، سرب به‌عنوان یکی از مهم‌ترین فلزات حاضر در محیط با سمیت قابل توجه که مقادیر بیش از حد مجاز آن در بدن باعث اختلالات یادگیری در کودکان می‌شود، کادمیوم که با تجمع در کبد و کلیه به دلیل پیوند با متالوتیونین و جایگزین شدن با کلسیم استخوان‌ها باعث اختلات در فعالیت کلیه و پوکی استخوان، اختلالات ریوی و بروز فشار خون بالا می‌شود و مس که به‌عنوان یک کوفاکتر بسیار مهم در مصرف موثر چندین عنصر به‌ویژه آهن محسوب

می‌شود (Klaassen *et al.*, 2009; Lutfullah *et al.*, 2014)،

شیر ممکن است تحت شرایط خاصی از جمله آلودگی آب و غذای دام‌ها، فرآیند شیردوشی، مصرف دارو و نزدیکی دامداری‌ها به مراکز معدنی و صنعتی به سموم مختلف به‌ویژه فلزات سنگین آلوده شده و بدین طریق منجر به ورود این فلزات به بدن انسان شود (Moberg *et al.*, 1987; Abdulkhaliq *et al.*, 2012). بنابراین نظر به اهمیت شیر به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین مواد غذایی مورد استفاده انسان و ارتباط مستقیمی که با سلامت جامعه دارد، این پژوهش با هدف بررسی غلظت تجمع‌یافته عناصر روی، سرب، کادمیوم و مس در نمونه‌های شیر خام غیرپاستوریزه تولیدشده گاوداری‌های مستقر در شهرک صنعتی دام لرستان انجام یافت.

مواد و روش‌ها

- نمونه‌برداری

پس از انتخاب تصادفی و با توزیع یکنواخت ۸ واحد تولید شیر مستقر در شهرک صنعتی دام لرستان، از هر واحد دامداری صنعتی در فصل پاییز ۱۳۹۳، ۳ نمونه ۵۰ میلی‌لیتری شیر خام تهیه و به ظروف پلی‌اتیلنی سترون منتقل شد. سپس نمونه‌ها داخل یخدان قرار گرفته و در سریع‌ترین زمان ممکن به آزمایشگاه منتقل شدند (Bonyadian *et al.*, 2006).

- آماده‌سازی نمونه‌ها

به‌منظور آماده‌سازی نمونه‌های شیر با هدف تعیین غلظت عناصر روی، سرب، کادمیوم و مس در آن‌ها، از روش هضم اسیدی استفاده شد (Kupusovic *et al.*, 2007). ابتدا ۵ میلی‌لیتر از هر نمونه شیر با ۱۵ میلی‌لیتر آب دوبار تقطیر رقیق شد. پس از افزودن اسید هیدروکلریک ۱۰٪ (مرک، آلمان) به نمونه‌ها به‌میزان ۰/۱ مول در لیتر، برای قرائت عناصر روی، سرب و مس و ۰/۰۵ مول در لیتر برای قرائت عنصر کادمیوم، نمونه‌ها به‌مدت ۵ دقیقه در دستگاه سانتریفوژ با سرعت ٤۰۰۰ دور در دقیقه قرار گرفتند (Suturovic´ *et al.*, 2014). پس از افزودن ۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک ٦٥٪ (مرک، آلمان) به‌منظور کامل شدن فرآیند هضم اسیدی، نمونه‌ها به‌مدت ٤ ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس در حمام آب قرار داده شدند. سپس برای حذف ناخالصی‌ها، نمونه‌ها از کاغذ صافی واتمن شماره ٤۲ عبور داده شده و محلول باقی‌مانده با آب دوبار تقطیر به حجم ۱۰ میلی‌لیتر رسانده شد (González-Montaña *et al.*, 2012).

- قرائت غلظت عناصر در نمونه‌ها

به‌منظور کالیبره کردن دستگاه نشر اتمی (واریان، استرالیا) با استفاده از ppm ۱۰۰۰ نمک عناصر مورد مطالعه، تهیه استاندارد فلزات در غلظت‌های ۰، ۱۰۰، ۲۵۰ و ppb ۵۰۰، تهیه شد. در نهایت غلظت روی، سرب، کادمیوم و مس در نمونه‌ها با استفاده از دستگاه ICPبه‌ترتیب در طول موج‌های ۲۰٦/۲، ۲۲۰/۳، ۲۱٤/٤ و ۳۲٤/۷ خوانده شد. حد تشخیص دستگاه برای عنصر روی برابر با ppb ۱۲۰۰۰۰-۸۷۰۰۰، برای سرب ppb ۱٤٥۰۰-۱۳۱۰۰، کادمیوم ppb ۲۲٤۰۰-۲۱۰۰۰ و مس ppb ٤۰۰۰۰-۲٦۰۰۰ بود (Valiukenaite *et al.*, 2006; Boltea *et al.*, 2008; González-Montaña *et al.*, 2012). همچنین میزان بازیابی برای روی، سرب، کادمیوم و مس به‌ترتیب برابر با ۱۰۱٪، ۹۹٪، ۱۰۳٪ و ۹۷٪ به‌دست آمد.

- پردازش آماری نتایج

به‌منظور پردازش آماری نتایج از ویرایش ۲۰ نرم‌افزار SPSS استفاده شد. از آزمون کولموگروف - اسمیرنوف برای بررسی نرمال بودن داده‌ها و از آزمون تی تک‌نمونه‌ای برای مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین با مقادیر استاندارد استفاده شد. همچنین برای بررسی همبستگی بین غلظت عناصر سنگین در نمونه‌های شیر، از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد.

یافته‌ها

نتایج مربوط به قرائت غلظت تجمع‌یافته عناصر روی، سرب، کادمیوم و مس در نمونه‌ها به تفکیک ایستگاه نمونه‌برداری در جدول (۱) ارایه شده است.

جدول (۱)- غلظت (میانگین ±انحراف‌معیار) تجمع‌یافته عناصر مورد ارزیابی در نمونه‌ها به تفکیک ایستگاه نمونه‌برداری

ایستگاه نمونه‌گیری	غلظت عنصر (میکروگرم در لیتر)*			
	روی	سرب	کادمیوم	مس
۱	۳۰۷۰±٤٥	۱٤۰۰±۷۰	۱٤۰±۱٥	۳٤۰±۲۰
۲	۲٥۰۰±۱۰۰	٤۰۰±۳٦	۸۰±۱۸	٥۰±۲
۳	٤۰۲۰±٦۰	٥۳۰۰±۱۱۰	۹۰±۲۰	۳۹۰±۲۰
٤	۲٤۰۰±٤۰	۷۰۰±۳٤	۱۰۰±۸	٦±۱
٥	۲۸۰۰±۲۰	۲۳۰۰±۹٦	۱۱۰±۱۰	۱۹۰±۳
٦	۲٦۰۰±٥۰	۲۰٥۰±٥٥	۹۰±۲	۹۰±۳
۷	۳۰۲۰±٤۰	۱۱۱۰±٥۰	۱۱۰±۱٥	٤۰±۲
۸	٤۱۷۰±۱۰	۸٥۰۰±۱۳۰	۱۱۰±۱۰	۳۰±۲
انحراف معیار± میانگین غلظت	۳۰۷۲±٦۷٤	۲۷۲۰±۲۷۹۰	۱۰٤±۱۸/٥	۱٤۲±۱٤۹

*داده‌ها مربوط به میانگین غلظت ۳ تکرار می‌باشد.

نتایج آزمون کلموگروف - اسمیرنوف به‌منظور بررسی نرمال بودن داده‌ها بیانگر آن بود که با توجه به این‌که سطح معنی‌داری برای تمام عناصر بزرگ‌تر از ۰/۰۵ است، بنابراین داده‌ها از توزیع نرمال برخوردار بودند. هم‌چنین نتایج آزمون تی تک‌نمونه‌ای به‌منظور مقایسه میانگین غلظت تجمع‌یافته عناصر مورد بررسی در نمونه‌های شیر با رهنمود سازمان بهداشت جهانی و کمیسیون اروپا (۳۲۸، ۲۰، ۱۰ و ۱۰ میکروگرم در لیتر به‌ترتیب برای روی، سرب، کادمیوم و مس) (CAC, 2003; EC, 2006; Ayar *et al*., 2009; González-Montaña *et al*., 2012; Malhat *et al*., 2012) بیانگر تفاوت معنی‌دار آماری بود ($p<۰/۰۵$). به‌طوری‌که میانگین غلظت هر چهار عنصر در نمونه‌های مورد مطالعه بسیار بالاتر از رهنمود سازمان بهداشت جهانی و کمیسیون اروپا برآورد شد. نتایج محاسبه ضریب همبستگی پیرسون برای بررسی همبستگی بین عناصر در نمونه‌های شیر بیانگر آن **بود** که بین عناصر روی و سرب با ضریب همبستگی (r) برابر با ۰/۹۰۹ و $p<۰/۰۵$، همبستگی قابل توجه و معنی‌دار وجود داشت، ولی بین سایر عناصر همبستگی قابل توجه مشاهده شد.

بحث و نتیجه‌گیری

تاکنون چندین مطالعه در خصوص بررسی احتمال حضور عوامل آلاینده در شیر و فرآورده‌های جانبی آن انجام شده است که اغلب نشان‌دهنده ارتباط مستقیم رشد صنعت، شهرنشینی و کشاورزی مکانیزه با افزایش غلظت فلزات سنگین در شیر دام‌های اهلی است. در مطالعه‌ای که به‌منظور بررسی سرب و کادمیوم در شیر خام تولیدی در مناطق مختلف استان همدان انجام یافت، نتایج نشان داد که میانگین غلظت عناصر در نمونه‌ها از رهنمود WHO و FAO کم‌تر می‌باشد (Vahidinia *et al.*, 2013). نتایج پژوهشی که به‌منظور بررسی عناصر سرب و کادمیوم در شیر خام زرین شهر اصفهان انجام یافت، نتایج نشان داد که میانگین غلظت فلزات مورد بررسی در نمونه‌ها با رهنمود WHO اختلاف معنی‌دار آماری ندارد و کم‌تر از استاندارد می‌باشد (Rahimi and Nikneshan, 2007). در مطالعه‌ای با هدف بررسی فلزات سنگین کادمیوم، سرب، مس و آرسنیک در شیر خام و پاستوریزه تولیدشده در شهرکرد، نتایج نشان داد که میانگین غلظت فلزات مورد مطالعه در شیر گاوداری‌های نزدیک مناطق صنعتی و شهری بیش‌تر از گاوداری‌های مستقر در مناطق روستایی است (Bonyadian *et al.*, 2006). نتایج پژوهشی که به‌منظور بررسی برخی عناصر در نمونه‌های شیر پاستوریزه عرضه‌شده در بازار مصرف شهر وجودینا صربستان انجام یافت، نشان داد که دامنه غلظت عناصر سرب، کادمیوم و مس بر حسب میکروگرم در کیلوگرم به‌ترتیب برابر با ۹۵/۲-۵٤/۳، ۲/۱۳-٤/۸۲ و ۱۱۲/۲-۱۲٤/۷ می‌باشد (Suturović *et al.*, 2014). در مطالعه‌ای که با هدف بررسی فلزات سنگین کادمیوم، سرب، مس و آهن در شیر و فرآورده‌های لبنی عرضه‌شده در شهر رام الله در کرانه باختری رود اردن انجام یافت، نتایج نشان داد که بیشینه غلظت عناصر در نمونه‌های مورد مطالعه بر حسب میکروگرم در گرم برای کادمیوم، سرب، مس و آهن به‌ترتیب برابر با ۰/۰۵۷، ۰/۹۳، ۰/۸۵ و ۱۲/۹۱ می‌باشد. همچنین میانگین غلظت عناصر سرب و کادمیوم در نمونه‌های شیر خام بیش‌تر از حد مجاز است (Abdulkhaliq *et al.*, 2012). در پژوهشی که با هدف بررسی عناصر سرب و کادمیوم در شیر گاوهای ساکن در منطقه صنعتی و معدنی اوتاریاس اسپانیا انجام یافت، نشان داد که دامنه غلظت عنصر سرب بر حسب میکروگرم در کیلوگرم برابر با ۱٦/۱-۰/۷۱ و میانگین غلظت کادمیوم کم‌تر از ۲ میکروگرم در کیلوگرم می‌باشد. همچنین میانگین غلظت سرب در نمونه‌های شیر مزارع مجاور سدهای باطله، نیروگاه‌های حرارتی و مناطق پرترافیک بیش‌تر از سایر نمونه‌های شیر می‌باشد (González-Montaña *et al.*, 2012). در پژوهشی که به‌منظور بررسی عناصر آهن، روی، سرب، کادمیوم و مس در شیر خام در مصر انجام یافت، نتایج نشان داد که در بیش‌تر نمونه‌های شیر میانگین غلظت عناصر از رهنمود کمیسیون کدکس تجاوز کرده است (Malhat *et al.*, 2012). نتایج پژوهشی که به‌منظور بررسی عناصر آرسنیک، آلومینیوم، سرب، سلنیوم و کادمیوم در شیر و فرآورده‌های آن در آناتولی ترکیه انجام یافت، نشان داد که محتوی سرب در محصولات مورد مطالعه برای مصرف‌کنندگان مخاطره‌آمیز است (Ayar *et al.*, 2009).

در پژوهشی به‌منظور بررسی برخی عناصر در شیر خام عرضه‌شده در بازار مصرف شهر کنتستانتا رومانی، نتایج نشان داد که میانگین غلظت عناصر آهن، آنتیموان،

تیتانیوم، روی، سرب، قلع، کادمیوم، کروم، مس و نیکل در نمونه‌های شیر بر حسب میکروگرم در کیلوگرم به‌ترتیب برابر با ۷۲۰، ۱۰۰، ٤۰، ۹۸۰، ۰/۱۲، ۱۰۰، ۰/۰۰٤، ٤۰، ۱۷۰ و ٤۰ می‌باشد (Birghila *et al.*, 2008).

در نمونه‌های شیر خام تولیدی شهرک صنعتی دام لرستان در سال ۱۳۹۳ اقدام شد. نتایج بیانگر آن است که میانگین غلظت عناصر بر حسب میکروگرم در لیتر در نمونه‌های شیر خام برای روی، سرب، کادمیوم و مس به‌ترتیب برابر با ٦۷٤±۳۰۷۲، ۲۷۹۰±۲۷۲۰، ۱۸/۵±۱۰٤ و ۱٤۹±۱٤۲ و همگی بسیار بالاتر از رهنمود سازمان بهداشت جهانی و کمیسیون اروپا می‌باشد. این موضوع را می‌توان به استفاده بیش از حد از نهاده‌های کشاورزی همچون سموم و کودهای شیمیایی و به‌ویژه آفت‌کش‌ها در مزارع کشت علوفه، استفاده از لجن فاضلاب در مزارع، pH خاک، مصرف آب زه‌کشی مزارع کشاورزی توسط دام‌ها، استفاده از آب آلوده در دامداری‌ها نسبت داد (Fouzy, 2000; Javed *et al.*, 2009; Vahidinia *et al.*, 2013). در مقایسه نتایج با دستاورد مطالعه عبدالخلیق و همکاران که بر روی فلزات سنگین در شیر عرضه‌شده در کرانه باختری رود اردن، میانگین غلظت عناصر سرب و کادمیوم بیش‌تر از حد مجاز بود (Abdulkhaliq *et al.*, 2012) و مطالعه مالهات و همکاران نشان که میانگین غلظت اکثر عناصر بیش‌تر از رهنمود کمیسیون کدکس بودند (Malhat *et al.*, 2012).

نتایج محاسبه ضریب همبستگی پیرسون بیانگر آن است که در نمونه‌های شیر مورد مطالعه بین عناصر روی و سرب با ضریب همبستگی برابر با ۰/۹۰۹، همبستگی قابل‌توجه و معنی‌دار آماری وجود دارد. نتایج مطالعات فراوانی به واکنش بین عناصر سرب و روی در بدن موجودات و قابلیت آن‌ها در سنتز نشان‌گر زیستی متالوتیونین به‌ویژه در اندام‌های روده، کبد و کلیه اشاره دارد (Cai *et al.*, 2009; Pilarczyk *et al.*, 2013). در مقایسه نتایج با دستاورد مطالعه پیلارزیک و همکاران که بر روی عناصر سمی و ضروری در شیر خام گاوهای تغذیه شده با مواد غذایی ارگانیک در لهستان انجام یافت، مشخص شد که در نمونه‌های شیر گاوهای هلشتاین بین عناصر روی و سرب همبستگی معنی‌دار آماری وجود دارد (Pilarczyk *et al.*, 2013) و مطالعه پاولویچ و همکاران که سرب و کادمیوم را در شیر خام گاوهای ساکن مناطق صنعتی کرواسی بررسی کردند، نشان داد در نمونه‌های شیر بین عناصر سرب و کادمیوم همبستگی معنی‌دار آماری وجود ندارد (Pavlovic *et al.*, 2004). همچنین مقایسه نتایج با دستاورد مطالعه سان و همکاران بر روی برخی فلزات سنگین در شیر گاوهای یاک در چین مشخص نمود که در نمونه‌های شیر بین عناصر کادمیوم و مس همبستگی معنی‌دار آماری وجود دارد (Sun *et al.*, 2011).

با توجه به نتایج که بیانگر تجاوز میانگین غلظت تجمع‌یافته فلزات سنگین روی، سرب، کادمیوم و مس در نمونه‌های شیر از حد مجاز است، به‌منظور دستیابی سلامت و ایمنی غذایی مصرف‌کنندگان، در نظر گرفتن تمهیداتی از جمله نظارت بر علوفه مصرفی، آب آشامیدنی، خصوصیات اراضی پیرامون دامداری‌ها و محل کشت علوفه و کنترل آلاینده‌های منتشرشده از مراکز صنعتی مجاور شهرک صنعتی دام لرستان توصیه می‌شود.

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 ۲، شماره ۲، صفحات: ۸۱-۷٤.

• دبیری، مینو (۱۳۸۹). آلودگی محیط‌زیست (هوا، آب، خاک، صوت)، انتشارات اتحاد، تهران، صفحه ٤۰۰.

• رحیمی، ابراهیم و نیک‌نشان، سهیل (۱۳۸٦). تعیین غلظت سرب و کادمیوم در شیر خام در منطقه زرین شهر. مجله دامپزشکی دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرمسار، دوره ۳، شماره ۱، صفحات: ۳٤-۲۹.

• رکنی، نوردهر (۱۳۸۹). اصول بهداشت مواد غذایی، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، صفحه ۱٦۱.

• قزلباش، مهسا؛ دربانی، سیدمحمدرضا؛ روستا، سرور؛ اسلامی مجد، عبدا...؛ سلطان الکتابی، محمود و موسوی‌آذر، علی (۱۳۹٤). کاربرد بیناب نمایی فروشکست القایی لیزری در شناسایی و تعیین غلظت عناصر موجود در شیر. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، سال ۱۰، شماره ۱، صفحات: ۹٦-۸۹.

• وحیدی‌نیا، علی اصغر؛ صالحی، ایرج؛ بیگی‌نژاد، هادی.، پورتقی، جلال؛ نظری، زهرا و مرادی، محمدرضا (۱۳۹۲). مطالعه میزان سرب و کادمیوم و عوامل مرتبط با آن در شیرهای خام تولیدی در مناطق مختلف استان همدان. بهداشت مواد غذایی، دوره ۳، شماره ۳، صفحه: ٤۷-۳۹.

• 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.

• Ayar, A., Sert, D. and Akin, N. (2009). The trace metal levels in milk and dairy products consumed in middle Anatolia-Turkey. Environmental Monitoring and Assessment, 152(1-4): 1-12.

• Birghila, S., Dobrinas, S., Stanciu, G. and Soceanu, A. (2008). Determination of major and minor elements in milk through ICP-AES. Environmental Engineering and Management Journal, 7(6): 805-808.

• Boltea, F., Bretan, L., Ketney, O. and Moldovan, C. (2008). Heavy metal concentration in milk from The Baia Mare depression. Journal of Agroalimentary Processes and Technologies, 14(2): 485-491.

● Bonyadian, M., Moshtaghi, H. and Sultani, Z. (2006). Study on The Residual of Lead and Cadmium In Raw and Pasteurized Milks in Shahrekord Area, Scientific-Research Iranian Veterinary Journal, 2(2)(13): 81-74. [in Persian]

• Cai, Q., Long, M.L., Zhu, M., Zhou, Q.Z., Zhang, L. and Liu, J. (2009). Food chain transfer of cadmium and lead to cattle in a lead–zinc smelter in Guizhou, China. Environmental Pollution, 157(11): 3078-3082.

• Codex Alimentarius Committee (CAC). (2003). Report of the 35th session of the Codex Committee on Food Additives and Contaminants, Arusha, Tanzania.

• Dobrzaǒski, Z., Kolacz, R., Górecka, H., Chojnacka, K. and Bartkowiak, A. (2005). The content of microelements and trace elements in raw milk from cows in the Silesian Region. Polish Journal of Environmental Studies, 14(5): 685-689.

● Dabiri, M. (2010). Environmental pollution (air, water, soil, noise), published by Etehad, Tehran, :400. [in Persian]

• European Commission (EC). (2006). Commission Regulation (EC) no. 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Official Journal of the European Union, L364, 5-24.

• Fouzy, A.S.M. (2000): Trace elements in market Domiati cheese and butter. Egyptian Journal of Dairy Science, 28(2): 211-218.
● Ghezelbash, M., Darbani, M., Rosta, S., Eslami Majd, A., Soltanol Kotab, M. and Mosavi Azar, A. (2015). Application of LIBS for Identification and Determination of Element Concentrations in Milk. Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology, 10(1): 89-96. [in Persian]
• González-Montaña, J.R., Senís, E., Gutiérrez, A. and Prieto, F. (2012). Cadmium and lead in bovine milk in the mining area of the Caudal River (Spain). Environmental Monitoring and Assessment, 184: 4029-4034.
• Javed, I., Jan, I., Muhammad, F., Rahman, Z., Zargham Khan, M., Aslam, B., et al., (2009). Heavy metal residues in the milk of cattle and goats during winter season. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 82: 616-620.
• Klaassen, C.D., Liu, J. and Choudhuri, S. (1999). Metallothionein: an intracellular protein to protect against cadmium toxicity. Annual Review of Pharmacology, 39(1): 267-294.
• Kupusovic, T., Midzic, S., Silajdzic, I. and Bjelavac, J. (2007). Cleaner production measures in small-scale, slaughterhouse industry- case study in Bosnia and Herzegovina. Journal of Cleaner Production, 15(4): 378-383.
• Lutfullah, G., Ali Khan, A., Amjad, A.Y and Perveen, S. (2014). Comparative study of heavy metals in dried and fluid milk in Peshawar by atomic absorption spectrophotometry. The Scientific World Journal, 2014: 1-5.
• Malhat, F., Hagag, M., Saber, A. and Fayz, A.E. (2012). Contamination of cow's milk by heavy metal in Egypt. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 88: 611-613.
• Moberg, A., Hallmans, G., Sjöström, R. and Wing, K.R. (1987). The effect of wheat bran on the absorption and accumulation of cadmium in rats. British Journal of Nutrition, 58: 383-391.
• Pavlovic, I., Sikiric, M., Havranek, J.L., Plavljanic, 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.
• Pilarczyk, R., Wójcik, J., Czerniak, P., Sablik, P., Pilarczyk, B. and Tomza-Marciniak, A. (2013). Concentrations of toxic heavy metals and trace elements in raw milk of Simmental and Holstein-Friesian cows from organic farm. Environmental Monitoring and Assessment, 185: 8383-8392.
● Rahimi, E. and Nikneshan, S. (2007). Determination of lead and cadmium concentration in raw milk in Zarinshahr area, Journal of Veterinary Microbiology (Veterinary Journal of Islamic Azad University, Garmsar Branch), 3(1): 34-29. [in Persian]
● Rokni, N. (2010). Principles of Food Hygiene, published by Tehran University, Tehran, page 161. [in Persian]
• Sun, W., Luo, Y. and Ma, H. (2011). Preliminary Study of Metal in Yak (*Bos grunniens*) Milk from Qilian of the Qinghai Plateau. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 86: 653-656.
• Suturovic´, Z., Kravic´, S., Milanovic´, S., Durovic´, A. and Brezo, T. (2014). Determination of heavy metals in milk and fermented milk products by potentiometric stripping analysis with constant inverse current in the analytical step. Food Chemistry, 155: 120-125.
• Valiukenaite, R., Stankeviciene, M., Stankevicius H. and Skibniewska, K.A. (2006). Lead and cadmium levels in raw cow's milk in Lithuania determined by inductively coupled plasma sector field mass spectrometry. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, 15(56): 243-246.
● Vahidinia, A., Salehi, I., Beyginegad, H., Pourtaghi, J., Nazari, Z. and Moradi, M.R. (2013). Assessment of Lead and cadmium contamination and influencing factors in raw milk from regions of Hamadan province, Journal of Food Hygiene, Vol. 3(11): 47-39. [in Persian]
• van Dokkum, W., de Vos, R.H., Muys, T. and Wesstra, J.A. (1989). Minerals and trace elements in total diets in The Netherlands. British Journal of Nutrition, 61(1): 7-15.
• Watson D. (2001). Food Chemical Safety, Contaminants, Woodhead Publishing, Elsevier, p. 322.

Determination of Zn, Pb, Cd and Cu contents in raw milk from Khorram-Abad dairies

Sobhanardakani, S.[1]*, Tizhosh, M.[2]

1. Associate Professor of Department of Environment, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran
2. M.Sc. Graduated in Environmental Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran
*Corresponding Author: s_sobhan@iauh.ac.ir
(Received: 2015/8/4 Accepted: 2016/6/12)

Abstract
Heavy metals are the most important chemical pollutants of foods. Milk and dairy products due to the nutritional functions are largely consumed by infants and children around the world. The purpose of this study was to analyze Zn, Pb, Cd and Cu contents in raw cow milks produced in dairies of Lorestan industrial livestock zone during 2014. A total of 24 milk samples was collected from eight dairies. The samples were subjected to acid digestion according to standard method. Afterwards, the metal contents were determined using ICP-OES. All statistical analyses were performed using the SPSS statistical package. The results showed that mean concentrations of Zn, Pb, Cd and Cu in milk samples were 3072±674, 2720±2790, 104±18.5 and 142±149 µg/kg, respectively. Also comparison of the mean concentrations of the metals with the WHO maximum permissible limits in milk revealed that the mean concentrations of all metals were significantly higher than permissible limits. Because of the mean concentrations of Zn, Pb, Cd and Cu in milk samples were higher than Mean Residual Limits, therefore to achieve the consumers' safety, monitoring of feed intake, water supplies, soil properties around livestock and forage crops and control of pollutants emission from industries near the livestock are recommended.
Keywords: Heavy metals, Raw milk, Food safety, Lorestan province