DOI: 10.22092/VJ.2020.351174.1743
شماره ۱۳۴ بهار ۱۴۰۱
تحقیقات دامپزشکی و فرآورده‌های بیولوژیک

بررسی آلودگی شیر به برخی از فلزات سنگین (سرب، کادمیوم، کروم، نیکل و جیوه) در گاوداری‌های استان قزوین و اثرات آن بر سلامتی انسان

• **مهدی افتخاری(نویسنده مسئول)**
بخش دام و طیور، مرکز تحقیقات و اموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی، قزوین، ایران
• **احسان شهرامی**
مرکز تحقیقات و اموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی، قزوین، ایران
• **محمدحسین هادی تواتری**
بخش دام و طیور، مرکز تحقیقات و اموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی، قزوین، ایران
• **معصومه اطلس باف**
آزمایشگاه اتحادیه دامداران استان قزوین

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹-۰۴-۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹-۰۶-۳۰
Email: Meftekhari@ut.ac.ir

چکیده

هدف از انجام پژوهش حاضر ارزیابی غلظت برخی از فلزات سنگین در شیر تولیدی گاوداری‌های صنعتی استان قزوین بود. برای انجام این تحقیق با مراجعه مستقیم نمونه‌های شیر مربوط به ۳۵ گله صنعتی گاو شیری تحت پوشش اتحادیه دامداران استان قزوین در شهرستان‌های مختلف استان شامل آبیک، قروین، تاکستان، بوئین‌زهرا و البرز در دو روز متوالی جمع‌آوری گردید. پس از نمونه‌گیری بلافاصله نمونه‌های اخذ شده به آزمایشگاه تخصصی اندازه‌گیری فلزات سنگین ارسال شد و میزان فلزات سنگین شامل سرب، کادمیوم، کروم، نیکل و جیوه در آنها اندازه‌گیری شد. سپس داده‌های حاصله در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد آنالیز و بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که غلظت سرب، کادمیوم و کروم شیر به ترتیب ۳/۷۷±۱/۴۳، ۲/۲۴±۰/۷۰ و ۱/۲۷±۱/۰۷ میکروگرم در کیلوگرم بود و از نظر غلظت این عناصر بین شهرستان‌های مختلف تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. میانگین غلظت نیکل و جیوه در شیر گاوداری های مورد مطالعه به ترتیب۰/۳۰±۰/۶۳ و ۰/۳۷±۰/۳۹ بود و از نظر غلظت نیکل و جیوه تفاوت بین شهرستان‌های مختلف استان معنی‌دار بود و سطح آلودگی شهرستان آبیک از نظر این عناصر بالاتر بود(P=۰/۰۲ و P=۰/۰۳). در مجموع از آنجا که غلظت عناصر مورد بررسی کمتر از حداقل سطوح خطرساز است، شیر تولیدی در استان قزوین می‌تواند به عنوان یک محصول کم‌خطر از نظر غلظت فلزات سنگین (سرب، کادمیوم، نیکل، کروم و جیوه) جهت مصرف در تغذیه انسان تلقی گردد.

کلمات کلیدی: آلودگی، فلزات سنگین، امنیت زیستی،گاوداری، شیر

Veterinary Researches & Biological Products No 134 pp: 131-137

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

By: Eftekhari, M., (Corresponding Author) Animal ScienceResearch Department, QazvinAgricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Qazvin, Iran. Shahrami, E., Department, QazvinAgricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Qazvin, Iran. Hadi Tavatori, M. H., Animal ScienceResearch Department, QazvinAgricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Qazvin, Iran. and Atlasbaf, M., Qazvin Livestock Farmers Union Laboratory.

Received: 2020-07-21 **Accepted: 2020-09-20**

Email: Meftekhari@ut.ac.ir

The aim of this study was to evaluate the concentration of some heavy metals in the milk produced by dairy farms in Qazvin province. For this study, milk samples of 35 industrial dairy herds under the auspices of the Livestock Breeders Union of Qazvin province in different cities including Abyek, Qazvin, Takestan, Buin Zahra and Alborz were collected by direct reference in two consecutive days. Immediately after sampling, the samples were sent to a specialized laboratory for measuring levels of heavy metals including lead, cadmium, chromium, nickel and mercury. Then, the obtained data were analyzed in a completely randomized design. The results showed that the concentrations of lead, cadmium and chromium in the produced milk were 1.43± 3.77, 0.70± 2.24 and 1.07±1.27 µg / kg respectively. There was no significant difference in the concentration of these elements among different cities. The concentrations of nickel and mercury in the produced milk were 0.63± 0.30 and 0.39± 0.37 µg / kg respectively. In terms of nickel and mercury concentrations, the difference between different cities of the province was significant and in Abyek was higher than others (P=0.02 and p=0.02 respectively). In conclusion, concentrations of heavy metals (lead, cadmium, chromium, nickel and mercury) in milk produced in dairy farms was less than the standard levels, thus milk produced in Qazvin province can be considered as a healthy product from heavy metals (lead, cadmium, chromium, nickel and mercury) for human consumption.

Key words: Pollution, Heavy metals, Biosecurity, cattle husbandry, Milk

مقدمه

شیر و محصولات لبنی مهم‌ترین اجزای تشکیل دهنده غذا در بسیاری از نقاط جهان هستند. شیر یک ترکیب پیچیده و ماده‌ای زیست فعال است که سبب بهبود رشد می‌گردد و چون منبع خوبی از پروتئین، چربی، قند، ویتامین و مواد معدنی می‌باشد، به عنوان غذای کامل در نظر گرفته می‌شود. (۲۲). اگرچه شیر منبعی ایده آل از عناصر پرمصرف (کلسیم، پتاسیم و فسفر) و کم‌مصرف (مس، آهن، روی و سلنیوم) است، ولی مقادیر مازاد برخی از مواد مضر که وارد شیر و محصولات لبنی می‌شوند ممکن است به سطوح خطرساز برای انسان برسد(۲۲).

یکی از این موارد فلزات سنگین است؛ فلزات سنگین عناصری هستند که وزن مخصوص آنها بیش از ۵ گرم در سانتی‌متر مکعب است؛ یا وزن اتمی آنها در دامنه ۶۳/۵ تا ۲۰۰ گرم در مول است (۹). برخی از فلزات سنگین نظیر آرسنیک، کادمیوم، سرب و جیوه جزء سموم تجمعی هستند. این فلزات سنگین پایدار هستند و تجمع می‌یابند. برخی از فلزات سنگین (مثل آهن، کبالت، مس، منگنز، مولیبدن و روی) در انجام فعالیت‌های متابولیکی اساسی در موجودات زنده ضروری هستند. برخی(مثل سرب، کادمیوم و جیوه) غیرضروری هستند و نقش بیولوژیکی ندارند (۲۲)، با این حال همه فلزات در غلظت‌های بالاتر سمی هستند. از آنجا که فلزات سنگین در قالب ترشحات غده پستان به داخل شیر ترشح می‌شوند، یک عامل خطر بزرگ در محصولات لبنی و بالاتر از همه برای سلامت مصرف‌کننده به ویژه کودکان و سالمندان هستند(۴). در همین راستا در مطالعاتی که در کشورهای مصر و کرواسی روی نمونه‌های شیر انجام شد غلظت سرب و کادمیوم در نمونه‌های شیر کشور مصر و غلظت کادمیوم در نمونه‌های کشور کرواسی بیش از مقادیر استاندارد بود(۳ و ۱۵). مشابه همین نتایج در مطالعه انجام شده روی شیر گاو در کشور اسپانیا نیز غلظت سرب و کادمیوم بیش از مقادیر استاندارد توصیه شده توسط فدراسیون بین‌المللی شیر و استاندارد کدکس بود(۲۶). از طرفی اگرچه نرخ انتقال فلزات سنگین از علوفه به شیر به دلیل فیلتراسیون فیزیولوژیکی غدد پستانی بسیار کم (۱ به ۵۰۰) گزارش شده است (۴)، ولی فلزات سنگین به دلیل پراکنش زیاد، مقاومت به حرارت، ثبات

شیمیایی و قدرت تجمع‌پذیری در بافت‌های بدن موجودات زنده می‌توانند با تداوم مصرف شیر آلوده در بدن تجمع یافته و سبب بروز مسمومیت‌های حاد یا مزمن گردند (۱۳).

از آنجا که مقدار فلزات سنگین موجود در شیر به عنوان یکی از عوامل موثر بر کیفیت و ارزش شیر تولیدی و فراورده‌های آن به عنوان کالایی صادراتی مورد توجه کشورهای وارد کننده این محصول می‌باشد. بنابراین با توجه به نقش فلزات سنگین در به مخاطره انداختن سلامت دام و انسان و کیفیت و ایمنی محصول تولیدی (شیر و محصولات لبنی) مطالعه حاضر به منظور ارزیابی سطوح آلودگی شیر گاوداری‌های صنعتی استان قزوین به عناصر سنگین (شامل سرب، کادمیوم، کروم، نیکل و جیوه) و مقایسه آنها با مقادیر استاندارد انجام شد.

مواد و روش کار

جهت انجام این آزمایش مشخصات گاوداری‌های صنعتی استان قزوین از اتحادیه دامداران اخذ گردید و با در نظر گرفتن پراکنش و تمایل گاوداران به همکاری در این پروژه، ۳۵ واحد در شهرستان‌های مختلف استان شامل قزوین، آبیک، تاکستان، البرز و بوئین‌زهرا انتخاب شدند. نمونه‌گیری از شیر با مراجعه مستقیم به واحدهای مورد مطالعه طی دو روز متوالی و از محل تانک ذخیره شیر انجام شد. به منظور پاکسازی هرگونه عناصر معدنی باقیمانده در سطح ظروف به‌کار رفته در این مطالعه، تمامی وسایل قبل از استفاده به مدت ۲۴ ساعت در اسید نیتریک یک نرمال غوطه‌ور گردیده و با آب دیونیزه به خوبی آبکشی (اسیدشور) شدند(۲). به هنگام نمونه‌گیری ظروف نمونه‌گیری از نمونه مورد نظر لبریز گردید و سپس به صورت تازه و جداگانه به آزمایشگاه ارسال شد. برای هضم نمونه‌های شیر از روش هضم ریچاردز (۱۹۶۸) استفاده شد (۲۴) به این ترتیب که ۲ میلی‌لیتر اسیدنیتریک به ۱۰ میلی‌لیتر شیر افزوده شد و به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد. پس از سرد شدن تا دمای اتاق، ۵ میلی‌لیتر اسیدکلریک به آن اضافه شد و دمای آن به ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت تا حجم به ۲ تا ۳ میلی‌لیتر کاهش یابد. نمونه‌های شیر هضم شده با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسیدند. جهت اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین از دستگاه طیف سنج جرمی پلاسمای القایی ساخت کشور آلمان (ICP-OES simultaneous, Arcos EOP Spectro, German) استفاده شد. استفاده از این روش امکان اندازه‌گیری همزمان عناصر مورد بررسی را فراهم می سازد.

همچنین به منظور بررسی خطرات بالقوه فلزات سنگین بر سلامتی انسان در ارتباط با مصرف شیر، تخمین مصرف روزانه (EDI) فلزات سنگین با استفاده از معادله ذیل بر اساس مصرف شیر انجام شد.

$$EDI=Cm*FIR$$

که در آن Cm میانگین غلظت فلز در شیر (میکروگرم در گرم) و FIR مصرف روزانه شیر(گرم در روز) است. مصرف روزانه تخمینی عاملی است که به غلظت فلز در شیر و مصرف روزانه شیر بستگی دارد و تحمل به مواد آلوده‌کننده را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

روش آماری مورد استفاده در این تحقیق جهت مقایسه اطلاعات بدست آمده در شهرستان‌های مختلف استان قزوین طرح کاملاً تصادفی با تکرار نامساوی بود. تجزیه و تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده با نرم‌افزار SAS (۸,۰۱ Ver ،۲۰۰۳) و مقایسه میانگین‌ها در سطح P≤۰/۰۵ انجام شد.

نتایج

نتایج مربوط به میانگین، حداقل و حداکثر غلظت فلزات سنگین در جدول ۱ ارائه شده است. نمونه‌های شیر در آزمایش حاضر حاوی سطوح سرب در محدوده ۰/۱۴ تا ۲۸ میکروگرم در کیلوگرم و میانگین آن ۳/۷۷±۱/۴۳ میکروگرم در کیلوگرم بود. بین شهرستان‌های مختلف استان قزوین شامل آبیک، بوئین زهرا، قزوین، تاکستان و البرز از نظر میزان سرب نمونه‌های شیر تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). با این‌حال بیشترین غلظت سرب در گاوداری‌های شهرستان آبیک مشاهده شد که یکی از دلایل آن می‌تواند نزدیک بودن محل استقرار آنها به خطوط اصلی مواصلاتی و تردد وسایل نقلیه باشد.

میانگین غلظت کادمیوم در نمونه‌های شیر ۰/۷۰±۲/۲۴ میکروگرم در کیلوگرم و دامنه آن ۰/۰۳ تا ۱۳/۹۰ میکروگرم در کیلوگرم و میانگین غلظت کروم در نمونه‌های شیر ۱/۰۷±۱/۲۷ میکروگرم در کیلوگرم و

جدول ۱- میانگین، حداقل و حداکثر غلظت فلزات سنگین در نمونه های شیر(واحد در بیلیون).

فلز(ppb۱)	میانگین±انحراف معیار	حداقل	حداکثر
سرب	۳/۷۷±۱/۴۳	۰/۱۴	۲۸
کادمیوم	۰/۷۰±۲/۲۴	۰/۰۳	۱۳/۹
کروم	۱/۰۷±۱/۲۷	۰/۴۲	۷/۱
جیوه	۰/۳۹±۰/۳۷	۰/۰۲	۲
نیکل	۰/۶۳±۰/۳۰	۰/۲۲	۲/۱

۱-(ppb): واحد در بیلیون.

غلظت آن در نمونه‌های مورد مطالعه در دامنه ۰/۴۲ تا ۷/۱ میکروگرم در کیلوگرم قرار داشت (جدول ۱)؛ غلظت سرب و کادمیوم در شیر تولیدی شهرستان‌های مختلف استان قزوین شامل آبیک، بوئین‌زهرا، قزوین، تاکستان و البرز تفاوت معنی‌داری نداشت(جدول ۲). غلظت جیوه در نمونه‌های شیر اخذ شده به صورت میانگین، ۰/۳۷±۰/۳۹ میکروگرم در کیلوگرم بود و دامنه آن از ۰/۰۲ تا ۲ میکروگرم در کیلوگرم بود. از نظر غلظت جیوه بین شیر تولیدی گاوداری‌های شهرستان آبیک و تاکستان معنی‌دار بود. میانگین غلظت نیکل نیز در نمونه‌های شیر۰/۳۰±۰/۶۳ میکروگرم در کیلوگرم بود و از نظر غلظت آن بین شهرستان آبیک و البرز تفاوت معنی‌داری وجود داشت. حداقل غلظت نیکل در نمونه ها ۰/۲۲ و حداکثر آن ۲/۱ میکروگرم در کیلوگرم بود.

میزان تخمین مصرف روزانه فلزات سنگین شیر در جدول ۳ گزارش شده است همانطور که مشاهده می‌شود میزان تخمین مصرف روزانه سرب و کادمیوم به ترتیب ۰/۵۲±۱/۲۹ و ۰/۲۷±۰/۸۲ میکروگرم در روز بود و مقدار آن بین شهرستان‌های مختلف استان تفاوت معنی‌داری نداشت. میزان تخمین مصرف روزانه نیکل نیز ۰/۲۵±۰/۳۵ میکروگرم در روز بود و مقدار آن بین شهرستان‌های مختلف استان تفاوت معنی‌داری نداشت. میزان تخمین مصرف روزانه کروم و جیوه به ترتیب ۰/۳۹±۰/۵۳ و ۰/۱۷±۰/۳۷ میکروگرم در روز بود و مقدار آنها نیز بین شهرستان‌های مختلف استان تفاوت معنی‌داری نداشت.

بحث

سرب یکی از سمی‌ترین فلزات سنگین است و سطح آن روز به روز در نتیجه شهرنشینی و صنعتی شدن به صورت کنترل نشده در حال افزایش است (۲۷). حداکثر سطح مجاز سرب در شیر بر اساس کمیسیون کدکس (۲۰۱۵)، ۰/۰۲ میکروگرم در میلی‌لیتر است(۵). حداکثر سطح مجاز سرب در شیر بر اساس استاندارد موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران نیز ۰/۰۲ میکروگرم در هر گرم اعلام شده است (۱۰). مقایسه نتایج آزمایش حاضر با این استانداردها نشان داد تنها سطح سرب در نمونه‌های شیر یکی از گاوداری‌ها از حد مجاز تجاوز نمود، با اینحال میانگین غلظت سرب در شیر گاوداری‌های مورد مطالعه حدود ۱۴ برابر کمتر از حداکثر سطح مجاز آن بود. در مطالعه نجار نژاد و اکبرآبادی (۲۰۱۳) میانگین

جدول ۱- میانگین، حداقل و حداکثر غلظت فلزات سنگین در نمونه های شیر(واحد در بیلیون).

فلز(ppb)	قزوین	بوئین زهرا	آبیک	البرز	تاکستان	SEM	P-value
سرب	۰/۶۱	۰/۵۹	۳/۶۵	۰/۸۴	۰/۷۳	۰/۴۷	۰/۰۹
کادمیوم	۰/۸۳	۱/۷۰	۰/۴۱	۰/۱۵	۰/۶۴	۰/۲۸	۰/۵۴
کروم	۰/۷۴	۱/۴۰	۱/۲۱	۱/۱۹	۱/۷۴	۰/۱۶	۰/۵۰
جیوه	۰/۴۱ ab	۰/۲۹ ab	۰/۶۱ a	۰/۵۳ ab	۰/۰۶ b	۰/۰۵	۰/۰۳
نیکل	۰/۶۱ ab	۰/۶۱ ab	۰/۹۴ a	۰/۴۵ b	۰/۵۷ ab	۰/۰۵	۰/۰۲

• اندیس‌های متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده تفاوت معنی دار در سطح P≤۰/۰۵ است..

جدول ۳- تخمین مصرف روزانه در نمونه های شیر.

فلز(ppb)	تخمین مصرف روزانه (میکروگرم در روز)						SEM	P-value
	میانگین	قزوین	بوئین زهرا	آبیک	البرز	تاکستان		
سرب	۰/۵۲±۱/۲۹	۰/۲۰	۰/۱۹	۱/۳۱	۰/۲۷	۰/۲۲	۰/۱۵	
کادمیوم	۰/۲۷±۰/۸۲	۰/۲۷	۰/۵۶	۰/۲۴	۰/۰۵	۰/۲۱	۰/۱۰	
نیکل	۰/۲۵±۰/۳۵	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۴۲	۰/۱۵	۰/۱۸	۰/۰۴	
کروم	۰/۳۹±۰/۵۳	۰/۲۴	۰/۴۶	۰/۵۱	۰/۳۹	۰/۵۷	۰/۰۶	
جیوه	۰/۱۷±۰/۳۷	۰/۱۳	۰/۰۹	۰/۳۱	۰/۱۷	۰/۰۲	۰/۰۴	

• اندیس‌های متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده تفاوت معنی دار در سطح P≤۰/۰۵ است..

سطح سرب ۰/۱۲ میکروگرم در هر گرم (۱۷) و در مطالعه اسماعیل و همکاران (۲۰۱۷) مقدار آن ۰/۲۱ میکروگرم در هر گرم بود(۱۲). مقایسه میانگین غلظت سرب در آزمایش حاضر با این اعداد نشان می‌دهد که میانگین غلظت سرب در شیر گاوداری‌های استان قزوین به مراتب کمتر از این مقادیر است. همچنین خان و همکاران (۲۰۱۴) میزان سرب در نمونه‌های شیر تولیدی در کشور کره را ۰/۰۰۴ میکروگرم در گرم گزارش نمودند(۱۴)؛ که نسبت به نتایج آزمایش حاضر بیش از ۳ برابر بالاتر می‌باشد. در مطالعه میکلین و همکاران (۲۰۱۹) نیز که جهت بررسی میزان فلزات سنگین در شیر انجام شد غلظت سرب در نیمی از نمونه‌ها بالاتر از سطح مجاز بود (۱۶) که دلایل احتمالی آن مصرف خاک آلوده از طریق چرا یا مخلوط شدن خاک با علوفه حین آماده‌سازی علوفه و مکمل‌های مواد معدنی کم مصرف استفاده شده در جیره دام بیان شد. به هر حال یکی از عوامل موثر بر مقدار سرب در محصولات لبنی تمایل زیاد کازئین به جذب سرب می‌باشد.(۶). سیمسک و همکاران(۲۰۰۰) نیز در مطالعه‌اي در کشور ترکیه میزان سرب شیر را در محدوده ۰/۰۵ -۰/۰۲ ppm گزارش کردند (۲۵). به دلیل سرعت کم دفع سرب از بدن، سرب اثر سمی تجمعی و شدید دارد. مهم‌ترین منابع سرب در شیر و محصولات لبنی رسوب مواد معلق اتمسفر، رواناب‌های شهری و اگزوز وسایل نقلیه می‌باشد (۱۵). در مطالعه حاضر نیز بیشترین غلظت سرب در گاوداری‌های شهرستان آبیک مشاهده شد که یکی از دلایل آن می‌تواند نزدیک بودن محل استقرار آنها به خطوط اصلی مواصلاتی و تردد وسایل نقلیه باشد.

بر اساس توصیه فدراسیون بین‌المللی شیر، حداکثر حد مجاز کادمیوم در شیر ۰/۰۰۲۶ میکروگرم در گرم است(۵)؛ مقایسه این مقدار استاندارد با نتایج آزمایش حاضر نشان می‌دهد میانگین سطح کادمیوم در نمونه‌های شیر استان قزوین (حدود ۴ برابر) کمتر از مقادیر توصیه شده می‌باشد(۱۱). سطح کادمیوم شیر در گزارش‌های انجام شده در کشور لهستان (۲۱) و کرواسی (۳) به ترتیب ۰/۰۰۴ و ۰/۰۰۳ میکروگرم در گرم گزارش شده است که بیش از نتایج آزمایش حاضر است. سطح این فلز سنگین در اسپانیا و کره بسیار پائین و به ترتیب ۰/۰۰۰۴ و ۰/۰۰۲ میکروگرم در گرم گزارش شده است (۱۴ و ۲۶) که اگرچه سطح کادمیوم در شیر تولیدی کشور اسپانیا کمتر از سطح کادمیوم در آزمایش حاضر است ولی مقادیر مشاهده شده در آزمایش حاضر قابل مقایسه با مقدار متناظر در کشور کره است. منابع طبیعی مثل ته‌نشست از اتمسفر به خاک و کودهای شیمیایی مهم‌ترین منابع وجود کادمیوم در شیر و فراورده‌های لبنی هستند (۱۵).

میانگین غلظت کروم در آزمایش حاضر ۱/۰۷ میکروگرم در کیلوگرم بود و میانگین سطح کروم در شیر تولیدی در کشور کره و نیجریه به ترتیب ۰/۱۵۳ و ۲/۶۳۱ میکروگرم در گرم گزارش شده است (۱۴ و ۲۰)، که بسیار بالاتر از نتایج آزمایش حاضر است. میانگین سطح کروم در کشور فرانسه و اسپانیا نیز به ترتیب ۰/۰۵۵ و ۰/۰۲۶ میکروگرم در گرم گزارش شده است (۱۹ و ۲۳). در مطالعه حاضر کل محتوای کروم مورد سنجش قرار گرفت و ظرفیت شیمیایی مدنظر قرار نگرفته است. بنابراین هر گونه نتیجه‌گیری در ارتباط با این عنصر یا غلظت آن در شیر گاوداری‌های استان قزوین باید با احتیاط صورت گیرد و شاید نیاز به تحقیقات تکمیلی در این زمینه باشد. با اینحال بایستی توجه نمود که مصرف کروم تا حدی مناسب است، چون نشان داده شده است نقش مهمی در بهبود تحمل به گلوکز دارد(۷).

جیوه یک فلز مایع و فرار است که در صخره‌ها، خاک و در هوا به دلیل فعالیت‌های انسانی مانند استفاده از ترکیبات حاوی جیوه در تولید قارچ کش‌ها، رنگ، لوازم آرایشی، خمیر کاغذ و ... یافت می‌شود و مصرف آن منجر به بیماری مینامیتا (Minamita) می‌شود. بین شهرستان‌های مختلف استان قزوین از نظر میزان جیوه نمونه‌های شیر تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲)، به طوری سطح جیوه در نمونه‌های شیر شهرستان آبیک نسبت به تاکستان به طور معنی‌داری بیشتر بود(P≤۰/۰۵). با توجه به اینکه معمولاً منبع آلودگی به جیوه در جیره دام در اغلب موارد پودر ماهی است، احتمالاً دلیل تفاوت مشاهده شده نوع پودر ماهی استفاده شده و یا سطح استفاده از پودر ماهی در جیره‌های مصرفی می‌باشد. بر اساس استاندارد اروپا در سال ۲۰۰۶ حداکثر سطح مجاز جیوه در مواد خوراکی ۰/۱ پی پی ام است (۵) و مقادیر مشاهده شده در مطالعه حاضر حدود ۰/۴ درصد حداکثر سطح مجاز بود. بنابراین سطح جیوه در شیر تولیدی گاوداری‌های استان قزوین با سطوح خطرساز این فلز سنگین فاصله زیادی دارد.

نیکل به عنوان کوفاکتور تعدادی از هورمون‌ها و آنزیم‌ها عنصری ضروری برای انسان‌ها محصوب می‌شود؛ با این حال مصرف بالای آن سبب صدمات سلولی، نقص سیستم تولیدمثلی، تغییر اعمال هورمونی و آنزیمی، تنش اکسیداتیو و سمیت عصبی می‌گردد (۱۹). بین شهرستان‌های مختلف استان قزوین شامل آبیک، بوئین زهرا، قزوین، تاکستان و البرز از نظر میزان نیکل نمونه‌های شیر تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲)، به طوری که سطح نیکل در نمونه‌های شیر تولیدی در شهرستان آبیک بیش از شهرستان البرز بود (P≤۰/۰۵). نیکل معمولاً در اثر هوازدگی سنگ‌های مادری و یا در اثر ته‌نشست از اتمسفر و یا احتراق مواد نفتی تولید می‌شود. استفاده از کودهای شیمیایی و یا فاضلاب در آبیاری محصولات زراعی نیز می‌تواند از عوامل خطرساز در افزایش غلظت نیکل مشاهده شده در شیر تولیدی در گاوداری‌های شهرستان آبیک باشد. غلظت فلزات در مواد خوراکی به کیفیت آب، خصوصیات خاک، ویژگی‌های خاک و ... بستگی دارد و این عوامل می‌توانند زیست فراهمی فلزات سنگین را که وارد محصولات لبنی می‌شوند را از راه‌های گوناگون تحت تاثیر قرار دهند (۲۸). بر اساس بررسی‌های انجام شده حداکثر سطح مجاز نیکل در شیر در هیچ یک از آژانس‌های بین‌المللی وضع قوانین ارائه نشده است ولی بر اساس استاندارد موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران حداکثر سطح مجاز نیکل در شیر ۰/۵ واحد در میلیون (ppm) است (۱۰) یعنی سطوح مشاهده شده در مطالعه حاضر فقط حدود ۰/۱۲ درصد حداکثر سطح مجاز توصیه شده در کشور است؛ بنابراین شیر تولیدی در استان از نظر سطح نیکل در سطوح امن قرار دارد. فلزات سنگین ممکن است شیر حیوانات را از طریق وسایل و ماشین‌هایی که در فرآوری و توزیع شیر استفاده می‌شوند، آلوده سازند؛ به همین دلیل شیر فرآوری شده نسبت به شیر خام سطوح بالاتری از فلزات سنگین دارد(۱). نتایج برخی از مطالعات حاکی از آن است که شیر تولید شده در نزدیک نواحی صنعتی و نواحی با ترافیک بالای وسایل نقلیه سطوح بالاتری از فلزات

سنگین را دارند. در حالی که شیر تولید شده در مناطق روستایی حاوی سطح پائینی از فلزات سنگین می‌باشد (۲۵).

مسمومیت با فلزات سنگین به دلیل مصرف یک فلز فراتر از حد مجاز آن است و درجه سمیت فلزات برای انسان به میزان مصرف روزانه آنها بستگی دارد. مسمومیت فلزات سنگین از طریق شیر در مقایسه با سایر غذاها به دلیل مصرف بالاتر شیر توسط گروه‌های سنی حساس شامل نوزادان و سالمندان موضوع جدی‌تری است (۸). در این چارچوب، مراجع بین‌المللی سلامت، حداکثر سطح مجاز قابل تحمل مصرف را برای فلزات سمی و عناصر ضروری تعیین نموده‌اند. حد قابل تحمل مصرف روزانه سرب و کادمیوم در بالغین به ترتیب ۲۰۰ و ۷۱-۵۷ میکروگرم در روز است(۲۹). استاندارد مصرف کروم ۰/۲ میلی‌گرم در روز است. همانطور که مشاهده می‌شود تخمین مصرف روزانه سرب و کادمیوم بر اساس غلظت این عناصر در شیر تولیدی در استان قزوین بسیار کمتر مقادیر از مقادیر استاندارد است.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که غلظت فلزات سنگین (کادمیوم، نیکل، کروم، سرب و جیوه) در شیر تولیدی گاوداری‌های استان قزوین کمتر از استانداردهای توصیه شده می‌باشد و تخمین مصرف روزانه کمتر از مقادیر خطرساز می‌باشد، بنابراین شیر تولیدی در استان قزوین می‌تواند به عنوان یک محصول کم‌خطر از نظر غلظت فلزات سنگین (سرب، کادمیوم، کروم، نیکل و جیوه) برای مصرف انسان تلقی گردد.

منابع مورد استفاده

1.Anetta, L. 2012. Concentration of selected elements in raw and ultra-heat treated cow milk. Journal of microbiology. *Biotechnology and food sciences* 2: 795–802.

2.Bakircioglu, D., Y. B. Kurtulus, and G. Ucar. 2011. Determination of some traces metal levels in cheese samples packaged in plastic and tin containers by ICP-OES after dry, wet and microwave digestion. *Food and Chemical Toxicology* 49 (1): 202-207.

3.Bilandžić, N., M. Dokić, M. Sedak, B. Solomun, I. Varenina, Z. Knežević and M. Benić. 2011. Trace element levels in raw milk from northern and southern regions of Croatia. *Food Chemistry 127: 63-66.*

4.Bluthgen, A. H. 2000. Contamination of milk from feed. *Bulletin of the international dairy federation* 356: 43-47.

5.Commission Regulation (EC) No 1881. 2006. Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs.

6.Coni, E., A. Bocca, P. Coppolelli, S. Caroli, C. Cavallucci and M. T. Marinucci. 1996. Minor and trace element content in sheep and goat milk and dairy products. *Food Chemistry*. 57: 253–260.

7.Eftekhari, M., M. Mostashari-Mohasses and M. Hadi-Tavatori. 2016. Chromium and its role in glucose metabolism and nutrition of dairy cows. *Journal of Agriculture and Natural Resources* 5(19): 12-22.

8.FAO. 2017. Food and agricultural organization. Available from: http://www.fao.org/agriculture/dairy-gateway/milk-and-milk-products/en/#.VXCwWs9Viko.

9.Gumpu, M. B., S. Sethuraman, U. M. Krishnan and J. B. B. Rayappan. 2015. A review on detection of heavy metal ions in water–An electrochemical approach. Sensors and actuators B: chemical 213: 515-33.

10.Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 2011. Food & Feed-Maximum limit of heavy metals. ISIRI No. 12968. Karaj: ISIRI.

11.IDF Standard. 1979. Metal contamination in milk and milk products. *Int. Dairy Fed. Bull.* Document no. A. Doe37

12.Ismail, A., M. Riaz, S. Akhtar, J. E. Goodwill and J. Sun. 2017. Heavy metals in milk: global prevalence and health risk assessment. *Toxin Reviews*38: 1, 1-12.

13.Ismail, A., M. Riaz, S. Akhtar, T. Ismail, M. Amir and M. Zafar-ul-Hye. 2014. Heavy metals in vegetables and respective soils irrigated by canal, municipal waste and tube well waters. *Food Additives & Contaminants:* Part B 7(3): 213-19.

14.Khan, N., I. S. Jeong, I. M. Hwang, J. S. Kim, S. H. Choi, E. Y. Nho, J. Y. Choi, K. S. Park and K. S. Kim. 2014. Analysis of minor and trace elements in milk and yogurts by inductive coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS). *Food Chemistry* 147: 220-224.

15.Meshref, A. M. S., W. A. Moselhy, N. El-Houda and Y. Hassan. 2014. Heavy metals and trace elements levels in milk and milk products. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 8(4): 381-8.

16.Miclean, M., O. Cadar, E. A. Levei, R. Roman, A. Ozunu and L. Levei. 2019. Metal (Pb, Cu, Cd, and Zn) Transfer along Food Chain and Health Risk Assessment through Raw Milk Consumption from Free-Range Cows. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16, 4064: 1-14.

17.Najarnezhad, v., M. Akbarabadi. 2013. Heavy metals in raw cow and ewe milk from north-east Iran, *Food Additives & Contaminants:* Part B 6:3, 158-162.

18.Noel, L., R. Chekri, S. Millour, C. Vastel, A. Kadar, V. Sirot, J. C. Leblanc, T. Guerin. 2012. Li, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Se and Mo levels in foodstuffs from the Second French TDS. *Food Chemistry* 132:1502-1513.

19.Nordberg, G.F., B. A. Fowler, M. Nordberg and L.T. Friberg. 2007. In: Handbook on the toxicology of metals (3rd ed.). Academic Press Inc., USA.

20.Ogabiela, E. E., U. U. Udiba, O. B. A. desina, C. Hammuel, F. A. Ade–Ajayi, G. G. Yebpella, U. J. Mmereole and M. Abdullahi.

2011. Assessment of metal levels in fresh milk from cows grazed around Challawa industrial estate of Kano, Nigeria. *Journal of Basic and Applied Scientific Research* 1: 533-538.

21.Pilarczyk, R., J. Wojcik, P. Czerniak, P. Sablik, B. Pilarczyk, A. Tomza-Marciniak. 2013. Concentrations of toxic heavy metals and trace elements in raw milk of Simmental and Holstein–Friesian cows from farm. *Environ. Environmental Monitoring and Assessment* 185: 8383-8392.

22.Qin, L. Q., X. P. Wang, W. Li, X. Tongand W. J. Tong. 2009. The minerals and heavy metals in cow's milk from China and Japan. *Journal Health Science* 55(2): 300-305.

23.Rey-Crespo, F., M. Miranda and M. López-Alonso. 2013. Essential trace and toxic element concentrations in organic and conventional milk in NW Spain. *Food and Chemical Toxicology* 55: 513-518.

24.Richards, L.A. 1968. Agriculture Handbook No. 60: Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. IBH Publications Company, New Delhi, India.

25.Simsek, O., R. Gultekin, O. Oksuz and S. Kurultay. 2000. The effect of environmental pollution on the heavy metal in content of raw milk. *Food/Nahrung* 44 (5): 360-363.

26.Sola-Larrañaga, C and I. Navarro-Blasco. 2009. Chemometric analysis of minerals and trace elements in raw cow milk from the community of Navarra, Spain. *Food Chemistry* 112: 189-196.

27.Swarup, D., R. C. Patra, R. Naresh, P. Kumar, P Shekhar. 2005. Blood lead levels in lactating cows reared around polluted localities; Transfer of lead into milk. *Science of the Total Environment*. 15(1-3): 67-71.

28.Zain, S.M., S. Behkami, S. Bakirdere and I. B. Koki. 2016. Milk authentication and discrimination via metal content clustering – a case of comparing milk from Malaysia and selected countries of the world. *Food Control* 66: 306-314.

29.Zheng, N., Q. Wang, X. Zhang, D. Zheng, Z. Zhang, S. Zhang. 2007. Population health risk due to dietary intake of heavy metals in the industrial area of Huludao city, China. *Science of the Total Environment* 387: 96–104.