نشریه علوم دامی
(پژوهش و سازندگی)

شماره ۱۴۰، پاییـز ۱۴۰۲
ص‌ص: ۳۱~۴۰

بررسی کیفیت منابع آب مورد استفاده در گاوداری‌های صنعتی استان قزوین از نظر آلودگی به برخی از فلزات سنگین (سرب، کادمیوم، کروم، نیکل و جیوه)

- **مهدی افتخاری** (نویسنده مسئول)

استادیار بخش دام و طیور، مرکز تحقیقات وآموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین،
سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی، قزوین، ایران.

تاریخ دریافت : تیر ۱۴۰۱ تاریخ پذیرش : آذر ۱۴۰۱

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۳۶۷۷۴۴۲
Email: Meftekhari@ut.ac.ir

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ ASJ.2022.359270.2240

چکیده

مقادیر مازاد برخی از فلزات سنگین در محصولات دامی مانند شیر ممکن است به سطوح مضر برای تغذیه انسان برسد. یکی از علل بالقوه تجمع فلزات سنگین در محصولات تولیدی دام، غلظت این فلزات در آب مصرفی در گاوداری است. بنابراین مطالعه حاضر به منظور بررسی آلودگی آب مصرفی در گاوداری‌های صنعتی استان قزوین به برخی از فلزات سنگین انجام شد. برای انجام این تحقیق با مراجعه مستقیم به ۳۵ گله صنعتی گاو شیری تحت پوشش اتحادیه دامداران استان قزوین در شهرستان‌های مختلف استان طی دو روز متوالی، نمونه‌گیری آب انجام شد. در تمام گله‌های مورد بررسی منبع تامین آب چاه بود و میزان فلزات سنگین شامل سرب، کادمیوم، کروم، نیکل و جیوه در آنها با دستگاه طیف سنج جرمی پلاسمای القایی اندازه‌گیری شد. سپس داده‌های حاصله در قالب طرح کاملاً تصادفی با تکرار نامساوی مورد آنالیز و بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج غلظت سرب، کادمیوم و کروم در نمونه‌های آب به ترتیب ۰/۲۴±۰/۵۰، ۰/۱۱±۰/۴۲ و ۱/۹۳±۶/۲۴ میکروگرم در لیتر بود. میانگین غلظت نیکل و جیوه نیز در آب مصرفی گاوداری‌های مورد مطالعه به ترتیب ۰/۲۲±۰/۵۲ و ۰/۳۳±۰/۴۰ بود. از نظر غلظت سرب و کادمیوم بین شهرستان‌های مختلف تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. میانگین غلظت کروم در نمونه‌های اخذ شده از شهرستان بوئین‌زهرا به طور معنی‌داری بیش از سایر مناطق بود(P≤۰/۰۵). از نظر غلظت نیکل و جیوه نیز بین شهرستان‌های مختلف تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. تخمین مصرف روزانه هم در مورد تمام فلزات سنگین مورد بررسی به طور معنی داری کمتر از حداقل سطوح خطرساز (۰/۰۱۵، ۰/۰۰۵، ۰/۲۵، ۰/۱ و ۰/۰۱ میلی گرم در لیتر به ترتیب برای سرب، کادمیوم، نیکل، کروم و جیوه) بود(P≤۰/۰۵).. در مجموع نتایج این آزمایش نشان داد غلظت فلزات سنگین مورد بررسی شامل سرب، کادمیوم، نیکل، کروم و جیوه در آب مصرفی گاوداری‌های استان قزوین و همچنین تخمین مصرف روزانه این عناصر بسیار کمتر از حداقل سطوح خطرساز بود.

واژه‌های کلیدی: فلزات سنگین، گاوداری، آب، تخمین مصرف روزانه.

Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 140 pp: 31-40

Investigation of water pollution in dairy cattle farms in Qazvin province to some heavy metals (lead, cadmium, chromium, nickel and mercury)

By: Mahdi Eftekhari
Assistant Professor, Animal ScienceResearch Department, QazvinAgricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Qazvin, Iran
Corresponding Author Email: Meftekhari@ut.ac.ir

Received: July 2022 **Accepted: December 2022**

Excess amounts of some contaminants for example heavy metals in livestock products such as milk may reach levels harmful to humans. One of these cases is the amount of heavy metals in the drinking water used by livestock. Therefore, the aim of this study was to evaluate the concentration of some heavy metals in the drinking water consumed by dairy farms in Qazvin province. For this study, water 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 and the concentration of heavy metals including lead, cadmium, chromium, nickel and mercury were determined. Then, the obtained data were analyzed in a completely randomized design. The concentrations of lead and cadmium in the sampled water were 0.50± 0.24 and 0.42±0.11 µg/kg respectively and there was no significant difference in the concentration of these elements among different cities. The mean concentrations of chromium in the water samples from Buin Zahra city was more than other areas of the province ($P \leq 0.05$). The mean concentrations of nickel and mercury in the water consumed in dairy farms were 0.52± 0.22 and 0.40± 0.33 µg/kg respectively. There was no significant differences in nickel and mercury concentrations among different cities. In general, the results of this experiment showed that the concentration of studied heavy metals including lead, cadmium, nickel, chromium and mercury, in the drinking water of cattle farms in Qazvin province, as well as the estimated daily intake of these elements were much lower than the minimal risk levels.

Key words: Heavy metals, Cattle husbandry, Water, Estimated daily intake

مقدمه

شیر منبع خوبی از پروتئین، چربی و مواد معدنی است و به عنوان یک غذای تقریباً کامل به ویژه در دسته هایی مانند نوزادان و سالمندان مورد نظر قرار دارد (WHO، 2003). آب به عنوان مهمترین ماده مغذی بیشترین سهم را در اجزای تشکیل دهنده شیر (۸۸-۸۵ درصد) دارد و دسترسی به آب تازه و سالم به منظور عملکرد بهینه دام ضروری است. آب برای بسیاری از فعالیت‌های فیزیولوژیکی و به منظور زنده ماندن دام، تولید شیر، بهبود رشد و تولیدمثل در دام مورد نیاز است (Appuhamy و همکاران، ۲۰۱۶). ۵۶ تا ۸۱ درصد وزن بدن گاو شیری از آب تشکیل شده است و بخش مهمی از مواد دفعی دام را آب تشکیل می دهد(Appuhamy و همکاران، ۲۰۱۶). آب همچنین برای تنظیم درجه حرارت بدن به ویژه طی آب و هوای گرم لازم است. اگرچه مواد معدنی موجود در آب ممکن است تا حد کمی نیازهای گاوهای شیری به مواد معدنی را تامین کند ولی در عین حال بیشتر متخصصین هرگز ترکیبات آب به ویژه مواد معدنی آن را به هنگام متوازن نمودن جیره دام ها مدنظر قرار نمی‌دهند. کیفیت پائین آب سبب می‌شود حیوان به راحتی آن را مصرف نکند و منجر به کاهش مصرف آب و خوراک و کاهش عملکرد خواهد شد(Giri و همکاران، 2020). یکی از مواردی که در ارتباط با مواد معدنی موجود در آب باید مورد توجه قرار گیرد مقدار فلزات سنگین موجود در آب 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 و حتی در مقادیر جزئی برای انسان سمی هستند (Gumpu و همکاران، ۲۰۱۵؛ Tekaya و همکاران، ۲۰۱۳). با افزایش جمعیت، صنعتی شدن جوامع و توسعه شهرنشینی آلاینده های گوناگونی به محیط زیست وارد می شوند و ورود آنها به زنجیره غذایی انسان تسهیل شده است(González-Montaña و همکاران، 2012). در حال حاضر مسمومیت با فلزات سنگین یکی از مشکلات زیست محیطی است و به دلیل تجمع زیستی در زنجیره غذایی می تواند خطرناک باشد و این وضعیت ممکن است منجر به اثرات مضر بر سلامت دام و انسان گردد(Aycicek و همکاران، 2008). این فلزات ذاتاً سمی هستند و حتی در مقادیر کم سبب اثرات هماتولوژیک، نوروتوکسیک ونفروتوکسیک می شوند. قرارگرفتن انسان در معرض این فلزات سبب اثرات منفی بر برخی اندام ها دارد و ممکن است سبب ناهنجاری های متابولیکی، خستگی، مشکلات قلبی و سرطان شود(Norouzirad و همکاران، 2018).

آلودگی شیر تولیدی به فلزات سنگین نه تنها از طریق خوراک مصرفی دام اتفاق می‌افتد، بلکه ممکن است از طریق آب آشامیدنی نیز رخ دهد(Sigrist و همکاران، 2010)، به طوری که یکی از مهمترین عوامل آلوده کننده شیر به فلزات سنگین، آلودگی آب مصرفی در گاوداری می‌باشد. به طور کلی آلـودگی آب بـه فلـزات سنگین به دو علت می‌باشد :۱- علت طبیعی در اثر هوازدگی و فرسایش سنگ‌ها و ۲- به دلیل فعالیت‌های انسانی مانند معدن ، فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی، کـه می‌تواند کیفیت آب برای مصارف آشامیدنی، کشاورزی و صنعتی را تنزل دهد. با این حال اگرچه آب مهمترین ماده مغذی در تغذیه دام می‌باشد ولی علی‌رغم اهمیت به دلیل سهولت دسترسی کیفیت آن کمتر مورد توجه قرار می‌گیرد. علاوه بر این یکی از فراسنجه های کیفی مهم در صادرات شیر و محصولات لبنی غلظت فلزات سنگین در آنها می باشد. بنابراین با توجه به نقش فلزات سنگین در به مخاطره انداختن سلامت انسان و کیفیت و ایمنی محصول تولیدی (شیر) مطالعه حـاضر به منظور بررسی میزان آلودگی آب مصرفی در گاوداری‌های صنعتی شیری استان قزوین به عناصر سنگین شامل سرب، کادمیوم، کروم، نیکل و جیوه انجام شد.

مواد و روش‌ها

جهت انجام این آزمایش از مجموع ۱۱۰ واحد گاوداری صنعتی تحت پوشش اتحادیه دامداران استان قزوین ۳۵ واحد گاوداری که تمایل به شرکت در این پروژه داشتند در شهرستان‌های مختلف استان قزوین شامل قزوین، آبیک، تاکستان، البرز و بوئین زهرا انتخاب شدند. جهت اطمینان از پاکسازی هرگونه عناصر معدنی، تمام ظروف مورد استفاده در نمونه گیری در این مطالعه قبل از استفاده به مدت ۲۴ ساعت در اسیدنیتریک یک نرمال غوطه‌ور گردیدند و با آب دیونیزه به خوبی آبکشی (اسیدشور) شدند(Bakircioglu و همکاران، 2009). نمونه‌گیری از آب با مراجعه مستقیم به واحدهای مورد مطالعه در دو روز متوالی و از محل فلوتر نصب شده در محل آبشخور انجام شد و سپس نمونه‌ها به صورت تازه و جداگانه به آزمایشگاه ارسال شدند. جهت اندازه-گیری غلظت فلزات سنگین از دستگاه طیف سنج جرمی پلاسمای القایی ساخت کشور آلمان (ICP-MS-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 دام در ارتباط با آب مصرفی، تخمین مصرف روزانه (EDI) فلزات سنگین با استفاده از معادله ذیل بر اساس مصرف آب انجام شد (Miclean و همکاران، 2019).

$$EDI = Cm \times FIR$$

که در آن Cm میانگین غلظت فلز در آب(میکروگرم در لیتر) و FIR میزان مصرف روزانه آب(لیتر در روز) است.

روش آماری مورد استفاده در این تحقیق جهت مقایسه اطلاعات بدست آمده در شهرستان‌های مختلف استان قزوین طرح کاملاً تصادفی (Completely randomized design) با تکرار نامساوی بود و تجزیه و تحلیل داده‌های جمع آوری شده با نرم

افزار SAS (2003، Ver 8.01) و مقایسه میانگین‌ها در سطح $P\leq$۰/۰۵ انجام شد. همچنین جهت مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین مورد بررسی با مقادیر استاندارد از آزمون T استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به میانگین، حداقل و حداکثر غلظت فلزات سنگین در جدول ۱ ارائه شده است. نمونه‌های آب مصرفی در آزمایش حاضر حاوی سطوح سرب در محدوده ۰/۱۲ تا ۰/۶ میکروگرم در لیتر و میانگین غلظت آن ۰/۲۴±۰/۵۰ میکروگرم در لیتر بود. بین شهرستان‌های مختلف استان قزوین شامل آبیک، بوئین زهرا، قزوین، تاکستان و البرز از نظر میزان سرب نمونه‌های آب تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). حداکثر سطح مجاز سرب در آب مصرفی گاوهای شیری بر اساس توصیه های انجمن تحقیقات بین المللی(NRC، 2001)، ۰/۰۱۵ میلی گرم در لیتر (پی پی ام) است. مقایسه نتایج آزمایش حاضر با این استاندارد نشان داد میانگین غلظت سرب در آب مصرفی گاوداری‌های مورد مطالعه به طور معنی داری (حدود ۳۰ برابر) کمتر از حداکثر سطح مجاز آن بود(P= ۰/۰۰۲). 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 به دلیل سرعت کم دفع سرب از بدن، سرب اثر سمی تجمعی و شدید دارد (Swarup و همکاران، 2005). در مطالعه Radmehr و همکاران(۲۰۱۰) که به منظور اندازه‌گیری غلظت سرب آب مصرفی گاوداری‌های استان تهران انجام شد غلظت سرب در دامنه ۱۰۰ تا ۶۰ میکروگرم در لیتر بود. در مطالعه Malakootian و همکاران (۲۰۱۴) که جهت اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین در آب چاه‌های عمیق در استان کرمان انجام شد غلظت سرب ۲/۸۴ میکروگرم در لیتر گزارش شد که به مراتب بیش از مقادیر مشاهده شده در مطالعه حاضر است. در مطالعه Orisakwe و همکاران (2017) که در یکی از استان های کشور نیجریه انجام شد میانگین غلظت سرب ۱/۳۰±۲/۱۵ و در دامنه ۰/۰۴ تا ۵/۵ میلی گرم در کیلوگرم بود که نسبت به نتایج آزمایش حاضر بالاتر بود.

جدول ۱- میانگین، حداقل و حداکثر غلظت فلزات سنگین در نمونه های آب (میکروگرم در لیتر)

فلز	میانگین±انحراف معیار	حداقل	حداکثر
سرب	۰/۲۴±۰/۵۰	۰/۱۲	۰/۶
کادمیوم	۰/۱۱±۰/۴۲	۰/۰۳	۳/۵
کروم	۰/۹۳±۶/۲۴	۰/۴۱	۲۴/۴۵
جیوه	۰/۳۳±۰/۴۰	۰/۰۳	۰/۹۱
نیکل	۰/۲۲±۰/۵۲	۰/۲۱	۴/۹

میانگین غلظت کادمیوم نیز در نمونه‌های آب ۰/۱۱±۰/۴۲ میکروگرم در لیتر و دامنه آن ۰/۰۳ تا ۳/۵ میکروگرم در لیتر بود. غلظت سرب و کادمیوم در شیر تولیدی شهرستان‌های مختلف استان قزوین شامل آبیک، بوئین زهرا، قزوین، تاکستان و البرز تفاوت معنی‌داری نداشت. آلودگی با کادمیوم در هوا، خاک و آب در نتیجه فعالیت صنایع و فعالیت های انسانی اتفاق می‌افتد. حداکثر سطح قابل تحمل کادمیوم در جیره گاو ۰/۵ میلی گرم در لیتر است و سطوح بالای کادمیوم می‌تواند سبب مسمومیت در گاو گردد(Sathyamoorthy و همکاران، 2016). بر اساس توصیه انجمن تحقیقات بین‌المللی در سال ۲۰۰۱ (NRC ، 2001)

حداکثر سطح مجاز کادمیوم در آب مصرفی در تغذیه گاوهای شیری ۰/۰۰۵ پی پی ام است (میلی گرم در لیتر) است در حالی که میانگین غلظت کادمیوم در نمونه های آب در سطح گاوداری های صنعتی استان قزوین ۰/۴۲ میکروگرم در لیتر بود. مقایسه میانگین مشاهده شده با حداکثر سطح مجاز توصیه شده نشان داد میانگین غظت کادمیوم در آب مصرفی گاوداری‌ها به طور معنی-داری کمتر از حداکثر سطح مجاز می باشد(P= ۰/۰۱۷).. مقایسه این ارقام نشان می‌دهد غلظت کادمیوم بیش از ۱۱ برابر کمتر از حداکثر سطح مجاز استاندارد توصیه شده می‌باشد. همسو با نتایج آزمایش حاضر در مطالعه‌ای که جهت اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین در آب چاه‌های عمیق در استان کرمان انجام شد غلظت کادمیوم کمتر از ۰/۵ میکروگرم در لیتر گزارش شد(Malakootianو همکاران، 2014). در مطالعه‌ای که در کشور نیجریه انجام شد میانگین غلظت کادمیوم ۰/۱۰±۰/۰۶ و در دامنه ۰/۰۱ تا ۰/۲۶ میلی گرم در لیتر بود که بسیار کمتر از مقادیر مشاهده شده در مطالعه حاضر بود (Orisakwe و همکاران، 2017). منابع طبیعی مثل ته‌نشست از اتمسفر به خاک و کودهای شیمیایی مهمترین منابع وجود کادمیوم در شیر و فراورده های لبنی هستند (Najarnezhad و همکاران، 2013). همچنین کادمیوم ممکن است به صورت ناخالصی همراه با روی که در تهیه لوله های گالوانیزه استفاده می‌شود سبب آلودگی آب در خطوط انتقال شود (WHO ، 2003).

جدول ۲- میانگین غلظت فلزات سنگین در نمونه های آب به تفکیک شهرستان (میکروگرم در لیتر)
اندیس‌های متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده تفاوت معنی دار در سطح $P\leq$۰/۰۵ است

فلز	قزوین	بوئین زهرا	آبیک	البرز	تاکستان	SEM	P-value
سرب	۰/۵۳	۰/۵۹	۰/۴۲	۰/۴۳	۰/۶۴	۰/۰۴	۰/۵۸
کادمیوم	۰/۲۳	۰/۴۲	۰/۶۶	۰/۲۷	۰/۶۸	۰/۱۱	۰/۶۰
کروم	۵/۸۱^{b}	۱۲/۳۶^{a}	۴/۴۸^{b}	۳/۷۸^{b}	۵/۳۰^{b}	۰/۹۳	۰/۰۲
جیوه	۰/۵۱	۰/۳۰	۰/۲۷	۰/۵۲	۰/ ۴۴	۰/۰۵	۰/۴۷
نیکل	۰/۴۶	۰/۵۹	۰/۵۶	۰/۴۴	۰/۶۲	۰/۰۴	۰/۶۳

میانگین غلظت کروم در نمونه‌های آب ۰/۹۳±۶/۲۴ میکروگرم در لیتر و غلظت آن در نمونه های مورد مطالعه در دامنه ۰/۴۱ تا ۲۴/۴۵ میکروگرم در لیتر قرار داشت (جدول ۱)؛ بین شهرستان-های مختلف استان قزوین از نظر میزان کروم نمونه‌های آب تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲)، به طوری سطح کروم در نمونه‌های آب شهرستان بوئین زهرا نسبت به سایر مناطق استان قزوین به طور معنی‌داری بیشتر بود($P\leq$۰/۰۵). میانگین غلظت کروم در آزمایش حاضر ۶/۲۴ میکروگرم در لیتر بود، درحالی که بر اساس توصیه انجمن تحقیقات بین‌المللی در سال ۲۰۰۱ (NRC، 2001) حداکثر سطح مجاز کروم در آب مصرفی در تغذیه گاوهای شیری ۰/۱ پی پی ام (میلی گرم در لیتر) است، بنابراین حداکثر سطح مجاز استاندارد کروم حدود ۱۶ برابر غلظت مشاهده شده در نمونه آب مصرفی می‌باشد. بین حداکثر سطح مجاز مصرف کروم و میانگین مقادیر غلظت کروم تفاوت معنی داری وجود داشت(P=۰/۰۰۰۳). با اینحال در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۱۴ انجام شد غلظت کروم در آب چاه های عمیق در استان کرمان کمتر از ۱ میکروگرم در لیتر گزارش شد (Malakootian و همکاران، 2014) که به میزان قابل ملاحظه-ای کمتر از مقدار مشاهده شده در آزمایش حاضر است. افزایش سطح فلزات سنگین در آب ممکن است به دلیل آلودگی آب‌های زیرزمینی با فلزات سنگین در اثردفع پساب های تصفیه نشده کارخانجات به فاضلاب باشد. اگر چه بیشتر کروم موجود در آب

کروم ۶ ظرفیتی است ولی از آنجا که 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 آب مصرفی گاوداری‌های استان قزوین باید با احتیاط صورت گیرد. با اینحال بایستی توجه نمود که مصرف کروم تا حدودی مفید است، چون نشان داده شده است نقش مهمی در بهبود تحمل به گلوکز دارد (Emami و همکاران، 2014). آلودگی با کروم از جمله مواردی است که از فعالیت‌های صنعتی و یا فعالیت‌های کشاورزی حاصل می‌گردد در مطالعه Orisakwe و همکاران (2017) میانگین غلظت کروم ۲/۰۷±۱/۳۲ و در دامنه ۰/۱۴ تا ۵/۲۸ میلی گرم در لیتر بود.

غلظت جیوه در نمونه‌های آب اخذ شده به صورت میانگین، ۰/۳۳±۰/۴۰ میکروگرم در لیتر بود و دامنه آن از ۰/۰۳ تا ۰/۹۱ میکروگرم در لیتر بود. جیوه یک فلز مایع و فرار است که در صخره ها، خاک و در هوا به دلیل فعالیت‌های انسانی مانند استفاده از ترکیبات حاوی جیوه در تولید قارچ کش‌ها، رنگ، لوازم آرایشی و خمیر کاغذ یافت می‌شود بر اساس توصیه‌های انجمن تحقیقات بین‌المللی (NRC ، 2001) حداکثر سطح مجاز جیوه در آب ۰/۰۱ پی پی ام است و مقادیر مشاهده شده در مطالعه حاضر کمتر از ۴ درصد حداکثر سطح مجاز بود. بنابراین سطح جیوه در آب مصرفی گاوداری های استان قزوین با سطوح خطرساز این فلز سنگین فاصله زیادی دارد. بین توصیه انجمن تحقیقات بین المللی و میانگین مقادیر غلظت جیوه در مطالعه حاضر تفاوت معنی داری وجود داشت($P<۰/۰۰۰۱$). اطلاعات محدودی در مورد غلظت جیوه در چاه های آب وجود دارد. در یک مطالعه نسبتاً قدیمی ۳۰۰ نمونه آب را در ایتالیا از نظر جیوه مورد بررسی قرار داد و سطح جیوه در دامنه ۱۰ تا ۱۵ پی پی ام بود(Dall'aglio، 1968).

میانگین غلظت نیکل نیز در نمونه‌های آب مصرفی ۰/۵۲±۰/۲۲ میکروگرم در لیتر بود؛ حداقل غلظت نیکل در نمونه‌ها ۰/۲۱ و حداکثر آن ۴/۹ میکروگرم در لیتر بود. از نظر غلظت جیوه و نیکل آب مصرفی بین شهرستان‌های مختلف استان قزوین تفاوت معنی-داری وجود نداشت (جدول ۲). 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 غلظت نیکل مشاهده شده در آب مصرفی گاوداری های استان قزوین باشد. نیکل فلزی است که به صورت طبیعی در آب وجود دارد و غلظت آن به طور طبیعی کمتر از ۰/۰۲ میلی گرم در لیتر است (WHO، 2003)؛ مقایسه این عدد با مقادیر مشاهده شده در مطالعه حاضر نشان می‌دهد که تمام مشاهدات در آزمایش حاضر در دامنه‌ای بسیار پائین‌تر از مقدار توصیه شده توسط سازمان بهداشت جهانی می‌باشند. همچنین بر اساس نتایج مطالعه انجام شده در سال ۲۰۱۷ در کشور نیجریه، میانگین غلظت نیکل ۱/۳۹±۱/۱۵ و در دامنه ۰/۱۰ تا ۳/۵۴ میلی گرم در لیتر بود (Orisakwe و همکاران، 2017) بر اساس توصیه‌های انجمن تحقیقات بین المللی (NRC ، 2001) حداکثر سطح مجاز نیکل در آب ۰/۲۵ پی‌پی‌ام است و مقادیر مشاهده شده در مطالعه حاضر ۰/۲ درصد حداکثر سطح مجاز بود. از نظر غلظت نیکل بین توصیه انجمن تحقیقات بین المللی و میانگین مقادیر غلظت نیکل در مطالعه حاضر تفاوت معنی داری وجود داشت($P<۰/۰۰۰۱$). 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 (Nordbergو همکاران، 2007).

میزان تخمین مصرف روزانه فلزات سنگین در گاوهای شیری به-ویژه در فصل تابستان که مصرف آب بیشتر است حائز اهمیت زیادی است. با فرض آنکه میزان مصرف آب در فصل تابستان حدود ۱۴۰ لیتر باشد نتایج در جدول ۳ گزارش شده است. همانطور که مشاهده می شود میزان تخمین مصرف روزانه سرب و کادمیوم به ترتیب ۳۴/۲۸±۷۰/۷۰ و ۴۴/۳۱±۴۵/۴۱ میکروگرم در روز بود و مقدار آن بین شهرستان‌های مختلف استان تفاوت معنی داری نداشت. میزان تخمین مصرف روزانه نیکل و جیوه نیز به

ترتیب ۳۰/۹۶±۷۲/۸۰ و ۴۶/۶۲±۵۳/۸۳ میکروگرم در روز بود و مقدار آنها بین شهرستان های مختلف استان تفاوت معنی‌داری نداشت. میزان تخمین دریافت روزانه کروم ۷۵۴/۷۰±۸۷۳/۶۴ میکروگرم در روز بود و مقدار آنها در شهرستان بوئین زهرا به طور معنی داری بیشتر از سایر مناطق استان بود. مسمومیت با فلزات سنگین به دلیل مصرف یک فلز فراتر از حد مجاز آن است و درجه سمیت فلزات به میزان مصرف روزانه آنها بستگی دارد. مسمومیت فلزات سنگین از طریق آب در مقایسه با سایر اقلام خوراکی بیشتر در دسته‌هایی از گاوهای شیری و در شرایطی محتمل است که مصرف آب بالاتر است. همانطور که در جدول ۳ گزارش شده است میانگین سطح مصرف روزانه فلزات سنگین شامل سرب، کادمیوم، جیوه و نیکل کمتر از ۰/۱ میلی گرم است در صورتی که میزان سرب در جیره های معمول گاو، روزانه بین ۵۵ تا ۷۰ میلی گرم در روز می تواند باشد(Olkowski ، 2009). بر اساس اطلاعات نشریه انجمن تحقیقات بین المللی (۲۰۰۱) جیره هایی که روزانه بین ۵ تا ۳۰ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم خوراک کادمیوم تأمین می کنند عملکرد دام را از طریق تغییر جذب مس و روی می توانند تحت تاثیر قرار دهند. بر اساس گزارش سازمان ایمنی غذایی اروپا بعید است علائم بالینی در سطح مصرف ۵ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم خوراک بروز یابد. میزان مورد نیاز کروم در گاوهای شیری ۰/۰۸ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم از وزن متابولیکی بیان شده است (Emami و همکاران، 2014) که تقریبا معادل مصرف روزانه ۱۰ گرم مکمل کروم-متیونین در روز می‌باشد؛ در صورتی که میزان تامین از طریق آب در مطالعه حاضر کمتر از ۱ گرم است و این تفاوت های معنی دار هستند (P<۰/۰۰۰۱). در مورد مصرف سایر این عناصر در منابع مورد بررسی مطلبی درج نشده است. همانطور که مشاهده می شود تخمین مصرف روزانه این فلزات بر اساس غلظت این عناصر در آب مصرفی در گاوداری های استان قزوین بسیار کمتر از مقادیر توصیه شده است.

جدول ۳- تخمین مصرف روزانه در نمونه های آب (میکروگرم در روز)

فلز	تخمین مصرف روزانه (میکروگرم در روز)						SEM	P-value
	میانگین	قزوین	بوئین زهرا	آبیک	البرز	تاکستان		
سرب	۷۰/۷۰±۳۴/۲۸	۷۵/۰۴	۸۳/۰۶	۵۹/۳۲	۵۹/۹۶	۸۹/۶۰	۱۳۱/۳۷	۰/۷۸
کادمیوم	۴۵/۴۱±۴۴/۳۱	۳۳/۰۴	۵۹/۰۳	۴۳/۹۲	۳۷/۸۰	۹۵/۲۰	۱۵/۴۶	۰/۶۰
نیکل	۷۲/۸۰±۳۰/۹۶	۶۴/۸۲	۸۲/۸۳	۷۹/۱۰	۶۲/۷۶	۸۷/۵۰	۵/۴۷	۰/۶۳
کروم	۸۷۳/۶۴±۷۵۴/۷۰	۸۱۳/۸۲^{b}	۱۷۳۰/۸۸^{a}	۶۲۷/۳۵^{b}	۵۲۹/۹۰^{b}	۷۴۲/۰۰^{b}	۱۳۱/۳۷	۰/۰۲
جیوه	۵۳/۸۳±۴۶/۶۲	۷۱/۹۶	۴۲/۹۳	۳۸/۴۲	۷۳/۵۰	۶/۳۰	۸/۱۱	۰/۲۰

اندیس‌های متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده تفاوت معنی دار در سطح $P\leq$۰/۰۵ است.

نتیجه گیری

بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش غلظت فلزات سنگین شامل سرب، کادمیوم، کروم، نیکل و جیوه در آب مصرفی گاوداری-های استان قزوین کمتر از سطوح مجاز این عناصر بود. تخمین مصرف روزانه آنها در گاوداری های استان قزوین نشان داد اگر چه در شهرستان بوئین زهرا میزان تخمین مصرف روزانه کروم بیش از سایر مناطق بود ولی با سطوح توصیه شده مصرف این عناصر تفاوت معنی داری وجود داشت.

سپاسگزاری

بدین وسیله از مدیرعامل و کارشناسان اتحادیه دامداران استان قزوین که با حمایت مالی و فنی امکان انجام این پروژه را فراهم ساختند، تقدیر و تشکر می گردد.

منابع

Appuhamy, J., Judy, J.V., Kebreab, E. and Kononoff, P.J. (2016). Prediction of drinking water intake by dairy cows. *Journal of dairy science*, 99(9), 7191–7205.

Bakircioglu, D., Kurtulus, Y.B. and Ucar, G. (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.

Emami, A., Ganjkhanlou, M., zali, A., Akbari - Afjani, A. and Amini, M. (2014). Effect of chromium-methionine supplementation on hematologic characteristics and meat quality parameters in goat kids. *Journal of Veterinary Research*, 69(3), 291-299.

European Food Safety Authority. (2004). Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the Commission related to cadmium as undesirable substance in animal feed. *EFSA Journal*, 72, 1–24.

Giri, A., Bharti, V.K., Kalia, S., Arora, A., Balaje, S.S. and Chaurasia, O.P. (2020). A review on water quality and dairy cattle health: a special emphasis on high-altitude region. *Applied Water Science*, 10(3), 1-16.

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

Malakootian, M. and MohammadiSenjedkooh, S. (2014). Quality assessment of Sirjan Plain groundwater resources to evaluate their contamination to heavy metals at 2014. Journal of Torbat Heydariyeh University of medical sciences, 2(2), 31-40. (In Persian)

Murphy, M.R. (1992). Water metabolism of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 75:326-333.

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

Nordberg, G.F., Fowler, B.A., Nordberg, M. and Friberg, L.T. (2007). In: Handbook on the toxicology of metals (3rd Ed). Academic Press Inc., USA, 108-119.

National Research Council. (2001). Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition, 2001. Washington, DC: The National Academies Press, 215-221.

Olkowski, A.A. (2009). Livestock water quality, a field guide for cattle, horses, poultry and swine. *Agriculture and Agri-Food Canada*, Ottawa, ON. 157 pp

Orisakwe, O.E., Oladipo, O.O., Ajaezi, G.C. and Udowelle, N.A. (2017). Horizontal and Vertical Distribution of Heavy Metals in Farm Produce and Livestock around Lead-Contaminated Goldmine in Dareta and Abare, Zamfara State, Northern Nigeria. *Journal of Environmental and Public Health*, 1-12. .

Radmehr, B., Nematparvar, M., Farhoodi Moghadam, M. and Khoshnevis, M. (2010). Correlation between Lead concentrations in produced milk and drinking water in a few dairy farms of Tehran province. *Journal of veterinary clinical research*, 1(1), 49-56 .

Sathyamoorthy, K., Sivaruban, T. and Barathy, S. (2016). Assessment of heavy metal pollution and contaminants in the cattle meat. *Journal of Industrial Pollution Control*, 32, 1, 350-355.

Sigrist, M., Beldoménico, H., and Repetti, M.R. (2010). Evaluation of the influence of arsenical livestock drinking waters on total arsenic levels in cow's raw milk from Argentinean dairy farms. *Food Chemistry*, 121:487–491.

Swarup, D., Patra, R.C., Naresh, R., Kumar, P. and Shekhar, P. (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.

Tekaya, N., Saiapina, O., Ben Ouada, H., Lagarde, F., Ben Ouada, H. and Jaffrezic-Renault, N. (2013). Ultra-sensitive conductometric detection of heavy metals based on inhibition of alkaline phosphatase activity from Arthrospiraplatensis. *Bioelectrochemistry*, 90, 24–29.

WHO. (2011). Cadmium in Drinking-water Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality.

Miclean, M., Cadar, O., Levei, E.A., Roman, R., Ozunu, A. and Levei, L. (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*(21), 4064.

Aycicek, M., Kaplan, O. and Yaman, M. (2008). Effect cadmium on germination, seedling growth and metal contents of sunflower (Helianthus annus L.). *Asian Journal of Chemistry*. 20. 4. 2663-2672

Norouzirad, R., González-Montaña, J.R., Martínez-Pastor, F., Hosseini, H., Shahrouzian, A., Khabazkhoob, M., Ali Malayeri, F., Moallem Bandani, H., Paknejad, M. and Foroughi-nia, B. (2018). Lead and cadmium levels in raw bovine milk and dietary risk assessment in areas near petroleum extraction industries. *Science of the Total Environment*. 635, 308–314

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.