



Investigating the Residual Heavy Metals Lead, Cadmium, Chromium, Arsenic and Nickel in Milk and Body Tissues of Holstien Dairy Cows

Ahmad Davtalabzarghi¹, Moslem Bashtani^{2*}, Abbasali Naserian³, Mehrdad Mohri⁴

1- Ph.D. Student, Department of Animal Science, Birjand University. Birjand. Iran.

2- Professor, Department of Animal Science, Birjand University. Birjand. Iran.

3- Professor, Department of Animal Science, Ferdowsi University, Mashhad, Iran.

4- Professor, Department of Veterinary Science, Ferdowsi University, Mashhad, Iran.

*Corresponding Author's Email: mbashtani@birjand.ac.ir

Received: 11-01-2023

Revised: 23-06-2023

Accepted: 27-06-2023

Available Online: 07-06-2022

How to cite this article:

Davtalabzarghi, A., Bashtani, M., Naserian, A., & Mohri, M. (2023). Investigating the residual heavy metals lead, cadmium, chromium, arsenic and nickel in milk and body tissues of Holstien dairy cows. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 15(4), 489-501. (in Persian with English abstract) . <https://doi.org/10.22067/ijasr.2023.79760.1119>

Introduction: Environmental pollution, including pollution caused by urban and industrial sewage, factories and vehicles, causes pollution of natural resources in the environment, including water and fodder. The entry of these elements into the body of animals and their accumulation increases their concentration in products and enters the human food chain. Contamination of milk, meat and other edible tissues of animals with heavy metals is also a worrying issue and threatens food hygiene and human health because these elements are not naturally present in edible tissues and even very small amounts of them can cause severe side effects. Scientists have mentioned the main cause of contamination of meat and animal tissues is feeding them from contaminated fodder sources or rearing them near contaminated areas. In the studies conducted in different countries, the amounts of heavy elements were more than allowed.

Material and Methods: In order to investigate the amounts of heavy metals including lead, cadmium, chromium, arsenic and nickel in milk and body tissues of dairy cows in North Khorasan province, two experiments were conducted in three regions and the amounts of heavy metals in milk and body tissues of dairy cows using the device Inductively coupled plasma-atomic diffusion (ICP) was measured, and studied.

In the first experiment, three dairy cattle farms were selected from three regions, two farms were located in two regions at equal distances from large industries, and the third region was selected as a control region far from large industries. In each of the farms, 10 dairy cows (5 first lactation and 5 second lactation and above) was sampled and the amounts of elements were measured. In the second experiment, muscle, heart, liver, kidney and lung tissues were sampled from 5 dairy cows from each region that were removed and sent to the slaughterhouse for reasons such as mastitis and reproductive problems. Heavy metals, including lead, cadmium, chromium, arsenic and nickel, were measured in the tissues by an inductively coupled atomic diffusion plasma (ICP) device.

Result and Discussion: The initial experiment's findings indicate that the levels of arsenic, cadmium, and lead in the milk of Holstein cows remained unaffected by varying regions. However, there were significant regional impacts on the levels of chromium and nickel in the milk of Holstein cows. Furthermore, the concentrations of arsenic, cadmium, nickel, and lead in the milk of Holstein cows were not influenced by the age of the cows or the interaction between region and age. In contrast, the concentration of chromium exhibited sensitivity to age and the interaction between region and age. These nuanced insights highlight the diverse influences on trace metal concentrations in Holstein cow milk, providing valuable information for understanding



©2023 The author(s). This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

<https://doi.org/10.22067/ijasr.2023.79760.1119>

regional and age-related variations. The amount of arsenic, cadmium and lead metals in the thigh muscle tissue of Holstein cows in different regions was not significantly affected by regions. However, the amount of chromium and nickel in the thigh muscle tissue was significantly affected in different areas. The amount of arsenic, chromium, nickel and lead in the heart tissue was not significant in any of the regions (Shirvan, Esfrayen and Bojnord). The amount of cadmium in the heart tissue of Holstein cows was significantly affected by different regions. Thus, the highest amount of cadmium in heart tissue was observed in Bojnord region and the lowest in Esfrayen region. The amount of chromium, nickel and lead in the tissue of all Holstein cows in different regions was not affected. However, the amount of arsenic and cadmium in the kidney tissue was significantly affected in different areas (Shirvan, Esfrayen and Bojnord). Based on the obtained results, there was no significant difference in the amount of arsenic, cadmium and lead in lung tissue in different regions. However, the amount of chromium and nickel in the lung tissue of Holstein cows was significantly affected in different regions. Chromium enters various environmental sources (air, water and soil) from a wide range of natural and human sources, the most of which is emitted from industrial activities. When heavy metals are present in the air, feed and water of animals, they eventually accumulate in their tissues.

Conclusion: While the levels of heavy metals did not exhibit significant differences across many investigated areas, it is noteworthy that the concentrations surpassed the standard values established for these metals in products like milk. The elevated concentrations raise concerns about the potential health implications associated with consuming products containing such heightened metal levels. An interesting observation emerges from the examination of elemental concentrations in tissues, irrespective of regions and distances. The lead element, in particular, demonstrated the highest concentrations, with the liver exhibiting the most notable accumulation compared to other tissues. This underscores the need for strategic interventions, and the consideration of solutions such as the application of absorbents to mitigate metal concentrations in dairy cattle products emerges as a viable recommendation. Implementing such measures could play a crucial role in ensuring the safety and compliance of dairy products with established standards.

keywords: Body tissues, Dairy cows, Heavy metals

مقاله پژوهشی

جلد ۱۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۲، ص. ۴۸۹-۵۰۱

مقاله علمی - پژوهشی

بررسی مقادیر باقی مانده عناصر سنگین سرب، کادمیوم، کروم، آرسنیک و نیکل در شیر و بافت های بدن گاوهای شیری هلشتاین

احمد داوطلب زرقی^۱، مسلم باشتنی^{۲*}، عباسعلی ناصریان^۳، مهرداد مهری^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۰۶

چکیده

وجود عناصر سنگین در خوراک و آب مصرفی دامها سبب آلودگی محصولات دامی و بروز مشکلات بهداشتی و سلامتی برای انسان شده که این موضوع نگران کننده و مهم است، لذا به منظور بررسی مقادیر باقی مانده عناصر سنگین شامل سرب، کادمیوم، کروم، آرسنیک و نیکل در شیر و بافت های بدن گاوهای شیری هلشتاین در استان خراسان شمالی دو آزمایش در سه منطقه طراحی و مقادیر عناصر فوق در شیر و بافت های بدن گاوهای شیری با استفاده از دستگاه پلاسمای جفت شده القایی - نشر اتمی (ICP) اندازه گیری، و مورد مطالعه قرار گرفت. در آزمایش اول، سه واحد گاوداری شیری در فواصل مکانی یکسان از صنایع بزرگ استان انتخاب گردید و در هر واحد از شیر تعداد ۱۰ راس گاو شیری نمونه گیری و مقادیر عناصر فوق اندازه گیری گردید. در آزمایش دوم، از تعداد پنج راس از گاوهای شیری هر یک از مناطق فوق از بافت های عضله ران، قلب، کبد، کلیه و ریه های آن ها نمونه گیری و عناصر سنگین در بافت های فوق اندازه گیری شد. نتایج آزمایش اول نشان داد، میزان کروم در شیر گاوهای منطقه یک و میزان نیکل در شیر گاوهای منطقه دو به طور معنی داری بالاتر از سایر مناطق بود. نتایج آزمایش دوم نشان داد، میزان فلزات کروم و نیکل در بافت عضله ناحیه ران گاوهای منطقه یک و میزان کادمیوم در بافت قلب گاوهای منطقه سه به طور معنی داری بالاتر از سایر مناطق بود. میزان عناصر آرسنیک و کادمیوم در بافت کلیه و میزان کروم و نیکل در بافت ریه گاوهای هلشتاین نیز تحت تأثیر مناطق مختلف قرار گرفت، به طوری که میزان آرسنیک، کروم و نیکل در منطقه دو، و میزان کادمیوم در منطقه سه بالاتر از سایر مناطق بود. بدون در نظر گرفتن مناطق، بالاترین مقادیر عناصر در بافت ها مربوط به غلظت عنصر سرب بود و کبد بیشترین غلظت سرب را نسبت به سایر بافت ها داشت.

واژه های کلیدی: بافت های بدن، عناصر سنگین، گاو شیری

مقدمه

آلودگی های زیست محیطی شامل آلودگی های ناشی از فاضلاب های شهری و صنعتی، کارخانجات و وسایل نقلیه باعث آلودگی منابع طبیعی از جمله آبها و علوفه ها می گردند. ورود عناصر سنگین به بدن حیوانات و تجمع آن ها باعث افزایش غلظت آن ها در تولیدات شده و به زنجیره غذایی انسانی وارد می شوند. شیر یک غذای کامل است که شامل پروتئین ها، مواد معدنی، چربی ها و قندهایی بوده که برای سلامت انسان مهم هستند (Pereira et al., 2012). شیر در پیشگیری از بسیاری از بیماری ها مفید می باشد که در صورت آلودگی به علت مصرف بالا در بین افراد جامعه به ویژه کودکان می تواند آسیب های جبران ناپذیری را موجب گردد. مطالعات نشان داده است، در مناطق شهری شهر فیصل آباد پاکستان که مزارع با فاضلاب های

۱- دانشجوی دوره دکتری، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

۲- استاد، گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

۳- استاد، گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۴- استاد گروه علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

(*)- نویسنده مسئول: (Email: mbashtani@birjand.ac.ir)

<https://doi.org/10.22067/ijasr.2023.79760.1119>

فصل تابستان در هر سه منطقه نسبت به فصل زمستان بود (Vafa et al., 2018).

مهم‌ترین منابع کادمیوم که باعث آلوده شدن محیط می‌شوند خوشبوکننده‌ها، سوخت‌های فسیلی، پسماندهای شهری، پلاستیک‌ها و باتری‌ها می‌باشد. حداکثر غلظت مجاز کادمیوم در آب آشامیدنی یک میکروگرم در لیتر است. سفره‌های آب زیرزمینی به‌ندرت دارای کادمیوم بالایی هستند، مگر اینکه توسط پسماندهای صنعتی آلوده شوند. نوشیدن آب‌های دارای مقدار کم کادمیوم نیز باعث تجمع آن در بدن می‌شود (ATSDR, 2008). در مطالعه‌ای در ایران و شهر اصفهان غلظت کادمیوم در ماهیچه، کلیه‌ها و کبد گاوها اندازه‌گیری شد و نتایج نشان داد که مقدار کادمیوم در بافت‌های این دام‌ها در بالاترین سطح مورد قبول و توصیه شده توسط اروپا قرار داشت (Rahimi and Rokni, 2008). در مطالعه‌ای اثرات افزودن سطوح ۲، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم کادمیوم در کیلوگرم ماده خشک در تغذیه گوساله‌های پروار در مشهد مورد بررسی قرار گرفت، نتایج نشان داد با افزایش میزان کادمیوم در جیره غلظت کادمیوم در بافت‌ها خصوصاً کبد و کلیه افزایش معنی‌داری نشان داد (Khorashadi Zadeh et al., 2017). در مطالعه‌ای در منطقه شهرکرد، میزان کادمیوم در شیر خام و شیر پاستوریزه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت، میزان کادمیوم در شیر خام ۲/۸۷ ppb و در شیر پاستوریزه ۱/۰۳ ppb گزارش شده است (Bonyadian et al., 2006). میزان مجاز کادمیوم در شیر خام بر اساس کدکس ۲۰۰۰، ۰/۰۱ ppm می‌باشد (Saber and Parviz, 2017).

آلودگی آب‌های سطحی با آرسنیک نیز به‌عنوان یکی از مشکلات زندگی امروزی است که به‌ویژه در کشورهای جهان سومی بیشتر مشاهده می‌شود. این عنصر از طریق مواد خوراکی مانند دانه برنج وارد بدن انسان شده و از طریق کاه برنج آلوده به آرسنیک و استفاده در تغذیه گاوها منجر به آلوده شدن بافت‌ها و اندام‌ها می‌شود. شیر تولیدی گاوهایی که در بنگلادش از شالیزارهای دارای آرسنیک بالا تغذیه شده بودند، ۰/۱۶ میلی‌گرم افزایش نشان داد که ۱۲ برابر حد مجاز آرسنیک در شیر است (Sambu and Wilson, 2008).

آکادمی ملی علوم (NRC) مقدار مجاز کروم در غذای روزانه یک فرد بالغ در طی روز را ۵۰ میکروگرم تعیین کرده است (NRC, 1996). نتایج برخی مطالعات نیز نشان می‌دهد که میانگین غلظت نیکل در شیر گاو و بز به‌ترتیب ۱۵ و ۱۳/۵ میکروگرم در کیلوگرم بود و مقدار نیکل موجود در کبد حدود ۲۳۱ میکروگرم در کیلوگرم گزارش شده، درحالی‌که مقدار نیکل موجود در بافت‌های ماهیچه‌ای حدود ۳۵۰ میکروگرم در کیلوگرم گزارش شده است (Korenekova et al., 2002).

کربن فعال، زئولیت و بنتونیت از جمله جاذب‌های استفاده شده جهت جذب سموم در خوراک دام و طیور می‌باشند (Huwig et al.,

شهری و صنعتی آبیاری می‌شدند، غلظت فلزات سنگین در خاک و گیاهان پرورش یافته در این مناطق بسیار افزایش یافته است، حیواناتی که از علوفه این مزارع استفاده کرده‌اند، مقادیر زیادی از فلزات سنگین در شیر و گوشت آن‌ها گزارش شده است (Najam et al., 2015). آلودگی گوشت و سایر بافت‌های خوراکی دام‌ها با فلزات سنگین نیز یک مسئله نگران‌کننده است و بهداشت غذا و سلامتی انسان را تهدید می‌کند، زیرا این عناصر به‌طور طبیعی در بافت‌های خوراکی وجود ندارد و حتی مقادیر بسیار کم آن‌ها نیز می‌تواند عوارض شدیدی ایجاد کند (Korenekova et al., 2002). به‌عنوان مثال، آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان بر اساس شواهدی که در مطالعات انسانی انجام شده است، برخی از فلزات سنگین را برای انسان سرطان‌زا می‌دانند و برخی از فلزات برای سیستم‌های حساس و در حال رشد سریع جنین‌ها، نوزادان و کودکان خردسال سمی هستند. سرب و جیوه مخصوصاً می‌توانند به‌راحتی از جفت عبور کرده و به مغز جنین آسیب برسانند (Series, 2009). دانشمندان علت اصلی آلودگی گوشت و بافت‌های حیوانی را تغذیه آن‌ها از منابع علوفه‌ای آلوده و یا پرورش آن‌ها در نزدیک مناطق آلوده ذکر کرده‌اند (Korenekova et al., 2002). در مطالعه‌ای به‌منظور بررسی ارتباط سرب موجود در شیر خام با سرب موجود در آب شرب میزان سرب موجود در شیر و همچنین آب مصرفی گاوداری‌های شهر تهران تعداد ۱۰۰ نمونه شیر خام و ۱۰ نمونه آب مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج نشان داد، میانگین غلظت سرب در شیر خام ۲۶۴ ppb بود که با توجه به حد استاندارد کدکس ۲۰۰۷ نشان‌دهنده آلودگی بیش از حد مجاز تمامی نمونه‌های شیر به سرب می‌باشد (Radmehr et al., 2010). در مطالعه دیگری در شهر کرد میزان سرب و کادمیوم در شیر خام و شیر پاستوریزه مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد، میانگین غلظت سرب در شیر خام ۶۰/۷۲ ppb و در شیر پاستوریزه ۱۳/۵۷ ppb بوده است (Bonyadian et al., 2006). برخی مطالعات از تفاوت غلظت سرب در فصل تابستان نسبت به زمستان گزارش داده‌اند که افزایش میزان آن در تابستان را به مصرف بیشتر آب نسبت داده‌اند (Aslam, 2010). مطالعات نشان می‌دهد که در زمان تغذیه دام‌ها با علوفه آغشته به سرب بخش اصلی این فلزات سنگین مستقیماً وارد شیر نمی‌شوند و بدن همانند یک فیلتر بیولوژیک عمل کرده و بخش زیادی از سرب وارد شده جذب نمی‌شود و مقادیر جذب شده نیز ابتدا به استخوان‌ها، کبد و کلیه‌ها منتقل شده و تجمع می‌یابند و سپس از این بافت‌ها به شیر منتقل می‌شوند (Harding, 1995). در مطالعه‌ای، وفا و همکاران (Vafa et al., 2018) در گاوداری‌های اطراف شهر مشهد میانگین عنصر سرب در شیر گاوداری‌های سه منطقه را اندازه‌گیری کردند و میانگین میزان سرب را ۱/۱۳۵، ۰/۷۷۸ و ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر شیر گزارش کردند. همچنین، اندازه‌گیری سرب در شیر گاوها در فصل تابستان و زمستان حاکی از افزایش میزان سرب در

اسفراین و شیروان بدون مجاورت با صنایع انتخاب شد و در هر منطقه یک واحد گاوداری صنعتی جهت نمونه‌گیری شیر انتخاب و تعداد ۱۰ راس گاو مورد نمونه‌گیری قرار گرفت. نمونه‌گیری در فصل بهار سال ۹۸ انجام و کلیه نمونه‌های گرفته شده برای اندازه‌گیری عناصر ذکر شده فوق مورد آزمایش قرار گرفتند. ۳۰ راس گاو انتخاب شده در مرحله اول شیردهی بوده و از ابتدای فصل بهار مورد تغذیه در شرایط یکسان قرار گرفته و در پایان هر ماه نمونه‌گیری از شیر انجام گردید. از ظروف پلاستیکی ۵۰ میلی‌لیتری که در اسید نیتریک ۱۰ درصد به مدت ۲۴ ساعت غوطه‌ور شده و سپس با آب دو بار تقطیر آب‌کشی شده‌اند، جهت نگهداری نمونه‌ها استفاده گردید. نمونه‌های گرفته شده از دو وعده شیردوشی هر راس گاو در آزمایشگاه مخلوط شده و یک نمونه همگن از آن‌ها حاصل شد. در مجموع، ۹۰ نمونه گرفته شده (سه دوره یک ماهه) پس از آماده‌سازی غلظت فلزات سنگین آن‌ها به روش دانالاکشمی توسط دستگاه پلاسمای جفت شده القایی-نشر اتمی (ICP) اندازه‌گیری شد. نمونه‌گیری بر اساس روش‌های AOAC (1990) و AOAC (2013) و اندازه‌گیری عناصر سنگین با استفاده از دستگاه ICP انجام گردید (Dhanalakshmi and Gaudaman, 2013). میزان فلزات سنگین در اقلام خوراکی و آب مورد استفاده در این آزمایش اندازه‌گیری در جدول ۱ زیر آورده شده است.

2001). تحقیقات نشان داده است، کربن فعال و جاذب‌های سموم قارچی قادر به جذب فلزات سنگین از جمله کادمیوم می‌باشند. جاذب‌هایی مانند بنتونیت و کربن فعال کادمیوم را به خود جذب می‌کنند. به‌طور کلی، جاذب‌هایی همانند بنتونیت، کائولن و زغال فعال به‌دلیل سطح زیاد و ظرفیت بالای جذب کاربرد فراوانی دارند، به‌طوری که علاوه بر جاذب سموم قارچی جیره غذایی دام، برای حذف فلزات سمی مانند آرسنیک نیز استفاده می‌شوند (Hereshberger et al., 1971). با توجه به موارد مطرح شده، هدف از مطالعه حاضر، بررسی میزان عناصر سنگین در شیر و بافت‌های خوراکی بدن گاوهای شیری در حال پرورش در مناطق اطراف صنایع بزرگ همانند پتروشیمی، سیمان و فولاد بود تا در حد امکان از پرورش در این مناطق خودداری شده و یا از روش‌های مناسب جهت کاهش آن‌ها استفاده گردد.

مواد و روش‌ها

در آزمایش اول، مقدار فلزات سنگین (سرب، کادمیوم، آرسنیک، کروم و نیکل) در شیر گاوداری‌های استان خراسان شمالی مورد مطالعه قرار گرفت. بدین منظور سه منطقه در استان خراسان شمالی در شهرهای بجنورد با مجاورت کارخانه پتروشیمی خراسان و سیمان بجنورد، اسفراین در مجاورت کارخانه فولاد و لوله گستر

جدول ۱- میزان فلزات سنگین در اقلام خوراکی و آب (میلی‌گرم در کیلوگرم)

Table 1- The amount of heavy metals in feed and water (mg/kg)

مورد Item	سرب Pb	نیکل Ni	کروم Cr	کادمیوم Cd	آرسنیک As
کنسانتره concentrate	1/953±0/1253	8/740±0/0294	1/770±0/0047	0/0313±0/001	1/4267±0/139
سیلاژ ذرت Corn silage	0/2787±0/0394	0/7357±0/0060	1/2467±0/0119	0/0117±0/0014	0/3503±0/0212
یونجه Alfalfa	0/7910±0/0019	1/7603±0/0010	1/0587±0/0385	0/0453±0/0007	0/5313±0/0180
آب Water	0/0147±0/0011	0/0027±0/0005	1/0047±0/0003	0/0±0	0/0053±0/0003

انتهای آزمایش) از هر منطقه و در مجموع، ۱۵ راس گاو کشتار شده از همان گاوداری شهرستان‌های بجنورد، اسفراین و شیروان مورد نمونه‌گیری از بافت‌های داخلی (ریه، کبد، کلیه، قلب و عضله سه سر ران) قرار گرفتند. گاوهای فوق به دلایلی همانند ورم پستان، مشکلات تولیدمثلی، تولید پایین و جابجایی شیردان یا عوامل مشابه حذف شده بودند، از هر یک از بافت‌های ذکر شده به‌میزان ۱۵ گرم نمونه‌برداری شد. و در مجموع، ۷۵ نمونه مورد آزمایش قرار گرفت. نمونه‌گیری از بافت‌ها بر اساس دستورالعمل AOAC (2000)، انجام و تمامی نمونه‌ها در ظروف درپوش‌دار پلاستیکی در دمای چهار درجه سانتی‌گراد نگهداری و به آزمایشگاه منتقل گردید.

داده‌های مربوط به آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از رویه GLM نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. مدل آماری طرح به‌صورت زیر می‌باشد (SAS, 2009).

$$Y_{ij} = \mu + Li + e_{ij}$$
 که در آن، Y_{ij} : متغیر وابسته، μ : میانگین کل، Li : اثر منطقه، و e_{ij} : اثر خطای آزمایشی می‌باشند.

در آزمایش دوم، میزان فلزات سنگین (سرب، کادمیوم، آرسنیک، کروم و نیکل) در بافت‌های بدن گاوهای شیری در استان خراسان شمالی مورد بررسی قرار گرفت. در این آزمایش تعداد پنج راس از گاوهای کشتار شده در طول فصل بهار (ابتدای آزمایش تا

(SAS.Statistical.2009).

$$Y_{ij} = \mu + L_i + e_{ij}$$

که در آن، Y_{ij} : متغیر وابسته، μ : میانگین کل، L_i : اثر مکان و e_{ij} : اثر خطای آزمایشی هستند.

شهرستان شیروان به عنوان منطقه ۱ بدون مجاورت با صنایع، شهرستان اسفراین به عنوان منطقه ۲ با مجاورت کارخانجات فولاد و لوله گستر اسفراین و منطقه ۳ شهرستان بجنورد با مجاورت کارخانجات سیمان و پتروشیمی خراسان نام گذاری شدند.

ظروف قبل از نمونه گیری به مدت ۲۴ ساعت در محلول ۱۰ درصد اسید نیتریک غوطه ور شده و پس از آبکشی جهت نمونه گیری مورد استفاده قرار گرفت. نمونه ها پس از مراحل هضم و آماده سازی به روش اوپماک و همکاران با استفاده از دستگاه پلاسمای جفت شده القایی-نشر اتمی (ICP) مقادیر عناصر سنگین آن ها اندازه گیری گردید. (Oymac et al., 2017).

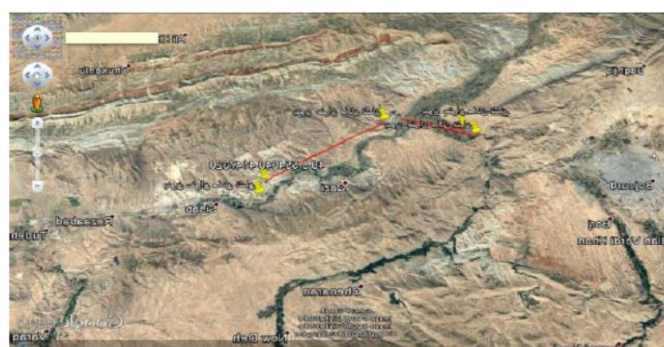
داده های مربوط به آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از رویه GLM نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. مدل آماری طرح به صورت زیر خواهد بود



شکل ۱- شیروان منطقه ۱ شاهد بدون مجاورت با کارخانجات
Figure 1- Shirvan district 1 Shahid without proximity to factories



شکل ۲- اسفراین منطقه ۲ در مجاورت کارخانه فولاد و لوله گستر
Figure 2- Esfrain area 2 area in the vicinity of Gostar Steel and Pipe Factory



شکل ۳- بجنورد منطقه ۳ در مجاورت کارخانجات پتروشیمی خراسان و سیمان
Figure 3- Bojnood area 3 in the vicinity of Khorasan and Siman petrochemical factories

نتایج و بحث

مقایسه میانگین تیمارهای مختلف از نظر غلظت عناصر سنگین در شیر گاوها در جدول ۲ گزارش شده است. با توجه به نتایج به دست آمده میزان آرسنیک، کادمیوم و سرب در شیر گاوه‌های هلشتاین تحت تأثیر مناطق مختلف قرار نگرفت. با این حال، میزان کروم و نیکل در شیر گاوه‌های هلشتاین به طور معنی‌داری تحت تأثیر مناطق مختلف قرار گرفت ($P < 0.05$). به طوری که بیشترین میزان کروم در منطقه ۱ و بیشترین میزان نیکل در منطقه ۲ نسبت به سایر مناطق مشاهده شد. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران ۰۵، پی‌پی‌ام را حداکثر سطح مجاز نیکل در شیر گزارش کردند (ISIRI, 2011). مطابق با نتایج به دست آمده از این آزمایش، پژوهشی بیان کرد که سطوح نیکل در شیر خام گاو جمع‌آوری شده از مناطق آلوده معمولاً بالاتر از آن‌هایی بود که از مناطق غیرآلوده جمع‌آوری شده بودند (Boudebouz et al., 2021). همچنین، سطح نیکل در نمونه‌های شیر خام گاو جمع‌آوری شده از گاوه‌های پرورش یافته در مجاورت

مناطقی که در آن‌ها معدن وجود داشت، بیشتر بود (Giri et al., 2020). به علاوه غلظت فلزات سنگین در شیر حیوانات با افزایش سن آن‌ها افزایش می‌یابد (Najarneshad et al., 2015). برخلاف نتایج این آزمایش، گاوه‌های شیردهی که در اطراف واحدهای صنعتی پرورش یافتند، غلظت‌های بالاتری سرب و کادمیوم در شیر آن‌ها وجود داشت، این افزایش غلظت فلزات سنگین با غلظت‌های بالاتر این آلاینده‌های سمی در علوفه و خاک مرتبط بود (Boudebouz et al., 2021). دلیل وجود تفاوت معنی‌دار نیکل و کروم در مناطق مختلف ممکن است به این دلیل باشد که، فلزات سنگین موجود در شیر ممکن است از ظروف شیر، در طی فرآوری، از طریق آب آلوده مورد استفاده برای کشاورزی، خوراک دام و محیط اطراف حیوانات تولیدکننده شیر به دست بیایند (Zain et al., 2016). با این حال، درجه آلودگی فلزات سنگین ثابت نیست و بسته به مسیرهای مواجهه، شرایط محیطی، تغذیه حیوان، مرحله شیردهی و نژاد حیوان متفاوت است (Safaei et al., 2021 ; Bousbia et al., 2019).

جدول ۲- مقایسه میانگین تیمارهای مختلف از نظر غلظت عناصر سنگین در شیر گاوها (میلی گرم/کیلوگرم)

مورد Item	آرسنیک AS	کادمیم Cd	کروم Cr	نیکل Ni	سرب Pb
منطقه ۱ Area1	0.018	0.0005	0.037 ^a	0.005 ^b	0.074
منطقه ۲ Area2	0.021	0	0.025 ^b	0.006 ^a	0.075
منطقه ۳ Area3	0.022	0.0014	0.025 ^b	0.004 ^b	0.076
خطای استاندارد میانگین SEM	0.3808	0.2808	0.0004	0.0001	0.9326
مقدار احتمال P- value	0.0006	0.0006	0.0022	0.0003	0.0028

¹ میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P < 0.05$).
۱: منطقه ۱ (شیروان) ۲: منطقه ۲ (اسفراین) ۳: منطقه ۳ (بجنورد)

¹ Means within same row with different superscripts differ ($P < 0.05$).

1: Area 1 (Shirvan) 2: Area 2 (Esfrain) 3: Area 3 (Bojnoord)

منظور ارزیابی غلظت فلزات سنگین (سرب، کروم و نیکل) در قلب گاو از کشتارگاه منتخب در کشور نیجریه انجام شد، نتایج نشان داد که غلظت فلزات تفاوت معنی‌داری نداشت (Omede et al., 2018). همچنین، در پژوهش دیگری به منظور تعیین غلظت فلزات سنگین (کروم، نیکل و سرب) در بافت قلب گاو، گوسفند، گاو میش، بز و مرغ در کشور پاکستان انجام شد، نتایج نشان داد که میزان اندازه‌گیری شده فلزات سنگین در بافت قلب از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (Abdel-Salam et al., 2013). بیان شده است که حیواناتی که رها هستند و آزادانه چرا می‌کنند، غلظت بالایی از فلزات سمی را در اندام‌های خود جمع می‌کنند (Omede et al., 2018).

میزان فلزات سنگین موجود در بافت قلب گاوه‌های هلشتاین در مناطق مختلف در جدول ۳ گزارش شده است. با توجه به نتایج به دست آمده میزان آرسنیک، کروم، کادمیوم، نیکل و سرب در هیچ یک از مناطق (شیروان، اسفراین و بجنورد) در بافت قلب از لحاظ آماری معنی‌دار نبود.

مطابق با نتایج این آزمایش، در تحقیقی که به منظور تعیین غلظت فلزات سنگین (کادمیوم، نیکل و سرب) در قلب گاو، گوسفند و مرغ در کشور عراق صورت گرفت، میزان هیچ یک از فلزات سنگین در قلب معنی‌دار نبود، اما از لحاظ عددی بیشترین میزان کادمیم در قلب گاو مشاهده شد (Al-Zuhairi et al., 2015). به علاوه، مطالعه‌ای به

جدول ۳- میزان فلزات سنگین موجود در بافت قلب گاوهای هلشتاین در مناطق مختلف (میلی گرم/کیلوگرم)

Table 3- The amount of heavy metals in the heart tissue of Holstein cows in different areas (mg/kg) ¹

مورد Item	مناطق مختلف Different areas			خطای استاندارد میانگین SEM	مقدار احتمال P- value
	1	2	3		
آرسنیک AS	0.051	0.047	0.063	0.013	0.69
کادمیم Cd	0.015	0.013	0.022	0.003	0.09
کروم Cr	0.196	0.190	0.066	0.107	0.64
نیکل Ni	0.042	0.042	0.054	0.008	0.55
سرب Pb	0.142	0.092	0.129	0.048	0.76

¹ میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P < 0.05$).

۱: منطقه ۱ (شیروان) ۲: منطقه ۲ (اسفراین) ۳: منطقه ۳ (بجنورد)

¹ Means within same row with different superscripts differ ($P < 0.05$).

1: Area 1 (Shirvan) 2: Area 2 (Esfrain) 3: Area 3 (Bojnoord)

منطقه دیگر به خود اختصاص داد. تجمع آرسنیک در حیوانات به نوع غذایی که مصرف می‌کنند، متفاوت است (Abdel-Salam et al., 2013). غلظت کادمیوم در خوراک می‌تواند بر غلظت کادمیوم در بافت‌های حیوانی تأثیر بگذارد (Momodu et al., 2019). در مطالعه‌ای که بر میزان غلظت فلزات سنگین در خوراک مصرفی از ۷۲ گاو از ۱۸ مزرعه در طول چهار فصل جمع‌آوری شد، نتایج نشان داد که محتوای کادمیم کلیه به‌طور قابل توجهی بالاتر بود (Hashemi et al., 2018).

میزان فلزات سنگین موجود در بافت کلیه گاوهای هلشتاین در مناطق مختلف در جدول ۴ گزارش شده است. نتایج نشان داد، میزان کروم، نیکل و سرب در بافت کلیه گاوهای هلشتاین در مناطق مختلف تحت تأثیر قرار نگرفت. اما میزان آرسنیک و کادمیوم در بافت کلیه به‌طور معنی‌داری در مناطق مختلف (شیروان، اسفراین و بجنورد) تحت تأثیر قرار گرفت ($P < 0.05$). به‌طوری‌که کمترین میزان آرسنیک بافت کلیه در منطقه ۱ و بیشترین آن در منطقه ۲ مشاهده شد و منطقه ۳ بیشترین میزان کادمیوم در بافت کلیه را نسبت به دو

جدول ۴- میزان فلزات سنگین موجود در بافت کلیه گاوهای هلشتاین در مناطق مختلف (میلی گرم/کیلوگرم)

Table 4- The amount of heavy metals in the kidney tissue of Holstein cows in different areas ¹

مورد Item	مناطق مختلف Different areas			خطای استاندارد میانگین SEM	مقدار احتمال P- value
	1	2	3		
آرسنیک AS	0.014 ^b	0.075 ^a	0.047 ^{ab}	0.017	0.07
کادمیم Cd	0.161 ^b	0.090 ^b	0.499 ^a	0.088	0.01
کروم Cr	0.036	0.026	0.056	0.014	0.35
نیکل Ni	0.046	0.040	0.045	0.007	0.79
سرب Pb	0.221	0.201	0.211	0.063	0.98

¹ میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P < 0.05$).

۱: منطقه ۱ (شیروان) ۲: منطقه ۲ (اسفراین) ۳: منطقه ۳ (بجنورد)

¹ Means within same row with different superscripts differ ($P < 0.05$).

1: Area 1 (Shirvan) 2: Area 2 (Esfrain) 3: Area 3 (Bojnoord)

میزان نیکل موجود در بافت کبد به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر مناطق مختلف قرار گرفت ($P < 0.05$). به‌طوری‌که کمترین میزان کادمیوم و نیکل بافت کبد گاوهای هلشتاین در منطقه ۲ مشاهده شده، اما بیشترین میزان کادمیوم در منطقه ۳ و بیشترین میزان نیکل در منطقه ۱ مشاهده گردید.

کبد یکی از اندام‌های اصلی مورد استفاده برای ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در حیوانات است که احتمالاً به‌دلیل نقش آن در سم‌زدایی از سمومی مانند فلزات سنگین است (Ubw et al., 2017). همچنین بالا و همکاران (Bala et al., 2014) و آکان و همکاران (Akan et al., 2010) بیان کردند که فلزات سنگین در کبد بیش از هر عضوی از بدن تجمع می‌یابند. در مطالعه‌ای نشان داده شد که میزان کادمیوم در بافت کبد در گاو از نظر آماری معنی‌دار بود (Akan et al., 2010).

از طرفی، مشخص شده است که کادمیوم به‌آسانی توسط گیاهان از خاک جذب شده و به‌طور غیرمستقیم از طریق گیاه به حیوانات منتقل می‌شود (Hashemi et al., 2018). همچنین غلظت کادمیوم در مناطق کشاورزی می‌تواند تحت تأثیر کود فسفاته و آفت‌کش‌ها قرار گیرد (Radha et al., 2014). که علت غلظت بالای کادمیوم در کلیه ممکن است به این دلیل باشد که کلیه عملکرد دفعی را انجام می‌دهد و مواد سمی برای دفع از بافت‌های بدن به کلیه منتقل می‌شوند (Hashemi et al., 2018) در نتیجه، کادمیوم در بافت کلیه تجمع پیدا می‌کند.

میزان فلزات سنگین موجود در بافت کبد گاوهای هلشتاین در مناطق مختلف در جدول ۵ گزارش شده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده، میزان آرسنیک، کادمیوم، کروم و سرب در بافت کبد گاوهای هلشتاین تحت تأثیر مناطق مختلف قرار نگرفت. با این حال،

جدول ۵- میزان فلزات سنگین موجود در بافت کبد گاوهای هلشتاین در مناطق مختلف (میلی‌گرم/کیلوگرم)

Table 5- The amount of heavy metals in the liver tissue of Holstein cows in different areas ¹

مورد Item	مناطق مختلف Different areas			خطای استاندارد میانگین SEM	مقدار احتمال P- value
	1	2	3		
آرسنیک AS	0.147	0.136	0.066	0.042	0.36
کادمیوم Cd	0.021	0.011	0.045	0.009	0.06
کروم Cr	0.091	0.154	0.089	0.024	0.13
نیکل Ni	0.118 ^a	0.038 ^b	0.094 ^{ab}	0.018	0.02
سرب Pb	0.250	0.136	0.280	0.068	0.32

¹ میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P < 0.05$).

۱: منطقه ۱ (شیروان) ۲: منطقه ۲ (اسفراین) ۳: منطقه ۳ (بجنورد)

¹ Means within same row with different superscripts differ ($P < 0.05$).

1: Area 1 (Shirvan) 2: Area 2 (Esfrain) 3: Area 3 (Bojnoord)

منتخب در کشور نیجریه انجام شد، غلظت فلزات تفاوت معنی‌داری با هم نداشت که این ممکن است به‌دلیل سطح پایین صنعتی شدن در این بخش از کشور باشد که حیوانات در آن پرورش می‌یابند (Giri et al., 2020). همچنین در مطالعه‌ای که در مورد تعیین غلظت فلزات سنگین کروم، کادمیوم، سرب، نیکل، مس، روی، منگنز در اندام‌های داخلی و ماهیچه‌های مختلف گاوهای سیاه و سفید لیتوانیایی و گاوهای هم نژاد بود، نتایج نشان داد که غلظت یون فلزات سنگین در ریه تفاوت معنی‌داری داشت، به‌طوری‌که بیشترین غلظت کروم مربوط به ریه‌ها بود و تمایل به افزایش غلظت نیکل در ریه‌ها مشاهده شد. (Jukna et al., 2006). از طرفی، مومودو و اویبانیجی

میزان فلزات سنگین موجود در بافت ریه گاوهای هلشتاین در مناطق مختلف در جدول ۶ گزارش شده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده میزان آرسنیک، کادمیوم و سرب در بافت شش در مناطق مختلف اختلاف معنی‌داری نداشت. با این حال، میزان کروم و نیکل در بافت ریه گاوهای هلشتاین در مناطق مختلف به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار گرفت ($P < 0.05$). به‌طوری‌که بیشترین میزان کروم و نیکل در منطقه ۲ مشاهده گردید و کمترین میزان کروم، در بافت ریه را منطقه ۳ و منطقه ۱ و ۳ کمترین میزان نیکل را به خود اختصاص داد. مطابق با نتایج ما، در پژوهشی که به‌منظور ارزیابی غلظت فلزات سنگین (سرب و کادمیوم) در ریه گاو از کشتارگاه

بافت مورد آزمایش در مناطق صنعتی بیشتر از همان اندامها برای مناطق روستایی بود.

(Momodu and Oyeibanji, 2019) در تعیین محتوای فلزات سنگین در گوشت گاو مشاهده کردند که میزان فلزات سنگین در

جدول ۶- میزان فلزات سنگین موجود در بافت ریه گاوهای هلشتاین در مناطق مختلف (میلی گرم/کیلوگرم)

Table 6- The amount of heavy metals in the lung tissue of Holstein cows in different areas ¹

مورد Item	مناطق مختلف Different areas			خطای استاندارد میانگین SEM	مقدار احتمال P- value
	1	2	3		
آرسنیک AS	0.063	0.052	0.060	0.019	0.92
کادمیم Cd	0.027	0.018	0.010	0.008	0.41
کروم Cr	0.162 ^{ab}	0.221 ^a	0.083 ^b	0.029	0.02
نیکل Ni	0.079 ^b	0.206 ^a	0.029 ^b	0.036	0.01
سرب Pb	0.130	0.414	0.067	0.144	0.023

¹ میانگینهای هر ردیف با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی دار می باشند ($P < 0.05$).

۱: منطقه ۱ (شیروان) ۲: منطقه ۲ (اسفراین) ۳: منطقه ۳ (بجنورد)

¹ Means within same row with different superscripts differ ($P < 0.05$).

1: Area 1 (Shirvan) 2: Area 2 (Esfrain) 3: Area 3 (Bojnoord)

(Okareh et al., 2015). ممکن است دلیل غلظت بالای کروم (mg/kg) در بافت نمونه برداری شده این باشد که گاو اخیراً در اثر فعالیت های انسانی در معرض خوراک آلوده به کروم یا محیط های آلوده به کروم قرار گرفته باشند (Sabuwa et al., 2020).

حداکثر سطوح مختلف فلزات سنگین در خوراک دام بر اساس استاندارد اعلام شده توسط سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران آرسنیک دو میلی گرم بر کیلوگرم، کادمیم یک میلی گرم بر کیلوگرم و سرب پنج میلی گرم بر کیلوگرم می باشد (ISIRI, 2009). قابل ذکر است که گاوهای شیری بیشتر مستعد تجمع کادمیم و سرب هستند. (Hejna et al., 2018). رویدادهای طبیعی و فعالیتهای انسانی به انتشار آلاینده ها، به ویژه فلزات سنگین، در محیط در طول سال ها کمک می کنند. بنابراین، این امر منجر به تقاضا برای به حداقل رساندن اثرات مضر فلزات سنگین سمی می شود و استفاده از ترکیبات جاذب مانند: پلیمری، معدنی طبیعی، محصول فرعی صنعتی و جاذب نانومواد کربنی به عنوان جاذب مورد استفاده قرار می گیرند (Zaimee et al., 2021).

میزان فلزات سنگین موجود در بافت عضله ران گاوهای هلشتاین در مناطق مختلف در جدول ۷ گزارش شده است. میزان فلزات آرسنیک، کادمیم و سرب در بافت عضله ران گاوهای هلشتاین در مناطق مختلف به طور معنی داری تحت تأثیر قرار نگرفت. با این حال، میزان کروم و نیکل در بافت عضله ران به طور معنی داری در مناطق مختلف تحت تأثیر قرار گرفت ($P < 0.05$). به طوری که منطقه ۱ نسبت به مناطق ۲ و ۳ دارای میزان کروم بالاتری بود. میزان نیکل نیز در منطقه ۲ بالاتر از سایر مناطق و دارای اختلاف معنی داری با مناطق ۱ و ۳ بود ($P < 0.05$). در مطالعه کورنکووا و همکاران (Korenekova et al., 2002)، غلظت نیکل در ماهیچه گاوهای پرورش یافته در مجاورت یک واحد صنعتی از سه منطقه در اسلواکی بین ۰.۱۵ و ۰.۳۵ میلی گرم بر کیلوگرم بود، مقادیر فوق در مطالعه حاضر بین ۰.۰۲ تا ۰.۲ میلی گرم در کیلو گرم می باشد. همچنین یافته های تکونوو و همکاران (Tchounwou et al., 2012) نشان داد که کروم از طیف گسترده ای از منابع طبیعی و انسانی وارد منابع های مختلف محیطی (هوا، آب و خاک) می شود که بیشترین انتشار آن از مؤسسات صنعتی است. زمانی که فلزات سنگین در هوا، خوراک و آب دام ها وجود داشته باشد، در نهایت در بافت آن ها تجمع می یابد

جدول ۷- میزان فلزات سنگين موجود در بافت عضله ران گاوهای هلشتاین در مناطق مختلف (میلی گرم/کیلوگرم)

Table 7- The amount of heavy metals in the muscle tissue of Holstein cows in different areas (mg/kg)¹

مورد Item	مناطق مختلف Different areas			خطای استاندارد میانگین SEM	مقدار احتمال P- value
	1	2	3		
آرسنیک AS	0.045	0.041	0.051	0.013	0.85
کادميوم Cd	0.030	0.016	0.018	0.009	0.55
کروم Cr	0.189 ^a	0.110 ^b	0.064 ^b	0.021	< 0.01
نیکل Ni	0.182 ^a	0.055 ^b	0.060 ^b	0.022	< 0.01
سرب Pb	0.133	0.138	0.230	0.049	0.33

¹ میانگین های هر ردیف با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی دار می باشند ($P < 0.05$).

۱: منطقه ۱ (شیروان) ۲: منطقه ۲ (اسفراین) ۳: منطقه ۳ (بجنورد)

¹ Means within same row with different superscripts differ ($P < 0.05$).

1: Area 1 (Shirvan) 2: Area 2 (Esfrain) 3: Area 3 (Bojnoord)

نتیجه گیری کلی

عناصر در بافت ها مربوط به غلظت عنصر سرب بود و کبد بیشترین غلظت سرب را نسبت به سایر بافت ها داشت. با توجه به تهدیدات متعدد فلزات سنگین در محیط زیست، کاهش حضور این فلزات سمی در محیط بسیار مهم است. لذا، استفاده از ترکیباتی همانند جاذب ها برای کاهش غلظت این عناصر در محصولات دامی می تواند به عنوان راهکار پیشنهاد و مورد بررسی قرار گیرد.

وجود آلاینده های معدنی مانند یون های فلزی در اکوسیستم باعث ایجاد یک مشکل زیست محیطی بزرگ می شود. اگر چه مقادیر عناصر سنگین در بسیاری از موارد بین مناطق بررسی شده اختلاف معنی داری نداشت، اما مقادیر آن ها بیشتر از مقادیر استاندارد گزارش شده برای آن عناصر سنگین در محصولاتی همانند شیر بود، در خصوص غلظت عناصر در بافت ها بدون در نظر گرفتن مناطق، بالاترین مقادیر

References

1. Abdel-Salam, N. M., Ahmed, S., Basir, A., Rais, A. K., Bibi, A., Ullah, R., Shad, A. A., Muhammad, Z., & Hussain, I. (2013). Distribution of heavy metals in the liver, kidney, heart, pancreas and meat of cow, buffalo, goat, sheep and chicken from Kohat market Pakistan. *Life Science Journal*, Jan;10(7s),937-40.
2. Akan, J. C., Abdulrahman, F. I., Sodipo, O. A., & Chiroma, Y. A. (2010). Distribution of heavy metals in the liver, kidney and meat of beef, mutton, caprine and chicken from Kasuwan Shanu market in Maiduguri Metropolis, Borno State, Nigeria. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 2(8),743-748.
3. Al-Zuhairi, W. S., Farhan, M. A., & Ahemd, M. A. (2015). Determine of heavy metals in the heart, kidney and meat of beef, mutton and chicken from Baquba and Howaydir market in Baquba, Diyala Province, Iraq. *International Journal of Recent Scientific Research*, 6(8),5965-5967.
4. Aslam, B. (2010). Determination of heavy metal residues in the milk and meat of cattle and goat. Faculty of veterinary sciences, University of Agriculture Faisalabad, Pakistan, 128p. <http://142.54.178.187:9060/xmlui/handle/123456789/2508>
5. Association of Official Analytical Chemists. (2000). Official Methods of Analysis. 17th Ed.
6. ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), (2000). Toxicological Profile for Chromium. US Department of Human and Health Services. USA.
7. ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), (2008). Cadmium Toxicity where is Cadmium Found? Registry Case Studies in Environmental Medicine (CSEM) Cadmium Toxicity
8. Bala, A., Suleiman, N., Junaidu, A. U., Salihu, M. D., Ifende, V. I., Saulawa, M. A., Magaji, A. A., Faleke, O. O., & Anzaku, S. A. (2014). Detection of lead (Pb), cadmium (Cd), chromium (Cr) nickel (Ni) and magnesium residue in Kidney and liver of Slaughtered Cattle in Sokoto Central Abattoir, Sokoto State, Nigeria. *International Journal of Livestock Research*, 4(1),74-80. DOI: 10.5455/ijlr.20131002072458
9. Bonyadian, M., Moshtaghi, H., & Soltani, Z. (2006). Study on the residual of Lead and cadmium in raw and

- pasteurized milks in Shahrekord area. *Iranian Veterinaria Hungarica*, 43,3-43.
10. Boudebouz, A., Boudalia, S., Bousbia, A., Habila, S., Boussadia, M. I., & Gueroui, Y. (2021). Heavy metals levels in raw cow milk and health risk assessment across the globe, A systematic review. *Science of the Total Environment*, 751,141830. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141830>
 11. Bousbia, A., Boudalia, S., Gueroui, Y., Ghebache, R., Amrouchi, M., Belase, B., Meguelati, S., Belkheir, B., Benidir, M., & Chelaghmia, M.L. (2019). Heavy metals concentrations in raw cow milk produced in the different livestock farming types in Guelma province (Algeria), contamination and risk assessment of consumption. *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*, 29(2).
 12. Chang, X. & Mowat, D. N. (1992). Supplemental chromium for stressed and growing feeder calves. *Journal of Animal Science*, 70,559-565. <https://doi.org/10.2527/1992.702559x>
 13. Codex alimentarius commission. (2000). Evaluation of certain food additives and contaminations. Report of the joint FAO/WHO expert committee on food additives Geneva. Switzerland, pp. 90-120. PMID: 27514183.
 14. Codex alimentarius commission. (2007). Evaluation of certain food additives and contaminations. Report of the 35th Session of codex committee on food additives and contaminants. Arusha, Tanzania,
 15. Dhanalakshmi, B., & Gawdaman, G. (2013). Determination of heavy metal in goat milk through ICP-OES. *Asian Journal of Dairying & Foods Research*, 32(3),186-190.
 16. Ghafoor, A., & Rasool, I. (1999). Zinc, copper, iron and manganese in soils at different canal and water course sections in rice-wheat cropping zone. *International Journal of Agriculture Biology*, 1,218-221.
 17. Giri, S., & Singh, A. K. (2020). Human health risk assessment due to metals in cow's milk from Singhbhum copper and iron mining areas, India. *Journal of Food Science and Technology*, 57(4),1415-1420. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141830>
 18. Goyer, R. (1991). Toxic Effects of Metals, In: Casarett and Doull's Toxicology, 4th Ed. Pergamon Press, New York, pp. 623-628.
 19. Harding, F. (1995). Milk quality. Springer Technology & Industrial. Translated by: Karim, G., Dayyani, A., & Khaliji, A. H., University of Tehran Press, Iran. pp. 177-179.
 20. Hashemi, M., (2018). Heavy metal concentrations in bovine tissues (muscle, liver and kidney) and their relationship with heavy metal contents in consumed feed. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 154,263-267. (in Persian). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12416>.
 21. Hejna, M., Gottardo, D., Baldi, A., Dell'Orto, V., Cheli, F., Zaninelli, M., & Rossi, L., 2018. Nutritional ecology of heavy metals. *Animal*, 12(10),2156-2170. DOI: <https://doi.org/10.1017/S175173111700355X>
 22. Hereshberger, T. V., Wilson, L. L., Chase, L. E., Rugh, M. C., & Valera-Alvaers, H. (1971). Effect of activated carbon on lamb performance and rumen parameters, *Journal of Dairy Science*, 54(5),693-695. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(71\)85908-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(71)85908-8)
 23. Husain, A., Rashdan, A., Awadhi, A., Mahgoub, B., & Amiri, A. (1996). Toxic metals in food products originating from locally reared animals in kuwait. *Bulletin of Environment Contamination and Toxicology*, 549-555.
 24. Huwig, A., Freimund, S., Kappeli, O., & Dutler, H. (2001). Mycotoxin detoxification of animal feed by different adsorbants. *Toxicology Letters*, 122(2),17-188. [https://doi.org/10.1016/S0378-4274\(01\)00360-5](https://doi.org/10.1016/S0378-4274(01)00360-5)
 25. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (2011). Food & Feed-Maximum limit of heavy metals. ISIRI No. 12968.Karaj: ISIRI.
 26. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (2009). Animal Feed stuffs- Animal feed concentrate- Specifications. ISIRI No. 3774.Karaj: ISIRI.
 27. Jukna, C., Jukna, V., & Siugzdaite, J. (2006). Determination of heavy metals in viscera and muscles of cattle. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*, 9(1),35-41.
 28. Khorashadi Zadeh, M. A., Valizadeh, R., & Naserian, A. A. (2017). The effect of long-term dietary cadmium chloride on cadmium concentration in tissues, urine and feces and concentration of iron, zinc and copper in tissues in Holstein male calves. *Animal Production Research Animal Science University of Gilan*, 2,1-11. (In Persian)
 29. Korenekova, B., Skalická, M., & Nad, P. (2002). Concentration of some heavy metals in cattle reared in the vicinity of a metallurgic industry. *Veterinarski Arhiv*, 72(5),259-268.
 30. Momodu, D., & Oyebanji, A. (2019). Determination of heavy metals in selected tissues and organs of cattle from Central Abattoir in Ado-Ekiti, Akure and Owena. *Asian Journal of Applied Chemistry Research*, (4),1-7. DOI: [10.9734/AJACR/2019/v4i1-230102](https://doi.org/10.9734/AJACR/2019/v4i1-230102)
 31. Najam, S., Nawaz, R., Ehsan, N., Khan, M. M., & Nawaz, M. H. (2015). Heavy metals contamination of soils and vegetables irrigation with municipal wastewater: A case study of Faisalabad, Pakistan. *Journal of Environmental & Agricultural Sciences*, 4,6-10.
 32. Najarneshad, V., Jalilzadeh-Amin, G., Anassori, E., & Zeinali, V. (2015). Lead and cadmium in raw buffalo, cow and ewe milk from west Azerbaijan, Iran. *Food Additives & Contaminants: Part B*, 3;8(2),123-7. <https://doi.org/10.1080/19393210.2015.1007396>
 33. NRC. (1996). Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7th Ed. Natl. Acad. Press. Washington. DC.
 34. Okareh, O. T. (2015). Determination of heavy metals in selected tissues and organs of slaughtered cattle from

- Akinyele Central Abattoir, Ibadan. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 5(11),124–9.
35. Omede, S. N., & Ichado, A. S. (2018). Assessment of heavy metals in the lungs, hearts and muscles of cow from abattoirs in Anyigba, Ejule and Ankpa. *International Journal for Advance Research and Development*, 3(2),233-8.
36. Oymak, T., Ulusoy, H., Hastaoğlu, E., Yılmaz, V., & Yıldırım, Ş. (2017). Some heavy metal contents of various slaughtered cattle tissues in Sivas-Turkey. *Journal of the Turkish Chemical Society Section A*, 4(3),721-728. <https://doi.org/10.18596/jotcsa.292601>
37. Pereira, M. C. S., Brumano, L. P., Kamiyama, C. M., Pereira, J. P. F., Rodarte, M. P., & de Oliveira Pinto, M. A. (2012). Lácteos com baixo teor de lactose: Uma necessidade para portadores de má digestão da lactose e um nicho de mercado. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, 67(389),57-65. DOI: <https://doi.org/10.5935/2238-6416.20120079>
38. Radha, R. V., Kumutha, K., & Marimuthu, P. (2014). Assessment of cadmium contamination of soils in sewage disposal areas of coimbatore district, Tamil Nadu, India. *Current World Environment*, 1 Aug., 9(2),379. DOI: <http://dx.doi.org/10.12944/CWE.9.2.18>
39. Radmehr, B., Nematparvar, M., Farhoodi Moghadam, M., & Khoshnevis, M. (2010). Correlation between lead concentration in produced milk and drinking water in a few dairy farms of Tehran province. *Journal of Clinical Research*, 1,49-56. (In Persian). DOI: [20.1001.1.20088159.1388.1.1.5.0](https://doi.org/10.1001.1.20088159.1388.1.1.5.0)
40. Rahimi, E., & Rokni, N. (2008). Measurement of cadmium residues in muscle, liver and kidney of cattle slaughtered in Isfahan abattoir using graphite furnace atomic absorption spectrometry (GFAAS), A preliminary study. *Iranian Journal of Veterinary Research*, 9,174-177. (in Persian). DOI: [10.22099/ijvr.2008.547](https://doi.org/10.22099/ijvr.2008.547)
41. Rey-Crespo, F., Miranda, M., & López-Alonso, M. (2013). Essential trace and toxic element concentrations in organic and conventional milk in NW Spain. *Food and Chemical Toxicology*. 1 May, 55,513-8. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.01.040>
42. Rosas, I., Belmont, R., Armineta, A., & Baez, A. (1999) Arsenic concentration in water, soil milk and forage in ComaracaLagunera, Mexico. *Water, Air and Soil Pollution*, 112,133-149. <https://doi.org/10.1023/A:1005095900193>
43. Saber, R., & Parviz, A. (2017). Survey on the amount of cadmium in milk and its correlation with milk production in dairy farms of Tabriz area. *Veterinary Clinical Pathology The Quarterly Scientific Journal*, 10(4 (40 Winter),315-325.
44. Sabuwa, A. M., & Nafarnda, W. D. (2020). Determination of Concentration of Some Heavy Metals in Tissues of Cattle Slaughtered from Southern Agricultural Zone of Nasarawa State, Nigeria. DOI: [10.36349/easjvms.2020.v02i05.001](https://doi.org/10.36349/easjvms.2020.v02i05.001)
45. Safaei, P., Seilani, F., Eslami, F., Sajedi, S. R., & Mohajer, A. (2021). Determination of essential nutrients and heavy metal content of raw cow's milk from East Azerbaijan province, Iran. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 101(14),2368-78. (in Persian) <https://doi.org/10.1080/03067319.2019.1702171>
46. Sambu, S., & Wilson, R. (2008). Arsenic in food and water- A brief history. *Toxicology and Industrial Health*, 24, 217-226. <https://doi.org/10.1177/0748233708094096>
47. Series, T. F. (2009). Mercury, lead, cadmium, tin and arsenic in food. *Food Safety*, 1,1-13.
48. SAS.Statistical Analysis System. (2009). Users Guide: Statistics, Version 9.2. SAS Institute, Cary, NC, USA.
49. Tchounwou, P. B., Yedjou, C. G., Patlolla, A. K., & Sutton, D. J. (2012). Heavy metal toxicity and the environment. In *Molecular, clinical and environmental toxicology* (pp. 133-164). Springer, Basel. https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4_6
50. Tibulca, D., Jimborean, M., & Salagean, D.C. (2012). Variation of heavy metal content from raw milk according to season. *University of Craiova*, 17,401-406.
51. Ubwa, S. T., Ejiga, R., Okoye, P. A., & Amua, Q. M. (2017). Assessment of heavy metals in the blood and some selected entrails of cows, goat and pigs slaughtered at Wurukum Abattoir, Makurdi-Nigeria. *Advances in Analytical Chemistry*, 7(1),7-12. DOI: [10.5923/j.aac.20170701.02](https://doi.org/10.5923/j.aac.20170701.02)
52. Vafa, T., Khorashadi Zadeh, M. A., & Valizadeh, R. (2018). Studying the Lead concentration in raw milk of dairy farm in mashhad. The international conference on agricultural science on medicinal plants & traditional medicine. Payam Noor University of Khorasan Razavi, Iran. (In Persian) DOI: [10.22067/ijasr.2023.79760.1119](https://doi.org/10.22067/ijasr.2023.79760.1119)
53. Zaimee, M. Z. A., Sarjadi, M. S., & Rahman, M. L. (2021). Heavy metals removal from water by efficient adsorbents. *Water*, 13(19),2659. <https://doi.org/10.3390/w13192659>
54. Zain, S. M., Behkami, S., Bakirdere, S., & Koki, I. B. (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. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.02.015>