DOI: 10.22055/ivj.2025.512578.2781

تأثیر مدیریت تغذیه‌ای، اندازه گله و موقعیت جغرافیایی بر غلظت فلزات سنگین در محصولات دامی: مطالعه موردی در گاوداری‌های استان اصفهان

سعید جلالی‌جلال‌آبادی[۱]، آرش امیدی[۲*]، آریا رسولی[۳]، مهدی محبی‌فانی[۲] و بهنام کشاورزی[۴]

[۱] دانشجوی دکتری بهداشت خوراک دام، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
[۲] استاد گروه مدیریت بهداشت دام، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
[۳] دانشیار گروه مدیریت بهداشت دام، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
[۴] استاد گروه علوم زمین، دانشکده علوم، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۲/۱۵

چکیده

آلودگی ناشی از فلزات سنگین نظیر سرب (Pb)، کادمیوم (Cd) و آرسنیک (As) به ویژه در نتیجه فعالیت‌های صنعتی و مدیریت ضعیف، تهدیدی جدی برای سلامت انسان و دام محسوب می‌شود. این مطالعه به ارزیابی تأثیر مدیریت تغذیه‌ای، اندازه گله و فاصله از مناطق صنعتی بر غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های شیر، آب، خوراک دام، مکمل دامی، کود و مو در ۳۰ گاوداری واقع در استان اصفهان پرداخته است. نمونه‌ها از گاوداری‌های با ویژگی‌های متنوع جمع‌آوری و غلظت فلزات سنگین با استفاده از طیف‌سنجی جذب اتمی (AAS) اندازه گیری شدند. نتایج نشان داد که از نظر مدیریت تغذیه‌ای، ۳۰ درصد از گاوداری‌ها در سطح ضعیف (سطح ۱)، ۵۰ درصد در سطح متوسط (سطح ۲) و ۲۰ درصد در سطح خوب (سطح ۳) قرار داشتند. میانگین نمرات مدیریت تغذیه‌ای برای سطح ۱، ۴۵ درصد، برای سطح ۲، ۷۰ درصد و برای سطح ۳، ۹۰ درصد بود. اندازه گله بزرگ (بالای ۶۰۰ رأس) با افزایش کادمیوم در کود (P= ۰/۰۴۱) و سطح مدیریت تغذیه‌ای ضعیف با افزایش معنی‌دار غلظت سرب در شیر (P= ۰/۰۳۲) همراه بود و غلظت آرسنیک در خوراک دام تحت تأثیر نزدیکی به مناطق صنعتی قرار داشت (r=۰/۶۷ , P=۰/۰۱۹). میانه غلظت سرب در شیر ۰/۰۲۸ میلی‌گرم بر لیتر بود که بالاتر از حد مجاز ۰/۰۲ میلی‌گرم بر لیتر است، سرب در خوراک ۱/۹۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم، کادمیوم در کود ۰/۰۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم، کادمیوم در مو ۰/۱۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم و آرسنیک در خوراک ۰/۶۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود که همگی کم‌تر از حد مجاز بودند. کیفیت نامطلوب خوراک دام به طور قابل توجهی در افزایش غلظت سرب در شیر مؤثر بوده است. بهبود مدیریت و استفاده از منابع غذایی با کیفیت ضروری است. پیشنهاد می‌شود که پایش مستمر کیفیت منابع غذایی و آبی انجام گیرد تا خطرات ناشی از فلزات سنگین کاهش یابد و سلامت عمومی تأمین گردد.

کلمات کلیدی: آلودگی، اندازه گله، فلزات سنگین، گاوداری، مدیریت

مقدمه

فلزات سنگین به عنوان یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های زیست‌محیطی، تهدیدی جدی برای سلامت انسان و اکوسیستم‌ها محسوب می‌شوند. این عناصر شیمیایی، شامل سرب (Pb)، کادمیوم (Cd) و آرسنیک (As)، به دلیل

* نویسنده مسئول: آرش امیدی، استاد گروه مدیریت بهداشت دام، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
E-mail: aomidi@shirazu.ac.ir

© 2020 by the authors. Licensee SCU, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

ویژگی‌های شیمیایی خاص و توانایی تجمع در زنجیره غذایی، به ویژه در محیط‌های کشاورزی و دامپروری، خطرات زیادی را به همراه دارند. این فلزات، که چگالی بالایی دارند، می‌توانند اثرات سمی جدی بر سلامت انسان و دام داشته باشند. در شرایطی ممکن است این فلزات به زنجیره غذایی وارد شوند و خطراتی جدی برای سلامت عمومی ایجاد کنند. ورود فلزات سنگین به بدن حیوانات می‌تواند از طریق منابع آلوده، شامل خوراک و آب، صورت گیرد و اثرات سمی آن‌ها ممکن است به صورت حاد یا مزمن نمایان شود (Afzal and Mahreen, 2024). وجود این فلزات در محصولات دامی نه تنها سلامت دام‌ها را به خطر می‌اندازد، بلکه با انتقال به انسان از طریق مصرف محصولات دامی، تهدیدی جدی برای سلامت عمومی ایجاد می‌کند (López-Alonso et al, 2017). مطالعات متعددی نشان داده‌اند که قرارگیری در معرض این فلزات می‌تواند منجر به بروز بیماری‌های مختلفی از جمله اختلالات عصبی، مشکلات تنفسی و حتی سرطان شود (Hoffman et al, 2013). نحوه ورود فلزات سنگین به زنجیره غذایی می‌تواند از طریق منابع مختلفی مانند خاک، آب و هوا باشد. فعالیت‌های صنعتی، کشاورزی و شهری به طور مستقیم یا غیرمستقیم به آلودگی محیط زیست منجر می‌شوند. در مناطق صنعتی، وجود کارخانه‌ها و تأسیسات تولیدی، به ویژه در نزدیکی مزارع و گاوداری‌ها، احتمال آلودگی به فلزات سنگین را افزایش می‌دهد (Seifi et al, 2019). میزان آلودگی به فلزات سنگین به ویژه در مناطق صنعتی بالاتر است و این موضوع در استان‌های صنعتی و کشاورزی مانند اصفهان که فعالیت‌های کشاورزی و دامپروری به طور همزمان در حال انجام است، محسوس‌تر می‌باشد. مدیریت تغذیه‌ای به مجموعه‌ای از روش‌ها و استراتژی‌ها اشاره دارد که به منظور تأمین نیازهای غذایی دام‌ها و به حداقل رساندن آلودگی‌ها طراحی شده‌اند. این موارد شامل انتخاب مواد غذایی مناسب، بررسی کیفیت خوراک و رعایت بهداشت در فرآیند تهیه و توزیع غذا است. مدیریت تغذیه‌ای صحیح در دامپروری یکی از عوامل کلیدی در کاهش آلودگی به فلزات سنگین است. شیوه‌های مدیریتی ضعیف، نظیر استفاده از خوراک و آب آلوده، عدم دفع صحیح پسماند و عدم توجه به بهداشت دام، می‌تواند به افزایش غلظت فلزات سنگین در محصولات دامی منجر شود (Boudebbouz et al, 2021). استفاده از منابع آب پاک و خوراک سالم و همچنین رعایت اصول بهداشتی در نگهداری دام‌ها می‌تواند به طور قابل توجهی خطر آلودگی را کاهش دهد. به علاوه، اندازه گله و تراکم دام‌ها نیز می‌تواند بر میزان تولید و دفع آلاینده‌ها تأثیرگذار باشد. گاوداری‌های بزرگ‌تر به دلیل مصرف بالاتر منابعی مانند آب و خوراک، ممکن است تولید پسماندهای آلوده را افزایش دهند و زمینه‌ساز تجمع فلزات سنگین شوند. ارتباطات مثبت معنی‌داری بین غلظت فلزات در بافت‌های گیاهی و نمونه‌های خاک وجود دارد. غلظت فلزات در خاک و بافت‌های گیاهی نیز به طور معنی‌داری تحت تأثیر دوری و نزدیکی از محل تردد وسایل نقلیه قرار دارد (Hosseini et al, 2020). به طور کلی، مدیریت بهینه در گاوداری‌ها می‌تواند به کاهش خطرات مرتبط با آلودگی فلزات سنگین کمک کند و به بهبود سلامت دام و انسان منجر شود. علی‌رغم اهمیت بالای این موضوع، پژوهش‌های محدودی در ایران به بررسی جامع اثر سطوح مدیریتی، اندازه گله و موقعیت جغرافیایی بر غلظت فلزات سنگین در گاوداری‌ها پرداخته‌اند. در اکثر مطالعات پیشین، توجه اصلی به یک یا دو عامل خاص معطوف شده و به طور جامع تأثیر همزمان این عوامل بر غلظت فلزات سنگین در محصولات دامی مورد بررسی قرار نگرفته است. به عنوان مثال، در برخی از تحقیقات، تنها به تأثیر موقعیت جغرافیایی یا اندازه گله پرداخته شده و به سطوح مدیریتی به عنوان یک عامل تأثیرگذار توجه کافی نشده است (Parween et al, 2016; Monteverde et al, 2022; Abid et al, 2024). هدف از این تحقیق، ارزیابی تأثیر سطوح مدیریتی خصوصاً مدیریت تغذیه‌ای، اندازه گله و موقعیت جغرافیایی بر غلظت فلزات سنگین (سرب، کادمیوم و آرسنیک) در نمونه‌های مختلف از گاوداری‌های استان

اصفهان است. با تحلیل این عوامل، می‌توان به درک بهتری از چگونگی تأثیر مدیریت بر کیفیت محصولات دامی دست یافت. نتایج این پژوهش می‌تواند به تدوین راهکارهایی برای کاهش آلودگی و بهبود سلامت دام و انسان کمک کند و به ویژه در زمینه مدیریت بهینه گاوداری‌ها و پایش زیست‌محیطی در مناطق پرخطر مؤثر باشد.

مواد و روش کار

انتخاب ۳۰ گاوداری برای مطالعه حاضر بر اساس سه معیار اصلی انجام شد: موقعیت جغرافیایی، اندازه گله و سطح مدیریتی. در این راستا، موقعیت جغرافیایی هر گاوداری با ثبت مختصات طول و عرض جغرافیایی مشخص شد و گاوداری‌ها بر اساس نزدیکی به منابع آلودگی صنعتی دسته‌بندی شدند. اندازه گله نیز به دو دسته کوچک (کم‌تر از ۶۰۰ رأس) و بزرگ (بیش‌تر از ۶۰۰ رأس) تقسیم گردید (Ivanyos et al, 2019). بخش مهم این مطالعه به ارزیابی سطوح مدیریت تغذیه‌ای گاوداری‌ها اختصاص داشت. گاوداری‌ها بر اساس کیفیت برنامه‌های تغذیه‌ای، بهداشتی و روش‌های دفع پسماند به سه سطح مدیریتی تقسیم شدند: سطح ضعیف (سطح ۱)، سطح متوسط (سطح ۲) و سطح خوب (سطح ۳)، پرسشنامه جامع و در بر گیرنده سؤال‌هایی در مورد روش‌های تغذیه، تجهیزات مورد استفاده، آماده‌سازی و تحویل خوراک و سایر شیوه‌های مدیریتی بود که با مشاهده، پرسش و کاوش در محل گاوداری‌ها تکمیل شد (Table 1). از هر گاوداری، نمونه‌هایی از شیر (حداقل ۵۰۰ میلی‌لیتر)، آب مصرفی (۱ لیتر)، خوراک دام (۱ کیلوگرم)، مکمل دامی (۵۰۰ گرم)، کود (۱ کیلوگرم) و مو (حداقل ۵۰ گرم از قسمت دم گاو) جمع‌آوری شد. نمونه‌ها در ظروف استریل و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به آزمایشگاه منتقل گردیدند. برای اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین (سرب، کادمیوم و آرسنیک)، نمونه‌ها به روش هضم اسیدی آماده‌سازی شدند. در این مرحله، ترکیب اسید نیتریک و پراکسید هیدروژن برای هضم نمونه‌ها استفاده شد. سپس، غلظت فلزات سنگین با استفاده از دستگاه طیف‌سنج جذب اتمی (AAS، مدل PerkinElmer 5100) اندازه‌گیری شدند. استانداردهای کالیبراسیون با استفاده از محلول‌های استاندارد فلزات (Merck, Germany) در غلظت‌های ۰/۱ تا ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر تهیه شدند و حد تشخیص (LOD) برای سرب، کادمیوم و آرسنیک به ترتیب ۰/۰۰۱، ۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود (Hasan and Faroque, 2020; Jin et al, 2020). داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۶) تحلیل شدند. برای بررسی تفاوت‌های معنی‌دار بین گروه‌ها از تحلیل واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. همچنین، روابط بین متغیرها (مانند فاصله تا منابع صنعتی و غلظت آرسنیک) با تحلیل رگرسیون چندگانه بررسی گردید. سطح معنی‌داری آماری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. در طول این مطالعه، تمامی مراحل با رعایت اصول اخلاقی و ملاحظات زیست‌محیطی انجام شد و تمامی داده‌ها با دقت جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل شدند تا سلامت دام و انسان به طور مؤثر مورد توجه قرار گیرد.

Table 1: Questionnaire for assessing nutritional management in the studied farms

Item	Good	Acceptable	Unacceptable
General Conditions			
Distance (Purchase of hays, kilometers)	Less than 100	100 to 300	More than 300
Distance (Purchase of Silage, kilometers)	Less than 100	100 to 300	More than 300
Distance (Purchase of Grains, kilometers)	Less than 100	100 to 300	More than 300
Chemical Analysis of Ration Components	Most raw materials	Some raw materials	None

Continued Table 1

Re-evaluation of Ration Formulation per Year	Common	Occasionally	Never
Chemical Analysis of TMR	Common	Occasionally	Never
Preparation of Diet	TMR	PMR	Separate
Feed Delivery	Feeder	Tractor and trailer	Manual
Washing/Disinfection of Mixers and Feeding Equipment	Common	Occasionally	Never
Selection of Fungal Resistant Plant Species	Yes	No	Lack of information
Crop Rotation on the Farm	Yes	No	Lack of information
Evaluation of Ration Components	Common	Occasionally	Never
Storage and Use of Hay and Straw			
Disorganized storage, obvious mold, dirt and manure, rodents and carnivorous animals	No	Occasionally	Most cases
Appearance Quality of Alfalfa: Thick stems, leaf drop, brown color, mold	No	Low	Most cases
Chemical Acceleration of Alfalfa Drying	Yes	Occasionally	No
Assessment of Alfalfa Moisture at Purchase	Yes	Occasionally	No
Storage of Alfalfa and Straw Outdoors	Yes	Occasionally	No
Walls in Alfalfa Storage Barn	No	Walls on some sides, low wall	Yes
Ventilation in Alfalfa Storage	All sides open	Walls on some sides, low wall	Walls and windows closed
Purchasing and Storing Forage in the Right Season	Yes	Occasionally out of season	No
Transporting Forage with Clean Vehicles	Yes	Occasionally	No
Protection from Rain	Yes	Some parts no	No
Protection from Surface Waters	Yes	Some parts no	No
Assessment of Forage for Fungal/Aflatoxin Contamination	Yes	If the product is suspicious	No
Attention to Drought, Frost, and Other Stresses Regarding Aflatoxin Contamination	Yes	Occasionally	No
Silo Construction			
Irregular cuts, liquid on the ground, unpleasant odor, cracks on walls/floor, dirty environment	None	Some cases	Most cases
Silo Structure	On the ground	Using the slope of the ground	Below ground, inadequate drainage
Walls and Floor	Acid-resistant cement, without holes and cracks	Regular cement, stone/block, rough, porous	Earthen
Dimensions Suitable for Daily Intake	All silos	Some silos	None of the silos
Rainwater Drainage	Effective	Relative (thin layer of water)	No
Sewage/Surface Water Infiltration	No	Depends on silo structure	Yes
Leachate Drainage	Effective	Relative (thin layer of liquid)	No

Continued Table 1

Cleaning/Flaming before Silo Storage	Both	Cleaning only	None
Repairing Cracks in Walls and Floor before Silo Storage	Yes	Some silos	No
Removal of Foreign Materials/Liquids after Repair	Yes	Occasionally	No
Use of Detergents/Formalin after Repair	Yes	Occasionally	No
Purchasing and Storing Silage Materials			
Transport with Clean Vehicles	Yes	Occasionally	No
Crushing with Washed Vehicles	Yes	Occasionally	No
Entry of Soil during Crushing	No	Occasionally	Yes
Weather Conditions in the Days before Harvest	Sunny	Sunny and rainy	Harvest in any conditions
Plant Disease Control before Harvest	Yes	Occasionally	No
Attention to Drought or Cold Stress before Harvest	Yes	Occasionally	No
Storage under Plastic Covers in Damaged Silos	Yes	Occasionally	No
Puncturing of Silage Covers by Rodents and Birds	No	Occasionally	Yes
Inspection/Repair of Silage Covers	Yes	Occasionally	No
Walking on Silage	No	Occasionally	Yes
Edge Control to Prevent Air Infiltration	Yes	Occasionally	No
Stopping Fertilizer 15 Days before Harvest	Yes	Occasionally	No
Harvesting Plants from a Minimum of 20 cm Above Ground	Yes	Occasionally	No/Lack of information
Dominant Size of Pieces	Less than 3 cm	3 to 5 cm	More than 5 cm
Time Interval between Harvest and Emptying the Crop	Less than 6 hours	6 to 12 hours	More than 12 hours
Time Interval between Emptying and Crushing the Crop	Without Delay	Same Day	More than One Day
Maximum Time for Filling and Covering the Silo	Less than 3 days	4 to 5 days	More than 5 days
Height of Crop in the Silo before Crushing	Approximately 1 meter	Less than 1 meter	About 2 meters/Lack of information
Effective Crushing (Weight of Crop per Cubic Meter)	750 to 800 kg	700 to 750 kg	Less than 700 kg
Time Interval between Covering and Starting Consumption	More than 3 weeks	3 weeks	Less than 3 weeks
Use of Probiotics in Silage Preparation	Yes	Occasionally	No
Use of Non-Probiotic Additives	Yes	Occasionally	No
Use of Fermentable Carbohydrate Sources if Needed	Yes	Occasionally	No
Depleting Silage Inventory before the End of the Year and Purchasing Fermented Silage	No	Some Years	Every Year
Purchasing Packaged Silage	No	Yes/Used on the Same Day	Yes/Not finished in one day
Silage Use Conditions			
Daily Transfer	Directly pouring into the mixer	Dedicated tractor and trailer	Shared tractor and trailer/Other methods

Continued Table 1

Temporary Storage in Other Locations: Exposed to Sunlight, Near Feeding Trough or Preparation Area	No	Occasionally	Yes
General Conditions of Silage: Unpleasant Odor, Mold, Black Color (Edges and Top), Dark Brown Color	None	Some	Most cases
Texture of Pieces	Separate	Some parts sticky	Sticky
pH Assessment of Silage	Common	Occasionally	Never
pH at the Time of Study	Around 4	4 to 5	More than 5
Assessment of Dry Matter of Plant at Purchase	Yes/Moisture Meter	Yes/Touch and Observation	No
Assessment of Dry Matter of the Product at Consumption	Common	If Suspicious	Never
Assessment of Product for Fungal/Aflatoxin Contamination	Yes	If Suspicious	Never
Assessment of Product for Spoilage Bacteria	Yes	If Suspicious	Never
Harvest Method	Silage Cutter	Tractor Shovel or Loader	Manual
Cut Depth (Cold Season)	More than 30 cm	15 to 30 cm	Less than 15 cm
Cut Depth (Warm Season)	More than 50 cm	40 to 50 cm	Less than 40 cm
Removal of Moldy Sections (Edges and Top)	20 to 30 cm	Less than 20 cm	Variable/Not done
Chemical Assessment of Silage (Volatile Fatty Acids, Methanol, Nitrates, Ammonia)	All/Common	Some/Often	None
Storage Conditions for Grains			
Disorganization in Storage, Obvious Mold, Dirt and Manure, Rodents and Carnivorous Animals	None	Some Cases	Most Cases
Walls and Floor	Smooth, without cracks and angles	Some silos rough, cracked and angled	Rough, cracked and angled
Temperature and Humidity	Controllable	In Some Warehouses	Uncontrollable
Protection from Rain	Yes	Some Sections No	No
Protection from Surface Waters	Yes	Some Sections No	No
Protection Against Birds, Rodents, and Carnivorous Animals	Yes	Relative	No
Floor Higher than Ground	Yes	In Some Warehouses	No
Washable Pallets	Sufficient Quantity	Insufficient	No
Moisture-Resistant Bags	All Materials	Some Materials Depending on Supply Method/Additives	No
Emptying Main Materials on the Ground	No	Occasionally	Yes
Arrangement of Bags	Organized/Categorized	Somewhat Categorized	Disorganized
Cleaning/Disinfection of Warehouses	Common	Occasionally	Low/Not Done
Evaluation of Grains for Breakage or Powdering	Common	Occasionally	Not Done/Impossible
Cleaning/ Calculation of Foreign Materials in Grain Shipments	Yes	If Necessary	Not Implemented/Impossible

نتایج

نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل داده‌ها به شرح زیر است:

امتیازدهی به مدیریت تغذیه‌ای

از مجموع ۳۰ گاوداری، ۹ واحد (۳۰ درصد) در سطح ۱، ۱۵ واحد (۵۰ درصد) در سطح ۲ و ۶ واحد (۲۰ درصد) در سطح ۳ قرار گرفتند. ارزیابی مدیریت تغذیه‌ای بر اساس پرسشنامه جامع انجام شد که شامل معیارهای کمّی و کیفی نظیر فاصله خرید علوفه، تحلیل شیمیایی خوراک، آماده‌سازی و تحویل خوراک و شرایط ذخیره‌سازی بود. میانگین نمرات مدیریت تغذیه برای سطح ۱، ۴۵ درصد (انحراف معیار ۸/۲)، برای سطح ۲، ۷۰ درصد (انحراف معیار ۶/۵) و برای سطح ۳، ۹۰ درصد (انحراف معیار ۴/۱) بود. برای تحلیل دقیق‌تر، معیارهای اصلی پرسشنامه به چهار دسته کلی تقسیم شدند. در دسته اول، منابع خوراک و فاصله خرید بررسی شد. در سطح ۱، ۸۹ درصد گاوداری‌ها علوفه را از فاصله بیش از ۳۰۰ کیلومتر تهیه می‌کردند که وضعیت نامطلوبی محسوب می‌شد، در حالی که در سطح ۳، ۱۰۰ درصد از فاصله کم‌تر از ۱۰۰ کیلومتر علوفه تهیه می‌کردند که نشان‌دهنده وضعیت مطلوب است. در دسته دوم، تحلیل شیمیایی و فرمولاسیون خوراک مورد بررسی قرار گرفت. ۷۰ درصد گاوداری‌های سطح ۱ هیچ تحلیل شیمیایی از اجزای خوراک نداشتند و ۶۰ درصد فرمولاسیون خوراک را سالانه بازنگری نمی‌کردند. در مقابل، ۹۰ درصد گاوداری‌های سطح ۳ تحلیل شیمیایی منظم و بازنگری سالانه داشتند که نشان‌دهنده کیفیت بالای مدیریت تغذیه در این گاوداری‌ها است. دسته سوم به آماده‌سازی و تحویل خوراک اختصاص داشت. در سطح ۱، ۶۷ درصد از تحویل دستی خوراک استفاده می‌کردند که وضعیت نامطلوبی است، در حالی که در سطح ۳، ۸۳ درصد از سیستم‌های مکانیزه (فیدر) بهره می‌بردند. شستشو و ضدعفونی تجهیزات در سطح ۱ در ۸۰ درصد موارد به خوبی انجام نمی‌شد، اما در سطح ۳، این فرایند در ۹۰ درصد موارد رایج بود. در نهایت، دسته چهارم به شرایط ذخیره‌سازی اختصاص یافته بود. در سطح ۱، ۷۵ درصد گاوداری‌ها ذخیره‌سازی نامنظم خوراک را با علائم کپک‌زدگی داشتند، در مقابل سطح ۳ که ۱۰۰ درصد از انبارهای تهویه‌دار و مقاوم به رطوبت استفاده می‌کردند. تحلیل آماری نیز نشان داد که تفاوت بین سطوح مدیریتی در نمرات تغذیه معنی‌دار است (F=۱۸/۴۵، P<۰/۰۰۱). با استفاده از آزمون تعقیبی توکی مشخص شد که سطح ۳ به طور معنی‌داری از سطوح ۱ و ۲ بهتر است (P<۰/۰۱).

غلظت سرب (Pb)

میانگین غلظت سرب در شیر نمونه‌های جمع‌آوری شده ۰/۰۴۵±۰/۰۵۹ میلی‌گرم بر لیتر بود. میانه غلظت سرب در شیر برابر با ۰/۰۲۸ میلی‌گرم بر لیتر بود که بالاتر از حد مجاز ۰/۰۲ میلی‌گرم بر لیتر به حساب می‌آید گاوداری‌هایی که در سطح مدیریتی ضعیف (سطح ۱) قرار داشتند، غلظت بالاتری از سرب را نشان دادند و بالاترین مقدار سرب در شیر (۰/۲۰۷ میلی‌گرم بر لیتر) در گاوداری شماره ۹ ثبت شد. تفاوت معنی‌داری بین سطوح مدیریتی در غلظت سرب در شیر وجود داشت (F=۴/۱۲، P=۰/۰۳۲). در مورد خوراک دام، میانگین غلظت سرب ۲/۳۴±۲/۳۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود و میانه غلظت سرب در خوراک ۱/۹۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود که کمتر از حد مجاز ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم به شمار می‌رود. حداکثر مقدار سرب در خوراک دام به میزان ۱۱/۳۱۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم در گاوداری شماره ۹ مشاهده شد. تفاوت معنی‌داری بین سطوح مدیریتی در غلظت سرب در خوراک دام وجود داشت (P=۰/۰۲۸)، (Table 2).

Table 2: Concentration of lead in milk and animal feed based on management levels

Management	Sample Size	Lead in Milk (mg/l)	Lead in Feed (mg/kg)
1 (Poor)	10	0.064 ± 0.063^{a}	3.28 ± 3.45^{a}
2 (Moderate)	10	0.032 ± 0.031^{b}	1.98 ± 1.56^{b}
3 (Good)	10	0.027 ± 0.012^{b}	1.76 ± 1.04^{b}
P value	-	0.032	0.028
Mean (median)	-	0.059 ±0.045 (0.028)	2.31 ±2.34 (1.98)

The different lowercase letters in each column indicate significant differences at the 5% level, based on Tukey's test used.

غلظت کادمیوم (Cd)

میانگین غلظت کادمیوم در کود ۰/۱۶۵±۰/۱۲۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در مو ۰/۰۸۱±۰/۰۷۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. سطح میانه کادمیوم در کود ۰/۰۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در مو ۰/۱۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود که هر دو کم‌تر از حد مجاز به ترتیب ۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم و ۰/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم هستند. گاوداری‌های با اندازه گله بزرگ‌تر از ۶۰۰ رأس، مقادیر بیش‌تری از کادمیوم را در کود و مو نشان دادند (F=۳/۸۹، P=۰/۰۴۱)، (Table 3). بالاترین مقدار کادمیوم در کود (۰/۵۷۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در گاوداری شماره ۱۱ ثبت شد. در شیر، غلظت کادمیوم در اکثر نمونه‌ها زیر حد تشخیص (۰/۰۱ میلی‌گرم بر لیتر) بود و تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها مشاهده نشد.

Table 3: Concentration of cadmium in manure and hair based on herd size

Herd Size	Sample Size	Cadmium in Manure (mg/kg)	Cadmium in Hair (mg/kg)
Small (less than 600 heads)	14	0.089 ± 0.124^{a}	0.054 ± 0.061^{a}
Large (more than 600 heads)	16	0.156 ± 0.198^{b}	0.093 ± 0.098^{b}
P value	-	0.041	0.041
Mean (median)	-	0.081 ±0.075 (0.060)	0.165 ±0.124 (0.102)

The different owercase letters in each column indicate significant differences at the 5% level, based on Tukey's test used.

غلظت آرسنیک (As)

غلظت آرسنیک در خوراک دام به طور متوسط ۲/۵۸±۱/۱۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم اندازه‌گیری شد. میانه غلظت آرسنیک در خوراک دام ۰/۶۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود که کم‌تر از حد مجاز ۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. نتایج تحلیل رگرسیون چندگانه نشان داد که غلظت آرسنیک در خوراک دام تحت تأثیر نزدیکی به مناطق صنعتی قرار دارد (r=۰/۶۷ , P=۰/۰۱۹)، بدین معنی که هر چقدر گاوداری به مراکز صنعتی نزدیک‌تر باشد مقدار آرسنیک بیش‌تری در خوراک دارد (Table 4).

Table 4: Concentration of arsenic in animal feed based on distance to industry

Distance to Industry	Sample Size	Arsenic in Feed (mg/kg)
1 (Near)	12	3.89 ± 2.34^{a}
2 (Far)	18	0.78 ± 0.45^{b}
P value	-	0.019
Mean (median)	-	2.58 ±1.12 (0.62)

The different lowercase letters in each column indicate significant differences at the 5% level, based on Tukey's test used.

بحث

در این مطالعه مشاهده شد که سطح مدیریتی ضعیف با افزایش غلظت سرب در شیر و خوراک دام همراه بوده است. این موضوع می‌تواند به استفاده از منابع آلوده (مانند آب یا خوراک حاوی سرب) در گاوداری‌های با مدیریت ضعیف نسبت داده شود. روش‌های مدیریتی ضعیف در پرورش دام می‌توانند به طور قابل توجهی به افزایش سطوح سرب در شیر و خوراک منجر شوند. این موضوع عمدتاً به دلیل بلع خاک، آب و خوراک آلوده توسط دام‌ها است. قرارگیری در معرض سرب می‌تواند از طریق مسیرهای مختلفی رخ دهد، از جمله آلودگی محیطی ناشی از فعالیت‌های صنعتی، دفع نامناسب زباله‌ها و استفاده از مکمل‌های آلوده. خاک و آب ممکن است به دلیل فعالیت‌های صنعتی، انتشار گازهای خروجی خودروها یا رواناب‌های کشاورزی آلوده به سرب باشند (Sharifi et al, 2022). برخی از مکمل‌های افزوده شده به خوراک ممکن است حاوی مقادیر جزئی فلزات سنگین، از جمله سرب باشند که اگر به درستی مدیریت نشوند، می‌توانند در بافت‌های دامی تجمع یابند. در برخی موارد دفع نامناسب مواد حاوی سرب، مانند باتری‌های قدیمی یا رنگ، می‌تواند منجر به بلع مستقیم توسط دام‌ها شود (Afzal and Mahreen, 2024). مطالعه‌ای در روسیه غلظت‌های بالاتری از سرب را در شیر برخی نژادهای گاو یافته است (Safonov, 2020). یک مطالعه ۱۶ ساله در غرب کانادا موارد مکرر مسمومیت حاد با سرب در گاوها را مستند کرده که اغلب به آلودگی محیطی مرتبط بوده‌اند (Cowan and Blakley, 2016). در مطالعه‌ای در استان تهران سطح سرب شیر خام در محدوده قابل قبولی گزارش شده، اما در آن گزارش بر لزوم پایش مداوم به دلیل خطر تجمعی قرارگیری در معرض سرب تأکید شده است (Sharifi et al, 2022). عدم پایش کیفیت خوراک، به ویژه در مناطق صنعتی، با افزایش سرب در شیر همبستگی دارد. در مطالعه دیگری که در گاوداری‌های تهران انجام شده بود، غلظت سرب در شیر بالاتر از حد مجاز و معادل ۰/۰۲۷ میلی‌گرم بر لیتر گزارش شده بود (Mahdinezhad Hargalan et al, 2024). این یافته تقریباً مشابه با غلظت میانه سرب شیر در مطالعه حاضر است که برابر با ۰/۰۲۸ میلی‌گرم بر لیتر بود. همچنین López-Alonso و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کرده بودند که مدیریت ناکارآمد با افزایش تجمع فلزات سنگین در محصولات دامی مرتبط است.

افزایش کادمیوم در کود و مو در گاوداری‌های با اندازه گله بزرگ‌تر ممکن است به تراکم بالاتر دام‌ها و دفع نامناسب پسماند مربوط باشد. این نتیجه با مطالعه Hosseini و همکاران (۲۰۲۰) هم‌راستاست که نشان داده بودند تراکم دام و مدیریت پسماند بر میزان کادمیوم در محیط گاوداری اثر دارد. کادمیوم به طور طبیعی در خاک و آب وجود دارد، اما فعالیت‌های انسانی می‌تواند غلظت آن را افزایش دهد. گله‌های بزرگ‌تر، کود بیش‌تری تولید می‌کنند که مدیریت و دفع صحیح آن‌ها را دشوارتر می‌سازد. اگر کود به طور مؤثر مدیریت نشود، کادمیوم ناشی از خوراک یا آب آلوده می‌تواند در کود تجمع یابد و به محیط زیست نفوذ کند (Irshad et al, 2013). دفع نامناسب کود می‌تواند منجر به آلودگی خاک و سیستم‌های آبی با کادمیوم شود که این چرخه در زنجیره غذایی ادامه می‌یابد (Afzal and Mahreen, 2024). سطوح کادمیوم در کود و مو ممکن است منعکس‌کننده آلودگی در خوراک باشد که می‌تواند ناشی از آلاینده‌های صنعتی یا گنجاندن فلزات سنگین در مکمل‌های خوراک باشد (Afzal and Mahreen, 2024). گله‌های بزرگ‌تر معمولاً نیاز به تأمین خوراک به صورت عمده دارند که ممکن است خطر تأمین خوراک آلوده را افزایش دهد. نزدیکی به مناطق صنعتی (مانند کوره‌های آجر، ذوب فلزات) می‌تواند دام‌ها را از طریق خاک، آب و گیاهان با سطوح بالاتری از کادمیوم مواجه کند. این آلاینده‌ها می‌توانند در بافت‌ها، از جمله مو، تجمع یابند (Razooqi, 2022). سیستم‌های کشاورزی متراکم معمولاً به دلیل وابستگی بیش‌تر به کودها و مکمل‌هایی که حاوی فلزات سنگین هستند به افزایش غلظت فلزات سمی منجر می‌شوند. استفاده از کودهای حاوی کادمیوم می‌تواند

فلزات سنگین را به خاک‌های کشاورزی وارد کند. این موضوع خطراتی برای محصولات کشت شده در این خاک‌ها به همراه دارد و می‌تواند به تجمع زیستی در زنجیره غذایی منجر شود. ورود کادمیوم از کودهای مدیریت نشده به سیستم‌های آبی می‌تواند منابع آب شرب و اکوسیستم‌های آبی را آلوده کند (Afzal and Mahreen, 2024). در عین حال باید توجه داشت که گله‌های بزرگ‌تر آلودگی و فضولات بیش‌تری تولید می‌کنند که ممکن است در هنگام تجزیه، گازهای مضری مانند هیدروژن سولفید آزاد کنند. این امر به آلودگی هوا به همراه آلودگی ناشی از فلزات سنگین کمک می‌کند (Razooqi, 2022). مطالعه‌ای در مورد کودهای دامی نشان داده که غلظت‌های فلزات سنگین بر اساس نوع دام، خوراک دام و شیوه‌های مدیریت گله متغیر بوده است. کادمیوم به عنوان یکی از فلزاتی که خطرات محیطی قابل توجهی دارد به دلیل تحرک و پایداری‌اش شناخته شده است (Irshad et al, 2013). تحقیقات در خصوص نزدیکی گاوداری‌ها به کوره‌های آجرپزی نشان‌دهنده سطوح بالای کادمیوم در شیر و بافت‌های حیوانی به دلیل اثرات محیطی بوده و بر نقش آلودگی صنعتی در تجمع فلزات سنگین تأکید می‌کند (Razooqi, 2022). مطالعات مختلف نشان داده‌اند که عملیات صنعتی بزرگ‌تر و گسترده‌تر با چالش‌های بیش‌تری در مدیریت مؤثر زباله مواجه هستند که منجر به خطرات بالاتر آلودگی محیطی به کادمیوم و سایر فلزات سنگین می‌شوند (Afzal and Mahreen, 2024).

آرسنیک به عنوان یکی از فلزات سنگین با اثرات سمی بر سلامت انسان و دام شناخته می‌شود. غلظت بالای آرسنیک در خوراک دام در گاوداری‌های نزدیک به مناطق صنعتی با آلودگی زیست‌محیطی مرتبط بود، که با یافته‌های Seifi et al, (۲۰۱۹) درباره تأثیر فعالیت‌های صنعتی بر آلودگی خاک و آب در ایران هم راستا بود. معادن و کارخانه‌های ذوب فلزات، آرسنیک را به محیط زیست منتشر می‌کنند و باعث آلودگی خاک، آب و هوا می‌شوند. این آلاینده‌ها می‌توانند به زمین‌های کشاورزی نفوذ کرده و منجر به جذب آرسنیک توسط محصولات مورد استفاده به عنوان خوراک شوند (Singh et al, 2023). احتراق زغال‌سنگ باعث تولید باقی‌مانده‌های مملو از آرسنیک می‌شود که می‌تواند مزارع کشاورزی و منابع آبی نزدیک به آن را آلوده کنند و به طور غیرمستقیم بر ایمنی خوراک تأثیر بگذارد (Şahin et al, 2022). برخی آفت‌کش‌های مبتنی بر آرسنیک نیز که در باغ‌ها و مزارع کشاورزی استفاده می‌شوند، باقی‌مانده‌هایی در خاک به جا می‌گذارند. در محصولاتی که در این خاک‌های آلوده کشت می‌شوند ممکن است آرسنیک تجمع یابد و به زنجیره خوراک وارد شود. آب‌های ناشی از تأسیسات صنعتی معمولاً حاوی آرسنیک هستند و منابع آبی مورد استفاده برای آبیاری یا نوشیدن، دام‌ها را آلوده می‌کنند (Şahin et al, 2022). مشاهده شده برخی ضایعات و فضولات پرورش طیور که حاوی آرسنیک هستند به صورت پلت شده تهیه و به عنوان کود فروخته و استفاده می‌شوند. این عمل سطح آرسنیک را در محصولات مورد استفاده به عنوان خوراک را افزایش می‌دهد (Nachman et al, 2005). از طرفی محصولاتی که در نزدیکی مناطق صنعتی کشت می‌شوند، آرسنیک را از خاک و آب آلوده جذب می‌کنند. به عنوان مثال، برنج و گندم به دلیل آبیاری با آب‌های زیرزمینی آلوده، به تجمع سطوح بالای آرسنیک شناخته شده‌اند. خوراک حاوی افزودنی‌های معدنی که از مناطق صنعتی تأمین شده‌اند، نیز ممکن است به دلیل آلودگی در حین تولید یا پردازش، سطوح بالایی از آرسنیک داشته باشند (Şahin et al, 2022). خوراک آلوده به آرسنیک در طولانی مدت می‌تواند منجر به اثرات سمی در دام‌ها، از جمله کاهش تولید و اختلال در وضعیت‌های فیزیولوژیک شود (Mandal, 2017). قرارگیری طولانی‌مدت در معرض آلاینده‌های صنعتی، سطوح آرسنیک خاک را افزایش می‌دهد و خطرات تجمع زیستی در محصولات را به همراه دارد. پساب‌های صنعتی حاوی آرسنیک، منابع آبی مورد استفاده برای آبیاری یا مصرف دام‌ها را آلوده کرده و چرخه آلودگی در زنجیره غذایی را ادامه می‌دهند (Şahin et al, 2022). آرسنیک در

خوراک دام منجر به آلودگی محصولات دامی مانند شیر، گوشت و تخم‌مرغ می‌شود که خطرات بهداشتی قابل توجهی برای مصرف‌کنندگان، از جمله سرطان به همراه دارد (Adamse et al, 2017).

مقایسه با استانداردها نشان می‌دهد که غلظت سرب در شیر برخی گاوداری‌ها از حد مجازفراتر رفته و می‌تواند برای سلامت مصرف‌کنندگان خطرناک باشد (Wu, 2014). سرب به طور تدریجی در بدن تجمع می‌یابد، به ویژه در مغز، کبد، کلیه‌ها و استخوان‌ها. این فلز می‌تواند سیستم‌های بیولوژیکی مختلف را حتی در سطوح پایین مختل کند (Abou Arab et al, 2024). قرارگیری در معرض سرب از طریق شیر به ویژه برای جمعیت‌های آسیب‌پذیر مانند کودکان، زنان باردار و نوزادان نگران‌کننده است. این موضوع می‌تواند توسعه عصبی در کودکان را مختل کند، IQ را کاهش دهد و مشکلات رفتاری ایجاد کند (Szkoda and Zmudzki, 2005). قرارگیری طولانی‌مدت در معرض سرب می‌تواند به کم‌خونی به دلیل کاهش تولید هموگلوبین، اختلال عملکرد کلیه‌ها، سرکوب ایمنی و بیماری‌های قلبی‌عروقی منجر شود. سازمان بین‌المللی تحقیقات در مورد سرطان (IARC) سرب غیرآلی را به عنوان یک سرطان‌زای گروه A۲ (احتمالاً سرطان‌زا برای انسان‌ها) طبقه‌بندی کرده است (Madani-Tonekaboni et al, 2019). افزایش غلظت سرب در شیر و خوراک دام، به ویژه در گاوداری‌هایی با مدیریت ضعیف، می‌تواند به مشکلات بهداشتی جدی منجر شود. به عنوان مثال، سرب می‌تواند بر سیستم عصبی تأثیر منفی بگذارد و باعث بروز مشکلات رشد در کودکان شود (Järup, 2003). به نحوی که کودکان به دلیل سیستم عصبی در حال رشد و توسعه و نرخ‌های بالاتر جذب سرب نسبت به بزرگسالان، بیش‌تر در معرض سمیت سرب هستند. این امر می‌تواند منجر به مشکلات و آسیب‌های غیرقابل برگشت شود (Jeng et al, 1994). مراکز صنعتی، آلودگی ناشی از ترافیک و منابع آبی آلوده از عوامل اصلی آلودگی شیر با سرب هستند. نزدیکی به مناطق صنعتی به طور قابل توجهی احتمال آلودگی سرب در شیر خام را افزایش می‌دهد، زیرا آلاینده‌ها می‌توانند به خوراک و آب نفوذ کنند یا به طور مستقیم بر دام‌ها تأثیر بگذارند (Zyambo et al, 2022). آلودگی سرب همچنین می‌تواند در حین فرآوری شیر از طریق استفاده از تجهیزات یا مواد بسته‌بندی آلوده رخ دهد. محصولاتی که به عنوان خوراک دام استفاده می‌شوند ممکن است از خاک یا آب آلوده سرب را جذب کنند و این امر منجر به انتقال آن به شیر از طریق دام‌های شیرده شود (Abdeljalil et al, 2021). سازمان جهانی بهداشت (WHO) و سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO) حداکثر محدودیت مجاز برای سرب در شیر را ۰/۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم (۲۰ میکروگرم بر کیلوگرم) تعیین کرده‌اند. با این حال، مطالعات نشان داده‌اند که شیر تولید شده در مناطق صنعتی اغلب این محدودیت‌ها را نقض می‌کند و ممکن است از این مقادیر فراتر رود. در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۲۴ در مصر انجام شد، میانگین غلظت سرب در شیر خام گاوهای مناطق صنعتی به میزان ۲/۲۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شد. این مقدار ۱۱۱/۵ برابر بیش‌تر از حد مجاز بوده است (Abdeljalil et al, 2021; Tripathi et al, 1999). پژوهش حاضر در گاوداری‌های استان اصفهان نشان داد که غلظت سرب در شیر گاوداری شماره ۹ ۰/۲۰۷۹ میلی‌گرم بر لیتر بود که بیش از ده برابر حد مجاز است و در خوراک دام همین واحد نیز ۱۱/۳۱۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم سرب اندازه‌گیری شد که فراتر از استاندارد ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. این گاوداری جزو گاوداری‌های کوچک با سطح تولید بالا و سطح مدیریت متوسط بود. نکته حائز اهمیت این است که در بین گاوداری‌های بررسی شده این گاوداری نزدیک‌ترین فاصله را با شهرک‌های صنعتی، جاده، فرودگاه و شهر داشت. با توجه به خطرات جدی سرب، پیشنهاد شد منابع خوراک آلوده فوراً جایگزین شده و کیفیت خوراک، آب، خاک و محیط نگهداری دام به طور مستمر پایش شود. مواجهه مزمن با شیر آلوده می‌تواند خطرات بهداشتی قابل توجهی برای جوامع انسانی ایجاد کند (Zyambo et al, 2022).

نتایج این مطالعه نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار مدیریت تغذیه‌ای، اندازه گله و موقعیت جغرافیایی بر غلظت فلزات سنگین در محصولات دامی استان اصفهان است. به طور مشخص، مدیریت ضعیف تغذیه‌ای با افزایش غلظت سرب در شیر (میانه ۰/۰۲۸ میلی‌گرم بر لیتر) و خوراک دام مرتبط بود، در حالی که در گله‌های بزرگ‌تر (بالای ۶۰۰ رأس)، تجمع کادمیوم در کود (میانه ۰/۰۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و موی دام (میانه ۰/۱۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) مشاهده شد. همچنین، نزدیکی به مناطق صنعتی به طور چشم‌گیری غلظت آرسنیک را در خوراک دام (میانه ۰/۶۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) افزایش داد. این یافته‌ها با مطالعات پیشین همسو است که نشان می‌دهند مدیریت ناکارآمد و آلودگی محیطی ناشی از صنایع، موجب تسهیل انتقال فلزات سنگین به زنجیره غذایی دام و انسان می‌شود (López-Alonso et al, 2017; Mahdinezhad Hargalan et al, 2024). از محدودیت‌های این مطالعه می‌توان به عدم بررسی دقیق منابع نقطه‌ای آلودگی (مانند صنایع خاص) و اثرات بلندمدت مواجهه با فلزات سنگین اشاره کرد. پیشنهاد می‌شود مطالعات آتی با تمرکز بر شناسایی منابع دقیق آلودگی و اثرات بلندمدت مواجهه با فلزات سنگین انجام گیرد. در عین حال با توجه به تأثیر بیماریهایی مانند ورم پستان بر کیفیت شیر (Bagheri et al, 2024; Madani Borujeni et al, 2024)، پیشنهاد می‌شود مطالعات آینده بر همکنش عفونت‌ها با افزایش غلظت فلزات سنگین تمرکز کنند. با این حال، نتایج به وضوح بر ضرورت توجه به کیفیت منابع تغذیه‌ای و مدیریت زیست‌محیطی در گاوداری‌ها، به ویژه در مناطق صنعتی، برای کاهش خطرات سلامت عمومی تأکید می‌کنند.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه شیراز برای تأیید و حمایت مالی انجام این پژوهش تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

تعارض منافع

تعارض منافعی در این مطالعه وجود نداشت.

منابع مالی

منابع مالی این پژوهش توسط معاونت پژوهشی دانشگاه شیراز تأمین گردیده است (شماره گرنت GCB1M235008۰).

منابع

Abou Arab, A., Abou Donia, M., & Enb, A. (2024). Lead levels in milk and its products from various environments in Egypt.

Adamse, P., Van der Fels-Klerx, H. J., & de Jong, J. (2017). Cadmium, lead, mercury and arsenic in animal feed and feed materials–trend analysis of monitoring results. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 34(8), 1298-1311.

Abid, K., Shams, Z. I., Tahir, M. S., & Zubair, A. (2024). Determination of heavy metals in cow's and buffalo's fresh raw milk from different areas of Pakistan. *Arab Gulf Journal of Scientific Research*, 42(3), 757-770.

Abdeljalil, N. A., Benkhayal, A. A., Ahmida, M. H. S., El Sharaa, I. A., & Ahmida, N. H. (2021). Determination of lead and cadmium in different types of milk samples collected from different markets in Benghazi-Libya.

Afzal, A., & Mahreen, N. (2024). Emerging insights into the impacts of heavy metals exposure on health, reproductive and productive performance of livestock. *Frontiers in Pharmacology*, 15, 1375137.

Bagheri, Z., Mohammadzadeh, A., Bahari, A., Mohammadi, A., & Sharifi, A. (2024). A molecular survey for detection of Mycoplasma bovis in bovine bulk milk samples of dairy farms in Hamedan, Iran. *Iranian Veterinary Journal*, 19(3), 14-22

Boudebbouz, 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.

Cowan, V., & Blakley, B. (2016). Acute lead poisoning in western Canadian cattle—A 16-year retrospective study of diagnostic case records. *The Canadian Veterinary Journal*, 57(4), 421.

Järup, L. (2003). Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin*, 68(1), 167-182.

Jeng, S. L., Lee, S. J., & Lin, S. Y. (1994). Determination of cadmium and lead in raw milk by graphite furnace atomic absorption spectrophotometer. *Journal of Dairy Science*, 77(4), 945-949.

Jin, M., Yuan, H., Liu, B., Peng, J., Xu, L., & Yang, D. (2020). Review of the distribution and detection methods of heavy metals in the environment. *Analytical methods*, *12*(48), 5747-5766.

Hasan, S., & Faroque, M. O. (2020). Determination of Selected Heavy Metals in Food and Water Consumed by Households. *Int. J. Sci. Basic Appl. Res. Int. J. Sci. Basic Appl. Res*, *53*(2), 117-128.

Hosseini, N. S., Sobhanardakani, S., Cheraghi, M., Lorestani, B., & Merrikhpour, H. (2020). Heavy metal concentrations in roadside plants (Achillea wilhelmsii and Cardaria draba) and soils along some highways in Hamedan, west of Iran. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 13301-13314.

Irshad, M., Malik, A. H., Shaukat, S., Mushtaq, S., & Ashraf, M. (2013). Characterization of Heavy Metals in Livestock Manures. *Polish Journal of Environmental Studies*, *22*(4).

Ivanyos, D., Monostori, A., Németh, C., Fodor, I., & Ózsvári, L. (2019). Relationship between herd size, milking technology and milk production parameters on large-scale Hungarian dairy farms. *The Animal Biology*, 21(2), 32–34.

Khan, S., Cao, Q., Zheng, Y. M., Huang, Y. Z., & Zhu, Y. G. (2008). Health risks of heavy metals in contaminated soils and food crops irrigated with wastewater in Beijing, China. *Environmental Pollution*, 152(3), 686-692.

López-Alonso, M., Miranda, M., Castillo, C., Hernández, J., García-Vaquero, M., & Benedito, J. L. (2007). Toxic and essential metals in liver, kidney and muscle of pigs at slaughter in Galicia, north-west Spain. *Food Additives and Contaminants*, 24(9), 943-954.

Madani Borujeni, M. A., Ghorbanpoor, M., Mokhtari, A., Khosravi, M., & Fallah, A. (2024). Prevalence of subclinical streptococcal mastitis in dairy cows in Chaharmahal and Bakhtiari province. *Iranian Veterinary Journal*, 20(3), 68-75.

Madani-Tonekaboni, M., Rafiei Nazari, R., Mirzamohammadi, S., Abdolshahi, A., Abbasi-bastami, N., & Arabameri, M. (2019). Monitoring and risk assessment of lead and cadmium in milks from east of Iran using Monte Carlo simulation method. *Nutrition and Food Sciences Research*, 6(2), 29-36.

Mahdinezhad Hargalan, Y., Alizadeh Sani, M., Shariatifar, N., Khaniki, G. J., Nazmara, S., Mohammadpourfard, I., & Arabameri, M. (2024). Determination of elements in raw and industrial milks from Tehran city. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 1-15.

Mandal, P. (2017). An insight of environmental contamination of arsenic on animal health. *Emerging Contaminants*, 3(1), 17-22.

Monteverde, V., Camilleri, G., Arfuso, F., Pennisi, M., Perillo, L., Patitò, G., & Piccione, G. (2022). Heavy metal levels in milk and serum of dairy cows from different farms located near an industrial area. *Animals*, 12(19), 2574.

Nachman, K. E., Graham, J. P., Price, L. B., & Silbergeld, E. K. (2005). Arsenic: a roadblock to potential animal waste management solutions. *Environmental Health Perspectives*, 113(9), 1123-1124.

Parween, R., Shaukat, S. S., Yasmeen, K., & Ara, D. (2016). Evaluation of Environmental Impact on Heavy Metal Load in Cattle Milk. *Polish Journal of Environmental Studies*, 25(3).

Razooqi, M. A. (2022). Risk exposure of dairy cows to environmental contamination of brick kilns on milk content of antioxidants and heavy metals in Al-Nahrawan region, Iraq. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 20(3), 491-502.

Safonov, V. (2020). Assessment of heavy metals in milk produced by black-and-white Holstein cows from Moscow. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 8(2), 410-415.

Seifi, M., Mahvi, A. H., Hashemi, S. Y., Arfaeinia, H., Pasalari, H., Zarei, A., & Changani, F. (2019). Spatial distribution, enrichment and geo-accumulation of heavy metals in surface sediments near urban and industrial areas in the Persian Gulf. *Desalination and Water Treatment*, 158, 130-139.

Sharifi, S., Sohrabvandi, S., Mofid, V., Javanmardi, F., Khanniri, E., & Mortazavian, A. M. (2022). The assessment of lead concentration in raw milk collected from some major dairy farms in Iran and evaluation of associated health risk. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 20(1), 181-186.

Singh, S., Yadav, R., Sharma, S., & Singh, A. N. (2023). Arsenic contamination in the food chain: a threat to food security and human health. *J Appl Biol Biotechnol*, 11, 24-33.

Şahin, E., Sarıkaya, H. A., Çınar, M., & Yıldırım, E. (2022). The occurrence of arsenic, cadmium, and lead residues in cattle feed collected in Kırıkkale, Türkiye: A preliminary study. *Livestock Studies*, 62(2), 81-85.

Szkoda, J., & Zmudzki, J. (2005). Determination of lead and cadmium in biological material by graphite furnace atomic absorption spectrometry method. *Bull Vet Inst Pulawy*, 49(1), 89-92.

Tumbo, M., & Chacha, N. (2011). Assessment of diffusion of best environmental management practices in Tanzania.

Tripathi, R. M., Raghunath, R., Sastry, V., & Krishnamoorthy, T. M. (1999). Daily intake of heavy metals by infants through milk and milk products. *Science of the total environment*, *227*(2-3), 229-235.

Wu, Y. (2014). General standard for contaminants and toxins in food and feed. *Codex Stan*, 193-1995.

Zyambo, G., Yabe, J., Muzandu, K., M'kandawire, E., Choongo, K., Kataba, A., & Ishizuka, M. (2022). Human health risk assessment from lead exposure through consumption of raw cow milk from free-range cattle reared in the vicinity of a lead–zinc mine in Kabwe. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(8), 4757.

Received: 15.03.2025
Accepted: 05.05.2025

Vol. 21, No. 2, Summer, 2025 **Original Article**
DOI: 10.22055/ivj.2025.512578.2781

The Impact of Nutritional Management, Herd Size, and Geographical Location on Heavy Metal Concentrations in Livestock Products: A Case Study in Dairy Farms of Isfahan Province

Saeed Jalali Jalalabadi[1], Arash Omidi[2*], Aria Rasooli[3], Mehdi Mohebbi-Fani[2] and Behnam Keshavarzi[4]

[1] PhD student of Feed Hygiene, School of Veterinary Medicine, Shiraz University, Shiraz, Iran
[2] Professor, Department of Animal Health Management, School of Veterinary Medicine, Shiraz University, Shiraz, Iran
[3] Associate Professor, Department of Animal Health Management, School of Veterinary Medicine, Shiraz University, Shiraz, Iran
[4] Professor, Department of Earth Sciences, College of Sciences, Shiraz University, Shiraz, Iran

Received: 15.03.2025 Accepted: 05.05.2025

Abstract

Pollution caused by heavy metals such as lead (Pb), cadmium (Cd), and arsenic (As), particularly due to industrial activities and poor management practices, poses a significant threat to human and animal health. This study evaluates the impact of nutritional management, herd size, and distance from industrial areas on heavy metal concentrations in samples of milk, water, animal feed, feed supplements, manure, and hair from 30 dairy farms located in Isfahan Province. Samples were collected from dairy farms with diverse characteristics, and the concentrations of heavy metals were measured using Atomic Absorption Spectroscopy (AAS). The results indicated that regarding nutritional management, 30% of the farms were rated as poor (Level 1), 50% as moderate (Level 2), and 20% as good (Level 3). The average scores for nutritional management were 45% for Level 1, 70% for Level 2, and 90% for Level 3. Larger herd sizes (over 600 heads) were associated with an increase in cadmium concentrations in manure (P=0.041), while poor nutritional management was significantly correlated with higher lead concentrations in milk (P=0.032). Additionally, the concentration of arsenic in animal feed was influenced by proximity to industrial areas (r=0.019, P=0.67). The median lead concentration in milk was 0.028 mg/L, which exceeds the permissible limit of 0.02 mg/L. The Lead levels in feed were measured at 1.98 mg/kg, cadmium in manure at 0.06 mg/kg, cadmium in hair at 0.102 mg/kg, and arsenic in feed at 0.62 mg/kg, all of which were below the permissible limits. The poor quality of animal feed significantly contributes to the increased concentration of lead in milk. Improving management practices and utilizing high-quality feed resources ara essential. It is recommended that continuous monitoring of the quality of food and water resources should be conducted to reduce the risks associated with heavy metals and ensure public health.

Key words: Pollution, Herd size, Heavy metals, Dairy farming, Management

[*] **Corresponding Author**: Arash Omidi, Professor, Department of Animal Health Management, School of Veterinary Medicine, Shiraz University, Shiraz, Iran
E-mail: aomidi@shirazu.ac.ir

© 2020 by the authors. Licensee SCU, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).