Journal of Research in Environmental Health

Volume 7, Issue 2, Summer 2021

Survey of Pollution With Heavy Metals in Various Tissues of Sheep in the Vicinity of Specialized Industrial Park of Zinc in Zanjan Province

Mohammad Hosein Nemati
* Assistant Professor, Animal Science Research Department, Zanjan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, (AREEO), Zanjan, Iran (Corresponding Author): Email: nemati.mh1354@gmail.com

Seyed Saeed Mosavi
Assistant Professor, Animal Science Research Department, Zanjan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Zanjan, Iran .

Received: 2021/05/18
Accepted: 2021/06/27

Document Type: Research article

ABSTRACT

Background and Aim: To maintain the health of consumers and achieve food safety, the control of maximum allowed heavy metals in food should be considered. This study aimed to investigate the concentration of heavy metals of copper (Cu), zinc (Zn), lead (Pb), and cadmium (Cd) in livestock tissues in the vicinity of Zinc Specialized Industrial Park.

Material and Methods: Ten samples were collected from each sheep tissue (including meat, liver, kidney, and bone) in each of the four geographical directions. To compare the current situation, samples from a control area (Qarah Poshtlu area of Zanjan) were also considered. A dry ash method was used to digest organic matter.

Results: Based on the results, the concentration of Cu was significantly high in the muscle and liver of the control group ($P < 0.05$). The concentration of Zn was not affected by the study areas. The accumulation of Pb in the liver and bone and Cd in the muscle and liver of animals was significantly high in the western part of the study area ($P < 0.05$). The levels of Cu in the kidney and bone tissues, Pb in the muscle and kidney tissues, and Cd in the kidney and bone tissues were not affected. The accumulation of Cu was inversely related to Pb and Cd.

Conclusion: In general, the results showed that despite heavy metal accumulation in the west of the study area, the concentrations of these metals in the tissues of sheep around it were within the allowable range and they were not dangerous to consumers.

Keywords: Animal Tissue, Heavy Metal, Monitoring, Sheep, Zinc

▶ **Citation:** Nemati MH, Mosavi SS. Survey of Pollution With Heavy Metals in Various Tissues of Sheep in the Vicinity of Specialized Industrial Park of Zinc in Zanjan Province. *Iranian Journal of Research in Environmental Health*. Summer 2021; 7(2): 154-163.

بررسی وضعیت آلودگی بافت‌های مختلف گوسفند به عناصر سنگین در اطراف شهرک صنعتی تخصصی روی در استان زنجان

محمد حسین نعمتی
* استادیار بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران.
(نویسنده مسئول):
پست الکترونیک:
Nemati.mh1354@gmail.com

سید سعید موسوی
استادیار پژوهشی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، زنجان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۲۶
نوع مقاله: مقاله اصیل پژوهشی

چکیده

زمینه و هدف: برای حفظ سلامت مصرف‌کنندگان مواد غذایی و نیل به ایمنی غذایی، کنترل بیشینه مجاز فلزات سنگین در مواد غذایی باید مورد توجه قرار گیرد. مطالعه حاضر با هدف بررسی غلظت عناصر سنگین مس، روی، سرب و کادمیوم در بافت‌های حیوانی دام‌های منطقه اطراف شهرک تخصصی روی انجام شد.
مواد و روش‌ها: تعداد ۱۰ نمونه از هر یک از بافت‌های گوسفند (گوشت، کبد، کلیه و استخوان) در هر یک از چهار جهت جغرافیایی شهرک تخصصی روی تهیه شد. همچنین به‌منظور مقایسه وضعیت موجود در منطقه مورد مطالعه با مناطق غیرآلوده، منطقه شاهد (منطقه قره‌پشتلو زنجان) در نظر گرفته شد. برای هضم مواد آلی نمونه‌ها از روش خاکستر خشک استفاده شد.
یافته‌ها: بر اساس نتایج آزمایش، غلظت عنصر مس در عضله و کبد گروه شاهد به‌طور معنی‌داری بالا بود ($p<۰/۰۵$). غلظت عنصر روی تحت تأثیر مناطق مورد مطالعه قرار نگرفت. انباشت عنصر سرب در کبد و استخوان و کادمیوم در عضله و کبد حیوانات موجود در منطقه غرب شهرک تخصصی روی به‌طور معنی‌داری بالا بود ($p<۰/۰۵$). مقدار مس در بافت‌های کلیه و استخوان، مقدار سرب در بافت‌های عضله و کلیه و مقدار کادمیوم در کلیه و استخوان تحت تأثیر قرار نگرفت. انباشت مس رابطه معکوس با عناصر سرب و کادمیوم داشت.
نتیجه‌گیری: با وجود انباشت عناصر سنگین در منطقه غرب شهرک تخصصی روی، غلظت این عناصر در دام و محصولات دامی تولید شده در حومه شهرک در دامنه حد مجاز قرار داشته و خطری برای مصرف‌کنندگان ندارد.

کلید واژه‌ها: بافت حیوانی، پایش، شهرک روی، عناصر سنگین، گوسفند.

◀ **استناد:** نعمتی م ح، موسوی س س. بررسی وضعیت آلودگی بافت‌های مختلف گوسفند به عناصر سنگین در اطراف شهرک صنعتی تخصصی روی در استان زنجان. *فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط*. تابستان ۱۴۰۰؛۷(۲): ۱۵۴-۱۶۳.

مقدمه

فلزات سنگین از مهم‌ترین آلاینده‌های شیمیایی مواد غذایی محسوب می‌شوند. وجود آنها در مواد غذایی با منشأ دامی، خطر آلودگی و عوارض ناشی از آنها را در انسان افزایش می‌دهد. مشکل اصلی فلزات سنگین این است که در بدن متابولیزه نمی‌شوند و پس از ورود به بدن، از آن دفع نشده و در بافت‌ها انباشته می‌شوند. همین امر موجب بروز بیماری‌ها و عوارض گوناگونی در بدن می‌گردد. کاهش رشد، کاهش خوراک مصرفی، گسترش عفونت‌های ویروسی، باکتریایی و قارچی، ناباروری، آسیب‌های کبدی و کلیوی، کم‌خونی، فشار خون و ... از جمله عوارض ناشی از مصرف فلزات سنگین می‌باشد (۱، ۲).

جیره غذایی، آب اشامیدنی و هوای تنفسی، از مهم‌ترین عوامل انتقال‌دهنده عناصر سنگین از محیط به بافت‌های حیوان می‌باشد. برخی عناصر برای فعالیت‌های حیاتی حیوان ضروری بوده، ولی زیادی آنها می‌تواند سلامتی را به خطر اندازد. عنصر روی و مس نقش مهمی در رشد و سلامتی حیوان بازی کرده و در ساختار بسیاری از سیستم‌های آنزیمی و متالوآنزیم‌ها شرکت دارند. روی در سنتز ویتامین آ، انتقال گاز دی‌اکسید کربن، متابولیسم پروتئین، کربوهیدرات و اسیدهای چرب ضروری، تجزیه فیبرهای کلاژن، از بین بردن رادیکال‌های آزاد و پایداری غشاء اریتروسیت‌ها نقش دارد و مس در متابولیسم آهن و عمل انسولین، حفاظت از اکسیدان‌ها، توسعه سیستم عصبی مرکزی و متابولیسم چربی‌ها نقش دارد (۳-۵). بین مقدار مورد نیاز این عناصر و مقداری که باعث بروز اثرات سمی می‌شود، دامنه زیادی وجود دارد. عوامل زیادی سمیت روی را تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ مقدار سرب موجود در جیره غذایی، کمبود مس، مصرف مقادیر حاشیه‌ای سلنیوم و مصرف پایین کلسیم، کمبود آن را تشدید می‌کند. جذب مس و قابلیت دسترسی آن نیز تحت تأثیر نوع جیره، سطح مولیبدن، گوگرد و آهن قرار دارد (۶، ۷).

سرب یکی از عناصر سمی برای حیوانات و انسان می‌باشد. جذب این عنصر در حیوانات بسیار ضعیف است (۳-۱۰٪) و تحت تأثیر عناصر گوگرد، آهن، کلسیم، فسفر، روی، چربی و پروتئین قرار می‌گیرد. سرب نه تنها از طریق دستگاه گوارش، بلکه از راه دستگاه تنفس و پوست نیز وارد بدن می‌گردد (۸). مشخص شده است که با افزایش قرار گرفتن حیوان در معرض سرب، سطح آن در بسیاری از بافت‌ها و مایعات بدن افزایش می‌یابد. سرب به‌طور عمده از طریق صفرا و ادرار دفع می‌گردد و مقدار بسیار محدودی از آن در شیر و عضلات ذخیره می‌گردد. سرب در استخوان، خون، کبد و کلیه تجمع می‌یابد. میزان این عنصر در خون و کبد کنترل شده و به حالت ثابت می‌رسد، ولی تجمع آن در کلیه به‌صورت خطی افزایش می‌یابد. سرب با بسیاری از ترکیبات هورمونی بدن از جمله آنزیم‌ها و پروتئین‌ها اتصال برقرار نموده و موجب وقفه در فعالیت آنزیم‌ها و اختلال در سنتز پروتئین‌ها می‌شود. کاهش رشد، نقص در متابولیسم آهن، کم‌خونی و نقص در متابولیسم لیپید ناشی از مسمومیت با سرب گزارش شده است (۹، ۱۰).

کادمیوم یک عنصر سمی تجمعی است که به‌طور گسترده در محیط زیست پخش شده و به‌عنوان یکی از خطرات بالقوه زیست‌محیطی به‌شمار می‌رود. بیشتر کادمیوم از کارخانه‌های ذوب روی و پساب‌های به‌دست آمده از پالایش الکترولیت روی به‌دست می‌آید. جذب کادمیوم جیره بسیار محدود است. برآورده شده که جذب کادمیوم استنشاق شده بالاتر از ۴۰٪ بوده، اما کمتر از ۱٪ کادمیوم خورده شده در گوسفند جذب می‌گردد (۸). پس از جذب، کادمیوم ابتدا در کبد ذخیره شده و سپس به طرف کلیه حرکت می‌کند؛ جایی‌که نیمه‌عمر بیولوژیکی آن ۲۰-۳۰ سال برآورد شده است. به‌نظر می‌رسد نشخوارکنندگان هیچ مکانیسم کنترل کننده هموستاتیک برای محدود کردن ابقاء کادمیوم به پایین‌تر از سطوح غیرسمی ندارند، بنابراین مقدار کادمیوم بافت‌ها به‌طور مستقیم با مقدار خورده شده ارتباط دارد (۱۰). کادمیوم به‌دلیل وجود شباهت‌های شیمیایی و رقابت در اتصال به جایگاه‌های فعال آنزیمی بر مقدار عناصر مس، آهن و روی تأثیر دارد (۷).

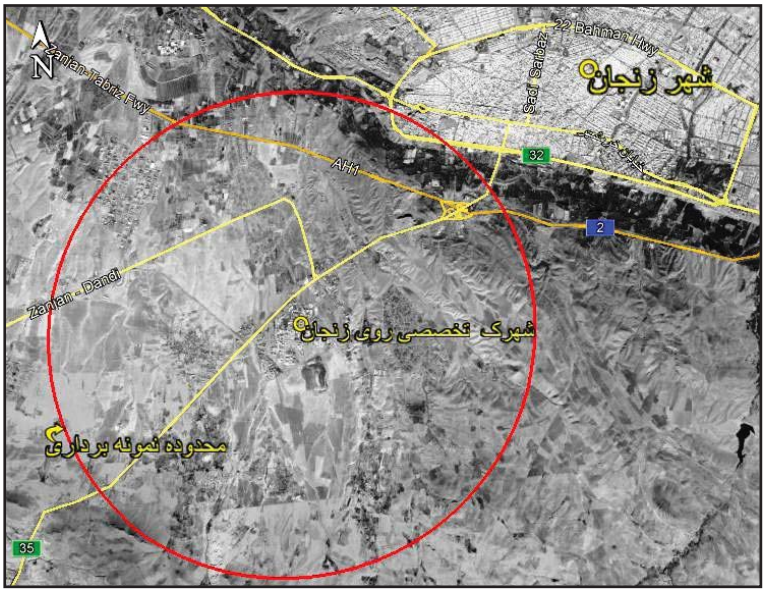
از بین بافت‌های حیوانی، کبد و کلیه تمایل زیادی به تجمع عناصر سنگین دارند و افزایش عناصر سنگین سرب و کادمیوم

در بافت کبد و کلیه دام‌ها در نتیجه خوراندن و یا در معرض قرار گرفتن آنها گزارش شده است (۱۰، ۱۱). تحقیقات نشان داده‌اند میزان تجمع کادمیوم در بافت با افزایش سن افزایش می‌یابد (۸، ۱۲)؛ به طوری‌که غلظت کادمیوم کبد و کلیه گاوهای بالای ۴ سال به‌ترتیب ۳/۱۱ و ۴/۱۲ مرتبه نسبت به گاوهای ۲ ساله، بیشتر گزارش شده است (۱۱).

شهرستان زنجان درصد بالایی از صنایع مختلف روی را در خود جای داده است. آلودگی آب، خاک، گیاه، هوا و دام در این ناحیه از دغدغه‌های اصلی مردم این شهر می‌باشد، لذا مطالعه حاضر با هدف پایش اثرات آلودگی ناشی از فعالیت شهرک تخصصی روی بر دام و تولیدات دامی و مقایسه آن با مقادیر استاندارد انجام شد.

روش کار

شهرک تخصصی روی که در ۵ کیلومتری جنوب شهر زنجان واقع شده است، مشتمل بر ۷۰ کارخانه اعم از تولید کنسانتره، شمش روی و کارخانجات وابسته به این صنایع مانند سولفات روی و سولفات مس می‌باشد. به‌دلیل عدم وجود استانداردهای زیست‌محیطی لازم، فعالیت این شهرک منجر به آلودگی منابع خوراکی، دام و محصولات دامی می‌شود. پس از مشخص شدن روستاها و مناطق پرورش دام در شعاع ۵ کیلومتری شهرک تخصصی روی، تعداد ۱۰ نمونه از بافت‌های مختلف گوسفند (گوشت، کبد، کلیه و استخوان) در هر یک از چهار جهت جغرافیایی تهیه شد. به‌منظور مقایسه وضعیت موجود در منطقه مورد مطالعه با مناطق غیرآلوده، منطقه شاهد (منطقه قره‌پشتلوی زنجان به فاصله ۵۰ کیلومتری از شهرک تخصصی روی) نیز در نظر گرفته شد (۵۰ نمونه از هر بافت و در مجموع ۲۰۰ نمونه). پس از درج مشخصات نمونه (تاریخ، نوع نمونه، مکان تهیه)، نمونه‌ها کدگذاری شده و با رعایت نکات فنی به آزمایشگاه منتقل گردید.



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه

در این آزمایش برای هضم مواد آلی نمونه‌ها از روش خاکستر کردن خشک استفاده شد. این روش مستلزم احتراق کامل همه مواد آلی و بعد انحلال باقی‌مانده با استفاده از اسید نیتریک و اسید کلریدریک می‌باشد. برای این منظور مقدار ۰/۱-۰/۵ گرم از نمونه کاملاً مخلوط، خرد و له شده در درون یک بوته چینی تمیز ریخته و به‌مدت ۶ ساعت در کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا به خاکستر تبدیل شود. سپس مقدار ۵ میلی‌لیتر اسید هیدروکلریک به آن اضافه شد. روی بوته با شیشه

ساعت پوشانده و به‌مدت ۱-۲ روی حمام بخار قرار داده شد. مقدار ۱ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ به آن اضافه کرده و محتویات بوته تبخیر شد تا خشک شود. در ادامه مقدار ۱ میلی‌لیتر اسید هیدروکلریک به آن افزوده و تکان داده شد تا باقی‌مانده در درون بوته حل شود، با آب مقطر تا حدود ۱۰ میلی‌لیتر رقیق کرده تا انحلال کامل گردد. در صورت نیاز، محلول توسط کاغذ صافی نمره ۴۴ به درون یک بالن ژوژه ۵۰ میلی‌لیتری صاف و با آب مقطر تا خط نشانه به حجم رسانده شد (۱۳). برای اندازه‌گیری مقدار عناصر موجوددر نمونه‌های هضم‌شده‌ازدستگاه‌جذب‌اتمی(AwantaP،استرالیا) استفاده شد. طول موج مورد استفاده برای اندازه‌گیری عناصر مس، روی، سرب و کادمیوم به‌ترتیب ۳۲۴/۷، ۲۱۳/۹، ۲۱۷/۰ و ۲۲۸/۸ نانومتر بود. با توجه به حد حساسیت دستگاه و منحنی کالیبراسیون به‌دست آمده از عناصر مختلف، مقادیر کمتر از ۰/۰۵ میلی‌گرم در کیلوگرم برای عناصر مس و روی، مقادیر کمتر از ۰/۲ میکروگرم در کیلوگرم برای عنصر سرب و کمتر از ۰/۰۲ میکروگرم در کیلوگرم برای کادمیوم به‌صورت ناچیز (nd)[1] گزارش گردید. در پایان، نتایج حاصل از آنالیز آزمایشگاهی با استانداردهای بین‌المللی و کدکس مورد مقایسه قرار گرفت.

داده‌های گردآوری شده در این آزمایش، با استفاده از نرم‌افزار اکسل آماده و سپس با استفاده از رویه مدل خطی عمومی[2] نرم‌افزار SAS(SAS 9.1)، مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون توکی استفاده شد. داده‌هایی که از توزیع نرمال تبعیت نمی‌کردند، قبل از آنالیز واریانس از تبدیل جذری $\sqrt{x+0.5}$ و لگاریتمی استفاده شد. مدل آماری مورد استفاده طرح کاملاً تصادفی بود. مدل ریاضی طرح آزمایشی به‌صورت رابطه ۱ بود:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij} \qquad \text{(رابطه ۱)}$$

که در آن، Y_{ij}= مقدار هر مشاهده، μ= میانگین مشاهدات، t_i= اثر منطقه و e_{ij}= خطای آزمایشی می‌باشد.

در پایان به‌منظور ارائه مدل آلودگی منطقه و ارزیابی و تعیین گستره آلودگی در حومه شهرک تخصصی روی در مقایسه با گروه شاهد با استفاده از کلیه داده‌ها، از روش بی‌مقیاس‌سازی داده‌ها به روش خطی استفاده شد. در این روش برای یکسان‌سازی داده‌ها و انجام آنالیز آماری در آنها، ابتدا غلظت عنصر مورد نظر در هر نوع نمونه دامی به ماکزیمم غلظت آن در نمونه مورد نظر تقسیم می‌شود تا نسبت عناصر سنگین مورد نظر در نمونه خاص نسبت به همدیگر به‌دست آید (۱۳). در این روش از رابطه ۲ استفاده شد:

$$C_{ij} = \frac{a_{ij}}{\text{Max } a_{ij}} \qquad \text{(رابطه ۲)}$$

که در آن C_{ij} غلظت یک عنصر در نمونه مورد نظر نسبت به غلظت حداکثری آن در همان نوع نمونه، a_{ij} غلظت نمونه مورد نظر و $\text{Max } a_{ij}$ حداکثر غلظت عنصر مورد نظر در نمونه خاص بود.

یافته‌ها

میانگین غلظت عنصر مس در نمونه‌های عضله، کبد، کلیه و استخوان گوسفند در جهات مختلف جغرافیایی نسبت به شهرک تخصصی روی و گروه شاهد (جدول ۱) نشان داد که غلظت مس موجود در نمونه‌های عضله و کبد در گروه شاهد نسبت به مناطق آلوده به‌طور معنی‌داری بالا بود ($p<0/05$)، ولی مقدار تجمع آن در بافت کلیه و استخوان در مناطق مختلف و گروه شاهد تفاوت معنی‌داری نداشتند ($p>0/05$). نتایج نشان داد که محل ذخیره این عنصر بیشتر در بافت کبد حیوان است.

جدول ۱. میانگین غلظت عنصر مس موجود در بافت‌های مختلف گوسفندی در جهات مختلف جغرافیایی نسبت به شهرک تخصصی روی و نمونه شاهد (میلی‌گرم/ کیلوگرم ماده خشک)

جهت جغرافیایی	عضله	کبد	کلیه	استخوان
شمال	۴/۱۰ ^{b}	۴۰/۳۳ ^{b}	۱۱/۳۲	۴۲/۳۱
شرق	۵/۰۷ ^{b}	۵۶/۵۷ ^{b}	۱۰/۰۲	۳۹/۹۱
جنوب	۳/۱۳ ^{b}	۲۸/۷۷ ^{b}	۱۲/۵۸	۴۸/۳۶
غرب	۴/۳۳ ^{b}	۲۵/۳۰ ^{b}	۱۰/۵۱	۲۹/۷۴
شاهد	۸/۶۷ ^{a}	۹۵/۸۷ ^{a}	۱۶/۳۰	۳۹/۳۴
SEM	۰/۸۶	۸/۵۳	۲/۴۳	۸/۲۴
P-value	۰/۰۳	۰/۰۰۱	۰/۱۸	۰/۳۵

حروف لاتین غیر مشترک در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین مناطق مورد مطالعه است ($p<0/05$).

1. not detected
2. General Linear Model (GLM)

غلظت عنصر روی در بافت‌های عضله، کبد، کلیه و استخوان گوسفندان مناطق مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری نشان نداد ($p>۰/۰۵$)، ولی غلظت آن در عضله و کبد نمونه‌های حاصل از مناطق شهرک تخصصی بالاتر بود (جدول ۲). بیشترین غلظت عنصر روی در عضله (۶۰/۲۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) و کبد (۹۳/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم) به‌ترتیب در جهات جغرافیایی شرق و غرب شهرک مشاهده شد. غلظت این عنصر در بافت استخوان در مقایسه با دیگر بافت‌ها بالاتر بود.

جدول ۲. میانگین غلظت عنصر روی موجود در بافت‌های مختلف گوسفندی در جهات مختلف جغرافیایی نسبت به شهرک تخصصی روی و نمونه شاهد (میلی‌گرم/ کیلوگرم)

جهت جغرافیایی	عضله	کبد	کلیه	استخوان
شمال	۵۵/۱۵	۶۵/۳۶	۲۵/۳۶	۱۱۰/۳
شرق	۶۰/۲۲	۶۸/۵۰	۲۶/۳۹	۱۰۸/۵۱
جنوب	۵۸/۸۳	۵۸/۵۷	۲۲/۲۸	۱۰۶/۰۵
غرب	۵۱/۸۰	۹۳/۶۰	۲۷/۷۱	۹۰/۷۱
شاهد	۴۳/۲۲	۴۶/۲۵	۲۶/۳۵	۹۸/۴۸
SEM	۷/۴۵	۱۸/۱۲	۳/۳۶	۱۰/۲۴
P-value	۰/۳۱	۰/۲۹	۰/۷۷	۰/۱۵

حروف لاتین غیر مشترک در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین مناطق مورد مطالعه است ($p<۰/۰۵$).

غلظت سرب در نمونه بافت‌های حاصل از کبد و استخوان حیوانات در حومه شهرک تخصصی و منطقه شاهد معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$)، ولی این تفاوت‌ها در بافت عضله و کلیه معنی‌دار نبود ($p>۰/۰۵$) (جدول ۳). غلظت این عنصر در تمامی بافت‌های حاصل از حیوانات منطقه غرب شهرک تخصصی بالاترین بود. بیشترین محل تجمع سرب در بدن به‌ترتیب در بافت کبد و کلیه مشاهده شد.

جدول ۳. میانگین غلظت عنصر سرب موجود در بافت‌های مختلف گوسفندی در جهات مختلف جغرافیایی نسبت به شهرک تخصصی روی و نمونه شاهد (میکروگرم/ کیلوگرم)

جهت جغرافیایی	عضله	کبد	کلیه	استخوان
شمال	۰/۶۵	۶۸۹/۶ ^{ab}	۲۴۶/۸	۱۸/۱۹ ^{ab}
شرق	۱/۳۴	۷۸۵/۴ ^{ab}	۲۴۴/۱	۱۱/۶۸ ^{ab}
جنوب	۰/۴۵	۵۶۵/۵ ^{ab}	۱۰۷/۹	۱۲/۳۵ ^{ab}
غرب	۲/۷۵	۸۲۰/۲ ^{b}	۳۱۱/۳	۲۸/۲۲ ^{a}
شاهد	۰/۱۵	۴۲۴/۲ ^{a}	۱۷۸/۵	۸/۵۴ ^{b}
SEM	۰/۴۵	۱۲۳/۲	۷۵/۶۳	۴/۲۸
P-value	۰/۲۳	۰/۰۵	۰/۱۲	۰/۰۲

حروف لاتین غیر مشترک در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین مناطق مورد مطالعه است ($p<۰/۰۵$).

غلظت کادمیوم در نمونه بافت‌های عضله و کبد حاصل از حیوانات در حومه شهرک تخصصی و منطقه شاهد معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$)، ولی این تفاوت‌ها در بافت کلیه و استخوان معنی‌دار نبود ($p>۰/۰۵$) (جدول ۴). بالاترین غلظت این عنصر در بافت عضله، کبد و کلیه در منطقه غرب شهرک تخصصی مشاهده شد. در هیچ یک از نمونه‌های بافت استخوان کادمیوم مشاهده نشد.

جدول ۴. میانگین غلظت عنصر کادمیوم موجود در بافت‌های مختلف گوسفندی در جهات مختلف جغرافیایی نسبت به شهرک تخصصی روی و نمونه شاهد (میکروگرم/ کیلوگرم)

جهت جغرافیایی	عضله	کبد	کلیه	استخوان
شمال	۸/۰۱ ^{b}	۲۲۵/۷ ^{ab}	۹۹/۶۷	nd
شرق	۳/۵۲ ^{b}	۱۶۰/۳ ^{bc}	۱۰۱/۳	nd
جنوب	۷/۶۰ ^{b}	۲۳۴/۷ ^{ab}	۸۶/۶۲	nd
غرب	۱۵/۷۷ ^{a}	۲۷۲/۱ ^{a}	۱۲۶/۷	nd
شاهد	۶/۶۱ ^{b}	۱۳۷/۷ ^{c}	۱۱۸/۵	nd
SEM	۱/۸۵	۲۳/۶۴	۱۶/۵۲	–
P-value	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۶۱	–

حروف لاتین غیر مشترک در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین مناطق مورد مطالعه است ($p<۰/۰۵$).
nd: تعیین نشد (ناچیز).

آنالیز داده‌های بی‌مقیاس شده بر اساس موقعیت جغرافیایی در مناطق اطراف شهرک تخصصی و گروه شاهد (جدول ۵) نشان

داد که غلظت نسبی مس در نمونه‌های دامی منطقه غرب شهرک تخصصی نسبت به گروه شاهد به‌طور معنی‌داری پایین بود ($p<۰/۰۱$). غلظت روی بین مناطق مختلف شهرک و گروه شاهد تفاوت معنی‌داری نشان نداد ($p=۰/۶۳$). غلظت سرب و کادمیوم در منطقه غرب شهرک تخصصی در مقایسه با دیگر مناطق و گروه شاهد به‌طور معنی‌داری بالاتر بود ($p<۰/۰۱$) که حاکی از تجمع این عناصر در بافت‌های مختلف حیوان داشت. با توجه به این‌که باد غالب منطقه شمال‌شرقی- جنوب غربی می‌باشد، احتمال آلودگی آب و منابع خوراکی و یا آلودگی دام از طریق هوا در منطقه غرب شهرک وجود دارد.

جدول ۵. میزان پراکنش نسبی عناصر سنگین در تمامی نمونه‌های حیوانی اخذ شده از جهات مختلف جغرافیایی نسبت به شهرک تخصصی روی و نمونه شاهد بر اساس روش بی‌مقیاس سازی

جهت جغرافیایی	مس	روی	سرب	کادمیوم
شمال	۰/۳۱ ab	۰/۵۵	۰/۱۶ b	۰/۰۴ b
شرق	۰/۳۳ ab	۰/۵۸	۰/۱۶ b	۰/۰۴ b
جنوب	۰/۳۲ ab	۰/۵۳	۰/۱۰ b	۰/۰۸ b
غرب	۰/۲۵ b	۰/۵۷	۰/۵۲ a	۰/۳۲ a
شاهد	۰/۵۰ a	۰/۴۹	۰/۱۵ b	۰/۰۷ b
SEM	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۰۵
P-value	۰/۰۰۵	۰/۶۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۲

حروف لاتین غیر مشترک در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین مناطق مورد مطالعه است ($p<۰/۰۵$).

بحث

میزان انباشت عناصر سنگین در بافت‌های بدن به مدت زمان در معرض قرارگیری و مقدار مصرف عنصر و همچنین سن و گونه حیوان بستگی دارد. کبد و کلیه اندام‌های هدف برای پایش فلزات در حیوانات هستند و در جذب و جابجایی بسیاری از عناصر کمیاب به‌ویژه فلزات سنگین نقش اساسی دارند. همچنین کبد بالاترین سطح گلوتاتیون را نسبت به هر اندامی دارد و گلوتاتیون نقش مهمی در ترشح صفراوی فلزات سنگین به‌ویژه مس، روی، سرب، کادمیوم و جیوه بازی می‌کند (۱۵).

غلظت مس در کبد نشخوارکنندگان با مس موجود در خوراک آنها در ارتباط است و غلظت مس موجود در کبد همواره بیشتر از مقدار آن در عضلات و کلیه است (۱۶) که منطبق با یافته‌های پژوهش حاضر است. انجمن تحقیقات ملی آمریکا، غلظت عنصر مس موجود در عضله، کبد و کلیه گوسفند را به‌ترتیب ۵، ۳۵۰ و ۱۴ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش کرده است (۱۰). گزارش شده است که سطح ۱۱/۳۷ میلی‌گرم در کیلوگرم مس در جیره گوسفند منجر به مسمومیت مزمن آن شده و سطح مس را در کبد و کلیه به‌ترتیب ۱۶۴۱ و ۳۰۵ میلی‌گرم در کیلوگرم افزایش داده است (۱۷). ظرفیت کبد برای ذخیره عناصر در داخل متالوتیونین محدود است، بنابراین وقتی که محتوی مس موجود در کبد به ۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم افزایش یابد تنش‌زا بوده، مس به داخل خون رها شده و باعث مسمومیت می‌شود (۳). غلظت‌های کمتر از ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم مس در ماده خشک کبد همراه با مقادیر کمتر از ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر در پلاسمای خون نشان‌دهنده کمبود مس است که اگر برای مدت طولانی ادامه پیدا کند، منجر به کم‌خونی هیپرکرومیک میکروسیستیک در تمامی حیوانات می‌شود. از سوی دیگر زیادی آن باعث آسیب به کبد و کلیه شده و در رنگ پوست و مو تغییر ایجاد می‌کند (۷، ۱۸). مطابق با معیارهای سازمان جهانی بهداشت، حد مجاز مصرف روزانه مس ۳ میلی‌گرم در روز است و مقدار بیشتر از ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم مس باعث ایجاد مسمومیت حاد در انسان می‌شود (۱۹).

عنصر روی نقش مهمی را در رشد و سلامتی حیوان بازی می‌کند و در ساختار بسیاری از متالوآنزیم‌ها شرکت دارد. انجمن تحقیقات ملی آمریکا، میزان عنصر روی موجود در عضله، کبد و کلیه گوسفند را به‌ترتیب ۲۴، ۴۷ و ۱۴ میلی‌گرم در کیلوگرم (۱۰) و استاندارد کمیسیون اروپا، حد مجاز روی در بافت‌های حیوانی را ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش کردند (۲۰). نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که غلظت این عنصر در مقایسه با استانداردهای پیشنهادی اندکی بالاتر است. در گزارشی دیگر، غلظت روی در کبد گاو و گوسفند در دامنه ۱۰۰-۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش

شده است (۱۷). میزان روی مورد نیاز گوسفند ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره است و حداکثر سطح قابل تحمل روی برای گوسفند ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره است. سطوح ۰/۹-۱/۷ گرم روی در کیلوگرم جیره، اشتهای دام را کم می‌کند. تحمل کمتر نشخوارکنندگان به زیادی روی در جیره غذایی ممکن است با تغییر در متابولیسم شکمبه ارتباط داشته باشد که از طریق اثرات سمی روی بر میکروفلورای شکمبه حاصل می‌شود. عوامل متعددی چون مقدار سرب جیره غذایی، کمبود مس، مصرف مقادیر حاشیه‌ای سلنیوم و مصرف پایین کلسیم می‌تواند سمیت روی را تحت تأثیر قرار داده و اثرات آن را تشدید نماید (۱۷).

سرب یکی از عناصری است که به کرات سبب مسمومیت در حیوانات مزرعه به‌ویژه در نشخوارکنندگان می‌شود. بیشینه سطوح قابل تحمل سرب برای اکثر گونه‌ها ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره است. دامنه نرمال سرب در کبد و کلیه حیوانات به‌ترتیب ۰/۱-۱ و ۰/۲-۲ میلی‌گرم در کیلوگرم و مقدار بالای ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم حد سمیت گزارش شده است (۱۰). استاندارد کمیسیون اروپا حد مجاز سرب برای بافت‌های احشام را ۰/۰۱ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش نموده است (۲۰). با توجه به نتایج پژوهش حاضر، غلظت این عنصر در نمونه بافت‌های حیوانی حاصل از اطراف شهرک تخصصی در دامنه حد مجاز قرار داشتند. آلودگی مراتع با سرب ممکن است پیرامون کارخانه‌های ذوب فلزات روی دهد، زمانی که مراتع آلوده شده با سرب سیلو شوند، نفوذ رو به پایین سرب در سیلو می‌تواند منجر به افزایش ۴ برابری آن در لایه‌های پایین‌تر شده و مرگ حیوانات مصرف کننده را به‌دنبال داشته باشد (۲۱). سرب ممکن است نه تنها از طریق دستگاه گوارش، بلکه از راه دستگاه تنفس و پوست نیز وارد بدن گردد (۱۹). نشان داده شده که افزایش مقدار سرب در جیره غذایی گاوهای شیری و یا چرای گوسفند در مراتع اطراف شهرک‌های صنعتی منجر به افزایش غلظت سرب و کادمیوم در بافت‌های کبد، کلیه، عضله و استخوان می‌شود (۲۲، ۲۳).

انجمن تحقیقات ملی آمریکا، غلظت‌های ۰/۰۵، ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم در کیلوگرم کادمیوم را به‌ترتیب برای عضله، کبد و کلیه گزارش کرده است (۱۰). استاندارد کمیسیون اروپایی دامنه نرمال کادمیوم در کبد و کلیه را به‌ترتیب ۰/۰۰۴-۰/۴ و ۰/۰۱۸-۰/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش نموده است (۲۰). استاندارد سازمان جهانی بهداشت مقدار کادمیوم در کبد را ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش کردند (۱۹). بر این اساس در مطالعه حاضر غلظت کادمیوم در بافت‌های مورد مطالعه در دامنه حد مجاز قرار داشت. میزان کادمیوم عضله، کبد و کلیه حاصل از گاوهای کشتار شده در کشتارگاه صنعتی اصفهان به‌ترتیب ۳/۳، ۴۹/۷ و ۱۳۷/۱ میکروگرم در کیلوگرم گزارش شده که نسبت به مقادیر گزارش شده در سایر کشورها و همچنین پژوهش حاضر پایین‌تر بود (۱۱). همچنین در مطالعه دیگری میانگین غلظت عنصر کادمیوم در کلیه گاوها ۲۰۰۰ میکروگرم در کیلوگرم گزارش شد (۲۴).

جذب کادمیوم از طریق گوارش تحت تأثیر عواملی چون سن، کمبود کلسیم، آهن، روی و کمبود پروتئین و نیز گونه شیمیایی کادمیوم می‌باشد. جذب ریوی کادمیوم به اندازه ذرات معلق بستگی دارد. کادمیوم پس از جذب در بدن در فعالیت متابولیسمی و آنزیمی شرکت کرده و سبب اختلال در آنها می‌شود (۲۵، ۲۶). گزارش شده است که در نتیجه افزایش مقدار دریافتی عنصر کادمیوم، غلظت این عنصر در خون، شیر و یا عضلات اسکلتی افزایش نیافته، اما کبد و کلیه بافت‌هایی بودند که غلظت کادمیوم در آن‌ها افزایش یافته بود (۲۲). در مطالعه حاضر نیز تجمع سرب و کادمیوم بیشتر در بافت‌های کبد و کلیه مشاهده شد که منطبق با یافته‌های پژوهشگران است. غلظت سرب و کادمیوم در کبد و کلیه گوساله‌های پرورش یافته در حومه شهرک‌های صنعتی در مقایسه با مناطق روستایی بالا گزارش شده است (۲۷، ۲۸). تجمع عناصر سنگین در کبد نه‌تنها ناشی از مصرف بالای آنها در جیره بلکه به‌دلیل متابولیسم بالای کبد است (۱۷).

نتیجه‌گیری

تجمع عناصر سنگین سرب و کادمیوم در بافت‌های حیوانی منطقه غرب شهرک تخصصی روی در مقایسه با دیگر مناطق مورد مطالعه بیشتر بود، ولی در دامنه حد مجاز استانداردهای

انجمن ملی آمریکا و کمیسیون اروپا قرار داشت. اگرچه مسمومیت ناشی از مصرف فرآورده‌های دامی در منطقه وجود ندارد، ولی به‌دلیل تجمع این عناصر در بافت‌های حیوانی، عوارض آن می‌تواند محتمل باشد. حد سمیت یک عنصر و اثرگذاری آن بر سلامتی، دو واژه متفاوت بوده و با توجه به تجمع این عناصر در بدن ممکن است مشکلاتی را در درازمدت برای مصرف‌کنندگان به‌دنبال داشته باشد.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان تمام نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. همچنین هرگونه تضاد منافع حقیقی یا مادی که ممکن است بر نتایج یا تفسیر مقاله تأثیر بگذارد را رد می‌کنند.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از اداره کل محیط زیست استان زنجان که منابع مالی این پروژه را تأمین نمودند، تشکر و قدردانی می‌شود.

References

1. Milam C, Dimas BJ, Jang AL, Eneche JE. Determination of Some Heavy Metals in Vital Organs of Cows and Bulls at Jametta Abattoir, Yola, Adamawa State, Nigeria. 2015; 8(4): 1–7.
2. Reis PA, Almeida CMR. Matrix importance in animal material pre-treatment for metal determination. Food Chemistry 2008; 107(3): 1294–9.
3. Underwood EJ, Suttle NF. The Mineral Nutrition of Livestock, 3rd edn. CAB International, Wallingford, UK. 1999.
4. Hill GM, Shannon MC. Copper and Zinc Nutritional Issues for Agricultural Animal Production. Biological Trace Element Research 2019; 188: 148–159
5. Salem AZM, Ammar H, Lopez S, Gohar YM, González JS. Sensitivity of ruminal bacteria isolates of sheep, cattle and buffalo to some heavy metals. Animal Feed Science and Technology 2011; 163(2–4): 143–9.
6. Canli M, Atli G. The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. Environmental Pollution 2003; 121(1): 129–36.
7. National Research Council (NRC). Nutrient Requirements of Small Ruminant. National Academic Press, Washington DC, USA. 2007.
8. Okoye PA, Babayemi J. Heavy metal levels in animal muscle tissue: a case study of nigerian raised cattle. Research Journal of Applied Sciences· 2010; 5(2): 146-150.
9. WHO. In “Trace Elements in Human Nutrition and Health.” World Health Organization, Geneva 1996.
10. National Research Council (NRC). Mineral Tolerances of Animals, Second Edition. National Academic Press, Washington DC, USA. 2005.
11. Rahimi E, Rokni N. Measurement of cadmium residues in muscle, liver and kidney of cattle slaughtered in Isfahan abattoir using grafite furnace atomic absorption spectrometry (GFAAS): a preliminary study. Iranian Journal of Veterinary Research, Shiraz University 2008; 9(2): 174-177.
12. Lopez Alonso M, Benedito JL, Mirada M, Castillo C, Herandez J, Shore RF. Cotribution of cattle products to dietary intake and toxic elements in Galicia, Spain. Food Additives & Contaminants 2002; 19(6): 533-541.
13. Sadeghi A and Shorang P. Guide Biochemical Tests, Especially the Fields of Animal Science, Veterinary Medicine, Food Industry and Biology. Sphere Press. 2005, pp: 248.
14. Momeni M. New Topics Operations Research. Moalef press. 2013; pp: 338.(Persian)
15. Esmailpor EU, Pashmi, Kh, Pourkhabbaz AR.. Determination of trace elements levels in different tissues of goat and sheep slaughtered in Birjand city. Veterinary Journal (Pajouhesh& Sazandegi) 2014; 105: 2-9. (Persian)
16. Niedzioika R, Lendzion-Pieniak. k, Horoszewicz EA. Study on bioaccumulation of selected metals in meat and intrenal organs of intensively fed kid goats. Journal Elementol 2009; 14(3): 501-507.
17. Rajaganapathy V, Xavier F, Sreekumar D Mandal PK. Heavy Metal Contamination in Soil, Water and Fodder and their Presence in Livestock and Products: A Review. Journal of Environmental Science and Technology 2011; 4: 234-249.
18. Oymak T, Ulusoy H, Hastaoğlu E, Yılmaz V, Yıldırım Ş. Some Heavy Metal Contents of Various Slaughtered Cattle Tissues in Sivas-Turkey. JOTCSA 2017; 4(3): 737–46.
19. WHO. (1996). In "Trace Elements in Human Nutrition and Health." World Health Organization, Geneva. Pp: 361
20. European Commission Regulation. No 1881/2006, Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuff. Official Journal of the European Union, L 2006; 364: 524.
21. Coppock RW, Wagner WC, Reynolds RD. Migration of lead in a glass-lined bottom-unloading silo. Veterinary and human toxicology 1998; 30(5): 458-9.
22. Sharma JC, Shupe JL, Bourcier DR. Accumulation and Depletion of Cadmium and Lead in Tissues and Milk of Lactating Cows Fed Small Amounts of These Metals. Journal of Dairy Science, 1981; 65: 972-979.
23. Shen X, Chi Y, Xiong K. The effect of heavy metal

contamination on humans and animals in the vicinity of a zinc smelting facility. PLoS ONE, 2019; 14(10): 1-15.

24. Van der Fels-Klerx I, Romkens P, Franz E, Van Raamsdonk, L. Modeling cadmium in the feed chain and cattle organs. Biotechnology, Agronomy, Society and Environment 2011; 15 (S1): 53-59.

25. Yeganeh Shali S, Rahimi GH, Jahanban L, Moradi S, Ebrahimi E. Investigation of Heavy Metals Accumulation in Different Tissues of Laboratory Rat. Iranian Journal of Research in Environmental Health. Summer 2018; 4(2): 94-103. (Persian).

26. Ismaili Sari A. Polluter health and environmental standards. Naser Mehr Publications 2002, First Edition. (Persian).

27. Iwegbue, CMA. Heavy Metal composition of Livers and Kidneys of cattle from southern Nigeria. Veterinarski Archiv 2008; 78: 401-410.

28. Miranda M, Lopez-Alonso M, Castillo C, Hernandez J, Benedito JL. Effects of moderate pollution on toxic and trace metal levels in calves from a polluted area of Northern Spain. Environment International 2005; 31: 543-548.