

ارزیابی ریسک بهداشتی فلزات سنگین موجود در سبزی‌های کشت شده در محدوده لندفیل شهر تهران

سیدغلامرضا موسوی^۱

شهلا کریمیان^۲

سکینه شکوهیان^{۳*}

۱. دکترای تخصصی، بهداشت محیط، گروه بهداشت محیط، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم پزشکی، تهران، ایران.

۲. کارشناسی ارشد، بهداشت محیط، گروه بهداشت محیط، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم پزشکی، تهران، ایران.

چکیده

هدف: سبزیجات از مهم‌ترین گروه رژیم غذایی افراد بوده و تضمین کیفیت آن نقش مهمی در امنیت غذایی دارد. مصرف آن بعنوان یکی از مسیرهای اصلی ورود فلزات سنگین بوده و هدف این مطالعه ارزیابی ریسک سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی ناشی از سبزیجات کشت شده در مزارع نزدیک به لندفیل شهر تهران در سال ۱۳۹۸ بوده است.

روش‌ها: این مطالعه توصیفی در سال ۱۳۹۸ و به‌روش نمونه‌برداری در دسترس بر روی ۸ نوع سبزی در مزارع نزدیک به لندفیل شهر تهران انجام و پس از هضم اسیدی با دستگاه ICP-OES غلظت فلزات سنگین سنجش، از روابط ریسک سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی محاسبه و از نرم‌افزار SPSS برای تعیین ارتباط بین متغیرها استفاده شد.

نتایج: یافته‌ها نشان داد که ترتیب غلظت فلزات سنگین به صورت آلومینیوم < آهن < روی < منگنز < مس < نیکل < سرب < آرسنیک < کروم < کبالت < کادمیوم بوده و آلودگی کاهو < تره‌فرنگی < شوید < گوجه‌فرنگی < بادمجان < سیب‌زمینی < پیاز < گل‌کلم می‌باشد. ضریب پیرسون نشان داد که بین کادمیوم با سرب، منگنز و نیکل، سرب با منگنز و نیکل نیز رابطه معنی‌دار خیلی قوی در سطح ۱ درصد وجود دارد. مقادیر HQ تمامی فلزات و HI همه سبزیجات زیر ۱ بوده و بیانگر عدم وجود ریسک غیرسرطان‌زایی در کودکان و بزرگسالان می‌باشد. در گروه کودکان کاهو، تره‌فرنگی، شوید، گوجه‌فرنگی و بادمجان و در بزرگسالان کاهو، شوید و تره‌فرنگی توانایی ریسک سرطان‌زایی دارند.

نتیجه‌گیری: با توجه به اینکه مصرف طولانی‌مدت سبزیجات مصرف‌کنندگان را با خطر سرطان‌زایی روبرو می‌سازد، اقدامات اصلاحی و همچنین پایش مداوم فلزات سنگین در محصولات کشت‌شده در این منطقه ضروری است.

کلیدواژه‌ها: محصولات کشاورزی، لندفیل، فلزات سنگین، ارزیابی ریسک بهداشتی.

نوع مقاله: پژوهشی

دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۶/۲۸ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۹/۲۰

ارجاع: شکوهیان سکینه، کریمیان شهلا، موسوی سیدغلامرضا. ارزیابی ریسک بهداشتی فلزات سنگین موجود در سبزی‌های کشت شده در محدوده لندفیل شهر تهران. طب پیشگیری. ۱۴۰۰؛ ۱۸(۱): ۵۹-۴۸.

مقدمه

دفن پسماند، یکی از روش‌های مدیریت پسماندهای شهری بوده که در صورت عدم رعایت استانداردهای طراحی مناسب، مسائلی مانند نشت شیرابه و انتشار آلاینده‌ها می‌تواند منجر به آلودگی منابع آب، خاک، محصولات کشاورزی و هوا گردند (۱). آلاینده‌های شیمیایی گوناگونی از طریق شستشوی خاک آلوده توسط رواناب‌ها وارد منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی شده و

در نهایت به زنجیره غذایی می‌رسند. مصرف آب آشامیدنی آلوده یا محصولات کشاورزی آبیاری شده با این آب‌ها منجر به ایجاد مشکلات بهداشتی برای افراد ساکن در این مناطق می‌گردد (۲). با توجه به اینکه سبزیجات از منابع مهم تامین ریز مغذی‌ها مانند ویتامین‌ها، املاح و آنتی‌اکسیدان‌ها می‌باشند (۳)، یکی از مهمترین جنبه‌های تضمین کیفیت آنها، بررسی غلظت فلزات سنگین محصولات کشت شده در مناطق صنعتی و آلوده می‌باشد (۲). این

نویسنده مسئول: سکینه شکوهیان، دکترای بهداشت محیط، گروه بهداشت محیط، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم پزشکی، تهران، ایران.

0000-0002-0651-6521: ORCID

s.shkoochian@modares.ac.ir: پست الکترونیکی

تلفن: ۹۸۹۱۲۰۴۶۴۹۲۳+

سنگین در سبزی‌های کشت شده در مزارع نزدیک به لندفیل شهر تهران و برآورد ریسک سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی بر دو گروه کودکان و بزرگسالان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه‌های سبزی: این مطالعه از نوع توصیفی و در مقیاس میدانی بوده که بر روی سبزی‌های کشت شده در محدوده لندفیل شهر تهران در سال ۱۳۹۸ انجام گرفته است. نمونه‌برداری از نوع در دسترس و طی ۴ فصل بسته به نوع نمونه‌های سبزی‌های کشت شده در فصول مختلف جمع‌آوری شد. کاهو و شویدر بهار، گوجه‌فرنگی و بادمجان در تابستان، پیاز، سیب‌زمینی و گل کلم در پاییز و تره‌فرنگی در زمستان جمع‌آوری شد. برای این که نمونه نماینده مزرعه موردنظر باشد، از ۴ قسمت مختلف نمونه‌برداری و با هم ادغام شد. از هر نمونه سبزی از ۳ مزرعه نمونه‌برداری و جمعاً ۲۴ نمونه از سبزی‌های برگی (کاهو، شویدر و تره‌فرنگی)، میوه‌ای (بادمجان و گوجه‌فرنگی)، سبزی‌هایی که از گل آن‌ها استفاده می‌شود (گل کلم) و سبزی‌های غده‌ای (پیاز و سیب‌زمینی) نمونه‌های ۲ کیلوگرمی جمع‌آوری شد و در کیسه‌های پلی‌اتیلن ریخته و به آزمایشگاه انتقال یافت. برای آماده‌سازی سبزی‌ها، نمونه‌ها را در آزمایشگاه با آب مقطر شسته و کاملاً خرد شدند. سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت در فور (Mommert UN30) در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا کاملاً خشک و به ثبات وزنی برسند. سپس نمونه‌ها آسیاب شده و از الک ۲ mm عبور داده شد و به مدت ۴ ساعت در کوره (LAC، مدل ۰۵/۱۱) با دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت تا تبدیل به خاکستر شود (۸).

هضم سبزی‌ها و اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین:

برای هضم اسیدی سبزی‌ها، به ۰/۵ گرم از خاکستر آماده شده ۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۶۵ درصد اضافه نموده و به مدت ۶ ساعت در بن‌ماری (Shimadzu) با دمای ۷۰ تا ۸۰ درجه

گیاهان توانایی جذب فلزات را از خاک‌ها و آب‌های آلوده داشته و ترسیب گرد و غبار حاوی فلزات نیز تشدیدکننده مقدار آلودگی آن‌ها می‌باشد. فلزات سریعاً توسط ریشه گیاه جذب و در قسمت‌های خوراکی گیاه تجمع می‌یابد (۴). سمیت زیاد، سرطان‌زایی، نیمه‌عمر بیولوژیکی طولانی، غیرقابل تجزیه و جهش‌زا بودن سبب اهمیت فلزات سنگین گشته که در بدن موجودات زنده می‌توانند ریسک‌های بهداشتی ایجاد نمایند (۵). مصرف طولانی‌مدت سبزیجات آلوده به فلزات سنگین سبب تجمع این عناصر در ارگان‌های بدن و منجر به بیماری‌های قلبی، استخوانی و سیستم عصبی می‌گردد (۶).

مشکلات بهداشتی فلزات سنگین وارد شده به بدن وابسته به غلظت، میزان مصرف ماده غذایی، نوع مواجهه و وزن افراد می‌باشد (۷). مطالعات متعددی در این زمینه انجام شده است به طوری که رونمایی و پرویزی در بررسی غلظت فلزات سنگین سبزی‌های مزارع کرج دریافتند که برگ‌های اسفناج، پیاز، کلم و کاهو از غلظت بالاتری از فلزات کروم، منگنز و آهن نسبت به ساقه و ریشه برخوردار هستند (۸). زهره‌وند و تکستان هم غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیوم، مس و روی را در سبزی‌های اراضی کشاورزی شهر اهواز مورد بررسی قرار داده و میانگین غلظت این عناصر به ترتیب برابر با $10/22 \pm 0/39$ ، $1/58 \pm 2/01$ ، $7/01 \pm 2/01$ و $34 \pm 31/84$ میلی‌گرم بر کیلوگرم بوده که سرب و کادمیوم بالاتر از استاندارد WHO/FAO می‌باشد (۹).

ارزیابی ریسک بهداشتی یکی از ابزارهای مؤثر در سیستم مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست بوده که هدف آن شناسایی، ارزیابی و کنترل عوامل مخاطره‌آمیزی است که سلامت و ایمنی افراد را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۰). همچنین امکان محاسبه ریسک بهداشتی در افراد بر اساس میزان تماس و غلظت آلاینده را فراهم کرده است (۳).

با توجه به این که سبزی‌ها نقش مهمی در سلامت مصرف‌کنندگان دارند، آلودگی به فلزات سنگین می‌تواند تهدیدی بر امنیت غذایی باشد. بنابراین هدف مطالعه، سنجش غلظت فلزات

می‌باشد. وزن بدن یا Body weight (BW) که برای کودکان و بزرگسالان به ترتیب برابر با ۱۵ و ۷۰ کیلوگرم و متوسط زمان مواجهه یا Average time (AT) برای عناصر سرطان‌زا در هر دو گروه برابر با ۲۵۵۵۰ روز و برای عناصر غیرسرطان‌زا در کودکان و بزرگسالان به ترتیب برابر با ۱۴۶۰ و ۸۷۶۰ روز می‌باشد (۱۲).

محاسبه ریسک غیرسرطان‌زایی: مقدار $ADD_{ing-veg}$ را بر مقدار غلظت زمینه یا Reference dose (RfD) تقسیم کرده تا فاکتور خطر یا HQ به دست آید (رابطه ۲) (۱۲). RfD برای عناصر آرسنیک، آلومینیوم، کادمیوم، کبالت، کروم، مس، آهن، منگنز، نیکل، سرب و روی به ترتیب برابر با ۰/۰۰۰۳، ۰/۰۰۱، ۰/۰۰۰۳، ۰/۰۰۲، ۰/۰۴۶، ۰/۰۷، ۰/۰۴، ۰/۰۰۳، ۰/۰۴۳ می‌باشد (۱۳).

از مجموع HQs شاخص خطر یا HI به دست می‌آید (رابطه ۳). اگر HI کمتر مساوی یک باشد، ریسک غیرسرطان‌زایی وجود نخواهد داشت و HI بزرگتر از یک، ریسک غیرسرطان‌زایی وجود دارد (۱۳).

$$HQs = \frac{ADD_{ing-veg}}{RfD}$$

رابطه ۲

$$HI = \sum_1^i HQs$$

رابطه ۳

محاسبه ریسک سرطان‌زایی: ریسک سرطان‌زایی یا Carcinogenic risk (CR) برای هر عنصر سرطان‌زا از حاصل ضرب $ADD_{ing-veg}$ در فاکتور شیب یا Slope factor (SF) به دست خواهد آمد (رابطه ۴).

مقادیر SF برای آرسنیک، کادمیوم، کروم، نیکل و سرب برابر با ۰/۰۰۸۵، ۰/۰۷، ۰/۵، ۰/۳۸، ۱/۵ می‌باشد (۱۴).

مقدار خطر افزایشی سرطان در طول عمر یا Incremental lifetime cancer risk (ILCR) (رابطه ۵)، بیانگر این است که اگر ILCR کمتر از 1×10^{-6} باشد، خطر سرطان‌زایی وجود ندارد، اگر

سانتی‌گراد حرارت داده شد تا مواد آلی کاملاً هضم شود. پس از سرد شدن به آن ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۶ M اضافه و مجدداً در همین دما قرار گرفت. در ادامه با اضافه کردن ۱۰ میلی‌لیتر آب، مایع رویی را از کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲ صاف کرده و به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده و غلظت فلزات با دستگاه پلاسمای جفت القایی Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES) مدل Varian 735 تعیین گردید (۸). برای شناسایی منبع احتمالی آلودگی فلزات از روش ضریب همبستگی پیرسون (Pearson Correlation) موجود در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ استفاده شد.

تعیین نرخ بازیابی دستگاه ICP-OES: به منظور تأیید صحت نتایج به دست آمده توسط ICP-OES، نرخ بازیابی بر روی سنجش‌های فلزات سنگین صورت گرفت. نرخ بازیابی برای کروم ۹۴ تا ۱۰۴ درصد، برای کادمیوم ۸۹ تا ۱۰۱ درصد، برای آرسنیک ۹۴ تا ۱۰۴ درصد، برای سرب ۹۷ تا ۱۰۱ درصد، برای نیکل ۸۶ تا ۱۰۵ درصد، برای آلومینیوم ۹۶ تا ۱۰۲ درصد، برای منگنز ۹۸ تا ۱۰۶ درصد، برای آهن ۹۹ تا ۱۰۷ درصد، برای روی ۸۳ تا ۱۰۲ درصد، برای مس ۸۸ تا ۱۰۴ درصد و برای کبالت نیز ۹۶ تا ۱۰۱ درصد بود.

محاسبه متوسط دوز دریافت روزانه: متوسط دوز دریافت روزانه یا Average daily doses (ADDs) فلزات سنگین ناشی از مصرف سبزی‌ها برحسب (mg/kg.d) از رابطه ۱ به دست می‌آید (۱۱).

$$ADD_{ing-veg} = \left(\frac{C_{veg} \times IngR_{veg} \times EF \times ED \times CF}{BW \times AT} \right)$$

رابطه ۱

در این رابطه، C_{veg} غلظت فلز سنگین (mg/kg)، نرخ بلع فلز سنگین یا Ingestion rate of vegetables ($IngR_{veg}$) که برای کودکان و بزرگسالان برابر با ۱۲۵ و ۲۵۰ (mg/d) می‌باشد. فرکانس مواجهه یا Exposure frequency (EF) که برای هر دو گروه ۳۵۰ day/year مدت مواجهه یا Exposure duration (ED) که برای کودکان و بزرگسالان به ترتیب برابر با ۴ و ۲۴ سال

مقدار ILCR بزرگتر از 1×10^{-4} باشد ریسک سرطان‌زایی وجود دارد. در صورتی که ILCR در محدوده $1 \times 10^{-4} \leq \text{ILCR} < 1 \times 10^{-3}$ باشد، ریسک ایجاد شده قابل قبول می‌باشد (۱۵).

$$CRs = ADD_{ing-vag} \times SF$$

رابطه ۴

$$ILCR = \sum_1^i CRs$$

رابطه ۵

یافته‌ها

جدول ۱- میانگین غلظت فلزات سنگین موجود در نمونه‌های سبزی

سبزی‌ها	آرسنیک	آلومینیوم	کادمیوم	کبالت	کروم	مس	آهن	منگنز	نیکل	سرب	روی
گل‌کلم	0.2 ± 1.2	137 ± 12	4.0 ± 0.3	4.9 ± 1.3	0.2 ± 0.9	12 ± 1	209 ± 04	74 ± 13	0.1 ± 2.3	0.1 ± 1.1	117 ± 23
پیاز	6.1 ± 1.1	376 ± 40	6.6 ± 0.8	0.0 ± 2.2	0.0 ± 1.1	23 ± 7	012 ± 112	112 ± 23	0.3 ± 1.7	0.3 ± 0.6	102 ± 28
کاهو	4.0 ± 0.6	708 ± 134	0.1 ± 1.2	0.1 ± 1.1	0.1 ± 0.9	47 ± 12	1286 ± 322	388 ± 98	11 ± 1	26 ± 7	240 ± 98
تره‌فرنگی	0.0 ± 2.2	701 ± 133	4.8 ± 0.7	0.0 ± 1.2	0.0 ± 1.1	22 ± 9	1130 ± 331	48 ± 12	6.1 ± 1.2	10 ± 3	317 ± 102
شوید	7.3 ± 2.3	61 ± 12	4.7 ± 0.9	0.3 ± 2.3	0.3 ± 1.2	31 ± 11	106 ± 23	70 ± 12	7.0 ± 2.2	7.3 ± 1.2	69 ± 10
سیب‌زمینی	6.2 ± 2.3	360 ± 98	0.1 ± 0.9	4.9 ± 0.3	6.1 ± 1.1	33 ± 10	058 ± 213	206 ± 24	6.3 ± 0.8	0.9 ± 0.8	176 ± 22
گوجه‌فرنگی	6.1 ± 1.1	1670 ± 230	4.9 ± 0.3	4.3 ± 0.0	0.3 ± 0.3	20 ± 2	900 ± 134	90 ± 23	10 ± 1	6.1 ± 0.9	130 ± 12
بادمجان	6.0 ± 2.2	980 ± 200	6.1 ± 0.9	6.0 ± 2	10 ± 2	40 ± 10	900 ± 140	120 ± 13	10 ± 2	6.0 ± 0.3	150 ± 23
WHO/FAO	0.1	—	0.02	—	0	40	450	500	—	0.3	60
(%) CV	14/8	82/9	9/97	67/0	30/6	38/4	60/3	70/2	30/8	76/2	46

نتایج ضریب همبستگی پیرسون در جدول ۲ آمده است. ضریب همبستگی (r) بین فلزات در چهار کلاس تقسیم شده که اگر، $0.1 < r < 0.3$ باشد، ارتباط بین فلزات ضعیف، $0.3 < r < 0.6$ باشد، رابطه متوسط، $0.6 < r < 0.8$ باشد، رابطه قوی و $0.8 < r < 1$ باشد، رابطه خیلی قوی بین فلزات وجود خواهد داشت (۱۵).

ضریب پیرسون نشان داد که بین کادمیوم با سرب، منگنز و نیکل ($r = 1$)، سرب با منگنز و نیکل رابطه معنی‌دار خیلی قوی در سطح ۱ درصد می‌باشد. بین منگنز و نیکل هم رابطه خیلی قوی مشاهده شد. در مورد سایر عناصر سطح ارتباط ضعیف بوده و یا رابطه‌ای نداشتند.

جدول ۲- ضریب همبستگی پیرسون فلزات سنگین در نمونه‌های سبزی

فلزات	آرسنیک	کادمیوم	کروم	مس	کبالت	سرب	روی	منگنز	آهن	نیکل	آلومینیوم
آرسنیک	۱										
کادمیوم	0.011	۱									
کروم	0.009	0.001	۱								
مس	0.001	0.005	0.001	۱							

مقدار متوسط دریافت روزانه فلزات سنگین: ترتیب میزان ADDs ارائه شده در جدول ۳، مشابه غلظت فلزات سنگین در بالا بوده که بالاترین مقدار ADDs در دو گروه کودکان و بزرگسالان به ترتیب با مقادیر 0.0147 mg/kg.d و 0.0628 مربوط به آلومینیوم موجود در کاهو می باشد. در هر دو گروه نیز کمترین مقادیر ADDs مربوط به آرسنیک، کروم و سرب می باشند.

مقدار	مقدار HQs هر عنصر در کودکان										سبزی‌ها	
	HI	روی	سرب	نیکل	منگنز	آهن	مس	کروم	کبالت	کادمیوم		آلومینیوم
گل‌کلم	۰/۰۰۴۰۷	۰/۰۰۳۳۵	۰/۰۰۰۶۸	۰/۰۰۲۰۸	۰/۰۱۳۴	۰/۰۰۳۰۸	۰/۰۰۲۹۲	۰/۰۰۰۸۲	۰/۰۰۰۹۷	۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۱۱	۰/۰۱۰۳
پیاز	۰/۰۰۵۷۱	۰/۰۰۴۲۲	۰/۰۰۰۷۳	۰/۰۰۲۲۲	۰/۰۰۲۰۴	۰/۰۰۶۱۰	۰/۰۰۴۷۹	۰/۰۰۰۷۹	۰/۰۰۰۹۷	۰/۰۰۲۲	۰/۰۰۳۱	۰/۰۱۱۶
کاهو	۰/۱۶۶	۰/۰۰۶۸۱	۰/۰۰۳۵۴	۰/۰۰۲۷۴	۰/۰۰۶۸۳	۰/۰۱۶۵	۰/۰۰۹۷۹	۰/۰۰۱۱۰	۰/۰۰۱۵۷	۰/۰۰۲۴	۰/۰۱۷۴	۰/۰۱۳۵
تره‌فرنگی	۰/۱۵۳	۰/۰۰۸۸۱	۰/۰۰۲۰۴	۰/۰۱۸۸	۰/۰۰۶۶۷	۰/۰۱۳۵	۰/۰۰۸۷۵	۰/۰۰۰۸۵	۰/۰۰۱۲۷	۰/۰۰۲۳	۰/۰۱۴۶	۰/۰۱۵۱
شوید	۰/۱۱۶	۰/۰۰۷۴۷	۰/۰۰۳۷۱	۰/۰۰۲۰۳	۰/۰۰۳۱۷	۰/۰۱۳۲	۰/۰۱۰۶	۰/۰۰۱۱۶	۰/۰۰۱۴۲	۰/۰۰۳۲	۰/۰۱۱۳	۰/۰۱۱۶
سیب‌زمینی	۰/۰۷۶۶	۰/۰۰۴۸۹	۰/۰۰۰۸۰	۰/۰۰۳۳۳	۰/۰۰۲۷۳	۰/۰۰۶۸۸	۰/۰۰۶۸۸	۰/۰۰۰۹۷	۰/۰۰۰۹۶	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۳۰	۰/۰۰۹۸
گوجه‌فرنگی	۰/۰۶۷۴	۰/۰۰۳۶۱	۰/۰۰۰۸۳	۰/۰۰۴۱۷	۰/۰۱۶۳	۰/۰۱۰۷	۰/۰۰۴۱۷	۰/۰۰۰۸۴	۰/۰۰۱۰۳	۰/۰۰۲۳	۰/۰۱۳۹	۰/۰۰۹۵
بادمجان	۰/۰۷۴۷	۰/۰۰۴۱۷	۰/۰۰۰۸۸	۰/۰۰۴۱۷	۰/۰۰۲۱۷	۰/۰۱۱۳	۰/۰۰۸۳۳	۰/۰۰۱۵۹	۰/۰۰۱۱۶	۰/۰۰۲۹	۰/۰۰۸۲	۰/۰۱۰۳
مقدار HQs هر عنصر در بزرگسالان												
گل‌کلم	۰/۰۰۴۷۴	۰/۰۰۱۳۹	۰/۰۰۱۷۵	۰/۰۰۰۸۹	۰/۰۰۵۷۵	۰/۰۰۱۳۲	۰/۰۰۱۲۵	۰/۰۰۲۱۲	۰/۰۰۰۴۱	۰/۰۰۵۵۱	۰/۰۰۰۴۵	۰/۰۰۲۶۵
پیاز	۰/۰۰۵۷۳	۰/۰۰۱۸۱	۰/۰۰۱۸۷	۰/۰۰۰۹۵	۰/۰۰۸۷۲	۰/۰۰۲۶۱	۰/۰۰۲۰۵	۰/۰۰۲۰۵	۰/۰۰۰۴۲	۰/۰۰۵۷۱	۰/۰۰۱۳۴	۰/۰۰۲۹۸
کاهو	۰/۱۱۵	۰/۰۰۲۹۲	۰/۰۰۹۱۰	۰/۰۰۱۱۷	۰/۰۰۲۹۳	۰/۰۰۷۰۷	۰/۰۰۴۲۰	۰/۰۰۲۸۲	۰/۰۰۰۶۷	۰/۰۰۶۲۴	۰/۰۰۰۶۳	۰/۰۰۳۴۷
تره‌فرنگی	۰/۱۰۹	۰/۰۰۳۷۷	۰/۰۰۵۲۵	۰/۰۰۸۰۴	۰/۰۰۲۸۶	۰/۰۰۵۷۷	۰/۰۰۳۷۵	۰/۰۰۲۲۰	۰/۰۰۰۵۴	۰/۰۰۵۸۸	۰/۰۰۶۲۵	۰/۰۰۳۸۸
شوید	۰/۰۹۱۷	۰/۰۰۳۲۰	۰/۰۰۹۵۵	۰/۰۰۸۷۱	۰/۰۱۳۶	۰/۰۰۵۶۴	۰/۰۰۴۵۵	۰/۰۰۲۹۸	۰/۰۰۰۶۱	۰/۰۰۸۲۰	۰/۰۰۴۸۶	۰/۰۰۲۹۸
سیب‌زمینی	۰/۰۰۶۲۹	۰/۰۰۲۱۰	۰/۰۰۲۰۶	۰/۰۰۱۱۳	۰/۰۱۶۰	۰/۰۰۲۹۵	۰/۰۰۲۹۵	۰/۰۰۲۴۹	۰/۰۰۰۴۱	۰/۰۰۶۲۴	۰/۰۰۱۳۰	۰/۰۰۲۵۳
گوجه‌فرنگی	۰/۰۰۵۷۹	۰/۰۰۱۵۵	۰/۰۰۲۱۳	۰/۰۰۱۷۹	۰/۰۰۶۹۹	۰/۰۰۴۵۹	۰/۰۰۱۷۹	۰/۰۰۲۱۶	۰/۰۰۰۴۴	۰/۰۰۶۰۰	۰/۰۰۵۹۶	۰/۰۰۲۴۵
بادمجان	۰/۰۰۶۵۷	۰/۰۰۱۷۹	۰/۰۰۲۲۷	۰/۰۰۱۷۹	۰/۰۰۹۳۲	۰/۰۰۴۸۵	۰/۰۰۳۵۷	۰/۰۰۴۰۸	۰/۰۰۰۵۰	۰/۰۰۷۴۷	۰/۰۰۳۵۰	۰/۰۰۲۶۵

مقایسه ریسک غیرسرطان‌زایی فلزات سنگین در دو گروه: بر طبق جدول ۴، برای تمامی عناصر در دو گروه کودکان و بزرگسالان، مقادیر HQ و HI کوچکتر از یک می‌باشد. بیشترین مقدار HI در کودکان و بزرگسالان مربوط به کاهو با

جدول ۴- مقادیر ریسک غیرسرطان‌زایی ناشی از فلزات سنگین موجود در سبزی‌ها

مقدار	مقدار ADD _{ing-veg} در کودکان (mg/kg.d)										سبزی‌ها	
	HI	روی	سرب	نیکل	منگنز	آهن	مس	کروم	کبالت	کادمیوم		آلومینیوم
۰/۰۴۰۷	۰/۰۰۳۳۵	۰/۰۰۰۶۸	۰/۰۰۲۰۸	۰/۰۱۳۴	۰/۰۰۳۰۸	۰/۰۰۲۹۲	۰/۰۰۰۸۲	۰/۰۰۰۹۷	۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۱۱	۰/۰۱۰۳	گل‌کلم
۰/۰۵۷۱	۰/۰۰۴۲۲	۰/۰۰۰۷۳	۰/۰۰۲۲۲	۰/۰۲۰۴	۰/۰۰۶۱۰	۰/۰۰۴۷۹	۰/۰۰۰۷۹	۰/۰۰۰۹۷	۰/۰۰۲۲	۰/۰۰۳۱	۰/۰۱۱۶	پیاز
۰/۱۶۶	۰/۰۰۶۸۱	۰/۰۰۰۳۵۴	۰/۰۰۲۷۴	۰/۰۰۶۸۳	۰/۰۱۶۵	۰/۰۰۹۷۹	۰/۰۰۱۱۰	۰/۰۰۱۵۷	۰/۰۰۲۴	۰/۰۱۷۴	۰/۰۱۳۵	کاهو
۰/۱۵۳	۰/۰۰۸۸۱	۰/۰۰۰۲۰۴	۰/۰۱۸۸	۰/۰۰۶۶۷	۰/۰۱۳۵	۰/۰۰۸۷۵	۰/۰۰۰۸۵	۰/۰۰۱۲۷	۰/۰۰۲۳	۰/۰۱۴۶	۰/۰۱۵۱	تره‌فرنگی
۰/۱۱۶	۰/۰۰۷۴۷	۰/۰۰۰۳۷۱	۰/۰۰۲۰۳	۰/۰۰۳۱۷	۰/۰۱۳۲	۰/۰۱۰۶	۰/۰۰۱۱۶	۰/۰۰۱۴۲	۰/۰۰۳۲	۰/۰۱۱۳	۰/۰۱۱۶	شوید
۰/۰۷۶۶	۰/۰۰۴۸۹	۰/۰۰۰۸۰	۰/۰۰۲۶۳	۰/۰۰۲۷۳	۰/۰۰۶۸۸	۰/۰۰۶۸۸	۰/۰۰۰۹۷	۰/۰۰۰۹۶	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۳۰	۰/۰۰۹۸	سیب‌زمینی
۰/۰۶۷۴	۰/۰۰۳۶۱	۰/۰۰۰۸۳	۰/۰۰۴۱۷	۰/۰۱۶۳	۰/۰۱۰۷	۰/۰۰۴۱۷	۰/۰۰۰۸۴	۰/۰۰۱۰۳	۰/۰۰۲۳	۰/۰۱۳۹	۰/۰۰۹۵	گوجه‌فرنگی
۰/۰۷۴۷	۰/۰۰۴۱۷	۰/۰۰۰۸۸	۰/۰۰۴۱۷	۰/۰۰۲۱۷	۰/۰۱۱۳	۰/۰۰۸۳۳	۰/۰۰۱۵۹	۰/۰۰۱۱۶	۰/۰۰۲۹	۰/۰۰۸۲	۰/۰۱۰۳	بادمجان
مقدار HQs هر عنصر در بزرگسالان												
۰/۰۴۷۴	۰/۰۰۱۳۹	۰/۰۰۱۷۵	۰/۰۰۰۸۹	۰/۰۰۵۷۵	۰/۰۰۱۳۲	۰/۰۰۱۲۵	۰/۰۰۲۱۲	۰/۰۰۰۴۱	۰/۰۰۵۵۱	۰/۰۰۰۴۵	۰/۰۲۶۵	گل‌کلم
۰/۰۵۷۳	۰/۰۰۱۸۱	۰/۰۰۱۸۷	۰/۰۰۰۹۵	۰/۰۰۸۷۲	۰/۰۰۲۶۱	۰/۰۰۲۰۵	۰/۰۰۲۰۵	۰/۰۰۰۴۲	۰/۰۰۵۷۱	۰/۰۰۱۳۴	۰/۰۲۹۸	پیاز
۰/۱۱۵	۰/۰۰۲۹۲	۰/۰۰۰۹۱۰	۰/۰۰۱۱۷	۰/۰۰۲۹۳	۰/۰۰۷۰۷	۰/۰۰۴۲۰	۰/۰۰۲۸۲	۰/۰۰۰۶۷	۰/۰۰۶۲۴	۰/۰۰۰۶۳	۰/۰۳۴۷	کاهو
۰/۱۰۹	۰/۰۰۳۷۷	۰/۰۰۰۵۲۵	۰/۰۰۸۰۴	۰/۰۰۲۸۶	۰/۰۰۵۷۷	۰/۰۰۳۷۵	۰/۰۰۲۲۰	۰/۰۰۰۵۴	۰/۰۰۵۸۸	۰/۰۰۰۶۲۵	۰/۰۳۸۸	تره‌فرنگی
۰/۰۹۱۷	۰/۰۰۳۲۰	۰/۰۰۰۹۵۵	۰/۰۰۸۷۱	۰/۰۱۳۶	۰/۰۰۵۶۴	۰/۰۰۴۵۵	۰/۰۰۲۹۸	۰/۰۰۰۶۱	۰/۰۰۸۲۰	۰/۰۰۴۸۶	۰/۰۲۹۸	شوید
۰/۰۶۲۹	۰/۰۰۲۱۰	۰/۰۰۰۲۰۶	۰/۰۰۱۱۳	۰/۰۱۶۰	۰/۰۰۲۹۵	۰/۰۰۲۹۵	۰/۰۰۲۴۹	۰/۰۰۰۴۱	۰/۰۰۶۲۴	۰/۰۰۱۳۰	۰/۰۲۵۳	سیب‌زمینی
۰/۰۵۷۹	۰/۰۰۱۵۵	۰/۰۰۰۲۱۳	۰/۰۰۱۷۹	۰/۰۰۶۹۹	۰/۰۰۴۵۹	۰/۰۰۱۷۹	۰/۰۰۲۱۶	۰/۰۰۰۴۴	۰/۰۰۶۰۰	۰/۰۰۵۹۶	۰/۰۲۴۵	گوجه‌فرنگی
۰/۰۶۵۷	۰/۰۰۱۷۹	۰/۰۰۰۲۲۷	۰/۰۰۱۷۹	۰/۰۰۹۳۲	۰/۰۰۴۸۵	۰/۰۰۳۵۷	۰/۰۰۴۰۸	۰/۰۰۰۵۰	۰/۰۰۷۴۷	۰/۰۰۳۵۰	۰/۰۲۶۵	بادمجان

ریسک سرطان‌زایی قابل تحمل می‌باشد. در بزرگسالان نیز سه سبزی برگ‌ی کاهو، شوید و تره‌فرنگی دارای ریسک سرطان‌زایی می‌باشد و ریسک سرطان‌زایی ایجاد شده ناشی از بقیه سبزی‌ها در بزرگسالان قابل تحمل بوده است.

مقایسه ریسک سرطان‌زایی فلزات سنگین در دو گروه: بر طبق جدول ۵، در کودکان کاهو، تره‌فرنگی، شوید، گوجه‌فرنگی و بادمجان توانایی ریسک سرطان‌زایی دارند و ترتیب آن‌ها به صورت کاهو < شوید < تره‌فرنگی < بادمجان < گوجه‌فرنگی می‌باشد. گل‌کلم و سیب‌زمینی نیز مقدار ILCR آن‌ها در محدوده

جدول ۵- مقادیر ریسک سرطان‌زایی ناشی از فلزات سنگین موجود در سبزی‌ها

مقدار ILCR	مقدار CRs در کودکان					سبزی‌ها
	سرب	نیکل	کروم	کادمیوم	آرسنیک	
$7/7 \times 10^{-5}$	$2/0 \times 10^{-8}$	$7/1 \times 10^{-5}$	$1/2 \times 10^{-6}$	$8/1 \times 10^{-7}$	$4/6 \times 10^{-6}$	گل‌کلم
$8/2 \times 10^{-5}$	$2/2 \times 10^{-8}$	$7/5 \times 10^{-5}$	$1/2 \times 10^{-6}$	$8/4 \times 10^{-7}$	$5/2 \times 10^{-6}$	پیاز
$9/4 \times 10^{-4}$	$1/0 \times 10^{-7}$	$9/3 \times 10^{-4}$	$1/6 \times 10^{-6}$	$9/2 \times 10^{-7}$	$6/1 \times 10^{-6}$	کاهو
$6/5 \times 10^{-4}$	$6/1 \times 10^{-8}$	$6/4 \times 10^{-4}$	$1/3 \times 10^{-6}$	$8/7 \times 10^{-7}$	$6/8 \times 10^{-6}$	تره‌فرنگی
$7/0 \times 10^{-4}$	$1/1 \times 10^{-7}$	$6/9 \times 10^{-4}$	$1/7 \times 10^{-6}$	$1/2 \times 10^{-6}$	$5/2 \times 10^{-6}$	شوید
$9/6 \times 10^{-5}$	$2/4 \times 10^{-8}$	$8/9 \times 10^{-5}$	$1/4 \times 10^{-6}$	$9/2 \times 10^{-7}$	$4/4 \times 10^{-6}$	سیب‌زمینی
$1/5 \times 10^{-4}$	$2/5 \times 10^{-8}$	$1/4 \times 10^{-4}$	$1/3 \times 10^{-6}$	$8/8 \times 10^{-7}$	$4/3 \times 10^{-6}$	گوجه‌فرنگی
$1/5 \times 10^{-4}$	$2/6 \times 10^{-8}$	$1/4 \times 10^{-4}$	$2/4 \times 10^{-6}$	$1/1 \times 10^{-6}$	$4/6 \times 10^{-6}$	بادمجان
مقدار CRs در بزرگسالان						
$4/8 \times 10^{-5}$	$5/2 \times 10^{-8}$	$3/0 \times 10^{-5}$	$3/2 \times 10^{-6}$	$2/1 \times 10^{-6}$	$1/2 \times 10^{-5}$	گل‌کلم

پیاز	$1/3 \times 10^{-6}$	$2/2 \times 10^{-6}$	$3/1 \times 10^{-6}$	$3/2 \times 10^{-6}$	$5/5 \times 10^{-8}$	$5/1 \times 10^{-6}$
کاهو	$1/6 \times 10^{-6}$	$2/4 \times 10^{-6}$	$4/2 \times 10^{-6}$	$3/9 \times 10^{-6}$	$2/7 \times 10^{-7}$	$4/2 \times 10^{-6}$
تره‌فرنگی	$1/7 \times 10^{-6}$	$2/2 \times 10^{-6}$	$3/3 \times 10^{-6}$	$2/7 \times 10^{-6}$	$1/5 \times 10^{-7}$	$2/9 \times 10^{-6}$
شوید	$1/3 \times 10^{-6}$	$3/1 \times 10^{-6}$	$4/5 \times 10^{-6}$	$2/9 \times 10^{-6}$	$2/8 \times 10^{-7}$	$3/2 \times 10^{-6}$
سیب‌زمینی	$1/1 \times 10^{-6}$	$2/4 \times 10^{-6}$	$3/7 \times 10^{-6}$	$3/8 \times 10^{-6}$	$6/1 \times 10^{-8}$	$5/6 \times 10^{-6}$
گوجه‌فرنگی	$1/1 \times 10^{-6}$	$2/3 \times 10^{-6}$	$3/3 \times 10^{-6}$	$6/4 \times 10^{-6}$	$6/2 \times 10^{-8}$	$7/7 \times 10^{-6}$
بادمجان	$1/2 \times 10^{-6}$	$2/8 \times 10^{-6}$	$6/1 \times 10^{-6}$	$6/1 \times 10^{-6}$	$6/8 \times 10^{-8}$	$8/2 \times 10^{-6}$

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه نشان داد که مجموع فلزات سنگین در سبزیجات برگی (کاهو، تره‌فرنگی و شوید) بیشتر از سبزیجات غده‌ای و ریشه‌ای است. مقایسه غلظت فلزات سنگین در سبزیجات با استاندارد FAO/WHO نشان داد که غلظت آرسنیک، کادمیوم، سرب و روی در همه نمونه‌ها از استاندارد FAO/WHO بالاتر بوده است. غلظت کروم و منگنز بترتیب در محدوده و پایین‌تر از استاندارد FAO/WHO بوده است (۱۷). استاندارد مس و آهن بترتیب 40 و 450 mg/kg بوده که غلظت مس در کاهو بالاتر از استاندارد گزارش شد. در مورد آهن نیز به جز گل‌کلم و شوید در سایر سبزیجات غلظتی بالاتر از استاندارد FAO/WHO داشتند. متوسط غلظت کادمیوم، آرسنیک، آهن، سرب و روی بترتیب 250 ، 58 ، $1/6$ ، 32 و $2/8$ برابر استاندارد FAO/WHO می‌باشد. در مطالعه تحسینی و گویلیان نشان داد که غلظت سرب در نمونه‌های خیار، گوجه‌فرنگی، جعفری و تره سبزیجات بترتیب $10/2$ ، $4/8$ ، $12/5$ و $12/3$ برابر استاندارد FAO/WHO بود (۱۸).

مطالعه‌ای توسط Odia و همکارانش بر روی سبزیجات کشت‌شده در محدوده تلنبار پسماند در کوماسی نشان داد که غلظت کادمیوم برابر با $1/78$ – $0/78$ mg/kg بود که بالاتر از استاندارد FAO/WHO بدست آمد (۱۹). بالاترین غلظت فلزات سنگین در سبزیجات، مربوط به کادمیوم، آرسنیک و سرب می‌باشد که این فلزات قادرند در استخوان‌ها، کلیه، کبد تجمع و همچنین بر سیستم باروری نیز اثرگذار است. ضریب تغییرات

فلزات سنگین وسیع بوده و بالا بودن این ضریب، بیانگر نوسان زیاد فلز در بین نمونه‌های سبزیجات بوده است (۲۰). ضریب همبستگی پیرسون اطلاعاتی در مورد منشأ فلزات سنگین و همچنین جهت رابطه بین عناصر را نشان می‌دهد. در این مطالعه رابطه قوی بین کادمیوم با سرب، منگنز و نیکل، همچنین سرب با منگنز و نیکل مشاهده شد. از راه‌های ورود کادمیوم به محصولات کشاورزی، استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی بخصوص کودهای فسفاته می‌باشد، زیرا این نوع کودها بین $0/0005$ تا $0/5$ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیوم دارند و در خاک تجمع و وارد گیاه می‌شوند (۲۱).

بررسی‌های صورت گرفته بر روی خاک لندفیل کهریزک، حاکی از آلودگی خاک به فلزات سنگین بوده و از راه‌های ورود فلزات سنگین به سبزیجات کشت‌شده در مزارع اطراف لندفیل را می‌توان به فرونشست ذرات رها شده حاوی فلزات از محل دفن، آلودگی آب‌های زیرزمینی نتیجه نفوذ شیرابه به آن و آلودگی آنتروپوژنیک خاک ناشی از فعالیت‌های صنعتی دانست. این مزارع در حومه بزرگراه قرار گرفته و گردوغبار ناشی از حمل‌ونقل جاده‌ای نیز بر آلودگی آن تاثیرگذار است. در مطالعه‌ای بر روی سبزیجات پرورش‌یافته با فاضلاب در اریتره مشاهده شد که کادمیوم با بیشتر عناصر ارتباط معنی‌دار و قوی دارد و منشأ آن علف‌کش و آفت‌کش‌های مصرفی می‌باشد (۲۲). در مطالعه بر روی مزارع تیانجین چین دریافتند که رابطه بین اکثر فلزات مورد بررسی در سبزیجات به استثنای روی، قوی و معنی‌دار است و علت آن را به آبیاری طولانی‌مدت سبزیجات با

فاضلاب‌های صنعتی دانستند که سبب تجمع فلزات در خاک و انتقال آن به بافت گیاهان می‌گردد (۲۳).

طبق دستورالعمل USEPA چون مقدار HI در همه سبزیجات مورد بررسی در بزرگسالان و کودکان کمتر از یک می‌باشد، بنابراین ریسک غیرسرطان‌زایی سلامت مصرف‌کنندگان سبزیجات کشت‌شده در محدوده لندفیل را تهدید نمی‌کند (۲۴). مقدار HI با اینکه ایمن بوده ولی این مقدار در کاهو، تره‌فرنگی و شویید ۱۰ برابر بیشتر از سایر سبزیجات است و تاییدکننده این مطلب بوده که سبزیجات برگی نسبت به سبزیجات ریشه‌ای و غده‌ای آلودگی بیشتری نسبت به فلزات سنگین دارند. همچنین بین بزرگسالان و کودکان در مقادیر HI تفاوتی دیده می‌شود که ناشی از تفاوت در مقدار سبزی مصرفی، وزن بدن و زمان مواجهه است. در مطالعه مقدار HQ ناشی از سبزیجات برای کادمیوم و کروم بترتیب $3/14 - 2/54$ و $3/77 - 3/33$ قرار داشت، در حالیکه در کودکان، مقدار HQ کادمیوم ۱۱ و کروم و منگنز بترتیب در محدوده $16 - 1/83$ و $2/95 - 1/08$ قرار داشت و بیانگر وجود ریسک غیرسرطان‌زایی غیرقابل قبولی بر سلامت مصرف‌کنندگان می‌باشد (۳).

نتایج ریسک سرطان‌زایی نشان داد که از سبزیجات مورد بررسی، کاهو، تره‌فرنگی، شویید، گوجه‌فرنگی و بادمجان توانایی ایجاد ریسک سرطان‌زایی در کودکان را دارند و از بین عناصری که سرطانزا هستند، نیکل به عنوان خطرناک‌ترین عنصر در ایجاد ریسک نقش دارد. در بزرگسالان نیز کاهو، تره‌فرنگی و شویید ریسک سرطان‌زایی دارند و مانند کودکان، نیکل تاثیرگذارترین عنصر در ریسک سرطان‌زایی می‌باشد. از بین سبزیجاتی که توانایی سرطان‌زایی داشتند، بالاترین ریسک سرطان‌زایی در دو گروه مربوط به کاهو بوده که در کودکان این مقدار ریسک دو برابر بزرگسالان می‌باشد. شدت ریسک سرطان‌زایی کاهو در کودکان و بزرگسالان بترتیب $9/4$ و $4/2$ برابر حد مجاز ریسک سرطان‌زایی می‌باشد. در مطالعه مختاری و همکارانش نیکل به عنوان عنصر ایجاد کننده ریسک سرطان‌زایی در سبزیجات

کشت شده در گلخانه‌ای در استان مرکزی بود (۲۵). در مطالعه‌ای در تایلند نشان دادند که سبزیجات کشت‌شده در محدوده لندفیل دارای ریسک سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی بوده و بالاترین ریسک سرطان‌زایی مربوط به فلزات آرسنیک و سرب بوده است (۲۶). پایش مداوم آلاینده‌ها به بهبود ایمنی و کیفیت مواد غذایی کمک می‌کند و خطرات احتمالی آن را با آرایه اطلاعات مربوط به سطوح آلودگی در جامعه ارزیابی می‌کند. از محدودیت‌های این پژوهش می‌توان شرایط سخت جهت جمع‌آوری نمونه و ممانعت در انتشار مختصات دقیق جغرافیایی منطقه اشاره کرد.

مطالعه حاضر به بررسی ریسک سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی ایجاد شده در سبزیجات کشت‌شده در محدوده لندفیل تهران پرداخته شد. ترتیب آلودگی به فلزات سنگین به صورت کاهو < تره‌فرنگی < شویید < گوجه‌فرنگی < بادمجان < سیب‌زمینی < پیاز < گل‌کلم می‌باشد. غلظت آرسنیک، کادمیوم، سرب و روی در همه سبزیجات مصرفی از استاندارد FAO/WHO بالاتر بود. مقدار HI برای تمامی سبزیجات مورد بررسی در دو گروه زیر یک بوده و نشان از عدم وجود ریسک غیرسرطان‌زایی برای مصرف‌کنندگان است. کاهو، شویید و تره‌فرنگی در دو گروه توانایی ایجاد ریسک سرطان‌زایی را دارند و بنابراین توصیه می‌شود با توجه به وجود ریسک بهداشتی برای مصرف‌کنندگان، مسئولین مدیریت پسماند بایستی اقدامات لازم برای جلوگیری از انتشار بیشتر آلودگی از محل دفن به مناطق مجاور ممانعت بعمل آورده و اقدامات پایشی جهت سنجش مداوم فلزات در محصولات کشت‌شده در این منطقه انجام شود.

تشکر و قدردانی

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از مؤسسه ملی توسعه تحقیقات علوم پزشکی ایران (نیماد) بابت حمایت مالی در قالب طرح به شماره ۹۸۳۹۹۹ تشکر و قدردانی نموده و همچنین از

حمایت‌های دانشگاه تربیت مدرس جهت آماده‌سازی نمونه‌ها
تشکر نمایند.

سکینه شکوهمان (نویسنده اول و مسئول) جذب گرنت و
مجری طرح و نگارش مقاله ۶۰ درصد؛ شهلا کریمیان (نویسنده
دوم) آماده‌سازی نمونه‌ها، نمونه‌برداری و تحلیل اولیه داده‌ها ۲۰
درصد؛ سیدغلامرضا موسوی (نویسنده سوم) مشاور و
نگارش مقاله ۳۰ درصد.

تأییدیه اخلاقی

این مقاله حاصل طرح مؤسسه ملی توسعه تحقیقات علوم
پزشکی ایران (نیماد) با عنوان بررسی ریسک بهداشتی و
اکولوژیکی فلزات سنگین لندفیل شهر تهران با شماره طرح
۹۸۳۹۹۹ بوده که با کد اخلاق IR.NIMAD.REC.1398.272 در
سال ۱۳۹۸ تصویب شده است.

حمایت مالی

این مقاله با حمایت مالی مؤسسه ملی توسعه تحقیقات علوم
پزشکی ایران (نیماد) و دانشگاه تربیت مدرس انجام شده است.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ گونه تضاد منافع ندارند.

سهم نویسندگان

References

1. Zhang B, Li G, Cheng P, Yeh TCJ, Hong M. Landfill risk assessment on groundwater based on vulnerability and pollution index. *Water Resour Manage*. 2016; 30(4):1465-80. DOI: 10.1007/s11269-016-1233-x
2. Vongdala N, Tran HD, Xuan TD, Teschke R, Khanh TD. Heavy metal accumulation in water, soil, and plants of municipal solid waste landfill in Vientiane, Laos. *Int J Environ Res Public Health*. 2019; 16(1):22. DOI: 10.3390/ijerph16010022
3. Ametepey ST, Cobbina SJ, Akpabey FJ, Duwiejuah AB, Abuntori ZN. Health risk assessment and heavy metal contamination levels in vegetables from Tamale Metropolis, Ghana. *Food Contamination*. 2018; 5(1):1-8. DOI: 10.1186/s40550-018-0067-0
4. Alam R, Ahmed Z, Howladar MF. Evaluation of heavy metal contamination in water, soil and plant around the open landfill site Mogla Bazar in Sylhet, Bangladesh. *Groundw Sustain Dev*. 2020; 10:100311. DOI: 10.1016/j.gsd.2019.100311
5. Roba C, Roşu C, Piştea I, Ozunu A, Baciuc C. Heavy metal content in vegetables and fruits cultivated in Baia Mare mining area (Romania) and health risk assessment. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2016; 23(7):6062-73. DOI: 10.1007/s11356-015-4799-6
6. Hassaan MA, El Nemr A, Madkour FF. Environmental assessment of heavy metal pollution and human health risk. *AJWSE*. 2016; 2(3):14-9. DOI: 10.11648/j.ajwse.20160203.11
7. Bortey-Sam N, Nakayama SM, Ikenaka Y, Akoto O, Baidoo E, Yohannes YB, et al. Human health risks from metals and metalloid via consumption of food animals near gold mines in Tarkwa, Ghana: Estimation of the daily intakes and target hazard quotients (THQs). *Ecotoxicol Environ Saf*. 2015; 111:160-7. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2014.09.008
8. Rouniasi N, Parvizi Mosaed H. Investigating the amount of heavy metals in different parts of some consumable vegetables in Karaj City. *IJHE*. 2016; 9(2):171-84. [Persian]

9. Zohrehvand F, Takdastan A. Concentrations of heavy metals in vegetables of farming lands irrigated with water from Karun River in Ahvaz. *Journal of Health*. 2017; 8(4):385-93. [Persian]
10. Jung S, Kang H, Sung S, Hong T. Health risk assessment for occupants as a decision-making tool to quantify the environmental effects of particulate matter in construction projects. *Build Environ*. 2019; 161:106267. DOI: 10.1016/j.buildenv.2019.106267
11. Cao S, Duan X, Zhao X, Ma J, Dong T, Huang N, et al. Health risks from the exposure of children to As, Se, Pb and other heavy metals near the largest coking plant in China. *Sci Total Environ*. 2014; 472:1001-9 DOI: 10.1016/j.scitotenv.2013.11.124
12. Doabi SA, Karami M, Afyuni M, Yeganeh M. Pollution and health risk assessment of heavy metals in agricultural soil, atmospheric dust and major food crops in Kermanshah province, Iran. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2018; 163:153-64. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2018.07.057
13. Li N, Kang Y, Pan W, Zeng L, Zhang Q, Luo J. Concentration and transportation of heavy metals in vegetables and risk assessment of human exposure to bioaccessible heavy metals in soil near a waste-incinerator site, South China. *Sci Total Environ*. 2015; 521:144-51. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2015.03.081
14. Gaurav VK, Sharma C. Estimating health risks in metal contaminated land for sustainable agriculture in peri-urban industrial areas using Monte Carlo probabilistic approach. *Sus Com*. 2020; 28:100310. DOI: 10.1016/j.suscom.2019.01.012
15. Sultana MS, Rana S, Yamazaki S, Aono T, Yoshida S. Health risk assessment for carcinogenic and non-carcinogenic heavy metal exposures from vegetables and fruits of Bangladesh. *Cogent Environ Sci*. 2017; 3(1):1291107. DOI: 10.1080/23311843.2017.1291107
16. Thongyuan S, Khantamoon T, Aendo P, Binot A, Tulayakul P. Ecological and health risk assessment, carcinogenic and non-carcinogenic effects of heavy metals contamination in the soil from municipal solid waste landfill in Central, Thailand. *Human Hum Ecol Risk Assess*. 2021; 27(4):876-97. DOI: 10.1080/10807039.2020.1786666
17. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Meeting, world health organization. evaluation of certain food additives: Seventy-first report of the Joint FAO/WHO expert committee on food additives. Geneva: World Health Organization; 2010.
18. Tashini H, Gavilian H. Assessment risk food of heavy metals (cadmium, lead, zinc and copper) from the consumed crops have been distributed in Sanandaj. *Zanko J Med Sci*. 2016; 17(54):62-72. [Persian]
19. Odai S, Mensah E, Sipitey D, Ryo S, Awuah E. Heavy metals uptake by vegetables cultivated on urban waste dumpsites: Case study of Kumasi, Ghana. *RJET*. 2008; 2:92-9. DOI: 10.3923/rjet.2008.92.99
20. Rupani PF, Maleki Delarestaghi R, Asadi H, Rezaia S, Park J, Abbaspour M, et al. Current scenario of the Tehran municipal solid waste handling rules towards green technology. *Int J Environ Res Public Health*. 2019; 16(6):979. DOI: 10.3390/ijerph16060979
21. Mortvedt JJ. Heavy metal contaminants in inorganic and organic fertilizers. *Fertilizer Research*. 1995; 43(1):55-61. DOI: 10.1007/BF00747683
22. Kfle G, Asgedom G, Goje T, Abbebe F, Habtom L, Hanes H. The level of heavy metal contamination in selected vegetables and animal feed grasses grown in wastewater irrigated area, around Asmara, Eritrea. *J Chem*. 2020; 2020:1359710. DOI: 10.1155/2020/1359710
23. Meng W, Wang Z, Hu B, Wang Z, Li H, Goodman RC. Heavy metals in soil and plants after long-term sewage irrigation at Tianjin China: A case study assessment. *Agric Water Manag*. 2016; 171:153-61. DOI: 10.1016/j.agwat.2016.03.013
24. Beck NB, Becker RA, Erraguntla N, Farland WH, Grant RL, Gray G, et al. Approaches for describing and communicating overall uncertainty in toxicity characterizations: US

- environmental protection agency's integrated risk information system (IRIS) as a case study. Environ Int. 2016; 89-90:110-28. DOI: 10.1016/j.envint.2015.12.031
25. Mokhtari K, Mazaheri H, Baghaie AH, Hassani Joshaghani A. Evaluation of carcinogenic and non-carcinogenic risk of heavy metals due to the consumption of vegetables produced in the greenhouse of Markazi Province. JHSS. 2019; 7(1):22-30. [Persian] DOI: 10.30476/jhss.2020.84665.1039
26. Ruchuwarak P, Intamat S, Tengjaroenkul B, Neeratanaphan L. Bioaccumulation of heavy metals in local edible plants near a municipal landfill and the related human health risk assessment. Hum Ecol Risk Assess. 2018. DOI. 10.1080/10807039.2018.1473755

Health risk assessment of heavy metals in vegetables cultivated around Tehran Landfill area

Sakine Shekoohiyan^{1*}Shahla Karimian²Gholamreza Moussavi²

1. PhD, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
2. BSc, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Abstract

Introduction: Vegetables are one of the most critical groups in people's diet, and quality assurance plays a significant role in health and food safety. Consumption of vegetables is one of the main exposure routes for heavy metals. This study aimed to assess the carcinogenic and non-carcinogenic risks of vegetables cultivated around the Tehran landfill areas in 2019.

Methods: This descriptive study was conducted using available sampling method in 2019 on eight types of vegetables. The concentrations of heavy metals were measured using ICP-OES after acidic digestion. The carcinogenic and non-carcinogenic risks were calculated using the related equations. SPSS software was used to determine the relationships between the variables.

Results: The results showed that the order of heavy metals concentration was Al> Fe> Zn> Mn> Cu> Ni> Pb> As> Cr> Co> Cd. The order of contamination load in different vegetables was lettuce> leek> dill> tomato> eggplant> potato> onion> cabbage. Pearson coefficient correlation showed a very strong significant relationship between Cd with Pb, Mn, and Ni at the level of 1%. Hazard quotient (HQ) and hazard index (HI) values in all vegetables were below 1, indicating no potential risk for children and adults. Lettuce, leeks, dill, tomatoes, and eggplant and lettuce, dill, and leeks had significant carcinogenic risk for children and adults, respectively.

Conclusion: Considering that long-term consumption of vegetables can expose the consumers to significant carcinogenic risk, mitigation measures and continuous monitoring of heavy metals in crops cultivated in the landfill areas are essential.

Keywords: Vegetables, Landfill, Heavy Metals, Carcinogenic and Non- Carcinogenic Risk.

Original Article

Received: 19 Sep 2021

Accepted: 11 Dec 2021

How to cite this article: Shekoohiyan S, Karimian SH, Moussavi GH. Health risk assessment of heavy metals in vegetables cultivated around Tehran Landfill area. *Journal of Preventive Medicine*. 2021; 8(1):48-59.

Correspondence: Sakine Shekoohiyan, PhD, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Tel: +98 9120464923

Email: s.shekoohiyan@modares.ac.ir

ORCID: 0000-0002-0651-6521