



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

مقاله پژوهشی

## بررسی فلزات سنگین در میوه‌های سیب و زردآلوی باغ‌های شهرستان‌های زنجان و ماهنشان استان زنجان در سال ۹۵

محمد هادی دهقانی<sup>۱</sup>، غلامرضا جاهد خانیکی<sup>۱</sup>، رمضان فلاح<sup>۲</sup>، نرگس خدامرادی وطن<sup>۱\*</sup>، لیلا تابنده<sup>۲</sup>

- ۱- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
- ۲- دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی زنجان، زنجان، ایران
- ۳- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

### اطلاعات مقاله: چکیده

**زمینه و هدف:** فلزات سنگین از عناصر سمی هستند که می‌توانند وارد غذا شوند و بر سلامتی افرادی که غذاهای آلوده را مصرف می‌کنند اثر بگذارند. مطالعه حاضر با هدف بررسی غلظت فلزات سنگین در میوه و برآورد میزان مواجهه با فلزات سنگین از طریق مصرف میوه انجام گردید. روش بررسی: در این مطالعه توصیفی- مقطعی با انجام نمونه برداری تصادفی تعداد ۶۰ نمونه (۳۵ نمونه میوه سیب و ۲۵ نمونه میوه زردآلو) از باغ‌های اطراف شهرهای زنجان و ماهنشان در سال ۹۵ گرفته شد و غلظت عناصر سرب، کادمیوم، روی و مس با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری گردید. تجزیه و تحلیل آماری نیز با نرم افزار SPSS صورت پذیرفت.

**یافته‌ها:** میانگین غلظت عناصر در نمونه‌ها به ترتیب: فلز سرب (mg/kg wet weight) ۰/۱۲۱، کادمیوم (mg/kg wet weight) ۰/۰۵۲، روی (mg/kg dry weight) ۱۰/۶۳ و مس (mg/kg dry weight) ۴/۹۹ بود. میانگین غلظت فلز سرب در سیب و زردآلو به ترتیب ۰/۱۷ و ۰/۰۵۷ mg/kg wet weight، کادمیوم ۰/۰۸ و ۰/۰۰۳ mg/kg wet weight، روی ۹/۱۵ و ۱۲/۷ mg/kg dry weight، مس ۴/۴ و ۵/۸۳ mg/kg dry weight به‌دست آمد. ۲۸/۳ درصد از نمونه‌ها آلودگی به سرب، ۱۳/۳ درصد آلودگی به کادمیوم و ۳/۳ درصد آلودگی به روی داشتند، آلودگی به مس بیشتر از حد مجاز دیده نشد. غلظت عناصر در شهر زنجان بیشتر از ماهنشان بود. غلظت سرب و کادمیوم در میوه سیب بالاتر از زردآلو و روی و مس در زردآلو بیشتر از سیب بود. نتیجه‌گیری: آلودگی به فلزات سنگین غالباً در نمونه‌های متعلق به باغ‌های اطراف کارخانه‌ها و معادن سرب و روی دیده شد. ولی با مصرف این میوه‌ها مطابق با سرانه اعلام شده در استاندارد ملی، ریسک ابتلا به بیماری‌های غیر سرطانی وجود ندارد.

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۷/۲۲  
تاریخ ویرایش: ۹۶/۱۰/۱۲  
تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۰/۱۹  
تاریخ انتشار: ۹۶/۱۲/۱۶

**واژگان کلیدی:** سیب، زردآلو، فلزات سنگین، زنجان

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:

ngkh.858@gmail.com

## مقدمه

ایمنی مواد غذایی یک نگرانی عمده در جهان است. در طی چند دهه گذشته افزایش تقاضا از ایمنی مواد غذایی، منجر به تحقیقات بیشتر در زمینه خطر مرتبط با مصرف مواد غذایی آلوده به آفت‌کش‌ها، فلزات سنگین و یا سموم شده است (۱). فلزات سنگین از عناصر سمی هستند که می‌توانند وارد غذا شوند و بر سلامتی افرادی که غذاهای آلوده را مصرف می‌کنند اثر بگذارند (۲). به‌طور کلی یک رژیم غذایی غنی از میوه‌ها که منابع خوبی از ویتامین ث، کاروتنوئیدها، مواد معدنی (بخصوص منیزیم و پتاسیم) و انواع مختلفی از آنتی‌اکسیدان‌ها و فیبرها (پکتین) هستند، نقش محافظت‌کننده در برابر بیماری‌های مزمن و دژنراتیو مانند سرطان‌ها و بیماری‌های قلبی عروقی دارند (۳). اما این گیاهان حاوی فلزات ضروری و همچنین فلزات سمی، در طیف وسیعی از غلظت هستند. در مورد فلزات سنگین نقش‌های مثبت و منفی در زندگی انسان گزارش شده است. برخی مانند کادمیوم، سرب و جیوه از آلاینده‌های مهم مواد غذایی هستند و ممکن است مهمترین مشکل برای محیط زیست در نظر گرفته شوند در حالی که برخی دیگر مانند آهن، روی و مس برای انجام واکنش‌های بیوشیمیایی ضروری هستند (۴). سرب از دیر باز، به‌عنوان یک سم متابولیک شناخته شده است، برخی علائم مسمومیت با سرب، خستگی شدید، رخوت، ناراحتی‌های خفیف شکمی و کم‌خونی است (۵). البته حتی فلزات سنگین با اثرات مفید هم در مقادیر بالا مضر هستند (۶). افزایش مقدار مس در بدن حیوانات و انسان موجب تخریب کبد، کلیه و مغز شده که منجر به مخاطرات خونی می‌شود (۷). دریافت فلزات سنگین می‌تواند باعث اختلال در عملکرد عصبی، آسیب به کلیه‌ها، کبد و سایر اندام‌های حیاتی گردد (۸). فلزات سنگین پس از ورود به بدن، در بافت‌هایی مانند چربی، عضلات، استخوان‌ها و مفاصل رسوب کرده و تجمع می‌یابند که این امر باعث بروز بیماری‌ها و عوارض متعددی در بدن می‌گردد. این فلزات می‌توانند باعث توسعه و گسترش عفونت‌های ویروسی، باکتریایی و قارچی شوند، همچنین می‌توانند جایگزین سایر املاح و مواد معدنی مورد نیاز بدن

گردند (۹). منابع فلزات سمی در محیط زیست، سوخت‌های فسیلی، منابع استخراج معادن، فاضلاب‌های شهری و دفع زباله‌ها در محیط زیست است. همچنین محیط زیست می‌تواند به دلیل استفاده از سموم کشاورزی، آفت‌کش‌ها، علف‌کش‌ها و کودها به فلزات آلوده شود. این فلزات به دلیل تجزیه ناپذیر بودن در محیط پایدارند و وارد زنجیره غذایی می‌شوند. با توجه به اینکه انسان برای حیات خود نیاز به غذا دارد، بنابراین مسیر اصلی ورود فلزات سنگین به بدن انسان از طریق مصرف مواد غذایی آلوده است (۱۰).

بررسی‌های محدود انجام شده نشان می‌دهد که در باغ‌های اطراف کارخانه‌های فرآوری سرب و روی استان زنجان، افزایش غلظت عناصر سنگین مثل سرب، روی و کادمیوم در برگ و میوه‌ها دیده می‌شود و شکایت‌های متعددی در محاکم قضایی مبنی بر تاثیر این کارخانه‌ها بر آلودگی میوه‌ها به دلیل تخلیه پسماندهای کارخانه‌های سرب و روی در اطراف باغ‌های مجاور به کارخانه‌ها صورت گرفته است و ضروری است که تحقیقات جامعی در این باره صورت گیرد. هدف از این مطالعه، دستیابی به تصویر کلی از نظر وجود فلزات سنگین در میوه‌های سیب و زردآلوی تولیدی استان به دلیل سطح زیر کشت بالا در مناطق مورد بررسی و مصرف غالب جمعیت از این دو نوع میوه است تا بتوان ضمن تعیین برآورد دقیق‌تری از وضعیت موجود آلاینده‌ها، تحقیقات آینده را با هدف رفع مشکلات مربوط به این عناصر و آلاینده‌ها، به نحو شایسته‌ای سامان بخشید. اشاره به این نکته ضروری است که حداکثر غلظت مجاز فلز سرب و کادمیوم در استاندارد ملی ایران که برابر با استاندارد اعلام شده توسط کمیته مشترک سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO) و سازمان بهداشت جهانی (WHO) است برای میوه‌های دانه‌دار (سیب) و میوه‌های هسته‌دار (زردآلو) به ترتیب ۰/۱ و  $0.5 \text{ mg/kg wet weight}$  (۱۱) و حداکثر غلظت مجاز روی و مس در استاندارد اعلام شده توسط کمیته مشترک سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد و سازمان بهداشت جهانی به ترتیب ۶۰ و  $40 \text{ mg/kg dry weight}$  است (۱۲، ۱۳).

از آب مقطر به حجم ۵۰ mL رسانده شد و محلول‌ها، جهت اندازه‌گیری غلظت عناصر سنگین آماده شدند (۱۴).

غلظت عناصر سنگین مس، روی، کادمیوم و سرب در میوه‌های تحت مطالعه، با استفاده از دستگاه جذب اتمی شعله (مدل Avanta P از کمپانی GBC، ساخت کشور استرالیا) تعیین شد. اندازه‌گیری‌های مس، روی، کادمیوم و سرب به ترتیب در طول موج‌های ۳۲۴/۷، ۲۱۳/۹، ۲۲۸/۸ و ۲۱۷ nm بوده و عرض شکاف برای مس و روی ۰/۵، سرب ۱ و کادمیوم ۰/۵ nm تنظیم شد. به منظور برآورد غلظت عناصر براساس وزن تر، باید ماده خشک هر نوع میوه را به دست آورد. به این منظور از هر نوع میوه تازه در سه تکرار، مقداری برداشته و پس از توزین در آون در دمای ۱۰۵ °C به مدت ۲۴ h گذاشته شد و ماده خشک به دست آمد.

حد تشخیص دستگاه جذب اتمی مورد استفاده بر حسب mg/L برای عناصر مس، روی، کادمیوم و سرب به ترتیب ۰/۰۲۷، ۰/۰۱۴، ۰/۰۰۸ و ۰/۰۰۴ محاسبه شد. همچنین، جهت کنترل دقت و تکرارپذیری روش، درصد انحراف استاندارد نسبی محاسبه شد که برای عناصر مس، روی، کادمیوم و سرب به ترتیب برابر با ۱/۴، ۲/۳، ۰/۸۵ و ۱/۶ درصد به دست آمد.

میزان مواجهه مردم منطقه از طریق مصرف این میوه‌ها با استفاده از معادلات ۱ و ۲ محاسبه گردید:

میزان دریافت روزانه ملی، برای تخمین بیشینه رواداری فلزات سنگین به شرح زیر استفاده می‌گردد (۱۱):

(۱)

میزان دریافت روزانه ملی = سرانه مصرف ملی آن محصول \* بیشینه رواداری فلز سنگین برای هر محصول

بیشینه رواداری فلز سنگین بر حسب mg/kg wet weight و سرانه مصرف ملی محصول بر حسب kg/day است.

این پارامتر، تخمینی از مقدار مصرف قابل تحمل موقتی روزانه (Provisional Tolerable Daily Intake (PTDI)) آلاینده مورد نظر (فلز سنگین) در مدت طولانی است که از

## مواد و روش‌ها

این مطالعه توصیفی-مقطعی از خرداد سال ۱۳۹۵ آغاز شد و تا تاریخ دی ماه ۹۵ به طول انجامید. غلظت عناصر سرب و کادمیوم بر حسب (mg/kg wet weight) (به جهت سهولت در مقایسه با استاندارد ملی) و غلظت روی و مس بر حسب (mg/kg dry weight) (به جهت سهولت در مقایسه با استاندارد FAO/WHO) محاسبه گردید. نمونه میوه از باغ‌هایی با سطح عمده زیر کشت برداشته شد. نمونه‌ها در کل از ۶۰ باغ و به صورت تصادفی به این صورت گرفته شد که از چندین قسمت هر باغ و از هر درخت در جهات مختلف میوه برداشت شد، میوه‌ها با هم مخلوط و یک نمونه تصادفی گرفته شد، در آزمایشگاه هم از قسمت‌های مختلف میوه برش زده شد و برش‌ها با هم مخلوط و یک نمونه کاملاً تصادفی و مرکب بدست آمد. تعداد نقاط نمونه‌برداری بر مبنای سطح زیر کشت میوه‌های مذکور در نظر گرفته شد. به دلیل بالاتر بودن سطح زیر کشت میوه سیب نسبت به زردآلو در زنجان تعداد نمونه سیب بیشتر و به علت بالاتر بودن سطح زیر کشت زردآلو نسبت به سیب در ماهنشان تعداد نمونه زردآلوی بیشتری گرفته شد. به این صورت که تعداد ۳۵ نمونه سیب (۲۵ نمونه زنجان و ۱۰ نمونه ماهنشان) و ۲۵ نمونه زردآلو (۱۵ نمونه ماهنشان و ۱۰ نمونه زنجان) جمع‌آوری گردید. نمونه‌گیری از میوه‌ها صرفاً در زمان رسیدگی کامل میوه و زمان برداشت آنها توسط باغداران و ارائه آنها به بازار میوه و تره بار صورت گرفت. به منظور جلوگیری از هدر رفتن رطوبت میوه‌های برداشتی، آنها در داخل نایلون‌های پلی اتیلنی ذخیره و پس از زدن بر چسب، به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه، نمونه‌ها با آب مقطر شستشو و در آون با دمای ۶۰ الی ۶۵ °C خشک و با آسیاب برقی پودر شدند. سپس ۱g از نمونه‌های میوه را به صورت مجزا، داخل ظروف ۱۰۰ mL ریخته و ۱۵ mL از مخلوط سه اسید (اسیدنیتریک با درجه خلوص ۷۰ درصد، اسید پرکلریدریک ۶۵ درصد و اسید سولفوریک ۷۰ درصد) به نسبت ۵:۱:۱ اضافه شد. سپس مخلوط‌ها در دمای ۸۰ °C هضم شدند، تا اینکه محلول شفاف به دست آمد و با استفاده

اثرات سوء بیماری‌های غیرسرطانی در محدوده امن قرار دارد و اگر بیشتر از یک شود احتمال تاثیرات بیماری غیرسرطانی با افزایش مقدار HQ افزایش می‌یابد (۱۵). آنالیز آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS صورت گرفت. ابتدا نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگروف - اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov) بررسی شد. سپس از آزمون تی تست (t-test) برای عنصر مس که داده‌ها دارای توزیع نرمال بود و از آزمون من ویتنی (Man-whitny) برای سرب و کادمیوم و روی، که داده‌ها دارای توزیع نرمال نبودند، استفاده گردید.

### یافته‌ها

آنالیز داده‌ها به این صورت انجام شد که ابتدا در کل نمونه‌ها که برابر با ۶۰ نمونه بود آنالیز انجام گرفت. سپس آنالیز در نمونه‌های دو شهرستان به صورت مجزا و بدون در نظر گرفتن متغیر نوع میوه انجام شد. همچنین آنالیز داده‌ها در دو نوع میوه به صورت مجزا و بدون در نظر گرفتن متغیر شهرستان انجام شد و نهایتاً در آنالیز داده‌ها هم متغیر شهرستان و هم نوع میوه مدنظر قرار گرفت. بنابراین تعداد نمونه‌های ثبت شده در جدول بنا به اینکه بر چه اساسی آنالیز شده است متغیر است.

تقسیم بیشینه نظری میزان دریافت روزانه ملی بر میانگین وزن بدن شخص بالغ ۶۰ kg محاسبه می‌شود و به‌عنوان درصدی از مقدار قابل تحمل موقتی روزانه آلاینده مورد نظر (فلز سنگین) بیان شده که نباید از PTDI اعلام شده در استاندارد ملی ایران بالاتر گردد. در مرحله بعد برای میوه‌های مذکور، احتمال خطرپذیری و مواجهه با بیماری‌ها (Hazard quotient) با استفاده از معادله زیر محاسبه شد:

$$HQ = \text{Intake} / \text{RfD} \quad (2)$$

که در آن:

HQ (Hazard quotient): احتمال خطرپذیری به بیماری‌های غیرسرطانی  
 Intake: مقدار ورود عناصر سنگین به دستگاه گوارش انسان بر حسب mg/kg bw/day  
 RfD (Oral reference dose): حداکثر غلظتی از عنصر است که برای انسان مشکلی ایجاد نمی‌کند و مقدار آن برای سرب، کادمیوم، روی و مس به ترتیب برابر با ۰/۰۰۴، ۰/۰۰۱، ۰/۰۳ و ۰/۰۴ mg/kg bw/day است.  
 اگر مقدار HQ کمتر از یک به‌دست آمد مصرف کننده از

جدول ۱- میانگین غلظت عناصر به تفکیک شهر و نوع میوه (mg/kg)

فلز	شهر	میوه	تعداد	میانگین	کمترین غلظت	بیشترین غلظت
سرب	زنجان	سیب	۲۵	۰/۲۲ ± ۰/۳۳	nd	۱/۱۸
		زردآلو	۱۰	۰/۰۸ ± ۰/۱۴	nd	۰/۴۵
	ماهانشان	سیب	۱۰	۰/۰۱۴ ± ۰/۰۴	nd	۰/۱۵
		زردآلو	۱۵	۰/۰۴ ± ۰/۰۵	nd	۰/۱۶
		کل نمونه‌ها	۶۰	۰/۱۲۱ ± ۰/۲۴	nd	۱/۱۸
کادمیوم	زنجان	سیب	۲۵	۰/۱۲ ± ۰/۴۳	nd	۲/۱۸
		زردآلو	۱۰	۰/۰۰۷ ± ۰/۰۱	nd	۰/۰۴
	ماهانشان	سیب	۱۰	۰/۰۰۷ ± ۰/۰۲	nd	۰/۰۷
		زردآلو	۱۵	nd	nd	nd
			کل نمونه‌ها	۶۰	۰/۰۵۲ ± ۰/۲۸۳	nd

ادامه جدول ۱- میانگین غلظت عناصر به تفکیک شهر و نوع میوه (mg/kg)

بیشترین غلظت	کمترین غلظت	میانگین	تعداد	میوه	شهر	فلز
۶۸/۴	۰/۶	۱۱/۴۴ ± ۱۸/۰۶	۲۵	سیب	زنجان	
۲۱/۲	۱/۶	۱۰/۲ ± ۵/۱۸	۱۰	زردآلو		
۵/۸	۰/۵	۳/۴ ± ۲/۰۷	۱۰	سیب	ماهانشان	روی
۲۰	۹/۵	۱۴/۴ ± ۲/۹۴	۱۵	زردآلو		
۶۸/۴	۰/۵	۱۰/۶۳ ± ۱۲/۳۳	۶۰	کل نمونه ها		
۱۰/۶	۰/۸	۴/۹۲ ± ۲/۸۶	۲۵	سیب	زنجان	
۱۹/۵	۱/۲	۵/۹ ± ۵/۷۸	۱۰	زردآلو		
۸/۴	۰/۵	۳/۰۹ ± ۲/۵۷	۱۰	سیب	ماهانشان	مس
۱۰	۲/۶	۵/۸ ± ۲/۰۹	۱۵	زردآلو		
۱۹/۵	۰/۵	۴/۹۹ ± ۳/۳۷	۶۰	کل نمونه ها		

nd: مخفف ناچیز و غیر قابل اندازه گیری است.

سیب زنجان بیشترین و میانگین غلظت روی و مس به ترتیب در زردآلوی ماهانشان و زردآلوی زنجان بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد.

با توجه به جدول ۱ بیشترین غلظت سرب و کادمیوم و روی در میوه سیب زنجان و بیشترین غلظت مس در زردآلوی زنجان دیده شد. همچنین میانگین غلظت سرب و کادمیوم در میوه

جدول ۲- میانگین مقدار دریافت روزانه عناصر در نمونه‌های مورد بررسی (mg/kg bw/day)

مس	روی	کادمیوم	سرب	نام شهر	سرانه مصرف (kg/day)	نوع میوه
میانگین دریافت	میانگین دریافت	میانگین دریافت	میانگین دریافت			
۰/۰۰۰۷۹	۰/۰۰۰۸۷	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۲	ماهانشان	۰/۱۱۶۷	سیب
۰/۰۰۰۱۳	۰/۰۰۰۳۱	۰/۰۰۰۰۲۳	۰/۰۰۰۰۴۲	زنجان		
۰/۰۰۰۰۴۷	۰/۰۰۰۱۲	nd	۰/۰۰۰۰۰۲	ماهانشان	۰/۰۳۳۴	زردآلو
۰/۰۰۰۰۴۸	۰/۰۰۰۰۸۳	۰/۰۰۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۰۰۴	زنجان		
۰/۵	۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۳۶	*حدود مجاز		

\*PTDI: حداکثر میزان دریافت قابل تحمل موقتی روزانه

دریافت فلز کادمیوم کمترین مقدار را به خود اختصاص داده است.

با توجه به جدول ۲ میانگین دریافت فلز روی از طریق مصرف دو نوع میوه تحت بررسی بیشترین و میانگین

## بحث

در این مطالعه نتایج نشان داد که غلظت سرب در ۱۳/۴ درصد از نمونه‌های زردآلوی ماهنشان، ۵۲ درصد از نمونه‌های سیب زنجان و ۳۰ درصد از نمونه‌های زردآلوی زنجان بالاتر از استاندارد ملی و غلظت کادمیوم در ۱۰ درصد از نمونه‌های سیب ماهنشان و ۲۸ درصد از نمونه‌های سیب زنجان بالاتر از استاندارد ملی بود. غلظت روی نیز در ۸ درصد از نمونه‌های سیب زنجان بالاتر از استاندارد FAO/WHO بود.

با توجه به وجود کارخانه‌ها و کارگاه‌های فرآوری متعدد سرب و روی از جمله شهرک تخصصی روی در جنوب زنجان، شرکت ملی فرآورده‌های سرب و روی ایران در شرق زنجان و همچنین وجود معدن و کارخانه فرآوری سرب و روی در شهرستان ماهنشان از جمله معدن سرب و روی انگوران، احتمال آلودگی محصولات کشاورزی به فلزات سنگین وجود دارد. این آلودگی می‌تواند از طرق مختلف مانند خاک، آب، رسوبات جوی و ... اتفاق افتد. در مطالعه‌ای که بر روی خاک‌های ماهنشان، زنجان و دیگر شهرستان‌های استان انجام شده است غیر از چند نمونه خاک که در مجاورت کارخانه سرب و روی بوده است، سایر نقاط آلودگی به عناصر سنگین نداشته‌اند (۱۶). همچنین در بررسی فلزات سنگین در ذرات راسب شونده از هوای شهر زنجان، ترتیب نزولی ترسیب فلزات به شکل، کروم > کادمیوم > سرب > روی، بوده است که وجود صنایع و معادن وابسته به سرب و روی عامل آلودگی ذرات راسب شونده به فلزات سنگین، بخصوص سرب و روی شناخته شده است. همچنین یک ضریب همبستگی بالا بین دو فلز سرب و روی وجود داشته است که بالا بودن ترسیب این دو فلز، به‌علت یک منبع انسان‌ساز (فعالیت کارخانجات و صنایع وابسته به سرب و روی) در استان دانسته شده است (۱۷). در این مطالعه میانگین فلز سرب در میوه‌های شهرستان ماهنشان، از استاندارد ملی بسیار پایین‌تر بود و اختلاف آن از استاندارد در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. این در حالی بود که میانگین غلظت سرب در نمونه‌های شهرستان زنجان بالاتر از حد استاندارد بود ولی اختلاف آن از استاندارد، از نظر آماری در

سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود. در ضمن اختلاف میانگین سرب در دو شهرستان مورد مطالعه معنی‌دار بود. همچنین میانگین غلظت فلز سرب در میوه سیب (مجموع نمونه‌های زنجان و ماهنشان) علاوه بر اینکه از استاندارد ملی بالاتر بود، در مقایسه با مطالعه‌ای که در لهستان بر روی میوه سیب انجام شد و میانگین فلز سرب  $0.078 \text{ mg/kg wet weight}$  بدست آمد نیز بالاتر بود (۳). با بررسی نقاط آلوده از نظر فلز سرب نتایج نشان دادند که نمونه‌های آلوده مربوط به باغ‌های اطراف کارخانه‌ها و کارگاه‌های فرآوری سرب و روی و مسیر حرکت ماشین‌های حمل خاک از معدن به سمت کارخانه فرآوری سرب و روی بوده است. با توجه به اینکه پسماندهای حاصل از استخراج فلزات سنگین نیز حاوی درصدی از انواع فلزات سنگین است و معمولاً در مناطقی نزدیک به کارخانه به صورت رو باز تلبار می‌شوند، آلودگی خاک و آب و هوا خصوصاً در اطراف کارخانه‌های صنعتی دور از انتظار نیست. در مطالعه‌ای که بر روی خاک‌های اطراف شهرک صنعتی زنجان انجام شد، خاک‌های منطقه آلودگی به فلز روی، سرب و کادمیوم داشته‌اند ولی غلظت کل نیکل و مس در خاک‌های منطقه، کمتر از حد مجاز جهانی این عناصر بوده است (۱۸). Tabandeh و همکاران علت غلظت بالای عناصر سرب، کادمیوم و روی را در بافت گیاهی با وجود پایین بودن این عناصر در خاک در منطقه‌ای نزدیک به شهرک تخصصی زنجان، گرد و غبار و رسوبات جوی دانستند (۱۹). در این مطالعه علت پایین‌تر بودن میانگین فلز سرب در شهرستان ماهنشان نسبت به زنجان، قرار گرفتن باغ‌های عمده میوه در فاصله‌ای دورتر از معدن و کارخانه فرآوری سرب و روی است.

در بین فلزات سنگین، کادمیوم از عناصر با تحرک بالا است که به راحتی جذب گیاهان شده و به اندام‌های هوایی منتقل می‌شود (۲۰). طبق تحقیقات، اکثر پساب‌های صنعتی در استان زنجان، حاوی کادمیوم و سرب است. بطوری‌که کادمیوم، یکی از محصولات جنبی کارخانه‌های فرآوری سرب و روی در این استان است. وجود غلظت بالای فلزات سنگین در خاک بعضی از مزارع حاکی از آلودگی خاک این مزارع توسط فاضلاب

روی (آلودگی زیاد) و مس (آلودگی کم) در خاک‌های آبیاری شده با پساب صنعتی شرکت ذوب آهن اصفهان، غلظت این عناصر در گیاه برگ مو و میوه انگور در محدوده غلظت معمول قرار داشت (۲۴). میانگین غلظت فلز روی در میوه سیب و زردآلو (مجموع نمونه‌های زنجان و ماهنشان) هر دو با اختلاف معنی‌دار از سطح استاندارد در سطح ۵ درصد، پایین‌تر از استاندارد بود و در مقایسه با مطالعه‌ای که در نیجریه و مصر بر روی میوه سیب انجام شد و میانگین فلز روی به ترتیب ۰/۰۴۵ و  $1/36 \text{ mg/kg dry weight}$  بدست آمد بالاتر بود (۱، ۴). همچنین میانگین فلز روی در میوه زردآلو در مقایسه با مطالعه Zahir و همکاران ( $1/543 \mu\text{g/g}$ ) بالاتر بود (۲۵). در ضمن تعداد ۲ نمونه میوه سیب آلوده دیده شد که هر دو مورد متعلق به زنجان و در نزدیکی شهرک صنعتی روی قرار داشتند. در بررسی Rahmani غلظت عنصر آهن در نمونه‌های شسته نشده بالاتر از نمونه‌های شسته شده بود و برای سایر عناصر در مواردی غلظت عناصر سنگین در نمونه‌های شسته شده بالاتر بود که علت آن را فرونشست ذرات جامد حاوی این عناصر از هوا بر سطح اندام هوایی گیاه به دلیل نزدیکی به منبع آلاینده (صنعت ذوب آهن) دانست (۲۴).

نتایج مطالعه حاضر بیانگر این بود که میانگین و بیشترین غلظت فلز مس در هر دو نوع میوه و در هر دو شهرستان پایین‌تر از حد مجاز اعلام شده در استاندارد FAO/WHO بوده و حتی در نمونه‌های نزدیک کارخانه‌های سرب و روی هم آلودگی به فلز مس دیده نشد. در مطالعه‌ای که میزان تجمع فلز مس در گیاهان اطراف معدن مس بررسی شد با افزایش فاصله از کارخانه غلظت فلز مس به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. این نتیجه به میکروفیلتر تعبیه شده در دودکش معدن نسبت داده شد و بیان گردید که به‌علت جذب ذرات درشت فلز مس توسط میکروفیلتر، این ذرات که سنگین هستند و در فاصله کمتری از دودکش نشست می‌کنند توانایی خروج از دودکش را ندارند، ولی ذرات ریزتر به علت عدم توانایی جذب توسط میکروفیلتر، از دودکش خارج شده و چون سبک هستند در فاصله دورتری نشست می‌کنند (۲۶). همچنین میانگین غلظت فلز مس در

خروجی کارخانه است (۱۶، ۲۱). میانگین فلز کادمیوم در سیب و زردآلوی شهرستان ماهنشان از حد مجاز اعلام شده در استاندارد ملی پایین‌تر بود. این در حالی بود که میانگین غلظت کادمیوم فقط در میوه سیب شهرستان زنجان بالاتر از حد مجاز اعلام شده در استاندارد ملی بود. با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان علت پایین بودن میانگین فلز کادمیوم در نمونه‌های شهرستان ماهنشان نسبت به شهرستان زنجان را، به دورتر بودن باغات میوه شهرستان ماهنشان از معدن و کارخانه‌های فرآوری سرب و روی نسبت داد. در مطالعه‌ای که مقادیر عناصر سنگین در خاک و گیاه در دو منطقه صنعتی آلوده با منطقه شهری غیر آلوده مقایسه شد، غلظت کادمیوم به جز کاسنی در سایر سبزیجات در منطقه صنعتی بیشتر از منطقه شهری بود (۲۲). میانگین غلظت فلز کادمیوم در میوه سیب و زردآلو (مجموع نمونه‌های زنجان و ماهنشان) به ترتیب ۰/۰۸۸ و  $0/03 \text{ mg/kg wet weight}$  است که میانگین کادمیوم در میوه سیب علاوه بر اینکه از استاندارد ملی بالاتر است، در مقایسه با مطالعه‌ای که در لهستان بر روی میوه سیب انجام شد و میانگین فلز کادمیوم  $0/009 \text{ mg/kg wet weight}$  بدست آمد نیز بالاتر است (۳). همچنین در کل نمونه‌ها، تعداد ۸ نمونه میوه آلوده به کادمیوم وجود داشت که ۷ نمونه متعلق به شهرستان زنجان بود و این ارتباط از نظر آماری، معنی‌دار بود. لازم به ذکر است که کل ۸ نمونه آلوده در میوه سیب دیده شد و در میوه زردآلو هیچ موردی بالاتر از حدود مجاز دیده نشد و این ارتباط، از نظر آماری معنی‌دار بود و دلیل آن، تفاوت‌های ژنتیکی و مدت زمان در معرض آلودگی قرار گرفتن به دلیل زمان رسیدن متفاوت این دو نوع میوه است.

روی یکی از عناصر ضروری بسیار مهم است که نقش اساسی در فعالیت‌های فیزیولوژیک و متابولیک بسیاری از ارگانیسم‌ها دارد. ولی آلودگی بالا به روی می‌تواند برای ارگانیسم‌ها سمی باشد (۲۳). میانگین روی در هر دو نوع میوه و در هر دو شهرستان پایین‌تر از حد مجاز اعلام شده در استاندارد FAO/WHO بود. در مطالعه Rahmani و همکاران مشاهده شد که با وجود بالا بودن میزان عناصر سنگین از جمله، کادمیوم و

زمان طولانی‌تری در تماس با آلودگی‌های جوی و گرد و غبار موجود در هوا قرار می‌گیرد بنابراین این اختلاف در مقادیر فلزات سرب و کادمیوم را می‌توان به مدت زمان طولانی که میوه سیب در معرض آلودگی جوی و گرد و غبار آلوده به این فلزات تا زمان رسیدن سپری می‌کند نسبت داد.

مقدار دریافت روزانه عناصر از طریق مصرف سیب و زردآلو در دو شهر تحت بررسی، برای یک فرد ۶۰ kg نیز محاسبه گردید که پایین‌تر از PTDI اعلام شده در استاندارد ملی و کمیته مشترک FAO/WHO بود. همچنین با توجه به اینکه مقدار دریافت روزانه این عناصر از مقدار oral reference dose پایین‌تر است، در نتیجه مقدار HQ کمتر از یک به‌دست آمد و احتمال خطرپذیری به بیماری‌های غیر سرطانی وجود ندارد. بررسی میزان دریافت روزانه عناصر سنگین در انواع مواد غذایی صورت گرفته است. نتایج مطالعه‌ای که بر روی تخم مرغ‌های عرضه شده در شهر تهران صورت گرفت و میزان دریافت روزانه عناصر سنگین از طریق مصرف تخم مرغ محاسبه گردید، نشان داد که میزان دریافت روزانه فلزات، کمتر از ۱ درصد حداکثر میزان دریافت قابل تحمل روزانه بود (۲۸). همچنین در مطالعه‌ای که بر روی سبزیجات در ۶ منطقه شهر زنجان صورت گرفت، غلظت کادمیوم، روی و سرب در همه سبزیجات تحت مطالعه، بالاتر از محدوده مجاز برای مصرف انسان و میزان دریافت قابل تحمل موقتی روزانه برای کادمیوم و سرب، کمتر از استاندارد ملی ایران بود و بیان شد که استفاده طولانی مدت و مصرف بالای سبزیجات (بیشتر از ۵۸ kg/day) در استان زنجان می‌تواند عواقب خطرناکی بر سلامتی بگذارد (۱۹). مطالعه حاضر نشان داد که با مصرف این میوه‌ها به مقدار ذکر شده احتمال خطرپذیری به بیماری‌های غیر سرطانی وجود ندارد ولی این احتمال وجود دارد که افرادی با مصرف بیش از سرانه مصرف و یا استفاده انحصاری از میوه‌های یک باغ آلوده در معرض خطر قرار گیرند. همچنین به‌علت ورود فلزات سنگین از طریق سایر مواد غذایی مصرفی روزانه، باید سعی شود از مواد غذایی با غلظت فلزات سنگین پایین‌تر در سبب غذایی روزانه استفاده نمود.

میوه سیب و زردآلو (مجموع نمونه‌های زنجان و ماهنشان) به ترتیب ۴/۴ و ۵/۸۳ mg/kg dry weight بود. نتایج این مطالعه در مقایسه با مطالعه‌ای که در نیجریه و مصر بر روی میوه سیب انجام شد و میانگین غلظت فلز مس به ترتیب ۰/۰۰۳ و ۱/۴۷ mg/kg dry weight بدست آمد، بالاتر بود (۱، ۴). میانگین غلظت فلز مس در میوه زردآلو در مقایسه با مطالعه Zahir که میانگین آن در میوه زردآلو ۱/۴۲۰ μg/g بود، بالاتر بود (۲۵). نتایج بررسی مس در این مطالعه با مطالعه Hong-yang و همکاران که غلظت آرسنیک، آهن و مس را در نمونه‌های خاک منطقه‌ای در مجاورت معدن اندازه‌گیری نمودند، مشابه نبود. آنها نشان دادند که غلظت فلز مس موجود در خاک، بالاتر از استاندارد EPA بوده است (۲۶).

در این مطالعه ترتیب نزولی میانگین غلظت عناصر به این صورت به‌دست آمد: کادمیوم > سرب > مس > روی در مطالعه‌ای که در رومانی بر روی آبمیوه‌های صنعتی از جمله آبمیوه سیب و زردآلو صورت گرفت نیز ترتیب نزولی میانگین غلظت عناصر همانند مطالعه حاضر بود (۲۷). روی و مس از عناصر ضروری و مورد نیاز گیاه است که قابلیت جذب از طریق ریشه و اندام‌های هوایی (ساقه و برگ) را دارد بنابراین بالا بودن مقادیر میانگین روی و مس نسبت به سرب و کادمیوم که از عناصر سمی و غیرضروری برای گیاه هستند، به علت تمایل گیاه به جذب آنها امکان پذیر است. از طرفی با توجه به تفاوت‌های ژنتیکی و اینکه زردآلو جزء میوه‌های هسته‌دار بوده و هسته جاذب قوی عناصر ضروری همچون روی و مس است بالا بودن مقادیر عناصر ضروری در زردآلو نسبت به سیب که از میوه‌های دانه‌دار بوده و نسبت به میوه‌های هسته‌دار قدرت جذب پایین‌تری دارد دور از انتظار نیست. در مطالعه انجام شده در رومانی بر روی آبمیوه نیز غلظت مس و روی در آبمیوه زردآلو بیشتر از آبمیوه سیب بود (۲۷). اما در بررسی حاضر مقادیر میانگین غلظت فلز سرب و کادمیوم در میوه سیب بالاتر از زردآلو بود، که علاوه بر بحث تفاوت‌های ژنتیکی در جذب عناصر مختلف، با توجه به اینکه زمان رسیدن میوه زردآلو اواخر خرداد و زمان رسیدن سیب اواخر شهریور است، میوه سیب



## نتیجه گیری

آلودگی به فلزات سنگین غالباً در نمونه‌های متعلق به باغ‌های اطراف کارخانه‌ها و معادن سرب و روی دیده شد. بنابراین می‌توان به تاثیر نقاط آلوده‌کننده بر آلودگی میوه‌ها به فلزات سنگین اذعان نمود. همچنین با مصرف این میوه‌ها مطابق با سرانه اعلام شده در استاندارد ملی، ریسک ابتلا به بیماری‌های غیر سرطانی وجود ندارد.

## تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل پایان‌نامه با عنوان "بررسی فلزات سنگین

در میوه‌های سیب و زردآلوی باغ‌های شهرستان‌های زنجان و ماهنشان استان زنجان در سال ۹۵" در مقطع کارشناسی ارشد در سال ۹۵ است که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی تهران اجرا شده است.

## ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. کد اخلاق ۹۳۱۲۴۳۹۰۰۳ است.

## منابع

1. Radwan MA, Salama AK. Market basket survey for some heavy metals in Egyptian fruits and vegetables. *Food and Chemical Toxicology*. 2006;44(8):1273-78.
2. Mohammadpourfard I, Shariatifar N, Jahed-Khaniki GR, Ebadi-Fathabad E. Determination of heavy metals in apricot (*Prunus armeniaca*) and almond (*Prunus amygdalus*) oils. *Iranian Journal of Health Sciences*. 2015;3(1):18-24.
3. Krejpcio Z, Sionkowski S, Bartela J. Safety of fresh fruits and juices available on the Polish market as determined by heavy metal residues. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2005;14(6):877.
4. Sobukola O, Adeniran O, Odedairo A, Kajihausa O. Heavy metal levels of some fruits and leafy vegetables from selected markets in Lagos, Nigeria. *African Journal of Food Science*. 2010;4(6):389-93.
5. Samarghandi M.R, KarimpourM, Sadri GH.H. A study of Hamadan, s vegetables heavy metals irrigated with water polluted to these metals, Iran, 1996. *Journal of Sabzevar University of Medical Sciences*. 2000;7(1):45-53 (in Persian).
6. Coco FL, Monotti P, Cozzi F, Adami G. Determination of cadmium and lead in fruit juices by stripping chronopotentiometry and comparison of two sample pretreatment procedures. *Food Control*. 2006;17(12):966-70.
7. Zafarzadeh A, Rahimzadeh H. Concentration of cadmium, lead, zinc and copper in the cucumber and tomatoe in Northern Iran. *Journal of Gorgan University of Medical Sciences*. 2015;17(1) (in Persian).
8. Tang J, Huang Z, Pan X-D. Exposure assessment of heavy metals (Cd, Hg, and Pb) by the intake of local foods from Zhejiang, China. *Environmental Geochemistry and Health*. 2014;36(4):765-71.
9. Dacera DDM, Babel S. Removal of heavy metals from contaminated sewage sludge using *Aspergillus niger* fermented raw liquid from pineapple wastes. *Bioresource Technology*. 2008;99(6):1682-89.
10. Cherfi A, Abdoun S, Gaci O. Food survey: Levels and potential health risks of chromium, lead, zinc and copper content in fruits and vegetables con-

- sumed in Algeria. *Food and Chemical Toxicology*. 2014;70:48-53.
11. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Food & Feed – Maximum limit of heavy metals (Amendment No.1). Tehran: Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Islamic Republic of Iran; 2012. Report No.: ISIRI 12968 (in Persian).
  12. FAO, WHO. Codex Alimentarius Commission: Procedural Manual. 19th ed. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Health Organization; 2010.
  13. FAO, WHO. Codex Alimentarius Commission: Procedural Manual. 24th ed. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Health Organization; 2015.
  14. Moore PD, Chapman SB. *Methods in Plant Ecology*. 2nd ed. Oxford: Blackwell Scientific Publication; 1986.
  15. USEPA. Integrated risk information system (IRIS). Washington DC: United States Environmental Protection Agency; 2006.
  16. Tabande L, Taheri M. Evaluation of exposure to heavy metals Cu, Zn, Cd and Pb in vegetables grown in the olericultures of Zanjan Province's fields. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2016;9(1):41-56 (in Persian).
  17. Mehrasbi M, Sekhawatju M, Hasanalizadeh AS, Ramezanzadeh Z. Study of heavy metals in the atmospheric deposition in Zanjan, Iran. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2010;2(4):240-49 (in Persian).
  18. Safari Y, Delavar MA, Esfandiarpour Borujeni I, Salehi MH, Oliaie HR. Assessment of heavy metals using pollution load index in Zanjan Zinc Industrial Town Area. *Electronical Journal of Soil Management and Sustainable Production*. 2016;6(2):119-33 (in Persian).
  19. Tabande L, Taheri M. Assessment of pollution and relationship between heavy metals concentration in soil and leafy vegetables in Zanjan Province. *Iranian Journal of Soil Research*. 2016;30(1):49-60 (in Persian).
  20. Yang J, Guo H, Ma Y, Wang L, Wei D, Hua L. Genotypic variations in the accumulation of Cd exhibited by different vegetables. *Journal of Environmental Sciences*. 2010;22(8):1246-52.
  21. Golchin A, Esmalee M, Tookasi M. Sources of soil contaminants and heavy metals in crops and garden Zanjan Province. Zanjan: Management and Planning Organization of Zanjan; 2005 (in Persian).
  22. Fytianos K, Katsianis G, Triantafyllou P, Zachariadis G. Accumulation of heavy metals in vegetables grown in an industrial area in relation to soil. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 2001;67(3):0423-30.
  23. Soumya S, Nair BR. Assessment of heavy metals in Averrhoa bilimbi and A. carambola fruit samples at two developmental stages. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2016;188(5):291. <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5298-z>.
  24. Rahmani HR. Effluent quality of Zob-Ahan Company and its effects on irrigated grape fields. *Journal of Environmental Sciences*. 2008;5(1):135-44 (in Persian).
  25. Zahir E, Naqvi II, Uddin SM. Market basket survey of selected metals in fruits from Karachi City (Pakistan). *Journal of Basic and Applied Sciences*. 2009;5(2):47-52.
  26. Hong-Yan R, Zhuang D-F, Singh A, Jian-Jun P, Dong-Sheng Q, Run-He S. Estimation of As and Cu contamination in agricultural soils around a mining area by reflectance spectroscopy: A case study. *Pedosphere*. 2009;19(6):719-26.
  27. Dehelean A, Magdas DA. Analysis of mineral and heavy metal content of some commercial fruit juices by inductively coupled plasma mass spectrometry. *The Scientific World Journal*. 2013;2013. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/215423>.
  28. Abbasi Ki S, Jahed Khaniki G, Shariatifar N, Naz-

mara S, Akbarzadeh A. Contamination of chicken eggs supplied in Tehran by heavy metals and calculation of their daily intake. Journal of Health in the Field. 2017;2(4):44-51 (in Persian).



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

Original Article



## Determination of heavy metals in apples and apricots in Zanjan and Mahneshan gardens in 2016

MH Dehghani<sup>1</sup>, GR Jahed Khaniki<sup>1</sup>, R Fallah<sup>2</sup>, N Khodamoradi Vatan<sup>1,\*</sup>, L Tabande<sup>3</sup>

1- Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

2- Faculty of Medical Sciences, Zanjan University of Medical Sciences, Zanjan, Iran

3- Soil and Water Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research Center, Shiraz, Iran

### ARTICLE INFORMATION:

**Received:** 14 October 2017

**Revised:** 2 January 2018

**Accepted:** 9 January 2018

**Published:** 7 March 2018

**Key words:** Apple, Apricot, Heavy metals, Zanjan

### \*Corresponding Author:

ngkh.858@gmail.com

### ABSTRACT

**Background and Objective:** Heavy metals are toxic and can enter the food and thus the health of people who consume these kinds of foods may be affected. The aim of this study was to investigate the concentration of heavy metals in fruits and to estimate the exposure level of heavy metals by fruit consumption.

**Materials and Methods:** In this descriptive cross-sectional study, 60 samples (35 samples of apple fruit and 25 apricot fruit samples) were randomly collected from gardens around Zanjan and Mahneshan city in 2016. The concentration of Pb, Cd, Zn, and Cu were determined by atomic absorption spectrometer. Statistical analysis was done with SPSS software.

**Results:** The average concentration of the elements in the samples was as follows: Pb (0.121 mg/kg wet weight), Cd (0.052 mg/kg wet weight), Zn (10.63 mg/kg dry weight), and Cu (4.99 mg/kg dry weight). The average lead concentration in apple and apricot was, respectively, 0.17 and 0.057 mg/kg wet weight, cadmium 0.08 and 0.003 mg/kg wet weight, zinc 9.15 and 12.7 mg/kg dry weight, Copper 4.4 and 5.583 mg/kg dry weight. Furthermore, it was found that 28.3% of the samples were contaminated with Pb, 13.3% with Cd and 3.3% with Zn. Cu contamination was not detected above permitted concentration. The concentrations of heavy metals in Zanjan were more than Mahneshan and the concentrations of Pb and Cd in the apple samples were higher than the apricot samples but the concentration of Zn and Cu in the apricot samples were higher than the apple samples.

**Conclusion:** Heavy metals pollution was found in samples belonging to the gardens around the factories and mines of lead and zinc. However, there is no risk of non-cancerous diseases with the use of these fruits in accordance with the national standard declared per capita.