ORIGINAL ARTICLE

Lead and Cadmium Contaminations in Soil and Irrigation Water and Their Accumulation in Pith, Flesh and Skin of Kiwifruit in Astara, North of Iran 2015

Behrouz Akbari-adergani[1],
Sedigheh Rahnama[2],
Faezeh Shirkhan[3]

[1] Associate Professor, Food and Drug Laboratory Research Center, Food and Drug Administration, Ministry of Health and Medical Education, Tehran, Iran
[2] MSc in Food Sciences and Technology, Islamic Azad University, Damghan Branch, Damghan, Iran
[3] MSc in Food Sciences and Technology, Faculty of Advanced Sciences and Technology, Islamic Azad University, Pharmaceutical Sciences Branch, Tehran, Iran

(Received February 1, 2017 Accepted July 10, 2017)

Abstract

Background and purpose: Heavy metals cause major environmental pollution. They accumulate in soil, plants and crops through irrigation with polluted effluents or wastewaters. The aim of this cross-sectional study was to evaluate the concentration of lead and cadmium in soil and irrigation water and their accumulation in pith, flesh, and the skin of kiwifruit.

Materials and methods: A sample of one hundred kiwifruit, 15 soil and 25 irrigation water samples were randomly collected from the center, north, south, east, and west of a big kiwifruit garden located in north of Iran. Total concentrations of lead and cadmium were determined in all samples with furnace atomic absorption spectroscopy. Statistical analysis was performed applying ANOVA test in SPSS V10.1.

Results: The concentrations of lead in soil and flesh of kiwifruit were 33.74 and 2.93 and the concentrations of cadmium were 2.04 and 0.0026 mg/kg, respectively. The concentrations of lead and cadmium in irrigating water were 0.0044 and 0.0016 mg/L, respectively. There was a significant relation between the mean concentrations of heavy metals in the soil and that of the kiwifruit flesh. In areas with higher rate of lead and cadmium contamination the kiwifruits were found to be significantly more contaminated ($P<0.05$). The mean concentration of these heavy metals in irrigation water were lower than national and international threshold levels.

Conclusion: Heavy metal contamination in soil and the cross relation between irrigation water and soil, calls for appropriate monitoring of such a valuable fruit and routine environmental controls are highly necessary.

Keywords: kiwifruit, lead, cadmium, accumulation, soil, water

J Mazandaran Univ Med Sci 2017; 27 (154): 162-172 (Persian).

پژوهشی

مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران
دوره بیست و هفتم شماره ۱۵۴ آبان سال ۱۳۹۶ (۱۶۲-۱۷۲)

ارزیابی میزان سرب و کادمیم در آب و خاک کشاورزی و تجمع آن در مغز، گوشت و پوست کیوی در شهرستان آستارا، سال ۱۳۹۴

بهروز اکبری آدرگانی[۱]
صدیقه رهنما[۲]
فائزه شیرخان[۳]

چکیده

سابقه و هدف: فلزات سنگین از عوامل مهم آلاینده محیط زیست به شمار می‌روند که احتمال آلودگی خاک، گیاهان و محصولات کشاورزی به آن‌ها از طریق آبیاری زمین با آب یا پساب آلوده وجود دارد. هدف از این مطالعه توصیفی مقطعی، ارزیابی میزان سرب و کادمیم در آب و خاک کشاورزی و تجمع آن در مغز، گوشت و پوست کیوی می‌باشد.

مواد و روش‌ها: تعداد ۱۰۰ نمونه کیوی، ۱۵ نمونه خاک و ۲۵ نمونه آب طی دوره آبیاری از هر کدام از مناطق مرکز، شمال، جنوب، شرق و غرب باغ به‌طور تصادفی از باغ‌های وسیع کشت کیوی در شمال ایران جمع‌آوری و غلظت کل سرب و کادمیم در آن‌ها با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل‌های آماری با آزمون آنالیز واریانس تحت نرم افزار SPSS نسخه ۱۰/۱ انجام شد.

یافته‌ها: نتایج تحقیق نشان می دهد غلظت سرب در نمونه‌های خاک و گوشت کیوی به ترتیب ۳۳/۷۴ و ۲/۹۳ و غلظت کادمیم به ترتیب ۲/۰۴ و ۰/۰۰۲۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. هم‌چنین غلظت سرب و کادمیم در نمونه‌های آب آبیاری به ترتیب ۰/۰۰۴۴ و ۰۰۱۶ /۰ میلی‌گرم بر لیتر بوده است. بین میانگین غلظت فلزات سنگین در خاک و مقدار آن در بافت کیوی ارتباط معناداری وجود دارد و در بخش‌هایی که آلودگی خاک به سرب و کادمیم بیش‌تر بوده، آلودگی محصول نیز به طور معنی‌داری بیش‌تراست ($p<0/05$). مقایسه غلظت این عناصر در نمونه‌های آب با حدود مجاز آن نشان می‌دهد که میزان سرب و کادمیم در نمونه‌های آب کشاورزی، کم‌تر از حد مجاز بوده است.

استنتاج: با توجه به آلودگی خاک کشاورزی به فلزات سنگین و ارتباط خاک با آب و تاثیر سوء فلزات سنگین بر سلامت انسان، پایش این محصول ارزشمند کشاورزی و انجام کنترل‌های زیست محیطی ضروری است.

واژه های کلیدی: کیوی، سرب، کادمیم، تجمع، خاک، آب

مقدمه

کیوی (Actindia deliciosa) میوه نیمه گرمسیری(۱) و از محصولات باغی مهم در کشاورزی است(۲) و از نظر تولید و صادرات در بین کشورهای جهان، دارای اهمیت می‌باشد و رسیدن به سلامت و بیشینه کیفیت در آن می‌تواند یکی از اولویت‌های مهم بهداشتی باشد. امروزه به‌دلیل احتمال آلودگی منابع آب به فلزات سنگین، پایش محصولات باغی از نظر این نوع آلودگی مورد توجه بیش‌تری قرار گرفته است. این فلزات که جرم حجمی بیش از ۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب دارند، عموماً شامل سرب، جیوه، کادمیم،

مولف مسئول: بهروز اکبری آدرگانی– خیابان امام خمینی، نرسیده به تقاطع خیابان ولی عصر (ع) آزمایشگاه های مرجع کنترل غذا و داروی وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی Email: analystchemist@yahoo.com
۱. دانشیار، مرکز تحقیقات آزمایشگاهی غذا و دارو، سازمان غذا و دارو، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، تهران، ایران
۲. کارشناس ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، دامغان، ایران
۳. کارشناس ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم دارویی، تهران، ایران
تاریخ دریافت : ۱۳۹۵/۱۱/۱۳ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات : ۱۳۹۶/۳/۸ تاریخ تصویب : ۱۳۹۶/۴/۱۹

آرسنیک و کروم هستند(۳). آلودگی خاک و محیط‌های آبی به فلزات سنگین به‌صورت یک مشکل جدی در حال گسترش است. جذب فلزات سنگین از اراضی آلوده به وسیله گیاهان به‌ویژه محصولات کشاورزی، یکی از مهم‌ترین راه‌های ورود این عناصر به زنجیره غذایی است(۴). این عناصر می‌توانند بر روی کیفیت خاک‌های کشاورزی اثرگذار بوده و می‌توانند از طریق جذب توسط گیاهان، وارد رژیم غذایی شده و باعث بروز مشکلاتی در بدن انسان شوند، لذا چگونگی توزیع و محل انباشتگی فلزات سنگین در بین اندام‌های گیاهی حائز اهمیت می‌باشد، زیرا توزیع آن‌ها در اندام‌های مختلف یکنواخت نیست.

در میان تمامی فلزات سنگین، کادمیم یکی از عناصر پر تحرکی است که به آسانی توسط گیاهان جذب شده و در مقادیر بالا تجمع می‌یابد و به راحتی وارد زنجیره غذایی شده و برای سلامت انسان و جانداران مضر و زیان‌آور می‌باشد(۵). سرب به طور طبیعی در محیط وجود دارد ولی در اکثر موارد، حاصل فعالیت‌های بشر است که وارد محیط زیست شده و خاک و آب و هوا را آلوده می‌کند(۶).

کادمیم برای کلیه اکوسیستم‌های آبی و خاکی مضر بوده و ورود آن به زنجیره غذایی صدمات جبران‌ناپذیری را به محیط زیست وارد می‌سازد. این عنصر در لیست آلاینده‌های محیطی و صنعتی می‌باشد که توسط آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان [International Agency for Research on Cancer (IARC)] در گروه I مواد سرطان‌زای انسانی طبقه‌بندی شده است. سرب از نظر انتشار، گسترده‌ترین عنصر سنگین و سمی در محیط زیست است که به ویژه از زمان مصرف آن در بنزین از پراکنش بسیار وسیعی در سطح جهان برخوردار است. این عنصر یکی از چهار فلزی است که بیش‌ترین عوارض را بر روی سلامتی انسان دارد. مهم‌ترین اثرات سرب را می‌توان اختلال در سیستم اعصاب مرکزی و محیطی، کاهش ارتباط عصبی و مشکلات رفتاری نام برد. هم‌چنین آثار سوء ناشی از مصرف مواد غذایی آلوده به سرب بر روی جنین خصوصاً در زمان رشد و توسعه سیستم عصبی به خوبی شناخته شده است(۷،۸).

در یک پژوهش، مشاهده شد که در بررسی میزان جذب کادمیم از خاک آلوده در دوره‌های مختلف رشد گوجه فرنگی، اندام‌های مختلف گوجه فرنگی از نظر جذب و توزیع کادمیم رفتارهای متفاوتی دارند، بدین معنا که غلظت کادمیم تجمع‌یافته در برگ، ریشه، ساقه، میوه و پوست و دانه روندی کاهشی دارد(۹). به علاوه نتایج مطالعه‌ای نشان داد که سبزیجات رشد یافته در زمین‌های آبیاری با فاضلاب، در معرض خطر بیش‌تر فلزات سنگین قرار دارند و سبزیجات پهن برگ دارای آلودگی بیش‌تری به عناصر فلزی هستند(۱۰). در تحقیقی دیگر، پژوهشگران با بررسی سرب و کادمیم در سبزیجات و میوه‌جات گزارش کردند که میزان کادمیم ۰/۲ درصد و سرب ۰/۶ درصد بالاتر از استاندارد اتحادیه اروپا می‌باشد، اما مقادیر نگرانی در مورد خطر سلامتی انسان ایجاد نمی‌کند(۱۱). به علاوه محققان در پژوهشی به بررسی پنج فلز سمی کروم، مس، کادمیم، جیوه و سرب در چهار میوه هلو، انگور، آلو و پرتقال پرداختند که به‌طور متوسط غلظت این فلزات در میوه‌ها بیش از استاندارد بود که به‌طور عمده به کود، قارچ کش‌ها و آفت‌کش‌ها در زمان گل‌دهی و رسیدن میوه مربوط بود(۱۲). علاوه بر اهمیت فلزات سنگین در میوه به ویژه بخش‌های خوراکی آن، توجه به آلودگی احتمالی خاک و آب به‌عنوان منابع تامین‌کننده غذای گیاه بسیار حائز اهمیت است.

با توجه به اهمیت آثار فلزات سنگین بر سلامت انسان، پایش مستمر این عناصر در محصولات باغی ضروری است. بررسی سوابق تحقیق نشان می‌دهد که تحقیقات متعددی در زمینه اندازه‌گیری فلزات سنگین و به ویژه سرب و کادمیم در انواع محصولات باغی و زراعی در ایران انجام شده است. علیرغم فقدان تحقیقی در زمینه

سنجش این عناصر در اجزای میوه، گزارشی نیز در مورد ارزیابی ارتباط آلودگی خاک و آب با محصول وجود ندارد. لذا هدف از این تحقیق، ارزیابی میزان سرب و کادمیم در آب و خاک کشاورزی و تجمع آن در مغز، گوشت و پوست کیوی می‌باشد.

مواد و روش ها

این مطالعه از نوع توصیفی-مقطعی می‌باشد. نمونه برداری کیوی از اراضی کشاورزی زیر کشت کیوی و از یک باغ ۵ هکتاری تحت کشت درختان کیوی از یک واریته از باغ‌های استان گیلان واقع در منطقه شرقی شهرستان آستارا و منتهی به دریای خزر انجام شد.

نمونه‌ها در یک طراحی تصادفی نمونه‌برداری و از ۵ نقطه باغ، از میوه کیوی سالم و آماده مصرف از نقاط وسط و چهار گوشه باغ برداشت شدند. نمونه‌های کیوی برداشت شده از هر نقطه، با وزن متوسط ۵۰ گرم از هر نقطه باغ به تعداد ۲۰ عدد و در مجموع به وزن تقریبی یک‌کیلوگرم جمع‌آوری و در مجموع ۱۰۰ نمونه جمع‌آوری شده در ظروف کدگذاری شده به آزمایشگاه منتقل شدند و پس از مراحل آماده‌سازی و هموژن کردن، سه نمونه نماینده از هر نقطه جهت طی مراحل هضم اسیدی و آنالیز انتخاب شد.

تعداد نمونه کیوی مورد مطالعه بر مبنای فرمول محاسبه حجم آماری نمونه $n=(zs/d)^2$ و با در نظر گرفتن سطح اطمینان ۹۵ درصد و انحراف استاندارد ۰/۲ و میزان خطای ۴ درصد محاسبه شده است. این اعداد بر مبنای عملکرد دستگاه جذب اتمی کوره گرافیت در سطح غلظت مورد مطالعه برای قرائت عناصر سنگین انتخاب شده است.

$$N= [(۱/۹۶ \times ۰/۲) \div ۰/۰۴]^۲ = ۹۶$$

جهت آماده‌سازی نمونه‌ها، ابتدا هریک توسط آب مقطر شسته شد تا گل و لای سطحی پاک شود و سپس اجزای میوه شامل پوست، گوشت و مغز به دقت تفکیک گردیدند و نمونه نماینده از هر قسمت باغ با مخلوط کردن اجزای یکسان از هر میوه تهیه شد. در ادامه، نمونه‌های تفکیک شده با یک مخلوط کن خانگی هموژن شدند و بخش مناسبی از هر یک پس از خشک شدن در معرض هوا به منظور دستیابی به وزن خشک واقعی نمونه، به مدت یک ساعت در آون ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. استخراج فلزات سنگین از وزن معینی از نمونه خشک شده، به روش هضم اسیدی انجام شد. بدین منظور، نمونه‌ها به داخل بوته چینی و سپس به کوره منتقل و به مدت ۲ ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. خاکستر حاصل به روش مرطوب و با نسبت ۲:۱ از اسیدنیتریک به اسید پرکلریک و با افزودن ۲ میلی‌لیتر آب اکسیژنه به‌طور کامل هضم شدند(۵). نمونه‌ها پس از هضم جهت تعیین غلظت عناصر سرب و کادمیم با دستگاه اسپکتروفوتومتر جذب اتمی کوره گرافیت PG990 (Furnace Atomic Spectrophotometer)مورد آزمایش قرار گرفتند.

نمونه‌برداری از خاک یک ماه پیش از تشکیل اولین جوانه‌های میوه از پای درخت و با حفر گودالی با حداکثر عمق ۲۰ سانتی‌متر در هر نقطه از باغ و با هموژن کردن نمونه‌های برداشت شده به روش مشابه از شش نقطه مجاور در هر قسمت از باغ تهیه شد و سه نمونه از نمونه نماینده تهیه شده برای آنالیز به آزمایشگاه منتقل گردید. در مجموع ۱۵ نمونه خاک جمع‌آوری شده پس از خشک شدن در داخل آون با الک ۲ میلی‌متری غربال شدند. عصاره‌گیری از نمونه‌های خاک برای تعیین غلظت سرب و کادمیم به روش مرطوب و با استفاده از مخلوط اسید نیتریک و اسید کلریدریک صورت گرفت و پیش از وارد کردن محلول استخراجی به ویال‌های دستگاه جذب اتمی، هریک به‌طور جداگانه با فیلترهای آبی ۰/۴۵ میکرومتر، فیلتر شدند(۱۳).

نمونه‌های آب از محل آبیاری درختان در پای هر درخت در پنج دوره آبیاری محصول به‌صورت ماهانه و سه تکرار منتهی به برداشت محصول و در مجموع شامل ۱۵ نمونه جمع‌آوری شد. نمونه‌های آب پس از انتقال

به آزمایشگاه به منظور حذف هرگونه ذرات معلق ابتدا با کاغذ صافی واتمن ۴۱، صاف شدند. سپس به دنبال افزودن ۵ میلی‌لیتر از محلول اسید نیتریک ۶۵ درصد به ۱۰۰ میلی‌لیتر از نمونه، هریک به‌طور جداگانه روی حمام بخار در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت تا حجم آن به حدود ۲۰ میلی‌لیتر کاهش یافت. پس از سرد شدن نمونه‌ها، هریک به طور جداگانه در حجم معین و ثابتی تثبیت شد و با دستگاه جذب اتمی مورد آزمایش قرار گرفت(۱۳). جهت تهیه محلول‌های استاندارد، از محلول‌های سرب و کادمیم با غلظت ۱۰۰۰ mg/L ساخت کشور اسپانیا استفاده شد. برای آنالیز نمونه‌های کیوی و خاک، محلول‌های استاندارد کاری به غلظت‌های ۱، ۲/۵، ۵، ۱۰ و ۲۰ mg/L و از رقیق سازی حجم مناسبی از محلول استوک در بالن حجمی شستشو شده با اسید تهیه گردید(۱۴). برای آنالیز نمونه‌های رقیق به ویژه نمونه‌های آب، با رقیق‌سازی محلول استوک، سری استاندارد کاری متناسب با غلظت نمونه تهیه شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها و محاسبه مقادیر میانگین و انحراف استاندارد با استفاده از نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۰ و تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از آنالیز واریانس (ANOVA) تحت نرم افزارSPSS نسخه ۱۰/۱ انجام شد.

یافته ها

نتایج اندازه‌گیری غلظت سرب و کادمیم در قسمت‌های مختلف کیوی شامل پوست، گوشت و مغز کیوی که مربوط به برداشت محصول از پنج نقطه باغ بوده است، بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم در جدول شماره ۱ ارائه شده است. مقادیر مندرج که برحسب میانگین ± انحراف معیار است، نشان می‌دهد که برای هر دو عنصر مورد مطالعه، آلودگی پوست کیوی بیش از سایر قسمت‌های آن بوده است. در مورد نمونه‌های گوشت کیوی که عمده بخش خوراکی آن را تشکیل می‌دهد، در نمونه‌های جمع‌آوری شده از بخش شمالی، مقدار سرب و کادمیم به ترتیب ۳/۲۶ و ۰/۰۰۴ میلی گرم بر کیلوگرم بوده است.

جدول شماره ۱: میانگین مقدار سرب و کادمیم در پوست، گوشت و مغز کیوی بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم

عنصر	بافت	نمونه شمال	نمونه غرب	نمونه جنوب	نمونه شرق	نمونه مرکز	میانگین کل ± انحراف معیار
سرب	پوست	۴/۵۳ ± ۱/۳ × ۱۰$^{-۳}$	۳/۸۷ ± ۱/۱ × ۱۰$^{-۳}$	۳/۵۶ ± ۱/۵ × ۱۰$^{-۳}$	۳/۰۹ ± ۱/۶ × ۱۰$^{-۳}$	۳/۷۱ ± ۰/۴ × ۱۰$^{-۳}$	۳/۷۵ ±۰/۵۲
	گوشت	۳/۲۶ ± ۰/۲ × ۱۰$^{-۳}$	۲/۸۳ ± ۱/۸ × ۱۰$^{-۳}$	۲/۶۱ ± ۰/۹ × ۱۰$^{-۳}$	۳/۰۱ ± ۱/۱ × ۱۰$^{-۳}$	۲/۹۵ ± ۱/۴ × ۱۰$^{-۳}$	۲/۹۳ ±۰/۲۳
	مغز	۳/۹۸ ± ۰/۷ × ۱۰$^{-۳}$	۳/۴۱ ± ۱/۰ × ۱۰$^{-۳}$	۳/۱۲ ± ۱/۹ × ۱۰$^{-۳}$	۳/۶۰ ± ۱/۴ × ۱۰$^{-۳}$	۳/۵۴ ± ۱/۲ × ۱۰$^{-۳}$	۳/۵۳ ±۰/۳۱
کادمیم	پوست	۰/۰۰۶ ± ۱/۳× ۱۰$^{-۳}$	۰/۰۰۳ ± ۲/۴× ۱۰$^{-۳}$	۰/۰۰۲ ± ۱/۷× ۱۰$^{-۳}$	۰/۰۰۴ ± ۱/۹ × ۱۰$^{-۳}$	۰/۰۰۴ ± ۲/۳× ۱۰$^{-۳}$	۰/۰۰۳۸ ±۰/۰۰۱
	گوشت	۰/۰۰۴ ± ۲/۱ × ۱۰$^{-۳}$	۰/۰۰۲ ± ۲/۶ × ۱۰$^{-۳}$	۰/۰۰۱ ± ۱/۸ × ۱۰$^{-۳}$	۰/۰۰۳ ± ۲/۳ × ۱۰$^{-۳}$	۰/۰۰۳ ± ۲/۰× ۱۰$^{-۳}$	۰/۰۰۲۶ ±۰/۰۰۱
	مغز	۰/۰۰۴± ۱/۸ × ۱۰$^{-۳}$	۰/۰۰۲ ± ۲/۱ × ۱۰$^{-۳}$	۰/۰۰۲ ± ۱/۶ × ۱۰$^{-۳}$	۰/۰۰۲ ± ۲/۶× ۱۰$^{-۳}$	۰/۰۰۲ ± ۱/۱ × ۱۰$^{-۳}$	۰/۰۰۲۴ ±۰/۰۰۸

پس از بخش شمالی، نمونه‌های جمع‌آوری شده از بخش شرقی باغ، بیش‌ترین آلودگی را داشته‌اند. در نمونه‌های بخش شرقی، غلظت سرب و کادمیم به ترتیب ۳/۰۱ و ۲/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم بوده است. در جدول شماره ۲، نتایج مقادیر میانگین فلزات سنگین سرب و کادمیم بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم در نمونه خاک جمع‌آوری شده از قسمت‌های مختلف باغ ارائه شده است. مطابق نتایج این جدول، از بین نمونه‌های خاک جمع‌آوری شده نیز بیش ترین آلودگی سرب و کادمیم مربوط به بخش شمالی بوده است. میزان آلودگی بخش شمالی به سرب و کادمیم به ترتیب ۳۹/۱۷ و ۲/۵۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم بوده است. پس از آن، بخش شرقی با ۳۷/۳۳ و ۲/۳۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم بالاترین آلودگی به سرب و کادمیم را داشته است.

جدول شماره ۲: میانگین غلظت سرب و کادمیم در نمونه های خاک از قسمت های مختلف باغ بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم

عنصر	شمال	غرب	جنوب	شرق	مرکز	میانگین± انحراف معیار
سرب	۳۹/۱۷	۳۱/۳۴	۳۱/۱۱	۳۷/۳۳	۲۹/۷۶	۳۳/۷۴ ±۴/۲
کادمیم	۲/۵۹	۱/۹۸	۱/۲۹	۲/۳۶۱	۲/۰۱	۲/۰۴ ±۰/۴

بخش‌های جنوبی و غربی باغ با میانگین آلودگی به ترتیب ۳۱/۱۱ و ۴۳/۳۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم برای سرب و آلودگی ۱/۲۹ و ۱/۹۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم برای کادمیم به ترتیب کم‌ترین میزان آلودگی را داشته اند.

نتایج مقادیر میانگین میزان آلودگی آب کشاورزی به فلزات سرب و کادمیم در پنج دوره آبیاری طی رشد محصول، در جدول شماره ۳ ارائه شده است. همان‌طور که از نتایج این جدول مشاهده می‌شود، میزان میانگین آلودگی آب مورد مصرف برای آبیاری به فلزات سرب و کادمیم به ترتیب ۰/۰۰۴۴ و ۰/۰۰۱۶ میلی‌گرم در لیتر بود.

جدول شماره ۳: میانگین غلظت سرب و کادمیم در نمونه آب کشاورزی طی پنج دوره آبیاری بر حسب میلی گرم بر لیتر

عنصر	دوره اول	دوره دوم	دوره سوم	دوره چهارم	دوره پنجم	میانگین ± انحراف معیار
سرب	۰/۰۰۶	۰/۰۰۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴۴ ±۰/۰۱
کادمیم	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱۶ ±۰/۰۰۰۸

مقایسه مقادیر این نتایج نشان می‌دهد که بین آلودگی سرب در خاک و کیوی ارتباط معناداری وجود دارد.

r = ۰/۶۸ و p=۰/۰۰۳) به این ترتیب که در بخش شمالی، آلوده‌ترین خاک وجود داشته و بیش‌ترین میزان آلودگی در میوه‌ها نیز مشاهده شده است. بعد از خاک قسمت شمالی، نمونه خاک بخش شرقی بیش‌ترین آلودگی سرب را داشته است (p<۰/۰۵). به‌همین صورت در نمونه‌های کیوی جمع‌آوری شده از بخش شرقی نیز بیش‌ترین آلودگی سرب پس از بخش شمالی دیده شده است (p<۰/۰۵). از طرف دیگر، کم‌ترین آلودگی سرب در میوه‌های بخش جنوبی دیده شده که در خاک با کم‌ترین میزان آلودگی سرب رشد کرده‌اند. در خصوص آلودگی با کادمیم نیز روند مشابهی مشاهده می‌شود. بین آلودگی کادمیم در خاک و آلودگی گوشت کیوی ارتباط معناداری وجود دارد(r=۰/۵۹ , p= ۰/۰۰۲) در بررسی آلودگی کادمیم، در بخش شمالی که آلوده‌ترین خاک وجود داشته، بیش ترین میزان آلودگی در میوه‌ها نیز مشاهده شده است(p<۰/۰۵). پس از خاک قسمت شمالی، نمونه خاک بخش شرقی بیش‌ترین آلودگی کادمیم را داشته است. به همین صورت در نمونه‌های کیوی جمع‌آوری شده از بخش شرقی نیز بیش‌ترین آلودگی کادمیم پس از بخش شمالی دیده شده است(p<۰/۰۵) از طرف دیگر، مانند آلودگی سرب، کم‌ترین آلودگی کادمیم در میوه‌های بخش جنوبی دیده شده که در خاک با کم‌ترین میزان آلودگی سرب رشد کرده اند.

با توجه به این که فلزات سنگین نه تنها بر ارزش غذایی میوه‌ها و سبزیجات اثرگذارند؛ بلکه بر سلامت افراد مصرف کننده نیز اثرات نامطلوبی خواهند داشت، به همین دلیل نسبت به تعیین حداکثر مجاز در سطح و بین‌المللی اقدام شده است(۱۵). با محاسبه میانگین ± انحراف معیار غلظت سرب و کادمیم در میوه کیوی نتایج ۰/۴۲ ±۳/۴۰ و ۰/۰۷ ±۰/۰۰۲۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم حاصل شد، در صورتی که در استاندارد ملی ایران(۱۶)، میزان غلظت سرب و کادمیم در مرکبات و میوه‌های مناطق گرمسیری ۰/۵ و ۰/۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد.

مقایسه غلظت میانگین فلزات مورد مطالعه در این تحقیق با مقادیر استاندارد و حدود مجاز، بیان‌گر آن است که میزان سرب در کیوی بالا است و با حد مجاز ذکر شده تفاوت معناداری دارد. این در حالی است که کادمیم در مقادیر کم‌تر از مجاز استاندارد ملی ایران می‌باشد.

در خصوص تعیین حد مجاز سرب و کادمیم در خاک استانداردی وجود ندارد. هر چند منابع تحقیقاتی مختلف براساس هدف خود، مقادیر متفاوتی را به عنوان حد مجاز در خاک و گیاه اعلام نموده‌اند که تصمیم‌گیری را کمی با مشکل مواجه نموده است. با این حال در اکثر موارد، این داده‌ها نزدیک به هم هستند (جدول شماره ۴). مطابق استاندارد اتحادیه اروپا، حد مجاز بحرانی سرب در خاک، ۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم است(۱۴).

جدول شماره ٤: مقایسه میانگین غلظت آلودگی خاک به سرب و کادمیم با حدود مجاز برحسب میلی گرم بر کیلوگرم

عنصر	[1]EU	[2]EPA	[3]WHO/FAO	نمونه خاک مورد مطالعه
سرب	۳۰۰	۱۰۰	۵۰۰	۳۳/۷۴ ±۴/۲
کادمیم	۳	۳	۵	۲/۰۴ ±۰/۴

1.Eu: European Union
2.EPA: Environmental Protection Agency
3.WHO: World Health Organization & FAO: Food and Agriculture Organization

استاندارد اتحادیه اروپا حد مجاز کادمیم در خاک را ۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم اعلام نموده است و حضور مقادیر بالای ۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیم در خاک، نشان‌دهنده آلودگی کادمیمی در خاک است(۵،۶). براساس استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا، حد مجاز فلزات سرب و کادمیم در خاک ۱۰۰ و ۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم است(۱۷).

نتایج مربوط به مقایسه مقادیر مجاز فلزات سنگین سرب و کادمیم با مقدار آن در نمونه خاک مورد مطالعه در جدول شماره ۵ ارائه شده است(۱۸). نتایج نشان می‌دهد که میزان سرب و کادمیم در نمونه خاک کشاورزی مورد مطالعه، کم‌تر از حدود مجاز تعیین شده است.

جدول شماره ٥: حدود مجاز فلزات سنگین خاک بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم

عنصر	EPA		
	حد مناسب خاک	حد سلامتی انسان و محیط	حد ضروری خاک
سرب	۵۰	۵۰	۶۰۰
کادمیم	۱	۵	۲۰

جهت مقایسه مقادیر میانگین سرب و کادمیم در نمونه آب کشاورزی و مقایسه آن با حدود مجاز، مقادیر فلزات سنگین با مقدار آن در نمونه آب کشاورزی مورد مطالعه نشان می‌دهد که میزان سرب و کادمیم در نمونه در نظر گرفته شده طبق ضوابط استانداردهای ملی و بین‌المللی در جدول شماره ۶ ارائه شده است. مقایسه مقادیر مجاز آب آبیاری، کم‌تر از حد مجاز استاندارد بوده است(۱۹، ۲۱).

جدول شماره ٦: مقایسه میانگین مقادیر سرب و کادمیم در نمونه آب کشاورزی با حدود مجاز بر حسب میلی گرم بر لیتر

عنصر	استاندارد آب آشامیدنی			استاندارد آب آبیاری		آب کشاورزی مورد مطالعه
	[1]ISIRI	WHO	EPA	WHO	FAO	
سرب	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱۵	۰/۱	۵	۰/۰۰۴۴ ±۰/۰۱
کادمیم	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵	–	۰/۰۱	۰/۰۰۱۶ ±۰/۰۰۰۸

[1].ISIRI: Institute of Standards and Industrial Research of Iran

بحث

ارزیابی میانگین کل غلظت سرب و کادمیم در اجزای مختلف کیوی (گوشت، مغز و پوست) نشان می‌دهد که میزان این عناصر در میوه کیوی به صورت گوشت کیوی < مغز کیوی< پوست کیوی است که علت آن را می‌توان این گونه بیان نمود که با توجه به

موجود بودن فلزات سنگین در آب و خاک، لذا پوست کیوی در اولین سطح تماس با فلزات سنگین قرار دارد، لذا بیش‌ترین آلودگی در پوست کیوی مشاهده می‌شود و از آن‌جایی که کادمیم دارای خطرات بهداشتی است، لازم است اقدامات جدی برای بررسی بیش‌تر منشاء کادمیم و راهکارهای اساسی جهت کاهش آن صورت گیرد. متاسفانه گزارشی از مدل انتشار آلودگی فلزات سنگین در محیط‌زیست منطقه مورد بررسی وجود ندارد، لذا امکان ارتباط موضوعی در این خصوص وجود نداشت. نتایج این پژوهش در مورد میوه کیوی بیان‌گر آن است که میزان سرب در میوه کیوی بالا است و این مقدار با حد مجاز در نظر گرفته شده تفاوت معناداری دارد($p<0/05$) این نتایج با دستاوردهای پژوهش ظفر زاده و رحیم زاده (۱۵) در مورد خیار و گوجه‌فرنگی مطابقت دارد و با توجه به این که مقدار سرب در نمونه آب، کم‌تر از حد مجاز استانداردهای جهانی بوده است و این که رسوبات جوی، کاربرد کود و سموم شیمیایی، مهم‌ترین منابع سرب در خاک کشاورزی محسوب می‌شوند و از طرف دیگر با توجه به محتوای فلزی کودها و سموم شیمیایی استفاده شده و امکان جذب سرب موجود در هوا از طریق برگ‌های گیاهان، وجود مقادیر قابل توجه سرب در نمونه‌های کیوی سنجش شده قابل توجیه است. از آن‌جا که این مطالعه در یک منطقه باغی وسیع تحت کشت کیوی انجام شده است و میزان مواجهه مناطق مختلف زمین کشاورزی انتخاب شده با منابع آلاینده احتمالی تقریباً یکسان بوده، تفاوت‌های جزئی مشاهده شده در میانگین غلظت آلاینده فلزی در خاک کشاورزی به توزیع طبیعی آن ها در خاک مربوط می‌شود. جهت کنترل آلودگی و جلوگیری از گسترش آن پیشنهاد می‌شود بررسی‌های زیست‌محیطی در خاک و محصولات کشاورزی منطقه به‌طور مستمر انجام گرفته و غلظت آلاینده‌های فلزی در خاک و محصولات کشاورزی به طور سالیانه تعیین گردد. هم‌چنین تحلیل نتایج آنالیز مربوط به خاک کشاورزی و آب آبیاری مورد مصرف نشان می‌دهد که میانگین غلظت سرب در این نمونه‌ها بیش از کادمیم است که با توزیع آلودگی محیطی آن‌ها هم‌خوانی دارد. در مورد آلودگی خاک کشاورزی بر اساس پژوهشی، حداکثر غلظت سرب در خاک، ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد و حد طبیعی آن، ۳۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد که در مقایسه با میانگین نتیجه به دست آمده در این مطالعه یعنی ۳۳/۷۴ میلی گرم بر کیلوگرم در خاک مقداری طبیعی و به دور از آلودگی ثانویه است. به علاوه حداکثر غلظت مجاز کادمیم ۰/۳ میلی گرم بر کیلوگرم می‌باشد و حد طبیعی کادمیم ۰/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده است که در مقایسه با میانگین نتیجه به دست آمده در این مطالعه یعنی ۲/۰۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم در خاک غیرطبیعی و دارای آلودگی است(۲۲).

سرب در خاک چندان محلول نیست، با این حال عمدتاً توسط ریشه‌های مویین گیاه جذب و در دیواره‌های سلولی ذخیره می‌گردد(۲۳). در نتایج سایر مطالعات، جذب سرب از راه اندام‌های هوایی گیاهان بسیار چشمگیر و بیش‌تر از جذب توسط ریشه‌ها گزارش شده است(۲۴). نتایج مطالعات نشان می‌دهد که خاک‌های حاوی غلظت‌های ۰ تا ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیم غیرآلوده، در غلظت‌های ۱ تا ۳ میلی گرم بر کیلوگرم کادمیم نسبتاً آلوده و خاک‌های حاوی غلظت‌های ۳ تا ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیم، آلوده هستند(۲۵)، لذا غلظت ۲/۰۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیم در خاک در مطالعه حاضر نشان می‌دهد که مقداری آلودگی به کادمیم در این خاک وجود داشته و در این خصوص پیشنهاد می‌شود نسبت به تدوین یک استاندارد ملی در خصوص تعیین حد مجاز فلزات سرب و کادمیم در خاک کشاورزی اقدام و پایش و اندازه‌گیری دائمی میزان کل فلزات سنگین در نمونه‌ها و خاک زمین‌های زراعی مورد مصرف صورت پذیرد.

نتایج بررسی میزان فلزات سنگین سرب و کادمیم در آب و خاک کشاورزی و ارتباط آن با قسمت‌های مختلف کیوی نشان‌دهنده وجود ارتباط معنی‌داری بین آن‌ها می‌باشد ($p < ۰/۰۵$). این نتایج نشان می‌دهد که مقادیری از این فلزات سنگین در خاک وجود داشته و موجب تجمع این فلزات در بافت میوه شده است. با توجه به این که پایداری عناصر سنگین در خاک نسبت به سایر آلاینده‌ها بسیار طولانی بوده و آلودگی خاک به فلزات سنگین یک آلودگی پایدار و دائمی است، از این رو پایش آب مصرفی در کشاورزی از نظر عاری بودن از فلزات سنگین یا برقراری یک فرایند پیش تصفیه مناسب برای حذف این عناصر و هم‌چنین کنترل و پایش محصول باغی از نظر فلزات سنگین پیش از عرضه به بازار مصرف ضروری است.

سپاسگزاری

این مقاله حاصل پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان می‌باشد و نویسندگان مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را از کسانی که زمینه لازم برای انجام این تحقیق را فراهم آوردند، به ویژه از مرکز تحقیقات سلامت آب وزارت بهداشت، اعلام می‌نمایند.

References

1. Ghasemzadeh M, Alipour RG, Fatthi Moghadam F. Effect of harvesting time on antioxidant capacity and keeping quality of actinidia deliciosa c.v. Hayward fruit. Journal of Crops Improvement. 2011; 13(1):55-64. (persian)
2. Zakipure-Molkabadi E, Hamidi Esfehani Z, Abbasi S. Formulation of Leather from Kivi Fruit Lisses. Iran J Sci Technol. 2011; 6(4): 263-270. (persian)
3. Duruib JO, Ogwuegbu MO, Egwurug JN. Heavy metal pollution and human biotoxic effects. International Journal Physical Sciences. 2007; 2(5):112-118.
4. Mohajer R, Salehi MH, Mohammadi j. Lead and cadmium concentration in Agricultural Crops (Lettuce, cabbage, beet root and onion) of Isfahan province. Iranian Journal of Health and Environment. 2014; 7(1)(23): 1-10. (persian)
5. Cheragi M, Sohrabi M, Shayesteh K. Determination of copper and cadmium concentr ation in greenhouse tomatoes produced in Hamadan province during 2012. Journal of Food Hygiene. 2014; 3(12): 31-40. (persian)
6. Givianrad MH, Sadeghi T, Larigani K, Hosseini SE. Determination of cadmium and lead in lettuce, mint and leak cultivated in different sites of southern Tehran. Journal of Food Technology and Nutrition. 2011; 8(2): 38-43. (persian)
7. Akbari-adergani B, Gharanfoli F, Hassanzade M, Khashyarmanesh Z, Rezaee R, Karimi G. 2012, Determination of heavy metals in different honey brands from Iranian markets. Food Addit Contam Part B Surveil. 2012; 5(2): 105-111.
8. Sadeghzadeh FS, Akbari-Adergani B. Bioaccumulation and Exposure Assessment of Lead and Cadmium Due to Consumption of Penaeus

semisulcatus A Post-market Surveillance in Tehran 2012. J Health Syst Res. 2014; 10(3):628-639. [Persian]

9. Yargholi B. Cadmium absorption by tomatoes and different growth stage in polluted soil. Journal of Agricultural Engineering Research. 2012; 12(4):1-18. (persian)
10. Chary NS, Kamala CT, Raj SS. Assessing risk of heavy metals from consuming food grownon sewage irrigated soils and food chain transfer. Ecotoxicol Environ Saf. 2008; 69(3): 513-524.
11. Norton GJ, Deacon CM, Mestrot A, Feldmann, J, Jenkis P, Meharge AA. Cadmium and lead in vegetable and fruit producte selectd from specific regional area of the UK. Sci Total Environ. 2015; 533: 520-527.
12. Fang B, X Zhu. High content of five heavy metals in four fruits: Evidence from a case study of pujiang country, zhejiane province, china. Food Control. 2014; 39: 62-67.
13. Zohrehvand F, Takdastan A, Jaafarzadeh N, Ramezani Z, Ahmadi angali K, Gharibi H. Assessment of lead contamination in vegetables, irrigation water and soil in farmland irrigater by surface water in ahvaz. J Mazandaran Univ Med Sci. 2014; 24(118): 226-231. (persian)
14. Akbari-adergani B, Ezeddin M, Moghaddam HH, Shoeibi S. Effect of production production process on concentration of lead arsenic in sun flower, oil. J Mazandaran Univ Med Sci. 2015; 25(127): 38-48. (persian)
15. Zafarzadeh A, Rahimzadeh H. Concentration of cadmium, lead, zinc and copper in the cucumber and tomatoe in northern Iran. J Gorgan Univ Med Sci. 2015; 17(1): 77-83. (persian)
16. Institute of Standard and industrial Research of Iran (ISIRI). Iranian National Standard, Food and Feed. Maximum limit of heavy metals 2010; No. 12968.
17. Singeh BR, Marwall RP. Plant availability of heavy metal in a sludge treated soil. J Envirion Quall. 1992; 21(3): 344-349.
18. Shariati S, Aghanabati SA, Mosavi harami SR, Modabberi S, Adabi MH. Assessment of population rate cauded by the mining industries and processing of lead and zinc on the water and soil of Anguran-Dandy Region. Geoscience. 2011; 21(81): 45-54. (persian)
19. Akbari-Adergani B. Physical and chemical experiments for Water Quality Control, 1st ed. Chap 4. Esfahan: Esfahan University of Medical Sciences Publication; 2013. P. 59-78. (persian)
20. Institute of Standard and industrial Research of Iran (ISIRI). Specification for drinking water. ISIRI, 1997; No. 1053.
21. Codex Alimntarius commission (WHO/ FAO). Food additives and contaminants joint, (WHO/FAO). food standard program. 2001.
22. Khaledian MR, Motamed MK , Rezaei M, Bayat M, Maleknia B. Effect of heavy metals concentration of irrigation

water from different source on the contamination of paddy field soil. Journal of Water and Soil Conservation. 2014; 21(4):275-285.(persian)

23. Bahadir T, Bakan G, Altas L, Buyukgungor H. The investigation of lead removal by biosorption: An application at storage battery industry wastewater. Enzyme Microb Tech. 2007; 41(1-2): 98–102.
24. Bayramoğlu G, Arıca MY. Removal of heavy mercury (II), Cadmium (II) and Zink (II) metal ions by live and heat inactivated lentinus edodes pellets. Chem Eng J. 2008; 143(1-3):133–140.
25. Babel S, Kurniawan TA. Low-cost adsorbents for heavy metals uptake from contaminated water: a review. J Hazard Mater. B97 2003; 28(1-3): 219–243.