Journal of Food Hygiene, Vol. 9, No. 36 Winter 2020

"Research article" **DOI: 10.30495/JFH.2020.671044**

Estimation of potential risk and daily intake of heavy metals in grape fruit in Malayer

Solgi, E.[1*], Borchaloei, M.[2]

1. Associate Professor Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran
2. MSc Student of Environmental Pollution, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Hamedan, Iran

[*]Corresponding Authors: e.solgi@malayeru.ac.ir

(Received: 2019/6/19 Accepted: 2020/1/28)

Abstract

Food contamination with heavy metals is a major health concern. In this research, the daily intake and risk assessment of the grape with the perspective of heavy metal contamination were measured in Malayer city. For sampling, five villages were selected. The concentrations of heavy metals were determined by atomic absorption spectrophotometry with flame and graphite furnace technique. For assessment the contamination level of each metal, the single factor index (SFI), and for assessment of the cumulative contamination of heavy metals, the integrated pollution index (IPI) were applied. The concentration level of heavy metals in the grape cultivars was found in the decreasing order as Cu> Mn> Zn> Ni> Pb and lower than the *maximum permissible* levels recommended by *FAO*/WHO. Among the studied cultivars, Askari cultivar contained higher heavy metal concentrations compared to the other two cultivars and Fakhri cultivar showed the lowest concentrations. In general, lead concentration was found to be low in the three grape cultivars. The integration *pollution index (IPI) of* heavy metals was higher in CV. Askari, as compared with the two other cultivars, although the *IPI of* heavy metals in three grape cultivars was at a safe level. In general, the highest DIR was obtained for the Askari cultivar. The THQ of all metals were below 1. The integrated pollution index of heavy metals in three grape cultivars was low and heavy metals pollution was within the safe limits with IPI ≤ 0.7. The DIR and THQ showed that the consumption of grape cultivars poses no risk to health.

Conflict of interest: None declared.

Keywords: Grape cultivars, Heavy metals, Risk assessment, Daily intake rate (DIR), Malayer

«مقاله پژوهشی»
DOI: 10.30495/JFH.2020.671044

برآورد پتانسیل خطر و جذب روزانه فلزات سنگین در برخی ارقام انگور تولیدی در ملایر

عیسی سلگی[1*]، مرضیه برچلوئی[2]

۱. دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد آلودگی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه ملایر، ملایر، ایران
*نویسنده مسئول مکاتبات: e.solgi@malayeru.ac.ir

(دریافت مقاله: ۹۸/۳/۲۹ پذیرش نهایی: ۹۸/۱۱/۸)

چکیده

آلودگی مواد غذایی با فلزات سنگین از نگرانی‌های مهم در ارتباط با سلامتی مواد غذایی است. در این پژوهش آلودگی به فلزات سنگین و جذب روزانه آن در انگور در ملایر اندازه‌گیری شد. ارقام انگور پنج روستا انتخاب و غلظت سرب، مس، نیکل، منگنز و روی با دستگاه جذب اتمی شعله و کوره گرافیتی اندازه‌گیری شد. برای ارزیابی سطح آلودگی یک فلز از شاخص تک عاملی (SFI) و برای ارزیابی آلودگی تجمعی فلزات سنگین از شاخص تجمعی (IPI) استفاده شد. میزان غلظت مس، منگنز، روی، نیکل و سرب در نمونه‌های کشمشی به‌ترتیب ۰/۲۸±۱/۰۵، ۰/۳±۱/۳۰، ۰/۱۱±۰/۶۰، ۰/۰۷±۰/۲۶ و ۰/۰۰۷±۰/۰۳، در نمونه‌های عسکری به‌ترتیب ۰/۳۵±۱/۸۶، ۰/۲۱±۱/۲۳، ۰/۱۵±۰/۶۳، ۰/۰۸±۰/۲۷ و ۰/۰۳۳±۰/۰۴ و در نمونه‌های فخری به‌ترتیب ۰/۵۲±۰/۹۳، ۰/۳۹±۱/۱۸، ۰/۱۱±۰/۶۵، ۰/۱۰±۰/۲۶ و ۰/۰۰۳۴±۰/۰۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن مرطوب (پایین‌تر از حد مجازFAO/WHO) تعیین شد. در میان ارقام مورد مطالعه، رقم عسکری حاوی بالاترین غلظت فلزات سنگین بود و رقم فخری پایین‌ترین غلظت‌ها را نشان داد. مقادیر کمی از سرب در هر سه رقم انگور مشاهده شد. آلودگی تجمعی فلزات سنگین در رقم عسکری بالاتر بود، ولی آلودگی تجمعی فلزات سنگین در سه رقم انگور در سطح ایمن بودند. بالاترین میزان مصرف روزانه (DIR) مربوط به رقم عسکری بود. مقادیر پتانسیل خطر (THQ) برای تمام فلزات کوچک‌تر از یک برآورد شد . شاخص تجمعی فلزات سنگین در سه رقم انگور پایین بود و آلودگی فلزات سنگین در سطح ایمنی IPI ≤۰/۷ بود. محاسبه میزان مصرف روزانه (DIR) و مقادیر پتانسیل خطر(THQ) نشان داد که مصرف ارقام انگور مورد مطالعه هیچ خطری برای سلامتی ندارند.

واژه‌های کلیدی: ارقام انگور، فلزات سنگین، ارزیابی خطر، میزان مصرف روزانه (DIR)، ملایر

مقدمه

تـأمین امنیـت غـذایی یکی از مهم‌ترین مشـــکلـات بهداشتی در سراسر جهان است. در حال حاضر با توجه بـه افزایش خطر آلودگی مواد غـذایی توســط ســموم آفت‌کش و فلزات ســنگین مســائل ایمنی مواد غذایی موردتوجه قرار گرفته اســت (Shaheen *et al*., 2016). مصـرف مواد غذایی آلوده به فلزات سـنگین باعث بروز بیمـاری‌های حاد و مزمن ازجمله نارســایی کلیه، پوکی استخوان، بیماری تنفسی، کاهش حافظه، آسم، مشکلات قلبی و انواع ســرطان می‌شــود (Solgi *et al*., 2018). برخی فلزات ســنگین مانند کادمیوم، کروم و ســرب از عناصـر غیرضـروری هسـتند که اثرات منفی بر سـلامت دارنـد. فلزات ســنگین دیگری مانند نیکل، از عناصــر غذایی کم‌مصرف برای سلامت انسان می‌باشند اما مقادیر بالاتر از حد مجاز آن‌ها سـلامتی انسـان را تهدید می‌کند (Ji-yun *et al*., 2016). میوه منبع مهمی از مواد مغذی و مکمل غذایی اسـت؛ زیرا هم به‌طور گسترده در دسترس است و هم هزینه آن پایین است (Mitic *et al*., 2012). بنابراین میوه‌ها از مهم‌ترین اقلام در سبد غذایی به شمار می‌روند. قابل‌ذکر است میوه‌ها می‌توانند سطوح بالایی از فلزات ســنگین را در بخش‌هـای خوراکی خود تجمع دهنـد (Ji-yun *et al*., 2016). در میـان میوه‌هـا انگور به‌عنوان بزرگ‌ترین منبع ترکیبات فنولیک شـناخته شـده است. ترکیبات فنولیک مسئول فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی هسـتند. بدین ترتیب پتانسیل مهارکنندگی مواد سرطان‌زا را دارند و از اختلالات قلبی و عروقی جلوگیری می‌کنند (Mitic *et al*., 2012). در ایران، انگور بـانـام علمی (*Vitis vinifera*) بـا تولیـد ســالـانه ۱۱٤٤ هزار تن از مهم‌ترین میوه‌هـای صـــادراتی می‌باشـــد (FAO-OIV FOCUS, 2016). تـاکنون مطـالعه‌ای درزمینه‌ی آلودگی فلزات ســـنگین و ارزیـابی خطر در ارقام مختلف انگور ایران و مناطق اصــلی تولید آن انجام نشــده اســت. تنها مطـالعـه موجود در این زمینـه بررســی غلظت فلزات سنگین در خاک اکوسیستم‌های زراعی انگور ملایر است (Solgi and Solgi, 2015). بنابراین هدف از این مطالعه تعیین غلظت فلزات ســنگین در ارقام انگور کشــمشــی (*V. vinifer CV Keshmeshi*)، عســکری (*V. vinifer CV Askari*) و فخری (*V. vinifer CV Fakhri*) در ملایر به‌منظور ارزیابی احتمال خطر سـلامت انسان در رابطه با مصـرف این میوه و نیز محاسـبه میزان مصرف روزانه و پتانسیل خطر است.

مواد و روش

نمونه‌برداری انگور در اواخر فصــل تابســتان ســال ۱۳۹۵ برای ســنجش فلزات ســنگین انجام شــد. منطقه موردمطالعه در محدوده بین طول‌های جغرافیایی '٤٨°٥٣ تا '٤٨°٩٢ و عرض‌های جغرافیایی '٣٤°١٢ تا '٣٤°٥٣ قرار دارد (Solgi and Solgi, 2015). بر اســاس اطلـاعات به‌دســت‌آمده در این باغات عمدتاً ســم دیازینون برای مبارزه با کرم خوشــه خوار و قارچ کش پنکو نازول علیه سـفیدک سـطحی به‌کار می روند. پنج روستا بر اســاس بیشــترین میزان تولیـد انگور انتخاب و در هر روســتا چهار تاکســتان انتخاب شــد. در هر تاکســتان نمونـه‌برداری بـه‌صــورت مرکـب و از یـک پلات یک هکتاری انجام شـد. در مجموع ٦٠ نمونه انگور در زمان برداشـت جمع‌آوری شد. در این پژوهش انگور از ارقام کشــمشــی (*V. vinifer CV Keshmeshi*)، فخری (*V.*

vinifer CV Fakhri) و عسگری (*V. vinifer CV Askari*) برداشت شد. با توجه به زمان کوتاه ماندگاری محصول انگور نمونه‌ها در اسرع وقت برای انجام آنالیزهای بعدی به آزمایشگاه محیط‌زیست دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست دانشگاه ملایر منتقل شدند. در آزمایشگاه نمونه‌ها توسط آب مقطر دو بار شسته شدند، سپس همه قسمت‌های خوراکی میوه (پوست و هسته به همراه میوه انگور) توزین گردیدند. به‌منظور هضم شیمیایی نمونه‌های انگور، ۱۲ گرم از نمونه وزن شد و سپس ۱۲/۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک، ۲/۵ میلی‌لیتر اسید پرکلریک و ۲/۵ میلی‌لیتر آب‌اکسیژنه به آن‌ها اضافه شد. سپس نمونه‌ها در مرحله اول به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ٦۰ درجه سلسیوس در دستگاه هیتینگ بلاک (مدل Q Block) گرما داده شد و در مرحله بعدی به‌مدت ٦۰ دقیقه در دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس گرما داده شد. بعد از فیلتر کردن، نمونه‌ها به حجم نهایی ۲۵ میلی‌لیتر رسانیده شد (Olalla *et al*., 2004). غلظت مس، روی، نیکل و منگنز در نمونه‌های انگور توسط دستگاه جذب اتمی به‌روش شعله (Contraa 700, Analytik Jena, Germany) و غلظت سرب توسط جذب اتمی به‌روش کوره گرافیتی (GF-AAS 8020) اندازه‌گیری شد (Lopes-Artiguez *et al*., 1996).

- محاسبه سطوح آلودگی

برای ارزیابی سطح آلودگی یک فلز در هر نمونه، شاخص تک عاملی SFI (Single factor indexes) مورداستفاده قرار گرفت که طبق فرمول (۱) محاسبه شد (Li *et al*., 2013). اگرSFI بیشتر از ۱ باشد نمونه به فلز سنگین آلوده شده است، در غیر این صورت نمونه آلوده به فلز سنگین نیست.

رابطه (۱) $Pn=Cn/Sn$

P_n، مقادیرSFI فلزات سنگین

C_n، غلظت فلزات سنگین برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم

S_n، استاندارد ارزیابی فلزات سنگین برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم (جدول۱).

جدول (۱)- استاندارد ارزیابی فلزات سنگین برای محاسبه شاخص تک عاملی (Ji-yun *et al*., 2016)

فلزات سنگین	استاندارد ارزیابی (mg/kg)
سرب	۰/۲
نیکل	۰/۳
مس	۱۰
روی	۵

برای ارزیابی آلودگی تجمعی فلزات سنگین در هر نمونه، شاخص تجمعی (Integrated pollution indexes) IPI مورداستفاده قرار گرفت (Shen *et al*., 2013). شاخص IPI طبق فرمول ۲ محاسبه شد و سطوح آلودگی طبق این شاخص در جدول (۲) نمایش داده شده است.

رابطه (۲) $P_{int}=\sqrt{(P_{max}{}^2+P_{ave}{}^2)/2}$

P_{int}، مقادیر IPI فلزات سنگین در نمونه واحد.

P_{max}، بیشترین سطح SFI فلزات سنگین در یک نمونه واحد

P_{ave}، میانگین سطح SFI فلزات سنگین در یک نمونه واحد.

جدول (۲)- درجه‌بندی آلودگی تجمعی سطح فلزات سنگین

درجه‌بندی	IPI	سطح آلودگی تجمعی
۱	$IPI \leq 0.7$	ایمنی
۲	$0.7< IPI \leq 1$	هشدار
۳	$1< IPI \leq 2$	کم
٤	$2< IPI \leq 3$	متوسط
٥	$IPI >3$	شدید

- محاسبه نرخ جذب روزانه

DIR (Daily intake rate) فلزات سنگین برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم بر روز طبق رابطه ۳ محاسبه شد (Li *et al*., 2014). در این رابطه میانگین وزن بزرگسالان (B_W) ۷۰ کیلوگرم در نظر گرفته شد (Taghizadeh *et al*., 2017). میزان مصرف انگور (I_R) در ایران ۰/۰۳۹٤ کیلوگرم بر روز برآورد شده است (FAO, 2016).

رابطه (۳) $DIR= C\times I_R/B_W$

C، غلظت فلزات سنگین در ارقام انگور (mg/kg).

I_R، میزان مصرف انگور (kg/day).

B_W، وزن بدن افراد بالغ (kg).

- محاسبه پتانسیل خطر

با استفاده از فرمول ٤ می‌توان مقادیر پتانسیل خطر فلزات سنگین را که مصرف‌کنندگان در معرض آن هستند ارزیابی کرد (Roba *et al*., 2016). اگر پتانسیل خطر (THQ) به‌دست‌آمده کمتر از ۱ باشد ممکن است برای مصرف‌کنندگان اثرات مشهود بهداشتی نداشته باشد. اگر THQ کل (TTHQ دو یا چند فلز سنگین) بزرگ‌تر از ۱ باشد مصرف‌کنندگان در معرض اثرات نامطلوب بهداشتی هستند (Vazques *et al*., 2016). مدت‌زمان در معرض قرارگیری (E_D)، ۷۰ سال برای بزرگسالان (در ایران) است (۳). دوز مرجع (RfD) به‌ترتیب برای سرب، نیکل، مس، روی و منگنز ۰/۰۰٤، ۰/۰۲، ۰/۰٤، ۰/۳ و ۰/۱٤ میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز است (Shaheen *et al*., 2016).

رابطه (٤) $THQ = (E_F\times E_D\times I_R\times C)/(RfD\times B_W\times A_T)$

E_F، فرکانس مواجهه (روز بر سال).

E_D، مدت‌زمان در معرض قرار گرفتن (برحسب سال).

I_R، میزان مصرف انگور (کیلوگرم بر روز).

C، غلظت فلزات سنگین در ارقام انگور (میلی‌گرم بر کیلوگرم).

RfD، دوز مرجع رفرنس (میلی‌گرم بر کیلوگرم بر روز).

B_W، وزن افراد بزرگسال (کیلوگرم).

A_T، میانگین روزهای عمر یک فرد.

- تجزیه و تحلیل داده‌ها

تحلیل آماری داده‌ها توسط نرم‌افزارهای SPSS و Excel انجام شد. نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون شاپیروویلک انجام شد. برای مقایسه غلظت‌های فلزات سنگین، نرخ جذب روزانه و پتانسیل خطر در سه رقم

مختلف انگور بر اساس نرمال بودن یا نبودن داده‌ها از آزمون‌های ANOVA یک‌طرفه و کروسکال والیس استفاده شد.

یافته‌ها

در این مطالعه، غلظت فلزات سنگین سرب، نیکل، مس، روی و منگنز برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن مرطوب در سه رقم انگور ملایر، شامل کشمشی، عسکری و فخری مشخص شد. در میان ارقام انگور موردمطالعه رقم عسکری حاوی بالاترین غلظت فلزات سنگین بود. درحالی‌که رقم فخری نسبت به دو رقم دیگر پایین‌ترین غلظت‌ها را نشان داد (جدول۳). در میان فلزات سنگین اندازه‌گیری شده احتمال تجمع مس و منگنز، از سه فلز دیگر بیشتر است و انباشتگی نیکل و روی بیشتر از سرب است. در این مطالعه بیشترین غلظت مس در رقم عسکری مشاهده شد. همچنین غلظت سرب در رقم عسکری نسبت به دو رقم دیگر بالاتر مشاهده شد. به‌طورکلی غلظت سرب در سه رقم انگور ناچیز بود. همچنین در جدول (۳) مقایسه غلظت فلزات سنگین در ارقام مختلف انگور با حد مجاز FAO/WHO انجام شده است که نتایج حاکی از پایین بودن این مقادیر نسبت به این استاندارد است. جدول (٤) نتایج شاخص تک عاملی را برای فلزات سنگین سرب، نیکل، روی و مس در ارقام انگور موردمطالعه نشان می‌دهد.

روند شاخص‌های تک عاملی برای فلزات سنگین یاد شده در دو رقم کشمشی و فخری به‌صورت مس < روی < سرب < نیکل و در رقم عسکری به‌صورت روی < مس < سرب < نیکل بود. شاخص تک عاملی برای نیکل به‌طور قابل‌توجهی نسبت به سرب، مس و روی بالاتر بود. به‌طورکلی شاخص تک عاملی برای فلزات سنگین (سرب، روی و مس) به‌مراتب کمتر از یک بود ولی در رقم عسکری شاخص تک عاملی برای نیکل، سرب و مس نسبت به دو رقم کشمشی و فخری بالاتر بود. شاخص‌های تک عاملی برای فلزات سنگین کمتر از یک بود که نشان می‌دهد نمونه‌های ارقام انگور آلوده به فلزات سنگین نیستند. همچنین IPI برای فلزات سنگین در ارقام انگور موردمطالعه نشان داد که ارقام انگور کشمشی، عسکری و فخری در سطوح ایمن ($IPI \leq 0.7$) بوده و رقم عسکری نسبت به دو رقم دیگر IPI بالاتری داشت.

جدول (۵) میزان مصرف روزانه (DIR) فلزات سنگین را با مصرف ارقام انگور موردمطالعه نشان می‌دهد. در رقم عسکری سهم فلزات سنگین در DIR به‌ترتیب سرب<نیکل< روی< منگنز<مس و در دو رقم کشمشی و فخری سرب<نیکل< روی< مس<منگنز بود. بالاترین DIR فلزات سنگین به‌دلیل مصرف انگور رقم عسکری بود. درحالی‌که کمترین DIR به‌دلیل مصرف ارقام انگور کشمشی و فخری بود. برای ارزیابی خطر سلامت مرتبط با آلودگی فلزات سنگین ارقام انگور موردمطالعه، THQ محاسبه شد (جدول٦). THQ فلزات سنگین در انگور رقم کشمشی و فخری به‌ترتیب روی< سرب < منگنز< نیکل< مس و در رقم عسکری به‌ترتیب روی < منگنز < سرب< نیکل< مس بود.

جدول (۳)- نتایج مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین بین ارقام مختلف انگور و نیز مقایسه با مقادیر مجاز FAO/WHO

فلزات سنگین	حد مجاز FAO/WHO(mg/kg)	رقم کشمشی	رقم عسکری	رقم فخری
سرب	۰/۵	۰/۰۳^{b}	۰/۰٤^{a}	۰/۰۳^{b}
روی	۱/۵	۰/٦۰^{a}	۰/٦۳^{a}	۰/٦۵^{a}
مس	۲/۰	۱/۰۵^{a}	۱/۸٦^{a}	۰/۹۳^{b}
منگنز	۵/۰	۱/۳۰^{a}	۱/۲۳^{a}	۱/۱۸^{a}
نیکل	(۰/۵)	۰/۲٦^{a}	۰/۲۷^{a}	۰/۲٦^{a}

a, b: در هر ستون بیانگر اختلاف آماری معنی دار بین ارقام انگور است.

جدول (٤)- شاخص‌های تک عاملی (SFI) و تجمعی (IPI) فلزات سنگین آنالیز شده در ارقام انگور موردمطالعه

ارقام انگور	SFI				IPI	
	سرب	نیکل	مس	روی		
کشمشی	۰/۱۵	۰/۷۸	۰/۱۰۵	۰/۱۲	۰/٦۵	$IPI \leq 0.7$
عسکری	۰/۲	۰/۹	۰/۱۸	۰/۱۲٦	۰/٦۸	$IPI \leq 0.7$
فخری	۰/۱۵	۰/۷۸	۰/۰۹۳	۰/۱۳	۰/٦۵	$IPI \leq 0.7$

جدول (۵)- تخمین و مقایسه نرخ جذب روزانه (DIR) فلزات سنگین ارقام انگور موردمطالعه

ارقام انگور	تخمین نرخ جذب روزانه (میکروگرم بر کیلوگرم بر روز)				
	سرب	نیکل	مس	روی	منگنز
کشمشی	۰/۰۱۷^{b}	۰/۱٤٦^{a}	۰/۵۹۱^{b}	۰/۳۳۸^{a}	۰/۷۳۲^{a}
عسکری	۰/۰۲۲^{a}	۰/۱۵۲^{a}	۱/۰٤۷^{b}	۰/۳۳۵^{a}	۰/٦۹۲^{a}
فخری	۰/۰۱۷^{b}	۰/۱٤٦^{a}	۰/۵۲۳^{a}	۰/۳٦٦^{a}	۰/٦٦٤^{a}

a, b: در هر ستون بیانگر اختلاف آماری معنی‌دار است.

جدول (٦)- تخمین و مقایسه پتانسیل خطر فلزات سنگین (THQ) در ارقام انگور موردمطالعه

ارقام انگور	پتانسیل خطر (THQ)					TTHQ
	سرب	نیکل	مس	روی	منگنز	
کشمشی	۰/۰۰٤۸^{b}	۰/۰۰۷۳^{a}	۰/۰۱٤۷^{a}	۰/۰۰۱۱۲۵^{a}	۰/۰۰۵۲۲^{a}	۰/۰۳۲۵
عسکری	۰/۰۰٦٤^{b}	۰/۰۰۷۵^{a}	۰/۰۲٦۱۷^{b}	۰/۰۰۱۱۸^{a}	۰/۰۰٤۹٤^{a}	۰/۰٤۵
فخری	۰/۰۰٤۸^{a}	۰/۰۰۷۳^{a}	۰/۰۱۲۷۲^{a}	۰/۰۰۱۲۱^{a}	۰/۰۰٤۷٤^{a}	۰/۰۳۰

a, b: در هر ستون بیانگر اختلاف آماری معنی‌دار است.

بحث و نتیجه‌گیری

میزان غلظت فلزات سنگین در ارقام انگور موردمطالعه، سرب<نیکل< روی< مس<منگنز بود فقط در مورد رقم عسکری مس بیشتر از منگنز بود. در مطالعه روی انگور در کشور چین نیز بیشترین مقادیر در بین فلزات مربوط به منگنز بود (Li *et al*., 2018). به‌عبارت‌دیگر، در میان فلزات سنگین اندازه‌گیری شده تجمع مس و منگنز، از سه فلز دیگر بیشتر است و انباشتگی نیکل و روی نیز بیشتر از سرب است. مطالعات قبلی (Ko *et al*., 2007) نشان می‌دهد که تغییر در الگوهای انباشت فلزات به نوع رقم بستگی دارد. همچنین اختلاف در غلظت فلزات سنگین در ارقام انگور ممکن است ناشی از شرایط رشد، فاکتورهای ژنتیکی، شرایط خاک، تغییرات جغرافیایی و روش‌های آنالیز باشد (Zhu *et al*., 2012). با توجه بررسی‌های پیشین (Solgi and Solgi, 2015) میانگین غلظت مس، سرب و روی در خاک باغات انگور واقع در دشت ملایر به‌ترتیب ۷/۳٦، ٦/۹۱ و ٥٤ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود که این مقادیر از میانگین جهانی و مقادیر پوسته زمین برای این فلزات کمتر هستند. در حال حاضر این خاک‌ها ازنظر آلودگی خاک به فلزات سنگین در معرض خطر جدی نمی‌باشند. کاربرد کودهای حیوانی در زمین‌های کشاورزی منجر به تجمع فلزات سنگین مانند مس، سرب، نیکل و روی در خاک می‌شوند. کودهای مصرفی در این منطقه عمدتاً شامل کودهای نیتروژنه، فسفاته، پتاسه، کود آهن و نیز کود مرغی می‌باشند.

در مدیریت یکپارچه آفات، بسیاری از مواد شیمیایی که به‌طور گسترده در کشاورزی استفاده می‌شوند، قارچ‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها هستند که پایه ترکیبات آن‌ها مس، منگنز، سرب یا روی است (Brunetto *et al*., 2017). بنابراین خاک و شرایط آب و هوایی فاکتورهای ابتدایی تعیین ترکیبات فلزات انگور هستند (Zhu *et al*., 2012). ترکیب فلزات در انگور به استعداد تاک در جذب عناصر سمی که درنتیجه آلودگی خاک به وجود آمده‌اند بستگی دارد (Karatas *et al*., 2015). غلظت منگنز در پژوهش (Türkdoğan *et al*., 2003) در ترکیه بالاتر از پژوهش حاضر گزارش شد. در برزیل میانگین غلظت نیکل را پایین‌تر و میانگین غلظت سرب را در ارقام انگور بالاتر از پژوهش حاضر بیان کردند (Guerra *et al*., 2012). مقادیر غلظت روی، مس و نیکل در مطالعه انجام شده در لیبی بالاتر از مطالعه حاضر گزارش شد (Elbagermi *et al*., 2012). غلظت سرب و نیکل در انگور مطالعات (Ji-yun *et al*, 2016) در چین کمتر از پژوهش حاضر بیان شد. مقادیر سرب و روی انگور در این مطالعه پایین‌تر از گزارشات (Roba *et al*., 2016) در رومانی بود. همچنین میزان غلظت مس در این پژوهش بالاتر از مطالعات (Roba *et al*., 2016) در رومانی گزارش شد. با این‌حال محتوای فلزات سنگین درنتیجه جذب انتخابی از خاک و جذب مستقیم در بافت‌های گیاهان به‌ویژه برگ‌ها ذخیره می‌شوند (Li *et al*., 2012). با توجه به جدول (۳) در نمونه‌های ارقام انگور موردبررسی، غلظت فلزات سنگین پایین‌تر از حد مجاز FAO/WHO بود (FAO/WHO, 1999). بررسی‌های (Guerra *et al*., 2012) در ارقام انگور برزیل نشان داد که محتوای فلزات سنگین نیکل کمتر از این پژوهش بود اما مقادیر سرب در ارقام انگور برزیل از حد مجاز کدکس (حد مجاز برآورد شده توسط FAO/WHO) فراتر رفت بااین‌حال محصولات صادراتی کشاورزی برزیل هیچ مشکلی را درزمینه محتوای فلزات

سنگین نشان ندادند. سرب در انگور کشت شده در منطقه معدنی Baia Mare (رومانی) برای مناطق شهری و روستایی به‌ترتیب ۲/٦ و ۳/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم که از مقادیر به‌دست آمده در این پژوهش بیشتر است (Roba *et al*., 2016).

شاخص‌های SFI و IPI هر دو مقادیر کمتر از یک داشتند که سطوح ایمن سه رقم انگور نشان می‌دهند. در مطالعه (Ji-yun *et al*., 2016) در چین مقادیر شاخص SFI برای مس، روی و نیکل در انگور کمتر از یک و در مجموع مقادیر SFI برای نیکل از دیگر فلزات بیشتر بود که هم‌راستا با یافته‌های این تحقیق است. تفاوت‌های موجود در غلظت فلزات سنگین در ارقام انگور احتمالاً به‌دلیل شرایط رشد، عوامل ژنتیکی، خواص خاک و تغییرات جغرافیایی باشد (Zhu *et al*., 2012).

به‌طورکلی، میزان کل مصرف روزانه سرب، نیکل، مس، روی و منگنز ناشی از مصرف ارقام انگور موردمطالعه به‌ترتیب ٪۰/۵٦۲۵-۰/٤۲۲، ٪۰/۷۵۹۵ - ۰/۷۳۱۵، ٪۲/٦۱۷۲ -۱/۳۰۸۵، ٪۰/۱۲۱۹۳-۰/۱۱۲۵ و ٪۰/۵۲۲٦-۰/٤۷٤۳ از مصرف روزانه قابل‌تحمل برای سرب (۰/۰۰٤ میلی‌گرم بر کیلوگرم بر روز)، نیکل (۰/۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بر روز)، مس (۰/۰٤ میلی‌گرم بر کیلوگرم بر روز)، روی (۰/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم بر روز) و منگنز (۰/۱٤ میلی‌گرم بر کیلوگرم بر روز) است. درنتیجه، تجمع فلزات سنگین از طریق مصرف ارقام انگور موردمطالعه هیچ تأثیری بر سلامت مصرف‌کنندگان ندارد. در میان فلزات سنگین آنالیز شده در ارقام انگور، روی دارای کمترین پتانسیل خطر برای سلامتی است که ممکن است مربوط RfD بالای آن باشد. TTHQ ناشی از مصرف این ارقام انگور به‌ترتیب در ارقام عسکری (۰/۰٤۵)، کشمشی (۰/۰۳۲۵) و فخری (۰/۰۳۰) بود. *مقادیری محاسبه شده THQ و TTHQ* نشان داد که هیچ‌کدام از فلزات سنگین موردبررسی برای مصرف‌کنندگان انگور خطری ایجاد نمی‌کند. THQ برای تمام فلزات سنگین موردبررسی و TTHQ برای ارقام انگور موردمطالعه بسیار پایین‌تر از ۱ بود که نشان می‌دهد خطری برای مصرف‌کنندگان ندارد. THQ برابر با ضرب شاخص خطر سلامتیHRI در E_D (The exposure duration) است. بنابراین شاخص خطر سلامتی (HRI) اغلب برای تخمین خطر سلامتی فلزات سنگین از طریق مصرف مواد غذایی استفاده می‌شود (Ji-yun *et al*., 2016).

در مطالعه حاضر غلظت فلزات سنگین در سه رقم انگور موردمطالعه در ملایر ارزیابی شد. غلظت Pb، Ni، Cu، Zn و Mn در نمونه‌های ارقام انگور آنالیز شده پایین‌تر از بیشترین حد مجاز FAO/WHO بود. رقم عسکری حاوی بالاترین غلظت فلزات سنگین بود. میزان غلظت فلزات سنگین در ارقام انگور به‌ترتیب سرب<نیکل< روی< منگنز<مس بود. شاخص تجمعی فلزات سنگین در سه رقم انگور پایین بود و آلودگی فلزات سنگین در سطح ایمنی IPI ≤0.7 بود. یافته‌های محاسبه جذب روزانه و مقادیر پتانسیل خطر نشان داد که مصرف ارقام انگور مورد مطالعه هیچ خطری برای سلامتی ندارند و به لحاظ غذایی ایمن هستند.

سپاسگزاری

بدینوسیله نویسندگان سپاسگزاری خود را از دانشگاه ملایر جهت حمایت مالی اعلام می‌نمایند.

تعارض منافع

نویســـنـدگان هیچ‌گونه تعارض منافعی برای اعلام ندارند.

منابع

- Brunetto, G., Avelar Ferreia, P.A., Melo, G.W., Ceretta, C.A. and Toselli, M. (2017). Heavy metals in vineyards and orchard. Soils. Revista Brasileira de Fruticultura. 39(2):1-12.
- Elbagermi, M., Edwards, H. and Alajtal, A. (2012) Monitoring of heavy metal content in fruits and vegetables collected from production and market sites in the Misurata area of Libya. ISRN Analytical Chemistry, Article ID 827645.5 Pages. https://doi.org/10.5402/2012/827645
- FAO-OIV FOCUS. (2016). Food and Agriculture Organization of the United Nation Table and Dried Grapes. http://www.fao.org/3/a-i7042e.pdf
- Guerra, F., Trevizam, A., Muraoka, T., Marcante, N. and Canniatti-Brazaca S. (2012). Heavy metals in vegetabes and potential risk for human health. Scientia Agricola, 69(1): 54-60.
- Ji-yun, N., Li-xue, K., Zhi-xia, L., Wei-hua, X., Cheng, W. and Qiu-sheng, C. (2016). Assessing the concentration and potential health risk of heavy metals in China's main deciduous fruits. Journal of Integrative Agriculture. 15(7): 1645-1655.
- Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) (1999). Summary and conclusions of the 53rd meeting of the Joint FAO/ WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). JECFA/53/ SC. Rome, Italy.
- Karatas, D., Aydin, F., Aydin, I. and Karatas, H. (2015). Elemental composition of red wines in southeast Turkey. Food Analysis. Food Quality and Nutrition. 33(3): 228-236.
- Khan, K., Lu, Y., Khan, H., Ishtiaq, M., Khan, S. and Waqas, M. (2013). Heavy metals in agricultural soils and crops and their health risks in Swat District, northern Pakistan. Food and Chemical Toxicology. 58: 449-458.
- Khan, S., Cao, Q., Zheng, Y., Huang, Y. and Zhu, Y. (2008). Health risks of heavy metals in contaminated soils and food crops irrigated with wastewater in Beijing, China. Environmental Pollution, 152(3): 686-692.
- Ko, B.G., Vogeler, I., Bolan, N.S., Clothier, B., Green, S. and Kennedy, J. (2007). Mobility of copper, chromium and arsenic from treated timber into grapevines. Science of the Total Environment. 388(1-3):35–42.
- Li, Q., Chen, Y., Fu, H., Cui, Z., Shi, L. and Wang, L. (2012). Health risk of heavy metals in food crops grown on reclaimed tidal flat soil in the Pearl River Estuary, China. Journal of Hazardous Materials. 227: 148-154.
- Li, R., Pan, C., Xu, J., Chen, J. and Jiang Y. (2013). Contamination and health risk for heavy metals via consumption of vegetables grown in fragmentary vegetable plots from a typical nonferrous metals mine city Environmental Science. Huan jing ke xue= Huanjing kexue. 34(3): 1076-1085.
- Li, X., Dong, S. and Su, X. (2018). Copper and other heavy metals in grapes: a pilot study tracing infuential factors and evaluating potential risks in China. Scientific Reports. 8 (1):1-10
- Li, Z., Ma, Z., Ven Der Kuijp, T., Yuan, Z. and Huang L. (2014). A review of soil heavy metal pollution from mines in China: Pollution and health risk assessment. Science of the Total Environment; 468: 843-853.
- Lopez-Artiguez, M., Camean, A, M. and Repetto, M. (1996). Determination of nice elements in sherry wine by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry. Journal of AOAC International. 79(5): 1191-1197.
- Mitic, S., Obradovic, M., Mitic, M., Kostic, D., Pavlovic, A. and Tosic, S. (2012). Elemental composition of various sour cherry and table grape cultivars using inductively coupled plasma atomic emission spectrometry method. Food Analytical Method. 5(2): 279-286

- Ogunkunle, A., Bello, O. and Ojofeitimi O. (2014). Determination of heavy metal contamination of street-vended fruits and vegetables in Lagos state, Nigeria. International Food Research Journal. 21(5): 2115-2120.
- Olalla, M., Fernandez, J., Cabrera, C., Navarro, M., Glmenez, R. and Carmen lopez, M. (2004). Nutritional Study of Copper and Zinc in Grapes and commercial Grape Juices from Spain. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52(9): 2715-2720.
- Roba, C., Rosu, C., Pistea, I., Ozunu, A. and Baciu, C. (2016). Heavy metals content in vegetables and fruits cultivated in Baia Mare mining area (Romania) and health risk assessment. Environmental Science and Pollution Research. 23(7): 6062-6073.
- Shaheen, N., Irfan, N., Khan, I., Islam, S., Islam, M. and Ahmed, M. (2016). Presence of heavy metals in fruits and vegetables: Health risk implications in Bangladesh. Chemosphere, 152: 431-438.
- Shen, Q., Jiang, K., Lu, H., Hu, Y., Weng, Y. and Ma, J. (2013). Investigation and evaluation on the heavy metal pollution of vegetable planting region in Cixi City Acta Agriculturae Zhejiangensis. 25(1): 152-155.
- Solgi, E., Mirmohammadvali, S., Solgi, M. (2018). Determination of heavy metals concentration in scalp hair of fisherman from Shif Island (Bushehr). Iranian Journal of Health and Environment. 11(1):37-48.
- Solgi, E., Solgi, M. (2015). Investigating of heavy metals concentration Vineyard soils in the agricultural ecosystems of Malayer. Journal of Plant Ecosystem Conservation. 3(7): 99-112.
- Taghizadeh, S.F., Davarynejad, G., Asili, J., Nemati, S.H., Rezaee, R. and Gumenou, M. (2017). Health risk assessment of heavy metals via dietary intake of five pistachio *pistacia vera* L cultivars collected from different geographical site of Iran. Food and Chemical Toxicology, 107: 99-107.
- Vazques, F., Cid, B. and Segade S. (2016). Assessment of metal bioavailability in the vineyard soil-grapevine system using different extraction methods. Food Chemistry, 208: 199-208.
- Zhu, F., Du, B., Li, F. and Zhang, J. and Li, J. (2012). Measurement and analysis of mineral and heavy metal components in grape cultivar by inductively coupled plasma-optical emission spectrometer ICP-OES. Journal of Consumer Protection and Food Safety. 7(2): 137-140.