

«مقاله پژوهشی»

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

عیسی سلگی^{۱*}، مرضیه برچلوئی^۲

۱. دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران
 ۲. دانشجوی کارشناسی ارشد آلودگی محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست دانشگاه ملایر
 *نویسنده مسئول مکاتبات: e.solgi@malayeru.ac.ir
 (دریافت مقاله: ۹۸/۳/۲۹ پذیرش نهایی: ۹۸/۱۱/۸)

چکیده

در این پژوهش جذب روزانه و خطر مصرف میوه انگور از نظر آلودگی به فلزات سنگین در ملایر اندازه‌گیری شد. برای نمونه‌برداری 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 به ترتیب $1/05 \pm 0/28$ ، $1/30 \pm 0/3$ ، $1/30 \pm 0/11$ ، $0/60 \pm 0/07$ و $0/26 \pm 0/07$ در نمونه‌های فخری به ترتیب $1/86 \pm 0/35$ ، $1/23 \pm 0/21$ ، $0/63 \pm 0/15$ ، $0/27 \pm 0/08$ و $0/4 \pm 0/033$ و در نمونه‌های فخری به ترتیب $0/93 \pm 0/52$ ، $1/18 \pm 0/39$ ، $0/65 \pm 0/11$ ، $0/26 \pm 0/10$ و $0/3 \pm 0/034$ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن مرطوب تعیین شد. که این مقادیر پایین‌تر از حد مجاز FAO/WHO بودند. در میان ارقام مورد مطالعه، رقم عسکری حاوی بالاترین غلظت فلزات سنگین نسبت به دو رقم دیگر بود و رقم فخری پایین‌ترین غلظت‌ها را نشان داد. به‌طور کلی مقادیر کمی از سرب در هر سه رقم انگور مشاهده شد. در مقایسه با دو رقم دیگر دیگر آلودگی تجمعی فلزات سنگین در رقم عسکری بالاتر بود، اگرچه 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 به‌دست آمد. شاخص تجمعی فلزات سنگین در سه رقم انگور پایین بود و آلودگی فلزات سنگین در سطح ایمنی $IPI \leq 0/7$ 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

تأمین امنیت غذایی یکی از مهم‌ترین مشکلات بهداشتی در سراسر جهان است. در حال حاضر با توجه به افزایش خطر آلودگی مواد غذایی توسط سموم آفت‌کش و فلزات سنگین مسائل ایمنی مواد غذایی موردتوجه قرار گرفته است (Shaheen et al., 2016). مصرف مواد غذایی آلوده به فلزات سنگین باعث بروز بیماری‌های حاد و مزمن از جمله نارسایی کلیه، پوکی استخوان، بیماری تنفسی، کاهش حافظه، آسم، مشکلات قلبی و انواع سرطان می‌شود (Solgi et al., 2018). برخی فلزات سنگین مانند کادمیوم، کروم و سرب از عناصر غیرضروری هستند که اثرات منفی بر سلامت دارند. فلزات سنگین دیگری مانند نیکل، از عناصر غذایی کم‌مصرف برای سلامت انسان می‌باشند اما مقادیر بالاتر از حد مجاز آن‌ها سلامتی انسان را تهدید می‌کند (Ji-yun et al., 2016). میوه منبع مهمی از مواد مغذی و مکمل غذایی است؛ 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 سنگین را در بخش‌های خوراکی خود تجمع دهند (Ji-yun et al., 2016). در میان میوه‌ها انگور به‌عنوان بزرگ‌ترین منبع ترکیبات فنولیک شناخته شده است. ترکیبات فنولیک مسئول فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی هستند. بدین ترتیب پتانسیل مهارکنندگی مواد سرطان‌زا را دارند و از اختلالات قلبی و عروقی جلوگیری می‌کنند (Mitic et al., 2012). در ایران، انگور بانام علمی (*Vitis vinifera*) با تولید سالانه ۱۱۴۴ هزار تن از مهم‌ترین میوه‌های صادراتی می‌باشد (FAO-OIV)

(FOCUS, 2016). تاکنون مطالعه‌ای درزمینه‌ی آلودگی فلزات سنگین و ارزیابی خطر در ارقام مختلف انگور ایران و مناطق اصلی تولید آن انجام نشده است. تنها مطالعه موجود در این زمینه بررسی غلظت فلزات سنگین در خاک اکوسیستم‌های زراعی انگور ملایر است (Solgi and Solgi, 2015). بنابراین هدف از این مطالعه تعیین غلظت فلزات سنگین در ارقام انگور کشمش‌ی (*V. vinifera CV Keshmeshi*)، عسکری (*V. vinifera CV Askari*) و فخری (*V. vinifera CV Fakhri*) در ملایر به‌منظور ارزیابی احتمال خطر سلامت انسان در رابطه با مصرف این میوه و نیز محاسبه میزان مصرف روزانه و پتانسیل خطر است.

مواد و روش

نمونه‌برداری انگور در اواخر فصل تابستان سال ۱۳۹۵ برای سنجش فلزات سنگین انجام شد. منطقه مورد مطالعه در محدوده بین طول‌های جغرافیایی $48^{\circ}53'$ تا $48^{\circ}42'$ و عرض‌های جغرافیایی $34^{\circ}12'$ تا $34^{\circ}53'$ قرار دارد (Solgi and Solgi, 2015). بر اساس اطلاعات به‌دست‌آمده در این باغات عمدتاً سم دیازینون برای مبارزه با کرم خوشه خوار و قارچ کش پنکو نازول علیه سفیدک سطحی به‌کار می‌روند. پنج روستا بر اساس بیشترین میزان تولید انگور انتخاب و در هر روستا چهار تاکستان انتخاب شد. در هر تاکستان نمونه‌برداری به‌صورت مرکب و از یک پلات یک هکتاری انجام شد. در مجموع ۶۰ نمونه انگور در زمان برداشت جمع‌آوری شد. در این پژوهش انگور از ارقام کشمش‌ی (*V. vinifera CV Keshmeshi*)، فخری (*V.*

نیکل و منگنز در نمونه‌های انگور توسط دستگاه جذب اتمی به روش شعله (Contraa 700, Analytik Jena, Germany) و غلظت سرب توسط جذب اتمی به روش 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) مورد استفاده قرار گرفت که طبق فرمول (۱) محاسبه شد (Li et al., 2013). اگر SFI بیشتر از ۱ باشد نمونه به فلز سنگین آلوده شده است، در غیر این صورت نمونه آلوده به فلز سنگین نیست.

$$P_n = C_n / S_n \quad (1) \text{ رابطه}$$

P_n ، مقادیر SFI فلزات سنگین

C_n ، غلظت فلزات سنگین بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم
 S_n ، استاندارد ارزیابی فلزات سنگین بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم (جدول ۱).

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. به منظور هضم شیمیایی نمونه‌های انگور، ۱۲ گرم از نمونه وزن شد و سپس ۱۲/۵ میلی لیتر اسید نیتریک، ۲/۵ میلی لیتر اسید پرکلریک و ۲/۵ میلی لیتر آب اکسیژنه به آن‌ها اضافه شد. سپس نمونه‌ها در مرحله اول به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۶۰ درجه سلسیوس در دستگاه هیتینگ بلاک (مدل Q Block) گرما داده شد و در مرحله بعدی به مدت ۶۰ دقیقه در دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس گرما داده شد. بعد از فیلتر کردن، نمونه‌ها به حجم نهایی ۲۵ میلی لیتر رسانیده شد (Olalla et al., 2004). غلظت مس، روی،

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

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

سطوح آلودگی طبق این شاخص در جدول (۲) نمایش داده شده است.

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

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

برای ارزیابی آلودگی تجمعی فلزات سنگین در هر نمونه، شاخص تجمعی (Integrated pollution indexes) IPI مورد استفاده قرار گرفت (Shen et al., 2013). شاخص IPI طبق فرمول ۲ محاسبه شد و

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

جدول (۲) - درجه بندی آلودگی تجمعی سطح فلزات سنگین

درجه بندی	IPI	سطح آلودگی تجمعی
۱	$IPI \leq 0.7$	ایمنی
۲	$0.7 < IPI \leq 1$	هشدار
۳	$1 < IPI \leq 2$	کم
۴	$2 < IPI \leq 3$	متوسط
۵	$IPI > 3$	شدید

نامطلوب بهداشتی هستند (Vazques et al., 2016). مدت زمان در معرض قرارگیری (E_D)، ۷۰ سال برای بزرگسالان (در ایران) است (۳). دوز مرجع (RfD) به ترتیب برای سرب، نیکل، مس، روی و منگنز ۰/۰۰۴، ۰/۰۲، ۰/۰۴، ۰/۳ و ۰/۱۴ میلی گرم بر کیلوگرم در روز است (Shaheen et al., 2016).

رابطه (۴) $THQ = (E_F \times E_D \times I_R \times C) / (RfD \times B_W \times A_T)$ فرکانس مواجهه (روز بر سال).

E_D ، مدت زمان در معرض قرار گرفتن (برحسب سال).
 I_R ، میزان مصرف انگور (کیلوگرم بر روز).
 C ، غلظت فلزات سنگین در ارقام انگور (میلی گرم بر کیلوگرم).

RfD ، دوز مرجع رفرنس (میلی گرم بر کیلوگرم بر روز).
 B_W ، وزن افراد بزرگسال (کیلوگرم).
 A_T ، میانگین روزهای عمر یک فرد.

- تجزیه و تحلیل داده ها

تحلیل آماری داده ها توسط نرم افزارهای SPSS و Excel انجام شد. نرمال بودن داده ها توسط آزمون شاپیروویلک انجام شد. برای مقایسه غلظت های فلزات سنگین، نرخ جذب روزانه و پتانسیل خطر در سه رقم

- محاسبه نرخ جذب روزانه

DIR (Daily intake rate) فلزات سنگین برحسب میلی گرم 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 ۰/۰۳۹۴ 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 ۴ می توان مقادیر پتانسیل خطر فلزات سنگین را که مصرف کنندگان در معرض آن هستند ارزیابی کرد (Roba et al., 2016). اگر پتانسیل خطر (THQ) به دست آمده کمتر از ۱ باشد ممکن است برای مصرف کنندگان اثرات مشهود بهداشتی نداشته باشد. اگر THQ کل ($TTHQ$) دو یا چند فلز سنگین بزرگتر از ۱ باشد مصرف کنندگان در معرض اثرات

<روی>سرب>نیکل و در رقم عسکری به صورت روی <مس>سرب>نیکل بود. شاخص تک عاملی برای نیکل به طور قابل توجهی نسبت به سرب، مس و روی بالاتر بود. به طور کلی شاخص تک عاملی برای فلزات سنگین (سرب، روی و مس) به مراتب 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. شاخص های تک عاملی برای فلزات سنگین کمتر از یک بود که نشان می دهد نمونه های ارقام انگور آلوده به فلزات سنگین نیستند. همچنین IPI برای فلزات سنگین در ارقام انگور مورد مطالعه 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 مورد مطالعه نشان می دهد. در رقم عسکری سهم فلزات سنگین در DIR به ترتیب سرب>نیکل>روی>منگنز>مس و در دو رقم کشمشی و فخری سرب>نیکل>روی>مس>منگنز بود. بالاترین DIR فلزات سنگین به دلیل مصرف انگور رقم عسکری بود. در حالی که کمترین DIR به دلیل مصرف ارقام انگور کشمشی و فخری بود. برای ارزیابی خطر سلامت مرتبط با آلودگی فلزات سنگین ارقام انگور مورد مطالعه، THQ محاسبه شد (جدول ۶). THQ فلزات سنگین در انگور رقم کشمشی و فخری به ترتیب روی>سرب>منگنز>نیکل>مس و در رقم عسکری به ترتیب روی>منگنز>سرب>نیکل>مس بود.

مختلف انگور بر اساس نرمال بودن یا نبودن داده ها از آزمون های ANOVA یک طرفه و کروسکال والیس استفاده شد.

یافته ها

در این مطالعه، غلظت فلزات سنگین سرب، نیکل، مس، روی و منگنز بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم وزن مرطوب در سه رقم انگور ملایر، شامل کشمشی، عسکری و فخری مشخص شد. در میان ارقام انگور مورد مطالعه رقم عسکری حاوی بالاترین غلظت فلزات سنگین بود. در حالی که رقم فخری نسبت به دو رقم دیگر پایین ترین غلظت ها را نشان داد (جدول ۳). در میان فلزات سنگین اندازه گیری 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. به طور کلی غلظت سرب در سه رقم انگور ناچیز بود. همچنین در جدول (۳) مقایسه غلظت فلزات سنگین در ارقام مختلف انگور با حد مجاز بودن این مقادیر نسبت به این استاندارد است. جدول (۴) نتایج شاخص تک عاملی را برای فلزات سنگین سرب، نیکل، روی و مس در ارقام انگور مورد مطالعه نشان می دهد.

روند شاخص های تک عاملی برای فلزات سنگین یاد شده در دو رقم کشمشی و فخری به صورت مس

جدول (۳) - نتایج مقایسه غلظت فلزات سنگین در ارقام انگور و مقایسه با مقادیر مجاز FAO/WHO

رقم فخری	رقم عسکری	رقم کشمش	حد مجاز FAO/WHO(mg/kg)	فلزات سنگین
۰/۰۳ ^b	۰/۰۴ ^a	۰/۰۳ ^b	۰/۵	سرب
۰/۶۵ ^a	۰/۶۳ ^a	۰/۶۰ ^a	۱/۵	روی
۰/۹۳ ^b	۱/۸۶ ^a	۱/۰۵ ^a	۲/۰	مس
۱/۱۸ ^a	۱/۲۳ ^a	۱/۳۰ ^a	۵/۰	منگنز
۰/۲۶ ^a	۰/۲۷ ^a	۰/۲۶ ^a	(۰/۵)	نیکل

حروف متفاوت a, b در هر ستون بیانگر اختلاف آماری معنی دار است.

جدول (۴) - شاخص‌های تک عاملی (SFI) و تجمعی (IPI) فلزات سنگین آنالیز شده در ارقام انگور مورد مطالعه

ارقام انگور	SFI	IPI
سرب	۰/۷۸	۰/۱۵
نیکل	۰/۷۸	۰/۱۲
مس	۰/۱۰۵	۰/۱۲
کشمش	۰/۷۸	۰/۱۵
عسکری	۰/۹	۰/۶۸
فخری	۰/۷۸	۰/۱۵

جدول (۵) - تخمین نرخ جذب روزانه (DIR) فلزات سنگین ارقام انگور مورد مطالعه

ارقام انگور	سرب	نیکل	مس	روی	منگنز
کشمش	۰/۰۱۷ ^b	۰/۱۴۶ ^a	۰/۵۹۱ ^b	۰/۳۳۸ ^a	۰/۷۳۲ ^a
عسکری	۰/۰۲۲ ^a	۰/۱۵۲ ^a	۱/۰۴۷ ^b	۰/۳۳۵ ^a	۰/۶۹۲ ^a
فخری	۰/۰۱۷ ^b	۰/۱۴۶ ^a	۰/۵۲۳ ^a	۰/۳۶۶ ^a	۰/۶۶۴ ^a

حروف متفاوت a, b در هر ستون بیانگر اختلاف آماری معنی دار است.

جدول (۶) - تخمین پتانسیل خطر فلزات سنگین (THQ) در ارقام انگور مورد مطالعه

THQ	سرب	نیکل	مس	روی	منگنز
ارقام انگور					
کشمش	۰/۰۰۴۸ ^b	۰/۰۰۷۳ ^a	۰/۰۱۴۷ ^a	۰/۰۰۱۱۲۵ ^a	۰/۰۰۵۲۲ ^a
عسکری	۰/۰۰۶۴ ^b	۰/۰۰۷۵ ^a	۰/۰۲۶۱۷ ^b	۰/۰۰۱۱۸ ^a	۰/۰۰۴۹۴ ^a
فخری	۰/۰۰۴۸ ^a	۰/۰۰۷۳ ^a	۰/۰۱۲۷۲ ^a	۰/۰۰۱۲۱ ^a	۰/۰۰۴۷۴ ^a

حروف متفاوت در هر ستون بیانگر اختلاف آماری معنی دار است.

بحث و نتیجه گیری

میزان غلظت فلزات سنگین در ارقام انگور مورد مطالعه، 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). به عبارت دیگر، 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 به ترتیب ۷/۳۶، ۶/۹۱ و ۵۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود که این مقادیر از میانگین جهانی و مقادیر پسته زمین برای این فلزات کمتر هستند. در حال حاضر این خاک‌ها از نظر 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، فسفات، 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 در نتیجه 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 این حال محتوای فلزات سنگین در نتیجه 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 مورد بررسی، 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 با این حال محصولات صادراتی کشاورزی برزیل هیچ مشکلی را در زمینه محتوای فلزات

میزان غلظت فلزات سنگین در ارقام انگور مورد مطالعه، 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). به عبارت دیگر، 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 به ترتیب ۷/۳۶، ۶/۹۱ و ۵۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود که این مقادیر از میانگین جهانی و مقادیر پسته زمین برای این فلزات کمتر هستند. در حال حاضر این خاک‌ها از نظر 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، فسفات، 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 در نتیجه 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 این حال محتوای فلزات سنگین در نتیجه 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 مورد بررسی، 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 با این حال محصولات صادراتی کشاورزی برزیل هیچ مشکلی را در زمینه محتوای فلزات

باشد. TTHQ ناشی از مصرف این ارقام انگور به ترتیب در ارقام عسکری (۰/۰۴۵)، کشمشی (۰/۰۳۲۵) و فخری (۰/۰۳۰) بود. مقادیری محاسبه شده THQ و $TTHQ$ نشان داد که هیچ کدام از فلزات سنگین مورد بررسی برای مصرف کنندگان انگور خطری ایجاد نمی کند. THQ برای تمام فلزات سنگین مورد بررسی و $TTHQ$ برای ارقام انگور مورد مطالعه بسیار پایین تر از ۱ بود که نشان می دهد خطری برای مصرف کنندگان ندارد. THQ برابر با ضرب شاخص خطر سلامتی HRI در Ed (The exposure duration) است. بنابراین شاخص خطر سلامتی (HRI) نیز اغلب برای تخمین خطر سلامتی فلزات سنگین از طریق مصرف مواد غذایی استفاده می شود (Ji-yun et al., 2016).

در مطالعه حاضر غلظت فلزات سنگین در سه رقم انگور مورد مطالعه در ملایر ارزیابی شد. غلظت Ni, Pb, Cu, Zn و Mn در نمونه های ارقام انگور آنالیز شده پایین تر از بیشترین حد مجاز FAO/WHO بود. در میان ارقام انگور مورد مطالعه رقم عسکری حاوی بالاترین غلظت فلزات سنگین بود. میزان غلظت فلزات سنگین در ارقام انگور به ترتیب سرب > نیکل > روی > منگنز > مس بود. شاخص تجمعی فلزات سنگین در سه رقم انگور پایین بود و آلودگی فلزات سنگین در سطح ایمنی $IPI \leq 0.7$ بود. یافته های 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.

تعارض منافع

سنگین نشان ندادند. سرب در انگور کشت شده در منطقه معدنی Baia Mare (رومانی) برای مناطق شهری و روستایی به ترتیب ۲/۶ و ۳/۷ میلی گرم بر کیلوگرم که از مقادیر به دست آمده از این پژوهش بیشتر است (Roba et al., 2016).

شاخص های SFI و IPI هر دو مقادیر کمتر از یک داشتند که سطوح ایمن سه رقم انگور نشان می دهند. در مطالعه (Ji-yun et al., 2016) در چین هم مقادیر شاخص SFI برای فلزات مس، روی و نیکل در انگور کمتر از یک و در مجموع مقادیر SFI برای نیکل از دیگر فلزات بیشتر بود که هم راستا با یافته های این تحقیق است. تفاوت های موجود در غلظت فلزات سنگین در ارقام انگور احتمالاً به دلیل شرایط رشد، عوامل ژنتیکی، خواص خاک و تغییرات جغرافیایی باشد (Zhu et al., 2012).

به طور کلی، میزان کل مصرف روزانه سرب، نیکل، مس، روی و منگنز ناشی از مصرف ارقام انگور مورد مطالعه به ترتیب ۰/۵۶۲۵-۰/۴۲۲، ۰/۷۵۹۵-۰/۷۳۱۵، ۲/۶۱۷۲-۱/۳۰۸۵، ۰/۱۲۱۹۳-۰/۱۱۲۵ و ۰/۵۲۲۶-۰/۴۷۴۳ از مصرف روزانه قابل تحمل برای سرب (۰/۰۰۴ میلی گرم بر کیلوگرم بر روز)، نیکل (۰/۰۲ میلی گرم بر کیلوگرم بر روز)، مس (۰/۰۴ میلی گرم بر کیلوگرم بر روز)، روی (۰/۳ میلی گرم بر کیلوگرم بر روز) و منگنز (۰/۱۴ میلی گرم بر کیلوگرم بر روز) است. در نتیجه، تجمع فلزات سنگین از طریق مصرف ارقام انگور مورد مطالعه هیچ تأثیری بر سلامت مصرف کنندگان 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

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافع برای اعلام

ندارند.

منابع

- Brunetto, G., Avelar Ferreira, 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 influential 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., Pisteu, 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.

“Research article”**Estimation of potential risk and daily intake of heavy metals in grape fruit****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

In this research, the daily intake and risk assessment of grape fruit 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 were at safe level. In general, the highest DIR was obtained for the Askari cultivar. The THQ of all metals were < 1. The integrated pollution index of heavy metals in three grape cultivars was low and heavy metals pollution was within the safe limits with $IPI \leq 0.7$. The DIR and THQ showed that the consumption of grape cultivars pose no risk to health.

Conflict of interest: None declared.**Keywords:** Grape cultivars, Heavy metals, Risk assessment, Daily intake rate (DIR), Malayer