

ارزیابی خطر سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی تعدادی از فلزات سنگین در اثر مصرف کشمش تولیدی شهر ملایر

عیسی سلگی^{۱*}، تاریخ خدادادی^۲

۱-دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر ۲-دانشجوی دکتری آلودگی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر

*نویسنده مسئول: ملایر، کیلومتر ۴ جاده اراک، دانشگاه ملایر، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، تلفن: ۰۸۱-۳۳۳۳۹۸۴۱، فاکس: ۰۸۱-۳۳۳۳۹۸۴۴، پست الکترونیک: e.solgi@yahoo.com

دریافت: ۹۸/۳/۸ پذیرش: ۹۸/۶/۱۸

چکیده

مقدمه: آلودگی محصولات کشاورزی به فلزات سنگین، یکی از خطرات جدی تهدیدکننده‌ی سلامت مصرف‌کنندگان است؛ به طوری که برخی از این عناصر خاصیت سرطان‌زایی داشته و بعضی دیگر باعث آسیب به اندام‌های مختلف بدن می‌شوند. پژوهش حاضر با هدف تعیین خطر سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی تعدادی از فلزات سنگین به دنبال مصرف کشمش شهر ملایر انجام گرفت.

روش کار: جهت انجام مطالعه‌ی حاضر، تعداد ۵۰ نمونه از کشمش‌های سلطانی (Sultanu) (۱۳ نمونه)، طلائی (۱۲ نمونه)، سایه‌خشک (۱۳ نمونه) و آفتاب‌خشک (۱۲ نمونه) تولید شده به روش سنتی و صنعتی تهیه و میزان فلزات سنگین کادمیوم، سرب، نیکل، مس، روی و آرسنیک موجود در آنها به روش جذب اتمی اسپکتروفتومتری با کوره گرافیتی اندازه‌گیری و نتایج، تحلیل و بررسی گردید. ارزیابی کمی ریسک با استفاده از روش سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا صورت گرفت.

یافته‌ها: بر اساس یافته‌های به دست آمده، میانگین غلظت آرسنیک، مس و نیکل در نمونه‌های کشمش به ترتیب $0/17 \pm 0/06$ (مقدار مجاز ۰/۱)، $3/07 \pm 0/09$ (مقدار مجاز ۰/۳) و $4/72 \pm 0/99$ mg/kg (مقدار مجاز ۰/۵) بود. بالاترین غلظت میانگین فلزات سنگین مربوط به کشمش‌های سلطانی و طلائی بود. بالاترین میزان جذب روزانه (EDI)، نسبت خطر غیرسرطانی (THQ) و ریسک سرطان‌زایی (CR) به عنصر نیکل تعلق داشت.

نتیجه‌گیری: بر اساس یافته‌ها، میانگین غلظت عناصر آرسنیک، مس و نیکل در نمونه‌های کشمش بالاتر از حد مجاز توصیه شده توسط کمیسیون مشترک سازمان جهانی بهداشت و فائو (FAO/WHO) بود. میزان EDI تمامی عناصر در تمامی نمونه‌ها کم‌تر از مقادیر قابل تحمل روزانه‌ی موقت پیشنهاد شده توسط FAO/WHO برای افزودنی‌های مواد غذایی (JECFA) و موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران بود؛ در نتیجه، مصرف آنها در درازمدت اثرات غیرسرطان‌زایی خاصی برای مصرف‌کننده ایجاد نمی‌کند، در حالی که می‌تواند اثرات سرطان‌زایی داشته باشد.

کل واژگان: فلزات سنگین، کشمش، شهر ملایر، ریسک سرطان، مقدار جذب روزانه

مقدمه

میوه‌ها و سبزی‌ها از اجزای مهم رژیم غذایی انسان هستند؛ زیرا غنی از پروتئین، کربوهیدرات، مواد معدنی، ویتامین‌ها و فیبر می‌باشند. بنابراین آلودگی این محصولات به طور کلی، به ویژه آلودگی با فلزات سنگین، از مهم‌ترین جنبه‌های تضمین کیفیت مواد غذایی است [۱]. ایمنی مواد غذایی یکی از مهم‌ترین مشکلات بهداشت عمومی در سراسر جهان است. به دلیل افزایش خطر آلودگی مواد غذایی به آفت‌کش‌ها، فلزات سنگین و سموم، مساله‌ی ایمنی مواد غذایی اخیراً

توجه محققان را به خود جلب کرده است [۲]. از میان عناصر سمی مختلف، فلزات سنگین و متالوئیدها، به علت ماهیت همه‌جایی، سمیت، عدم تجزیه‌پذیری بیولوژیکی، نیمه‌عمر طولانی و تجمع زیستی که ورود آنها به بدن انسان را تسهیل می‌کند، بیش‌تر مورد توجه قرار گرفته‌اند [۳-۴].

کشمش غنی از آهن، پتاسیم، کلسیم، ویتامین B، فیبر و آنتی‌اکسیدان‌ها و عاری از چربی و کلسترول است؛ همچنین سطح فروکتوز بالایی دارد که به پاییز ۹۸، دوره بیست‌ودوم، شماره سوم، پیاپی ۸۶

تجمع طولانی‌مدت این عناصر در بدن، به‌دنبال مصرف مواد غذایی آلوده ممکن است اثرات مزمنی روی کلیه و کبد گذاشته، موجب اختلال در فرآیندهای بیوشیمیایی شود که در نهایت می‌تواند به بیماری‌های قلبی-عروقی، عصبی، کلیوی و مشکلات استخوانی بیانجامد [۲۲]. تکنیک‌های تحلیلی مدرن و ابزارهای فوق‌العاده حساس برای اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل محتویات فلزی، حتی در سطوح ppb، در سال‌های اخیر توانسته‌اند اختلالات مرتبط با مصرف فلزات سنگین را جستجو و کشف نموده و سپس اثرات سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی آن‌ها را بر اندام‌های مختلف بررسی نمایند [۲۳]. جهت بررسی اثرات غیرسرطان‌زایی این فلزات، از چندین روش مانند شاخص مزمن مصرف روزانه (CDI)^۴ یا مقدار مصرف روزانه (EDI)^۵، مقدار مصرف هفتگی (EWI)^۶ و نسبت خطر (THQ)^۷ استفاده می‌شود. همچنین، جهت ارزیابی اثرات سرطان‌زایی آن‌ها، از شاخص خطر سرطان‌زایی (CR)^۸ استفاده می‌شود [۲۴]. در زمینه‌ی بررسی آلودگی مواد غذایی، میوه‌ها و سبزی‌ها، مغزها و بعضاً کشمش به فلزات سنگین، مطالعات متعددی در سراسر جهان انجام شده است. Çolak (۲۰۱۲) در مطالعه‌ای به بررسی وضعیت آلودگی خاک کشت و محصول کشمش ناحیه سولتانا در ترکیه پرداخت [۱۱]. مطالعه‌ی Akman و Calisir (۲۰۰۷) روی میزان سنگین در انواع کشمش تولیدی ترکیه نشان داد که میانگین میزان سرب و مس در نمونه‌ها، بالاتر از حدود مجاز سازمان جهانی بهداشت بود [۲۵]. بررسی کیفیت انواع میوه‌های خشک شده، از جمله کشمش، در مطالعه‌ی Jeszka-Skowron و همکاران (۲۰۱۷) نشان داد که میزان مایکوتوکسین و فلزات سنگین در میوه‌های بررسی شده پایین بود [۲۶]. بررسی ریسک سلامت جمعیت به علت جذب عناصر به‌دنبال مصرف محصولات غذایی مختلف در مطالعه‌ای توسط Zheng و همکاران (۲۰۰۷) در شهر Huludao چین نشان داد که مقدار HI در هر دو گروه سنی کودکان و بزرگسالان بالاتر از ۱ بود [۲۷]. بررسی پتانسیل خطر فلزات سنگین ورودی به بدن انسان در اثر مصرف سه محصول ذرت، سیب‌زمینی و گندم در استان همدان توسط خیرآبادی و همکاران (۱۳۹۴) نشان داد که پتانسیل خطرپذیری غیرسرطانی (THQ) عناصر بررسی شده (کروم، منگنز، آهن، کادمیوم، روی، نیکل و مس) به تنهایی کمتر از ۱ و این شاخص برای کل عناصر بررسی شده بالاتر از ۱ بود [۲۳].

از ۸۵۰,۰۰۰ تن کشمش تولید سالانه‌ی جهان، ۱۴۰,۰۰۰ تن در ایران تولید می‌شود. همچنین، حدود ۵۰ درصد از ۲۵۰,۰۰۰ تن انگور تولید سالانه‌ی استان همدان، به کشمش تبدیل می‌شود. در این میان،

راحتی قابل‌هضم است [۵-۷]. برای تبدیل انگور به کشمش از فرآیندهای مختلفی مانند خشک‌شدن با نور خورشید (آفتاب‌خشک)، خشک‌شدن با مواد شیمیایی مانند دی‌اکسید گوگرد (کشمش سلطانی^۱)، خشک‌شدن با اون پس از افزودن کربنات پتاسیم (کشمش طلایی) [۸]، خشک‌شدن در هوای آزاد و سایه (سایه‌خشک) و یا خشک‌شدن مکانیکی در اون استفاده می‌شود [۸-۱۱] که ممکن است سبب آلودگی کشمش گردد.

امنیت غذایی به‌صورت یک نظریه و روش مدون، برای اولین بار در کنفرانس بین‌المللی تغذیه در سال ۱۹۹۲ مطرح شد و به‌عنوان یکی از استراتژی‌های مهم در برخورد با سوءتغذیه و گرسنگی و امنیت غذایی خانوار مورد تأکید و تصویب قرار گرفت و در نهایت در سال ۱۹۹۶، در اجلاس جهانی غذا، برای آخرین بار بدین شرح تعریف شد: «امنیت غذایی یعنی این که همه‌ی مردم در تمامی ایام به غذای کافی، سالم و مغذی، دسترسی فیزیکی و اقتصادی داشته باشند و غذای در دسترس، نیازهای یک رژیم تغذیه‌ای سازگار با ترجیحات آن را برای یک زندگی سالم و فعال فراهم سازد» [۱۲].

یکی از مسائل مهم محیط‌زیستی که امروزه به آن توجه ویژه‌ای شده، تجمع فلزات سنگین مانند کادمیوم، نیکل، سرب و ... در خاک‌های کشاورزی و متعاقب آن آلوده‌شدن مواد غذایی است که از آغاز انقلاب صنعتی تا کنون شدت یافته است. جذب فلزات سنگین به‌وسیله‌ی گیاه در اراضی کشاورزی، یکی از روش‌های عمده و غیرمستقیم ورود فلزات سنگین به زنجیره غذایی انسان است [۱۳-۱۴]. بنابراین یکی از دلایل اصلی مواجهه‌ی انسان با فلزات سنگین، مسیر خاک-محصول-غذا^۲ است [۱۵]. این فلزات، آلاینده‌های پایداری هستند و از پیامدهای پایداری آن‌ها، بزرگ‌نمایی زیستی^۳ در زنجیره‌ی غذایی است؛ به‌طوری که در نتیجه‌ی این فرآیند، مقدار آن‌ها در زنجیره غذایی می‌تواند تا چندین برابر آب یا هوا افزایش یابد [۱۶]. مطالعات صورت‌گرفته نشان داده که این فلزات سمی در ارگان‌های مختلف بدن تجمع پیدا کرده و نهایتاً باعث نارسایی و خطرانی برای بدن انسان می‌شوند [۱۷]. این خطرات به دو گروه عمده‌ی سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی تقسیم می‌شوند [۱۸-۱۹].

در میان عناصر سنگین، فلزات کادمیوم، سرب، نیکل، مس، آرسنیک و روی، به‌دلیل نیمه‌عمر طولانی در بدن انسان و دیگر حیوانات و سمی بودن زیاد، از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند [۲۰]. همچنین به دلیل اثرات سرطان‌زایی و نوروٹوکسیک فلزات سنگین، حتی در مقادیر بسیار اندک، توجه ویژه‌ای در سراسر جهان به این مسئله معطوف گردیده است [۲۱].

^۱ Sultanu raisin

^۲ Soil-crop-food

^۳ Biomagnification

^۴ Chronic Daily Intake

^۵ Estimated Daily Intake

^۶ Estimated Weekly Intake

^۷ Target Hazard Quotient

^۸ Carcinogenic Risk

نمونه‌ها صاف شده و سپس با استفاده از آب مقطر به حجم ۲۵ mL رسانده و در یخچال نگهداری شد [۲۹]. پیش از استفاده، تمام پلاستیک‌ها و ظروف شیشه‌ای ابتدا در محلول ۱۰ درصد اسیدنیتریک خیسانده و سپس با آب مقطر شسته شد. تمامی معرف‌ها، HClO₄ و HNO₃ مورد استفاده در هضم و اندازه‌گیری، از گرید آنالیتیکال بوده و از شرکت مرک آلمان خریداری گردید.

در نهایت، آنالیز نمونه‌ها توسط دستگاه جذب اتمی با کوره گرافیتی^۹ YOUNGLIN AAS 8020 ساخت کشور کره جنوبی مجهز به کوره‌ی گرافیتی، شعله، سیستم تولید هیدرید و لامپ دوتریوم انجام شد [۳۰]. درصد بازیابی عناصر ۹۰٪ تا ۹۵٪ بود. به‌منظور به حداکثر رساندن صحت نتایج، کلیه‌ی اندازه‌گیری‌ها سه‌بار تکرار شد. همچنین برای کنترل کیفیت داده‌ها، نمونه‌های شاهد به‌همراه نمونه‌های دیگر تهیه گردید. حد تشخیص دستگاه (LOD)^{۱۰} برای عناصر کادمیوم، سرب، نیکل، مس، روی و آرسنیک به ترتیب برابر ۰/۰۱۹، ۰/۰۲۴، ۰/۰۲۲، ۰/۰۴۷ و ۰/۰۵ و مقدار حد کمی دستگاه (LOQ)^{۱۱} به ترتیب برابر ۰/۱۹، ۰/۰۶۲، ۰/۰۷۳، ۰/۰۶۷، ۰/۱۴۵ و ۰/۱۴ بود. جهت رسم منحنی کالیبراسیون، از محلول‌های استاندارد در غلظت‌های مختلف، تهیه‌شده از محلول استاندارد مادر^{۱۲} با غلظت ۱۰۰۰ ppm استفاده شد. همچنین جهت اعتبارسنجی و اطمینان از روش کار، از نمونه‌های شاهد همراه با هر گروه نمونه استفاده گردید که عدم آشکارسازی ترکیبات مداخله‌گر و خطی‌بودن منحنی کالیبراسیون، حاکی از توانایی روش در به‌دست آوردن نتایج متناسب با غلظت بود.

ارزیابی خطر سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی

پتانسیل خطر سرطان‌زایی فلزات سنگین وارد شده به بدن انسان به‌دنبال مصرف کشمش، تخمین EDI یا CDI و THQ و همچنین برآورد CR^{۱۳} با استفاده از معادلات ۱ تا ۳، بر اساس میزان سرانه مصرف ملی (میانگین مصرف روزانه‌ی کشمش برای بزرگسالان) به مقدار ۵۷/۵ g (IRIS 2010) به ازای هر نفر در روز، محاسبه گردید [۳۱-۳۳]. به دلیل نبود استاندارد برای مصرف سرانه‌ی کشمش در کودکان، از محاسبات مربوطه چشم‌پوشی گردید.

$$EDI = \frac{C \times Cons}{BW} \quad \text{معادله ۱:}$$

که در آن:

EDI یا CDI: مقدار تخمینی جذب روزانه (مزمین) فلز سنگین بر حسب mg/kg وزن بدن در روز

⁹ Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrophotometer

¹⁰ Limit of Detection

¹¹ Limit of Quantification

¹² Stock standard

¹³ Carcinogenic Risk

پاییز ۹۸، دوره بیست‌ودوم، شماره سوم، پیاپی ۸۶

شهرستان ملایر با تولید ۲۰,۰۰۰ تن انگور در سال و برخورداری از ۷۲۳ هکتار تاکستان، یکی از بزرگترین مزاکر تولید انگور در ایران است [۲۸]. لذا، نظر به این‌که شهر ملایر یکی از قطب‌های تولید کشمش در ایران است و با توجه به اهمیت مصرف کشمش و این‌که بر اساس بررسی محققین، تا کنون هیچ تحقیقی پیرامون آلودگی کشمش‌های تولید شده در این شهر به فلزات سنگین و پتانسیل خطر آن‌ها برای مصرف‌کنندگان انجام نشده، هدف از مطالعه‌ی حاضر بررسی آلودگی کشمش‌های صادراتی تولیدشده در کارگاه‌ها و کارخانه‌های ملایر در سال ۱۳۹۶ به فلزات سنگین (کادمیوم، سرب، نیکل، مس، روی و آرسنیک) و ارزیابی پتانسیل خطر سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی آن‌ها برای مصرف‌کنندگان بود.

روش کار

منطقه‌ی مورد مطالعه و نمونه‌برداری

مطالعه‌ی حاضر در شهرستان ملایر از توابع استان همدان، با موقعیت جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۶ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۱۹ دقیقه عرض شمالی انجام گردید. بدین منظور، در سال ۱۳۹۶ تعداد ۳۰ نمونه از چهار نوع کشمش تولیدی کارخانجات سطح شهرستان ملایر مستقر در شهرک صنعتی و حاشیه این شهرستان و تعداد ۲۰ نمونه نیز از کارگاه‌های تولید کشمش به روش سنتی حاضر در سطح شهر، جمع‌آوری گردید. چهار نوع کشمش بررسی‌شده از انواع سلطانی، طلائی، سایه‌خشک و آفتاب‌خشک بودند که در دو نوع اخیر بدون افزودن هیچ‌گونه ماده‌ی شیمیایی، انگور در سایه و آفتاب به کشمش تبدیل می‌شود؛ در حالی‌که در انواع طلائی و سلطانی به ترتیب با افزودن کربنات پتاسیم و دی‌اکسید گوگرد اقدام به خشک کردن انگور و تبدیل آن به کشمش می‌شود [۸-۱۱]. جهت تهیه‌ی نمونه‌های مناسب و مجزا، هنگام نمونه‌برداری از هر کارگاه یا کارخانه بین ۵ تا ۱۰ نمونه‌ی ۲۰۰ گرمی کشمش برداشت و ترکیب شد؛ به‌طوری‌که یک نمونه‌ی کاملاً همگن ۱ تا ۲ کیلوگرمی به‌دست آمد. نمونه‌های یک کیلوگرمی در کیسه‌های پلاستیکی به آزمایشگاه منتقل گردید.

آنالیز نمونه‌ها

در آزمایشگاه، مقدار ۲g از هر نمونه با ترازوی دیجیتالی ساخت شرکت Citizen آمریکا با دقت ۰/۰۰۰۱g وزن و در ۲۰ mL مخلوط اسیدنیتریک (۷۰٪) و اسیدپرکلریک (۶۵٪) با نسبت ۱:۴ در لوله‌های مخصوص هضم ریخته شد و ابتدا به مدت ۱ ساعت در دمای ۴۰°C و سپس برای هضم نهایی، به مدت ۳ ساعت در دمای ۱۴۰°C قرار داده شد تا محلول شفاف‌ی به دست آمد؛ پس از خنک‌شدن در دمای اتاق، ابتدا با استفاده از کاغذ صافی واتمن ۴۲ μm

و 10^{-4} (خطر ابتلا به سرطان در طول زندگی انسان ۱ به ۱۰,۰۰۰) نشان‌دهنده‌ی فاصله‌ای از خطرات احتمالی پیش‌بینی شده برای عوامل ایجادکننده‌ی سرطان است. بنابراین، مواد شیمیایی دارای فاکتور خطر کمتر از 10^{-6} ، به‌عنوان مواد شیمیایی نگران‌کننده در نظر گرفته نمی‌شوند [۳۸-۴۰]. محاسبات مربوطه، براساس پیش‌فرض‌های استاندارد پیش‌نهاد شده توسط USEPA انجام گردید. به‌طوری‌که طبق این استاندارد، میزان CSF برای عناصر کادمیوم، سرب، نیکل، مس، روی و آرسنیک به ترتیب برابر با 0.00085 ، 0.00084 ، 0.00084 ، 0.00084 و 0.00084 $\text{mg.kg}^{-1}\text{day}^{-1}$ بود [۳۸]. طبق طبقه‌بندی IARC^{۱۶} (آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان)، آرسنیک و ترکیبات معدنی آن، ترکیبات نیکل و کادمیوم و ترکیبات آن، عناصر سرطان‌زای کلاس I هستند. همچنین ترکیبات سرب (آلی) جزء کلاس A۲ سرطان‌زاها هستند؛ درحالی‌که Cu و Zn در هیچ گروهی طبقه‌بندی نشده‌اند [۴۱].

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری شامل میانگین، حداکثر، حداقل، ضریب همبستگی، چولگی و کشیدگی با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS 25 و Office Excel 2010 انجام شد. نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف بررسی شد که به دلیل غیرنرمال بودن آن‌ها، به‌منظور آنالیز آماری غلظت فلزات سنگین در انواع کشمش، از آزمون آماری کروسکال-والیس و به‌منظور ارزیابی همبستگی میان غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های کشمش، از آزمون ضریب همبستگی پیرسون استفاده گردید. میانگین غلظت عناصر در انواع کشمش با شاخص‌های استاندارد ملی و بین‌المللی نیز مقایسه شد.

یافته‌ها

تمامی ۵۰ نمونه کشمش جمع‌آوری شده از سطح شهرستان ملایر (۳۰ نمونه از کارخانجات صنعتی و ۲۰ نمونه از کارگاه‌های محلی و خانگی (سنتی) از نظر میزان فلزات سنگین و کمیاب آرسنیک، کادمیوم، مس، نیکل، سرب و روی مورد آنالیز و ارزیابی قرار گرفتند. همچنین غلظت فلزات سنگین اندازه‌گیری شده با مقادیر حداکثر مجاز آن‌ها تعیین شده توسط موسسه‌ی استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران^{۱۷} (IRIS) [۳۱]، کمیسیون مشترک سازمان غذا و کشاورزی و سازمان جهانی بهداشت^{۱۸} (FAO/WHO) [۴۲] و جامعه اروپایی (EC)^{۱۹} [۱۱] مقایسه گردید (جدول ۱).

C: غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های غذا (mg/g)
Cons: مصرف کشمش (گرم در روز)

BW: وزن بدن (بر اساس استاندارد سازمان حفاظت و محیط زیست آمریکا (USEPA)، ۷۰ کیلوگرم برای بزرگسالان فرض شده است.) [۳۴].
پس از برآورد EDI و EWI فلزات سنگین مربوطه در اثر مصرف کشمش، این مقادیر با PTDI و PTWI فلزات سنگین مقایسه و نتایج ارائه گردید.
همچنین، به‌منظور برآورد و ارزیابی THQ، از معادله‌ی ۲ استفاده گردید. این معادله جهت اندازه‌گیری اثرات بهداشتی غیرسرطان‌زایی آلاینده‌های شیمیایی بر سلامتی انسان استفاده می‌شود و از نسبت در معرض قرارگیری یک آلاینده به دوز مرجع آن به‌دست می‌آید.

$$THQ = \frac{CDI}{RfD} \quad \text{معادله‌ی ۲:}$$

که در آن:

RfD = دوز مرجع مزمن (خوراکی) آلاینده بر حسب $\text{mg.kg}^{-1}\text{day}^{-1}$ که برای عناصر کادمیوم، سرب، نیکل، مس، روی و آرسنیک به ترتیب برابر با 0.00036 ، 0.00036 ، 0.00036 ، 0.00036 و 0.00036 می‌باشد [۳۵].

در این معادله، در صورتی‌که $THQ < 1$ باشد، ماده شیمیایی (فلز سنگین) دارای اثرات سوءبهداشتی بر مصرف‌کنندگان است و در صورتی‌که $THQ > 1$ باشد، به احتمال زیاد مصرف درازمدت ماده شیمیایی عاری از اثرات قابل‌ملاحظه‌ی بهداشتی بر مصرف‌کنندگان است. همچنین، به منظور ارزیابی اثرات تجمعی همه‌ی فلزات سنگین بررسی شده در نمونه کشمش‌های تولیدی، مقدار THQ کل یا HI نیز برآورد و محاسبه گردید [۳۲-۳۳].

بر اساس استانداردهای EPA [۲۶]، امید به زندگی یا تعداد سال‌هایی که یک فرد در معرض آلاینده‌های خطرناک قرار می‌گیرد، برابر با ۷۰ است که در محاسبات مربوط به اثرات سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی اعمال می‌گردد. نظر به این‌که برای ارزیابی ریسک سرطان در یک فرد، بایستی تمامی عواملی که وی در طول زندگی با آن‌ها مواجه می‌شود را لحاظ نمود، به‌منظور ارزیابی اثرات سرطان‌زایی ناشی از مواجهه با فلزات سنگین سرطان‌زای مورد مطالعه (سرب، کادمیوم، نیکل و آرسنیک) از طریق بلع، مقدار CR بر اساس EPA و از طریق معادله‌ی ۳ محاسبه شد. در این معادله، CR خطر سرطان‌زایی و CSF^{۱۵} فاکتور شیب سرطان برای ماده‌ی مورد نظر (در این‌جا فلزات سنگین) است [۳۶-۳۷].

$$CR = EDI \times CSF \quad \text{معادله‌ی ۳:}$$

همچنین، شاخص خطر ابتلا به سرطان بین 10^{-6} (خطر ابتلا به سرطان در طول زندگی انسان ۱ به ۱,۰۰۰,۰۰۰)

^{۱۴} Reference Dose

^{۱۵} Carcinogenic Slope Factor

^{۱۶} International Agency for Research on Cancer

^{۱۷} Institute of Standards and Industrial Research of Iran (IRIS)

^{۱۸} The Joint Commission of the Food and Agriculture Organization and the World Health Organization

^{۱۹} European Community

جدول ۱: توصیف آماری غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های کشمش صادراتی شهرستان ملایر و مقایسه‌ی میانگین فلزات سنگین نمونه‌ها با حدود مجاز استانداردهای ملی و بین‌المللی

تعداد نمونه	آماره/ نام فلز	سرب	نیکل	مس	کادمیوم	آرسنیک	روی
۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰
میانگین	۰/۸۳±۰/۰۳	۴/۷۲±۰/۹۹	۳/۰۷±۰/۰۹	ND	۰/۱۷±۰/۰۶	۲/۲۵±۰/۸۹	
کم‌ترین	۰/۰۶	۱/۸۶	۰/۷۱	ND	۰/۱۲	۱/۱۴	
بیش‌ترین	۰/۲	۶/۰۲	۷/۷۵	ND	۰/۴۰	۶/۵۳	
میانه	۰/۰۶	۴/۴۰	۳/۰۰	-	۰/۱۴	۲/۱۰	
مد	۰/۰۶	۴/۰۲	۲/۶۴	-	۰/۱۲	۲/۱۰	
واریانس	۰/۰۱	۰/۶۴	۰/۸۰	-	۰/۰۱	۰/۸۰	
چولگی	۲/۰۵	-۰/۵۰	۲/۳۸	-	۱/۷۳	۲/۶۵	
کشیدگی	۴/۲۸	۱/۵۳	۱۵/۲۳	-	۳/۲۲	۹/۶۵	
FAO/WHO	۰/۱	۰/۵	۰/۳	۰/۱	۰/۱	۲۰	
IRIS	۰/۱	---	---	۰/۰۵	---	---	
(EC)	۰/۲	---	---	۰/۰۵	---	---	
درصد نمونه‌های در سطح مجاز	۸۰/۷۷	۰۰/۰۰	۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰	۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰	
درصد نمونه‌های بالاتر از سطح مجاز	۱۹/۳۳	۱۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰	۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰	۰۰/۰۰	

ND: غلظت‌های ناچیز و کمتر از ۰/۰۶ mg/kg

حد مجاز توصیه‌شده توسط FAO/WHO [۴۲] و در حدود مجاز IRIS (۲۰۱۰) [۳۱] و EC [۱۱] ($P < 0.05$) بود. با توجه به جدول ۱، میانگین غلظت مس در نمونه‌های کشمش موردبررسی $3/0 \pm 0.7/0.9$ mg/kg ($0.7-7.1/7.5$)، میانگین غلظت نیکل $4/0 \pm 0.72/0.99$ mg/kg ($1.6-8.6/0.2$)، میانگین غلظت سرب 0.8 ± 0.06 ($0.0-0.2/0.6$) و میانگین غلظت روی $2/0 \pm 2.5/8.9$ mg/kg ($1.6-14.2/2.5$) بود.

جدول ۲ میانگین غلظت عناصر بررسی‌شده را در انواع کشمش نشان می‌دهد. بر این اساس، در بیش‌تر نمونه‌های بررسی‌شده، میانگین غلظت فلزات سنگین در کشمش‌های طلایی و سلطانی بیش از حد مجاز اعلام‌شده توسط FAO/WHO [۴۲] بود، در حالی‌که میانگین غلظت این فلزات در کشمش‌های آفتاب‌خشک و سایه‌خشک کم‌تر از حد مجاز FAO/WHO بود.

با توجه به جدول ۱، محدوده‌ی غلظت عناصر روی $1.86-5.3/1.4$ ، سرب $0.06-0.2$ ، نیکل $0.71-6.02$ ، مس $0.71-7.75$ ، و آرسنیک $0.40-1.2$ mg/kg به‌دست آمد و غلظت کادمیوم کم‌تر از حد تشخیص دستگاه بود. همچنین، ترتیب غلظت فلزات سنگین در نمونه‌ها به‌صورت نیکل < مس < روی < آرسنیک < سرب < کادمیوم بود.

با توجه به جدول ۱، میانگین غلظت آرسنیک در نمونه‌ها 0.17 ± 0.06 mg/kg ($0.1-0.12/0.4$) بود. غلظت آرسنیک در همه‌ی نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری بالاتر از مقدار مجاز توصیه‌شده (0.1 mg/kg) توسط WHO/FAO (۲۰۱۱) در سبزی‌ها و گیاهان خوراکی ($P < 0.05$) بود. بر این اساس، غلظت کادمیوم در تمام نمونه‌ها کم‌تر از حد تشخیص دستگاه (0.06 ppm) و همچنین کم‌تر از

جدول ۲: غلظت فلزات در انواع کشمش و مقایسه با استانداردها بر اساس نوع کشمش

نام استاندارد	سایه خشک		آفتاب خشک		سلطانی		طلایی		نام عنصر
	میانگین	کم‌ترین	میانگین	بیش‌ترین	میانگین	بیش‌ترین	میانگین	کم‌ترین	
FAO/WHO	۰/۱	---	۰/۱	---	۰/۱	---	۰/۱	---	آرسنیک
EC	۰/۵	---	۰/۵	---	۰/۵	---	۰/۵	---	کادمیوم
IRIS	۰/۱	---	۰/۱	---	۰/۱	---	۰/۱	---	مس
	۰/۳	---	۰/۳	---	۰/۳	---	۰/۳	---	نیکل
	۰/۱	---	۰/۱	---	۰/۱	---	۰/۱	---	سرب
	۲۰	---	۲۰	---	۲۰	---	۲۰	---	روی

ND: غلظت‌های ناچیز و کمتر از ۰/۰۶ mg/kg

بر اساس جدول ۲، غلظت عنصر آرسنیک در انواع کشمش سایه‌خشک، آفتاب‌خشک، سلطانی و طلائی به ترتیب ۰/۱۱، ۰/۱۴، ۰/۱۵ و ۰/۱۷ mg/kg بود؛ به‌طوری‌که بیش‌ترین غلظت مربوط به کشمش طلائی و کم‌ترین، مربوط به کشمش سایه‌خشک بود.

غلظت میانگین عنصر مس در کشمش‌های آفتاب‌خشک، طلائی، سایه‌خشک و سلطانی به ترتیب ۳/۶۲، ۳/۴۳، ۲/۹۷ و ۲/۷۲ mg/kg بود. به‌طوری‌که ترتیب غلظت مس در انواع کشمش به‌صورت سلطانی > سایه‌خشک > طلائی > آفتاب‌خشک بود.

با توجه به نتایج جدول ۲، بالاترین غلظت عنصر نیکل مربوط به کشمش طلائی با میانگین ۵/۲۱ mg/kg و کم‌ترین مربوط به کشمش سایه‌خشک با میانگین

۴/۶۰ mg/kg بود. ترتیب غلظت نیکل در انواع کشمش به‌صورت سلطانی > سایه‌خشک > طلائی > آفتاب‌خشک بود. بر اساس نتایج، غلظت سرب و روی در کشمش‌های سایه‌خشک، آفتاب‌خشک، سلطانی و طلائی به ترتیب (۰/۰۹، ۰/۱۰)، (۰/۱۰، ۰/۱۰)، (۰/۱۲، ۰/۱۲)، و (۰/۴۰، ۰/۴۰) بود. در حالی‌که غلظت عنصر کادمیوم در تمامی کشمش‌های بررسی‌شده کم‌تر از حد تشخیص دستگاه بود. به‌منظور بررسی اختلاف معنی‌دار میان میانگین غلظت عناصر کادمیوم، سرب، نیکل، روی، مس و آرسنیک در نمونه‌های کشمش، از آزمون یک‌طرفه‌ی کروסקال-والیس استفاده شد (جدول ۳).

جدول ۳: مقایسه‌ی میانگین غلظت فلزات در انواع کشمش بر اساس آزمون کروסקال-والیس

Pb	Ni	Cu	Zn	Cd	As	آماره‌ی آزمون
۸/۳۹۵	۴/۰۱۸	۹/۵۷۹	۸/۷۱۳	۰/۰۰۰	۵/۶۱۶	درجه آزادی
۳	۳	۳	۳	۳	۳	P-value
۰/۰۳۹	۰/۲۶	۰/۰۲۳	۰/۰۳۳	۱/۰۰	۰/۱۳۲	

به‌ترتیب ۲/۶۶، ۲/۲۹، ۰/۳۸، ۰/۰۰، ۰/۱۶ و ۰/۳۸، در کشمش سلطانی به ترتیب ۲/۴۰، ۲/۶۰، ۰/۱۱، ۰/۰۰، ۰/۱۴ و ۰/۵۲، در کشمش آفتاب‌خشک به ترتیب ۲/۳، ۳/۴۷، ۰/۰۹، ۰/۰۰، ۰/۱۳ و ۰/۵۳، و در کشمش سایه‌خشک به ترتیب ۱/۸۲، ۲/۹۰، ۰/۱۰، ۰/۰۰، ۰/۱۰ و ۰/۴۴ بود.

غلظت فلزات سنگین واردشده به بدن انسان بالغ به‌دنبال مصرف کشمش‌های مورد مطالعه، به روش EDI با استفاده از معادله شماره ۱ برآورد شد که نتایج آن در جدول ۴ ارائه گردیده است. بر این اساس، میزان عناصر EDI Ni و Zn، Cu، Pb، Cd، As در کشمش طلائی

غلظت فلزات سنگین واردشده به بدن انسان بالغ به‌دنبال مصرف کشمش‌های مورد مطالعه، به روش EDI با استفاده از معادله شماره ۱ برآورد شد که نتایج آن در جدول ۴ ارائه گردیده است. بر این اساس، میزان عناصر EDI Ni و Zn، Cu، Pb، Cd، As در کشمش طلائی

با توجه به نتایج جدول ۲، بالاترین غلظت عنصر نیکل مربوط به کشمش طلائی با میانگین ۵/۲۱ mg/kg و کم‌ترین مربوط به کشمش سایه‌خشک با میانگین

جدول ۴: مقایسه‌ی مقادیر EDI و EWI با مقادیر استاندارد مصرف موقت روزانه و هفتگی در اثر مصرف کشمش برای یک شخص ۷۰ کیلوگرمی

نوع کشمش	روی	مس	سرب	کادمیوم	آرسنیک	نیکل
طلائی	۲/۶۶	۲/۲۹	۰/۳۸	۰/۰۰	۰/۱۶	۰/۳۸
سلطانی	۲/۴	۲/۶۰	۰/۱۱	۰/۰۰	۰/۱۴	۰/۵۲
آفتاب‌خشک	۲/۳	۳/۴۷	۰/۰۹	۰/۰۰	۰/۱۳	۰/۵۳
سایه‌خشک	۱/۸۲	۲/۹۰	۰/۱	۰/۰۰	۰/۱۰	۰/۴۴
میانگین کل	ED I	۰/۲۲	۰/۲۹	۰/۰۸	۰/۱۶	۰/۴۵
	EWI	۱/۵۴	۲/۳	۰/۵۶	۱/۱۸	۳/۱۵
	PTDI (ISIR, 2010)*	a	a	۳/۶۰	۲/۱۰	a
	PTDI (JECFA, 2000)*	۱۰۰۰	۵۰۰	۳/۵۷	۲/۱۴	a
	PTWI (ISIR, 2010)*	a	a	۲۵/۲	۱۴/۷۰	a
	PTWI (JECFA, 2000)*	۷۰۰۰	۳۵۰۰	۲۴/۹۹	۷/۰۰	a

a. استاندارد برای این عنصر وضع نشده
* (µg/kg bw.d)

کشمش سایه‌خشک بود. به‌صورت کلی، میزان EDI و EWI همه‌ی فلزات سنگین مطالعه‌شده، پایین‌تر از میزان EDI تعیین‌شده توسط IRIS و FAO/WHO بود.

برای محاسبه‌ی ریسک خطر غیرسرطان‌زایی بر اساس ورود فلزات سنگین به‌دنبال مصرف کشمش، مقدار THQ از

بیش‌ترین مقدار EDI ورودی به بدن انسان به‌دنبال مصرف انواع کشمش‌های تولیدی در شهر ملایر مربوط به نیکل و کم‌ترین مربوط به کادمیوم بود. همچنین طبق جدول ۴، بالاترین میزان EDI برای همه‌ی عناصر سنگین به‌دنبال مصرف کشمش آفتاب‌خشک و کم‌ترین آن به‌دنبال مصرف

مجله تحقیقات نظام سلامت حکیم

۰/۰۰ و ۰/۴۵ به دست آمد. مقدار HI برای کشمش سلطانی، طلائی، آفتاب خشک و سایه خشک به ترتیب برابر با ۱/۸۱، ۱/۵۱، ۱/۵۲ و ۱/۶۱ بود.

خطر سرطان زایی عناصر کادمیوم، سرب، نیکل و آرسنیک در جدول ۵ فهرست شده است. میزان CR برای عناصر سرب، نیکل، آرسنیک و کادمیوم به ترتیب برابر با ۰۴E-۸/۶، ۰۱E-۳/۷۸، ۰۱E-۲/۴ و ۰/۰۰ بود.

جدول ۵: ریسک سرطان زایی فلزات سمی موجود در کشمش بر اساس نوع کشمش و میانگین غلظت فلز در کل کشمش‌ها

ریسک سرطان زایی ناشی از مصرف انواع کشمش				
نام فلز	طلائی	سلطانی	سایه خشک	آفتاب خشک
نیکل	۳۱/۹۲ E*-۲	۴۳/۶۸ E-۲	۳۶/۹۶ E-۲	۴۴/۵۲ E-۲
آرسنیک	۲/۴ E-۱	۲/۱ E-۱	۱/۵ E-۱	۱/۹۵ E-۱
کادمیوم	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
سرب	۳/۲۳ E-۳	۹/۳۵ E-۴	۸/۵ E-۴	۷/۶۵ E-۴
(ریسک سرطان زایی کل)	۵۶/۲۴ E-۲	۶۴/۷۷ E-۲	۵۲/۰۵ E-۲	۶۵/۰۰ E-۲

* E برابر است با ۱۰ به توان

بحث

در سبزی‌ها و گیاهان مصرفی انسان، ۰/۱ mg/kg و طبق EC ۰/۲ mg/kg است. با توجه به این که سرب عنصری سمی است و بدون تأثیرگذاری بر گیاهان می‌تواند در آن‌ها تجمع یافته، بر سلامتی مصرف کننده اثر نهد [۴۵]، لذا در مطالعه‌ی حاضر میزان سرب در نمونه‌های کشمش، اندازه‌گیری و محاسبه گردید. میانگین غلظت سرب در مطالعه‌ی حاضر برابر با ۰/۰۳±۰/۰۸ mg/kg بود (جدول ۲) که پایین‌تر از حدود مجاز قابل قبول توسط FAO/WHO [۴۲]، IRIS [۳۱] و EC [۱۱] است. در مطالعه‌ی حاضر بر اساس جدول ۱، محتوای سرب در ۸۰/۷۷٪ نمونه‌ها در حد مقادیر توصیه شده توسط FAO/WHO [۴۲]، IRIS [۳۱] و EC [۱۱] ($P < ۰/۰۵$) و در ۱۹/۳۳٪ بالاتر از حدود توصیه شده بود. بالاترین میانگین غلظت سرب در نمونه‌های بررسی شده مربوط به کشمش طلائی ۰/۴ mg/kg بود که بالاتر از حدود استاندارد FAO/WHO [۴۲]، IRIS [۳۱] و EC [۱۱] است (جدول ۲). در مطالعه‌ی Gebrekidan و همکاران [۴۶]، غلظت سرب در نمونه‌های میوه معادل ۳-۴ mg/kg بود که ۳۰ تا ۴۰ برابر بیش‌تر از مقادیر مجاز FAO/WHO [۴۲] و EC [۱۱] است. در مطالعه‌ی Akman و همکاران [۲۵]، روی کشمش‌های ترکیه در یافتند که سطوح سرب در نمونه‌های میوه حدود ۴۰ برابر حد مجاز EC بود. Akrida-Demertzi و همکاران [۴۸] در مطالعه‌ی میزان عناصر کمیاب را کشمش‌های کشور یونان بررسی کرده و نشان دادند که میانگین سرب آن‌ها برابر با ۰/۰۷۶ mg/kg و بسیار کمتر از حدود خطر برای سلامتی انسان بود. نتایج مطالعه‌ی Calisir و Akman [۲۵] روی کشمش‌های ترکیه نشان داد که میزان میانگین سرب در نمونه‌های مورد مطالعه mg/kg ۰/۰۵۶ (۰/۰۱۲-۳۵۹) بود. همچنین Dabeka و همکاران [۴۹] در

طریق معادله‌ی ۲ محاسبه و نتایج در نمودار ۱ ارائه شد. بر اساس این نمودار، میزان THQ برای عناصر روی، سرب، نیکل، مس، کادمیوم و آرسنیک ناشی از مصرف کشمش سایه خشک به ترتیب ۰/۳، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۴، ۰/۴ و ۰/۴، کشمش آفتاب خشک به ترتیب ۰/۰۲۵، ۰/۳۰۰، ۰/۵۰۰، ۰/۳۰۰، ۰/۰۰۰ و ۰/۴۵۰، کشمش طلائی به ترتیب ۰/۷، ۰/۱، ۰/۵، ۰/۲، ۰/۰ و ۰/۰ و کشمش سلطانی به ترتیب ۰/۴۰، ۰/۳۰، ۰/۴۰، ۰/۲۰، ۰/۰ و ۰/۰

با توجه به این که هیچ‌گونه استاندارد توسط موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران جهت عناصر روی، نیکل، مس و آرسنیک در گیاهان، سبزی‌ها و میوه‌ها ارائه نشده، لذا مقادیر به دست آمده از بررسی نمونه‌های کشمش در این مطالعه با استانداردهای ارائه شده توسط FAO/WHO [۴۲] مقایسه گردید. جداول ۱ نشان می‌دهد که بر اساس استاندارد FAO/WHO، ۱۰۰/۰۰٪ نمونه‌های کشمش حاوی مقادیر مجاز Zn بودند. همان‌طور که جداول ۱ و ۲ نشان می‌دهد، مقادیر غلظت میانگین عنصر روی در کل نمونه‌های کشمش معادل ۲/۲۵±۰/۸۹ mg/kg و پایین‌تر از حد مجاز ۲۰ mg/kg تعیین شده توسط FAO/WHO بود. با توجه به جدول ۲، در میان کشمش‌های بررسی شده، بالاترین میانگین مربوط به کشمش طلائی با میانگین ۲/۷۸ mg/kg و پایین‌تر از حد تعیین شده توسط FAO/WHO بود. با این حال، غلظت روی در نمونه سبزی‌های بررسی شده توسط Sharma و همکاران [۴۳] بین ۲۵/۲ تا ۹۴/۳ ppm و بالاتر از حد مجاز تعیین شده توسط FAO/WHO (۲۰ ppm) بود. در حالی که نتایج مطالعه‌ی حاضر مشابه نتایج Radwan and Salama [۴۴] در مصر است که میزان روی در میوه‌ها و سبزی‌ها را mg/kg ۹/۲۰ و در محدوده مجاز FAO/WHO گزارش کرد. با توجه به این که طبق بررسی‌های انجام شده، مسمومیت عنصر روی در بدن زمانی اتفاق می‌افتد که مقدار این عنصر بالاتر از مقادیر مجاز باشد؛ می‌توان چنین نتیجه گرفت که مقادیر به دست آمده در تحقیق حاضر، هیچ‌گونه اثر سمی بر سلامتی مصرف کنندگان ندارد. بر اساس FAO/WHO [۴۲] و IRIS [۳۱]، حد مجاز سرب

با غلظت میانگین کادمیوم 0.04 mg/kg و مخالف مطالعه‌ی Akrida-Demertzi و همکاران [۴۸] روی کشمش‌های کشور یونان با میانگین غلظت 0.13 mg/kg و مطالعه‌ی Sattar و همکاران [۵۲] در پاکستان با میانگین غلظت 0.09 mg/kg تا 0.66 در آجیل و کشمش و بالاتر از حدود استاندارد FAO/WHO [۴۲]، IRIS [۳۱] و EC [۱۱] بود.

بالاترین حد مجاز تعیین‌شده برای عنصر خطرناک آرسنیک توسط FAO/WHO برابر با 0.1 mg/kg است. لذا طبق مطالعه‌ی حاضر، میانگین کل غلظت آرسنیک در نمونه‌های کشمش $0.17 \pm 0.06 \text{ mg/kg}$ و بالاترین میانگین آن در نمونه‌های کشمش طلایی معادل 0.17 mg/kg بود که بالاتر از حد مجاز تعیین‌شده توسط FAO/WHO است. نتایج مطالعه‌ی حاضر مشابه مطالعه‌ی Colak [۱۱] روی کشمش است که میانگین غلظت آرسنیک را $0.13 \pm 0.01 \text{ mg/kg}$ گزارش کرد و علت آن را صنعتی بودن محل رشد انگور و تولید کشمش بیان نمود. مطالعه‌ی Das و همکاران [۵۳] در بنگلادش روی سبزی‌ها نشان داد که آرسنیک در برخی سبزی‌ها مانند سیب‌زمینی بسیار بالاتر از مقادیر مجاز تعیین‌شده توسط FAO/WHO، یعنی 0.07 تا 1.39 mg/kg بود که محققین علت این آلودگی را آبیاری گیاهان با آب آلوده به آرسنیک اعلام کردند. با این حال، در مطالعه‌ی Abbas و همکاران در سند پاکستان [۵۴]، مقدار آرسنیک در تمام سبزی‌ها کمتر از حد مجاز FAO/WHO بود.

با توجه به نتایج جدول ۲، غلظت اکثر فلزات سنگین در کشمش‌های فرآوری‌شده به روش صنعتی بالاتر از نمونه‌های تولیدشده به روش سنتی بود؛ این مساله می‌تواند به دلیل استفاده از مواد شیمیایی در فرآوری این محصول (کربنات پتاسیم در کشمش طلایی و دی‌اکسید گوگرد در کشمش سلطانی) باشد. این نتیجه مشابه مطالعه‌ی Colak [۱۱] در ترکیه است که مقدار فلزات سنگین در کشمش‌های طلایی بیش‌تر از کشمش‌های تولیدشده به روش طبیعی بود؛ وی همچنین اعلام نمود که میزان فلزات سنگین در نمونه‌های کشمش طلایی پس از شست‌وشو با مواد پاک‌کننده کاهش یافت. به‌منظور تعیین تفاوت آماری میان غلظت فلزات سنگین در چهار نوع کشمش بررسی شده، از آزمون کرومکال-والیس استفاده شد (جدول ۳)، بر این اساس، هیچ‌گونه اختلاف معناداری میان غلظت عناصر Ni، Cd و As در کشمش‌های مطالعه‌شده مشاهده نشد ($P > 0.05$). با این حال غلظت فلزات Cu، Pb و Zn در چهار نوع کشمش، اختلاف قابل‌توجهی داشت ($P < 0.05$).

بر اساس نتایج جدول ۴، میزان EDI تمام فلزات سنگین بررسی‌شده در کشمش‌های مورد مطالعه شهر ملایر کم‌تر از مقادیر PTDI و PTWI پیشنهادشده توسط FAO/WHO برای افزودنی‌های مواد غذایی (JECFA) [۲] و

بررسی آلودگی کشمش‌های فروخته‌شده در کانادا دریافتند که میانگین سرب کشمش‌های ترکیه‌ای برابر 0.93 ($0.06-1.06$) و میانگین ۵ نمونه کشمش از کشورهای استرالیا، آفریقای جنوبی، ایران، مکزیک و شیلی برابر با 0.85 mg/kg ($0.05-1.01$) بود که از حیث آلودگی، نمونه‌های اخیر سالم‌تر بودند.

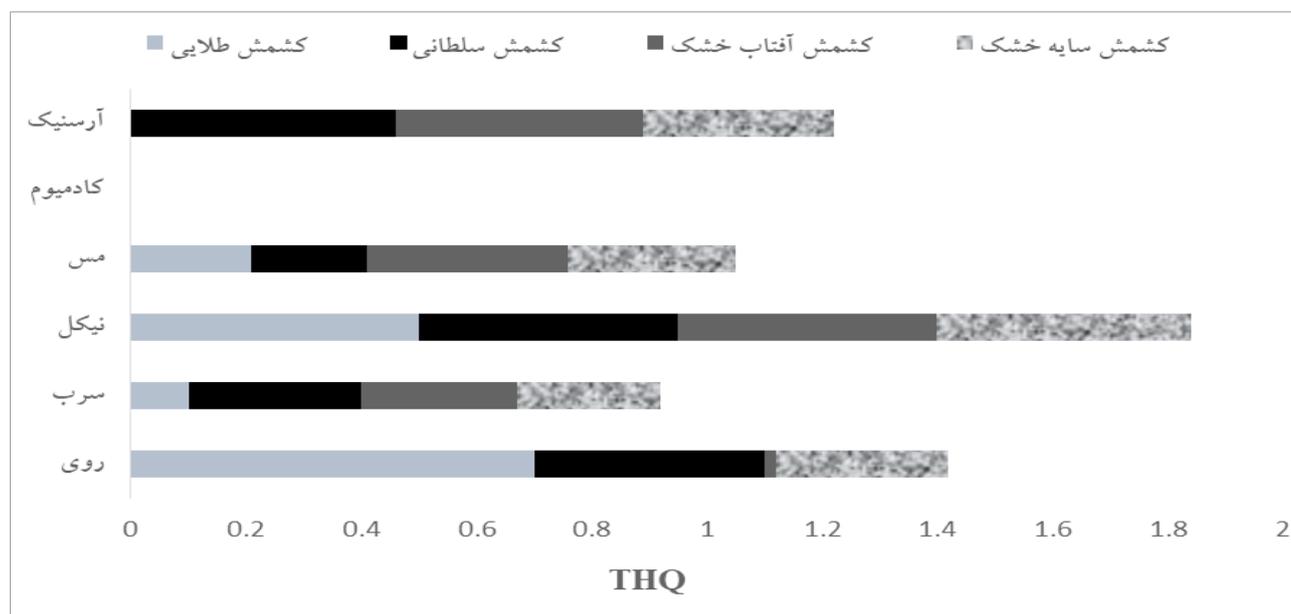
با توجه به این‌که طبق استاندارد FAO/WHO، حد مجاز غلظت نیکل 0.5 mg/kg است، داده‌های مطالعه‌ی حاضر نشان داد که میانگین غلظت کل نیکل در نمونه‌های کشمش برابر با $0.99 \text{ mg/kg} \pm 0.47$ بوده، که این غلظت بالاتر از حد مجاز تعیین‌شده است و میانگین مقدار نیکل در ۱۰۰٪ نمونه‌های آزمایش‌شده $0.45/9$ برابر سطح مجاز مشخص‌شده توسط FAO/WHO است ($P < 0.05$). همچنین، بالاترین غلظت میانگین ($0.75/8 \text{ mg/kg}$) و بالاترین غلظت اندازه‌گیری‌شده ($0.21/5 \text{ kg}$) مربوط به کشمش طلایی بود. نتایج مطالعه‌ی حاضر مشابه نتایج Gebrekidan و همکاران [۴۶] در شمال غربی اقیانوس اطلس و مطالعه‌ی Türkdoğan و همکاران [۴۷] در منطقه ون ترکیه بود. طبق تحقیق Gebrekidan و همکاران، غلظت نیکل در سبزی‌ها و میوه‌های شمال غربی اقیانوس اطلس به ترتیب $0.23/5$ و $0.28/2 \text{ mg/kg}$ و طبق تحقیق Türkdoğan و همکاران، غلظت نیکل در سبزی‌ها و میوه‌های ناحیه‌ی وان ۵ برابر استاندارد EC بود.

مقایسه غلظت میانگین مس ($0.07/0.9 \text{ mg/kg} \pm 0.3$) در نمونه‌های کشمش با حد مجاز استاندارد FAO/WHO نشان داد که این میزان بالاتر از حدود مجاز جهانی (0.3 mg/kg) است (جدول ۱). به‌طوری‌که میانگین غلظت مس در ۱۰۰٪ نمونه‌ها حدود $0.23/10$ برابر بیش‌تر از مقادیر توصیه‌شده توسط FAO/WHO بود ($P < 0.05$). همچنین، طبق نتایج جدول ۲، بالاترین غلظت میانگین ($0.62/3 \text{ mg/kg}$) و بالاترین غلظت اندازه‌گیری‌شده‌ی مس ($0.75/7 \text{ mg/kg}$) مربوط به کشمش آفتاب‌خشک بود. نتایج مطالعه‌ی حاضر مشابه نتایج به‌دست آمده از تحقیق Olalla و همکاران [۵۰] روی انگورهای کشور اسپانیا (با میانگین غلظت مس 0.515 kg و بالاتر از استاندارد)، Bagdatlioglu و همکاران [۵۱] روی میوه‌ها و سبزی‌های مانیسا در ترکیه (0.1) تا $0.67/5 \text{ mg/kg}$)، Türkdoğan و همکاران [۴۷] (0.7 mg/kg) در سبزی‌ها و میوه‌های منطقه‌ی ون و Sattar و همکاران [۵۲] در پاکستان با میانگین غلظت مس $0.2/9$ تا $0.13/9 \text{ mg/kg}$ در آجیل و کشمش و بالاتر از حد استاندارد بود.

طبق گزارش‌های IRIS [۳۱]، FAO/WHO [۴۲] و EC [۱۱]، حد مجاز غلظت کادمیوم برای سبزی‌ها و گیاهان به ترتیب برابر با 0.1 ، 0.05 و 0.05 mg/kg است. در مطالعه‌ی حاضر، میزان کادمیوم بسیار کم و پایین‌تر از حد تشخیص دستگاه و بنابراین، پایین‌تر از حدود مجاز تعیین‌شده توسط استانداردهای ملی و بین‌المللی بود؛ نتایج این مطالعه مشابه مطالعه‌ی Colak [۱۱] روی کشمش‌های کشور ترکیه

است که میزان مواجهه هر یک از آلاینده‌های فلزی فوق برای هر نوع کشمش کم‌تر از دوز مرجع آن بوده؛ به عبارت بهتر، مقدار عناصر فلزی مربوطه در کشمش‌های ملایر، از حداکثر سطح آلاینده‌ی پیش‌نهادی EPA کم‌تر بود؛ این مقادیر در نمودار شماره‌ی ۱ نشان داده شده است. علاوه بر آن، مقدار HI برای کشمش سلطانی، طلائی، آفتاب‌خشک و سایه‌خشک به ترتیب ۱/۸۱، ۱/۵۱، ۱/۵۲ و ۱/۶۱ بود. بر این اساس، مقدار THQ برای همه‌ی عناصر بررسی‌شده پایین‌تر از ۱ و در محدوده ایمن و قابل قبول برای مصرف‌کنندگان قرار داشت و بالاترین میزان THQ در میان عناصر مربوطه مربوط به نیکل و روی و بالاترین آن مربوط به نوع سلطانی بود. به‌صورت کلی، مقدار HI برای انواع کشمش بالاتر از ۱ بود (نمودار ۱).

ISIR بود؛ بنابراین، مصرف این کشمش‌ها هیچ مشکلی برای سلامت انسان در کوتاه‌مدت و درازمدت ایجاد نمی‌کند. نتایج مطالعه‌ی حاضر مشابه مطالعه‌ی Dabeka و همکاران [۴۹] روی کشمش‌های وارداتی کانادا است که در آن میزان EDI و EWI همه‌ی نمونه‌ها پایین‌تر از مقادیر PTDI و PTWI تعیین‌شده توسط FAO/WHO بود. در مطالعه‌ی حاضر، میزان THQ در نمونه‌های کشمش سایه‌خشک برای عناصر روی، سرب، نیکل، مس، کادمیوم و آرسنیک به ترتیب ۰/۳، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۴، ۰/۰ و ۰/۴، در کشمش آفتاب‌خشک به ترتیب ۰/۲۵، ۰/۳۰، ۰/۵۰، ۰/۳۰، ۰/۳۰ و ۰/۱، در کشمش طلائی به ترتیب ۰/۳۰، ۰/۵، ۰/۲، ۰/۰ و ۰/۰ و در کشمش سلطانی به ترتیب ۰/۴۰، ۰/۳۰، ۰/۴۰، ۰/۲۰، ۰/۱۰ و ۰/۴۵ بود و این بدین معنی



نمودار ۱: احتمال خطرپذیری غیرسرطانی ناشی از قرار گرفتن در معرض عناصر موجود در انواع کشمش

مصرف کشمش بیش از ۱ مورد به ازای هر ۱,۰۰۰,۰۰۰ نفر در گروه سنی بزرگسال بود. با این حال، همان‌طور که در جدول ۵ مشخص است، رابطه‌ی ریسک سرطان‌زایی در عناصر بررسی‌شده به‌صورت سرب > نیکل > آرسنیک است؛ درحالی‌که این میزان در کشمش‌های مطالعه‌شده به‌صورت سایه‌خشک < طلائی < سلطانی < آفتاب‌خشک بود. نتایج مطالعه‌ی حاضر، مخالف مطالعه‌ی Fang و همکاران [۵۵] در منطقه‌ی Hetian کشور چین است که نشان داد هیچ‌گونه خطر سرطان‌زایی در اثر مصرف کشمش‌های این منطقه برای مصرف‌کنندگان وجود ندارد.

در مطالعه‌ی Onyedikachi و همکاران [۲۴] در منطقه‌ی Ishiagu استان Ebonyi کشور نیجریه، برخی فلزات موجود در سبزی‌های کاشته‌شده در اطراف و داخل این استان مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج آن‌ها، خطر سرطان‌زایی سرب برابر با $E-05$ ۷/۵۱ برای Ishiagu و $E-06$ ۲/۴۶ برای ناحیه‌ی Umudike بود؛ ایشان علت

میزان CR مواجهه با چهار عنصر کادمیوم، سرب، نیکل و آرسنیک به‌دنبال مصرف کشمش در بزرگسالان در جدول ۵ نشان داده شده است. با توجه به جدول ۵، این میزان برای عناصر نیکل، آرسنیک و مجموع عناصر بررسی‌شده بسیار بالاتر از 1×10^{-4} برای انواع کشمش بررسی‌شده بود؛ در حالی‌که ریسک سرب کمی بالاتر از 1×10^{-4} بود. در این میان، میزان خطر کادمیوم به‌دنبال مصرف کشمش برای انواع کشمش بررسی‌شده برابر صفر بود. همچنین، بالاترین میزان CR در میان کشمش‌ها و عناصر به ترتیب مربوط به کشمش سلطانی و عنصر نیکل و پایین‌ترین مربوط به کشمش طلائی و عنصر کادمیوم بود. مقایسه‌ی مقادیر این جدول با مقادیر حداکثر ریسک قابل قبول پیشنهادی توسط EPA، برابر 10^{-4} و 10^{-6} [۳۸-۴۰]، نشان‌دهنده‌ی ریسک سرطان‌زایی سرب، نیکل و آرسنیک به‌دنبال مصرف کشمش بود. به عبارت بهتر، بروز سرطان در اثر مواجهه با عناصر سرب، نیکل و آرسنیک به‌دنبال

مقدار EDI کوشمش‌های مطالعه‌شده، حاکی از خطر کم این عناصر برای مصرف‌کنندگان است؛ با این حال، با توجه به این که این عناصر از طریق سایر محصولات نیز وارد بدن می‌شوند، لذا کل غلظت عناصر مربوطه ممکن است از حد مجاز بالاتر رود.

بر اساس نتایج به‌دست آمده، شاخص خطرپذیری غیرسرطانی برای همه‌ی عناصر فوق برای گروه سنی بزرگ‌سال کمتر از ۱ و احتمال بروز اثرات، کم بود؛ هرچند میزان خطرپذیری کل عناصر و خطرپذیری کل انواع کوشمش بالا بوده و می‌تواند احتمال بروز عوارض غیرسرطانی را در مجموع بالا ببرد. مقایسه‌ی مقادیر محاسباتی ریسک سرطان در اثر مصرف انواع کوشمش نشان داد که این مقادیر بالاتر از استاندارد پیش‌نهادی EPA است. بر این اساس، نیکل دارای بالاترین اثرات غیرسرطان‌زایی و همچنین بالاترین ریسک ایجاد سرطان در اثر مصرف کوشمش است؛ بنابراین، باید اقدامات لازم جهت تعیین منابع ورودی این فلز و کنترل آن انجام شود و کوشمش‌ها به‌لحاظ منبع ورود عناصر به داخل آن‌ها و حذف یا کاهش این منابع آلاینده، تحت پایش همیشگی قرار گیرند.

از آن‌جا که کوشمش‌های تولیدشده در شهر ملایر، از تاکستان‌های با فواصل مختلف از بزرگراه‌ها و جاده‌های اصلی به‌دست می‌آید، تاثیر بزرگراه‌ها و وسایل نقلیه بر میزان این عناصر در نمونه‌های کوشمش نیز محتمل به نظر نمی‌رسد. لذا، غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های کوشمش مطالعه‌شده در ملایر می‌تواند تحت تاثیر سایر عوامل مانند روش پردازش کوشمش در محل تولید، آلودگی خاک تاکستان‌ها به عوامل شیمیایی و صنعتی، کود شیمیایی، آفت‌کش‌ها، آب آبیاری، فرونشست ریزگردهای حاوی عناصر سنگین و سایر فاکتورها قرار گیرد.

افزایش غلظت نیکل، آرسنیک و مس در نمونه‌های کوشمش نسبت به مقادیر مجاز استاندارد FAO/WHO و IRSI می‌تواند به دلیل استفاده غیرمعمول از کودهای شیمیایی، استفاده از فاضلاب‌های صنعتی در آبیاری مزارع و استفاده از لجن فاضلاب و کمپوست زباله‌ی شهری به عنوان کود و آفت‌کش‌های شیمیایی برای کنترل بیماری‌های گیاهی باشد که منجر به ورود این فلزات به خاک، گیاهان و در نهایت سبزی‌ها و محصولات باغی می‌گردد.

کاربرد در تصمیم‌های مرتبط با سیاست‌گذاری در نظام سلامت

با توجه به بررسی‌های انجام‌شده توسط محققین، پیش از این هیچ پژوهشی در زمینه‌ی وضعیت کوشمش‌های تولیدی در کشور، به‌خصوص شهرستان ملایر، از نظر آلودگی به فلزات سنگین انجام نشده

روند روبه رشد بروز سرطان در این مناطق را مصرف محصولات زراعی کاشته‌شده آلوده به سرب و کادمیوم در اطراف معادن نواحی تحت مطالعه اعلام نمودند. در مطالعه‌ی Zheng و همکاران در چین، پتانسیل خطر سرطان از طریق ورود خوراکی سرب برای بزرگسالان و کودکان به ترتیب 8×10^{-5} و 3×10^{-4} برآورد شد؛ ایشان نتیجه گرفتند که طیف گسترده‌ای از جمعیت، به‌صورت بالقوه در معرض سرطان قرار دارند [۲۷].

نتیجه‌گیری

طبق نتایج حاصل از تحقیق حاضر، بیش‌ترین میانگین غلظت عناصر آرسنیک، نیکل، سرب و روی در کوشمش طلائی و بالاترین غلظت عنصر مس، در کوشمش آفتاب‌خشک دیده شد. در مقایسه، میانگین غلظت کادمیوم در تمام کوشمش‌ها کمتر از حد تشخیص دستگاه بود. با توجه به حد مجاز غلظت فلزات سنگین در گیاهان و سبزی‌ها (بر اساس استاندارد FAO/WHO، حد مجاز فلزات سنگین برای عناصر Ni و As، Zn، Cd، Cu، Pb به ترتیب برابر با 0.1 ، 2.0 ، 0.1 ، 0.3 ، 0.5 و 1 mg/kg است) حدود 100% نمونه‌های کوشمش در دامنه‌ی آلودگی به نافلز آرسنیک بودند. تمامی نمونه‌ها، فاقد آلودگی در دامنه‌ی فلز روی بودند؛ از نظر محققین، میزان روی موجود در نمونه‌های کوشمش، پایین‌تر از محدوده‌ی مجاز تعیین‌شده‌ی FAO/WHO بود. با توجه به پایین‌بودن مقادیر کادمیوم موجود در نمونه‌های کوشمش، طبق استاندارد IRIS، EC و FAO/WHO، تمامی نمونه‌های کوشمش از نظر آلودگی به این فلز در محدوده‌ی ایمن برای مصرف‌کنندگان بودند. بالابودن میانگین غلظت مس نسبت به استاندارد، نمونه‌های کوشمش را از این نظر آلوده نشان داد. در مقایسه با استاندارد FAO/WHO، 100% نمونه‌های کوشمش دارای آلودگی بالاتر از حد مجاز برای فلز نیکل بودند؛ درحالی‌که غلظت میانگین فلز سرب بسیار پایین‌تر از حدود مجاز آلودگی بود.

با توجه به این که EDI تمام فلزات سنگین بررسی‌شده در کوشمش‌های مورد مطالعه‌ی شهر ملایر، کم‌تر از PTDI و PTWI پیش‌نهادشده توسط FAO/WHO برای افزودنی‌های مواد غذایی (JECFA)^{۲۱} و ISIR بود، بنابراین مصرف این کوشمش‌ها هیچ مشکلی برای سلامت انسان در کوتاه‌مدت و درازمدت ایجاد نمی‌کند. همچنین، مقایسه‌ی EDI فلزات سنگین در اثر مصرف کوشمش‌های مطالعه‌شده‌ی شهر ملایر با مطالعات سایر نقاط جهان، حاکی از کم‌تر بودن EDI در این مطالعه نسبت به آن‌ها است. اگرچه میانگین کل نمونه‌های کوشمش برای برخی فلزات سنگین مانند نیکل، مس و آرسنیک بالاتر از حد مجاز و استانداردهای ملی و بین‌المللی بود، ولی تخمین

²¹ Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives

ماده خوراکی بسیار مهم است. آلودگی با فلزات سنگین، یکی از موارد عدم ایمنی کشمش است که می‌تواند سبب بی‌اعتمادی مصرف‌کنندگان به این محصول و آثار زیان‌بار بلندمدت برای کشور شود. انجام پژوهش‌های این‌چنینی می‌تواند به شناسایی منابع آلودگی کشمش و اقدام جهت رفع آن‌ها کمک کند.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی (۵-۱-۱۹۸/۸۴) پژوهش‌شده‌ی انگور و کشمش دانشگاه ملایر است. نویسندگان بدین‌وسیله از پژوهش‌شده‌ی مذکور جهت تامین هزینه‌های این تحقیق سپاس‌گزاری می‌کنند.

References

- 1- Radwan MA, Salama AK. Market basket survey for some heavy metals in Egyptian fruits and vegetables. *Food Chem. Toxicol.* 2006; 44(8):1273-78.
- 2- Shaheen N, Irfan NM, Khan IN, Islam S, Islam MS, Ahmed MK. Presence of heavy metals in fruits and vegetables: Health risk implications in Bangladesh. *Chemosphere.* 2016; 152:431-8.
- 3- Yang J, Lv F, Zhou J, Song Y, Fei L. Health Risk Assessment of Vegetables Grown on the Contaminated Soils in Daye City of Hubei Province, China. *Sustainability.* 2017; 9(11):2141-55.
- 4- Khan S, Cao Q, Zheng YM, Huang YZ, Zhu YG. Health risk of heavy metals in contaminated soils and food crops irrigated with waste water in Beijing, China. *Environ. Pollut.* 2008; 152(3):686-92.
- 5- Karadeniz F, Durst RW, Wrolstad RE. Polyphenolic composition of raisins. *J Agric Food Chem.* 2000; 48(11):5343-50.
- 6- Yeung CK, Glahn RP, Wu X, Liu RH, Miller DD. In vitro iron bioavailability and Antioxidant activity of raisins. *J Food Sci.* 2003; 68(2):701-705.
- 7- Zhao B, Califford A, Hall III. Composition and antioxidant activity of raisin extracts obtained from various solvents. *Food Chem.* 2008; 108(2):511-518.
- 8- Fabani MP, Baroni MV, Luna L, Lingua MS, Monferran MV, Panos H, et al. Changes in the phenolic profile of Argentinean fresh grapes during production of sun-dried raisins. *J Food Compos Anal.* 2017; 58:23-32.
- 9- Ziarati P, Moshiri IM, Sadeghi P, Mohammadi S. Grape Pomace Flour (*Vitis* spp.) from Shiraz in South of Iran by High Trace Mineral Elements as Food Supplements. *SF Drug Del Res J.* 2017; 1(1): 1-9.
- 10- Sharma S, Prasad FM. Accumulation of Lead and Cadmium in Soil and Vegetable Crops along Major Highways in Agra (India). *E-J Chem.* 2010; 7(4):1174-83.
- 11- Çolak M. Heavy metal concentrations in sultana-cultivation soils and sultana raisins from Manisa (Turkey). *Environ Earth Sci.* 2012; 67(3):695-712.
- 12- Rahbar F, Mobini Dehkordi A. A New Approach to the Food Security Strategy (From Sustainable Food Supply). *Journal of Economic Research.* 2004; 4(14):1-18. (In Persian).
- 13- Issaks E, Srivastava R. an introduction to applied geostatistics. 3rd ed. New York: Oxford University Press; 1989:540-65.
- 14- Jing J, Logan TJ. Effect of sewage sludge cadmium concentration on Chemical extractability and plant uptake. *J Environ Quall.* 1991; 21(1):73-81.
- 15- Fu J, Zhou Q, Liu J, Liu W, Wang T, Zhang Q, et al. High levels of heavy metals in rice from a typical e-Waste recycling area in southeast China and its potential risk to human health. *Chemosphere.* 2008; 71(7):1269-75.
- 16- Parvaneh V. Quality control and chemical tests of food. 1st ed. Tehran: Tehran University Press; 2013: 325. (In Persian)
- 17- Sheikh al-Islam R. From Nutrition to Food Safety. [Cited 2018 October 6]. 2005. Available from: [http:// www. salamatiran.com](http://www.salamatiran.com).
- 18- Aung LH, Jenner JF. Detection of 2, 4, 6-trichloroanisole in microorganism-free irradiated raisins by solid-phase micro-extraction and GC-MS. *J Stored Prod Res.* 2004; 40(4):451-459.
- 19- Juan C, Zinedine A, Moltó JC, Idrissi L, Mañes J. Aflatoxins levels in dried fruits and Nuts from Rabat-Salé area, Morocco. *Food Control.* 2008; 19(9):849-853.
- 20- Sarkar B. Heavy metals in the environment. 2nd ed. New York: Marcel Dekker Press; 2002:1-20.
- 21- Sathawara NG, Parikh DJ, Agarwal YK. Essential heavy metals in environmental samples from western India. *Bul Environ Contam Toxicol.* 2004; 73(4):756-61.
- 22- Jarup L. Hazards of heavy metal contamination. *Br Med Bull.* 2003; 68(1):167-82.
- 23- Khrabadi H, Afioni M, Aiobi SH, Sofianian A. Risk Assessment of Heavy Metals in Soil and Crops of Major Edible in Hamadan Province, *Journal of Water and Soil Science.* 2015; 19(74):27-37 (In Persian).
- 24- Onyedikachi UB, Belonwu DC, Wegwu MO. Human health risk assessment of heavy metals in soils and commonly consumed food crops from quarry sites located at Isiagwu, Ebonyi State. *Ovidius Univ Ann Chem.* 2018; 29(1):8-24.
- 25- Calisir F, Akman S. Survey of lead and copper in Turkish raisins. *Food Addit Contam.* 2007; 24(9):960-68.
- 26- Jeszka-Skowron M, Zgoła-Grześkowiak A, Stanisiz E,

- Waśkiewicz A. Potential health benefits and quality of dried fruits: goji fruits, cranberries and raisins. *Food Chem.* 2017; 221 (15):228-236
- 27- Zheng N, Wang Q, Zheng D. Health risk of Hg, Pb, Cd, Zn, and Cu to the inhabitants around Huludao Zinc Plant in China via consumption of vegetables. *Sci. Total Environ.* 2007; 383(1-3):81-89.
- 28- Nouri, H. Moisture Analysis on Precipitation Days During vitis vinifera Growth in Hamedan Province Vineyards. *Ijfas Journal.* 2013; 2(S2):1356-62.
- 29- Jia L, Wang W, Li Y, Yang L. Heavy metals in soil and crops of an intensively farmed area: a case study in Yucheng City, Shandong Province, China. *Int J Environ Res Public Health.* 2010; 7(2):395-412.
- 30- Mirzaei M, Marofi S, Solgi E, Abbasi M, Karimi R. Evaluation of Heavy Metal Contamination Ecological Risk in a Food-Producing Ecosystem. *Journal of Health Research in Community.* 2017; 3(2): 1-16(In Persian).
- 31- Food and Feed. Maximum limit of heavy metals, Institute of Standard and Industrial Research of Iran. Iranian National Standard; July 2013: 5p. Publication Number: 12968. (in Persian)
- 32- Aghili F, Khoshgoftarmanesh A. H, Afyuni M, and Schulin R. Health Risks of Heavy Metals through Consumption of Greenhouse Vegetables Grown in Central Iran. *Hum. Ecol. Risk Assess.* 2009; 15 (5): 999-1015.
- 33- Mesdaghinia AR, Nasseri S, Hadi M. Assessment of Carcinogenic Risk and Non-Carcinogenic Hazard Quotient of Chromium in Bottled Drinking Waters in Iran. *Iran J Health & Environ.* 2016; 9(3):347-358.
- 34- USEPA. Methodology for deriving ambient water quality criteria for the protection of human health. Washington DC: United States Environmental Protection Agency; October 2000: 185pp. Publication Number: EPA-822-B-00-004.
- 35- Nkpaa K.W, Patrick-Iwuanyanwu K.C, Wegwu M.O, Essien E. B. Health risk assessment of hazardous metals for population via consumption of seafood from Ogoniland, Rivers State, Nigeria; A case study of Kaa, B-Dere, and Bodo City. *Environ. Monit. Assess.* 2016; 188(9):1-10.
- 36- US EPA. Hudson River PCBs reassessment RI/FS, Phase 2 Human Health Risk Assessment. Scope of work, Region II, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C. 290 Broadway New York. N.Y; July 1998:33pp. Publication Number: 10007.
- 37- ATSDR (Agency for toxic substance and disease registry). Public health assessment and health consultation. CENEX supply and marketing, Incorporated, Quicy, Grant County, Washington: 2010.
- 38- Demirezen D, Aksoy A. Heavy metal levels in vegetables in Turkey are within safe limits for Cu, Zn, Ni and exceeded for Cd and Pb. *J Food Qual.* 2006; 29(30):252-265.
- 39- Liu CW, Liang CP, Huang FM. Assessing the human health risks from exposure of inorganic arsenic through oyster (*Crassostrea gigas*) consumption in Taiwan. *Science.Total Environ.* 2007; 361:57-66.
- 40- US EPA. Regional Screening level (RSL) for chemical contaminant at superfund sites, U.S. Environmental Protection Agency; March 2015: 176pp. Publications Number: epa02154.
- 41- IARC (International Agency for Research on Cancer). Agents Classified by the IARC Monographs; July 2019:102pp. Publications Number: 112.
- 42- Joint FAO/WHO Food Standard Programme, Codex Alimentarius Commission, 24th Session Geneva, Switzerland; July 2001:300pp. Publications Number: 112.ALINORM 01/12A.
- 43- Sharma RK, Agrawal M, Marshall FM. Heavy metals in vegetables collected from production and market sites of a tropical urban area of India. *Food Chem Toxicol.* 2009; 47(3):583-91.
- 44- Radwan MA, Salama AK. Market basket survey for some heavy metals in Egyptian fruits and vegetables. *Food Chem-Toxicol.* 2006; 44(8):1273-78.
- 45- Marais AD, Blackhurst D. Do heavy metals counter the potential health benefits of wine? *Journal of Endocrinology, Metabolism and Diabetes of South Africa.* 2009; 14(2):77-79.
- 46- Gebrekidan A, Weldegebriel Y, Hadera A, Van der Bruggen B. Toxicological assessment of heavy metals accumulated in vegetables and fruits grown in Ginfel River near Sheba Tannery, Tigray, Northern Ethiopia. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2013; 95(1):171-78.
- 47- Türkdoğan MK, Kilicel F, Kara K, Tuncer I, Uygan I. Heavy metals in soil, vegetables and fruits in the endemic upper gastrointestinal cancer region of Turkey. *Environ Toxicol Pharmacol.* 2003; 13(3):175-79.
- 48- Akrida-Demertzi K, Demertzis P.G, Koutinas A.A. pH and Trace-Elements Content in Raisin Extract Industrial-Scale Alcoholic Fermentation. *Biotechnol and Bioeng.* 1988; (31):666-9.
- 49- Dabeka R.W, McKenzie A.D, Pepper K. Lead contamination of raisins sold in Canada. *Food Addit and Contam.* 2002; 19 (1):47-54.
- 50- Olalla M, Fernandez J, Cabrera C, Navarro M, Gimenez R, Lopez M.C. Nutritional Study of Copper and Zinc in Grapes and Commercial Grape Juices from Spain. *J. Agric. Food Chem.* 2004; 52(9): 2715-20.
- 51- Bagdatlioglu N, Nergiz C, Ergonul PG. Heavy metal levels in leafy vegetables and some selected fruits. *J Verbr Lebensm.* 2010; 5(3-4):421-28.
- 52- Sattar A, Wahid M, Durrani S.H. Concentration of selected heavy metals in spices, dry fruits and plant nuts. *Plant Food Hum Nutr.* 1989; 39(3):279-86.
- 53- Das HK, Mitra AK, Sengupta PK, Hossain A, Islam F, Rabhani GH. Arsenic concentrations in rice, vegetables and fish in Bangladesh: A preliminary study. *Environ Int.* 2004; 30(3):383-87.
- 54- Abbas M, Parveen Z, Iqbal M, Riazuddin, Iqbal S, Ahmad M, et al. Monitoring of Toxic Metals (Cadmium, Lead, Arsenic and Mercury) in Vegetables of Sindh, Pakistan. *Kathmandu University Journal of Science, Engineering and Technology.* 2010; 6(2):60-65.
- 55- Fang Y.L, Zhang A, Wang H, Li H, Zhang Z.W, Chen S.X, et al. Health risk assessment of trace elements in Chinese raisins produced in Xinjiang province. *Food Control.* 2010; 21(5):732-39.

Carcinogenic and Non-Carcinogenic Risk Assessment of Some Heavy Metals Due to Consumption of Raisin Produced in Malayer City

Eisa solgi^{1*}, Tarokh khodadadi²

¹Associate Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University

²Ph.D. Student of Environmental Pollution, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University

Abstract

Introduction: The contamination of agricultural products to heavy metals possesses one of the serious health hazards to consumers, as some of these elements have carcinogenic properties and others can cause damage to various organs of the human body.

Objectives: The purpose of this study was to determine the carcinogenic and non-carcinogenic risk of some heavy metals due to the consumption of raisin produced in Malayer city.

Methods: For the purpose of this study, 50 raisin samples including Sultanu raisin (13 samples), Golden raisin (12 samples), Shade-dried raisin (13 samples), and Sun-dried raisin (12 samples) were collected from industrially and traditionally produced raisin. Then, heavy metals including cadmium, lead, nickel, copper, zinc, and arsenic were measured in the samples by graphite furnace atomic absorption spectrophotometry. The quantitative risk assessment was conducted based on the United States Environmental Protection Agency method.

Results: According to the obtained results, the mean concentrations of arsenic, copper, and nickel in raisin samples were 0.17 ± 0.06 (accepted level 0.1), 3.07 ± 0.09 (accepted level 0.3), and 4.72 ± 0.99 (accepted level 0.5) mg/kg. The highest average concentration of heavy metals was related to Sultanu and Golden raisins. The highest estimated daily intake (EDI), target hazard quotient (THQ), and carcinogenic risk (CR) belonged to the nickel element.

Conclusion: The results showed that the mean concentrations of As, Ni, and Cu in raisin samples were higher than the level recommended by the FAO/WHO. The EDI level of all elements in all types of raisin was less than the provisional tolerable daily intake (PTDI) proposed by the FAO/WHO and Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) and the Iranian Institute for Standard and Industrial Research (IRIS). Thus, their long-term uses do not have any specific non-carcinogenic effect on consumers while they can possess carcinogenic effects.

Keywords: Heavy Metals; Raisin; Malayer City; Cancer Risk; Contamination; EDI

Please cite this article as follows:

Solgi E, Khodadadi T. Evaluation of Carcinogenic and Non-Carcinogenic Risk Assessment of Some Heavy Metals Due to Consumption of Produced Raisin in Malayer City. *Hakim Health Sys Res.* 2019; 22(3): 199-211.

*Corresponding Author: Associated Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, 4th Kilometer of Malayer-Arak Rd., Malayer, Iran. Tel: +98-8133339841, Fax: +98-8133339844, Email: e.solgi@yahoo.com