مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره هجدهم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۴، صفحات ۲۰۹ تا ۲۲۸

Available online: https://ijhe.tums.ac.ir
مقاله پژوهشی

ارزیابی ریسک سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی فلزات سنگین در روغن‌های گیاهی خوراکی شهرستان سبزوار

هادی نیک نژاد[۱،۲]، احسان معنوی پور[۲]، موسی چشمی[۲]، وجیهه حسن زاده[۲]، رقیه عابدی سروستانی[۲]، فاطمه احمدی[۲]، مهرنوش ابطحی[*،۲]

۱- کمیته تحقیقات دانشجویی، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
۲- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۲۵
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۳
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۶/۲۵

واژگان کلیدی: فلزات سنگین، ریسک سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی، روغن‌های گیاهی، سبزوار

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
mehrabtahi@yahoo.com

چکیده

زمینه و هدف: آلودگی روغن‌های گیاهی (VOs) به فلزات سنگین به دلیل پیامدهای بالقوه بر سلامت عمومی، یکی از نگرانی‌های مهم در حوزه ایمنی مواد غذایی محسوب می‌شود. این پژوهش با هدف اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین (As, Pb, Cu, Fe) در انواع مختلف VOs و ارزیابی خطرات ناشی از مصرف آنها بر سلامت انسان انجام شد.

روش بررسی: در این پژوهش، ۷۲ نمونه روغن گیاهی از برندهای مختلف و از میان سه نوع روغن پرمصرف (کنجد، آفتابگردان و کلزا) به‌صورت سیستماتیک از بازارهای شهر سبزوار جمع‌آوری شد. نمونه‌های روغن پس از وزن‌کشی دقیق، تحت هضم اسیدی با اسید نیتریک، اسید سولفوریک و H_2O_2 قرار گرفتند. محلول‌های حاصل پس از فیلتراسیون، با استفاده از طیف‌سنج نشر اتمی با پلاسمای مایکروویو (MP-AES) برای تعیین غلظت فلزات سنگین (Fe ،Cu ،As ،Pb) آنالیز شدند. کلیه مراحل مطابق با استانداردهای ملی ایران و در سه تکرار انجام شد. به‌منظور ارزیابی دقیق‌تر ریسک‌های بهداشتی، ضریب خطر غیرسرطان‌زایی (HQ) و ریسک ابتلا به سرطان در طول عمر (LTCR) با روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو (MCS) محاسبه شد. در مدل ارزیابی ریسک، میزان مصرف روزانه روغن‌های گیاهی معادل ۰/۲۲۷ kg/day در نظر گرفته شد که بر اساس الگوی مصرف ملی در ایران تعیین گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که بیشترین میزان فلزات سنگین در VOs شامل Pb(۰/۰۵۸ mg/kg) در روغن کنجد، As(۰/۰۹۰ mg/kg) در روغن آفتابگردان و Cu و Fe (۰/۱۴۳ mg/kg و ۰/۸۴۷) در روغن کلزا بود. شاخص خطر غیرسرطان‌زایی (THQ) برای Pb (۰/۱۴۶ = THQ)، Cu (۰/۰۲۲ = THQ) و Fe (۰/۰۱ = THQ) در محدوده ایمن قرار داشت، اما مقدار THQ مربوط به As (۱/۹۰۵ = THQ) در سطحی قابل‌توجه گزارش شد. بررسی ریسک سرطان‌زایی نشان داد که مصرف این روغن‌ها عمدتاً در محدوده ایمن قراردارد، اما ریسک ناشی از As حدود ۱۰۰ برابر بیشتر از Pb تخمین زده شد.

نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که اگرچه میزان ریسک سرطان‌زایی مرتبط با مصرف VOs در سطح پایینی قرار دارد، اما لزوم پایش مستمر این محصولات، به‌ویژه از نظر آلاینده‌های فلزی، برای اطمینان از سلامت مصرف‌کنندگان، امری حیاتی محسوب می‌شود.

Please cite this article as: Niknejad H, Manavipour E, Cheshmi M, Hasanzadeh V, Abedi Sarvestani R, Ahmadi F, et al. Assessment of carcinogenic and non-carcinogenic risk of heavy metals in edible vegetable oils from Sabzevar, Iran. Iranian Journal of Health and Environment. 2025;18(2):209-28.

Copyright © 2025 Iranian Association of Environmental Health، and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted، provided the original work is properly cited.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-04]

مقدمه

روغن‌های گیاهی (Vegetable Oils; VOs) یکی از منابع اصلی تأمین انرژی و اسیدهای چرب ضروری در رژیم غذایی انسان به شمار می‌روند و نقشی حیاتی در حفظ سلامت عمومی ایفا می‌کنند. این ترکیبات نه تنها برای حفظ ساختار و عملکرد سلول‌ها ضروری‌اند، بلکه در فرآیندهای فیزیولوژیکی مهمی همچون سنتز و تنظیم هورمون‌ها، تعدیل پاسخ‌های ایمنی، کنترل فشار خون و پایداری غشای سلولی نقش دارند (۱). این ترکیبات نقشی اساسی در تنظیم فرآیندهای بیولوژیکی بدن ایفا می‌کنند و در متابولیسم سلولی، تولید هورمون‌ها، حفظ یکپارچگی غشای سلولی و تنظیم پاسخ‌های التهابی و ایمنی تأثیر بسزایی دارند (۲، ۳). ترکیب شیمیایی VOs شامل طیف وسیعی از تری‌گلیسیریدها، مواد معدنی، ترکیبات زیست‌فعال و آنتی‌اکسیدان‌هایی مانند توکوفرول‌ها است که در کاهش استرس اکسیداتیو و جلوگیری از بیماری‌های مزمن نقش دارند. برخلاف چربی‌های حیوانی، مصرف متعادل VOs می‌تواند به کاهش سطح کلسترول بد (Low-Density Lipoprotein; LDL) و افزایش کلسترول خوب (High-Density Lipoprotein; HDL) کمک کند، که این امر عاملی مهم در کاهش خطر بیماری‌های قلبی-عروقی محسوب می‌شود (۴). علاوه بر اهمیت تغذیه‌ای، VOs در سطح جهانی در صنایع مختلف از جمله داروسازی، تولید مواد شیمیایی، فرآوری مواد غذایی و تولید محصولات آرایشی کاربردهای گسترده‌ای دارند (۵). VOs غنی از مواد مغذی اساسی مانند کربوهیدرات‌ها، ویتامین‌ها، آنتی‌اکسیدان‌ها و اسیدهای چرب ضروری از جمله لینولئیک، اولئیک، پالمیتیک و استئاریک هستند که به‌طور چشمگیری به بهبود سلامت انسان کمک می‌کنند. به همین دلیل، مصرف VOs در سراسر جهان همچنان در حال افزایش است (۶).

اگرچه VOs به‌طور گسترده‌ای به‌عنوان منابع ارزشمندی برای تغذیه و سلامت انسان شناخته می‌شوند با این‌وجود، این محصولات در معرض طیف وسیعی از آلودگی‌ها قرار دارند که ممکن است از مراحل ابتدایی زنجیره تولید، از جمله کاشت و برداشت مواد خام، تا فرآوری، بسته‌بندی، ذخیره‌سازی و حمل‌ونقل رخ دهد. آلاینده‌هایی همچون باقی‌مانده‌های آفت‌کش‌ها، هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons; PAHs)، سموم قارچی و به‌ویژه فلزات سنگین (Heavy Metals; HMs) می‌توانند از طریق محیط زیست یا فرآیندهای صنعتی به VOs وارد شده و کیفیت تغذیه‌ای آنها را تحت تأثیر قرار دهند. تجمع این آلاینده‌ها در روغن‌های خوراکی، به‌ویژه در محصولات تصفیه نشده، ممکن است اثرات نامطلوبی بر سلامت مصرف‌کنندگان داشته و خطر بروز بیماری‌های مزمن، از جمله اختلالات متابولیکی و سرطان را افزایش دهد. ازاین‌رو، ارزیابی دقیق میزان آلاینده‌ها در VOs و پایش مستمر کیفیت آنها امری ضروری در راستای تضمین ایمنی مواد غذایی محسوب می‌شود (۷-۱۰). وجود فلزات سنگین در VOs نه تنها بر سلامت مصرف‌کنندگان تأثیر می‌گذارد، بلکه ویژگی‌های کیفی VOs را از نظر تازگی، ماندگاری، ارزش غذایی و پایداری به‌طور مستقیم تحت تاثیر قرار می‌دهد. این آلاینده‌ها می‌توانند فرآیند اکسیداسیون روغن را تسریع کرده و باعث کاهش کیفیت تغذیه‌ای و ارگانولپتیکی (ویژگی‌های حسی مانند طعم و بو) روغن‌ها شوند. همچنین، حضور این فلزات در VOs تحت تأثیر عوامل مختلفی قرار دارد که از جمله آن‌ها می‌توان به نوع ژنوتیپ گیاه، شرایط محیطی، نوع خاک و روش‌های کشاورزی اشاره کرد. به‌ویژه استفاده از کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌هایی که حاوی فلزات سنگین هستند، می‌تواند باعث افزایش میزان این آلاینده‌ها در محصولات نهایی شود (۱۱، ۱۲). فلزات سنگین بر اساس نقش بیولوژیکی و اثرات سمی آن‌ها به سه گروه اصلی تقسیم می‌شوند: عناصر ضروری که برای عملکردهای حیاتی بدن مورد نیاز هستند (مانند منگنز (Mn)، آهن (Fe)، روی (Zn) و مس (Cu))، عناصر با ضرورت احتمالی که نقش آن‌ها در فرآیندهای زیستی هنوز به‌طور کامل مشخص نشده است (مانند کبالت

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-04]

(Co) و وانادیوم (V)) و عناصر سمی که حتی در مقادیر کم می‌توانند تأثیرات مخربی بر سلامت انسان داشته باشند (مانند سرب (Pb)، کادمیوم (Cd) و آرسنیک(As)). هرچند عناصر ضروری برای عملکردهای متابولیکی و آنزیمی بدن اهمیت دارند، اما مصرف بیش از حد آن‌ها می‌تواند منجر به اثرات نامطلوبی نظیر اختلالات رشد، تغییرات مورفولوژیکی و سمیت سلولی شود. علاوه بر این، برخی از این فلزات، از جمله Cu، منیزیم، Fe و کلسیم، قادرند با تسریع فرآیند اکسیداسیون در VOs، باعث تخریب ترکیبات ارزشمند آن‌ها شوند. این فلزات از طریق تولید رادیکال‌های آزاد از هیدروپراکسیدهای اسیدهای چرب، منجر به تغییرات نامطلوب در ویژگی‌های ارگانولپتیکی مانند طعم، بو و رنگ روغن می‌شوند و در نتیجه، ارزش تغذیه‌ای آن را کاهش می‌دهند. از سوی دیگر، فلزات سنگین سمی، حتی در غلظت‌های ناچیز، می‌توانند اثرات زیانباری مانند ایجاد استرس اکسیداتیو، اختلالات عصبی، آسیب به کلیه و کبد، و در موارد شدیدتر، بروز سرطان را به همراه داشته باشند. بنابراین، پایش مستمر غلظت این فلزات در VOs و ارزیابی ریسک‌های مرتبط با آن‌ها، یک ضرورت اساسی در کنترل کیفیت و ایمنی این محصولات غذایی محسوب می‌شود (۱۳-۱۵). مطالعات پیشین نشان داده‌اند که قرار گرفتن در معرض As می‌تواند با طیف وسیعی از پیامدهای نامطلوب سلامتی همراه باشد، از جمله افزایش خطر بیماری‌های قلبی-عروقی، بروز اختلالات عصبی و رفتاری، ایجاد انواع سرطان و تأثیرات منفی بر سیستم خونسازی. As یک ماده سمی است که حتی در مقادیر اندک، در طولانی‌مدت می‌تواند باعث سمیت مزمن و مشکلات جدی در عملکرد ارگان‌های حیاتی شود (۱۶، ۱۷). همچنین، مواجهه با Pb می‌تواند منجر به بروز عوارض گسترده‌ای از جمله افزایش فشار خون، سردردهای مزمن، ناراحتی‌های گوارشی، اختلال در عملکرد کلیه‌ها و مغز، کاهش توانایی شناختی و بروز کم‌خونی شود. Pb به دلیل خاصیت تجمعی خود در بدن، به‌ویژه برای سیستم عصبی کودکان بسیار مضر است و می‌تواند موجب کاهش ضریب هوشی و مشکلات یادگیری شود (۱۸).

Cd، که یک فلز سنگین با خاصیت سرطان‌زایی تأیید شده است، به‌طور مستقیم با بروز انواع سرطان از جمله سرطان کلیه و ریه در ارتباط است. این فلز سمی از طریق زنجیره غذایی وارد بدن شده و در بافت‌های مختلف تجمع می‌یابد، که در نهایت می‌تواند منجر به آسیب جدی به سیستم ایمنی و اندام‌های داخلی شود (۱۹). کروم (Cr)، به‌ویژه در فرم شش ظرفیتی آن، یکی دیگر از آلاینده‌های خطرناک است که اثرات نامطلوبی بر سلامت دارد. مواجهه طولانی‌مدت با کروم می‌تواند موجب جهش‌های ژنتیکی، افزایش خطر سرطان و آسیب به اندام‌هایی مانند ریه‌ها، کلیه‌ها و کبد شود (۲۰). با توجه به نقش حیاتی کنترل آلودگی فلزات سنگین در تضمین کیفیت و ایمنی VOs، نظارت مداوم بر غلظت این عناصر در زنجیره تأمین این محصولات ضروری است. بر اساس استانداردهای سازمان‌های بین‌المللی نظیر سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (Food and Agriculture Organization of the United Nations; FAO)، سازمان جهانی بهداشت (World Health Organization; WHO) و اداره غذا و داروی ایالات متحده آمریکا (Food and Drug Administration; FDA)، حدود مجاز برای فلزات سنگین در روغن‌های خوراکی مشخص شده است؛ به‌طور مثال، مقدار مجاز برای Pb برابر با ۰/۱ mg/kg و برای As نیز ۰/۱ mg/kg تعیین شده است. مقایسه مقادیر اندازه‌گیری شده با این حدود، مبنای ارزیابی علمی ریسک بهداشتی قرار می‌گیرد (۲۱). مطالعات متعددی در سال‌های اخیر به بررسی میزان آلودگی فلزات سنگین در روغن‌های خوراکی و تحلیل ریسک‌های سلامت پرداخته‌اند. برای نمونه، پژوهش Askarpour و همکاران (۲۰۲۳) در اهواز، با استفاده از روش تحلیل احتمالاتی، شاخص‌های خطر تجمعی فلزاتی مانند As و Pb را در روغن‌های تصفیه شده و سرد فشرده ارزیابی کردند (۹). همچنین، مطالعه Zhu و همکاران (۲۰۱۱) در چین، ریسک سرطان‌زایی ۸ فلز سنگین را در ۹ نوع VOs پرمصرف محاسبه کرده و به تفاوت قابل توجه بین انواع روغن از

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-04]

منظر ریسک بهداشتی اشاره کرده است (۱۳). مطالعه Mehri و همکاران (۲۰۲۴) در همدان نیز به بررسی تجمع فلزات سنگین و تحلیل ریسک غیرسرطان‌زایی در روغن‌های مصرفی پرداخت و خطر نسبی بالاتری برای کودکان نسبت به بزرگسالان گزارش کرد (۲۲). همچنین تحقیق Heidary و همکاران (۲۰۲۳) در زنجان نشان داد که غلظت As و Pb در برخی نمونه‌های روغن کلزا از حد مجاز FAO/WHO فراتر رفته و ریسک سلامت بالقوه‌ای برای مصرف‌کنندگان دارد (۲۳).

اگرچه این مطالعات در زمینه آلودگی فلزات سنگین در روغن‌های خوراکی انجام شده، اما بسیاری از آن‌ها محدود به مناطق خاص یا نوع خاصی از روغن بوده و عمدتاً فاقد رویکردهای تحلیلی مبتنی بر عدم قطعیت مانند شبیه‌سازی مونت‌کارلو (Monte Carlo simulation; MCS) هستند. این محدودیت‌ها، ضرورت انجام پژوهش حاضر را برای ارزیابی جامع‌تر سلامت مصرف‌کنندگان در منطقه سبزوار نشان می‌دهد. از این‌رو، مطالعه حاضر، برای نخستین‌بار در شهر سبزوار، با هدف ارزیابی همزمان ریسک‌های سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی فلزات سنگین در VOs رایج با استفاده از روش MCS و مبتنی بر الگوی واقعی مصرف روزانه انجام گرفته است. همچنین، مقایسه ریسک بین سه نوع روغن پرمصرف (کنجد، آفتابگردان و کلزا)، دیدگاهی کاربردی برای پایش هدفمند محصولات غذایی فراهم می‌سازد و دیدگاه جامعی نسبت به وضعیت آلودگی این محصولات و تأثیرات احتمالی آن بر سلامت عمومی ارائه می‌دهد.

مواد و روش‌ها

_ تهیه نمونه‌های روغن

در این مطالعه، نمونه‌های روغن گیاهی در سال ۱۴۰۲ از فروشگاه‌های مختلف سطح شهر سبزوار گردآوری شدند. این نمونه‌ها شامل سه نوع روغن پرمصرف، یعنی روغن کنجد (Sesame oil)، روغن آفتابگردان (Sunflower oil) و روغن کلزا (Rapeseed oil) بودند بر مبنای میزان مصرف بالای این روغن‌ها در سبد غذایی خانوارهای منطقه و تفاوت‌های ساختاری و گیاه‌شناختی میان این روغن‌ها که آن‌ها را از نظر الگوی جذب فلزات سنگین در معرض ویژگی‌های متفاوتی قرار می‌دهد. به‌منظور بررسی و تحلیل غلظت فلزات سنگین As، Pb، Fe و Cu در این محصولات، حجم نمونه با استفاده از فرمول تخمین حجم نمونه برای متغیرهای پیوسته با معادله ۱ محاسبه شد که در آن، Z=۱/۹۶ برای سطح اطمینان ۹۵ درصد، σ=۰/۱۵ mg/kg بر اساس مطالعات مشابه و d=۰/۱ mg/kg به‌عنوان دقت قابل قبول در نظر گرفته شد. با جایگذاری این مقادیر، حداقل ۸ نمونه برای هر برند روغن محاسبه گردید. با در نظر گرفتن سه برند برای هر نوع روغن، تعداد ۲۴ نمونه برای هر روغن انتخاب شد و در مجموع ۷۲ نمونه برای سه نوع روغن مورد بررسی (کنجد، آفتابگردان و کلزا) جمع‌آوری گردید. این روش نمونه‌گیری طبقه‌بندی شده با هدف افزایش دقت، پوشش تنوع بازار و انطباق با دستورالعمل‌های FAO/WHO برای پایش آلاینده‌ها انجام شد.

$$n = \frac{Z^2 - \sigma^2}{d^2} \quad (1)$$

_ اندازه گیری فلزات سنگین

اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین Cu، Fe و As در نمونه‌های روغن مورد بررسی بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۴۰۸۸ و تعیین میزان Pb طبق استاندارد شماره ۴۰۸۹ سازمان ملی استاندارد ایران انجام شد. برای تجزیه و تحلیل فلزات، از روش نشر اتمی با استفاده از دستگاه میکروویو پلاسما-طیف‌سنج نشر اتمی (MP-AES) مدل AGILENT ساخت ایالات متحده آمریکا بهره گرفته شد (۲۴). تمامی معرف‌ها و محلول‌های استاندارد از شرکت Merck (آلمان) تهیه شدند. پیش از انجام مراحل آماده‌سازی، نمونه‌های روغن در شرایط کنترل شده نگهداری شدند تا از تخریب احتمالی فلزات جلوگیری گردد. تمامی نمونه‌های روغن پس از جمع‌آوری، به ظروف شیشه‌ای تیره‌رنگ (amber glass) با درب‌های درزگیر و مقاوم به نفوذ

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-04]

هوا منتقل شده و در دمای یخچال (۴ °C) در شرایط تاریک نگهداری شدند. حداکثر زمان نگهداری پیش از انجام هضم و آنالیز، کمتر از ۱۰ روز بود. طی این مدت، هیچ چرخه انجماد–ذوبی (freeze–thaw) انجام نشد و کلیه نمونه‌ها در یک مرحله و به صورت یکپارچه مورد آنالیز قرار گرفتند. این تدابیر با هدف حفظ پایداری عناصر فلزی، جلوگیری از اکسیداسیون، حذف آلودگی متقاطع و افزایش قابلیت اطمینان نتایج اتخاذ گردیدند. فرآیند آماده‌سازی نمونه‌ها شامل مراحل دقیق هضم اسیدی بود. ابتدا ۱ g از هر نمونه روغن به‌طور جداگانه در فلاسک‌های مخروطی توزین شد و سپس ۵ mL اسید نیتریک (HNO_3) غلیظ به آن افزوده شد. مخلوط حاصل به مدت ۲ تا ۳ h در دمای ۷۰-۸۰ °C بر روی صفحه داغ حرارت داده شد. سپس دما به حدود ۱۵۰ °C افزایش یافت و فرآیند حرارت‌دهی طی شب ادامه پیدا کرد. در طول این فرآیند، برای بهبود تجزیه ترکیبات آلی، ۳ تا ۵ mL اسید سولفوریک (H_2SO_4) غلیظ و پراکسید هیدروژن ۳۰ درصد (H_2O_2) به‌صورت مرحله‌ای به نمونه اضافه شد. تداوم حرارت‌دهی منجر به تجزیه کامل مواد آلی و تشکیل محلول‌های شفاف شد. در مرحله نهایی، پس از تبخیر کامل محتویات فلاسک، رسوب نیمه‌خشک حاصل در مقدار کمی آب دیونیزه (حدود ۵ mL) حل شد. سپس محلول از طریق کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲ (Sigma-Aldrich) فیلتراسیون گردید و حجم نهایی محلول‌ها با استفاده از HNO_3 در فلاسک‌های حجمی به ۲۵ mL رسانده شد و برای آنالیز فلزات مورد استفاده قرار گرفت (۲۵).

برای بررسی عملکرد روش آنالیز، پارامترهای اعتبارسنجی شامل حد تشخیص (LOD)، حد کمی‌سازی (LOQ)، دقت (RSD) و درصد بازیابی (Recovery) برای دستگاه MP-AES تعیین شد. این مقادیر بر اساس آزمون‌های تکرارپذیری، آنالیز نمونه‌های غنی‌شده و منحنی‌های کالیبراسیون استاندارد به‌دست آمد (جدول ۱). نتایج به‌دست‌آمده با الزامات استانداردهای ملی ایران و نیز رهنمودهای FAO و AOAC همخوانی داشت (۲۶).

جدول ۱- پارامترهای اعتبارسنجی روش MP-AES برای تعیین فلزات سنگین (HMs) در نمونه‌های VOs

HMs	LOD (mg/L)	LOQ (mg/L)	(RSD٪) دقت	بازیابی (درصد)
As	۰/۰۳٦	۰/۱۱۹	۸/٤	۹۲/۸۱
Pb	۰/۰۲۰	۰/۰٦۰	۰/۷۲	۱۰۳/۸۸
Cu	۰/۰۰۳	۰/۰۰۸	۱/۸۱	۱۰٤/۰٤
Fe	۰/۰۳۰	۰/۰۹۱	۵/۰٦	۱۰۲/۳۳

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-04]

ـ ارزیابی خطر سلامت

در این پژوهش، ارزیابی جامعی از خطرات سلامتی بالقوه ناشی از مصرف فلزات سنگین از طریق VOs انجام شد. برای این منظور، ریسک‌های سرطان‌زا و غیرسرطان‌زا با استفاده از مدل‌های کمی ارزیابی ریسک مورد بررسی قرار گرفتند. برآورد میزان مواجهه روزانه و پیامدهای احتمالی سلامت با بهره‌گیری از معادلات ۲ تا ۴ صورت گرفت. میزان دوز روزانه دریافت شده(CDI)، که نشان‌دهنده مقدار فلزات سنگین جذب‌شده از طریق مصرف VOs است، بر اساس معادله ۲ محاسبه شد، جایی که C غلظت فلزات سنگین در روغن‌های گیاهی (mg/kg)، EF فرکانس مواجهه (days/year)، ED مدت زمان مواجهه در سال، IR میزان دریافت یا مصرف روزانه VOs (kg/day)، BW میانگین وزن بدن (kg) و AT میانگین زمان مواجهه (day) را نشان می دهد (۲۷).

$$CDI = \frac{C \times CF \times EF \times ED \times IR}{BW \times AT} \quad (۲)$$

ریسک غیرسرطان‌زایی ناشی از مواجهه با فلزات سنگین از طریق مصرف VOs، با استفاده از ضریب خطر هدف (THQ) براساس معادله ۳ محاسبه شد، در جایی که CDI نشان دهنده میزان مصرف روزانه مزمن (mg/kg/day)، RfD به معنای دوز مرجع (mg/kg/day) و THQ به معنای شاخص خطر غیر سرطانزایی (ضریب خطر هدف) است. چنانچه مقدار THQ کمتر از ۱ (THQ<۱) باشد، نشان‌دهنده عدم وجود عوارض جانبی است، درحالی‌که مقدار THQ >۱ نشان‌دهنده خطرات بالقوه غیرسرطان‌زا برای سلامتی است (۱۶).

$$THQ = \frac{CDI}{RfD} \quad (۳)$$

ریسک سرطان‌زایی مرتبط با مصرف مزمن فلزات سنگین از طریق VOs، بر اساس احتمال افزایش خطر سرطان در طول عمر (LTCR) بر اساس معادله ۴ محاسبه شد، در جایی که LTCR ریسک سرطان‌زایی در طول عمر است و CSF فاکتور شیب سرطان زایی $(mg/kg/day)^{-1}$ است. جدول ۲ مقادیر RfD، CSF و سایر پارامترهای مرتبط با میزان دریافت فلزات سنگین از طریق مصرف VOs را نشان می‌دهد.

$$LTCR = CDI \times CSF \quad (۴)$$

جدول ۲- پارامترهای مورد استفاده در ارزیابی خطر سرطان زا و غیر سرطان زا

Ref	Values	Unit	Exposure factors
(۲۸ ،۹)	۰/۲۲۷	kg/day	IR (Ingestion Rate)
(۲۸ ،۹)	۳٦٥	days/year	EF (Exposure Frequency)
(۲۸ ،۹)	۳۰	years	ED (Exposure Duration)
(۲۸ ،۹)	۲٥٥٥۰	days	AT (Averaging period of Time) for carcinogens
(۲۸ ،۹)	۱۰۹٥۰	days	AT for non-carcinogens
(۲۸ ،۹)	۷۰	kg	BW (Body Weight)
(۲۸ ،۱۳)	As =۱/٥ و Pb = ۰/۰۰۸٥	$(mg/kg/day)^{-1}$	CSF (cancer slope factor)
(۳۰ ،۲۹ ،۱۳)	As = ۰/۰۰۰۳, Pb = ۰/۰۰۳٥ , Cu = ۰/۰٤, Fe = ۰/۷	mg/kg/day	RfD (Reference Dose)

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-04]

_ *تجزیه و تحلیل آماری*

تکنیک MCS یک روش تحلیل احتمالاتی است که به‌طور گسترده برای ارزیابی عدم قطعیت و تغییرپذیری در مدل‌های ارزیابی ریسک به کار می‌رود. این روش از طریق تکرارهای تصادفی گسترده، طیفی از سناریوهای ممکن را شبیه‌سازی کرده و توزیع آماری نتایج را ارائه می‌دهد. در این مطالعه، برآورد ریسک بهداشتی ناشی از مواجهه با HMs در VOs با استفاده از تکنیک MCS انجام شد. شبیه‌سازی‌ها از طریق نرم‌افزار کریستال بال (Oracle® Crystal Ball)، محصول شرکت Oracle Corporation، پیاده‌سازی گردید. در این تحلیل، برای بهبود دقت پیش‌بینی‌ها، ۱۰۰۰۰ تکرار از MCS اجرا شد تا مقدار ضریب خطر (HQ) و احتمال مازاد سرطان در طول عمر (LTCR) بر اساس پارامترهای کلیدی مطالعه، شامل میزان مصرف روغن‌های گیاهی (IR)، وزن بدن (BW) و فراوانی مواجهه (EF)، تخمین زده شود. استفاده از این روش، تصویری جامع از پراکندگی احتمالی خطرات ارائه داده و در ارزیابی ریسک مبتنی بر شواهد نقشی اساسی ایفا می‌کند (۳۱-۳۳).

یافته‌ها

_ *غلظت فلزات سنگین در نمونه های روغن مصرفی*

سطوح فلزات سنگین (حداقل، حداکثر، میانگین و انحراف معیار) برای نمونه‌های روغن گیاهی در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که در تمام نمونه‌های روغن گیاهی میانگین غلظت فلزات سنگین کمتر از حد استاندارد بوده است. بیشترین میانگین غلظت‌های As، Pb، Cu و Fe به ترتیب در آفتابگردان (۰/۰۹۰ mg/kg)، کنجد (۰/۰۵۸ mg/kg)، و کلزا (۰/۱۴۳ mg/kg و ۰/۸۴۷) مشاهده شد. محدوده غلظت As، Pb، Cu و Fe در نمونه‌های کنجد به ترتیب ۰/۰۰۹ تا ۰/۱۱۰، ۰/۰۳۲ تا ۰/۰۹۸، ۰/۰۱۱ تا ۰/۰۹۸ و ۰/۳۳۴ تا ۰/۹۸۷ mg/kg بود. همچنین محدوده غلظت As، Pb، Cu و Fe در نمونه‌های آفتابگردان به ترتیب ۰/۰۱۸ تا ۰/۱۷۰، ۰/۰۲۱ تا ۰/۱۲۰، ۰/۰۱۷ تا ۰/۰۹۹ و ۰/۳۶۰ تا ۲/۴۰ mg/kg اندازه‌گیری شد. علاوه بر این، محدوده غلظت As، Pb، Cu و Fe در نمونه‌های کلزا به ترتیب ۰/۰۱۲ تا ۰/۰۸۷، ۰/۰۶۷ تا ۰/۲۳۴ و ۰/۵۶۷ تا ۱/۳۰ mg/kg بود.

جدول ۳- غلظت HMs در نمونه های روغن گیاهی جمع آوری شده از مناطق مورد مطالعه (mg/kg)

HMs	VOs	Min	Max	Mean	SD	Median	FAO/WHO (۲۱)
As	کنجد	۰/۰۰۹	۰/۱۱۰	۰/۰۵۳	۰/۰۳۱	۰/۰۴۷	۰/۱
	آفتابگردان	۰/۰۱۸	۰/۱۷۰	۰/۰۹۰	۰/۰۴۹	۰/۰۹۴	
	کلزا	۰/۰۱۰	۰/۰۹۰	۰/۰۳۵	۰/۰۲۴	۰/۰۳۰	
Pb	کنجد	۰/۰۳۲	۰/۰۹۸	۰/۰۵۸	۰/۰۱۹	۰/۰۴۶	۰/۱
	آفتابگردان	۰/۰۲۱	۰/۱۲۰	۰/۰۵۷	۰/۰۲۲	۰/۰۵۴	
	کلزا	۰/۰۱۲	۰/۰۸۷	۰/۰۴۳	۰/۰۲۲	۰/۰۳۸	
Cu	کنجد	۰/۰۱۱	۰/۰۹۸	۰/۰۵۲	۰/۰۲۸	۰/۰۴۷	۰/۴
	آفتابگردان	۰/۰۱۷	۰/۰۹۹	۰/۰۶۴	۰/۰۲۷	۰/۰۶۷	
	کلزا	۰/۰۶۷	۰/۲۳۴	۰/۱۴۳	۰/۰۴۷	۰/۱۳۹	
Fe	کنجد	۰/۳۳۴	۰/۹۸۷	۰/۶۴۰	۰/۱۷۸	۰/۶۵۹	۱/۵
	آفتابگردان	۰/۳۶۰	۲/۴۰	۰/۸۴۱	۰/۵۳۲	۰/۶۷۰	
	کلزا	۰/۵۶۷	۱/۳۰	۰/۸۴۷	۰/۱۸۵	۰/۸۵۵	

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-04]

ـ ارزیابی خطر غیر سرطان زایی

در این مطالعه، میانگین HQ برای As، Pb، Cu و Fe در روغن‌های کنجد، آفتابگردان و کلزا محاسبه شد. نتایج نشان داد (جدول ۴) که میانگین HQ برای As در روغن‌های کنجد، آفتابگردان و کلزا به ترتیب ۰/۵۴۱، ۰/۹۸۲ و ۰/۳۸۲، برای Pb به ترتیب ۰/۰۵۱، ۰/۰۵۳ و ۰/۰۴۲، برای Cu به ترتیب ۰/۰۰۴، ۰/۰۰۴ و ۰/۰۱۴ و برای Fe به ترتیب ۰/۰۰۳، ۰/۰۰۴ و ۰/۰۰۳ بود. ترتیب رتبه بندی فلزات بر اساس HI به شرح ذیل است: As (۱/۹۰۵) > Pb (۰/۱۴۶) > Cu (۰/۰۲۲) > Fe (۰/۰۱).

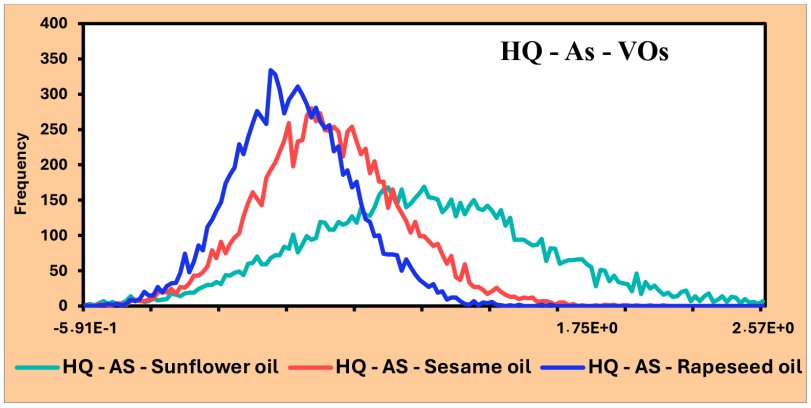
شکل ۱ توزیع فراوانی شاخص HQ ناشی از مصرف VOs حاوی فلزات سنگین را به صورت هیستوگرام نشان می‌دهد. برای ارزیابی دقیق‌تر ریسک، مقادیر صدک پنجم (5 th) و نود و پنجم (95 th) به عنوان محدوده تخمین زده شده برای مواجهه با فلزات سنگین در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار 95 th برای As، Pb و Fe در روغن آفتابگردان به ترتیب ۱/۹۲۱، ۰/۰۹۹ و ۰/۰۰۹ و برای Cu در روغن کلزا برابر با ۰/۰۲۴ محاسبه شده است.

جدول ۴- مقادیر HQ و HI از طریق مصرف روغن های گیاهی

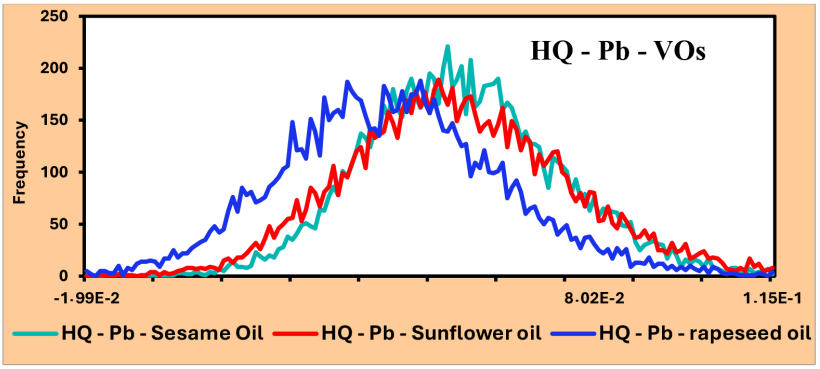
HMs	VOs	Mean	SD	Min	Max	۱۰ درصد	۳۰ درصد	۶۰ درصد	۹۰ درصد
As	کنجد	۰/۵۴۱	۰/۳۳۵	۰/۲۱۳	۱/۸۲۱	۰/۱۲۶	۰/۳۶۲	۰/۶۱۳	۰/۹۸۴
	آفتابگردان	۰/۹۸۲	۰/۵۶۱	۰/۳۵۵	۳/۲۹۱	۰/۲۷۳	۰/۶۹۵	۱/۱۱۲	۱/۷۱۶
	کلزا	۰/۳۸۲	۰/۲۷۵	۰/۱۳۳	۱/۷۷۱	۰/۰۳۴	۰/۲۳۶	۰/۴۴۳	۰/۷۳۲
Pb	کنجد	۰/۰۵۱	۰/۰۱۵	۰/۰۰۷	۰/۱۴۳	۰/۰۳۶	۰/۰۴۴	۰/۰۵۸	۰/۰۷۹
	آفتابگردان	۰/۰۵۳	۰/۰۱۲	۰/۰۰۵	۰/۱۵۳	۰/۰۳۵	۰/۰۴۳	۰/۰۶۲	۰/۰۸۳
	کلزا	۰/۰۴۲	۰/۰۲۴	۰/۰۱۷	۰/۱۷۵	۰/۰۱۳	۰/۰۲۸	۰/۰۴۴	۰/۰۶۷
Cu	کنجد	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۸	۰/۰۲۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۴	۰/۰۰۷
	آفتابگردان	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۶	۰/۰۱۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵	۰/۰۰۷
	کلزا	۰/۰۱۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۳۱	۰/۰۰۶	۰/۰۰۹	۰/۰۱۲	۰/۰۱۷
Fe	کنجد	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۷	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵
	آفتابگردان	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۴	۰/۰۱۷	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۷
	کلزا	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۴	۰/۰۱۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۴	۰/۰۰۵
HI (Mean)		As = ۱/۹۰۵		Pb = ۰/۱۴۶		Cu = ۰/۰۲۲		Fe = ۰/۰۱	

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-04]

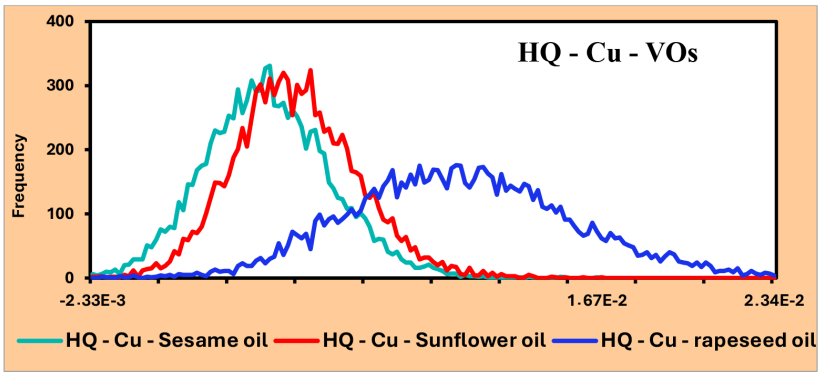
VOs	۵th	۹۵th
آفتابگردان	۰/۱۶۱	۱/۹۲۱
کلزا	۰/۰۲٤	۰/۹۲۹
کنجد	۰/۰٥٤	۱/۱٤۱



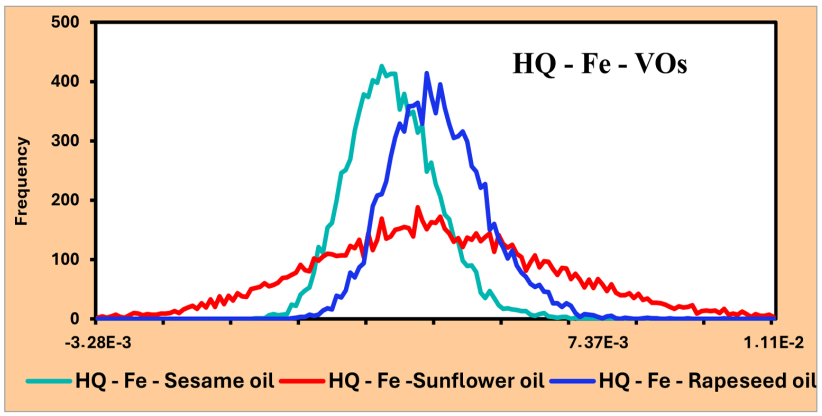
VOs	۵th	۹۵th
آفتابگردان	۰/۰۱۹	۰/۰۹۹
کلزا	۰/۰۰٤	۰/۰۷۹
کنجد	۰/۰۲٤	۰/۰۹۲



VOs	۵th	۹۵th
آفتابگردان	۰/۰۰۰٤	۰/۰۱۳
کلزا	۰/۰۰۳	۰/۰۲٤
کنجد	۰/۰۰۰۳	۰/۰۱٤



VOs	۵th	۹۵th
آفتابگردان	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۹
کلزا	۰/۰۰۰٥	۰/۰۰۷
کنجد	۰/۰۰۰٥	۰/۰۰۷

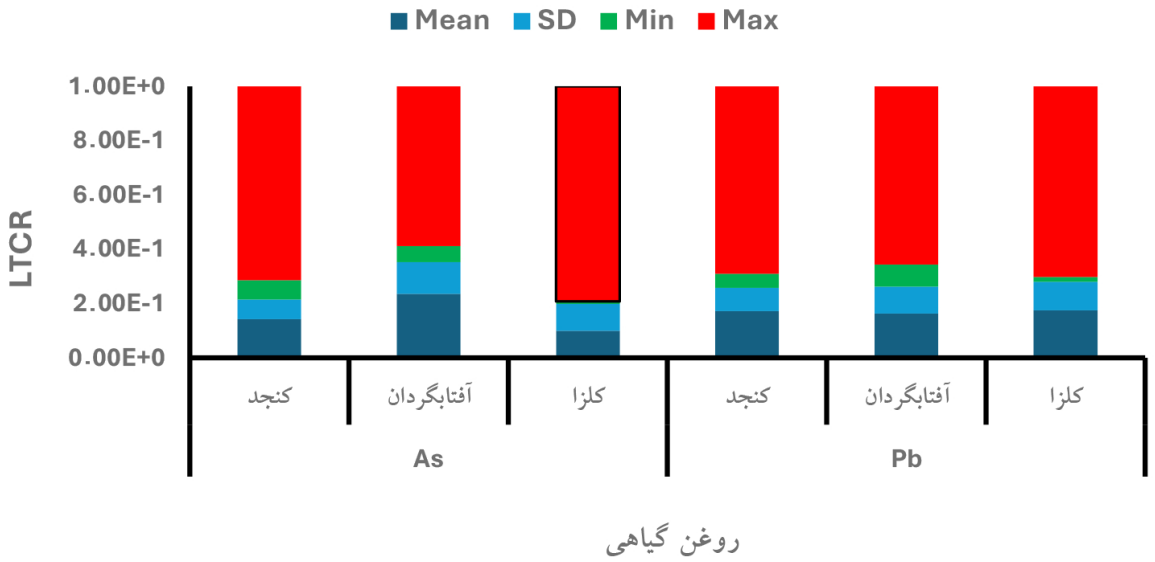


شکل ۱- کران بالا و کران پایین عدم قطعیت (صدک‌های ۹۵ th و ۵ th) HQ مربوط به غلظت کل HMs در VOs

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-04]

ـ ارزیابی خطر سرطان زایی

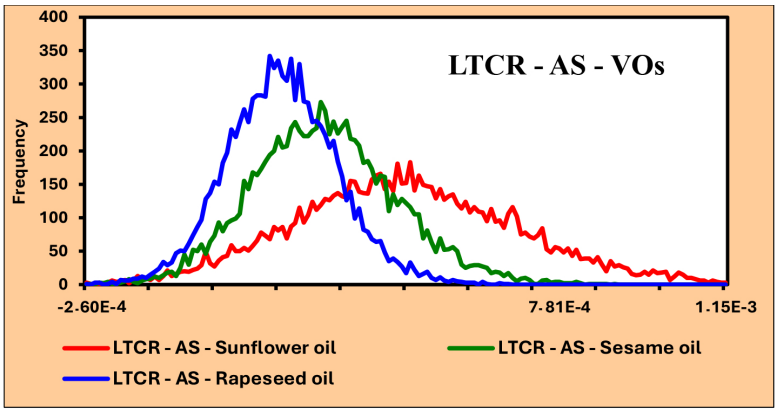
نتایج این پژوهش که در شکل ۲ به تصویر کشیده شده است، بیانگر میزان خطر سرطان‌زایی مادام‌العمر (LTCR) ناشی از مواجهه با فلزات سنگین A=s و Pb در VOs مختلف است. بر اساس یافته‌های این مطالعه، مقدار LTCR برای As در روغن‌های کنجد، آفتابگردان و کلزا به ترتیب برابر با $۱۰^{-۴}$×۲/۳۲، $۱۰^{-۴}$ × ۴/۲۲ و $۱۰^{-۴}$ × ۱/۵۱ برآورد شده است. از سوی دیگر، خطر سرطان‌زایی ناشی از Pb در این روغن‌ها به ترتیب برابر با $۱۰^{-۶}$ × ۱/۴۵، $۱۰^{-۶}$ × ۱/۹۳ و $۱۰^{-۶}$ × ۱/۲۱ محاسبه شده است. بر اساس محاسبات انجام شده در این مطالعه، مقادیر LTCR برای Pb و As در محدوده قابل قبول قرار داشت (شکل ۳). همچنین مشاهده شد که بالاترین سطح LTCR برای As در روغن آفتابگردان ثبت شده است ($۱۰^{-۴}$ × ۹/۵۲ = ۹۵ th) که نشان‌دهنده میزان بیشتری از این عنصر در نمونه‌های مورد بررسی است. این در حالی است که مقدار LTCR در روغن کلزا ($۱۰^{-۴}$ × ۴/۸۲ = ۹۵ th) نسبت به سایر روغن‌ها پایین‌تر گزارش شده است. از سوی دیگر، در مورد Pb، مقدار خطر سرطان‌زایی در تمامی روغن‌ها به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای کمتر از As است و در این میان، روغن آفتابگردان بیشترین مقدار LTCR را برای Pb نشان داده است ($۱۰^{-۶}$ × ۲/۳۱ = ۹۵ th)، درحالی‌که روغن کلزا کمترین مقدار را دارا بود ($۱۰^{-۶}$ × ۱/۲۷ = ۹۵ th).



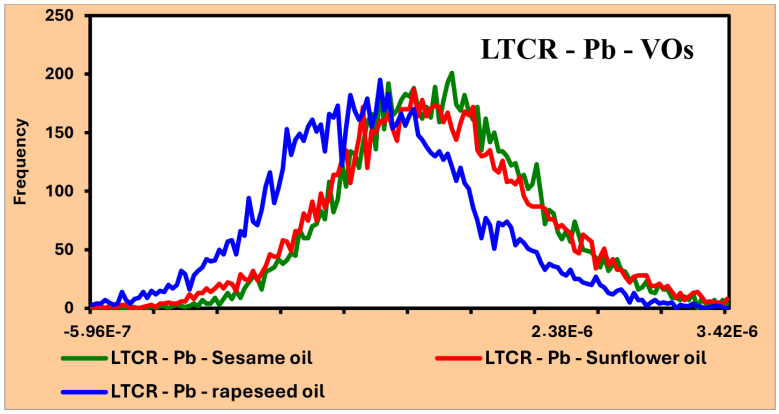
شکل ۲- برآورد بالقوه LTCR ترکیبات HMs در VOs

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-04]

VOs	۵th	۹۵th
آفتابگردان	۷/٤۷ × ۱۰$^{-۵}$	۹/۵۲ × ۱۰$^{-٤}$
کلزا	۲/۸۵ × ۱۰$^{-۵}$	٤/۸۲ × ۱۰$^{-٤}$
کنجد	۳/۲۷ × ۱۰$^{-۵}$	۹/۵۲ × ۱۰$^{-٤}$



VOs	۵th	۹۵th
آفتابگردان	۱/۰۸ × ۱۰$^{-۷}$	۲/۳۱ × ۱۰$^{-٦}$
کلزا	۱/۷۸ × ۱۰$^{-۷}$	۱/۲۷ × ۱۰$^{-٦}$
کنجد	۵/۲٤ × ۱۰$^{-۷}$	۲/٤۳ × ۱۰$^{-٦}$



شکل۳- کران بالا و کران پایین عدم قطعیت (صدک‌های ۹۵ th و ۵ th) LTCR مربوط به غلظت کل HMs در VOs

بحث

_ غلظت فلزات سنگین در نمونه های روغن مصرفی

در این پژوهش، به‌منظور ارزیابی دقیق خطرات بالقوه سلامتی ناشی از مصرف VOs آلوده به فلزات سنگین، غلظت عناصر As، Pb، Cu و Fe در نمونه‌های مختلف روغن‌های کنجد، آفتابگردان و کلزا اندازه‌گیری شد. بیشترین مقدار میانگین غلظت As در روغن آفتابگردان (۰/۰۹۰ mg/kg) مشاهده شد که در محدوده استاندارد قرار دارد، اما به حد مجاز نزدیک است. همچنین محدوده غلظت As در روغن کلزا نسبت روغن‌های گیاهی دیگر پایین‌تر بود (۰/۰۱ mg/kg تا ۰/۰۹). بیشترین مقدار میانگین غلظت Pb در روغن کنجد (۰/۰۵۸ mg/kg) مشاهده شد. همچنین بیشترین غلظت Cu و Fe در کلزا مشاهده شد که به ترتیب ۰/۱۴۳ mg/kg و ۰/۸۴۷ mg/kg بود. Farmani و همکاران، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی ۹ نمونه روغن کنجد تهیه شده از فروشگاه‌های روغن کشی استان مازندران را بررسی و مشاهده کردند که ۱۱ درصد آنها میزان Pb بالاتری نسبت به استانداردها داشتند (۳۴). نتایج مطالعه Askarpour و همکاران نشان داد که از میان فلزات سنگین

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-04]

اندازه‌گیری شده (Zn, Ni, Pb, Cu, Cr, Co, Cd, As)، میزان As در نمونه‌های روغن آفتابگردان، ذرت، زیتون و کنجد بالاتر از حد استاندارد WHO بود (۹). تجاوز مقادیر فلزات سنگین در روغن از استانداردهای تعیین شده، می‌تواند دلایل متعددی داشته باشد. یکی از این دلایل، منشأ طبیعی فلزات سنگین در خاک‌های کشاورزی مناطق کشت دانه‌های روغنی است. همچنین، فعالیت‌های انسانی نظیر آبیاری با آب‌های آلوده به فلزات سنگین، استفاده از کودها و آفت‌کش‌های حاوی فلزات سنگین و رسوب ذرات گرد و غبار مناطق صنعتی بر روی گیاهان، می‌تواند به طور قابل توجهی به آلودگی روغن‌ها به فلزات سنگین کمک کند (۲۴). Wroniak و همکاران در مطالعه‌ای بر روی روغن کلزای تولید شده در منطقه بوسنی، به بررسی غلظت فلزات سنگین پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که میانگین غلظت Fe، Cu و As در نمونه‌های روغن کلزای مورد بررسی به ترتیب در محدوده ۱/۶۹-۰/۲۳، ۰/۰۶۲-۰/۰۳۶ و mg/kg ۰/۰۰۲- ۰/۰۰۱ روغن بود. با این حال، غلظت Pb در تمامی نمونه‌ها پایین‌تر از حد استاندارد (۰/۱ mg/kg-oil) تعیین شده بود. این پژوهشگران همچنین بر غلظت بالای Fe در مقایسه با سایر فلزات مورد بررسی تأکید کردند (۳۵).

ـ ارزیابی خطر غیر سرطان زایی

شاخص HQ برای هر فلز سنگین نشان‌دهنده میزان ریسکی است که مصرف آن در یک ماده غذایی خاص برای سلامت انسان دارد. هنگامی که ضریب خطر (HQ) برای فلزات کمتر از ۱ باشد (HQ<۱)، نشان می دهد که اثرات نامطلوب بر سلامتی بعید است. با این حال، اگر HQ مساوی یا بزرگتر از ۱ باشد، پتانسیل عوارض جانبی افزایش می یابد (HQ≥۱). علاوه بر این، هنگامی که شاخص خطر (HI) به ۱۰ یا بیشتر از آن برسد (HI≥۱۰) ، خطر سلامتی برای جمعیت در معرض خطر قابل توجه در نظر گرفته می شود (۳۶). ترتیب رتبه بندی As در روغن های گیاهی بر اساس HQ به شرح زیر است: (۰/۳۸۲) کلزا < (۰/۵۴۱) کنجد < (۰/۹۸۲) آفتابگردان. همچنین ترتیب رتبه بندی Pb در روغن های گیاهی بر اساس HQ به شرح زیر است: (۰/۰۴۲) کلزا < (۰/۰۵۱) کنجد < (۰/۰۵۳) آفتابگردان (جدول ۴). برای As بالاترین مقدار HQ در th ۹۵ برای روغن آفتابگردان (۱/۹۲۱) گزارش شده است که نشان‌دهنده بیشترین مواجهه احتمالی در مصرف‌کنندگانی است که مصرف بالایی از این روغن دارند. این مقدار نزدیک به یک است، بنابراین ممکن است برای گروه‌های حساس مانند کودکان یا افراد با مصرف زیاد روغن گیاهی، ریسک بالقوه‌ای ایجاد کند. مطابق با سایر مطالعاتی که خطرات غیر سرطان‌زایی ناشی از مصرف آب و غذا را ارزیابی می‌کنند، نتایج حاصل از محاسبه HI برای As برابر با ۹/۹۰۴، Cd برابر با ۷/۳۸۷ و Pb برابر با ۶/۳۳۶ بیشترین خطر غیرسرطان‌زایی را نسبت به سایر فلزات مورد بررسی نشان دادند (۹، ۳۷). در مطالعه انجام شده توسط Ojezele و همکاران، میانگین HQ ناشی از قرار گرفتن در معرض Pb، Cd، Cr و Ni از طریق مصرف VOs به ترتیب ۰/۴۴۳، ۰/۳۴۱، ۰/۰۰۷ و ۰/۱۲۲ بود (۳۸). همچنین نتایج مطالعه انجام شده توسط Askarpour و همکاران که به بررسی غلظت عناصر بالقوه سمی در VOs توزیع شده در اهواز، ایران پرداخته است نشان داد که مقدار شاخص خطر تجمعی (HI) برای کودکان ۰/۲۶ و برای بزرگسالان ۰/۰۵ است. این مقادیر نشان می‌دهد که ریسک غیرسرطان‌زایی ناشی از مصرف این روغن‌ها در جمعیت مورد بررسی در محدوده ایمن قرار دارد و احتمال بروز اثرات نامطلوب بهداشتی ناشی از مواجهه مزمن با این فلزات سنگین پایین است. با مقایسه این یافته‌ها با مقادیر محاسبه شده در مطالعه حاضر، مشخص می‌شود که مقدار HI برای As برابر با ۱/۹۰۵ است، که به‌طور چشمگیری بالاتر از مقدار گزارش شده در مطالعه Askarpour و همکاران می‌باشد. این اختلاف نشان‌دهنده افزایش قابل‌توجه میزان مواجهه با As از طریق مصرف روغن‌های بررسی شده در این مطالعه است که می‌تواند تهدیدی بالقوه برای سلامت مصرف‌کنندگان محسوب شود (۹). همچنین در مطالعه‌ای توسط Lin و همکاران که به بررسی ۱۲ فلز سنگین در ۱۹ نوع روغن خوراکی تصفیه شده

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-04]

و تصفیه نشده پرداخته شد، ارزیابی ریسک غیرسرطان‌زایی با استفاده از شاخص HQ برای تمامی فلزات اندازه‌گیری شده انجام گرفت. نتایج نشان داد که مقدار HQ برای کلیه عناصر در هر دو نوع روغن کمتر از آستانه ایمنی (HQ<۱) بوده است که نشان‌دهنده نبود ریسک جدی برای سلامت مصرف‌کنندگان می‌باشد. با این حال، داده‌ها حاکی از آن بود که روغن‌های تصفیه نشده به‌طور معنی‌داری دارای مقادیر بالاتری از HQ نسبت به نمونه‌های تصفیه شده بودند؛ این تفاوت به احتمال زیاد ناشی از عدم حذف مؤثر فلزات طی فرآیندهای پالایش صنعتی است. بالاترین سهم در شاخص HQ به ترتیب به Pb، آلومینیوم (Al) و Fe تعلق داشت (۳۹). در مطالعه‌ای دیگر توسط Zhu و همکاران در کشور چین، میانگین HQ مربوط به آرسنیک، سرب و نیکل در ۹ نوع روغن گیاهی مورد ارزیابی قرار گرفت. این شاخص‌ها برای مصرف‌کنندگان چینی عمدتاً کمتر از ۱ گزارش شد، اما در برخی از انواع روغن بادام زمینی و ذرت، شاخص HQ برای Ni و As به مقادیر نزدیک به آستانه رسید که می‌تواند هشداری برای ریسک مواجهه در صورت مصرف بلندمدت باشد (۱۳).

ـ ارزیابی خطر سرطان زایی

فلزات سنگینی همچون Pb و As به دلیل پتانسیل بالای سرطان‌زایی، توسط آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان (IARC) در گروه مواد سرطان‌زا طبقه‌بندی شده‌اند. قرارگیری طولانی‌مدت یا کوتاه‌مدت در معرض این فلزات می‌تواند خطر ابتلا به انواع سرطان را افزایش دهد (۳۶). یافته‌های این مطالعه (شکل ۲) نشان می‌دهد که ریسک سرطان‌زایی مربوط به As تقریباً ۱۰۰ برابر بیشتر از Pb در تمامی نمونه‌های مورد بررسی است. این نتایج نشان می‌دهد که As به عنوان یک آلاینده در VOs مورد بررسی، نقش مهمتری در افزایش خطر سرطان‌زایی نسبت به Pb دارد. این اختلاف قابل توجه، تأکیدی بر اهمیت کنترل سطح As در VOs و لزوم اتخاذ تدابیر نظارتی و استانداردهای سخت‌گیرانه‌تر برای کاهش مواجهه مصرف‌کنندگان با این عنصر سمی دارد. به طور کلی، زمانی که $LTCR \leq 10^{-6}$ باشد، خطر سرطان زایی جمعیت در معرض در محدوده ایمن در نظر گرفته می شود. اگر 10^{-6} تا $LTCR = 10^{-4}$ باشد، در محدوده قابل قبول (آستانه) قرار می گیرد، در حالی‌که اگر $LTCR > 10^{-4}$ باشد، به عنوان یک خطر غیرقابل قبول طبقه بندی می شود (۳۱). بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه، مقادیر LTCR مرتبط با فلزات سنگینPb و As در محدوده استانداردهای بین‌المللی قرار دارد. به‌طور خاص، در مطالعه حاضر نیز بیشترین مقدار میانگین LTCR مربوط به As در روغن آفتابگردان برابر با $4/22 \times 10^{-4}$ و کمترین آن در روغن کلزا برابر با $1/51 \times 10^{-4}$ گزارش گردید. این مقادیر، در محدوده قابل‌قبول بین‌المللی قرار گرفته‌اند، اما به آستانه بالایی نزدیک شده و به‌ویژه در شرایط مصرف مزمن، می‌توانند ریسک بلندمدت را افزایش دهند. بر اساس یافته‌های مطالعه Askarpour و همکاران، مقدار LTCR برای عنصر As در برخی نمونه‌های VOs توزیع شده در اهواز بالاتر از 10^{-4} گزارش شد که از آستانه قابل‌قبول جهانی عبور کرده و نیاز به نظارت بهداشتی جدی‌تر را مطرح می‌کند. همچنین در همین مطالعه، عنصر Pb در اکثر نمونه‌ها دارای LTCR در محدوده 10^{-6} تا 10^{-5} بود که در محدوده مجاز سازمان‌های بین‌المللی مانند USEPA قرار دارد (۹).

تحلیل عدم قطعیت انجام‌شده بر روی داده‌ها این یافته را تأیید می‌کند، چرا که مقادیر صدک 5 th و 95 th برای LTCR در مورد هر دو فلز مذکور در محدوده مجاز باقیمانده است. نتایج این تحلیل‌ها نشان می‌دهد که در میان VOs مورد بررسی، روغن آفتابگردان دارای بیشترین میزان مواجهه احتمالی با As و Pb است، در حالی که روغن کلزا پایین‌ترین میزان را نشان می‌دهد. با توجه به این یافته‌ها، پایش و کنترل آلاینده‌های فلزی در فرآیند تولید و بسته‌بندی روغن‌های خوراکی توصیه می‌شود تا خطرات احتمالی مرتبط با مصرف طولانی‌مدت این محصولات کاهش یابد. ارزیابی خطر سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی با استفاده از شاخص‌های خطر مانند LTCR و THQ، روشی دقیق‌تر نسبت به تکیه صرف بر استانداردهای بین‌المللی برای

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-04]

ارزیابی خطرات ناشی از فلزات سنگین در VOs ارائه می‌دهد. این روش با در نظر گرفتن عوامل فردی همچون وزن، سن و عادات غذایی، امکان ارزیابی دقیق‌تر خطر برای افراد مختلف را فراهم می‌کند؛ زیرا این عوامل می‌توانند به طور قابل توجهی بر میزان جذب و تجمع فلزات سنگین در بدن تأثیرگذار باشند. در نتیجه، محاسبه LTCR و THQ می‌تواند ارزیابی جامع‌تر و شخصی‌سازی شده‌ای از خطرات بهداشتی ناشی از مصرف VOs آلوده ارائه دهد (۴۰). در مطالعه‌ای توسط Zhu و همکاران، غلظت ۸ فلزات سنگین در ۹ نوع VOs پرمصرف در چین بررسی گردید. نتایج نشان داد که میانگین LTCR برای As در برخی نمونه‌ها به بالاتر از آستانه مجاز جهانی نزدیک بود، به‌ویژه در روغن‌های بادام‌زمینی و سویا، در حالی که خطر مربوط به فلزاتی مانند Pb، Cd و Ni در محدوده ایمن قرار داشتند. این نتایج اهمیت پایش ویژه برای عناصر سرطان‌زایی مانند As در روغن‌های گیاهی را برجسته می‌سازد (۱۳). همچنین در مطالعه Ojezele و همکاران، که به بررسی خطر سلامت ناشی از فلزات سنگین در روغن‌های خوراکی مصرفی در نیجریه پرداخت، مقادیر LTCR برای Ni، Cd، Pd، و Cr در همه روغن‌های بررسی شده پایین‌تر از 10^{-4} (آستانه خطر) بود، با این حال بالاترین سهم به فلز سرب تعلق داشت که نیاز به نظارت بیشتر در مناطق با آلودگی محیط زیستی دارد (۳۸). در مجموع، مقایسه نتایج حاضر با مطالعات فوق نشان می‌دهد که فلز As در اکثر مطالعات بالاترین سهم را در ریسک سرطان‌زایی از طریق مصرف مزمن VOs دارد. همچنین، اختلاف بین انواع روغن‌ها، نام‌های تجاری و تفاوت‌های منطقه‌ای در منابع آلودگی، می‌تواند در میزان LTCR مؤثر باشد. این یافته‌ها ضرورت کنترل مستمر سطوح فلزات سنگین به‌ویژه As، در زنجیره تولید روغن‌های خوراکی را تقویت می‌کند.

با وجود تلاش برای طراحی دقیق و به‌کارگیری ابزارهای معتبر برای ارزیابی ریسک بهداشتی، مطالعه حاضر دارای چند محدودیت قابل توجه است، شامل: ۱- اکثر پارامترهای مواجهه مورد استفاده در مدل‌سازی ریسک، از جمله BW، IR، ED و EF به‌صورت مقادیر ثابت و با فرض ثبات در کل جمعیت و در طول زمان وارد مدل شدند، که ممکن است دقت نهایی مدل را تحت‌تأثیر قرار دهد. ۲- در مدل ارزیابی ریسک از زیست‌دسترس‌پذیری واقعی فلزات (Bioavailability) صرف‌نظر شده و تمامی مقادیر غلظت اندازه‌گیری شده به‌عنوان مقدار جذب در نظر گرفته شده‌اند، در حالی‌که نسبت جذب واقعی فلزات سنگین ممکن است تحت تأثیر عوامل متعدد فیزیولوژیک، تغذیه‌ای و فرآیند گوارش متغیر باشد. ۳- نمونه‌برداری تنها از روغن‌های بسته‌بندی تجاری موجود در بازار صورت گرفته و روغن‌های سنتی، محلی و یا تصفیه‌نشده که مصرف آن‌ها در برخی مناطق شایع است، مورد ارزیابی قرار نگرفته‌اند؛ لذا تعمیم نتایج به کل جامعه مصرف‌کننده ممکن است با محدودیت همراه باشد. ۴- این مطالعه تنها به ارزیابی ریسک در جمعیت عمومی بزرگسالان پرداخته و زیرگروه‌های حساس مانند کودکان، سالمندان به‌طور اختصاصی تحلیل نشده‌اند. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی، این عوامل در قالب طراحی‌های چندمرحله‌ای، ترکیبی و مبتنی بر شاخص‌های زیستی مدنظر قرار گیرند.

نتیجه‌گیری

این مطالعه جامع به بررسی سیستماتیک غلظت فلزات سنگین در انواع مختلف VOs تولیدشده در منطقه سبزوار، ایران، پرداخته است. علاوه بر تعیین میزان این آلاینده‌ها، ارزیابی دقیق ریسک سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی مرتبط با مصرف این روغن‌ها در جمعیت عمومی ایران نیز انجام شده است. نتایج نشان می‌دهد که غلظت فلزات سنگین در VOs تحت تأثیر عوامل متعددی قرار دارد، از جمله ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خود فلزات، نوع گونه گیاهی، شرایط اکولوژیکی رشد (مانند میزان رطوبت خاک، ترکیب شیمیایی آن از جمله pH و محتوای آب)، و همچنین فرآیندهای استخراج و تصفیه روغن. این عوامل به‌طور قابل‌توجهی بر میزان تجمع فلزات سنگین

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-04]

در روغن‌های مصرفی اثرگذار هستند. در ارزیابی ریسک غیرسرطان‌زایی، مشخص شد که میزان تهدید بالقوه برای سلامت مصرف‌کنندگان در بین فلزات بررسی شده، به ترتیب As > Pb > Cu > Fe است. این الگو نشان می‌دهد کهAs بالاترین پتانسیل ایجاد اثرات غیرسرطان‌زایی را داشته، در حالی که Fe از این نظر کمترین تأثیر را دارا بوده است. علاوه بر این، بررسی خطرات سرطان‌زایی نشان داد که احتمال تأثیرات سرطان‌زا ناشی از مواجهه با As تقریباً ۱۰۰ برابر بیشتر از Pb است که بیانگر اهمیت توجه ویژه به کنترل سطح این فلز در روغن‌های خوراکی می‌باشد. این یافته‌ها بر ضرورت پایش مستمر و اجرای استانداردهای سخت‌گیرانه‌تر برای کاهش آلودگی فلزات سنگین در زنجیره تولید VOs تأکید دارد.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. شایان ذکر است این پژوهش در قالب طرح تحقیقاتی در دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی و با کد اخلاق IR.SBMU.PHNS.REC.1401.154 انجام شده است.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از پایان نامه با عنوان "مقایسه ویژگی های روغن های تولیدی به روش پرس سرد در واحدهای صنفی دارای جواز کسب شهر سبزوار با روغن های تصفیه شده و بررسی هر دو نوع روغن از لحاظ میزان انطباق با استانداردها در سال ۱۴۰۱" است که با حمایت مالی دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی (شماره قرارداد: ۴۳۰۰۲۲۱۳) انجام شده است. همچنین از همکاران دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی که بسیاری از کارهای میدانی را رهبری کردند، بی نهایت سپاسگزاریم.

References

1. Francakova H, Ivanisova E, Drab S, Krajcovic T, Tokar M, Marece J, et al. Composition of fatty acids in selected vegetable oils. Slovak Journal of Food Sciences. 2015;9(1):538-42.

2. Kamkar A, Tooriyan F, Jafari M, Bagherzade M, Saadatjou S, Aghaee EM. Antioxidant activity of methanol and ethanol extracts of satureja hortensis L. in soybean oil. Journal of Food Quality & Hazards Control. 2014;1(4):113-19.

3. Hsouna AB, Dhibi S, Dhifi W, Saad RB, Brini F, Hfaidh N, et al. Essential oil from halophyte Lobularia maritima: Protective effects against CCl 4-induced hepatic oxidative damage in rats and inhibition of the production of proinflammatory gene expression by lipopolysaccharide-stimulated RAW 264.7 macrophages. Royal Society of Chemistry Advances. 2019;9(63):36758-70.

4. Ziarati P, Makki FM, Vambol S, Vambol V. Determination of toxic metals content in iranian and italian flavoured olive oil. Acta Technologica Agriculturae. 2019;22(2):64-69.

5. Dugo G, La Pera L, La Torre GL, Giuffrida D. Determination of Cd (II), Cu (II), Pb (II), and Zn (II) content in commercial vegetable oils using derivative potentiometric stripping analysis. Food

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-04]

Chemistry. 2004;87(4):639-45.

6. Poormohammadi A, Bashirian S, Mir Moeini ES, Reza Faryabi M, Mehri F. Monitoring of aflatoxins in edible vegetable oils consumed in Western Iran in Iran: a risk assessment study. International Journal of Environmental Analytical Chemistry. 2023;103(17):5399-409.

7. Azizi lalabadi M, Mousavi MM, Piravi vanak Z, Azadmard Damirchi S. MCPD fatty acid esters in vegetable oils: formation, analysis and toxicology. Journal of Food and Bioprocess Engineering. 2018;1(1):71-80.

8. Braganca VLC, Melnikov P, Zanoni LZ. Trace elements in fruit juices. Biological Trace Element Research. 2012;146:256-61.

9. Askarpour SA, Molaee Aghaee E, Ghaderi Ghahfarokhi M, Shariatifar N, Mahmudiono T, Sadighara P, et al. Potentially toxic elements (PTEs) in refined and cold-pressed vegetable oils distributed in Ahvaz, Iran: a probabilistic health risk assessment. Biological Trace Element Research. 2023;201(9):4567-75.

10. Sanjari Nia AH, Reyhani Ardabili M, Sheikhvand M, Bagheri Mohammadi S, Niknejad H, Rasoulzadeh H, et al. Non-coding RNAs: a new frontier in benzene-mediated toxicity. Toxicology. 2023;500:153660.

11. Zeiner M, Steffan I, Cindric IJ. Determination of trace elements in olive oil by ICP-AES and ETA-AAS: A pilot study on the geographical characterization. Microchemical Journal. 2005;81(2):171-76.

12. Jamali MK, Kazi TG, Arain MB, Afridi HI, Jalbani N, Sarfraz RA, et al. A multivariate study: Variation in uptake of trace and toxic elements by various varieties of Sorghum bicolor L. Journal of Hazardous Materials. 2008;158(2-3):644-51.

13. Zhu F, Fan W, Wang X, Qu L, Yao S. Health risk assessment of eight heavy metals in nine varieties of edible vegetable oils consumed in China. Food and Chemical Toxicology. 2011;49(12):3081-85.

14. Niknejad H, Saeedi R, Hosseini SA, Abedi Sarvestani R, Abtahi M, Hesami Arani M, et al. Health risk assessment of heavy metals in drinking water: a case study in western cities of Mazandaran province, Iran. International Journal of Environmental Analytical Chemistry. 2024;104(18):7123-38.

15. Almeida JS, Anunciacao TA, Brandao GC, Dantas AF, Lemos VA, Teixeira LS. Ultrasound-assisted single-drop microextraction for the determination of cadmium in vegetable oils using high-resolution continuum source electrothermal atomic absorption spectrometry. Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy. 2015;107:159-63.

16. Niknejad H, Ala A, Ahmadi F, Mahmoodi H, Saeedi R, Gholami-Borujeni F, et al. Carcinogenic and non-carcinogenic risk assessment of exposure to trace elements in groundwater resources of Sari city, Iran. Journal of Water and Health. 2023;21(4):501-13.

17. Abedi Sarvestani R, Aghasi M, Niknejad H,

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-04]

Ebrahimi Tirtashi F. Assessment of potential health risks associated with heavy metal concentrations in leafy vegetables in Kerman, Iran. International Journal of Environmental Analytical Chemistry. 2024:1-20. doi: 10.1080/03067319.2024.2347554.

18. Asadi Sharifi T, Peivasteh Roudsari L, Molaee Aghaee E, Nazmara S, Sadighara P, Khaneghah AM. Measurement of iron content and detection of sulfate ion in traditional/industrial canned black olives in Iran. Current Nutrition & Food Science. 2020;16(7):1112-18.

19. Gao L, Huang X, Wang P, Chen Z, Hao Q, Bai S, et al. Concentrations and health risk assessment of 24 residual heavy metals in Chinese mitten crab (Eriocheir sinensis). Quality Assurance and Safety of Crops & Foods. 2022;14(1):82-91.

20. Abedi Sarvestani R, Aghasi M, Niknejad H. Health risk assessment of trace elements (Pb, Cd, Cu, Fe) in agricultural soil in Kerman City, Southeast of Iran. Natural Hazards. 2024;120(1):339-67.

21. Morin J, Lees M. Food Integrity Handbook: A Guide to Food Authenticity Issues and Analytical Solutions. France: Eurofins Analytics France; 2018.

22. Mehri F, Heshmati A, Ghane ET, Khazaei M, Mahmudiono T, Fakhri Y. A probabilistic health risk assessment of potentially toxic elements in edible vegetable oils consumed in Hamadan, Iran. BMC Public Health. 2024;24(218):1-11.

23. Haj Heidary R, Golzan SA, Mirza Alizadeh A, Hamedi H, Ataee M. Probabilistic health risk assessment of potentially toxic elements in the traditional and industrial olive products. Environmental Science and Pollution Research. 2023;30(4):10213-25.

24. Farzin L, Moassesi ME. Determination of metal contents in edible vegetable oils produced in Iran using microwave-assisted acid digestion. Journal of Applied Chemical Research. 2014;8(3):35-43.

25. Manavipour E, Eslami A, Shahsavani A, Alahabadi A, Saeedi R, Shokri Dariyan F, et al. Investigating the physicochemical characteristics in edible oils produced by cold press and industrial methods in Sabzevar city. Iranian Journal of Health and Environment. 2024;17(1):1-22 (in Persian).

26. Sabzkoohi HA, Dodier V, Kolliopoulos G. A validated analytical method to measure metals dissolved in deep eutectic solvents. Royal Society of Chemistry Advances. 2023;13(22):14887-98.

27. Ghane ET, Poormohammadi A, Khazaei S, Mehri F. Concentration of potentially toxic elements in vegetable oils and health risk assessment: a systematic review and meta-analysis. Biological Trace Element Research. 2022;200(1):437-46.

28. Njuguna SM, Makokha VA, Yan X, Gituru RW, Wang Q, Wang J. Health risk assessment by consumption of vegetables irrigated with reclaimed waste water: a case study in Thika (Kenya). Journal of Environmental Management. 2019;231:576-81.

29. Niu B, Zhang H, Zhou G, Zhang S, Yang

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-04]

Y, Deng X, et al. Safety risk assessment and early warning of chemical contamination in vegetable oil. Food Control. 2021;125:107970.

30. Popovic AR, Djinovic Stojanovic JM, Djordjevic DS, Relic DJ, Vranic DV, Milijasevic MP, et al. Levels of toxic elements in canned fish from the Serbian markets and their health risks assessment. Journal of Food Composition and Analysis. 2018;67:70-76.

31. Mortezazadeh F, Babanezhad E, Niknejad H, Gholami Borujeni F. Global review, meta-analysis and health risk assessment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in chicken kebab using Monte Carlo simulation method. Food and Chemical Toxicology. 2023;181:114063.

32. Rafiee M, Hosseini SA, Gholami Borujeni F, Hesami Arani M, Niknejad H. Health risk assessment of swimming beaches microbial contamination: a case study-Mahmoudabad, Iran. International Journal of Environmental Health Research. 2024;34(1):355-66.

33. Niknejad H, Hoseinvandtabar S, Panahandeh M, Gholami Borujeni F, Janipoor R, Sarvestani RA, et al. Quantitative microbial risk assessment of gastrointestinal illness due to recreational exposure to E. coli and enterococci on the southern coasts of the Caspian Sea. Heliyon. 2024;10(9): e29974.

34. Tirgarian B, Razmpour M. Evaluation of physicochemical properties of sesame oil from local extraction stores of Mazandaran province. Journal of Food Science and Technology (Iran). 2019;15(84):175-87 (in Persian).

35. Wroniak M, Rekas A. A preliminary study of PCBs, PAHs, pesticides and trace metals contamination in cold-pressed rapeseed oils from conventional and ecological cultivations. Journal of Food Science and Technology. 2017;54(5):1350-56.

36. Nematollahi A, Abdi L, Abdi Moghadam Z, Fakhri Y, Borzoei M, Tajdar Oranj B, et al. The concentration of potentially toxic elements (PTEs) in sausages: a systematic review and meta-analysis study. Environmental Science and Pollution Research. 2021;28:55186-201.

37. Niknejad H, Esbakian Bandpei BE, Sarvestani RA, Mohseni Bandpei A, Saeedi R, Abtahi M, et al. Probabilistic health risk assessment of heavy metals in rice produced in Mazandaran province, Iran. Journal of Food Composition and Analysis. 2024;128:106068.

38. Ojezele OJ, Adamu MM, Shorinmade AY, Obero OJ, Olatise OA. Health risk assessment of heavy metals in commonly consumed cooking oils in Ibadan metropolis. International Journal of Forensic Medical Investigation. 2021;7(1):33-45.

39. Lin ST, Liao KW, Xuan TC, Chiou TY, Lin ZE, Lee WJ. Determination, distribution, and health risk assessment of 12 heavy metals in various edible oils in Taiwan. JSFA Reports. 2024;4(3):175-83.

40. Domingo JL. Influence of cooking processes on the concentrations of toxic metals and various organic environmental pollutants in food: a review

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-04]

of the published literature. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2010;51(1):29-37.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-04]

Available online: https://ijhe.tums.ac.ir

Orginal Article

Assessment of carcinogenic and non-carcinogenic risk of heavy metals in edible vegetable oils from Sabzevar, Iran

Hadi Niknejad[1,2], Ehsan Manavipour[2], Musa Cheshmi[2], Vajihe Hasanzadeh[2], Roghayeh Abedi Sarvestani[2], Fatemeh Ahmadi[2], Mehrnoosh Abtahi[2,*]

1- Student Research Committee, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
2- Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 15 March 2025
Revised: 31 May 2025
Accepted: 03 June 2025
Published: 16 September 2025

Keywords: Heavy metals, Carcinogenic and non-carcinogenic risk, Vegetable oils, Sabzevar

***Corresponding Author:**
mehrabtahi@yahoo.com

ABSTRACT

Background and Objective: Heavy metal contamination in vegetable oils is a major food safety concern due to its potential adverse effects on public health. This study aimed to measure the concentrations of heavy metals (As, Pb, Cu, and Fe) in various types of vegetable oils and to assess the associated health risks from human consumption.

Materials and Methods: In this study, 72 samples of vegetable oils—including sesame, sunflower, and rapeseed—were systematically collected from markets in Sabzevar. The oil samples were accurately weighed and digested using a mixture of nitric acid, sulfuric acid, and hydrogen peroxide. The resulting digested solutions were filtered and analyzed for Pb, As, Cu, and Fe concentrations using microwave plasma atomic emission spectrometry (MP-AES). All procedures were performed in triplicate, following national Iranian standards. To accurately evaluate health risks, the hazard quotient (HQ) for non-carcinogenic effects and the lifetime cancer risk (LTCR) were calculated using Monte Carlo simulation (MCS). A daily intake of 0.227 kg of vegetable oils was assumed, based on national dietary data, to estimate chronic exposure.

Results: The results showed that the highest levels of heavy metals in vegetable oils were as follows: Pb (0.058 mg/kg) in sesame oil, As (0.090 mg/kg) in sunflower oil, and Cu and Fe (0.143 mg/kg and 0.847 mg/kg, respectively) in rapeseed oil. The Target Hazard Quotient (THQ) values for Pb (THQ = 0.146), Cu (THQ = 0.022), and Fe (THQ = 0.01) were within the safe range. However, the THQ for As (THQ = 1.905) was found to be significantly elevated. The cancer risk assessment indicated that the consumption of these oils is generally within the acceptable risk range, but the risk associated with As was estimated to be approximately 100 times higher than that of Pb.

Conclusion: The results of this study suggest that, although the carcinogenic risk associated with vegetable oil consumption is low, continuous monitoring of these products—particularly for heavy metal contaminants—is essential to ensure consumer safety.

Please cite this article as: Niknejad H, Manavipour E, Cheshmi M, Hasanzadeh V, Abedi Sarvestani R, Ahmadi F, et al. Assessment of carcinogenic and non-carcinogenic risk of heavy metals in edible vegetable oils from Sabzevar, Iran. Iranian Journal of Health and Environment. 2025;18(2):209-28.

Copyright © 2025 Iranian Association of Environmental Health، and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted، provided the original work is properly cited.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-04]