



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

مقاله پژوهشی

بررسی غلظت پاتولین در نمونه‌های آب میوه عرضه شده در سطح شهر تهران در سال ۱۴۰۳

سهیل اسکندری^۱، علیرضا بختیاری^۲، علی میرزاخانی^۳، سعید عاقبت بخیر^۴، پریسا شاولی گیلانی^{۵*}

- ۱- مرکز تحقیقات آزمایشگاهی غذا و دارو (FDLRC)، سازمان غذا و دارو (IR-FDA)، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، تهران، ایران
- ۲- گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم تغذیه و رژیم‌شناسی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران، تهران، ایران
- ۳- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران، تهران، ایران
- ۴- گروه علوم اعصاب و مطالعات اعتیاد، دانشکده فناوری‌های پیشرفته پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران، تهران، ایران
- ۵- گروه سم‌شناسی و داروشناسی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران، تهران، ایران

چکیده

اطلاعات مقاله:

زمینه و هدف: پاتولین از مهمترین سموم قارچی است که توسط طیف وسیعی از کپک‌ها تولید می‌شود. اصلی‌ترین منبع این سم قارچی، میوه‌های فاسد و به خصوص آب سیب است. پاتولین می‌تواند به اندام‌هایی مانند کبد، طحال و کلیه آسیب برساند. این سم قارچی همچنین ممکن است باعث بروز تشنج، ادم، التهاب روده و استفراغ شود. علاوه بر این، پاتولین ممکن است خواص ژنوتوکسیکی و نوروتوکسیکی داشته باشد و در کار سیستم ایمنی و عصبی اختلال ایجاد کند.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۰۵
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۱۱/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۰۲
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۲/۱۹

روش بررسی: در این مطالعه میزان غلظت پاتولین در ۳۴ نمونه تصادفی آب میوه شامل ۲۶ نمونه آب سیب، ۴ نمونه آب میوه مخلوط سیب و موز، ۲ نمونه آب میوه مخلوط سیب و کیوی و ۲ نمونه آب انار عرضه شده در فروشگاه‌های سطح شهر تهران در اردیبهشت ماه ۱۴۰۳، با استفاده از روش HPLC-UV اندازه‌گیری و گزارش گردید.

واژگان کلیدی: ایمنی مواد غذایی، آب میوه، پاتولین، سموم قارچی

یافته‌ها: میزان LOD و LOQ به ترتیب ۱/۲۱ و ۳/۴۹ $\mu\text{g}/\text{kg}$ و درصد بازیابی نیز بین ۹۱ و ۹۷ درصد به دست آمد. میانگین و انحراف معیار غلظت پاتولین در مجموع ۳۴ نمونه، $21/348 \pm 13/425 \mu\text{g}/\text{kg}$ به دست آمد که در زیر حد مجاز استاندارد ایران و کدکس ($50 \mu\text{g}/\text{kg}$) قرار داشت و فقط یافته‌های مربوط به یکی از نمونه‌ها بالاتر از حد استاندارد بود ($88/14 \mu\text{g}/\text{kg}$).

نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که میزان پاتولین در نمونه‌های بررسی شده عمدتاً در محدوده استانداردهای ایران و کدکس قرار دارد. با این حال، مطالعات جامع‌تری با تعداد نمونه‌های بیشتر برای ارزیابی دقیق‌تر خطرات احتمالی توصیه می‌شود.

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:

parisashavali@gmail.com

Please cite this article as: Eskandari S, Bakhtiyari A, Mirzakhani A, Aghebat-Bekheir S, Shavali-Gilani P. Investigating the concentration of Patulin in various juices samples sold in Tehran market in 2024. Iranian Journal of Health and Environment. 2026;18(4):701-12.



مقدمه

سموم قارچی از متابولیت‌های ثانویه قارچ‌ها هستند که حتی در غلظت‌های پایین، می‌توانند زیان‌های اقتصادی به همراه داشته و سلامت انسان را تهدید کنند. قرارگیری انسان در معرض این سموم ممکن است به عوارض حاد و مزمنی مانند سرطان، نقص‌های مادرزادی، سمیت کبدی و کلیوی منجر شود (۱، ۲). پاتولین یکی از این سموم است که توسط ۶۰ گونه از کپک‌های متعلق به بیش از ۳۰ جنس تولید می‌شود. این ترکیب در برابر حرارت مقاوم، در محیط اسیدی پایدار و در محیط قلیایی ناپایدار است. اکثر این قارچ‌ها از جنس آسپرژیلوس مانند آسپرژیلوس کلواتوس، آسپرژیلوس ژیگانثوس و آسپرژیلوس ترئوس، جنس پنیسیلیوم مانند پنیسیلیوم اورتیکا و پنیسیلیوم اکسپانوسوم و جنس بایسوکلامیس مثل بایسوکلامیس نیوا هستند که بر روی میوه‌های فاسد به ویژه سیب، گلابی و هلو رشد می‌کنند (۳-۶).

میوه و سبزیجات حاوی آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی هستند که قادر به جلوگیری از تغییرات اکسیداتیو در بدن هستند. مصرف مرتب میوه و سبزیجات خطر ابتلا به بیماری‌های غیرواگیر همانند بیماری‌های قلبی و عروقی، سرطان و چاقی را کاهش می‌دهد (۷). آب میوه یکی از محصولات است که میزان مصرف بالایی بین گروه‌های سنی مختلف دارد و متخصصین تغذیه نیز مصرف آن را توصیه می‌کنند (۸، ۹). شرایط محیطی مانند نگهداری در دمای بالا، رطوبت نسبی بالا و تأخیر در فرآوری میوه، رشد قارچ‌ها و بیوسنتز پاتولین را تسریع می‌کند. بیشترین تولید این سم در دمای ۱۵ °C تا ۲۵ °C و pH اسیدی مشاهده شده است که شرایطی مشابه میوه‌ها و آب‌میوه‌ها است (۱۰، ۱۱). اصلی‌ترین منبع پاتولین آب سیب است که در اثر نگهداری این میوه در شرایط نامناسب ایجاد شده و در نهایت به آب سیب یا دیگر فرآورده‌های این میوه وارد می‌شود (۱۲). این سم یک لاکتون با ساختاری کریستالی بوده و نقطه ذوب و وزن

مولکولی آن به ترتیب $110/5^{\circ}\text{C}$ و 154 Da است (۱۳، ۱۴). عوارض حاد مصرف پاتولین می‌تواند شامل بی‌قراری، تشنج، ادم، التهاب روده و استفراغ بوده و از اثرات مزمن پاتولین بر سلامتی می‌توان به سمیت ژنتیکی، آسیب به سیستم ایمنی و سمیت عصبی آن اشاره کرد؛ البته عارضه اخیر در جوندگان دیده شده و هنوز امکان بروز آن در انسان به اثبات نرسیده است (۱۵). محققان بر این باورند که ورود بیش از حد این ترکیب به بدن می‌تواند آثار سویی همچون خونریزی شش و ضایعات مویرگی و نیز آسیب به کبد، طحال و کلیه را سبب شود. همچنین ایجاد جهش و اثرات سوء بر جنین را می‌توان از دیگر عوارض این ترکیب ذکر کرد (۱۶-۱۸). از دست دادن گلوکاتینون آزاد در سلول‌های زنده با قرار گرفتن در معرض پاتولین مرتبط دانسته شده است. همچنین این ماده سمی از سنتز، رونویسی و ترجمه DNA جلوگیری می‌کند (۳، ۱۹). ولی آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان (International Agency for Research on Cancer) این ماده را در دسته ۳ طبقه‌بندی کرده است که یعنی شواهد کافی برای سرطان‌زایی آن در انسان موجود نیست، اما اثرات سمی آن روی حیوانات مشاهده شده است (۲۰). استاندارد ملی ایران و کدکس، هر دو حداکثر میزان قابل قبول پاتولین در آب سیب را $50\ \mu\text{g}/\text{kg}$ اعلام کرده‌اند (۲۱، ۲۲). مطالعات زیادی در ایران موفق به شناسایی و اندازه‌گیری این ترکیب در آب سیب و دیگر آب میوه‌ها شده‌اند. به عنوان مثال، در مطالعه Achachlouei و همکاران غلظت پاتولین در نمونه‌های آب انگور و کنساتره آب سیب حدود $80\ \mu\text{g}/\text{kg}$ گزارش شده است. در یک مطالعه مشابه دیگر، Azizi و همکاران میانگین غلظت پاتولین در ۸ نمونه آب سیب و ۸ نمونه آب گلابی را به ترتیب $71/87\ \mu\text{g}/\text{kg}$ و $28\ \mu\text{g}/\text{kg}$ گزارش کرده‌اند. در مطالعه دیگری، Davarmanesh و همکاران غلظت پاتولین در ۳۲ نمونه آب سیب تجاری توزیع شده در شهر کرج را

کربنات سدیم، اسید استیک گلاسیال، پاتولین استاندارد و استونیتریل با خلوص آزمایشگاهی از شرکت مرک آلمان خریداری شدند. در مورد تجزیه‌های مربوط به دستگاه HPLC نیز از مواد شیمیایی با درجه خلوص بسیار بالا و مخصوص دستگاه HPLC استفاده شد.

آماده سازی محلول های استاندارد و نمونه ها

برای استخراج پاتولین و ترسیم منحنی کالیبراسیون آن، ابتدا ۱۰ mL آب مقطر در یک کیف دکانتور ریخته و سپس ۱۰ mg/L پاتولین استاندارد (۲۰ mg/L) به آن اضافه گردید؛ بنابراین غلظت پاتولین در محلول حاصل ۲۰ µg/L شد. سپس ۱۰ mL اتیل استات خالص به کیف دکانتور اضافه و به مدت ۲ min بهم زده شد و بعد دکانتور به حال خود رها گردید تا فازها به خوبی از هم جدا شوند. پس از جدا شدن کامل فازها، فاز پائین (فاز آبی) از دکانتور خارج و بر روی فاز بالایی (اتیل استات) ۱ mL محلول کربنات سدیم ۱/۵ درصد اضافه و دکانتور به مدت ۱۵ S به خوبی همزده شد و مجدداً فاز پائینی از دکانتور خارج گردید. در مرحله بعد ۱ mL آب مقطر به دکانتور اضافه و مجدداً به مدت ۱۵ S بهم زده شد و مخلوط به حال خود رها گردید تا دو فاز به خوبی از هم جدا شوند. پس از خارج کردن فاز آبی، فاز آلی (اتیل استات) در داخل ارلن ۲۵ mL تمیز و خشک ریخته شد. پس از افزودن دو قطره اسید استیک گلاسیال به محلول، ارلن در حمام ۴۰ °C قرار داده شد و بوسیله جریان گاز نیتروژن، اتیل استات کاملاً تبخیر گردید. در مرحله بعد، ۱ mL آب مقطر به این ارلن اضافه و به خوبی همزده شد تا پاتولین در آن حل شود. با استفاده از همین روش، محلول های ۱۵، ۲۰ و ۲۵ µL محلول استاندارد پاتولین (۲۰ mg/L) نیز ساخته شدند. برای اندازه گیری مقدار پاتولین در نمونه های آب میوه هم، روش ذکر شده (به جز قسمت اضافه کردن استاندارد پاتولین) تکرار و به جای آب مقطر از ۱۰ mL آب میوه (۱۲ Bx) استفاده شد (۲۴).

۶۹/۵۲ µg/kg اندازه گیری کرده اند. Delavar و همکاران نیز در یک مطالعه مشابه دیگر، میانگین غلظت پاتولین در ۴ نمونه آب سیب را ۲۵/۵ µg/kg گزارش کردند (۲۳-۲۶). با توجه به خطرات پاتولین برای مصرف کنندگان، دامنه گسترده غلظت گزارش شده از این ماده در مطالعات پیشین و نیز عدم بررسی آن در آب میوه های تجاری بازار تهران، در این پژوهش چهار نوع آب میوه از نظر میزان پاتولین ارزیابی شد. داده های به دست آمده با یکدیگر، با یافته های قبلی و همچنین با استانداردهای ملی و بین المللی مقایسه گردید.

مواد و روش ها

تهیه نمونه ها و مواد شیمیایی

حجم نمونه در این مطالعه با استفاده از فرمول تعیین حجم نمونه (فرمول ۱) محاسبه گردید. با در نظر گرفتن سطح اطمینان ۹۵ درصد، خطای مجاز ۵ درصد و انحراف معیار مطالعات گذشته، تعداد ۳۴ نمونه برای پوشش انواع آب میوه ها و برآورد میانگین غلظت پاتولین کافی در نظر گرفته شد.

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

در مرحله بعد، ۳۴ نمونه آب میوه به صورت بطری (۲۶ نمونه آب سیب، ۴ نمونه آب میوه مخلوط سیب و موز، ۲ نمونه آب میوه مخلوط سیب و کیوی و ۲ نمونه آب انار) از نام های تجاری پرمصرف و گوناگون عرضه شده در فروشگاه های سطح شهر تهران به صورت تصادفی انتخاب و طی اردیبهشت ماه سال ۱۴۰۳ خریداری شد و جهت انجام آزمایشات لازم، تحت شرایط و دمای مناسب به آزمایشگاه منتقل شدند. اصول اخلاقی نمونه برداری رعایت شده و از افشای نام های تجاری پرهیز گردید. مواد شیمیایی مورد استفاده در این مطالعه شامل: اتیل استات،

آماده سازی محلول اسپایک

به منظور اعتبارسنجی روش اندازه گیری پاتولین در نمونه‌های آب میوه، از روش اسپایک آنالیت استفاده شد. بدین منظور، یکی از آب میوه‌ها (آب سیب) به طور تصادفی انتخاب شد و ۳ نمونه به حجم ۱۰ mL از آن گرفته شد. به هر یک از این نمونه‌ها به ترتیب ۵، ۱۰ و ۲۰ mg/L محلول استاندارد پاتولین با غلظت ۲۰ mg/L اضافه شد و مراحل آماده سازی نمونه، مانند قسمت قبل، برای آنها نیز انجام گرفت. انتظار می‌رود، اثرات ماتریسی برای سایر آب میوه‌ها مشابه ماتریس آب سیب باشد، اما بررسی آن به دلیل محدودیت منابع انجام نگرفته است.

تزریق به دستگاه

در دستگاه HPLC (مدل CECIL، انگلستان) از ستون ۱۸C (اندازه قطر ذرات فاز ثابت = ۵ μm) به طول ۲۵ cm و قطر داخلی ۴/۶ mm و از محافظ ستون ۱۸C به طول ۱ cm و قطر داخلی ۴/۶ mm و فاز متحرک استونیتریل-آب مقطر (۹۵/۵ V/V) با سرعت حرکت mL/min استفاده شد. برای اندازه‌گیری هم از آشکارساز UV با طول موج ۲۷۶ nm بهره‌برداری شد. حساسیت دستگاه HPLC در ۰/۰۰۵ تنظیم گردید و حجم تزریق مورد استفاده نیز ۲۰ μL بود (۲۴، ۲۷). نخست محلول‌های استاندارد به دستگاه تزریق شده و هر بار نتیجه به دست آمده ثبت شد. سپس با استفاده از این نتایج منحنی کالیبراسیون رسم شد. در مرحله بعد، نمونه‌های اسپایک به دستگاه تزریق شده و پارامترهای LOD، LOQ، R^2 و درصد بازیابی مورد اندازه‌گیری و محاسبه قرار گرفتند. سپس نمونه‌های واقعی آب میوه به دستگاه تزریق شدند و با استفاده از منحنی کالیبراسیون، غلظت پاتولین در نمونه‌ها اندازه گیری شد.

آنالیز آماری

داده‌های به دست آمده از این مطالعه، مورد تجزیه و تحلیل توصیفی با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۶ قرار گرفت.

با توجه به تعداد کم نمونه‌ها و نرمال نبودن داده‌ها، جهت بررسی وجود اختلاف معنادار غلظت پاتولین در گروه‌های مختلف، از آزمون کروسکال-والیس (Kruskal-Wallis) استفاده شد.

یافته‌ها

نتایج مربوط به اعتبارسنجی روش اندازه‌گیری

به منظور اعتبارسنجی روش اندازه‌گیری پاتولین در نمونه‌های آب میوه، از ۳ نمونه اسپایک در سطح‌های مختلف (۵، ۱۰، ۲۰ mg/L) محلول استاندارد پاتولین با غلظت ۲۰ mg/L استفاده شد. نتایج تزریق به دستگاه، میزان LOD و LOQ را به ترتیب ۱/۲۱ و ۳/۴۹ μg/kg نشان داد. همچنین میزان R^2 ۰/۹۸۷۲ و درصد بازیابی هم بین ۹۷-۹۱ درصد بود.

نتایج مربوط به اندازه‌گیری پاتولین در نمونه‌های واقعی

یافته‌های مربوط به اندازه‌گیری پاتولین در جدول ۱ به نمایش در آمده است. میانگین و انحراف معیار پاتولین در مجموع ۳۴ نمونه $21/348 \pm 13/425$ μg/kg (دامنه تغییرات = ND-۸۸/۴) به دست آمد. بیشترین مقدار پاتولین در یکی از نمونه‌های آب سیب (۸۸/۱۴ μg/kg) مشاهده شد ولی در ۱۴ مورد از نمونه‌های آب سیب این ترکیب شناسایی نشد. در نمونه‌های آب انار ($n=2$) و آب میوه مخلوط سیب و موز ($n=4$) پاتولین شناسایی نشد ولی در تمامی نمونه‌های آب میوه مخلوط سیب و کیوی ($n=2$) پاتولین مشاهده گردید و میانگین غلظت آن $5/17$ μg/kg اندازه‌گیری شد. میانگین و انحراف معیار غلظت پاتولین در نمونه‌های آب سیب

$23/134 \pm 17/158$ μg/kg ($n=26$) به دست آمد. نتایج آزمون کروسکال-والیس نشان داد که اختلاف معناداری بین نمونه‌های مختلف از نظر غلظت پاتولین وجود ندارد ($p=0/196$). در جدول ۲ نیز حد مجاز استاندارد ملی ایران، کدکس و کمیسیون اروپا برای پاتولین درج شده است.

جدول ۱- میانگین و انحراف معیار غلظت پاتولین در مجموع نمونه‌های آب میوه بر حسب $\mu\text{g}/\text{kg}$

محصول	تعداد نمونه	درصد نمونه‌های آلوده (بالتر از LOD)	میانگین \pm انحراف معیار
آب سیب	۲۶	۴۶/۱۵ درصد	۱۷/۱۵۸ \pm ۲۳/۱۳۴
آب انار	۲	۰	۰
آب میوه مخلوط سیب و موز	۴	۰	۰
آب میوه مخلوط سیب و کیوی	۲	۱۰۰ درصد	۵/۱۷ \pm ۰
کل	۳۴	۴۱/۱۷ درصد	۱۳/۴۲۵ \pm ۲۱/۳۴۸

جدول ۲- حداکثر غلظت مجاز پاتولین در آب سیب و دیگر آب میوه‌ها (۲۱، ۲۲، ۲۸)

نوع محصول	حد مجاز پاتولین ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	مرجع
آب سیب	۵۰	استاندارد کدکس
محصولات بر پایه سیب	۵۰	استاندارد ملی ایران
آب سیب	۱۰	کمیسیون اروپا
آب میوه‌های دیگر	۵۰	کمیسیون اروپا

بحث

را $50 \mu\text{g}/\text{kg}$ اعلام و در مورد سایر آب میوه‌ها حد مجازی تعیین نکرده است. در مطالعه حاضر غلظت پاتولین فقط در یک نمونه (مربوط به آب سیب) بالاتر از این حد استاندارد بود و بقیه نمونه‌ها در حد مجاز اعلامی توسط سازمان استاندارد ملی ایران قرار داشتند. گرچه میانگین غلظت پاتولین در نمونه‌های آب سیب از استاندارد کمیسیون اروپا ($10 \mu\text{g}/\text{kg}$) بالاتر بود و $46/15$ درصد نمونه‌های آب سیب بالاتر از این حد استاندارد قرار داشتند. درصد آلودگی به پاتولین در نمونه‌های مربوط به

در مطالعه حاضر ۳۴ نمونه آب میوه از نظر وجود پاتولین مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفتند. درصد آلودگی به پاتولین فقط در نمونه‌های آب میوه مخلوط سیب و موز و آب انار صفر بود و در مورد آب میوه مخلوط سیب و کیوی و آب سیب، این مقدار بالای صفر بود. همانطور که در جدول ۲ قابل مشاهده است، سازمان استاندارد ملی ایران حد مجاز این ترکیب در آب سیب و آب میوه‌های مخلوط حاوی آب سیب

مطالعه حاضر بیشتر است، ولی هنوز در زیر حد مجاز استاندارد ملی ایران قرار داشت (۲۶). در سال ۲۰۱۱ Davarmanesh و همکاران غلظت پاتولین در ۳۲ نمونه آب سیب تجاری توزیع شده در شهر کرج را اندازه‌گیری و میانگین غلظت این ترکیب در مجموع ۳۲ نمونه را $69/52 \mu\text{g}/\text{kg}$ گزارش کردند که از یافته‌های مطالعه حاضر بسیار بالاتر است (۲۵). Jalali و همکاران در سال ۲۰۱۰ با استفاده از دستگاه HPLC و آشکارساز UV میزان پاتولین در ۱۵۰ نمونه آب سیب تولید شده در جنوب غرب ایران را اندازه‌گیری و میانگین غلظت این ترکیب در مجموع نمونه‌ها را $26/92 \mu\text{g}/\text{kg}$ گزارش کردند که گرچه در زیر حد مجاز استاندارد ملی ایران قرار داشت ولی از یافته‌های مطالعه حاضر بالاتر بود (۲۹). Iha و همکاران در سال ۲۰۰۸ به روش کروماتوگرافی مایع، مطالعه ای در ایالت ساو پائولو برزیل انجام دادند و غلظت پاتولین در ۱۳۴ نمونه از نوشیدنی‌های بر پایه سیب توزیع شده در این ایالت را اندازه‌گیری کردند که فقط در ۴ نمونه پاتولین شناسایی شد و غلظت آن $3-7 \mu\text{g}/\text{kg}$ گزارش گردید که از یافته‌های مطالعه حاضر کمتر است (۳۰). در مطالعه دیگری در برزیل، Sargenti و همکاران در سال ۲۰۱۰ با روش HPLC غلظت پاتولین در ۳۷ نمونه از آب سیب‌های تجاری توزیع شده در ایالت ریو گراندو جنوبی را اندازه‌گیری کردند که فقط ۳ نمونه از نظر میزان پاتولین با استاندارد کدکس (حداکثر $50 \mu\text{g}/\text{kg}$) همخوانی نداشتند که در مقایسه با مطالعه حاضر که فقط یک نمونه با استاندارد کدکس همخوانی ندارد، آمار بالاتری است (۳۱). Murillo-Arbizu و همکاران در سال ۲۰۰۹ غلظت پاتولین در ۱۰۰ نمونه آب سیب خریداری شده از فروشگاه‌های مختلف در استان نابارای اسپانیا را اندازه‌گیری و میانگین غلظت این ترکیب در نمونه‌ها را $19/27 \mu\text{g}/\text{kg}$ گزارش کردند که به یافته‌های این مطالعه در مورد آب سیب بسیار نزدیک است؛ گرچه ۱۲ عدد از نمونه‌ها (۱۲ درصد) با استاندارد کدکس منطبق نبودند که در مقایسه با مطالعه حاضر که فقط ۱ نمونه از ۲۶ نمونه آب سیب (۳/۸ درصد) با استاندارد

آب سیب ($n=26$)، آب میوه مخلوط سیب و کیوی ($n=2$) و مجموع نمونه‌ها ($n=34$) به ترتیب ۴۶/۱۵ درصد، ۱۰۰ درصد و ۴۱/۱۷ درصد محاسبه گردید و درصد آلودگی نمونه‌های آب میوه مخلوط سیب و موز ($n=4$) و آب انار ($n=2$) نیز صفر به دست آمد، زیرا در این نمونه‌ها پاتولین شناسایی نشد. Achachlouei و همکاران در سال ۲۰۰۹ با به‌کارگیری روش HPLC در یک مطالعه مشابه، میزان پاتولین در ۴ نوع آب میوه تولید شده توسط ۶ کارخانه تولید کننده این محصول در شمال غرب کشور را مورد ارزیابی قرار داده و مشاهده کردند که میانگین غلظت پاتولین در آب انگور و کنسانتره آب سیب به طور قابل ملاحظه‌ای از میانگین غلظت این ترکیب در آب هلو و آب سیب بیشتر است، بطوریکه میانگین غلظت پاتولین در آب انگور و کنسانتره آب سیب حدود $80 \mu\text{g}/\text{kg}$ بود که از حد مجاز استاندارد ملی ایران نیز بالاتر است. بیشتر بودن میزان پاتولین در کنسانتره آب سیب نسبت به آب سیب، احتمالاً به نگهداری طولانی مدت کنسانتره‌ها مربوط است، ولی نزدیک بودن میزان پاتولین در نمونه‌های آب انگور به میزان این ترکیب در نمونه‌های کنسانتره آب سیب کمی غیرعادی بوده و نیازمند بررسی‌های بیشتر است. میانگین غلظت پاتولین در نمونه‌های آب سیب در این مطالعه نزدیک $10 \mu\text{g}/\text{kg}$ گزارش شد که از یافته‌های مطالعه حاضر پایین‌تر است؛ گرچه میزان این ترکیب در کنسانتره آب سیب از یافته‌های مطالعه حاضر بسیار بیشتر است (۲۳). Azizi و همکاران در سال ۲۰۱۳ با استفاده از روش HPLC میزان پاتولین در ۱۶ نمونه آب میوه و ۱۶ نمونه کمپوت مربوط به سیب و گلابی را مورد ارزیابی قرار داده و میانگین غلظت پاتولین در نمونه‌های آب سیب (۸ نمونه) و آب گلابی (۸ نمونه) را به ترتیب $71/87 \mu\text{g}/\text{kg}$ و $28 \mu\text{g}/\text{kg}$ گزارش کردند که میزان این ترکیب در نمونه‌های آب سیب از یافته‌های مطالعه حاضر بسیار بیشتر بوده و از حد مجاز استاندارد ملی ایران نیز فراتر است (۲۴). Delavar و همکاران در سال ۲۰۱۴ نتایج بررسی میانگین غلظت پاتولین در ۴ نمونه آب سیب را $25/5 \mu\text{g}/\text{kg}$ گزارش کردند که گرچه از یافته‌های

یافته‌های این مطالعه با دیگر مطالعات، می‌توان به تفاوت در شرایط اقلیمی، روش‌های کشت و نگهداری میوه‌ها و تولید آب میوه‌ها اشاره کرد. نگهداری میوه‌ها در شرایط انبارداری نامناسب می‌تواند رشد قارچ‌ها و تولید پاتولین در میوه‌ها را افزایش داده و در مرحله بعد موجب ورود پاتولین به محصولات جانبی، از جمله آب میوه شود (۳۴). برای کاهش پاتولین در آب سیب می‌توان از کربن فعال (۳۵)، آنزیم‌های مختلف (۳۶)، نور شدید پالسی (Intense pulsed light) (۳۷)، ترکیب آسکوربیک اسید با یون آهن دو ظرفیتی (۳۸)، ازن (۳۹)، پروبیوتیک‌ها (۴۰) و یا اشعه فرابنفش (در دوز بالا) (۴۱) و غیره استفاده کرد.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه میزان پاتولین در ۳۴ نمونه آب میوه با استفاده از روش HPLC-UV اندازه‌گیری و میانگین و انحراف معیار پاتولین در مجموع ۳۴ نمونه $21/348 \pm 13/425 \mu\text{g/kg}$ به دست آمد که در زیر حد مجاز استاندارد ایران قرار داشت. گرچه میانگین غلظت پاتولین در آب سیب، فراتر از حد استاندارد کمیسیون اروپا بود. میانگین غلظت پاتولین در نمونه‌های آب سیب به صورت مجزا نیز $23/134 \mu\text{g/kg}$ ($n=26$) \pm ۱۷/۱۵۸ به دست آمد که اختلاف معناداری با سایر نمونه‌ها نداشت. همچنین یافته‌های مطالعه حاضر در مورد غلظت پاتولین در نمونه‌های آب میوه و به ویژه آب سیب از اکثر مطالعات گذشته کمتر بود که احتمالاً ناشی از تعداد کم نمونه‌های مطالعه حاضر و تفاوت در روش آماده‌سازی نمونه و روش اندازه‌گیری پاتولین است. با توجه به محدودیت‌های مالی مطالعه حاضر که منجر به کاهش حجم نمونه گردید، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده، نمونه‌های بیشتری از انواع مختلف آب‌میوه‌ها مورد ارزیابی قرار گیرند و بازه زمانی و گستره جغرافیایی محل نمونه برداری افزایش یابد تا نتایج از قدرت آماری بالاتری برخوردار شده و قابلیت تعمیم‌پذیری بهتری داشته باشد.

مذکور منطبق نیستند؛ بسیار بیشتر است (۳۲). Hussain. همکاران در سال ۲۰۲۰ با استفاده از روش HPLC مطالعه‌ای بر روی سیب، انگور و محصولات بر پایه این دو میوه در پاکستان انجام دادند و میانگین غلظت پاتولین در نمونه‌های آب سیب ($n=35$) و کنسانتره آب سیب ($n=10$) را به ترتیب ۵/۶ و $107/5 \mu\text{g/kg}$ گزارش کردند. یافته‌های این مطالعه در مورد آب سیب در مقایسه با یافته‌های مطالعه حاضر کمتر است، گرچه میزان پاتولین در نمونه‌های کنسانتره آب سیب آن، از نمونه‌های آب سیب در مطالعه مذکور و حتی مطالعه حاضر بسیار بیشتر است. این تفاوت ممکن است ناشی از نگهداری طولانی‌تر از کنسانتره‌ها در مقایسه با آب میوه‌های تازه باشد (۱۲). Oteiza و همکاران در سال ۲۰۱۷ با به کارگیری روش HPLC-DAD غلظت پاتولین در چندین نمونه از آب میوه‌های مختلف کشور آرژانتین را اندازه‌گیری و مشاهده کردند که در ۸/۶ درصد نمونه‌ها، غلظت پاتولین از استاندارد کدکس بیشتر بوده که از میزان نمونه‌های نامنطبق با این استاندارد در مطالعه حاضر بیشتر است (۳۳). Poostforoushfar و همکاران در سال ۲۰۱۷، با به کارگیری روش HPLC-UV غلظت پاتولین در ۳۸ نمونه آب سیب عرضه شده در شهر شیراز را اندازه‌گیری و دامنه غلظت این ترکیب در نمونه‌ها را $0/39-5 \mu\text{g/kg}$ گزارش کردند که از یافته‌های مطالعه حاضر کمتر است (۳۴).

میانگین غلظت پاتولین در مطالعه حاضر در زیر حد مجاز اعلامی توسط سازمان ملی استاندارد ایران قرار داشت و فقط ۱ نمونه با استاندارد مذکور انطباق نداشت. هرچند که یافته‌های مربوط به آب سیب فراتر از حد مجاز استاندارد کمیسیون اروپا بوده و ۴۶/۱۵ درصد این نمونه‌ها حاوی مقادیر پاتولین بیش از حد مجاز مذکور بودند. میانگین غلظت پاتولین و درصد نمونه‌های نامنطبق با استانداردهای ملی و بین‌المللی در مطالعه حاضر، از بسیاری از مطالعات پیشین کمتر بود که می‌تواند ناشی از تفاوت در تعداد نمونه، روش آماده‌سازی نمونه و روش اندازه‌گیری باشد. از دیگر علل بروز اختلاف بین

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی از جمله عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. کد اخلاق این طرح IR.TUMS.SPH.REC.1403.233 است.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی با عنوان "بررسی میزان غلظت پاتولین در انواع نمونه‌های آب میوه عرضه شده در شهر تهران در سال ۱۴۰۳" و مصوب دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی تهران در سال ۱۴۰۳ است که بدین وسیله از این دانشگاه تشکر و قدردانی می‌شود.

References

1. Khan R, Anwar F, Ghazali FM. A comprehensive review of mycotoxins: Toxicology, detection, and effective mitigation approaches. *Heliyon*. 2024;10(8):e28361.
2. Sadighara P, Basaran B, Afshar A, Nazmara S. Optimization of clean-up in QuEChERS method for extraction of mycotoxins in food samples: A systematic review. *Microchemical Journal*. 2024;197:109711.
3. Bacha S, Li Y, Nie J, Xu G, Han L, Farooq S. Comprehensive review on patulin and Alternaria toxins in fruit and derived products. *Frontiers in Plant Science*. 2023;14:1139757.
4. Diao E, Ma K, Zhang H, Xie P, Qian S, Song H, et al. Thermal stability and degradation kinetics of patulin in highly acidic conditions: Impact of cysteine. *Toxins (Basel)*. 2021;13(9):662.
5. Ioi JD, Zhou T, Tsao R, Marccone MF. Mitigation of patulin in fresh and processed foods and beverages. *Toxins (Basel)*. 2017;9(5):157.
6. Tahmasebi R, Vakili Saatloo N, Sadighara P, Abedini A, Gheshlaghi M, Limam I, et al. Dietary risk assessment of patulin in cow milk from Urmia of Iran. *Journal of Food Quality and Hazards Control*. 2024;11(4):272-79.
7. Ghanati K, Oskoei V, Rezvani Ghalhari M, Shavali Gilani P, Mirzaei G, Sadighara P. Oxalate in plants, amount and methods to reduce exposure; a systematic. *Toxin Reviews*. 2024;43(1):1-12.
8. Sadighara P, Godarzi S, Bahmani M, Asadi Samani M. Antioxidant activity and properties of walnut brown seed coat extract. *Journal of Global Pharma Technology*. 2016;8(11):26-30.
9. Aghebat Bekher S, Barzegar Bafrouei S, Marboutian F, Bakhtiyari A, Matin M, Sadighara M. Determination of lead levels in cold and hot beverages on the Iranian market using the atomic absorption spectrometry method. *Caspian Journal of Veterinary Sciences*. 2024;1(1):55-62.
10. Gal T, Alexa E, Sumalan R, Dascalu I, Iordanescu O. Factors affecting patulin production by penicillium expansum in apples. *Foods*. 2025;14(13):2310.
11. Li N, Cui R, Zhang F, Meng X, Liu B. Current situation and future challenges of

- patulin reduction-a review. *Food Control*. 2022;138:108996.
12. Hussain S, Asi MR, Iqbal M, Akhtar M, Imran M, Arino A. Surveillance of patulin in apple, grapes, juices and value-added products for sale in Pakistan. *Foods*. 2020;9(12):1744.
13. George MM, Nisha K, Lekhana S, Gurikar C. Patulin: A potentially harmful food contaminant. *International Journal of Chemical Studies*. 2022;10(3):11-18.
14. Gal T, Alexa E, Dascalu I, Iordanescu O. A review of patulin, the mycotoxin of apples, and its methods of detection. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*. 2024;28(2):220-26.
15. Tabatabaie F, Mortazavi SA, Tabatabaee F, Ebadi AG. Reduction of patulin in apple juice after treatment with SO₂ and heat. *Indian Journal of Science and Technology*. 2010;3(5):596-98.
16. Babaali E, Abbasi A, Sarlak Z. Risks of patulin and its removal procedures: A review. *International Journal of Nutrition Sciences*. 2017;2(1):10-15.
17. Pal S, Singh N, Ansari K. Toxicological effects of patulin mycotoxin on the mammalian system: an overview. *Toxicology Research*. 2017;6(6):764-71.
18. Puel O, Galtier P, Oswald IP. Biosynthesis and toxicological effects of patulin. *Toxins*. 2010;2(4):613-31.
19. Borzecki A, Nieradko Iwanicka B, Mikocka J. The influence of poisoning with patulin on activity of acid phosphatase, cathepsin B and D in mice kidneys and livers. *Journal of Pre-Clinical and Clinical Research*. 2020;14(3):94-97.
20. International Agency for Research on Cancer (IARC). IARC monographs on the identification of carcinogenic hazards to humans, list of classifications: World Health Organization; 1987 [cited 2025 Dec 3]. Available from: <https://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications>.
21. Wu Y. General Standard for Contaminations and Toxins in Food and Feed. Rome: Food and Agriculture Organization; 2025.
22. Iranian National Standardization Organization (INSO). Food and feed- maximum tolerated level of mycotoxins. Tehran: INSO; 2020. Report No.: 5925.
23. Achachlouei BF, Azadmard Damirchi S, Hesari J, Nemati M. Patulin content in fruit juices produced by several factories in Iran. *Food Research Journal*. 19(1):1-12 (in Persian).
24. Gholampour Azizi I, Rouhi S. Determination of patulin in fruit juices and compote of apple and pear. *Toxin Reviews*. 2013;32(3):39-42.
25. Davarmanesh M, Sabokbar A, Riazipur M, Bayat M, Alipour M, Zanjani L. Determination of patulin in apple juice produced in Iran, HPLC with diode array detection. *World Applied Sciences Journal*. 2011;14(3):490-96.
26. Delavar M, Kamankesh M, Tavakoli R, Navabi A, Mohammadi A. Determination of patulin in apple juice samples using dispersive liquid-liquid microextraction followed by high performance liquid chromatography and method optimization using response surface methodology. *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology*. 2014;8(4):145-54 (in Persian).

27. Mazaheri Y, Marboutian F, Aghebat Bekheir S, Bakhtiari A, Tajdar Oranj B, Akbari Adergani B. Assessment of benzoic acid, sorbic acid and ethanol level by high performance liquid chromatography and gas chromatography in industrial kefir products offered in the Iranian retail market. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2025;18(1):129-140 (in Persian).
28. European Commission. Patulin. Brussels: Directorate-General for Health and Food Safety; 2006. Report No.: 401/2006.
29. Jalali A, Khorasgani Z, Goudarzi M, Khoshlesan N. HPLC determination of patulin in apple juice: a single center study of Southwest area of Iran. *Journal of Pharmacology and Toxicology*. 2010;5(5):208-14.
30. Iha MH, Sabino M. Incidence of patulin in Brazilian apple-based drinks. *Food Control*. 2008;19(4):417-22.
31. Sargenti SR, Almeida CA. Determination of patulin in apple juice by HPLC using a simple and fast sample preparation method. *Ecletica Quimica*. 2010;35(2):14-21.
32. Murillo Arbizu M, Amezqueta S, Gonzalez Penas E, De Cerain AL. Occurrence of patulin and its dietary intake through apple juice consumption by the Spanish population. *Food Chemistry*. 2009;113(2):420-23.
33. Oteiza JM, Khaneghah AM, Campagnollo FB, Granato D, Mahmoudi MR, Sant Ana AS, et al. Influence of production on the presence of patulin and ochratoxin A in fruit juices and wines of Argentina. *LWT*. 2017;80:200-07.
34. Poostfroushfard A, Pishgar A, Berizi E, Nouraei H, Sobhani Z, Mirzaie R, et al. Patulin contamination in apple products marketed in Shiraz, Southern Iran. *Current Medical Mycology*. 2017;3(4):32-35.
35. Fathi Achacheloei B, Ahmadi Zanouz A, Asadi Y, Hesari J, Asghari Zakaria R. Effect of active carbon on patulin reduction at apple juice. *Journal of Food Science and Technology*. 2005;2(5):75-84 (in Persian).
36. Liu X, Wang L, Wang S, Cai R, Yue T, Yuan Y, et al. Detoxification of patulin in apple juice by enzymes and evaluation of its degradation products. *Food Control*. 2023;145:109518.
37. Li Y, Cai R, Fu C, Qi L, Yuan Y, Yue T, et al. Degradation of patulin in apple juice by pulsed light and its effect on the quality. *Food and Bioprocess Technology*. 2023;16(4):870-80.
38. Wei X, Du M, Hong SY, Om AS. Degradation of patulin in pear juice and apple juice by ascorbic acid and the combination of ascorbic acid and ferrous iron. *Toxins*. 2022;14(11):737.
39. Diao E, Wang J, Li X, Wang X, Gao D. Patulin degradation in apple juice using ozone detoxification equipment and its effects on quality. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2018;42(7):e13645.
40. Khosravi Darani K, Sohrabvandi S, Attar H, Alavi S. Effect of probiotics on patulin content reduction of synbiotic apple juice. *Journal of Food Technology and Nutrition*. 2019;16(3):5-16 (in Persian).
41. Tikekar RV, Anantheswaran RC, LaBorde LF.

Patulin degradation in a model apple juice system
and in apple juice during ultraviolet processing.
Journal of Food Processing and Preservation.
2014;38(3):924-34.



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

Original Article



Investigating the concentration of Patulin in various juices samples sold in Tehran market in 2024

Soheyl Eskandari^{1,2}, Alireza Bakhtiyari³, Ali Mirzakhani⁴, Saeed Aghebat-Bekheir⁵, Parisa Shavali-Gilani^{3*}

1- Food and Drug Laboratory Research Center (FDLRC), Food and Drug Administration (IR-FDA), Tehran, Iran

2- Food Science Department, School of Nutritional Sciences and Dietetics, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

3- Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

4- Department of Neurosciences and Addiction Studies, School of Advanced Technologies in Medicine, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

5- Department of Toxicology & Pharmacology, School of Pharmacy, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 26 November 2025

Revised: 16 February 2026

Accepted: 21 February 2026

Published: 10 March 2026

Keywords: Food safety, Fruit juice, Patulin, Mycotoxins

***Corresponding Author:**

parisashavali@gmail.com

ABSTRACT

Background and Objective: Measuring leakage radiation dose in radiology centers is essential for protecting public health. This study aimed to assess the exposure levels of radiation workers (in controlled areas) and visitors (in supervised areas) to ionizing radiation in radiology centers of Qazvin Province.

Materials and Methods: This descriptive cross-sectional study was conducted as a census in 79 radiology centers across Qazvin Province. Leakage dose was measured using a FLUKE 451B ionization chamber and reported in $\mu\text{Sv/h}$. Using the U.S. Radiological Protection Commission model, exposure in controlled and supervised areas was estimated in mSv/year . Finally, Monte Carlo simulation was applied to analyze the probabilistic distribution of exposure for workers and visitors.

Results: The mean leakage dose in controlled and supervised areas was $0.1\text{--}1.7 \mu\text{Sv/h}$ and $0.1\text{--}2.19 \mu\text{Sv/h}$, respectively. The mean exposure dose for radiation workers and visitors was estimated at $0.1755 \pm 0.3079 \text{ mSv/year}$ and $6.2 \pm 14.9 \times 10^{-5} \text{ mSv/year}$, respectively, which showed a statistically significant difference ($p < 0.0001$). Based on Monte Carlo simulation results, 93 percent of exposure for workers fell within $0.0\text{--}0.98 \text{ mSv/year}$, and 95% of exposure for visitors fell within $0.0\text{--}0.01 \text{ mSv/year}$.

Conclusion: The findings indicate that leakage doses in radiology centers of Qazvin Province are within permissible limits. However, the detection of elevated ionizing radiation leakage in CT angiography and nuclear medicine departments underscores the need for continuous monitoring and adherence to the ALARA principle. Although the study has a cross-sectional design, its results may serve as a basis for developing national radiation safety policies.

Please cite this article as: Eskandari S, Bakhtiyari A, Mirzakhani A, Aghebat-Bekheir S, Shavali-Gilani P. Investigating the concentration of Patulin in various juices samples sold in Tehran market in 2024. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2026;18(4):701-12.

