



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

مقاله پژوهشی

## اندازه‌گیری آکریل‌آمید در نان‌های سنتی عرضه شده در تهران: یک مطالعه ارزیابی ریسک سلامت

نبی شریعتی فر<sup>۱</sup>، مجید عرب عامری<sup>۲</sup>، حانیه اصغری<sup>۳</sup>، حسین بهرام زاد<sup>۴</sup>، مجتبی مؤذن<sup>۴</sup>، محمد روزبهانی<sup>۵</sup>، غلامعلی شریفی عرب<sup>۶</sup>

- ۱- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
- ۲- مرکز تحقیقات غذا و دارو، سازمان غذا و دارو، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، تهران، ایران
- ۳- کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی شاهرود، شاهرود، ایران
- ۴- گروه تحقیقات فناوری غذایی، پژوهشکده تغذیه و صنایع غذایی کشور، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
- ۵- گروه علوم و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
- ۶- معاونت بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی شاهرود، شاهرود، ایران

### چکیده

### اطلاعات مقاله:

**زمینه و هدف:** نان یکی از اصلی‌ترین مواد غذایی دنیا است که احتمالاً حاوی ترکیبات مضر مانند آکریل‌آمید (Acrylamide یا AA) است. هدف مطالعه حاضر، اندازه‌گیری میزان AA در سه نوع نان پرمصرف ایرانی (سنگک، لواش و تافتون) بود.  
**روش بررسی:** تعداد ۳۶ نمونه به صورت تصادفی از ۴ منطقه تهران انتخاب شدند. روش مشتق‌سازی جهت آماده‌سازی نمونه‌ها استفاده شد و از دستگاه کروماتوگرافی گازی-طیف‌سنجی جرمی (GC-MS) برای اندازه‌گیری میزان AA استفاده گردید. ارزیابی ریسک سرطان‌زایی نان‌های مسطح با استفاده از تکنیک شبیه‌سازی مونت کارلو صورت گرفت.  
**یافته‌ها:** میانگین AA ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) (بیشینه-کمینه) در نمونه‌های نان برابر  $17.0/4 \pm 8.0/8$  ( $62/6-30.1/4$ ) بود. همچنین میانگین AA در نمونه‌های نان لواش، تافتون و سنگک به ترتیب برابر  $98/6 \pm 24/5$ ،  $142/6 \pm 52/1$  و  $27.0/0 \pm 21/14$   $\mu\text{g}/\text{kg}$  بود. میزان دریافت مزمن روزانه (CDI) در صدک ۵۰، AA از طریق مصرف نان‌های مسطح برای بزرگسالان و کودکان به ترتیب برابر با  $4/78 \times 10^{-1}$  و  $1/02 \times 10^{-2}$   $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{day}$  بود. از طرفی، مقادیر ریسک غیرسرطان‌زایی (THQ) در صدک ۵۰، به ترتیب برابر با  $2/36 \times 10^{-1}$  و  $5/13 \times 10^{-1}$  و در سطوح قابل قبول ( $1 < \text{THQ}$ ) بود. در حالی که ارزیابی ریسک سرطان‌زایی (ILCR) در صدک ۵۰، برای بزرگسالان  $2/31 \times 10^{-4}$  و کودکان  $5/10 \times 10^{-4}$  بود که  $1 \times 10^{-4} < \text{ILCR}$  برای سلامت انسان مضر و غیر قابل قبول است.  
**نتیجه‌گیری:** میانگین آلودگی AA نمونه‌ها بالاتر از استاندارد اتحادیه اروپا ( $80-50$   $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) بود. با توجه به میانگین غلظت AA در انواع نان‌ها و مقادیر ILCR برآورد شده، احتمال بروز ریسک سرطان‌زایی وجود دارد و لذا نیاز به نظارت‌های بیشتر در تمامی مراحل تولید نان است.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۱۲  
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۱۱/۲۷  
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۰۳  
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۲/۱۹

**واژگان کلیدی:** آکریل‌آمید، نان، مواجهه غذایی، ارزیابی ریسک

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:  
sharifi268@gmail.com

Please cite this article as: Shariatifar N, Arabameri M, Asghari H, Bahramzad H, Moazzen M, Rouzbahani M, et al. Measurement of acrylamide in traditional breads sold in Tehran: a health risk assessment study. Iranian Journal of Health and Environment. 2026;18(4):731-44.

## مقدمه

غذای سالم، متشکل از اجزاء مفید برای سلامت مصرف‌کنندگان و عاری از مواد زیانبخش و مضر مانند استرهای فتالات، هیدروکربن‌های آروماتیک چند هسته ای، آکریل‌آمید (Acrylamide) یا (۳-۱). آکریل‌آمید یا AA ( $C_3H_5NO$ ) یک ترکیب شیمیایی با ساختار آلی است که به‌طور طبیعی در فرآیندهای حرارتی برخی از مواد غذایی تشکیل می‌شود (۴-۶). این ترکیب عمدتاً در دماهای بالا (بالای  $120^\circ C$ ) و در حضور کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها تولید می‌شود. AA از طریق واکنش مایلارد (Maillard reaction) که بین قندها و آمینواسیدها رخ می‌دهد، به وجود می‌آید (۷-۹). این ماده به عنوان یک ترکیب سمی و سرطان‌زا در حیوانات آزمایشگاهی شناخته شده است و نیز می‌تواند به سیستم عصبی انسان آسیب جدی وارد کند (۵، ۱۰، ۱۱). مطالعات متعدد نشان داده است که مواجهه طولانی مدت با AA می‌تواند خطر ابتلا به برخی از انواع سرطان‌ها را در حیوانات آزمایشگاهی افزایش دهد و همچنین ممکن است بر روی عملکرد عصبی تأثیر منفی بگذارد. اهمیت AA در حوزه سلامت عمومی به دلیل پتانسیل بالای آن برای ایجاد خطرات جدی برای سلامت انسان، به‌ویژه در کودکان و گروه‌های آسیب‌پذیر، قابل توجه است. مطالعات نشان داده‌اند که مواجهه طولانی مدت با AA می‌تواند به بروز انواع مختلفی از سرطان‌ها و مشکلات عصبی منجر شود. بنابراین، آگاهی‌رسانی در مورد منابع این ماده و اتخاذ تدابیر لازم برای کاهش مصرف آن، برای حفظ سلامت عمومی و پیشگیری از بیماری‌ها ضروری است (۵، ۱۰، ۱۱). یکی از مواد غذایی که حاوی AA است، نان هست (۳، ۱۲، ۱۳).

نان یکی از اجزای اصلی رژیم غذایی در بسیاری از فرهنگ‌ها است و معمولاً از ترکیباتی همچون آرد، آب، نمک و مخمر تهیه می‌شود. نان‌های مسطح مانند لواش، تافتون و سنگک از جمله نان‌های پر مصرف در ایران و دیگر کشورها هستند. نان‌های مسطح ایران شامل انواع مختلفی هستند که هر کدام ویژگی‌ها

و طعم خاص خود را دارند. این نان‌ها به دلیل روش‌های خاص پخت، معمولاً دارای بافت نرم و طعمی خوشمزه هستند. روش پخت نان معمولاً شامل حرارت‌دهی مستقیم یا غیرمستقیم است که می‌تواند منجر به تشکیل AA شود. نان همچنین منبع خوبی از کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و ویتامین‌های گروه B هستند، اما مصرف زیاد نان‌های حاوی AA ممکن است باعث افزایش خطراتی برای سلامتی شود (۱۰، ۱۴-۱۶).

برای اندازه‌گیری میزان AA در مواد غذایی، روش‌های مختلفی وجود دارد که شامل کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC)، کروماتوگرافی گازی (GC) و کروماتوگرافی گازی-طیف‌سنجی جرمی (GC-MS) می‌شود. روش GC-MS به دلیل دقت و حساسیت بالای خود در شناسایی و کمی‌سازی ترکیبات آلی، به‌ویژه در نمونه‌های پیچیده غذایی، یکی از محبوب‌ترین روش‌ها است. این روش قابلیت شناسایی مقادیر بسیار کم AA را دارد و می‌تواند اطلاعات دقیقی درباره ترکیب شیمیایی نمونه ارائه دهد. در مقایسه با سایر روش‌ها، GC-MS به دلیل توانایی آن در تجزیه و تحلیل ترکیبات پیچیده و ارائه نتایج دقیق‌تر، به عنوان استاندارد طلایی در اندازه‌گیری AA شناخته می‌شود (۳، ۸، ۱۷، ۱۸).

ارزیابی ریسک در مواد غذایی به‌ویژه در زمینه سموم و آلاینده‌ها، از اهمیت بالایی برخوردار است و می‌تواند به حفظ سلامت عمومی کمک کند. یکی از روش‌های مؤثر در این زمینه، شبیه‌سازی مونت کارلو است که به تحلیل عدم قطعیت و تنوع داده‌ها در ارزیابی ریسک می‌پردازد. این روش با استفاده از تکنیک‌های تصادفی، امکان مدل‌سازی سناریوهای مختلف و پیش‌بینی نتایج احتمالی را فراهم می‌آورد (۱۹، ۲۰). به‌طور خاص، در ارزیابی ریسک سموم مانند AA در مواد غذایی، شبیه‌سازی مونت کارلو می‌تواند به شناسایی و اندازه‌گیری خطرات مرتبط با مواجهه با این ترکیبات مضر کمک کند و راهکارهای مؤثری را برای کاهش آنها ارائه دهد (۸، ۱۵، ۱۷، ۱۸).

سطح استاندارد اتحادیه اروپا برای AA در نان  $50-80 \mu g/kg$

کلریدریک (HCl ۳۷ درصد)، هیدروکسید پتاسیم، تتراکلر (برای انجام تجزیه و تحلیل GC)، هگزافروسیانید پتاسیم (Carrez I) و استات روی (Carrez II)، تهیه شد. از شرکت سیگما آلدریج، زانت هیدرول و استامید (خلوص  $\leq 99\%$ ) خریداری شد. در این مطالعه از دستگاه GC (کروماتوگرافی گازی) با نشان تجاری Agilent (مدل A7890) همراه با آشکارساز MS (جرمی) با نشان تجاری Agilent (مدل C5975) استفاده شد. ستون مورد استفاده در این دستگاه، یک ستون مویرگی با نشان تجاری HP-5 ms (۵ درصد فنیل سیلوکسان / ۹۵ درصد متیل پلی ارگانوسیلوکسان؛ طول:  $30\text{ m} \times 0.25\text{ mm} \text{ ID}; 0.25\text{ }\mu\text{m}$ ) بود.

برای تهیه محلول کارز ۱ (Carrez I)،  $10/6\text{ g}$  هگزافروسیانید پتاسیم در  $100\text{ mL}$  آب مقطر حل شد. محلول کارز ۲ (Carrez II) با مخلوط کردن  $3\text{ mL}$  اسید استیک با  $21/9\text{ g}$  استات روی تهیه شد، سپس حجم آن با آب مقطر به  $100\text{ mL}$  تنظیم شد. محلول استاندارد اولیه AA و استامید (Working solution) در متانول تهیه شد. برای به دست آوردن محلول کاری (Working solution)، محلول استاندارد بالایی با متانول رقیق شد. محلول های استوک و کار تا زمان آزمایشات در دمای  $4\text{ }^\circ\text{C}$  نگهداری شدند (۳).

#### آماده سازی نمونه

هر نمونه به درستی هموزن یا آسیاب شد.  $1\text{ g}$  از نمونه و  $10\text{ mL}$  محلول هیدروکسید پتاسیم (KOH) در اتانول به نمونه ها اضافه و سپس به کمک دستگاه سانتریفیوژ با سرعت  $4000\text{ rpm}$  و به مدت  $5\text{ min}$  سانتریفیوژ شد. فاز بالایی جدا شد. پس از آن  $1\text{ mL}$  محلول Carrez I و Carrez II به رسوب کربوهیدرات و پروتئین اضافه شد. نمونه ها کاملاً مخلوط شدند و سپس مجدداً با کمک سانتریفیوژ با دور  $5000\text{ rpm}$  و به مدت  $20\text{ min}$  سانتریفیوژ شدند. سپس  $60\text{ }\mu\text{L}$  زانتیدرول و  $200\text{ }\mu\text{L}$  استامید به محلول اضافه شد. نمونه به مدت  $30\text{ min}$  در دمای محیط ( $25\text{ }^\circ\text{C}$ ) نگهداری شد و سپس  $2\text{ mL}$  اسید کلریدریک به نمونه ها اضافه شد که

است (۲۱).

با وجود مصرف بالای نان در ایران، مطالعات محدودی درباره AA در نان های سنتی تهران وجود دارد. هدف مطالعه حاضر اندازه گیری میزان AA موجود در نان های سنتی و ارزیابی ریسک ناشی از مصرف نان های ذکر شده بود. همچنین، نتایج این مطالعه می تواند به تولیدکنندگان نان کمک کند تا فرآیندهای تولید خود را بهبود بخشیده و سلامت جامعه را ارتقا دهند.

از سوی دیگر، این مطالعه با تمرکز بر اندازه گیری میزان AA در نان های مسطح و سنتی ایرانی (لواش، تافتون و سنگک) به شکاف علمی در ادبیات موجود پاسخ می دهد، زیرا بیشتر مطالعات پیشین عمدتاً به بررسی منابع صنعتی و فرآوری شده (مانند غذاهای فرآوری شده و سرخ شده) AA پرداخته اند و اطلاعات محدودی در مورد نان های سنتی ایرانی وجود دارد. با ارزیابی ریسک این ترکیب شیمیایی در دو گروه سنی کودکان و بزرگسالان، این مطالعه نه تنها به درک بهتر از خطرات بالقوه AA در رژیم غذایی کمک می کند، بلکه می تواند راهکارهایی برای کاهش مصرف این ماده و ارتقاء سلامت عمومی ارائه دهد.

## مواد و روش ها

### نمونه برداری

در این مطالعه ۳۶ نمونه نان از ۴ منطقه شهر تهران (به صورت تصادفی) تهیه شد که ۳ نمونه از هر کدام از سه نوع نان (لواش، تافتون و سنگک) تهیه شد. نمونه برداری به صورت تصادفی انجام شد (انتخاب نانوایی ها به صورت تصادفی بود). زمان نمونه برداری بین ماه های فروردین تا اردیبهشت ۱۴۰۴ بود. نمونه ها بعد از خرید، مستقیماً به آزمایشگاه (توسط Cool box) منتقل شدند. آماده سازی نمونه ها بلافاصله بعد از انتقال به آزمایشگاه صورت گرفت.

### معرف ها و ابزار دقیق

از شرکت مرک، معرف هایی شامل AA (خلوص  $99/9\%$  درصد  $\leq$ )، اتانول (درجه تحلیلی)، هیدروژن فسفات دی پتاسیم، اسید

میزان LOQ و LOD به ترتیب  $60 \text{ ng/g}$  و  $20 \text{ ng/g}$  بود. میزان بازیابی با اسپک کردن سه ماکت نمونه واقعی AA در محدوده ۱۰ تا  $50 \mu\text{g/L}$  تعیین شد. میزان بازیابی روش ۹۷ درصد بود. منحنی کالیبراسیون بین ۰ تا  $200 \text{ ng/g}$  با ضریب همبستگی خطی ( $R^2$ )  $0.9969$  بود. انحراف استاندارد نسبی (RSD) از طریق تجزیه و تحلیل شش آنالیت AA تکراری تعیین شد و  $9/41$  بود.

#### ارزیابی ریسک

یک شبیه‌سازی مونت کارلو برای ارزیابی ریسک سلامتی ناشی از مواجهه با اشکال مختلف AA موجود در انواع نان های مسطح (لواش، تافتون و سنگک) عرضه شده در شهر تهران انجام شد. این ارزیابی شامل تخمین میزان دریافت مژمن روزانه (CDI) و همچنین ارزیابی پتانسیل خطرات سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی، طبق روش توسعه‌یافته توسط سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده (USEPA) بود (۲۲). علاوه بر این، خطر غیرسرطان‌زایی مرتبط با مصرف AA در نان های تولید شده با استفاده از ضریب خطر هدف (THQ) و ریسک افزایش سرطان در طول عمر (ILCR) طبق معادلات ۳ تا ۵ ارزیابی شد:

$$CDI = (C \times IR) / (BW) \quad (3)$$

$$THQ = CDI / RfD \quad (4)$$

$$ILCR = CSF \times CDI \quad (5)$$

که در آن CDI سطح غلظت AA ( $\text{mg/kg}$ ) است؛ دوز مرجع خوراکی برای AA  $0.02 \text{ mg/kg}$  در روز بود، C غلظت AA در نان (به ازای هر  $\text{mg/kg}$  وزن خشک)؛ Iri میزان مصرف (کودکان =  $120$  و سالمندان =  $198$ ) (۲۳)؛ BWi میانگین وزن بدن مصرف‌کنندگان (کودکان =  $20$  و سالمندان =  $70 \text{ kg}$ ) است (۳). ILCR احتمال ابتلا به سرطان

این فرآیند برای تکمیل قسمت مشتق سازی انجام شد. سپس  $1 \text{ mL}$  KOH ( $2 \text{ M}$ ) و  $2 \text{ mL}$   $\text{K}_2\text{HPO}_4$  به محلول نمونه اضافه شد. پس از همزدن محلول، pH در محدوده  $7/2-6/8$  تنظیم شد. محلول با دور  $5000 \text{ rpm}$  به مدت  $20 \text{ min}$  سانتریفیوژ شد و سپس فاز بالایی جدا شد. در مرحله نهایی  $450 \mu\text{L}$  اتانول و  $80 \mu\text{L}$   $\text{C}_2\text{Cl}_4$  به نمونه محلول اضافه شد، سپس نمونه به مدت  $20 \text{ min}$  با سرعت  $5000 \text{ rpm}$  سانتریفیوژ شد. در نهایت  $1 \mu\text{L}$  از فاز رسوبی به GC-MS تزریق شد (۳).

#### شرایط GC-MS

شرایط دستگاه GC-MS مطابق مطالعه پیشین بوده است (۳). هلیوم به عنوان گاز حامل بود که با سرعت  $0.8 \text{ mL/min}$  جریان داشت. دمای انژکتور  $280^\circ\text{C}$ ، حالت تزریق بدون تقسیم و حجم تزریق  $1 \mu\text{L}$  بود. در ادامه، دمای انژکتور روی  $280^\circ\text{C}$  حفظ شد.  $100^\circ\text{C}$  دمای اولیه آن بود که  $1 \text{ min}$  حفظ شد و سپس سرعت رمپ دما روی  $20^\circ\text{C/min}$  تا  $300^\circ\text{C}$  با نگهداشتن دما به مدت  $20 \text{ min}$  تنظیم شد. کل زمان اجرا  $21 \text{ min}$  بود. زمان ماند استاندارد داخلی و ترکیب هدف به ترتیب  $9/9 \text{ min}$  و  $10/2 \text{ min}$  بود. اندازه گیری AA در نمونه های انتخاب شده براساس حالت نظارت بر یون انتخاب شده (SIM) انجام شد.

#### عملکرد روش

منحنی کالیبراسیون از محلول استاندارد AA در محدوده  $20$  تا  $400 \text{ ng/g}$  در متانول ساخته شد. در این مطالعه حد کمیت (LOQ) و حد تشخیص (LOD) با استفاده از انحراف استاندارد پاسخ ( $\sigma$ ) و شیب منحنی کالیبراسیون (S) بر اساس معادلات ۱ و ۲ محاسبه شد:

$$LOQ = 3 \text{ LOD} \quad (1)$$

$$LOD = 3.3\sigma/S \quad (2)$$

و داده ها با استفاده از آزمون های آماری کروسکال والیس (Kruskal-Wallis test) و آزمون مقایسه های چندگانه دان (Dunn's test) بررسی شد. سطح معنی داری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

### یافته ها

میزان AA در نمونه های نان

جدول ۱ میزان AA را در تمام نمونه های نان نشان می دهد. مطابق یافته های موجود در این جدول، میانگین AA (بیشینه-کمینه) در تمام نمونه ها برابر  $170/4 \pm 80/8 \mu\text{g/kg}$  (۳۰۱/۴-۶۲/۶  $\mu\text{g/kg}$ ) بود.

میزان AA در نمونه های نان (لواش، سنگک و تافتون) به تفکیک

جدول ۱ میزان AA را در نمونه های نان به تفکیک نشان می دهد. مطابق این جدول، میانگین AA در نمونه های نان لواش، تافتون و سنگک به ترتیب برابر  $98/6 \pm 24/5$ ،  $142/6 \pm 52/1$  و  $270/0 \pm 21/14 \mu\text{g/kg}$  بود. بنابراین آلودگی نمونه های نان به صورت لواش > تافتون > سنگک بود. طبق نتایج آزمون کروسکال والیس اختلاف معنی داری در میزان میانگین AA در بین انواع مختلف نمونه های نان مشاهده شد ( $p < 0/05$ ).

توسط AA است، CSF مربوط به ضریب شیب سرطان زایی ۰/۵ (mg/kg.day) است که توسط USEPA توصیه شده است (۳). از لحاظ ثنوری، شاخص ضریب خطر (HQ) یک رویکرد ساده و انعطاف پذیر است که نسبت مواجهه بالقوه با AA به سطحی است که در آن هیچ عارضه جانبی پیش بینی نمی شود. وقتی  $THQ < 1$  هست، به این معنی است که ریسک سلامتی برای جمعیت انسانی قابل قبول است (۲۴).

برای تحلیل عدم قطعیت از شبیه سازی مونت کارلو از نرم افزار کریستال بال (Crystal Ball, Version 11.1.2.4.600, Oracle, Denver, CO, USA) استفاده شد. تنظیم تعداد مراحل شبیه سازی هنگام شروع شبیه سازی مهم است. برای اجرای شبیه سازی و تجزیه و تحلیل ریسک، تعداد مراحل شبیه سازی روی ۱۰۰۰۰ تنظیم شد، به این معنی که در مجموع ۱۰۰۰۰ مقدار در شبیه سازی برای هر یک از عوامل ریسک تولید شد.

تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری توسط بسته آماری SPSS نسخه ۱۸ (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) انجام شد. با توجه به نتیجه آزمون کولموگوروف-اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov) توزیع داده ها غیر نرمال بود

جدول ۱- نتایج آماری میزان AA در هر نان به تفکیک ( $\mu\text{g/kg}$ )

AA ( $\mu\text{g/kg}$ )	داده های آماری
$170/80 \pm 8/8$	انحراف معیار $\pm$ میانگین
۱۴۹/۵	میانه
۳۰۱/۴	بیشینه
۶۲/۶	کمینه
تمام نمونه های نان	
انواع نان	
$98/24 \pm 6/5$	انحراف معیار $\pm$ میانگین

ادامه جدول ۱- نتایج آماری میزان AA در هر نان به تفکیک ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )

AA ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	داده‌های آماری	
۱۰۳/۹	میانه	نان لواش
۱۲۳/۹	بیشینه	
۶۲/۶	کمینه	
۱۴۲/۵۲±۶/۱	انحراف معیار ± میانگین	
۱۳۷/۳	میانه	نان تافتون
۲۱۰/۷	بیشینه	
۸۵/۳	کمینه	
۲۷۰/۲۱±۰/۱۴	انحراف معیار ± میانگین	
۲۶۵/۰	میانه	نان سنگک
۳۰۱/۴	بیشینه	
۲۵۶/۲	کمینه	
	۰/۰۰۰	p

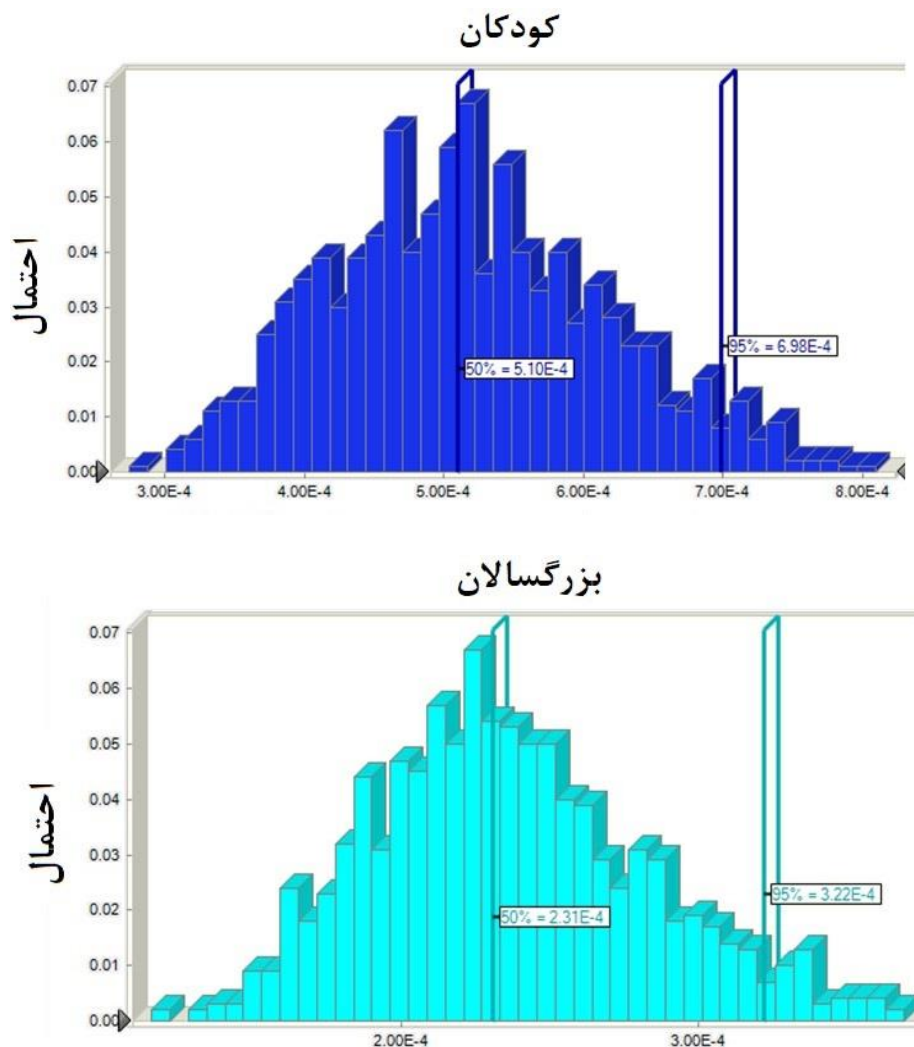
## ارزیابی ریسک

در این مطالعه از شبیه‌سازی‌های مونت کارلو برای ارزیابی ریسک سلامت انسان استفاده شد و ریسک AA ناشی از مصرف نمونه‌های نان‌های سنتی (لواش، تافتون و سنگک) عرضه شده در شهر تهران در کودکان و بزرگسالان محاسبه شد. روش مونت کارلو اغلب در ارزیابی ریسک تصادفی به کار می‌رود (۲۵). در این مطالعه از شبیه‌سازی‌های مونت کارلو برای ارزیابی عدم قطعیت مقدار ورودی، بررسی توزیع احتمال، مدل‌سازی میزان مواجهه و ارزیابی ریسک AA سرطان‌زا و غیرسرطان‌زا در نان استفاده شد. دریافت مزمن روزانه (CDI) غلظت AA از طریق مصرف نمونه‌های نان در جدول ۲ نشان داده شده است.

میزان دریافت مزمن روزانه (صدک ۵۰) AA نان‌های مسطح برای بزرگسالان و کودکان به ترتیب برابر با  $4/78 \times 10^{-4}$  و  $1/02 \times 10^{-3}$   $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{day}$  بود. نتیجه نشان داد که میزان مصرف روزانه کمتر از میزان مصرف روزانه قابل تحمل (TDI) برای سمیت عصبی  $40 \mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{day}$  بود (۳). شاخص خطر غیر سرطان‌زایی (THQ) (صدک ۵۰) برای بزرگسالان و کودکان (جدول ۲) به ترتیب برابر با  $2/36 \times 10^{-1}$  و  $5/13 \times 10^{-1}$  بود که نشان دهنده عدم وجود ریسک غیرسرطان‌زایی مرتبط با دریافت AA از نمونه‌های نان انتخاب شده بود. توزیع درصدی (percentile) شاخص خطر غیر سرطان‌زایی (THQ) ناشی از غلظت AA از طریق مصرف نمونه‌های نان در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- احتمال و فراوانی دریافت مزمن روزانه (CDI) شاخص ریسک غیر سرطان‌زایی (THQ) ناشی از غلظت AA

۵%	۵۰%	۷۵%	۹۵%	صدک	
$7/61 \times 10^{-4}$	$1/02 \times 10^{-3}$	$1/15 \times 10^{-3}$	$1/32 \times 10^{-3}$	کودکان	CDI(mg/kg.day)
$3/57 \times 10^{-4}$	$4/78 \times 10^{-4}$	$5/34 \times 10^{-4}$	$6/21 \times 10^{-4}$	بزرگسالان	
$3/72 \times 10^{-1}$	$5/13 \times 10^{-1}$	$5/77 \times 10^{-1}$	$7/08 \times 10^{-1}$	کودکان	THQ
$1/67 \times 10^{-1}$	$2/36 \times 10^{-1}$	$2/69 \times 10^{-1}$	$3/25 \times 10^{-1}$	بزرگسالان	

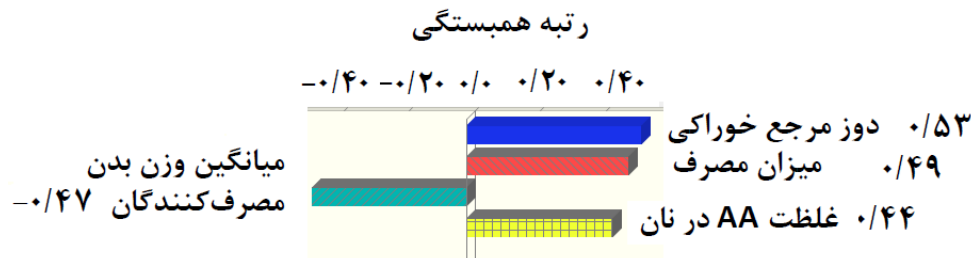


شکل ۱- احتمال و فراوانی ریسک سرطان‌زایی ناشی از غلظت AA

AA از نان است. بنابراین، ریسک اثرات سرطان‌زای سلامتی قابل توجه است ( $< 1 \times 10^{-4}$ ).

تجزیه و تحلیل حساسیت کمی ILCR ناشی از دریافت AA در نان نشان داد که رتبه همبستگی، دوز مرجع خوراکی (۰/۵۳)، میانگین وزن بدن مصرف‌کنندگان (۰/۴۷)، میزان مصرف (۰/۴۹) و غلظت AA در نان (۰/۴۴) به عنوان پارامترهای تأثیرگذار در ارزیابی ریسک سلامتی ناشی از مواجهه با AA در نان، بر اساس شبیه‌سازی مونت کارلو (شکل ۲) بودند.

ILCR برای بزرگسالان و کودکان در شکل ۱ نشان داده شده است. ILCR بزرگتر از  $1 \times 10^{-4}$  مضر با خطر قابل توجه سرطان‌زایی به دلیل آلودگی در نظر گرفته می‌شود، در حالی که ILCR کمتر از  $1 \times 10^{-6}$  ناچیز با خطر ناچیز سرطان‌زایی در نظر گرفته می‌شود (۳). ترتیب ریسک سرطان‌زایی ناشی از شاخص ILCR (صدک ۵۰) AA در صدک ۵۰، برای بزرگسالان و کودکان به ترتیب برابر با  $2/31 \times 10^{-4}$  و  $5/10 \times 10^{-4}$  بود که نشان دهنده وجود خطرات بهداشتی مرتبط با دریافت



شکل ۲- نتایج آزمون حساسیت برای ILCR ناشی از غلظت AA موجود در نان

جانبی این واکنش است و به ویژه در دماهای بالای پخت نان تولید می‌شود). ۲) دما و زمان پخت (افزایش دما و زمان پخت نان می‌تواند منجر به افزایش تشکیل AA شود. به‌طور کلی، هر چه دما بالاتر و زمان پخت بیشتر باشد، احتمال تولید AA نیز بیشتر است). ۳) ترکیبات اولیه (نوع آرد و مواد اولیه مورد استفاده در تهیه نان احتمالاً تأثیر زیادی بر میزان AA داشته است. آردهایی که غنی از قندهای ساده یا آمینواسیدها هستند، احتمال تولید AA را افزایش می‌دهند). ۴) روش‌های پخت (روش‌های مختلف پخت، مانند پخت در فر یا بر روی سنگ، می‌توانند تأثیر متفاوتی بر تشکیل AA داشته باشند. روش‌هایی که حرارت مستقیم بیشتری را اعمال می‌کنند، معمولاً منجر به تولید بیشتر این ترکیب می‌شوند). ۵) رطوبت (میزان رطوبت موجود در خمیر نان نیز می‌تواند بر تشکیل AA تأثیر بگذارد. در شرایط با رطوبت پایین، احتمال تولید AA بیشتر است).

## بحث

از آنجایی که سطح استاندارد اتحادیه اروپا برای AA در نان  $50-80 \mu\text{g/kg}$  است (۲۱) بنابراین میانگین آلودگی AA در تمامی نمونه‌ها بالاتر از استانداردهای موجود بوده است. تحلیل خطرات سلامتی AA بررسی شده در نان‌ها نشان داد که یک خطر جدی سرطان‌زا برای بزرگسالان و کودکان وجود دارد. توصیه می‌شود یافته‌های ارزیابی خطر سلامتی و جزئیات مرتبط با AA در الگوهای غذایی در داده‌های نظارت بر مواد غذایی که با دقت برنامه‌ریزی شده‌اند، گنجانده شود.

AA در نان و سایر مواد غذایی به دلیل چندین عامل و فرآیند شیمیایی به وجود می‌آید. دلایل اصلی وجود AA در نان عبارتند از: ۱) واکنش مایلارد (Maillard Reaction) (این واکنش بین قندها و آمینواسیدها در دماهای بالا رخ می‌دهد و باعث تغییر رنگ و طعم نان می‌شود. AA یکی از محصولات

(۷). در مطالعه دیگری در کشور ترکیه توسط *Alpozen* و همکاران میزان میانگین AA در نمونه های نان گندم برابر  $28/97 \mu\text{g}/\text{kg}$  بود (۲۹). در مطالعه دیگری توسط *Eslamizad* و همکاران در ایران، میزان AA در انواع نان سنگک برابر  $24/4 \text{ ng}/\text{g}$  بود (۲۶). در ایران، مطالعه دیگری توسط *Norouzi* و همکاران نشان داد که میزان AA در انواع نان های بررسی شده بین  $165/62$  تا  $289/72 \mu\text{g}/\text{kg}$  بوده است (۱۶). در مطالعه دیگری توسط *Sadeghi* و همکاران میزان میانگین AA در نان سنگک و نان همبرگر موجود در ایران به ترتیب برابر  $139/3$  و  $40/9 \mu\text{g}/\text{kg}$  بود (۱۰). در مطالعه دیگری بر روی نان های سنگک موجود در ایران توسط *Dastmalchi* و همکاران میانگین میزان AA برابر  $135/06 \mu\text{g}/\text{kg}$  بود (۱۴). همچنین در مطالعه دیگری در ایران میزان AA در انواع نان های لواش، تافتون، سنگک و بربری (با روش *SPME*) توسط *Motaghi* و همکاران بررسی شد که میانگین AA در نمونه های یاد شده به ترتیب برابر  $146$ ،  $86$  و  $135 \mu\text{g}/\text{kg}$  بود (۱۵).

کودکان به دلیل ویژگی های فیزیولوژیکی خاص خود، از جمله میزان متابولیسم بالاتر، سطح پایین تر آنزیم های سم زدایی و دوره رشد سریع تر، بیشتر در معرض خطر AA قرار دارند. در مقایسه با بزرگسالان، سیستم های متابولیک و ایمنی کودکان هنوز در حال توسعه هستند، که می تواند منجر به افزایش حساسیت آنها به مواد شیمیایی مضر مانند AA شود. همچنین، مصرف نسبتاً بالای غذا نسبت به وزن بدن در کودکان، به ویژه غذاهای حاوی AA مانند نان، خطرات بیشتری را برای آنها به همراه دارد. این عوامل ترکیبی می تواند تأثیرات منفی این ترکیب را بر روی رشد و توسعه مغز کودکان تشدید کند (۱۶، ۲۷، ۲۸).

مطالعات متعددی میزان مصرف روزانه AA را بررسی کرده اند، اما به دلیل تغییرات در سطوح AA، عادات مصرف، میزان مصرف و غلظت های موجود در مواد غذایی رایج، نتایج ثابتی به دست نیامده است. به عنوان مثال، میانگین میزان مصرف

(۶) نوع و مقدار افزودنی ها (برخی از افزودنی های غذایی مانند نمک، شکر و دیگر مواد نگهدارنده می توانند بر روی تشکیل AA تأثیر بگذارند. به عنوان مثال، استفاده از شکر در تهیه خمیر ممکن است موجب افزایش تولید AA شود). با توجه به این عوامل، کنترل شرایط پخت و انتخاب مواد اولیه مناسب می تواند به کاهش میزان AA در نان کمک کند (۱۰، ۱۵، ۱۶، ۲۶-۲۸).

وجود آلودگی AA بیشتر در نان های سنگک نسبت به نان های تافتون و لواش، احتمالاً به چندین عامل مرتبط است. نان سنگک معمولاً در دماهای بالاتر و با زمان پخت طولانی تر تهیه می شود که این شرایط موجب افزایش واکنش مایلارد و در نتیجه تولید AA بیشتر می شود. همچنین، ضخامت بیشتر خمیر در نان سنگک باعث می شود که حرارت به طور یکنواخت تر و عمیق تر نفوذ کند، که می تواند به تشکیل بیشتر AA منجر شود. از سوی دیگر، نان تافتون و لواش معمولاً نازک تر هستند و زمان پخت کمتری دارند، بنابراین احتمال تولید AA در آنها کمتر است. همچنین، نوع آرد و مواد اولیه مورد استفاده در تهیه این نان ها نیز احتمالاً تأثیرگذار است و به طور کلی، نان های با قند و پروتئین بالاتر، پتانسیل بیشتری برای تولید AA دارند (۱۰، ۱۴-۱۶، ۲۶).

در مطالعه ای در سوریه میزان AA در نان توسط *Alyousef* و همکاران بررسی شد و نتایج نشان داد میزان میانگین AA از  $119$  تا  $263 \mu\text{g}/\text{kg}$  متفاوت بود (۱۲). در کره جنوبی، مطالعه ای توسط *Kim* و همکاران بر روی نان انجام شد و میزان میانگین AA  $33 \mu\text{g}/\text{kg}$  بود (۲۸). در مطالعه *Jesus* و همکاران در کشور پرتغال میزان میانگین AA در نان برابر  $787 \mu\text{g}/\text{kg}$  بود (۲۷). در مطالعه *Boyacı Gündüz* و همکاران در ترکیه، میزان AA در انواع نان از جمله نان گندم سفید، نان گندم سنگی، نان سبوس گندم، نان چاودار، نان سبوس دار و نان سبوس دار بررسی شد و نتایج نشان داد که محتویات AA در نان ها از زیر حد تعیین کمیت تا  $695 \mu\text{g}/\text{kg}$  و میانگین محتوای AA  $225 \mu\text{g}/\text{kg}$  بود

آمده از مطالعه حاضر، ترتیب میانگین AA در نمونه‌ها به صورت نان سنگک-نان تافتون-نان لواش بود که میزان میانگین AA در نمونه‌های نان بالاتر از استانداردهای اتحادیه اروپا بوده است ( $50-80 \mu\text{g/kg}$ ). با توجه به میانگین مقادیر غلظت AA در انواع نان‌های مسطح و مقادیر ILCR برآورد شده، احتمال کمی برای بروز سرطان وجود دارد و نیاز به نظارت‌های بیشتر در تمامی مراحل تولید نان وجود دارد. از جمله محدودیت‌های مطالعه حاضر، کمبود منابع مالی و همچنین محدودیت‌های روش‌شناختی بود. به عنوان مثال، عدم تنوع کافی در نمونه‌گیری، عدم کنترل دقیق بر شرایط تولید و ذخیره‌سازی نان و همچنین استفاده از تکنیک‌های تحلیلی ممکن است بر دقت نتایج تأثیر گذاشته باشد. بنابراین پیشنهاد می‌شود در آینده تمامی محصولات آردی و با پایه غلات مورد ارزیابی و سنجش این آلاینده قرار گیرند و استاندارد هم برای آنها در ایران تدوین شود. همچنین پیشنهاد می‌شود تأثیر دما، رطوبت و زمان پخت نیز در میزان تشکیل AA در انواع نان مورد بررسی قرار گیرد.

### ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. کد اخلاق به شماره IR.SHMU.REC.1403.014 از دانشگاه علوم پزشکی شاهرود بوده است.

### تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل (بخشی از) طرح تحقیقاتی با عنوان "بررسی تأثیر افزودنی‌های مختلف بر روی میزان تشکیل آکریلامید در ته دیگ نانی: ارزیابی ریسک سرطان‌زایی در کودکان و بزرگسالان" مصوب دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی شاهرود در سال ۱۴۰۳ با کد ۱۴۰۲۰۰۰۸۵ است که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی

غذایی در زاین در بین افراد ۴۰ تا ۶۹ ساله  $0.068 \text{ mg/kg}$  وزن بدن در روز بود (۳۰)؛ در ایران در بین افراد ۱۱ تا ۱۷ ساله ایرانی  $0.051 \text{ mg/kg}$  وزن بدن در روز بود (۴)، در یک اسپانیایی  $0.0053 \text{ mg/kg}$  وزن بدن در روز بود (۳۱)، در فرانسه  $0.0043 \text{ mg/kg}$  وزن بدن در روز برای بزرگسالان بود (۳۲). این مطالعه از شبیه‌سازی مونت کارلو برای ارزیابی عدم قطعیت در مقادیر ورودی، تجزیه و تحلیل توزیع احتمال شبیه‌سازی مواجهه و ارزیابی ریسک غیر سرطان‌زا و سرطان‌زا استفاده کرد. در همین راستا، Yazdanpanah و همکاران، ارزیابی خطر بهداشتی AA مرتبط با مصرف نان در ایران را ارزیابی کردند. طبق ارزیابی ریسک بهداشتی، شاخص‌های ریسک سرطان‌زایی و غیر سرطان‌زایی برای AA مضر و دارای ریسک بهداشتی قابل توجهی برای همه مردم تهران و شیراز بودند (۳۳).

برای کاهش AA در نان، نانوائی‌ها می‌توانند از چندین راهکار عملی استفاده کنند که شواهد اثربخشی آنها در مطالعات مختلف تأیید شده است. یکی از این روش‌ها، کاهش دما و زمان پخت است؛ به‌طور خاص، پخت نان در دماهای پایین‌تر (زیر  $200^\circ\text{C}$ ) و کاهش زمان پخت می‌تواند به میزان قابل توجهی از تشکیل AA جلوگیری کند. همچنین، استفاده از مواد اولیه با محتوای قند کمتر، مانند آردهای با کیفیت بالاتر و کم کربوهیدرات و افزودن مواد افزودنی مانند اسید سیتریک یا عصاره‌های گیاهی (مانند زردچوبه) می‌تواند به کاهش سطح AA کمک کند. ملاحظات عملی برای نانوائی‌های سنتی و صنعتی شامل آموزش کارکنان در مورد تکنیک‌های پخت بهینه و استفاده از تجهیزات مناسب برای کنترل دما و زمان پخت است تا به حفظ کیفیت نان و کاهش خطرات بهداشتی کمک شود.

### نتیجه‌گیری

هدف از مطالعه حاضر بررسی میزان AA در نمونه‌های نان‌های موجود در نانوائی‌های تهران بوده است. مطابق نتایج بدست

## References

1. Mirzaei S, Ahmadi M, Shariatifar N, Ariaii P. Extraction and measurement of phthalate acid esters in milk using carbon nanotube magnetized with iron oxide and through GC-MS device. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2023;16(2):229-44 (in Persian).
2. Sharifiarab G, Ahmadi M, Shariatifar N, Ariaii P. Measurement of polycyclic aromatic hydrocarbons in canned fish using multi-walled magnetized carbon nanotube and solid phase extraction method. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2023;16(1):53-68 (in Persian).
3. Aghvami M, Mohammadi A, Khaniki GJ, Ahmadi M, Moazzen M, Arabameri M, et al. Investigation of cocoa and cinnamon effect on acrylamide formation in cakes production using GC/MS method: A risk assessment study. *Food Chemistry: X*. 2023;18:100629.
4. Mousavi Khaneghah A, Fakhri Y, Nematollahi A, Seilani F, Vasseghian Y. The concentration of acrylamide in different food products: a global systematic review, meta-analysis, and meta-regression. *Food Reviews International*. 2022;38(6):1286-304.
5. Saleh SI, El Okazy AM. Assessment of the mean daily dietary intake of acrylamide in alexandria. *The Journal of the Egyptian Public Health Association*. 2007;82(3-4):331-45.
6. Stadler RH, Gokmen V. Acrylamide formation mechanisms. In: Gokmen V, editor. *Acrylamide in food*. Cambridge: Academic Press; 2024. p. 1-17.
7. Boyacı Gunduz CP, Cengiz MF. Acrylamide contents of commonly consumed bread types in Turkey. *International Journal of Food Properties*. 2015;18(4):833-41.
8. Gazi S, Tas NG, Gorgulu A, Gokmen V. Effectiveness of asparaginase on reducing acrylamide formation in bakery products according to their dough type and properties. *Food Chemistry*. 2023;402:134224.
9. Matthys C, Bilau M, Govaert Y, Moons E, De Henauw S, Willems J. Risk assessment of dietary acrylamide intake in Flemish adolescents. *Food and Chemical Toxicology*. 2005;43(2):271-78.
10. Sadeghi E, Yeganeh S, Shoeibi S, Amirahmadi M, Karami F, Sharafi K. Determination of acrylamide in traditional and industrial breads: A case study: Tehran, Iran. *International Journal of Pharmacy and Technology*. 2016;8(2):12881-92.
11. Hoseini Majd S, Shahidi SA, Shariatifar N, Ahmadi M, Sharifi Soltani M. Evaluation of the amount of acrylamide formation in crackers and wafers. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2024;17(3):581-94 (in Persian).
12. Alyousef HA, Wang H, Al Hajj NQM, Koko MY. Determination of acrylamide levels in selected commercial and traditional foods in Syria. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. 2016;15(6):1275-81.
13. Basaran B, Cuvalcı B, Kaban G. Dietary acrylamide exposure and cancer risk: A systematic approach to human epidemiological studies. *Foods*. 2023;12(2):346.
14. Dastmalchi F, Razavi SH, Faraji M, Labbafi M. Effect of *Lactobacillus casei-casei* and *Lactobacillus*

- reuteri on acrylamide formation in flat bread and Bread roll. *Journal of Food Science and Technology*. 2016;53:1531-39.
15. Motaghi M, Seyedain Ardebili M, Honarvar M, Mehrabani M, Baghizadeh A. Determination of acrylamide in selected types of Iranian breads by SPME technique. *Journal of Food Biosciences and Technology*. 2012;2:57-64.
16. Norouzi E, Kamankesh M, Mohammadi A, Attaran A. Acrylamide in bread samples: Determining using ultrasonic-assisted extraction and microextraction method followed by gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Cereal Science*. 2018;79:1-5.
17. Normandin L, Bouchard M, Ayotte P, Blanchet C, Becalski A, Bonvalot Y, et al. Dietary exposure to acrylamide in adolescents from a Canadian urban center. *Food and Chemical Toxicology*. 2013;57:75-83.
18. Williams J. Influence of variety and processing conditions on acrylamide levels in fried potato crisps. *Food Chemistry*. 2005;90(4):875-81.
19. Javedan G, Ghaffari HR, Heidarinejad Z, Zeraei N, Hoseinvandtabar S, Pourramezani F, et al. Concentration of potentially toxic elements in black tea imported to Iran: a potential risk assessment study. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2022;15(1):153-68 (in Persian).
20. Moazzen M, Mortazavian AM, Shariatifar N, Sohrabvandi S, Khanniri E, Khodaei SM. Measurement of toxic and essential metal in yogurt and kashk and risk assessment by Latin Hypercube method. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2025;18(1):39-58 (in Persian).
21. European Union. Establishing mitigation measures and benchmark levels for the reduction of the presence of acrylamide in food. Brussels: Official Journal of the European Union; 2017. Report No.:2017/2158.
22. Moazzen M, Arabameri M, Sohrabvandi S, Shariatifar N, Mortazavian AM, Khanniri E. The measurement of PAHs (Polycyclic aromatic Hydrocarbons) in ice cream and cream samples by MSPE (MWCNTs-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Ag)-GC/MS method: A risk assessment study. *Microchemical Journal*. 2025;213:113699.
23. National Nutrition and Food Technology Research Institute (NNFTRI). National report on the comprehensive study of household food consumption patterns and nutritional status in Iran. Tehran: Nutrition Research Group, NNFTRI; 2015 [cited 2026 Jan 10]. Available from: <https://nnftri.sbmu.ac.ir> (in Persian).
24. Seilani F, Shariatifar N, Nazmara S, Khaniki GJ, Sadighara P, Arabameri M. The analysis and probabilistic health risk assessment of acrylamide level in commercial nuggets samples marketed in Iran: effect of two different cooking methods. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*. 2021;19(1):465-73.
25. Hadian Z, Shariatifar N, Arabameri M, Moazzen M, Khaneghah AM. Risk assessment of metal exposure from nuts consumption in Iran using inductively coupled plasma optical emission spectroscopy (ICP-OES). *Journal of Agriculture and Food Research*. 2025;21:101865.
26. Eslamizad S, Kobarfard F, Tsitsimpikou C, Tsatsakis

- A, Tabib K, Yazdanpanah H. Health risk assessment of acrylamide in bread in Iran using LC-MS/MS. *Food and Chemical Toxicology*. 2019;126:162-68.
27. Jesus S, Delgado I, Rego A, Brandao C, Santos RG, Bordado J, et al. Determination of acrylamide in Portuguese bread by UPLC-MS/MS: Metrological and Chemometric tools. *Acta Imeko*. 2018;7(2):96-101.
28. Kim CT, Hwang ES, Lee HJ. An improved LC-MS/MS method for the quantitation of acrylamide in processed foods. *Food Chemistry*. 2007;101(1):401-09.
29. Alpozen E, Guven G, Ozdestan Ö, Uren A. Determination of acrylamide in three different bread types by an in-house validated LC-MS/MS method. *Acta Alimentaria*. 2015;44(2):211-20.
30. Liu R, Sobue T, Kitamura T, Kitamura Y, Ishihara J, Kotemori A, et al. Dietary acrylamide intake and risk of esophageal, gastric, and colorectal cancer: The Japan public health center-based prospective study. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*. 2019;28(9):1461-68.
31. Delgado Andrade C, Mesias M, Morales FJ, Seiquer I, Navarro MP. Assessment of acrylamide intake of Spanish boys aged 11–14 years consuming a traditional and balanced diet. *LWT-Food Science and Technology*. 2012;46(1):16-22.
32. European Union. Commission recommendation of 8 November 2013 on investigations into the levels of acrylamide in food. Brussels: Official Journal of the European Union; 2011. Report No.: 2013/647/EU.
33. Yazdanpanah H, Kobarfard F, Tsitsimpikou C, Eslamizad S, Alehashem M, Tsatsakis A. Health risk assessment of process-related contaminants in bread. *Food and Chemical Toxicology*. 2022;170:113482.



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

Original Article



## Measurement of acrylamide in traditional breads sold in Tehran: a health risk assessment study

Nabi Shariatifar<sup>1,2</sup>, Majid Arabameri<sup>2</sup>, Hanie Asghari<sup>3</sup>, Hossen Bahramzad<sup>3</sup>, Mojtaba Moazzen<sup>4</sup>, Mohammad Rouzbahani<sup>5</sup>, Gholamali Sharifiarab<sup>6,\*</sup>

- 1- Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
- 2- Food and Drug Research Center, Food and Drug administration, Ministry of Health and Medical Education, Tehran, Iran
- 3- Student Research Committee, Shahroud University of Medical Sciences, Shahroud, Iran
- 4- Department of Food Technology Research, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
- 5- Department of Food Science and Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition Science and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
- 6- Vice-Chancellor of Health, Shahroud University of Medical Sciences, Shahroud, Iran

### ARTICLE INFORMATION:

**Received:** 3 December 2025

**Revised:** 16 February 2026

**Accepted:** 22 February 2026

**Published:** 10 March 2026

**Keywords:** Acrylamide, Breads, Food exposure, Risk assessment

### ABSTRACT

**Background and Objective:** Bread is one of the most important foods in the world that may contain harmful compounds such as acrylamide (AA). The aim of the present study was to measure the levels of AA in three types of widely consumed Iranian bread (Sangak, Lavas, and Taftoon).

**Materials and Methods:** A total of 36 bread samples were randomly collected from 4 districts of Tehran. A derivatization method was used to prepare the samples, and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) was used to measure the amount of (AA). Carcinogenic risk assessment for the different types of flatbreads was performed using Monte Carlo simulation technique.

**Results:** The average ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) AA (maximum-minimum) in all bread samples was  $170.4 \pm 80.8$  (62.4-301.4). Also, the average AA in Lavash, Taftoon and Sangak bread samples was  $98.6 \pm 24.5$ ,  $142.6 \pm 52.1$  and  $270.0 \pm 21.14$   $\mu\text{g}/\text{kg}$ , respectively. The chronic daily intake (CDI) of AA (50th) from flatbread was at  $4.78 \times 10^{-4}$  mg/kg/day for adults and  $1.02 \times 10^{-3}$  mg/kg/day for children. On the other hand, the non-cancer hazard index (THQ) (50th) values were  $2.36 \times 10^{-1}$  and  $5.13 \times 10^{-1}$ , respectively. While the incremental lifetime cancer risk (ILCR) (50th) were  $2.31 \times 10^{-4}$  for adults and  $5.10 \times 10^{-4}$  for children.

**Conclusion:** The average AA in the samples was higher than the EU standard (50-80  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) level. Considering the average AA concentration values in bread types and the estimated ILCR values, there is a possibility of carcinogenic risk and further monitoring is needed at all stages of bread production.

**\*Corresponding Author:**

sharifi268@gmail.com

Please cite this article as: Shariatifar N, Arabameri M, Asghari H, Bahramzad H, Moazzen M, Rouzbahani M, et al. Measurement of acrylamide in traditional breads sold in Tehran: a health risk assessment study. Iranian Journal of Health and Environment. 2026;18(4):731-44.

