



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

مقاله پژوهشی

ارزیابی میزان تشکیل آکریل آمید در انواع کراکر و ویفر

سعید حسینی مجدا^۱، سیداحمد شهیدی^{۲*}، نبی شریعتی فر^۳، محمد احمدی^۱، مهدی شریفی سلطانی^۴

- ۱- گروه بهداشت مواد غذایی، واحد آیت الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران
- ۲- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آیت الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران
- ۳- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
- ۴- گروه بهداشت مواد غذایی، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران

چکیده

اطلاعات مقاله:

زمینه و هدف: غذای سالم، متشکل از اجزاء مفید برای سلامت مصرف‌کنندگان و عاری از مواد زیان‌بخش و مضر است. یکی از این مواد مضر، آکریل آمید (۲-پروپن آمید) است که خطر سرطان‌زایی آن به اثبات رسیده است. از جمله مواد غذایی که می‌تواند در حین فرآیند پخت آلوده به آکریل آمید شوند ویفر و کراکر (تردک) هستند. هدف مطالعه حاضر اندازه‌گیری میزان تشکیل آکریل آمید در انواع کراکر و ویفر است.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۲۰
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۷/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۱۱
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۹/۲۱

روش بررسی: در این مطالعه ۶۴ نمونه ویفر و کراکر (به‌صورت دو بار تکرار) آماده‌سازی گردید و پس از آماده‌سازی توسط دستگاه GC-MS مورد ارزیابی این آلاینده‌ها قرار گرفتند.

یافته‌ها: مطابق نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه، میزان میانگین \pm SD (حداقل-حداکثر) آکریل آمید در نمونه‌ها برابر $2/648 \pm 1/814$ mg/kg (۴/۵۰۵-۰/۱۳۲) بوده است. همچنین میزان میانگین \pm SD (حداقل-حداکثر) آکریل آمید در نمونه‌های ویفر برابر $3/369 \pm 1/735$ mg/kg (۴/۵۰۵-۰/۳۲۰) و در نمونه‌های کراکر برابر $1/446 \pm 1/161$ mg/kg (۲/۹۵۵-۰/۱۳۲) بوده است ($p=0/001$). ویفر کاکائویی با کرم کائو دارای بالاترین میزان آلودگی ($4/505 \pm 0/73$ mg/kg) در میان ویفرها و کراکر نمکی ترد ($2/955 \pm 0/63$ mg/kg) دارای بالاترین میزان آلودگی در میان نمونه‌های کراکر بوده است.

واژگان کلیدی: آکریل آمید، فراورده‌های بر پایه غلات، کراکر، ویفر، GC-MS

نتیجه‌گیری: از آنجایی که میزان میانگین آکریل آمید در انواع کراکر و ویفرهای مورد بررسی از استانداردهای اتحادیه اروپا بالاتر بوده است، لازم است که مطالعات بیشتری صورت گیرد و استانداردهای آکریل آمید در ایران تدوین شود تا کارخانه‌ها ملزم به رعایت بیشتر مقررات در این زمینه گردند.

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:

sashahidy@yahoo.com

sa.shahidi@iau.ac.ir

Please cite this article as: Hoseini Majd S, Shahidi S-A, Shariatfar 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.

مقدمه

غذای سالم، متشکل از اجزاء مفید برای سلامت مصرف‌کنندگان و عاری از مواد زیان‌بخش و مضر مانند استرهای فنالات، هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای، آکریل آمید و غیره است (۱-۴). آکریل آمید (۲-پروپین آمید) است که ترکیبی آلی، بدون بو، با قابلیت حلالیت بالا در آب و نقطه جوش ۱۹۲/۶ در فشار اتمسفر است. آکریل آمید، منومر پلی آکریل آمید است. این پلیمر مصارف مختلفی در صنعت دارد و سمی نیست. اما منومر آن به‌عنوان یک ماده سمی که سیستم‌های مختلف بدن را تحت تأثیر قرار می‌دهد شناخته شده است. این ماده در سال ۱۹۸۷ توسط مؤسسه بین‌المللی تحقیقات سرطان (IARC) یک سرطان‌زای احتمالی برای انسان معرفی شده است. در آوریل ۲۰۰۲، انجمن ملی صنایع غذایی سوئد و گروهی از دانشمندان دانشگاه استکهلم اعلام کردند که آکریل آمید طی آماده‌سازی غذا تشکیل می‌شود و در بسیاری از مواد غذایی که به‌صورت صنعتی و همچنین خانگی مورد فرآیند حرارتی قرار می‌گیرند به وجود می‌آید. در همان سال مشخص شد که تشکیل آکریل آمید، عمدتاً از اثر اسپارازین و ترکیبات کربنیلی در دمای بالا، طی واکنش‌های قهوه‌ای شدن میلارد (Maillard) رخ می‌دهد. مطالعات دیگری نشان داد که آکریل آمید در غذاهایی که در دمای بالای ۱۰۰ °C حرارت دیده‌اند، یافت می‌شود و در غذاهای با منشأ گیاهی بیشتر از حیوانی امکان بروز دارد (۵-۹).

پس از هضم، آکریل آمید از طریق لوله گوارشی جذب و به‌صورت وسیع متابولیزه می‌شود. متابولیسم این ماده از دو مسیر اصلی اپوکسیداسیون و ترکیب با گلوکاتایون رخ می‌دهد. آکریل آمید توسط سیتوکروم P450 2E1 به فرم اپوکسید گلاسید آمید متابولیزه می‌شود و ترکیب آکریل آمید و گلاسید آمید با گلوکاتایون به‌صورت مشتقات اسید مرکاپتوریک است که از طریق ادرار دفع می‌شود. گلاسید آمید در بررسی‌های آزمایشگاهی و همچنین موجود زنده، جهش‌زا شناخته شده است که عامل موتاژن و سرطان‌زای اصلی در

نظر گرفته می‌شود (۵، ۸، ۱۰-۱۲).

در حیوانات آزمایشگاهی پس از مواجهه غذایی و افزایش احتمالی موتاسیون ژنی، ایجاد تومور دیده می‌شود. بطوریکه در رت‌ها (غدد پستانی، بیضه و تیروئید) و در موش‌ها (غدد پستانی، شش، تخمدان، پوست و معده) مشاهده شده است. همچنین اثرات مضر بر سیستم عصبی، تکاملات قبل و بعد از تولدمثل و قدرت باروری جنس مذکر حیوانات دیده شده است. اما نتایج حاصله از مطالعات انسانی، شواهد متناقض و محدودی را از افزایش خطر توسعه سرطان (کلیه، اندومتريوم و تخمدان‌ها) نشان می‌دهد و علاوه بر آن، در دو مطالعه، ارتباط معکوس بین مواجهه غذایی با آکریل آمید و وزن هنگام تولد و سایر علائم رشد جنینی گزارش شده است (۱۰، ۱۳، ۱۴).

ویفر و کراکر از جمله خوراکی‌هایی است که بیشتر توسط کودکان و نوجوانان مصرف می‌شوند (۱۵، ۱۶). بر همین مبنا آلودگی‌های مختلف این مواد غذایی اهمیت زیادی دارند (۱۷-۱۹). از جمله مواد غذایی که می‌تواند در حین فرآیند پخت آلوده به آکریل آمید شوند ویفر و کراکر (تردک) هستند. ویفر یک بیسکویت ترد، اغلب شیرین، بسیار نازک، مسطح و سبک است که اغلب برای تزئین بستنی استفاده می‌شود و همچنین به‌عنوان چاشنی روی برخی از غذاهای شیرین استفاده می‌شود (۲۰). ویفرها را نیز می‌توان با طعم‌دهنده خامه‌ای که بین آنها ساندویچ شده به شکل کوکی درست کرد. تردک یا کراکر، گونه‌ای فراورده غذایی تنوری ترد و شکننده و گاهی کمی شور است که معمولاً از خمیر آرد برنج یا غلات و به‌طور انبوه تولید می‌شود. تردک‌ها مانند بیسکویت‌ها معمولاً ترد، نازک و کوچک هستند و عرض آنها کمتر از ۸ cm است. طعم‌دهنده‌هایی مانند نمک، سبزی، بذرهای گوناگون و پنیر به آنها زده می‌شود که ممکن است در خمیر آنها مخلوط شود یا پیش از پخت، روی آنها پاشیده شود. تردک‌ها شکل‌ها و انواع گوناگونی دارند. سوراخ‌هایی که روی آنها ایجاد می‌کنند مانند بیسکویت‌ها برای جلوگیری از

و نمونه‌های کراکر شامل ۳ نوع: نمکی، پنیری و سبزیجات بود که از سطح شهر تهران (در سال ۱۴۰۲) برداشته و مورد آزمایش قرار گرفتند. ۲ برند ویفر موجود در بازار انتخاب شد که از هر برند، ۵ نوع ویفر و از هر نوع ویفر ۲ عدد مورد آزمایش قرار گرفت. در خصوص کراکر نیز ۲ برند و از هر برند ۳ نوع کراکر و از هر نوع کراکر ۲ عدد مورد سنجش قرار گرفت. مجموع نمونه‌ها ۳۲ عدد بود که آزمایشات به صورت دو بار تکرار (مجموعاً ۶۴ نمونه) انجام شد.

مواد شیمیایی و مشخصات دستگاه GC-MS

از شرکت مرک، معرف‌هایی شامل هیدروکسید پتاسیم، اتانول (درجه تحلیلی)، اسید کلریدریک (HCl ۳۷ درصد)، هیدروژن فسفات دی پتاسیم، آکریل آمید (خلوص ۹۹/۹ درصد)، تتراکلر (برای انجام تجزیه و تحلیل GC)، هگزا فروسیانید پتاسیم (carrez I) و استات روی (carrez II)، خریداری شد. از شرکت سیگما آلد ریچ، استامید (خلوص $\leq 99\%$) و زانت هیدرول خریداری شد. دستگاه کروماتوگرافی گازی Agilent ۷۸۹۰ A همراه با آشکارساز انتخابی جرمی Agilent ۵۹۷۵ (MSD inert) ستون مورد استفاده شامل یک ستون مویرگی چابک HP-۵ (۵ درصد فنیل سیلوکسان / ۹۵ درصد متیل پلی ارگانوسیلوکسان؛ طول: $30\text{ m} \times 0.25\text{ mm} \times 0.25\text{ }\mu\text{m:df}$) به کار گرفته شد (۳). (۲۸)

روش تهیه محلول‌ها

برای تهیه محلول Carrez I، $10/6\text{ g}$ هگزا فروسیانید پتاسیم در آب مقطر (۱۰۰ mL) حل شد. محلول Carrez II با مخلوط کردن $21/9\text{ g}$ استات روی با اسید استیک (۳ mL) تهیه شد، سپس حجم آن با آب مقطر به ۱۰۰ mL تنظیم شد. محلول استاندارد اولیه آکریل آمید و استامید ($2000\text{ }\mu\text{g/mL}$) در متانول تهیه شد. برای به دست آوردن محلول کاری، محلول استاندارد اولیه با متانول رقیق شد. محلول‌های استوک و کار در دمای $4\text{ }^\circ\text{C}$ نگهداری شدند (۳).

حجم شدن آنها هنگام پخت است (۲۱-۲۳).

میزان استاندارد تعیین شده توسط اتحادیه اروپا برای آکریل آمید در بیسکویت و ویفر ۳۵۰ و برای کراکر $400\text{ }\mu\text{g/kg}$ است (۲۴).

Mojska و همکاران، Normandin و همکاران و نیز Rufian-Henares و همکاران میزان آکریل آمید را در کراکر بررسی و میزان آن را به ترتیب ۲۰۱۷-۵۶۶، ۱۰۴۰-۱۱۵ و $296\text{ }\mu\text{g/kg}$ -۳۰ گزارش نمودند (۷، ۲۵، ۲۶). همچنین Svensson و همکاران میزان آکریل آمید را در نمونه‌های ویفر بررسی و میزان آن را $296\text{ }\mu\text{g/kg}$ -۳۰ گزارش نمودند (۸).

با این توضیحات، از آنجایی که مصرف ویفر و کراکر در ایران و جهان زیاد است (سرانه مصرف سالانه بیسکویت در ایالات متحده، بریتانیا و کشورهای اروپای غربی بیش از 10 kg است (۲۷) که در آمارهای غیر رسمی میزان سرانه مصرف ایران نیز همین حدود بیان شده است) و همچنین به دلیل خطرات احتمالی آکریل آمید در این ماده غذایی، انجام این مطالعه ضروری به نظر رسید. هدف از این مطالعه بررسی میزان تشکیل آکریل آمید در انواع کراکر و ویفر با استفاده از روش GC-MS است.

مواد و روش‌ها

نوع مطالعه

نوع مطالعه توصیفی - مقطعی است.

مواد و استانداردها

تمامی مواد و استانداردها از شرکت مرک آلمان با خلوص آنالیتیکال تهیه شد.

روش تهیه نمونه‌ها

ویفرها و کراکرها از دو برند پرمصرف انتخاب شدند. نمونه‌های ویفر شامل انواع ویفر (ویفر پرتغالی، ویفر نارگیلی، ویفر ساده با کرم کاکائویی، ویفر کاکائویی با کرم کاکائویی و ویفر موزی)

آماده‌سازی نمونه

هر نمونه به‌درستی پودر شد. ۱ g از نمونه‌ها وزن شده و ۱۰ mL محلول هیدروکسید پتاسیم (KOH) در اتانول به نمونه‌ها اضافه شد و به مدت ۵ min با سرعت ۴۰۰۰ rpm سانتریفیوژ شد. فاز بالایی جدا شد. پس از آن ۱ mL محلول Carrez I و Carrez II به رسوب پروتئین و کربوهیدرات اضافه شد. نمونه‌ها کاملاً هم زده شدند و سپس به مدت ۲۰ min با دور ۵۰۰۰ rpm سانتریفیوژ شدند. سپس ۲۰۰ µL استامید و ۶۰ µL زانتیدرول به محلول اضافه شد. نمونه به مدت ۳۰ min در دمای محیط (۲۵ °C) نگهداری شد و سپس ۲ mL اسید کلریدریک به آن اضافه شد. این فرآیند برای تکمیل قسمت مشتق سازی انجام شد. سپس ۲ mL K_2HPO_4 و ۱ mL (۲ M) KOH به محلول نمونه اضافه شد. پس از هم زدن محلول، pH در ۷/۲-۶/۸ تنظیم شد. محلول به مدت ۲۰ min با دور ۵۰۰۰ rpm سانتریفیوژ شد و سپس فاز بالایی جدا شد (۳).

در مرحله نهایی ۸۰ µL C_2Cl_4 و ۴۵۰ µL اتانول به نمونه محلول اضافه شد، سپس نمونه با سرعت ۵۰۰۰ rpm به مدت ۲۰ min سانتریفیوژ شد. فاز بالایی برداشته شد و ۱ µL از فاز رسوبی به GC-MS تزریق شد (۳).

شرایط GC-MS

گاز حامل هلیوم با سرعت جریان ۰/۸ mL/min بود. دمای انژکتور ۲۸۰ °C، حالت تزریق بدون تقسیم و حجم تزریق ۱ µL بود. دمای انژکتور روی ۲۸۰ °C نگهداشته شد. دمای اولیه آون ۱۰۰ °C بود و ۱ min در این دما نگه داشته شد و سپس سرعت رمپ دما روی ۲۰ °C/min تا رسیدن به دمای ۳۰۰ °C به مدت ۲۰ min تنظیم شد. کل زمان اجرا ۲۱ min بود. زمان ماند استاندارد داخلی و ترکیب هدف به ترتیب ۹/۹ و ۱۰/۲ min بود. اندازه‌گیری آکریل آمید در نمونه‌های انتخاب شده بر اساس

حالت نظارت بر یون انتخاب شده (SIM) انجام شد (۳، ۲۹).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

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 داده‌ها غیر نرمال بود و داده‌ها با استفاده از آزمون‌های آماری کروسکال والیس (Kruskal-Wallis test) و آزمون مقایسه‌های چندگانه دان (Dunn's test) بررسی شد. در ضمن سطح معناداری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

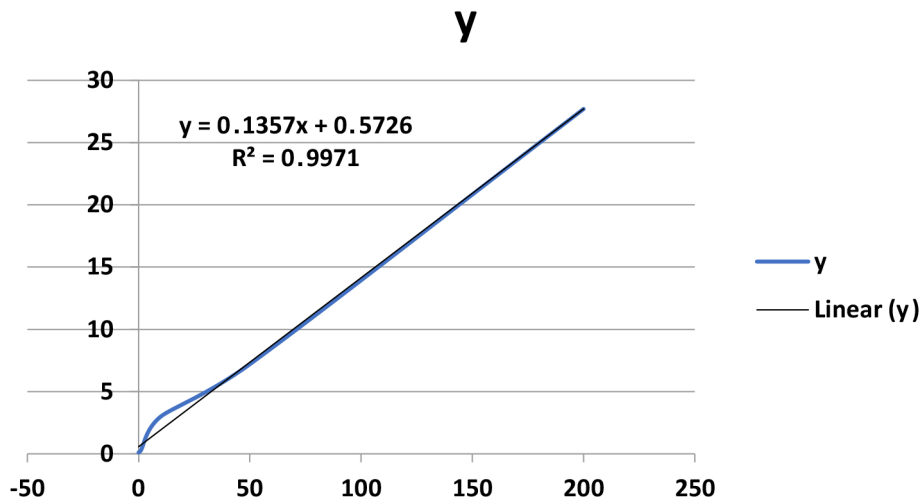
یافته‌ها

رسم کردن منحنی کالیبراسیون و اعتبارسنجی روش منحنی کالیبراسیون از محلول استاندارد آکریل آمید در محدوده ۰ تا ۲۰۰ µg/kg در متانول ساخته شد (نمودار ۱). حد کمیت (LOQ) و حد تشخیص (LOD) با استفاده از انحراف استاندارد پاسخ (σ) و شیب منحنی کالیبراسیون (S) بر اساس فرمول زیر محاسبه شد:

$$LOD = 3.3\sigma/S$$

$$LOQ = 3 LOD$$

میزان LOD و LOQ به ترتیب ۶۶ µg/kg و ۲۰ µg/kg بود. میزان بازیابی با اسپاک کردن سه نمونه واقعی آکریل آمید در محدوده ۱۰ تا ۵۰ µg/L تعیین شد. میزان بازیابی روش ۹۳ درصد بود. منحنی کالیبراسیون بین ۲۰ تا ۴۰۰ µg/g با ضریب همبستگی خطی (R²) ۰/۹۹۷۱ خطی تعیین شد. انحراف استاندارد نسبی (RSD) از طریق تجزیه و تحلیل شش آنالیت آکریل آمید تکراری تعیین شد و ۹/۷۲ درصد بود.



نمودار ۱- منحنی کالیبراسیون و معادله خط

میزان آکریل آمید در نمونه‌های ویفر و کراکر
جدول ۱، میزان آلودگی تمامی نمونه‌های ویفر و کراکر به
آکریل آمید را نشان می‌دهد. مطابق این جدول میزان میانگین

SD± (حداقل- حداکثر) آکریل آمید در تمامی نمونه‌های ویفر
و کراکر برابر $1/814 \pm 2/648$ mg/kg (در محدوده
 $0/132-4/505$ mg/kg) بوده است.

جدول ۱- میزان آکریل آمید در تمامی نمونه‌های ویفر و کراکر

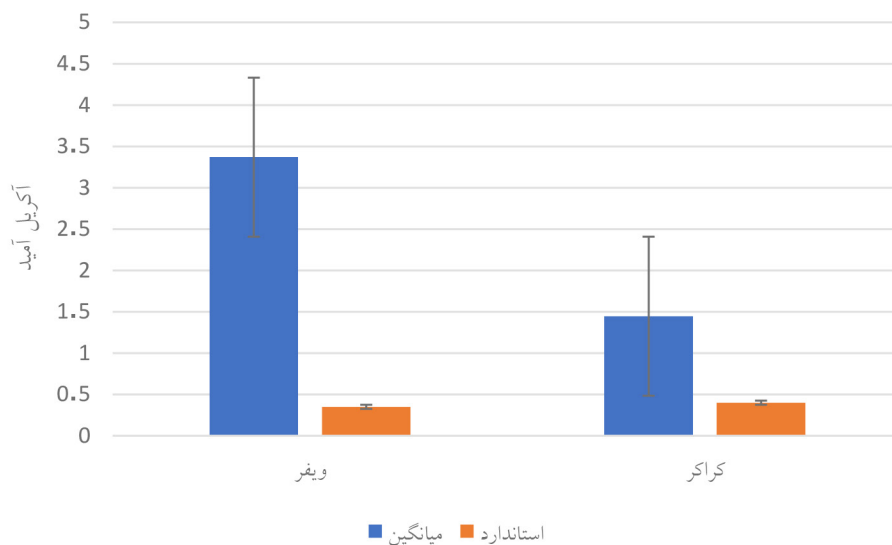
میزان آکریل آمید (mg/kg)	آنالیزهای آماری	نمونه‌های ویفر و کراکر
۳/۲۸۳	میان	تمامی نمونه‌های ویفر و کراکر (n=۶۴)
۲/۶۴۸	میانگین	
۴/۵۰۵	حداکثر	
۰/۱۳۲	حداقل	
۱/۸۱۴	انحراف استاندارد	

میزان آکریل آمید در نمونه‌های ویفر و کراکر به تفکیک
جدول ۲ میزان آکریل آمید در نمونه‌های ویفر و کراکر را به
تفکیک را نشان می‌دهد. مطابق این جدول میزان میانگین
SD± (حداقل- حداکثر) آکریل آمید در نمونه‌های
ویفر برابر $1/735 \pm 3/369$ mg/kg (در محدوده
 $0/320-4/505$ mg/kg) و در نمونه‌های کراکر برابر
 $1/161 \pm 1/446$ mg/kg (در محدوده $0/132-2/955$ mg/kg)

بوده است. این جدول نشان می‌دهد که میزان آلودگی کراکر
به آکریل آمید کمتر از ویفر است. همچنین نمودار ۲ مقایسه
میزان میانگین آکریل آمید در نمونه‌های مطالعه حاضر با
استاندارد اتحادیه اروپا را نشان می‌دهد. آزمون کروسکال
والیس نشان داد که تفاوت معناداری بین میزان
آکریل آمید در نمونه‌های ویفر و کراکر وجود
دارد ($p < 0/05$).

جدول ۲- میزان آکریل آمید در نمونه‌های ویفر و کراکر به تفکیک

میزان آکریل آمید (mg/kg)	آنالیزهای آماری	نمونه‌های ویفر و کراکر
۴/۲۰۰	میانه	نمونه‌های ویفر (n=۳۲)
۳/۳۶۹	میانگین	
۴/۵۰۵	حداکثر	
۰/۳۲۰	حداقل	
۱/۷۳۵	انحراف استاندارد	
۱/۲۵۱	میانه	نمونه‌های کراکر (n=۳۲)
۱/۴۴۶	میانگین	
۲/۹۵۵	حداکثر	
۰/۱۳۲	حداقل	
۱/۱۶۱	انحراف استاندارد	
۰/۰۰۳	معناداری نتایج (مقدار p)	



نمودار ۲- مقایسه میانگین مطالعه حاضر با استاندارد اتحادیه اروپا (mg/kg)

بودند. آزمون کروسکال والیس نشان داد که تفاوت معناداری در میزان آکریل آمید در بین نمونه‌های ویفر با درجه آزادی ۴ وجود دارد ($p < 0.05$). همچنین نتایج حاصل از آزمون‌های

مطابق جدول ۳ ویفر کاکائویی با کرم کاکائو دارای بالاترین میزان آلودگی ($4/505 \pm 0/735$ mg/kg) و ویفر نارگیلی دارای پایین‌ترین میزان آلودگی ($0/320 \pm 0/161$ mg/kg) در میان ویفرها

آلودگی بوده است. آزمون کروسکال والیس با درجه آزادی ۲ نشان داد که تفاوت معناداری در میزان آکريل آميد در بين نمونه‌های کراکر وجود دارد ($p < 0/05$). همچنين نتايج حاصل از آزمون‌های تعقيبي در مقايسه دو به دو (pairwise) حاکی از آن بود که فقط بين کراکر سبزيجات و کراکر نمکی ترد در غلظت آکريل آميد تفاوت معناداری وجود دارد ($p < 0/05$).

تعقيبي (Post hoc) در مقايسه دو به دو (pairwise) حاکی از آن بود که فقط بين ويفر کاکائویی و ويفر نارگيلي در غلظت آکريل آميد تفاوت معناداری وجود دارد ($p < 0/05$). مطابق جدول ۴ از ميان نمونه‌های کراکر نیز کراکر نمکی ترد دارای بالاترين ميزان آلودگی و کراکر سبزيجات ($0/132 \pm 0/06$ mg/kg) دارای پايين‌ترين ميزان

جدول ۳- ميزان آکريل آميد در انواع مختلف ويفر

آکريل آميد (mg/kg)	نمونه های ويفر با طعم های مختلف
۴/۲±۰/۵۹	ويفر پرتغالی
۰/۳۲±۰/۰۸	ويفر نارگيلي
۴/۲۱۲±۰/۶۴	ويفر ساده با کرم کاکائو
۴/۵۰۵±۰/۷۳	ويفر کاکائویی با کرم کاکائو
۳/۶۱±۰/۵۳	ويفر موزی
۰/۰۲۱	معناداری نتايج (مقدار p)

جدول ۴- ميزان آکريل آميد در انواع مختلف کراکر

آکريل آميد (mg/kg)	نمونه های کراکر با طعم های مختلف
۰/۱۳۲±۰/۰۶	کراکر سبزيجات
۲/۹۵۵±۰/۶۳	کراکر نمکی ترد
۱/۲۵۱±۰/۲۶	کراکر پنیری
۰/۰۲۳	معناداری نتايج (مقدار p)

بحث

با توجه به نتایج بدست آمده از این مطالعه و استاندارد اتحادیه اروپا (در بیسکویت و ویفر ۳۵۰ و برای کراکر ۴۰۰) میزان میانگین آکریل آمید در برخی از نمونه‌های این مطالعه بالاتر از استانداردهای موجود و در برخی از نمونه‌ها پایین‌تر از استاندارد بوده است.

Mojska و همکاران با روش (GCQ-MS/MS)، Normandin و همکاران (با روش LC/MS-MS) و نیز Rufian-Henares و همکاران (با روش LC-MS) میزان آکریل آمید را در کراکر بررسی و میزان آن را به ترتیب ۲۰۱۷-۵۶۶، ۱۰۴۰-۱۵ و ۲۹۶-۳۰ گزارش نمودند (۷، ۲۵، ۲۶) که در برخی از مطالعات بالاتر و در برخی نیز پایین‌تر از یافته‌های مطالعه حاضر بوده است. همچنین Svensson و همکاران میزان آکریل آمید را در نمونه‌های ویفر (با روش LC-MS-MS) بررسی و میزان آن را ۲۹۶-۳۰ گزارش کردند (۸) که پایین‌تر از نتایج مطالعه حاضر بوده است.

Aarabi و همکاران میزان آکریل آمید در بیسکویت را در ایران با روش GC-ECD مورد ارزیابی قرار داده و میزان آن را بین ۱۱۸/۳۳ تا ۵۲۶/۶۷ $\mu\text{g/kg}$ گزارش نمودند (۳۰).

Aghvami و همکاران در سال ۲۰۲۳ تأثیر دو افزودنی کاکائو و دارچین را بر میزان تولید آکریل آمید در کیک با روش GC-MS مورد بررسی قرار دادند و بیان کردند بیشترین کمترین میانگین غلظت آکریل آمید در بین نمونه‌ها به ترتیب مربوط به کیک دارچینی (۲۱۲/۲۸ ng/g) و نمونه کیک کاکائویی (۱۰/۱۴ ng/g) بوده است. غلظت آکریل آمید برای نمونه‌های بدون طعم، نمونه‌های کیک دارچینی و نمونه‌های کیک کاکائویی به ترتیب ۶۱/۸۶، ۲۱۲/۲۸-۱۶۹/۳۸ و ۴۴/۶۴-۱۰/۱۴ ng/g بوده (۳) که پایین‌تر از نتایج مطالعه حاضر بوده است.

Sharafi و همکاران میزان آکریل آمید را در چیپس سیب زمینی با روش HPLC-DAD مورد ارزیابی قرار دادند و بیان

کردند که قرار گرفتن کودکان در معرض آکریل آمید از طریق مصرف چیپس سیب زمینی در کرمانشاه می‌تواند خطری برای سرطان تلقی شود و قرار گرفتن در معرض بزرگسالان نیز نیازمند توجه و نظارت است (۳۱).

Karami و همکاران میزان آکریل آمید را در قهوه با روش GC-MS مورد ارزیابی قرار دادند و میزان آن را بین ۰/۵ تا ۴۴۰/۹ $\mu\text{g/kg}$ گزارش نمودند (۳۲).

Razia و همکاران، ۱۶ نمونه از کیک‌ها، بیسکویت و چیپس سیب‌زمینی رایج در بازار پاکستان را با روش GC-MS از نظر آکریل آمید مورد بررسی قرار دادند که نتایج به این صورت بود: کیک $0/15 \pm 35$ $\mu\text{g/kg}$ ، بیسکویت $52/3 - 507$ $\mu\text{g/kg}$ و چیپس سیب‌زمینی $27/1 - 1323$ $\mu\text{g/kg}$ (۳۳) که پایین‌تر از یافته‌های مطالعه حاضر بوده است.

Murkovic در استرالیا تعدادی از اقلام غذایی را برای آنالیز میزان آکریل آمید با روش HPLC مورد بررسی قرار داد که بیشترین میزان در سیب‌زمینی برشته (۱۵۰۰ ng/g) بود و سپس قهوه، چیپس سیب‌زمینی، کوکی‌ها، پاپ کورن و محصولات برنج و نان برشته (به ترتیب با ۱۶۹، ۱۶۱، ۹۹، ۹۷، ۶۹ ng/g) حاوی آکریل آمید بودند (۱۱) که پایین‌تر از نتایج مطالعه حاضر بوده است.

Chen و همکاران، ۱۲۳ نمونه را در ۱۵ گروه غذایی از نظر میزان آکریل آمید با روش LC/MS/MS مورد آزمایش قرار دادند. از بین تمام نمونه‌ها، ۱۱۵ نمونه با دامنه $4126/26 - 0/41$ $\mu\text{g/kg}$ حاوی آکریل آمید بودند که در ۳۴ مورد سطح آن بالاتر از $100 \mu\text{g/kg}$ بود. بیشترین مقادیر در غذاهای سرخ شده مانند سیب‌زمینی، خانواده میگو و پوسته برنج به ترتیب $602/27$ ، $341/4$ ، $201/51 \mu\text{g/kg}$ مشاهده شد (۳۴) که پایین‌تر از نتایج مطالعه حاضر بوده است.

Bent و همکاران در جامائیکا صد نوع غذای نشاسته‌ای سنتی و صنعتی را برای تعیین میزان آکریل آمید، با روش GC-MS مورد آنالیز قرار دادند. این نمونه‌ها شامل بیسکویت، غلات صبحانه، چیپس‌های موزی و غذاهای سنتی مثل نان

تماماً وارد واکنش می‌شود. نان‌های تست نشده گندم و چاودار به ترتیب (کمتر از ۵ و $7-23 \mu\text{g}/\text{kg}$) آکريل آميد دارند که پايين تر از نتايج مطالعه حاضر بوده است. دريافت اين ماده از نان تست نشده $2 \mu\text{g}/\text{kg}$ بوده که نسبتاً کم است ولی دريافت از نان تست چند برابر افزايش دارد (۱۴).

Hedegaard و همکاران، نشان دادند که افزودن ۱ درصد عصاره آبی رزماری همراه با 40 mg اسيد گالیک و افزودن روغن رزماری یا برگ خشک آن به خمير گندم ميزان آکريل آميد را به ترتیب تا ۶۲، ۶۷، ۵۷ درصد کاهش می‌دهد. آويشن کوهی اثر کمتری را در مقایسه با رزماری نشان داد. در اين مطالعه از روش LC-MS/MS برای ارزیابی ميزان آکريل آميد استفاده شد (۶).

Cheng و همکاران، اثر نارنجين را بر مدل‌های شيميایی در تشکيل آکريل آميد بررسی کردند و با وجود اثر آنتی‌اکسیدانی ضعيف اين فلاونويد، به‌طور مؤثری توسط واکنش با پيش سازه‌ها از تشکيل آکريل آميد جلوگیری شد. در اين مطالعه از روش HPLC و LC/MS-MS استفاده شد (۱۰).

Arribas-Lorenzo و همکاران، در خط توليد کوکی نشان دادند که ميزان و ترکیب بخش فنلی روغن زيتون بکر به‌طور چشمگیری تشکيل آکريل آميد را به‌ویژه در پخت با زمان زياد متأثر می‌کند. علاوه بر آن استفاده از روغن حساس به حرارت (آفتابگردان) ميزان آکريل آميد را افزايش می‌دهد و نتیجه گرفتند که محصولات اکسیداسيون لپيد باید فاکتور مهمی در تشکيل آکريل آميد محسوب شوند. در اين مطالعه از روش LC-MS برای ارزیابی استفاده شد (۳۶).

در سال ۲۰۱۰، Cheng و همکاران عصاره ۶ نوع میوه (سیب، بلوبری، جوز هندی، لانگون و دراگون) را در یک مدل شيميایی از گلوکز و آسپاراژين و حرارت 160°C و 30 min به منظور بررسی اثرشان در تشکيل آکريل آميد با روش HPLC-UV مورد آزمایش قرار دادند. آنها مشاهده کردند که عصاره سیب اثر ممانعت کننده و برخلاف آن میوه دراگون اثر تقويت کننده بر تشکيل آکريل آميد داشت و برای میوه‌های

میوه‌ای، کلوچه موزی و پای و پودینگ و ... بود. ميزان آکريل آميد در دامنه $(3640-65) \mu\text{g}/\text{kg}$ مشاهده شد و پای (کلوچه گوشت پیچ یا میوه دار) بالاترين مقدار آکريل آميد را داشت که در بين اين غذاها پرترفدارترین برای مردم آن منطقه محسوب می‌شود (۳۵) که در تعدادی از نمونه‌ها بالاتر و در تعدادی پايين تر از نتايج مطالعه حاضر بوده است.

Svensson اعلام کرد که دريافت آکريل آميد در جمعيت بزرگسال سوئدی $2300-30 \mu\text{g}/\text{kg}$ از غذاهایی مثل سبزمینی فراوری شده، نان، غلات، بیسکویت، کوکی‌ها، اسنک‌ها و قهوه است (که در تعدادی از نمونه‌ها بالاتر و در تعدادی پايين تر از نتايج مطالعه حاضر بوده است). آکريل آميد جذب شده از رژیم غذایی برای هر فرد در صدک پنجم، پنجاهم و نود و پنجم به ترتیب $9/1, 27, 62 \mu\text{g}/\text{kg}$ محاسبه شد که به‌طور متوسط $31 \mu\text{g}/\text{kg}$ از مواد غذایی آنالیز شده است. در اين مطالعه از روش LC-MS-MS برای اندازه گیری ميزان آکريل آميد استفاده شده بود (۸).

Rufian-Henares و همکاران، در اسپانيا ميزان آکريل آميد در بیسکویت و مشتقات نان را با روش LC-MS بررسی کردند. بیسکویت مقدار بالاتری از اين ماده را داشت که علت آن استفاده از بی کربنات آمونيم و نیز مقدار بالای ۵ درصد از فیبر خوراکی در فرمول بود؛ اما وقتی از پلی اول برای غنی‌سازی استفاده شد، آکريل آميد کاهش یافت. با توجه به درصد توزیع اين محصولات در اسپانيا، اطلاعات حاصل جهت تعیین جذب تغذیه‌ای آکريل آميد برای آن جامعه به‌منظور ارزیابی خطر مورد استفاده قرار گرفت که میانگين جذب تغذیه‌ای روزانه آکريل آميد از اين مواد $0/082 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ تعیین شد (۷).

Granby و همکاران در سال ۲۰۰۸ ارتباط بين ميزان آسپاراژين- آکريل آميد را در نان‌های گندم و چاودار پخته شده و تست شده (Toasted) با روش LC-MS/MS بررسی کرده و نشان دادند که به ترتیب ۱۲ درصد و ۸۲ درصد آسپاراژين موجود در آرد گندم و چاودار پس از تخمير و پخت در نان باقی می‌ماند. آسپاراژين موجود در نان گندم پس از تست شديد

دیگر اثر قابل ملاحظه‌ای یافت نشد (۵).

Li و همکاران، ظرفیت ۵ آنتی‌اکسیدان مختلف را در کاهش تشکیل آکریل آمید طی فراوری کوکی با روش LC-MS/MS ارزیابی کردند. برگ‌های بامبو، سدیم آریتروبات، پلی فنل‌های چای، ویتامین E و TBHQ هر یک جداگانه به فرمول کوکی افزوده شدند و میزان آکریل آمید را به ترتیب ۶/۴۹، ۹/۶۳، ۱/۷۱، ۱/۵۴ درصد کاهش دادند. افزودن ویتامین E به میزان ۱/۰۱ g/kg و برگ‌های بامبو به میزان ۲/۰۱ g/kg بالاترین نقش را در کاهش آکریل آمید داشته و در ارزیابی حسی نیز مطلوبیت قابل قبولی نشان دادند (۳۷).

Zaied و همکاران در مصر میزان آکریل آمید را در محصولات آردی سنتی اندازه‌گیری کردند و همچنین اثر دما و آنتی‌اکسیدان‌ها (دارچین و پوست مرکبات) را بر میزان آکریل آمید در بیسکویت با روش GC-MS مورد بررسی قرار دادند. در این آزمایش‌ها مشخص شد که نان سوخاری محلی بیشترین مقدار آکریل آمید (۸۰ µg/kg) را دارد که پایین‌تر از یافته‌های مطالعه حاضر بوده است. همچنین در بررسی اثر دما (۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ °C) به مدت ۲۰ min، کمترین مقدار آکریل آمید در دمای ۱۰۰ °C مشاهده شد که البته به دلیل رنگ روشن این محصول، قابل قبول مشتری نبود. برای هر درجه افزایش دما در همان زمان ۰/۰۷۴ µg/kg افزایش برای آکریل آمید محاسبه شد و استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های گیاهی اثر مشهودی در کاهش میزان این ماده نداشت. در این بررسی فقط یک دز نامشخص از آنتی‌اکسیدان‌ها استفاده شده بود، به‌علاوه بر اثر تخمیر و دمای به کار رفته در فرآوری، احتمال تخریب این آنتی‌اکسیدان‌های افزوده شده وجود دارد (۳۸).

بالاتر یا پایین‌تر بودن میزان آکریل آمید در مطالعات گذشته نسبت به مطالعه حاضر می‌تواند به دلایلی چون متفاوت بودن نوع ماده غذایی، شرایط آماده‌سازی، شرایط تولید آن ماده غذایی، مواد اولیه و افزودنی‌های مورد استفاده و نیز متفاوت بودن دما و زمان آماده‌سازی و غیره باشد که روی میزان تشکیل آکریل آمید موثر بوده است (۳، ۳۹-۴۱).

بالاتر بودن میزان آکریل آمید در نمونه‌های ویفر در مطالعه حاضر می‌تواند به دلایل مختلفی چون آلودگی مواد اولیه (آرد، شکر، بیکنینگ‌پودر و غیره)، آلودگی حین تولید به واسطه دمای پخت بالا، آلودگی توسط افزودنی‌ها (اسانس یا افزودنی‌ها) و حتی آلودگی منتقله از دستگاه‌ها و بسته‌بندی باشد. پایین‌تر بودن میزان آکریل آمید در کراکر نسبت به ویفر می‌تواند به دلیل رطوبت پایین‌تر کراکر و استفاده از مواد اولیه متفاوت (مانند شکر کمتر) و افزودنی‌های کمتر باشد. علاوه بر این ویفرها معمولاً یک مغزی هم دارند که می‌تواند دلیل بالاتر بودن آلودگی آنها باشد (۷، ۴۲-۴۴). از جمله محدودیت‌های مطالعه حاضر کمبود منابع مالی بوده است که مانع از بررسی تعداد نمونه‌های بیشتر با افزودنی‌های متنوع‌تر شده است.

نتیجه‌گیری

مطابق نتایج به دست آمده از مطالعه حاضر میزان میانگین آکریل آمید در نمونه‌های ویفر و کراکر بالاتر از استانداردهای اتحادیه اروپا بوده است. همچنین نتایج نشان داد که نمونه‌های ویفر نسبت به کراکر دارای میزان آلودگی بالاتری بوده است. همچنین ترتیب میزان میانگین آلودگی به آکریل آمید در نمونه‌های ویفر به صورت ویفر کاکائویی با کرم کاکائو < ویفر ساده با کرم کاکائو < ویفر پرتغالی < ویفر موزی < ویفر نارگیلی و برای نمونه‌های کراکر به صورت کراکر نمکی ترد < کراکر پنیری < کراکر سبزیجات بود. در نهایت پیشنهاد می‌شود در آینده تمامی محصولات آردی و با پایه غلات مورد ارزیابی و سنجش این آلاینده قرار گیرد، نظارت‌ها بر روی کارخانه‌های مواد غذایی بیشتر شود و استانداردی هم برای آنها در ایران تدوین شود.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از رساله با عنوان "ارزیابی تأثیر افزودنی‌های رایج بر میزان تشکیل آکریل آمید در نمونه‌هایی از بیسکویت، ویفر

و کراکر تولیدی ایران: ارزیابی ریسک سرطان‌زایی در کودکان و بزرگسالان" در مقطع دکترا در سال ۱۴۰۲ است که با حمایت دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت‌الله آملی اجرا شده است.

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. Abdi R, Ghorbani-HasanSaraei A, Raesi SN, Karimi F. A gallic acid food electrochemical sensor based on amplification of paste electrode by Cdo/CNTs nanocomposite and ionic liquid. *Journal of Medicinal and Chemical Sciences*. 2020;3(4):338-44.
5. Cheng KW, Shi JJ, Ou SY, Wang M, Jiang Y. Effects of fruit extracts on the formation of acrylamide in model reactions and fried potato crisps. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2010;58(1):309-12.
6. Hedegaard RV, Granby K, Frandsen H, Thygesen J, Skibsted LH. Acrylamide in bread. Effect of prooxidants and antioxidants. *European Food Research and Technology*. 2008;227:519-25.
7. Rufian Henares JA, Arribas Lorenzo G, Morales FJ. Acrylamide content of selected Spanish foods: survey of biscuits and bread derivatives. *Food Additives and Contaminants*. 2007;24(4):343-50.
8. Svensson K, Abramsson L, Becker W, Glynn A, Hellenäs KE, Lind Y, et al. Dietary intake of acrylamide in Sweden. *Food and Chemical Toxicology*. 2003;41(11):1581-86.
9. Azarashkan Z, Motamedzadegan A, Ghorbani HasanSaraei A, Rahaiee S, Biparva P. Improvement of the stability and release of sulforaphane-enriched broccoli sprout extract nanoliposomes by co-encapsulation into basil seed gum. *Food and Bioprocess Technology*. 2022;15(7):1573-87.
10. Cheng KW, Zeng X, Tang YS, Wu JJ, Liu Z, Sze KH, et al. Inhibitory mechanism of naringenin against carcinogenic acrylamide formation and nonenzymatic browning in Maillard model reactions. *Chemical Research in Toxicology*. 2009;22(8):1483-89.
11. Murkovic M. Acrylamide in Austrian foods. *Journal of Biochemical and Biophysical Methods*. 2004;61(1-2):161-67.
12. Raviv Y. *Falafel nation: Cuisine and the making of national identity in Israel*: U of Nebraska Press; 2015.

13. Fikry M, Khalifa I, Sami R, Khojah E, Ismail KA, Dabbour M. Optimization of the frying temperature and time for preparation of healthy falafel using air frying technology. *Foods*. 2021;10(11):2567.
14. Granby K, Nielsen NJ, Hedegaard RV, Christensen T, Kann M, Skibsted LH. Acrylamide–asparagine relationship in baked/toasted wheat and rye breads. *Food Additives and Contaminants*. 2008;25(8):921-29.
15. Nezhad HM, Shahidi SA, Bijad M. Fabrication of a nanostructure voltammetric sensor for carmoisine analysis as a food dye additive. *Analytical and Bioanalytical Electrochemistry*. 2018;10:220-29.
16. Sadeghi H, Shahidi SA, Raeisi SN, Ghorbani HasanSaraei A, Karimi F. Electrochemical determination of vitamin B6 in water and juice samples using an electrochemical sensor amplified with NiO/CNTs and Ionic liquid. *International Journal of Electrochemical Science*. 2020;15:10488-98.
17. Najjar Tabrizi R, Javadi A, Sharifan A, Chew KW, Lay CH, Show PL, et al. Hydrothermally extraction of saponin from *Acanthophyllum glandulosum* root–Physico-chemical characteristics and antibacterial activity evaluation. *Biotechnology Reports*. 2020;27:e00507.
18. Sahebkar A, Hosseini M, Sharifan A. Plasma-assisted preservation of breast chicken fillets in essential oils-containing marinades. *Lwt*. 2020;131:109759.
19. Shojaei M, Eshaghi M, Nateghi L. Characterization of hydroxypropyl methyl cellulose–whey protein concentrate bionanocomposite films reinforced by chitosan nanoparticles. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2019;43(10):e14158.
20. Mousavi SA, Nateghi L, Javanmard Dakheli M, Ramezan Y, Piravi Vanak Z. Maceration and ultrasound-assisted methods used for extraction of phenolic compounds and antioxidant activity from *Ferulago angulata*. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2022;46(3):e16356.
21. Arepally D, Reddy RS, Goswami TK, Datta AK. Biscuit baking: A review. *Lwt*. 2020;131:109726.
22. Manley D. *Biscuit, Cracker and Cookie Recipes for the Food Industry*: Elsevier; 2001.
23. Masoodi L, Bashir V. Fortification of biscuit with flaxseed: biscuit production and quality evaluation. *OSR Journal Of Environmental Science, Toxicology And Food Technology* 2012;1(2):06-09.
24. Juncker JC. Establishing mitigation measures and benchmark levels for the reduction of the presence of acrylamide in food. The European Commission. 2017 Nov; Report No.: 2017/2158.
25. Mojska H, Gielecińska I, Szponar L, Ołtarzewski M. Estimation of the dietary acrylamide exposure of the Polish population. *Food and Chemical Toxicology*. 2010;48(8-9):2090-96.
26. 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.
27. Hu X, Hu L, Zheng J, Rong J. Classification, processing procedures, and market demand of Chinese biscuits and the breeding of special wheat for biscuit making. *Journal of Food Quality*. 2022;2022(1):6679776.
28. Karimi F, Hamidian Y, Behrouzifar F, Mostafazadeh R, Ghorbani HasanSaraei A, Alizadeh M, et al. An applicable method for extraction of whole seeds protein and its determination through Bradford's method. *Food and Chemical Toxicology*. 2022:113053.
29. Azarashkan Z, Motamedzadegan A, Ghorbani HasanSaraei A, Biparva P, Rahaiee S. Investigation

- of the physicochemical, antioxidant, rheological, and sensory properties of ricotta cheese enriched with free and nano-encapsulated broccoli sprout extract. *Food Science & Nutrition*. 2022;10(11):4059-72.
30. Aarabi F, Seyedain Ardebili M. The effect of sugar type and baking condition on formation of acrylamide in industrial rotary moulded biscuit. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2020;14(4):2230-39.
31. Sharafi K, Kiani A, Massahi T, Mansouri B, Ebrahimzadeh G, Moradi M, et al. Acrylamide in potato chips in Iran, health risk assessment and mitigation. *Food Additives & Contaminants: Part B*. 2024;17(1):46-55.
32. Karami M, Akbari Adergani B, Jahed Khaniki G, Shariatifar N, Sadighara P. Determination and health risk assessment of acrylamide levels in instant coffee products available in Tehran markets by GC-MS. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*. 2022:1-10.
33. Razia S, Bertrand M, Klaus V, Meinolf G. Investigation of acrylamide levels in branded biscuits, cakes and potato chips commonly consumed in Pakistan. *International Food Research Journal*. 2016;23(5).
34. Chen YH, Xia EQ, Xu XR, Ling WH, Li S, Wu S, et al. Evaluation of acrylamide in food from China by a LC/MS/MS method. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2012;9(11):4150-58.
35. Bent GA, Maragh P, Dasgupta T. Acrylamide in Caribbean foods—residual levels and their relation to reducing sugar and asparagine content. *Food Chemistry*. 2012;133(2):451-57.
36. Arribas Lorenzo G, Fogliano V, Morales FJ. Acrylamide formation in a cookie system as influenced by the oil phenol profile and degree of oxidation. *European Food Research and Technology*. 2009;229:63-72.
37. Li D, Chen Y, Zhang Y, Lu B, Jin C, Wu X, et al. Study on mitigation of acrylamide formation in cookies by 5 antioxidants. *Journal of Food Science*. 2012;77(11):C1144-C49.
38. Zaied SAF, Elgammal H, Mahmoud NS. Effect of conditions and antioxidants on acrylamide content of biscuit. *International Journal of Scientific Engineering and Applied Science* (2016;2(3):224-34.
39. Çebi A. Acrylamide intake, its effects on tissues and cancer. In: Gkmen V, Ataç Mogol B, editors. *Acrylamide in food*. Elsevier; 2024. p. 65-93.
40. Gazi S, Taş NG, Görgülü A, Gökmen V. Effectiveness of asparaginase on reducing acrylamide formation in bakery products according to their dough type and properties. *Food Chemistry*. 2023;402:134224.
41. Kaur N, Halford NG. Reducing the risk of acrylamide and other processing contaminant formation in wheat products. *Foods*. 2023;12(17):3264.
42. Mesías M, Morales FJ, Delgado Andrade C. Acrylamide in biscuits commercialised in Spain: A view of the Spanish market from 2007 to 2019. *Food & Function*. 2019;10(10):6624-32.
43. Schouten MA, Tappi S, Glicerina V, Rocculi P, Angeloni S, Cortese M, et al. Formation of acrylamide in biscuits during baking under different heat transfer conditions. *LWT*. 2022;153:112541.
44. Žilić S, Aktağ IG, Dodig D, Filipović M, Gökmen V. Acrylamide formation in biscuits made of different wholegrain flours depending on their free asparagine content and baking conditions. *Food Research International*. 2020;132:109109.



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

Original Article



Evaluation of the amount of acrylamide formation in crackers and wafers

Saeed Hoseini Majd¹, Seyed-Ahmad Shahidi^{2,*}, Nabi Shariatifar³, Mohammad Ahmadi¹, Mahdi Sharifi Soltani⁴

1- Department of Food Hygiene, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran

2- Department of Food Science and Technology, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran

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

4- Department of Food Hygiene, Chalous Branch, Islamic Azad University, Chalous, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 10 July 2024

Revised: 28 September 2024

Accepted: 02 October 2024

Published: 11 December 2024

Keywords: Acrylamide, Grain-based products, Cracker, Wafer, GC-MS

ABSTRACT

Background and Objective: Healthy food consists of beneficial components for health consumer and is free of harmful substances. Acrylamide (2-propenamide), a known carcinogen, is one such harmful substance. Foods like wafers and crackers can become contaminated with acrylamide during the cooking process. The aim of the present study was to measure acrylamide formation in crackers and wafers.

Materials and Methods: In this study, 64 wafer and cracker samples were prepared (in duplicate), and evaluated for acrylamide content using a GC-MS device.

Results: According to the results, the mean \pm SD (minimum-maximum) acrylamide concentration in the samples was 2.648 ± 1.814 (0.132-4.505) mg/kg. The mean \pm SD (minimum-maximum) concentration of acrylamide in wafer samples was 3.369 ± 1.735 (0.320-4.505) mg/kg, while in cracker samples, it was 1.446 ± 1.161 (0.132-2.955) mg/kg ($p = 0.001$). Cocoa wafer with cocoa cream had the highest level of contamination among wafers (4.505 ± 0.73 mg/kg), and crispy salty cracker had the highest level of contamination among cracker samples (2.955 ± 0.63 mg/kg).

Conclusion: Since the average concentration of acrylamide exceeded European Union standards, further studies are warranted. Additionally, regulatory standards should be established in Iran to ensure factories adhere to stricter guidelines in this area.

*Corresponding Author:

sashahidy@yahoo.com

sa.shahidi@iau.ac.ir

Please cite this article as: Hoseini Majd S, Shahidi S-A, 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.

