مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

ارزیابی میزان آکریلامید در انواع روغن‌های خوراکی و فلافل‌های موجود در فست‌فودهای شهر تهران

فهیمه فرجی[۱]، سیداحمد شهیدی[۲*]، نبی شریعتی فر[۳]، محمد احمدی[۱]

۱- گروه بهداشت مواد غذایی، واحد آیت‌الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، مازندران، ایران

۲- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آیت ا... آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران

۳-گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱٤۰۳/٤/۳۱

تاریخ پذیرش: ۱٤۰۳/٦/۳۰

کلمات کلیدی:

آکریلامید،

ایمنی غذایی،

روغن‌های خوراکی،

فست‌فود،

فلافل.

DOI:10.22034/FSCT.22.158.201.

* مسئول مکاتبات:

sashahidy@yahoo.com
sa.shahidi@iau.ac.ir

چکیده

غذاهای سالم و عاری از آلودگی در حفظ سلامت بدن بسیار مؤثر هستند. ازجمله مواد غذایی که نیاز به نظارت دارد فلافل و روغن‌های خوراکی می‌باشد که می‌تواند آلوده به مواد خطرناکی مانند آکریلامید شوند. در این مطالعه از ۳ فست‌فود موجود در تهران نمونه‌های فلافل تهیه و نیز از فروشگاه‌های مواد غذایی ۳ نوع روغن خام رایج شامل روغن‌های آفتابگردان، سویا و کلزا در ۵ برند پرفروش انتخاب شدند که نمونه‌برداری به‌صورت رندوم انجام شد. که پس از آماده‌سازی توسط دستگاه GC-MS مورد ارزیابی این آلاینده‌ها قرار گرفتند. میانگین آکریلامید در نمونه‌های روغن برابر ۰/۰۲ ± ۰/۰۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود که پایین‌تر از استاندارد اتحادیه اروپا بود (برای سیب‌زمینی سرخ‌کرده ۵۰۰ میکروگرم بر کیلوگرم و برای نان ۱۰۰ میکروگرم بر کیلوگرم بوده است). از میان سه روغن خام انتخاب‌شده روغن سویا کمترین میزان آکریلامید (۰/۰۱±۰/۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و روغن آفتابگردان بالاترین میزان آکریلامید (۰/۰۳±۰/۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) را دارا بودند؛ و نیز میانگین میزان آکریلامید در فلافل ها برابر ۰/٥٦ ± ۱/۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بوده است که بالاتر از استانداردهای ذکر شده است. در نهایت با توجه به نتایج به دست آمده و ازآنجایی‌که میزان آلودگی به آکریلامید در فلافل‌های موجود در فست‌فودها کمی از استانداردها بالاتر است، ضروری است که نظارت‌های بیشتری در این زمینه صورت گیرد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-24]

[DOI: 10.22034/FSCT.22.158.201]

۱-مقدمه

روغن‌های خوراکی را معمولاً از چربی‌های نباتی یا حیوانی به دست می‌آورند. چربی‌های نباتی در دمای اتاق مایع‌اند. این نوع روغن‌ها را اغلب از گیاهان، مغز میوه، دانه گیاه و... تهیه می‌کنند. البته اغلب چربی‌های حیوانی در دمای اتاق به حالت جامدند و بنابراین نمی‌توان آن‌ها را جزو روغن به حساب آورد [۱]؛ اما برخی جانوران ازجمله ماهی، وال و برخی از حیواناتی که در آب‌وهوای سرد زندگی می‌کنند، چربی بدنشان به حالت روغن مایع می‌باشد [۲]. روغن‌های خوراکی، به‌طور کامل مضر نیستند و مصرف مناسب آن‌ها می‌تواند به بهبود وضعیت سلامت کمک کند [۳]. مصرف روغن‌های خوراکی مناسب می‌تواند در رشد سلول‌ها، بهبود عملکرد قلب و عروق، جذب مواد مغذی مؤثر، تقویت سیستم ایمنی بدن و بهبود سلامت مغز و اعصاب کمک کند. در واقعیت، برای جذب مواد مغذی مبتنی بر چربی‌ها مانند ویتامین‌های A، D، E و K و بتاکاروتن‌ها، بدن انسان به مصرف روغن نیاز دارد؛ بنابراین، انتخاب بهترین روغن‌های خوراکی برای برآورده کردن نیازهای بدن، برای متخصصان تغذیه بسیار مهم است. معمولاً از روغن برای سرخ کردن و پختن غذا استفاده می‌شود. گاهی به‌منظور نگهداری از مواد غذایی هم به آن‌ها روغن می‌زنند [٤, ٥].

فلافل توپ‌های سرخ‌شده از نخود پخته و ادویه‌جات است. یک گلوله ۱۷ گرمی فلافل تقریباً ٤٨ درصد چربی، ۳۸ درصد کربوهیدرات، ١٤ درصد پروتئین و همچنین حاوی عناصری مانند سدیم، کلسیم، آهن و پتاسیم است. فلافل یکی از غذاهای اصلی مردم فلسطین است و در خاورمیانه بسیار محبوب است. مصرف این غذا در جنوب ایران رایج است و امروزه به‌عنوان یک غذای آماده محبوب در دنیا مطرح است. فلافل انواع مختلفی مانند فلافل نخود و لوبیا، فلافل نخود با گوشت و فلافل نخود با سیب‌زمینی در کشورهای مختلف وجود دارد، اما آنچه رایج است بر پایه نخود و سبزی‌ها است [٦-٩].

غذای سالم، متشکل از اجزاء مفید برای سلامت مصرف‌کنندگان و عاری از مواد زیان‌بخش و مضر است [۱۰, ۱۱]. حضور مواد زیان‌بخش و مضر در مواد غذایی موجب بروز اختلال در سلامتی مصرف‌کنندگان می‌شود [۱۲, ۱۳]. تشخیص این مواد یکی از جنبه‌های مهم در پژوهش در صنعت غذا است [١٤, ١٥]. یکی از آن مواد مضر، آکریلامید (۲-پروپن آمید) است. آکریلامید یک ترکیب آلی و بی‌بو با حلالیت بالا در آب، وزن مولکولی ۷۱/۰۸، نقطه ذوب ۰/۳±٨٤/٥ درجه سانتی‌گراد و نقطه جوش (١٣٦ درجه سانتی‌گراد در ۳/۳ کیلو پاسکال / ۲۵ میلی‌متر جیوه) است. آکریلامید بیشتر در غذاهای غنی از کربوهیدرات، طی فرآیندی به نام واکنش میلارد بین کاهش کربوهیدرات هایی مانند (گلوکز) و اسیدهای آمینه (به‌ویژه آسپاراژین) تولید می‌شود. این ترکیب شیمیایی کاربردهای صنعتی گسترده‌ای دارد. می‌توان از آن در تصفیه آب و فاضلاب، فرآوری مواد معدنی و فرآوری کاغذ و خمیر استفاده کرد. آکریلامید همچنین در لوازم آرایشی به‌عنوان افزودنی کاربرد دارد [۸, ١٦, ١٧].

پس از مصرف مواد حاوی آکریلامید توسط موش‌ها، آکریلامید می‌تواند به‌سرعت از دستگاه گوارش حیوان جذب‌شده و در بافت های مختلف حیوانی توزیع شود. عمدتاً مسیرهای دو بیوشیمیایی برای متابولیسم آکریلامید وجود دارد. اول، می‌تواند به N-استیل--S(۳-آمینو-۳-

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-24]

[DOI: 10.22034/FSCT.22.158.201]

اکسوپروپیل) سیستئین توسط گلوتاتیون-S-ترانسفراز (GST) متصل شود یا در مسیر دیگری توسط کمپلکس آنزیمی سیتوکروم P450 (CYP450) ممکن است به گلیسیدامید تغییر یابد [۷, ۱۸, ۱۹].

پلی آکریلامید یک پلیمر غیر سمی است که کاربردهای مختلفی در صنعت دارد، اما مونومر آن (آکریلامید) به دلیل خواص سمی‌اش که بر اندام‌های مختلف انسان تأثیر می‌گذارد، معروف است. آکریلامید یک ترکیب سمی بالقوه با طیف گسترده‌ای از عوارض جانبی است. سمیت عصبی یکی از عوارض جانبی اصلی مواجهه با آکریلامید است. اثر نوروتوکسیک آن بر انسان و جوندگان به‌خوبی بررسی شده است. آکریلامید تمایز سلول‌های انسانی نوروبلاستوما و گلیوبلاستوم را مهار می‌کند. علائم نوروتوکسیک آکریلامید در انسان شامل آتاکسی، ضعف عضلات اسکلتی و کاهش وزن و انحطاط آکسون است. آکریلامید همچنین به‌عنوان یک عامل ژنوتوکسیک و سرطان‌زا توصیف می‌شود. گلیسیدامید به‌عنوان متابولیت اصلی آکریلامید مسئول اثرات سمیت ژنتیکی است. نشان داده شده است که قرار گرفتن DNA در معرض دوزهای مختلف آکریلامید، سرعت بالایی از آسیب DNA را به همراه دارد. برخی از مطالعات همچنین ارتباط بین سرطان سینه و قرار گرفتن در معرض طولانی مدت آکریلامید را پیشنهاد کردند. همچنین مطالعات مختلفی در مورد تأثیر آکریلامید بر روی سیستم ایمنی بدن وجود دارد. آکریلامید تعداد لنفوسیت‌ها را کاهش می‌دهد و منجر به ناهنجاری در غدد لنفاوی، تیموس و طحال می‌شود [۲۰-۲۳]. سطح استاندارد اتحادیه اروپا برای سیب‌زمینی سرخ‌کرده (آماده برای خوردن) ۰/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم و برای محصولات مبتنی بر گندم و چاودار ۰/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم است [۲۴].

روش‌های شناسایی آکریلامید در مواد غذایی شامل HPLC-MS/MS (طیف‌سنجی جرمی کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا)، LC-ESI-MS/MS (طیف‌سنجی جرمی یونیزاسیون پشت سر هم با کروماتوگرافی مایع) و GC-MS است که GC-MS به دلیل هزینه‌های کمتر، راحتی بیشتر و دقت بالاتر، جزو محبوب‌ترین‌ها بوده است [۸, ۱۸, ۲۰, ۲۳, ۲۵-۲۷].

ازآنجایی‌که میزان مصرف پروتئین‌ها گیاهی ازجمله فلافل آماده‌شده در روغن‌های خوراکی در ایران رو به افزایش است و همچنین به دلیل خطرات احتمالی تشکیل آکریلامید در این ماده غذایی وجود دارد، ازاین‌رو انجام تحقیق حاضر ضروری به نظر رسید. بنابراین هدف از مطالعه حاضر بررسی میزان آکریلامید در فلافل‌های آماده‌شده موجود در فست‌فودهای مختلف شهر تهران و نیز بررسی میزان این آلاینده در سه نوع روغن خام خوراکی پر مصرف با برندهای مختلف با استفاده از روش GC-MS است.

۲- مواد و روش‌ها

۲- ۱- نمونه‌برداری

در این مطالعه از ۳ فست‌فود موجود در تهران نمونه‌های فلافل تهیه و نیز از فروشگاه‌های مواد غذایی ۳ نوع روغن خام رایج شامل روغن‌های آفتابگردان، سویا و کلزا در ۵ برند پرفروش (ایران) انتخاب شدند که نمونه‌برداری به‌صورت تصادفی انجام شد.

۲- ۲- معرف‌ها و ابزار دقیق

از شرکت مرک (آلمان)، معرف‌هایی شامل آکریلامید (خلوص ۹۹/۹٪ ≤)، اتانول (درجه آزمایشگاهی)، هیدروژن

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-24]

[DOI: 10.22034/FSCT.22.158.201]

فسفات دی پتاسیم، اسیدکلریدریک (HCl ۳۷ درصد)، هیدروکسید پتاسیم، تتراکلر (برای انجام تجزیه‌وتحلیل GC)، هگزا فروسیانید پتاسیم (carrez I) و استات روی (carrez II)، به دست آمد. از شرکت سیگما آلدریچ (ایالات متحده آمریکا)، زانت هیدرول و استامید (خلوص ≤ ۹۹ درصد) خریداری شد. دستگاه GC-MS یا کروماتوگرافی گازی Agilent 7890A همراه با آشکارساز انتخابی جرمی Agilent 5975c (MSD inert). ستون یک ستون مویرگی چابک HP-5ms (5% فنیل سیلوکسان / ۹۵٪ متیل پلی ارگانوسیلوکسان؛ طول: ۳۰ متر × ۰/۲۵ میلی‌متر؛ df: ۰/۲۵ میکرومتر) بود.

برای تهیه محلول carrez I، ۱۰/٦ گرم هگزا فروسیانید پتاسیم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل شد. محلول Carrez II با مخلوط کردن ۳ میلی‌لیتر اسید استیک با ۲۱/۹ گرم استات روی تهیه شد، سپس حجم آن با آب مقطر به ۱۰۰ میلی‌لیتر تنظیم شد. محلول استاندارد اولیه آکریلامید و استامید (۲۰۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر) در متانول تهیه شد. برای به دست آوردن محلول کاری، محلول استاندارد بالایی با متانول رقیق شد. محلول‌های استوک و کار تا زمان آزمایش‌ها در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند [۲۸].

۲- ۳- حجم نمونه، روش و شرایط بررسی

نمونه برداری به صورت تصادفی از سطح فست فود ها (برای نمونه های فلافل) و سوپر مارکت های (برای نمونه های روغن خوراکی) شهر تهران تعیین شدند. ۳ نمونه فلافل فست فودی (به صورت دو بار تکرار) مجموعا ٦ عدد و ۱۵ نمونه روغن (سه نوع روغن در ۵ برند) به صورت دو بار تکرار مجموعا ۳۰ عدد انتخاب شدند. مجموع تعداد نمونه های ما ۳٦ عدد بوده است که ۱۲ عدد نمونه کنترل کیفیت و استاندارد نیز آماده و به دستگاه GC-MS تزریق شدند. این مطالعه از نوع توصیفی – مقطعی بود و در محل انجام دانشگاه علوم پزشکی تهران و آزمایشگاه همکار سازمان غذا و دارو در تاریخ بهمن ۱٤۰۲ انجام شد.

۲- ٤- آماده‌سازی نمونه

هر نمونه به درستی هموژن یا آسیاب شد. یک گرم از نمونه‌های فلافل و روغن وزن شده و ۱۰ میلی‌لیتر محلول هیدروکسید پتاسیم (KOH) در اتانول به نمونه‌ها اضافه و سپس به کمک دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ٤۰۰۰ دور در دقیقه و به مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ شد. فاز بالایی جدا شد. پس از آن یک میلی‌لیتر محلول Carrez I و Carrez II به رسوب کربوهیدرات و پروتئین اضافه شد. نمونه‌ها کاملاً مخلوط شدند و سپس مجدداً با کمک سانتریفیوژ با دور ۵۰۰۰ دور در دقیقه و به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند. سپس ٦۰ میکرولیتر زانتیدرول و ۲۰۰ میکرولیتر استامید به محلول اضافه شد. نمونه به مدت ۳۰ دقیقه در دمای محیط (۲۵ درجه سانتی‌گراد) نگهداری شد و سپس ۲ میلی‌لیتر اسید کلریدریک به نمونه‌ها اضافه شد که این فرآیند برای تکمیل قسمت مشتق سازی انجام شد. سپس ۱ میلی‌لیتر KOH (۲ مولار) و ۲ میلی‌لیتر K_2HPO_4 به محلول نمونه اضافه شد. پس از هم زدن محلول، pH در محدوده ٦/۸-۷/۲ تنظیم شد. محلول با دور ۵۰۰۰ به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ شد و سپس فاز بالایی جدا شد. در مرحله نهایی ٤۵۰ میکرولیتر اتانول و ۸۰ میکرولیتر C_2CL_4 به نمونه محلول اضافه شد، سپس نمونه به مدت ۲۰ دقیقه با سرعت ۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. فاز بالایی برداشته شد و ۱ میکرولیتر از فاز رسوبی به GC-MS تزریق شد [۲۸].

۲- ۵- شرایط CG-MS

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-24]

[DOI: 10.22034/FSCT.22.158.201]

هلیوم گاز حامل بود که با سرعت جریان ۰/۸ mL/min جریان داشت. دمای انژکتور ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد، حالت تزریق بدون تقسیم و حجم تزریق ۱ µL بود. در ادامه، دمای انژکتور روی ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد حفظ شد. ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد دمای اولیه آون بود که ۱ min حفظ شد و سپس سرعت رمپ دما روی ۲۰ درجه سانتی‌گراد/دقیقه تا ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد با نگه‌داشتن دما به مدت ۲۰ min تنظیم شد. کل زمان اجرا ۲۱ min بود. زمان ماند استاندارد داخلی و ترکیب هدف به ترتیب ۹/۹ min و ۱۰/۲ بود. اندازه‌گیری آکریلامید در نمونه‌های انتخاب‌شده بر اساس حالت نظارت بر یون انتخاب‌شده (SIM) انجام شد [۲۸].

۲- ٦- عملکرد روش

منحنی کالیبراسیون از محلول استاندارد آکریلامید در محدوده ۲۰ تا ٤۰۰ (ng/g) در متانول ساخته شد. در این مطالعه 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:

فرمول ۱:

$$LOQ = 3\ LOD$$

فرمول $LOD=3.3\sigma/S$ ۲:

انحراف استاندارد نسبی (RSD) از طریق تجزیه‌وتحلیل شش آنالیت آکریلامید تکراری تعیین شد و ۹/۷۲ بود.

۲- ۷- تحلیل آماری

تجزیه‌وتحلیل آماری توسط بسته آماری SPSS نسخه ۱۸ (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) انجام شد. معنی‌داری آماری با استفاده از آزمون t و آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه نمونه مستقل (ANOVA) ارزیابی شد.

۳- نتایج

۳- ۱- منحنی کالیبراسیون واعتبارسنجی روش

میزان LOQ و LOD به ترتیب µg/kg ٦٦ و ۲۰µg/kg بود. میزان بازیابی با اسپاک کردن سه نمونه واقعی آکریل آمید در محدوده µg/L ۱۰ تا ۵۰ تعیین شد. میزان بازیابی روش ٪ ۹۳ بود. منحنی کالیبراسیون بین µg/g ۲۰ تا ۲۰۰ با ضریب همبستگی خطی (R^2) ۰/۹۹۷۱ خطی تعیین شد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-24]

[DOI: 10.22034/FSCT.22.158.201]

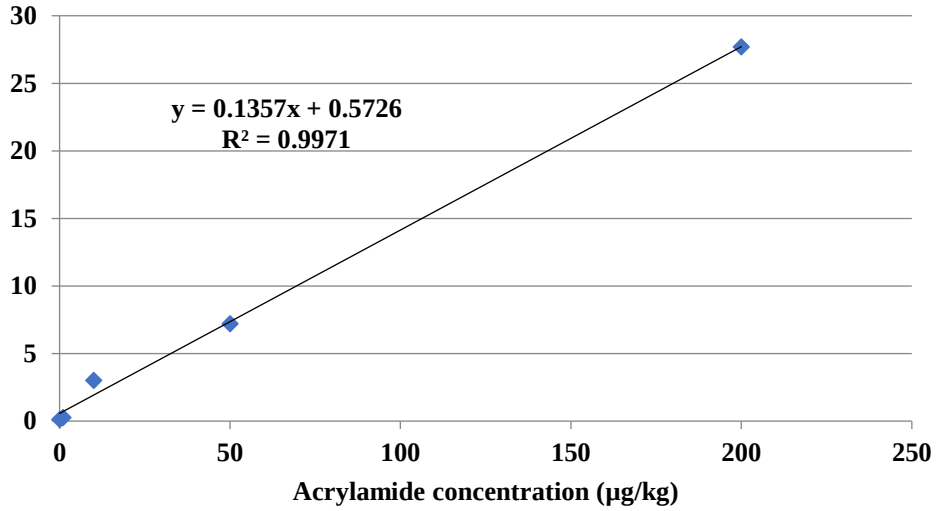

Fig 1- Standard curve for acrylamide concentration

۳- ۲- میزان آکریلامید در تمام نمونه‌های روغن خام

جدول شماره ۱ میزان آکریلامید را در انواع روغن‌های خام خوراکی رایج نشان می‌دهد. مطابق این جدول میانگین آکریلامید در نمونه‌های روغن برابر ۰/۰۲ ± ۰/۰۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود که پایین‌تر از استاندارد اتحادیه اروپا بود (برای سیب‌زمینی سرخ‌کرده ۵۰۰ میکروگرم بر کیلوگرم و برای نان ۱۰۰ میکروگرم بر کیلوگرم بوده است). از میان سه روغن خام انتخاب‌شده روغن سویا کمترین میزان آکریلامید (۰/۰۱±۰/۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و روغن آفتابگردان بالاترین میزان آکریلامید (۰/۰۳±۰/۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) را دارا بودند.

Table 1. The amount of acrylamide in all crude oil samples (mg/kg)

Crude oil	Mean
Rapeseed oil	0.08 ± 0.02
Sunflower oil	0.1 ± 0.03
Soybean oil	0.05 ± 0.01

Crude oil	Mean	Median	Minimum	Maximum	Std. Deviation	p value
Statistical analysis of all oil samples	0.08	0.08	0.05	0.10	0.02	0.00

۳- ۳- میزان آکریلامید در تمام نمونه‌های فلافل فست‌فود

جدول شماره ۲ میزان آکریلامید را در نمونه‌های فلافل آمده شده در ۳ مرکز فست‌فود را نشان می‌دهد. مطابق این جدول میانگین میزان آکریلامید برابر ۰/۵٦ ± ۱/۸۰ میلی‌گرم بر

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-24]

[DOI: 10.22034/FSCT.22.158.201]

کیلوگرم بوده است که بالاتر از استانداردهای ذکر شده است. از میان نمونه‌های فست‌فود مرکز شماره ۱ بالاترین میزان (۸۱/۲٤±۳/۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و مرکز شماره ۲ پایین‌ترین میزان (۰/۰۷±۰/۳۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) آلودگی به آکریلامید را دارا بودند.

Table 1. The amount of acrylamide in all fastfood samples (mg/kg)

Fastfood	Mean
Fastfood 1	3.81 ± 0.24
Fastfood 2	0.32 ± 0.07
Fastfood 3	1.26 ± 0.13

Fastfood	Mean	Median	Minimum	Maximum	Std. Deviation	p value
Statistical analysis of all fastfood samples	1.80	1.26	3.81	0.32	0.56	0.00

٤- بحث

در ابتدای بحث لازم است مقایسه‌هایی با سایر مطالعات انجام شود:

سیلانی و همکاران [۲۹] میزان آکریلامید را در انواع ناگت مورد بررسی قرار دادند و نتایج آنها نشان داد که روش سرخ کردن سنتی تأثیر معنی‌داری بر افزایش آکریلامید نسبت به روش سرخ کردن صنعتی دارد و همچنین مشخص شد که دما و زمان پخت متفاوت بر افزایش تشکیل آکریلامید تأثیر معنی‌داری دارد ($p<۰/۰۵$)، اما نوع روغن‌های خوراکی تأثیر معنی‌داری نداشتند. بالاترین سطح آکریلامید در ناگت میگو (۲۷ ± ۱/۵ نانوگرم در گرم) که با روغن کلزا و روش پخت سنتی (٦ دقیقه در دمای ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد) سرخ شده است، بود. درحالی‌که کمترین میزان آکریلامید در ناگت مرغ (۷/۳ ± ۰/۱ نانوگرم در گرم) است که با روغن ذرت و روش صنعتی سرخ شده است (۳ دقیقه در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد)، بود.

پدرسچی و همکاران میزان آکریلامید را در برش‌های سیب‌زمینی بررسی کردند و بیان کردند محدوده شرایط زمان–دمای سرخ کردن: ۷ دقیقه در دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد و ۳/۵ دقیقه در دمای ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد، سطح آکریلامید برش‌های سیب‌زمینی از ۵۰۰ به ٤۵۰۰ میکروگرم بر کیلوگرم افزایش یافت که یک تفاوت ۹ برابری بود [۳۰].

ماتائوس و همکاران میزان آکریلامید را در سیب‌زمینی سرخ‌شده ارزیابی کردند و اظهار داشتند محدوده زمان و دمای سرخ کردن: ۱۰ دقیقه به ترتیب در ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد و ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد، سطح آکریلامید در سیب‌زمینی سرخ‌کرده از ۸۰۰ به ۳۷۰۰ میکروگرم بر کیلوگرم افزایش یافته است که یک تفاوت ۵ برابری بود [۳۱].

کنول و همکاران میزان آکریلامید را در چیپس سیب‌زمینی اندازه‌گیری نمودند و اظهار داشتند محدوده شرایط زمانی–دما: به ترتیب ۱/۵، ٤ و ۱۲ دقیقه در دمای ۱٦۰ درجه

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-24]

[DOI: 10.22034/FSCT.22.158.201]

سانتی‌گراد (ثابت دما پس از حدود ۱/۵–۲ دقیقه سرخ کردن در دمای اولیه روغن ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد)، سطح آکریلامید در چیپس سیب‌زمینی از ۰/۲ به ۱۲ افزایش یافت و سپس کاهش یافت تا ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم (پس از ۱۲ دقیقه) [۳۲].

ویلیامز میزان آکریلامید را در سیب‌زمینی سرخ شده بررسی نمودند و اظهار داشتند محدوده زمان و دمای سرخ کردن: ۳ دقیقه در دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد و ۵ دقیقه در دمای ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد، سطح آکریلامید در سیب‌زمینی سرخ‌کرده از سال ۱۹۹۵ به ۷۰۷۹ میکروگرم بر کیلوگرم افزایش یافت که یک تفاوت ۳/۵ برابری بود [۳۳].

رومانی و همکاران میزان آکریلامید را در سیب‌زمینی سرخ شده بررسی نمودند و اظهار داشتند محدوده زمان و دمای سرخ کردن: به ترتیب ٤، ٥، ٧ و ٩ دقیقه در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد، سطح آکریلامید در سیب‌زمینی سرخ‌کرده از ٥٠، ٦٨، ۲۰۸ و ۸۳۰ میکروگرم بر کیلوگرم افزایش یافت [٣٤].

همچنین برخی از محققان میزان آکریلامید (میکروگرم بر کیلو گرم) را در نان‌های مصرفی مورد بررسی قرار داند و بیان کردند که میزان آن بسیار متفاوت است به‌طور مثال بیدرمن و همکاران میزان آن را ٥–١٦ [٣٥]، ال-زینی و همکاران میزان آن را ٤٠–٩٠ [٣٦]، پوگاجوا و همکاران میزان آن را <١٠–١٥٢ [٣٧] و ماتهیس و همکاران میزان آن را ٢٧–٣٦ [٣٨] گزارش نمودند. از طرفی برخی از محققان میزان آلودگی آکریلامید در نان‌های تست شده را بالاتر گزارش نمودند مانند کونینگز و همکاران که میزان آن را <١٤٣٠–٣٠ [٣٩] و نورماندین و همکاران که میزان آن را <١٠٧–١٠ [٤٠] گزارش نمودند.

اقوامی و همکاران میزان آکریلامید را در کیک‌های مصرفی با طعم‌های مختلف بررسی نمودند و نتایج آنها نشان داد که حداکثر و حداقل میانگین غلظت آکریلامید در بین نمونه‌ها به ترتیب مربوط به کیک دارچین (۲۱۲/۲۸ نانوگرم در گرم) و نمونه کیک کاکائویی (۱۰/۱٤ نانوگرم در گرم) بود. غلظت آکریلامید برای نمونه‌های بدون طعم، نمونه‌های کیک دارچینی و نمونه‌های کیک کاکائویی به ترتیب ٦١/٨٦ نانوگرم در گرم، ١٦٩/٣٨–٢١٢/٢٨ نانوگرم در گرم و ٦٤/١٤–٤٤/١٠ نانوگرم در گرم بود [۲۸].

پایین‌تر بودن میزان آکریلامید در روغن‌های خام می‌تواند به دلایلی چون عدم حرارت بالا حین فرایند روغن‌کشی (آکریلامید معمولاً از راه غلات و طی حرارت بالا ایجاد می‌شود)، عدم وجود کربوهیدرات در روغن‌های خام و غیره بوده باشد؛ و بالاتر بودن میزان آکریلامید در فلافل‌های سرخ شده در فست‌فودها احتمالاً به دلیل استفاده از حرارت بالا، استفاده از روغن‌های مانده یا زیاد استفاده شده و استفاده از مواد اولیه نامرغوب (نخود، آرد و غیره) بوده است [۲۸, ۲۹, ۳۱, ۳۳, ۳٤, ٤١, ٤٢].

۵- نتیجه‌گیری

هدف از مطالعه حاضر بررسی میزان آکریلامید در نمونه‌های فلافل‌های موجود در فست‌فودها و نیز روغن‌های خام تولیدی ایران بوده است. میانگین آکریلامید در نمونه‌های روغن برابر ۰/۰۲ ± ۰/۰۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. از میان سه روغن خام انتخاب‌شده روغن سویا کمترین میزان آکریلامید (۰/۰۱±۰/۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و روغن آفتابگردان بالاترین میزان آکریلامید (۰/۰۳±۰/۱۰ میلی‌گرم

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-24]

[DOI: 10.22034/FSCT.22.158.201]

بر کیلوگرم) را دارا بودند؛ و نیز میانگین میزان آکریلامید در فلافل ها برابر ۰/۵٦± ۱/۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. مطابق نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه حاضر میزان میانگین آکریلامید در نمونه‌های فلافل بالاتر و در نمونه‌های روغن خام میزان آن پایین‌تر از استانداردهای اتحادیه اروپا بوده است. مطابق این نتایج، مصرف فلافل می‌تواند خطراتی برای سلامتی انسان‌ها داشته باشد. ازجمله محدودیت‌های مطالعه حاضر کمبود منابع مالی بوده است که پیشنهاد می‌شود در آینده تمامی محصولات آردی و با پایه غلات مورد ارزیابی و سنجش این آلاینده قرار گیرد و استانداردی هم برای آنها در ایران تدوین شود.

٦- تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از رساله با عنوان «ارزیابی میزان آکریلامید در فلافل آماده‌شده به روش‌های مختلف پخت (در دماها و روغن‌های مختلف خوراکی): ارزیابی ریسک سرطان‌زایی در کودکان و بزرگ‌سالان» در مقطع دکترا در سال ۱٤۰۲ است که با حمایت دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت‌الله آملی اجرا شده است.

ملاحظات اخلاقی: نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل رضایت آگاهانه، حسن رفتار، عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند.

۷-منابع

[1]. Sahebkar, A., Hosseini, M., & Sharifan, A. (2020). Plasma-assisted preservation of breast chicken fillets in essential oils-containing marinades. *Lwt*, *131*, 109759.

[2]. Mousavi, S. A., Nateghi, L., Javanmard Dakheli, M., Ramezan, Y., Piravi-Vanak, Z., Paidari, S., & Mohammadi Nafchi, A. (2022). Effects of incorporation of Chavir ultrasound and maceration extracts on the antioxidant activity and oxidative stability of ordinary virgin olive oil: identification of volatile organic compounds. *Journal of Food Measurement and Characterization*, *16*(5), 4236-4250.

[3]. Azarashkan, Z., Motamedzadegan, A., Ghorbani-HasanSaraei, A., Biparva, P., & Rahaiee, S. (2022). Investigation of the physicochemical, antioxidant, rheological, and sensory properties of ricotta cheese enriched with free and nano-encapsulated broccoli sprout extract. *Food Science & Nutrition*, *10*(11), 4059-4072.

[4]. Gunstone, F. D. (2013). Composition and properties of edible oils. *Edible oil processing*, 1-39.

[5]. Hamm, W., Hamilton, R. J., & Calliauw, G. (2013). *Edible oil processing*. Wiley Online Library.

[6]. Al-Asmar, A., Giosafatto, C. V. L., Panzella, L., & Mariniello, L. (2019). The effect of transglutaminase to improve the quality of either traditional or pectin-coated falafel (Fried Middle Eastern Food). *Coatings*, *9*(5), 331.

[7]. Fikry, M., Khalifa, I., Sami, R., Khojah, E., Ismail, K. A., & Dabbour, M. (2021). Optimization of the frying temperature and time for preparation of healthy falafel using air frying technology. *Foods*, *10*(11), 2567.

[8]. Raviv, Y. (2015). *Falafel nation: Cuisine and the making of national identity in Israel*. U of Nebraska Press.

[9]. Azarashkan, Z., Motamedzadegan, A., Ghorbani-HasanSaraei, A., Rahaiee, S., & Biparva, P. (2022). Improvement of the stability and release of sulforaphane-enriched broccoli sprout extract nanoliposomes by co-encapsulation into basil seed gum. *Food and Bioprocess Technology*, *15*(7), 1573-1587.

[10]. Zabihpour, T., Shahidi, S., Karimi Maleh, H., & Ghorbani-HasanSaraei, A. (2020).

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-24]

[DOI: 10.22034/FSCT.22.158.201]

MnFe2O4/1-Butyl-3-methylimidazolium hexafluorophosphate modified carbon paste electrode: an amplified food sensor for determination of gallic acid in the presence of ferulic acid as two phenolic antioxidants. *Eurasian Chem. Commun*, *2*(3), 362-373.

[11]. Nezhad, H. M., Shahidi, S.-A., & Bijad, M. (2018). Fabrication of a nanostructure voltammetric sensor for carmoisine analysis as a food dye additive. *Anal Bioanal Electrochem*, *10*, 220-229.

[12]. Sharafi, S., & Nateghi, L. (2020). Optimization of gamma-aminobutyric acid production by probiotic bacteria through response surface methodology. *Iranian journal of microbiology*, *12*(6), 584.

[13]. Mohammadian, M., Moghaddam, A. D., Sharifan, A., Dabaghi, P & ,.Hadi, S. (2021). Structural, physico-mechanical, and bio-functional properties of whey protein isolate-based edible films as affected by enriching with nettle (Urtica dioica L.) leaf extract. *Journal of Food Measurement and Characterization*, *15*(5), 4051-4060.

[14]. Gharehyakheh, S., Elhami Rad, A. H., Nateghi, L., & Varmira, K. (2019). Production of GABA-enriched honey syrup using Lactobacillus bacteria isolated from honey bee stomach. *Journal of food processing and preservation*, *43*(8), e14054.

[15]. Najjar-Tabrizi, R., Javadi, A., Sharifan, A., Chew, K. W., Lay, C.-H., Show, P. L., Jafarizadeh-Malmiri, H., & Berenjian, A. (2020). Hydrothermally extraction of saponin from Acanthophyllum glandulosum root–Physico-chemical characteristics and antibacterial activity evaluation. *Biotechnology Reports*, *27*, e00507.

[16]. Bent, G.-A., Maragh, P., & Dasgupta, T. (2012). Acrylamide in Caribbean foods–residual levels and their relation to reducing sugar and asparagine content. *Food Chemistry*, *133*(2), 451-457.

[17]. Razia, S., Bertrand, M., Klaus, V., & Meinolf, G .(٢٠١٦) .Investigation of acrylamide levels in branded biscuits, cakes and potato chips commonly consumed in Pakistan. *International Food Research Journal*, *23*(5).

[18]. Cheng, K.-W., Zeng, X., Tang, Y. S., Wu, J.-J., Liu, Z., Sze, K.-H., Chu, I. K., Chen, F., & Wang, M. (2009). Inhibitory mechanism of naringenin against carcinogenic acrylamide formation and nonenzymatic browning in Maillard model reactions .*Chemical research in toxicology*, *22*(8), 1483-1489.

[19]. Granby, K., Nielsen, N. J., Hedegaard, R .V., Christensen, T., Kann, M., & Skibsted, L. H. (2008). Acrylamide–asparagine relationship in baked/toasted wheat and rye breads. *Food Additives and Contaminants*, *25*(8), 921-929.

[20]. Cheng, K.-W., Shi, J.-J., Ou, S.-Y., Wang, M., & Jiang, Y. (2010). Effects of fruit extracts on the formation of acrylamide in model reactions and fried potato crisps. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *58*(1), 309-312.

[21]. Hedegaard, R. V., Granby, K., Frandsen, H., Thygesen, J., & Skibsted, L. H. (2008). Acrylamide in bread. Effect of prooxidants and antioxidants. *European Food Research and Technology*, *227*, 519-525.

[22]. Rufian-Henares, J. A., Arribas-Lorenzo, G., & Morales, F. J. (2007). Acrylamide content of selected Spanish foods: survey of biscuits and bread derivatives. *Food Additives and Contaminants*, *24*(4), 343-350.

[23]. Svensson, K., Abramsson, L., Becker, W., Glynn, A., Hellenäs, K.-E., Lind, Y., & Rosen, J. (2003). Dietary intake of acrylamide in Sweden. *Food and Chemical Toxicology*, *41*(11), 1581-158.

[24]. EU, C. R. (2017). Establishing mitigation measures and benchmark levels for the reduction of the presence of acrylamide in food, 2017/2158 of 20 November 2017. *Official Journal of the European Union*. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2017/2158/oj

[25]. Murkovic, M. (2004). Acrylamide in Austrian foods. *Journal of Biochemical and Biophysical Methods*, *61*(1-2):161-67.

[26]. Abdi ,R., Ghorbani-HasanSaraei, A., Karimi-Maleh, H., Raeisi, S. N., & Karimi, F. (2020). Determining caffeic acid in food samples using a voltammetric sensor amplified by Fe3O4 nanoparticles and room temperature ionic liquid. *International Journal of Electrochemical Science*, *15*(3), 2539-2548.

[27]. Behrouzifar, F., Shahidi, S.-A., Chekin, F., Hosseini, S., & Ghorbani-HasanSaraei, A. (2021). Colorimetric assay based on horseradish peroxidase/reduced graphene oxide hybrid for sensitive detection of hydrogen peroxide in beverages.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-24]

[DOI: 10.22034/FSCT.22.158.201]

Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, *257*, 119761.

[28]. Aghvami, M., Mohammadi, A., Khaniki, G. J., Ahmadi, M., Moazzen, M., Arabameri, M., & Shariatifar, N. (2023). Investigation of cocoa and cinnamon effect on acrylamide formation in cakes production using GC/MS method: A risk assessment study. *Food Chemistry: X*, *18*, 100629.

[29]. Seilani, F., Shariatifar, N ,.Nazmara, S., Khaniki, G. J., Sadighara, P., & Arabameri, M. (2021). 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*, *19*, 465-473.

[30]. Pedreschi, F., Kaack, K., & Granby, K. (2004). Reduction of acrylamide formation in potato slices during frying. *LWT-Food Science and Technology*, *37*(6), 679-685.

[31]. Matthäus, B., Haase, N. U., & Vosmann, K. (2004). Factors affecting the concentration of acrylamide during deep-fat frying of potatoes. *European Journal of Lipid Science and Technology*, *106*(11), 793-801.

[32]. Knol, J. J., Viklund, G. Å., Linssen, J. P., Sjöholm, I. M., Skog, K. I., & van Boekel, M. A. (2009). Kinetic modelling: A tool to predict the formation of acrylamide in potato crisps. *Food Chemistry*, *113*(1), 103-109.

[33]. Williams, J. (2005). Influence of variety and processing conditions on acrylamide levels in fried potato crisps. *Food Chemistry*, *90*(4), 875-881.

[34]. Romani, S., Bacchiocca, M., Rocculi, P., & Dalla Rosa, M. (2008). Effect of frying time on acrylamide content and quality aspects of French fries. *European Food Research and Technology*, *226*, 555-560.

[35]. Biedermann, M., Grundböck, F., Fiselier, K., Biedermann, S., Bürgi, C., & Grob, K. (2010). Acrylamide monitoring in Switzerland, 2007–2 :۲۰۰۹results and conclusions. *Food Additives and Contaminants*, *27*(10), 1352-1362.

[36]. El-Ziney, M., Al-Turki, A., & Tawfik, M. (2009). Acrylamide status in selected traditional saudi foods and infant milk and foods with estimation of daily exposure. *American Journal of Food Technology*, 4(5):177-91.

[37]. Pugajeva, I., Zumbure, L., Melngaile, A., & Bartkevics, V. (2014). Determination of acrylamide levels in selected foods in Latvia and assessment of the population intake. *Foodbalt*, 111-116.

[38]. Matthys ,C., Bilau, M., Govaert, Y., Moons, E., De Henauw, S., & Willems, J. (2005). Risk assessment of dietary acrylamide intake in Flemish adolescents. *Food and Chemical Toxicology*, *43*(2), 271-278.

[39]. Konings, E. J., Baars, A., van Klaveren, J. D., Spanjer, M., Rensen, P., Hiemstra, M., Van Kooij, J., & Peters, P. (2003). Acrylamide exposure from foods of the Dutch population and an assessment of the consequent risks. *Food and Chemical Toxicology*, *41*(11), 1569-1579.

[40]. Normandin, L., Bouchard, M., Ayotte, P., Blanchet, C., Becalski, A., Bonvalot, Y., Phaneuf, D., Lapointe, C., Gagné, M., & Courteau, M. (2013). Dietary exposure to acrylamide in adolescents from a Canadian urban center. *Food and Chemical Toxicology*; 57:75-83.

[41]. Boyaci Gunduz, C. P. (2023). Formulation and processing strategies to reduce acrylamide in thermally processed cereal-based foods. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *20*(13), 6272.

[42]. Shahbazi, R., Adergani, B. A., Shariatifar, N., Jafari, K., Taheri, E., Fathabad, A. E., Saatloo, N. V., Aghaee, E. M., Sadighara, P., & Khaneghah, A. M. (2022). Assessment of food additives impact on acrylamide formation in popcorn supplied in Tehran, Iran: a risk assessment study. *Carpathian Journal of Food Science & Technology*, *14* (4)

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-24]

[DOI: 10.22034/FSCT.22.158.201]

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Evaluation of the amount of acrylamide in various edible oils and falafels available in Tehran city fast foods

Fahimeh Faraji[1], Seyed-Ahmad Shahidi[2*], Nabi Shariatifar [3], Mohammad Ahmadi[1]

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

ARTICLE INFO

Article History:

Received:2024/7/21

Accepted:2024/9/20

Keywords:

Acrylamide,
Edible oils,
Falafel,
Fast food,
Food safety.

DOI: 10.22034/FSCT.22.158.201.

*Corresponding Author E-

sashahidy@yahoo.com,
sa.shahidi@iau.ac.ir

ABSTRACT

Healthy and pollution-free foods are very effective in maintaining body health. Among the foods that need to be monitored are falafel and edible oils that can be contaminated with dangerous substances such as acrylamide. In this study, falafel samples were prepared from 3 fast food restaurants in Tehran, and 3 types of common crude oils including sunflower, soybean and canola oils were selected from 5 top-selling brands, and sampling was done randomly. After preparation, these pollutants were evaluated by GC-MS. The average acrylamide in oil samples was 0.08±0.02 mg/kg, which was lower than the European Union standard (500 µg/kg for fried potatoes and 100 µg/kg for bread). Among the three crude oils selected, soybean oil had the lowest amount of acrylamide (0.05±0.01 mg/kg) and sunflower oil had the highest amount of acrylamide (0.10±0.03 mg/kg). Also, the average amount of acrylamide in falafel samples was 1.80 ± 0.56 mg/kg, which is higher than the mentioned standards.

According to the obtained results and since the amount of acrylamide contamination in the falafels available in fast food restaurants is slightly higher than the standards, it is necessary to carry out more monitoring in this field.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-24]

[DOI: 10.22034/FSCT.22.158.201]