

اندازه مقدار هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای در روغن های خوراکی و مواد غذایی کبابی شده توسط UV-VIS / HPLC تشخیص داده می شود.

خلاصه

تعیین نوع هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای در ذرت، آفتابگردان، روغن زیتون و گوشت و ماهی کبابی به روش VIS-UV / HPLC شرح داده شده است. روش استخراج مایع و در نهایت تصفیه PAHS موجود از طریق یک خانه ساخته شده ستون سیلیکا آلومینا است. تعیین رنگ در تفکیک PAHS موجود در ستون ODS و اندازه گیری در 254 نانومتر استوار بود. همه هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای از هم جدا شدند و تجزیه و تحلیل در 12 دقیقه بر روی فاز معکوس ستون ODS با استونیتریل / فاز متحرک آب در 1.5 میلی لیتر در 1^{-1} دقیقه جریان سرعت دارد. محدودیت های تشخیص نه هیدروکربن آروماتیک چند حلقه ای از 0.26 به $1.15 \mu\text{g L}^{-1}$ نسبت مجموع سیگنال / نویز، از 3 است. خطی بودن این روش در بین 0.9951 و 0.9996 بود. نمونه روغن حاوی PAHS مختلف موجود در آن اعم از $98.92 \mu\text{g L}^{-1}$ به 0.44 روند افزایش غلظت کبابی (در طیف وسیعی از 2 تا 8 برابر) و باعث تشکیل PAH ها در نمونه های مواد غذایی می شود.

1. معرفی

هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای (PAHS) تشکیل کلاس بزرگی از ترکیبات آلی هستند که از دو یا چند حلقه های آروماتیک ذوب شده تشکیل شده است. آنها در درجه اول از طریق احتراق ناقص یا تجزیه در اثر حرارت مواد آلی و در طول فرایندهای صنعتی مختلف شکل گرفته اند. در دمای بالا، ترکیبات آلی تا حدی به قطعات کوچکتر ناپایدار شکسته می شود (تجزیه در اثر حرارت)، عمدتاً رادیکال های ترکیب شده، که نسبتاً با ثبات PAH ها است داده می شود. PAH های موجود در آن نیز به عنوان یک نتیجه از روش های آماده سازی خاص از مواد غذایی تشکیل شده، برای مثال کباب آتش، و دودی. بالاترین غلظت PAH معمولاً در زغال کبابی / کبابی مواد غذایی (به خصوص گوشت و محصولات گوشت کبابی تحت شرایط

شدید و طولانی مدت)، غذاهای دودی شده توسط روش های سنتی (ماهی به طور ویژه)، صدف ها و سایر غذاهای دریایی از آبهای آلوده .

راه های مختلف آلودگی PAH ها در روغن های خوراکی و مواد غذایی پیشنهاد شده است. فرآیندهای خشک کردن بذر، آلودگی محیط زیست، مانند رسوب ذرات موجود در هوا در محصولات و یا رشد در خاک آلوده، پردازش تکنولوژیکی و یا پخت و پز منزل، مانند کباب کردن و دودی می تواند مسئول اصلی آلودگی PAHs از برخی از روغن های خوراکی و غذایی باشد.

دودی و مواد غذایی کبابی قابل توجهی ممکن است کمک به مصرف PAHs موجود در آن کند، اگر چه مواد غذایی بخش بزرگی از رژیم غذایی معمول است. به عنوان مثال، گوشت بریانی / کبابی دومین رتبه، پس از گروه «نان، غلات و دانه» ، در یک مطالعه ایالات متحده را دارد.

تعداد PAH های موجود در آن نشان داده شده به ژنوتوکسیک سرطان زا است. در سال 2002، کمیته علمی بر روی مواد غذایی (SCF) مسمومیت PAH را مورد بررسی قرار داد (SCF, 2002). برای 15 ترکیباتی از آن به این نتیجه رسید که شواهد روشنی برای مسمومیت آنها وجود دارد. در سال 2005، کمیته مشترک WHO / FAO کارشناس در افزودنی های مواد غذایی (JECFA) انجام ارزیابی ریسک در PAHs موجود در آن، اساسا با انتخاب SCF موافقت کرد، یک ماده را از لیست SCF کاهش داد و نامزد دریافت جایزه یکی از ترکیب های بیشتری در مواد غذایی برای مشاهده آن بود. لیست ترکیبی توسط هر دو SCF یا JECFA معرفی شده بنابراین از 16 ماده به عنوان اولویت PAHs موجود در آن را تشکیل می دهند، تخم سیب و گلابی و غیره ممکن است به عنوان نشانگر وقوع و اثر PAH ها سرطان زای موجود در غذا استفاده شود، بر اساس بررسی های پروفایل PAH در مواد غذایی و اخیر از ارزیابی مطالعه مواد سرطانزا زغال سنگ در موش یک ارزیابی محافظه کار این مفهوم را میسراند که قدرت سرطان زا از محتوای کل PAH های موجود در آن در محصولات غذایی زمان های be10 که به تنهایی توسط benzo[a] تخم سیب و گلابی و غیره، نقش داشته است. این کمیته با این حال تاکید می کند که هر چند، آن را مورد بررسی قرار دادند benzo[a] تخم سیب و گلابی و غیره به عنوان یک نشانگر از PAH

سرطان زا در غذا، تجزیه و تحلیل مواد شیمیایی باید همچنان به جمع آوری داده ها بر روی مشخصات کامل PAH ها به منظور قادر به ارزیابی میزان آلودگی مواد غذایی و هر تغییر در مشخصات در آینده PAH ها را قادر است.

کمیسیون اروپا در مشاهده از نابرابری ناشی از حداکثر سطوح مختلف PAH ها در مواد غذایی در کشورهای عضو مختلف، هماهنگی حداکثر سطح از 2.0 lg ، 1 کیلوگرم از benzo[a] تخم سیب و گلابی و غیره در مواد غذایی حاوی چربیها و روغنها تعیین کرد (EFSA، 2008a). تعیین سطح غذا برای نوزادان و کودکان خردسال است.

کروماتوگرافی گازی و کروماتوگرافی مایع با عملکرد بالا، تکنیک های کروماتوگرافی برای جداسازی و شمارش PAH ها موجود در انواع مختلف مواد غذایی مورد استفاده قرار می گیرد. HPLC با از تشخیص فلورومتريک در صدف در ماده صمغی قهوه‌ای رنگی شبیه موم ، در گوشت کبابی ، در غذاها نوزاد و نان تست در نوشیدنی های الکلی مقطر در شیر در روغن هسته انگور، در روغن های خوراکی ، در روغن نباتی با تشخیص UV در پسماند های روغن صنعتی و کروماتوگرافی گازی با تشخیص طیفی جرم در ماهی دودی ، در روغن زیتون، در استقرار ماهیگیری، در روغنهای عایق الکتریکی، در روغن ترانسفورماتورها موفقیت برای تعیین PAH ها استفاده شده اند.

PAH ها بیشترین توجه را به دلیل سرطان زا بودن به خود جلب کرده اند. از آنجا که، روغن خوراکی و مواد غذایی کبابی مصرف غذایی روزانه هستند، سطح PAH موجود در آن باید تعیین شود. هدف از این کار ، بهینه سازی روش تحلیلی است که می تواند در بسیاری از آزمایشگاه های تحلیلی برای تعیین و بررسی سطح PAHs موجود در روغن ها و کبابی مواد غذایی استفاده شود و مطالعه بر اثر کباب پزی بر افزایش و تشکیل PAH ها در طول فرایند پخت و پز است. ما از روش HPLC با تشخیص UV-VIS برای تعیین نه PAHs موجود در آن استفاده کردیم اظهار داشت به عنوان سرطان ژنوتوکسیک توسط SCF و JECFA و با شش کشور دیگر عضو (EFSA، 2008b)؛ سه شده است. در روغن ها و مواد غذایی کبابی. این روش با محاسبه طیف خطی، ضریب تعیین، دقت، تکرار، تشخیص محدودیت ها و محدودیت های کمی مورد تایید

قرار گرفت. روش پیشنهادی با موفقیت به تعیین PAHS موجود در نمونه های مواد غذایی روغن خام و کبابی استفاده می شود.

2. تجربی

2.1. محلول و مواد شیمیایی

همه حلال ها، استونیتریل، متانول، دیکلورومتان، تولوئن و هگزان از HPLC استفاده می شود، درجه و مواد شیمیایی، هیدروکسید سدیم، اکسید آلومینیوم، اکسید سیلیکون، سولفات سدیم انهدورز و هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای (فلورنا، فنانترن، آنتراسن، برطبق استانداردها و از شرکت Merck خریداری شده. آب فوق العاده خالص بوسیله سیستم فوق العاده خالص از یک مقاومت ویژه از $18 \text{ M}\Omega \text{ cm}$ یا بیشتر (همکاری سیستم تصفیه آب) خالص شده است. محلول استاندارد حاوی 1 mg L^{-1} PAH موجود در آن به طور جداگانه در استونیتریل تهیه شد و فاصله راه حل های سهام استاندارد 1 mg L^{-1} و پس از آن از راه حل های استاندارد سهام توسط رقیق سازی در استونیتریل آماده شده است. راه حل های استاندارد کاری از PAH ها از راه حل های سهام فاصله تهیه شد. نمونه های روغن و مواد غذایی از فروشگاه های محلی خریداری شد و نمونه غذا نیز در یک رستوران محلی کبابی بود. همه سهام و راه حل های استاندارد و نمونه ها در 4°C ذخیره شده است.

2.2. ابزار دقیق و شرایط کروماتوگرافی

تجزیه و تحلیل کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا در سیستم فاز معکوس HPLC انجام شد که متشکل از یک کنترل ریزپردازنده Perkin Elmer مدل 200 پمپ تحویل و طول موج ثابت Perkin Elmer مدل UV-VIS200 سیستم تشخیص اسپکتروفتومتر است. نمونه ها از طریق Rheodyne مدل 7725i سوپاپ انژکتور مجهز به حلقه انژکتور با حجم $50 \mu\text{L}$ تزریق شده اند. همه جدایی در 250

میلی متر \times long 4.6 mm ID فاز معکوس ستون ODS با $5 \mu\text{M}$ بسته بندی مواد (Spherisorb) و با آب استونیتریل (80/20 (V / V) فاز تلفن همراه در نرخ جریان از 1.5 میلی لیتر در min^{-1} تحت شرایط ایسوکراتیک به دست آمد. تمام سیستم در دمای اتاق نگهداری می شوند. مجموعه تاریخ و جابه جایی توسط نرم افزار (Perkin Elmer TotalChrom v6.2.1) انجام شد. تعیین رنگ در تفکیک PAHs موجود در ستون ODS و اندازه گیری از جذب در 254 نانومتر استوار بود. استانداردهای PAH بر روی سیستم کروماتوگرافی تزریق شد به حفظ باره‌ریک از PAH و شناسایی PAHs موجود در نمونه ها با مقایسه با زمان ماند از استانداردها ساخته شده بود.

3.2. تهیه استانداردهای کالیبراسیون

غلظت PAHs موجود در آن در راه حل های کاری متفاوت از یکدیگر در جهت ارتفاع قله های مشابه، از ضریب جذب مولی در 9 PAHs موجود متفاوت است. تمرکز از راه حل های استاندارد کار می کند 5، 100، 250، 200 و $400 \mu\text{g L}^{-1}$ برای فلورن، فنانترن، آنتراسن، 5، 12.5، 50، 100 و $100 \mu\text{g L}^{-1}$ 200 برای. منحنی کالیبراسیون با استفاده از نقاط اوج به عنوان تابعی از غلظت استاندارد PAHs موجود در آن آماده شده اند.

4.2. روش استخراج

روش استخراج، جدا سازی و استخراج تولوئن از محلول الکلی برای نمونه روغن و استخراج تولوئن مستقیم برای نمونه های مواد غذایی و در نهایت تصفیه PAH ها از طریق یک خانه ساخته شده ستون سیلیکا آلومینا است.

50 میلی لیتر نمونه روغن در 250 میلی لیتر ظرف پوشیده شده با ساعت شیشه ای و ساپونیفیت با 1 M NaOH در مخلوط متانول- تولوئن، (2/1 (V / V) در دمای 60°C به مدت 90 دقیقه قرار داده شد. مخلوط را در قیف جدا منتقل شد تا سرد شدن، درجه حرارت اتاق را ترک کرد. فاز الکلی جدا شد و

استخراج برای سه بار با 20 میلی لیتر تولوئن انجام شد. این عصاره ها و ترکیب شده اند و دو بار با آب فوق العاده خالص شستشو داده شده است. فاز آلی با Na_2SO_4 آنهیدروز (بی آب) خشک شد و توسط اواپراتور های دوار تبخیر شده است. باقی مانده در 2 میلی لیتر از استونیتریل حل شد. هر آنچه حلال است برای استخراج استفاده می شود، عصاره از ماتریس مانند روغن شامل نه تنها PAHها، بلکه تعداد زیادی از ترکیبات قطبی و غیر قطبی است. این قطعات را باید در مرحله تجزیه و تحلیل به منظور تسهیل در جداسازی و شمارش از PAHهای فردی باشد. به همین دلیل، عصاره منجر به تمیز کردن با خانه ساخته شده که حاوی ستون اکسید سیلیکون و اکسید آلومینیوم (آلومینا) قبل از تزریق به سیستم HPLC بود.

مقدار مساوی از گوشت خام، کبابی، نمونه هایی از ماهی، و زغال چوب (10 گرم) هم وزن نانو شد و با 50 میلی لیتر تولوئن به مدت 45 دقیقه با یک حمام اولتراسونیک استخراج شد. عصاره سپس بر روی کاغذ صافی فیلتر شده و ذرات جامد حذف شده و پس از آن برای تمیز کردن برای نمونه های روغن ها روشی ارائه شده که برای تصفیه به کار گرفته شد.

5.2. مطالعه بازیابی اطلاعات

مطالعات بازیابی اطلاعات با استفاده از روغن و نمونه های مشخص مواد غذایی با 100 و $200 \mu\text{g/L}^{-1}$ از PAHهای استاندارد انجام شد. نمونه های مشخصی در دو نسخه تهیه شد و هر کدام در 3 نسخه تجزیه و تحلیل شد. بهبود از تفاوت در مقدار کل از هر یک PAH، بین نمونه های روغن مشخص و تجزیه و تحلیل بعد از روش استخراج داده شده در بالا محاسبه شد. تکرارپذیری از استخراج و استخراج پذیری از PAHها از طریق انحراف استاندارد نسبی و درصد بهبودی مورد ارزیابی قرار گرفته بود.

3. نتایج و بحث

3.1. بهینه سازی تعیین کروماتوگرافی

قبل از تعیین تحلیلی PAHs با فاز معکوس روش HPLC / UV-VIS، منطقه UV برای به دست آوردن جذب طول موج مشترک برای PAH9 موجود، اسکن شد. در نتیجه، 254 نانومتر بهترین خط را

برای همه PAH9 نشان داد و آن به عنوان طول موج کار برای تعیین تحلیلی انتخاب شد. شرایط کروماتوگرافی پس از آن بهینه سازی شده بود و شامل استونیتریل 80٪ و 20٪ آب در 1.5 میلی لیتر در min^{-1} میزان جریان به عنوان ترکیب فاز متحرک و سرعت جریان برای جدایی از PAHs موجود در آن انتخاب شد. جدایی عناصر رنگی در شکل 1 نشان دهنده VIS-UV / HPLC جدایی عناصر رنگی برای استانداردهای PAHs موجود در آن به دست آمده است. شناسایی ترکیبات در حفظ زمان استوار بود. جدایی عناصر رنگی شکل Gaussian و نقطه اوج به خوبی از هم جدا شده را با تجزیه و تحلیل زمان در 12 دقیقه را نشان می دهد.

2.3. اعتبارسنجی

منحنی های کالیبراسیون با استفاده از یک سری از راه حل های استاندارد شامل 9 PAHs موجود در پنج غلظت مختلف به دست آمد. برای ساخت هر غلظت برای اطمینان از واکنش های دقیق و تجدید پذیر از پنج تزریق تکرار شده تولید شده است. حالت طولی با استفاده از روش حداقل مربعات، مورد بررسی قرار گرفت. همه نه منحنی خطی بیش از یک محدوده غلظت گسترده با توجه به محدوده تعیین ضریب 0,9951 به 0,9996 سنجیده شده اند. محدودیت های نظری تشخیص در نسبت سیگنال / نویز حدود 3 و نظری کمی در نسبت سیگنال / نویز از 10 برای 9 PAHs موجود در آن در طیف وسیعی از 0.26-1.15 و $0.87-3.84 \text{ g L}^{-1}$ به دست آمده است. جدول 1 اطلاعات مربوط به اعتبارسنجی روش را نشان می دهد.

تکرارپذیری و صحت روش تزریق از راه حل های استاندارد PAHs موجود در جدول 2 نشان داده شده و اندازه گیری از پنج تزریق تکرار شده است، تکرارپذیری در روز و پس از 5 ماه مورد بررسی قرار گرفت. RSD از روش تکرارپذیری بین 0.35٪ و 1.60٪ برای درون روز و 0.16٪ و 0.95٪ بعد از 5 ماه استفاده شده بود. خطاهای نسبی، که برای نشان دادن دقت و صحت، بین 0.17٪ و 7.40٪ درون روز و

0.24% و 7.27% بعد از 5 ماه استفاده شده بود. هر دو روش تکرارپذیری و دقت و برای تعیین PAHs موجود رضایت بخش بود. جدول 2 که اطلاعات به دست آمده برای تکرارپذیری و صحت روش برای مطالعات تجربی بر روی 9 PAHs موجود در آن را نشان می دهد است. روش تکرارپذیری نیز با استفاده از روش تزریق راه حل های نمونه بر روی سیستم کروماتوگرافی بررسی می شود. RSD محاسبه شده از نمونه تزریق کمتر از RSD محاسبه از تزریق از راه حل های استاندارد PAHs بود.

3.3. بهینه سازی روش استخراج

بهره وری از روش استخراج و استخراج پذیری PAHs از طریق صابون سازی، استخراج تولوئن و روش پاک کردن با استفاده از نمونه های مشخصی تعیین شدند. نمونه های مشخصی در دو نسخه آماده شده بودند، استخراج و خالص سازی شده به عنوان روش داده شده در بالا هستند. در یک مطالعه مقدماتی، روش استخراج برای غلظت از نسبت NaOH، متانول / تولوئن، درجه حرارت استخراج و برای به دست آوردن حداکثر و ثبات استخراج پذیری، بهینه سازی شده بود. پس از آن، در 1M NaOH در متانول / تولوئن از نسبت 1/2 (V / V) از 60^{°C} به مدت 90 دقیقه تا شرایط بهینه استخراج در مرحله صابون سازی پیدا

شد. عصاره به دست آمده از صابون حاوی مقداری از مواد چربی دار و قطبی دیگر از PAH ها، که ممکن است تعیین تحلیلی دخالت داشته است. بنابراین با استفاده از یک مرحله تمیز کردن به PAHs تصفیه شده از شرکت استخراج مواد استفاده شد. به همین دلیل، یک ترکیبی از سیلیکا و آلومینا انجام شد و در نتیجه، یک ستون محصور خانه ساخته شده با ترکیبی از 8 گرم سیلیکا و آلومینا در نسبت 1/1 (w / w) تصفیه خوب ارائه شد. ستون را با 20 میلی لیتر از هگزان و باقی مانده محلول در 2 میلی لیتر از استونیتریل بر روی ستون لود شده مشروط شده است. پس از بارگذاری باقی مانده، ستون را با 30 میلی لیتر هگزان و کسر اول حاوی هیدروکربن های آلیفاتیک برای مطالعات بیشتر، جمع آوری شد. بخش دوم

شامل PAHs موجود در آن با 40 میلی لیتر هگزان / 20/80 DCM (V / V) و در یک فلاسک ته گرد جمع آوری شده است.

در نهایت ستون با 40 میلی لیتر از DCM / متانول 5/95 (V / V) به جمع آوری بخش سوم حاوی ترین ترکیبات قطبی تر است می پردازد. عصاره (بخش دوم) بر روی اواپراتور روتاری تبخیر شد و باقی مانده در 2 میلی لیتر از استونیتریل حل شد. برای هر نمونه مشخصی، سه تزریق در سیستم UV-VIS / HPLC ساخته شده است. بازیابی PAHs موجود در بین 80٪ و 104٪ با یک استثنا برای فلورانس (127٪) بود. تکرارپذیری روش استخراج برای تکرار نمونه های مشخص توسط RSDs مربوطه که بین 0.17٪ و 23.63٪ بودند نشان داده شده است. این نتایج به خوبی برای تعیین PAHs موجود در زیر سطح $\mu\text{g/L}$

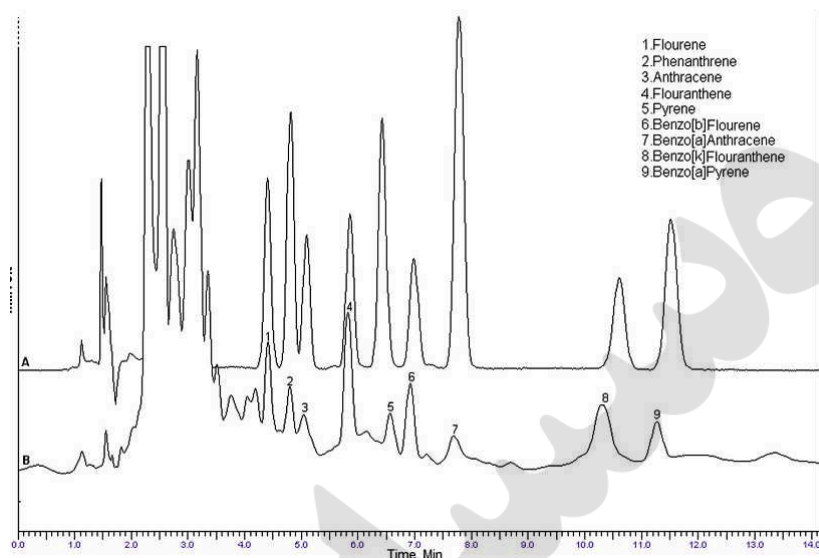
¹ در نمونه های نفت و مواد غذایی رضایت بخش بود. جدول 2 نشان می دهد که داده های مربوط به بازیابی و تکرارپذیری روش استخراج برای PAHs9 است. کسر اول و سوم به دست آمده از مرحله تصفیه نیز جمع آوری و در همان شیوه تجزیه و تحلیل شدند. هدف مطالعه بر روی کسر اول و سوم بود، برای تشخیص PAHs احتمالاً با این فراکسیون استخراج شده و برای اندازه گیری درجه ای از خطا مرتبط است. افزایش خطای حداکثر از کسر اول و سوم کمتر از 5٪ بود، با یک استثنا برای تخم سیب و گلابی و غیره (pyrene) که در حدود 8٪ بود. این مطالعه می تواند فرصتی برای بهبود نتایج به دست آمده را به ما بدهد.

4.3 تجزیه و تحلیل نمونه ها

ذرت، آفتابگردان و روغن زیتون برای PAHs9 به روش فاز معکوس VIS-UV / HPLC تجزیه و تحلیل شده است. پس از تصفیه، باقیمانده نهایی محلول استونیتریل در 2 میلی لیتر برای هر نمونه روغن مورد مطالعه قرار گرفت. بخش برای پنج بار تزریق و در ستون فاز معکوس ODS با استونیتریل / آب $50\mu\text{L}$

20/80 (V / V) فاز متحرک از هم جدا شدند. ردیاب UV-VIS در 254 نانومتر تنظیم شده است.

شکل 1



شکل 1. پوشش جدایی عناصر رنگی VIS-UV / HPLC از استانداردهای PAHs (A) روغن زیتون (B) در 1.5 میلی لیتر در دقیقه استونیتریل/آب (20/80 V/V) میزان جریان فاز تلفن همراه روی فاز معکوس ستون ODS.

جدول شماره 1

معادلات کالیبراسیون، ضریب تعیین، محدودیت های تشخیص و کمی روش در شرایط مطلوب است.

Compounds	Calibration equations	R ²	LOD μg L ⁻¹	LOQ μg L ⁻¹
Fluorene	$y = 161.62x + 2780.8$	0.9951	0.70	2.34
Phenanthrene	$y = 233.66x + 1773.5$	0.9989	0.38	1.26
Anthracene	$y = 201.44x + 2141.9$	0.9981	1.15	3.84
Fluoranthene	$y = 84.47x + 856.2$	0.9993	0.67	2.25
Pyrene	$y = 119.91x + 1148.2$	0.9989	0.26	0.87
Benzo[b]fluorene	$y = 345.47x + 2343.2$	0.9975	0.31	1.05
Benzo[a]anthracene	$y = 215.32x + 3135.5$	0.9987	0.61	2.03
Benzo[k]fluoranthene	$y = 7.11x - 39.06$	0.9992	0.47	1.55
Benzo[a]pyrene	$y = 112.89x + 1380.7$	0.9996	0.46	1.54

LOD ، حد تشخیص نظری LOQ، حد تعریف نظری .

پوشش جدایی عناصر رنگی از استانداردهای (جدایی عناصر رنگی A) و روغن ذرت (جدایی عناصر رنگی B) نشان می دهد. همانطور که در جدایی عناصر رنگی B دیده می شود، نقطه اوج که متعلق به PAHs مورد مطالعه بسیار روشن و تا زمان های مانده درست آمده است. بنابراین، شناسایی PAHs ساده است. نقطه اوج در طیف وسیعی از 2 و 4 دقیقه باقی مانده زمان در جدایی عناصر رنگی از استانداردهای PAHs

(جدایی عناصر رنگی) نیست، تنها در نمونه جدایی عناصر رنگی (chromatograms) به دست آمد. سه نمونه روغن chromatogram مشابه برای زمان باقی مانده بین 2 و 4 دقیقه را نشان می دهد. بالاترین دو نقطه اوج متعلق به تولوئن که در روش استخراج، مورد استفاده قرار گرفت و به طور کامل حذف تولوئن امکان پذیر نیست. نقطه اوج دیگر متعلق به شرکت استخراج مواد است، اما از آنجایی که آنها خارج از طیف وسیعی از زمان باقی مانده از PAH ها هستند، در تعیین تحلیلی از PAHs دخالت نمی کنند.

نه PAHs مطالعه شده موجود در روغن ذرت در داخل محدوده $6.40-76.08 \mu\text{g/L}^{-1}$ تعیین می شود. فلورانس فراوان ترین PAH ، است که توسط fluorethene به عنوان یک نشانگر بروز و اثر مواد سرطانزا استفاده می شود، در $19.20 \mu\text{g/L}^{-1}$ سطح را از روغن ذرت، تقریباً 10 برابر بیشتر از مقدار قانونی است. با توجه به این نتیجه، می توان گفت که تجزیه و تحلیل روغن ذرت توسط PAHs آلوده شد و نشان دهنده یک خطر مهم برای سلامتی مصرف کنندگان، حتی اگر PAHs های دیگر در حال حاضر در سطوح پایین تر از باشند.

روغن آفتابگردان شامل شش تا از PAHs ، مورد مطالعه قرار گرفته است. PAHs تشخیص داده شده در روغن آفتابگردان در سطوح پایین قرار دارند. روغن زیتون حاوی تنها سه PAHs مطالعه شده است، فنانترن (phenanthrene)، و تخم سیب و گلابی و غیره ، و آن بیشتر به فنانترن رسید ($\mu\text{g/L}^{-1}$ 98.92). هم روغن آفتابگردان و هم روغن زیتون نیست. می توان نتیجه گرفت که این دو روغن خطر سلامتی برای مصرف کنندگان داشته باشد. اما در مجموع محتوا PAHs موجود در ، این دو روغن نیز آلوده است. جدول 3 سطح PAHs تعیین شده در روغن ذرت، آفتابگردان و زیتون را نشان می دهد. جدول 3 مقدار PAHs تشخیص داده شده در کسر اول و سوم را نیز نشان می دهد. غلظت آنها در سطح بسیار پایین است. بنابراین هیچ خطای قابل توجهی از کسر اول و سوم افزایش نمی یابد.

در متن ذکر شده است که فرآیند پالایش، مانند زغال درمانی می تواند میزان این نوع از آلودگی را کاهش می دهد. اما موثر بودن این نوع درمان برای کاهش این آلاینده ها به محدوده قانونی بحث نشده است.

بنابراین، می توان نتیجه گیری کرد که، بنا بر دلایلی که محتوای بالای از PAHs ها در روغن های خوراکی (به خصوص در روغن ذرت) می تواند در طول تولید، در حال رشد محصولات آلوده در خاک، رسوب PAHs در طول دوره رشد محصولات و ناکارآمدی از فرآیندهای پالایش، پردازش تکنولوژیکی انجام دهد.

جدول 2

دقت و تکرارپذیری روش از لحاظ غلظت و زمان ماند برای نه PAH ها و بهبود به طور متوسط از دو نمونه مشخص در شرایط بهینه محاسبه شده است.

Compounds	Accuracy data				Reproducibility in terms of concentration				Reproducibility in terms of retention time		Spiked samples	
	Within-day		After 5 months		Within-day		After 5 months		RT Min.	RSD %	Rec. %	RSD %
	Conc $\mu\text{g L}^{-1}$	RE, %	Conc $\mu\text{g L}^{-1}$	RE, %	Conc $\mu\text{g L}^{-1}$	RSD %	Conc $\mu\text{g L}^{-1}$	RSD %				
Fluorene	150	-3.65	200	-1.15	150	0.54	200	0.16	4.47	0.49	91.05	0.17
Phenanthrene	150	-4.33	200	0.19	150	0.71	200	0.59	4.88	0.23	88.62	1.85
Anthracene	150	5.67	200	-1.21	150	1.60	200	0.27	5.17	0.43	80.92	0.35
Fluoranthene	300	0.17	400	-4.47	300	0.61	400	0.65	5.95	0.58	127.26	23.11
Pyrene	300	-0.95	400	-1.99	300	0.35	400	0.23	6.53	0.35	75.22	4.59
Benzo[b]fluorene	75	-7.40	100	7.29	75	0.89	100	0.22	7.10	0.17	82.95	3.39
Benzo[a]anthracene	300	-0.91	400	0.59	300	0.42	400	0.22	7.91	0.60	82.30	3.44
Benzo[k]fluoranthene	150	2.28	200	0.24	150	1.51	200	0.95	10.80	0.58	104.79	23.63
Benzo[a]pyrene	300	-2.41	200	2.43	300	0.94	200	0.52	11.73	0.54	84.39	3.86

RE، خطای نسبی، RSD، نسبت انحراف استاندارد، RT، زمان ماند، REC، بهبود.

جدول 3

مقدار PAHs تعیین شده در نمونه های روغن خوراکی، دو ستون از PAHs در بخش اول و سوم به دست آمده از مرحله تصفیه روغن ذرت است، ارائه می دهد.

Compounds	Corn oil $\mu\text{g L}^{-1} \pm \text{SD}$	Sunflower oil $\mu\text{g L}^{-1} \pm \text{SD}$	Olive oil $\mu\text{g L}^{-1} \pm \text{SD}$	PAHs in F1 for corn oil $\mu\text{g L}^{-1} \pm \text{SD}$	PAHs in F3 for corn oil $\mu\text{g L}^{-1} \pm \text{SD}$
Fluorene	16.84 ± 0.60	7.44 ± 0.40	ND	ND	ND
Phenanthrene	7.40 ± 1.32	4.96 ± 0.36	98.92 ± 3.08	0.19 ± 0.01	ND
Anthracene	10.84 ± 1.92	3.36 ± 1.36	ND	ND	ND
Fluoranthene	76.08 ± 3.04	ND	18.36 ± 1.04	0.70 ± 0.18	0.24 ± 0.02
Pyrene	12.04 ± 0.48	1.44 ± 0.20	3.52 ± 0.28	0.15 ± 0.04	0.86 ± 0.09
Benzo[b]fluorene	10.08 ± 0.56	0.44 ± 0.04	ND	0.04 ± 0.00	0.47 ± 0.05
Benzo[a]anthracene	6.40 ± 0.32	ND	ND	ND	0.21 ± 0.06
Benzo[k]fluoranthene	37.16 ± 2.00	ND	ND	ND	0.27 ± 0.17
Benzo[a]pyrene	19.20 ± 1.52	ND	ND	ND	ND

SD انحراف معیار، انحراف استاندارد، ND تشخیص داده نشد، F1 کسر اول، F3 کسر سوم.

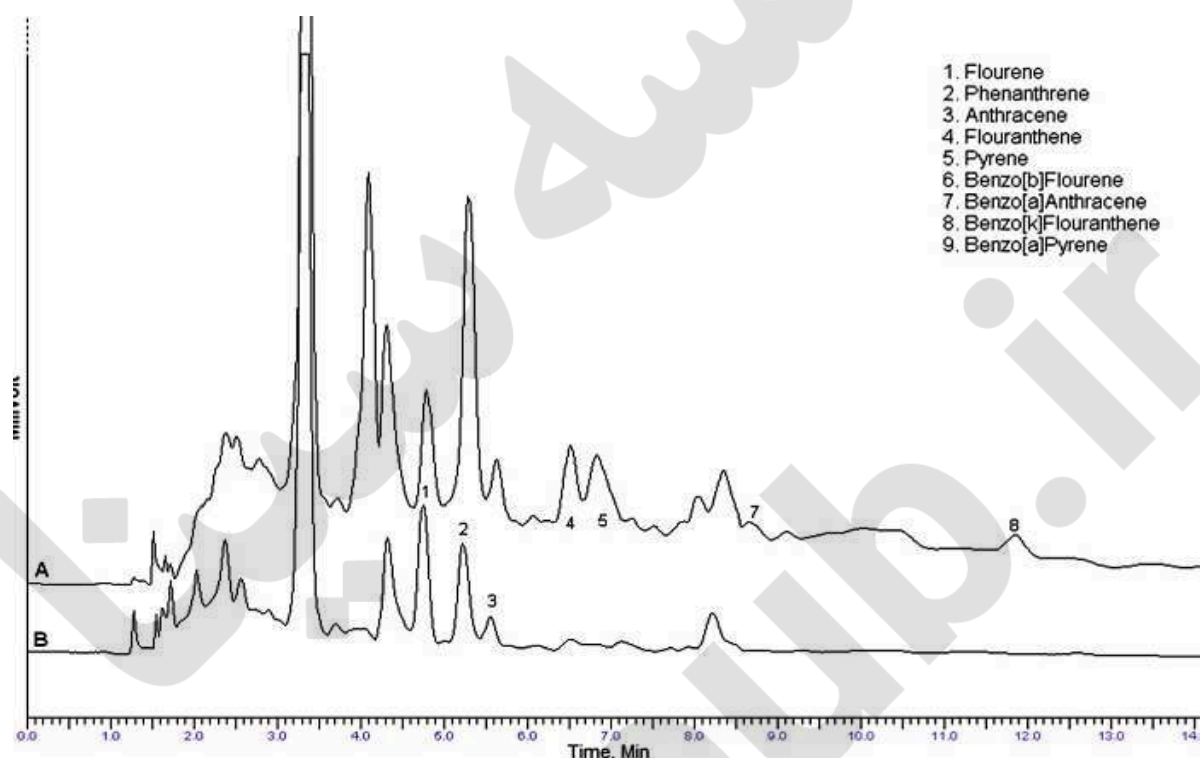
در مورد نمونه های مواد غذایی، غذاهای خام و کبابی نتایج بسیار متفاوتی در غلظت PAHs ها نشان داده شده است. فلورن، فنانترن و آنتراسن فقط در غلظت کم در نمونه ماهی قزل آلا خام تشخیص داده شد، اما پس از کباب شدن، غلظت این PAHs3 حدود 2 - 3، برابر افزایش پیدا کرده است. Flouranthene و pyrene در قزل آلا تنها پس از کباب (به ترتیب 18.68 و $10.00 \mu g kg^{-1}$) شناسایی شده است.

فلورن، فنانترن، آنتراسن، flouranthene و pyrene خام تشخیص داده شدند، اما پس از کباب نمونه های، غلظت آنها حدود 5 - 8 برابر افزایش پیدا کرده. در گوشت خام، فلورن، فنانترن و شناسایی شد، با این حال پس از کباب flourane و غلظت بدون تغییر بود، اما غلظت فنانترن 2 برابر افزایش یافته بود. فوق العاده، آنتراسن، flouranthene و pyrene در گوشت خام کشف نمی شد، اما آنها پس از کباب به ترتیب در 67.28، 15.88 و $3.28 \mu g kg^{-1}$ ، تشخیص داده شدند. جدول 4 غلظت اندازه گیری شده PAHs در نمونه های مواد غذایی خام و کبابی نشان می دهد. در تمام نمونه ها پس از کباب، غلظت PAHs افزایش یافته و برخی از آنها شکل گرفتند. زغال چوب مورد استفاده برای کباب نمونه های مواد غذایی نیز تجزیه و تحلیل شد. تنها از فنانترن $7.44 \mu g kg^{-1}$ تشخیص داده شد. بنابراین، علت افزایش در غلظت و شکل گیری PAHs پس از کباب نمونه های مواد غذایی تجزیه در اثر حرارت از چربی موجود در خاکستر زغال چوب و انتقال PAHs با دود بر روی مواد غذایی است. افزایش و تشکیل PAH ها در شکل 2 که جدایی عناصر رنگی PAHs موجود در آب خام و (chromatogram B) و باس کبابی (A chromatogram) به روشنی نشان داده شده است. benzo[a]pyrene در نمونه های مواد غذایی خام و کبابی تشخیص داده نشده بود، بنابراین، می توان به عهده گرفت که غذاهای خام و کبابی خطر سلامتی برای انسان را نشان نمی دهد، از benzo[a]pyrene به عنوان یک نشانگر PAHs سرطان زا در نظر گرفته شده است. اما باید گفت محصولات غذایی در مجموع PAHs پس از کباب آلوده است.

جدول 4

مقدار PAHs تعیین در نمونه های مواد غذایی خام و کبابی.

Compounds	Raw trout $\mu\text{g kg}^{-1} \pm \text{SD}$	Barbecued trout $\mu\text{g kg}^{-1} \pm \text{SD}$	Raw bass $\mu\text{g kg}^{-1} \pm \text{SD}$	Barbecued bass $\mu\text{g kg}^{-1} \pm \text{SD}$	Raw lamb meat $\mu\text{g kg}^{-1} \pm \text{SD}$	Barbecued lamb meat $\mu\text{g kg}^{-1} \pm \text{SD}$	Charcoal $\mu\text{g kg}^{-1} \pm \text{SD}$
Fluorene	19.72 ± 0.20	30.24 ± 0.92	1.60 ± 0.04	24.72 ± 0.60	7.96 ± 2.32	5.28 ± 0.36	ND
Phenanthrene	12.72 ± 0.16	38.40 ± 0.52	4.44 ± 0.08	34.20 ± 0.72	9.36 ± 0.287	18.56 ± 0.56	7.44 ± 0.52
Anthracene	12.24 ± 0.48	21.32 ± 0.36	24.84 ± 0.96	198.8 ± 2.28	ND	67.28 ± 3.00	ND
Fluoranthene	ND	18.68 ± 0.60	6.76 ± 0.16	15.32 ± 0.52	ND	15.88 ± 1.40	ND
Pyrene	ND	10.00 ± 0.72	1.24 ± 0.04	5.44 ± 0.12	ND	3.28 ± 0.20	ND
Benzo[b]fluorene	ND	ND	ND	ND	1.36 ± 0.04	1.32 ± 0.04	ND
Benzo[a]anthracene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Benzo[k]fluoranthene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Benzo[a]pyrene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND



شکل 2. پوشش جدایی عناصر رنگی VIS-UV / HPLC از قزل آلا خام (B) و قزل آلا کبابی (A) در 1.5 ml min^{-1} استونیتریل / آب 20/80 (V / V) سرعت جریان فاز متحرک بر روی معکوس فاز ستون .ODS

4. نتیجه گیری

با استفاده از روش VIS-UV / HPLC برای تعیین هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای سمی (PAH ها) در روغن های خوراکی و نمونه های مواد غذایی (خام و کبابی) مورد بحث قرار گرفته است. روش بازیابی، دقت و تکرارپذیری از محدوده 80٪ تا 104٪، از 0.17٪ تا 7.40٪ و از 0.35٪ تا 1.60٪ به دست آمده است. همه PAHs ها در 12 دقیقه از هم

جدا و تجزیه شدند. محدودیت تشخیص PAHs9 از 0.26 به $1.15 \mu\text{g/L}^{-1}$ در روغن در نسبت سیگنال / نویز از 3 بود. حالت طولی از این روش در بین 0.9951 و 0.9996 بود. روش حساس، تجدید پذیر، دقیق، گزینشی و با موفقیت برای تعیین PAHs نمونه های مواد غذایی مورد استفاده قرار گرفت. روغن ذرت شامل تمام نه PAH ها (از جمله benzo[a]pyrene) است.

آفتابگردان شامل معاینه شش PAHs ، سه تای دیگر تشخیص داده نشد. روغن زیتون حاوی تنها سه PAHs است. آفتابگردان و روغن زیتون نیست. از آنجا که ممکن است به عنوان نشانگر وقوع و اثر سرطانزا PAH ها در مواد غذایی استفاده شود، می توان گفت که روغن زیتون و آفتابگردان آلوده نیست و بیان PAHs خطرات بهداشتی مربوط به انسان را نشان نمی دهد، حتی اگر روغن آلوده شود، به خصوص روغن ذرت.

در صورت بررسی مواد غذایی خام و کبابی ، آنها شامل نمی شود، و در نتیجه خطرات سلامت مرتبط به را نشان نمی دهد. در نتیجه، در طول فرآیندهای کباب، مطمئناً کل غلظت PAHs و برخی از فرم PAHs افزایش می یابد. به این دلیل است که یک فرآیند پخت و پز جایگزین باید معرفی شود. با توجه به توان بالقوه سرطان زا PAHs ، هر اندازه گیری برای کارگردانی کاهش این آلاینده ها در رژیم غذایی بسیار مطلوب است و باید به شدت تحریک شود.